숲가꾸기 표준 교재
- 산림토목 -

산 림 청

1. 산림토목일반

1. 산림토목일반

1.1. 측량

1.1.1. 개요

측량(surveying)이란 지구표면에 있는 여러 점들 상호 간의 관계적 위치를 측정하여 자연과 인공적인 여러 자료로 표현할 수 있도록 도면을 만들어 자연의 이용, 개발, 방재 등의 각종 목적에 따라 계획선을 넣거나, 또는 필요한 선과 면적 및 용적을 측정하고 그 결과를 다시 토지 상에 측설하는 기술을 말한다.

※ 측량법(1986.12.31. 법률 제3898호 전문개정) : 10장 68조

제2조 용어의 정의

측량 : 토지 및 연안해역의 측량을 말하며 지도 및 연안해역기본도의 제작과 측량용사진의 촬영을 포함한다.

1.1.1.1. 분류

측량은 여러 가지로 나눌 수 있으나 보통 다음과 같은 기준, 즉 측량 구역의 크기, 측량에 사용되는 기계·기구의 종류 및 측량 목적 등에 의하여 분류되고 있다.

가. 측량 구역의 크기에 따라

(1) 대지측량(大地測量, geodetic survey) : 지구의 형상 및 크기, 즉 지구의 곡율을 고려하여 지구의 표면을 곡면(曲面)으로 보고 행하는 측량

(2) 평면측량(平面測量, plane survey) : 지구의 곡율을 무시하고 지구의 표면을 평면으로 간주하여 행하는 측량(범위 : 약 20㎢이내의 면적)

나. 사용하는 기계·기구에 의한 분류

(1) 간략측량(簡略測量, approximate measurement)

(2) 체인측량(測鏡測量, chain survey)

(3) 평판측량(平板測量, plane table survey)

(4) 컴퍼스측량(羅盤測量, compass survey)

(5) 고저측량(高低測量, leveling)

㉮ 정밀고저측량(precise leveling)

㉯ 삼각고저측량(trigonometric leveling)

㉰ 기압고조측량(barometric leveling)

(6) 트랜싯측량(轉鏡儀測量, transit survey)

㉮ 삼각측량(triangulation survey)

㉯ 트래버어스측량(traverse survey)

(7) 스타디아측량(視距測量, stadia survey)

(8) 섹스턴트측량(六分儀測量, sextant survey)

(9) 사진측량(寫眞測量, photogrammetry)

㉮ 지상사진측량(terrestrial photogrammetry)

㉯ 항공사진측량(aerial photogrammetry)

다. 측량 목적에 따라

(1) 육지측량(陸地測量, land survey) : 토지측량, 토지의 면적, 경계선 등 지도제작, 위치의 도면표시

(2) 하해측량(河海測量, hydraulic survey) : 하천, 항만 등에 관한 측량, 수위, 유량, 조류, 심천 등의 측정이 포함됨

㉮ 하천측량(河川測量, river survey)

㉯ 항만측량(港灣測量, harbour survey)

㉰ 해양측량(海洋測量, marine survey)

(3) 천체측량(天體測量, astronomical survey)

(4) 지형측량(地形測量, topographic survey) : 토지의 평면적 위치와 고저를 동시에 측정하여 지형도를 제작

(5) 토목측량(土木測量, civil-engineering survey)

(6) 농림측량(農林測量, agriculture and forestry survey)

(7) 건축측량(建築測量, architectural survey)

(8) 광산측량(鑛山測量, mine survey)

(9) 시가측량(市街測量, city survey) : 도시계획 및 구획정리 등 도시의 공사에 필

요로 하는 측량

(10) 지적측량(地籍測量, cadastral survey)

(11) 노선측량(路線測量, route survey) : 길이에 비하여 폭이 좁은 지역의 측량, 철도, 도로, 수로의 계획 및 공사에 이용

㉮ 철도측량(鐵道測量, railway survey)

㉯ 도로측량(道路測量, road survey)

㉰ 수로측량(水路測量, waterway survey)

(12) 터널측량(隊圓測量, tunnel survey) : 터널의 계획, 굴착 등에 필요로 하는 측량

(13) 공사측량(工事測量, engineering survey)

라. 측량법에 따라

(1) 기본측량 : 측량의 기초가 되는 측량으로서 건설교통부장관의 명을 받아 국립지리원장이 실시하는 측량

(2) 공공측량 : 기본측량 이외의 측량 중 국가, 지방자치단체, 정부투자기관 관리기본법 제 2조의 규정에 의한 정부투자기관과 대통령령이 정하는 기관이 실시하는 측량(건설교통부장관이 지정하는 측량은 제외)

(3) 일반측량 : 기본측량과 공공측량 이외의 측량(건설교통부장관이 지정하는 측량은 제외)

※ 건설교통부장관이 지정하는 측량

(1) 국지적 측량 또는 고도의 정확도를 필요로 하지 아니하는 측량

(2) 지적법에 의한 지적측량

(3) 수로업무법에 의한 수로측량

1.1.1.2. 기준

가. 형상

측량은 구(球)에 가까운 회전타원체인 지구표면의 편평도를 기준으로 실행한다. 지구타원체의 반경 및 편평도는 학자에 따라 다음과 같이 구분한다.

<표 8-1-1> 지구타원체의 측정값

측 정 자	측정년도	적도반경 (akm)	극반경 (bkm)	편평율 $(\frac{a-b}{a})$
베셀(Bessel)	1841	6,377.397	6,356.079	1 : 299.1
클라아크(Clarke)	1880	6,378.206	6,356.515	1 : 293.5
헤이포오드(Hayford)	1909	6,378.388	6,356.908	1 : 297.0

※ 편평도(偏平度)=(긴 반지름－짧은 반지름)/긴 반지름

- 국제적으로는 1924년 만국측지학회에서 헤이포오드(1909)가 발표한 값을 채용
- 우리나라는 측량법 제5조 제1항에 의하여 베셀(1841)이 발표한 값을 적용
- 영국, 미국은 클라아크(1886)의 값을 적용
- 인공위성이 관측한 편평도는 1/298.3로 베셀과 헤이포오드 값의 중간값임

나. 위치

지구상의 위치는 경도(longitude)와 위도(latitude)로 표시함을 원칙으로 한다.

- 경도의 기준은 영국의 그리니치 천문대에 설정 자오의의 중심을 통과하는 자오선, 즉 남북선을 원자오선으로 하고, 거기에서 동서로 각각 180°씩 취하고 있다.
- 위도의 기준은 적도로 하고, 거기에서 각각 남북으로 90°씩 취하고 있다.
- 우리나라의 측량원점-측량법 시행규칙 제3조(별표2)

  경기도 수원시 원천동 111(경위도 원점 표석의 중심점)

① 경도 : 동경 127° 03′ 04″ 1451

② 위도 : 북위 37° 16′ 31″ 9034

③ 원방위각 : 170° 58′ 18″ 190(원점에서 측정한 동학산 2등 삼각점의 방위각)

다. 높이

높이의 기준은 만조에서 간조까지 변화하는 해수면의 높이를 장기간 연속적으로 측정하여 얻은 평균값, 즉 중등조위면(中等潮位面)을 기준으로 하여 정하며, 이 기준점을 수준원점이라 한다.

- 우리나라의 수준원점-측량법 시행규칙 제3조(별표2)
- 인천광역시 남구 용현동 253(인하공업전문대학 교정 내)

  26.6871m(인천만 평균 해면상)

1.1.1.3. 오차

숙련된 기술자가 정밀한 기계로 아무리 주의하여 거리나 각도를 측정하더라도 그 값은 정확치(true value)와는 일치하지 않는다. 왜냐하면 정확치는 측정하기가 불가능하기 때문이다. 이때 정확치와 관측치와의 차이를 오차(error)라고 하는데 이 오차에 대한 진오차(true error) 또한 계산이 불가능하다.

따라서 측량할 때마다 오차의 원인과 측량에 미치는 오차의 영향을 고려하여 측량방법을 결정하여 정확치에 가장 가까운 최확치(most probable value)를 결정하여야 하며, 측량의 성질과 목적에 맞게 관측의 결과를 정확치와 비교하여 관리하는데 이를 오차론이라 한다.

가. 원인

(1) 자연적 원인 : 기상의 변화, 광선의 굴절, 기계류의 바람에 의한 동요 등

(2) 기계적 원인 : 기계류 성능의 불완전, 팽창, 수축의 불균일 등

(3) 인위적 원인 : 조작의 미숙, 과오, 측정자의 시각 및 감각의 불완전 등

나. 종류

(1) 정오차(상차 : 常差 : systematic or constant error)

일정한 조건에서는 언제나 같은 방향 및 크기로 일어나는 오차로서 상차(常差)라고도 하며, 때로는 작은 오차가 모여서 큰 오차가 되는데 이를 누차(累差 : cumulative error)라 한다.

측거기구의 신축, 관측회수에 따라 발생되며 일정한 법칙에 따라 발생되므로 원인과 상태를 알면 오차의 크기는 이론적으로 제거 가능하다.

(가) 물리적(자연적) 원인 : 일정한 법칙에 따라 보정할 수 있음

(나) 기계적 원인 : 운용 전에 미리 조정해야 하며, 구조상 조정이 곤란할 때는 관측한 뒤 보정하거나 오차가 생기지 않는 방법으로 관측토록 함

(다) 인위적 원칙 : 아무리 숙련자일지라도 개성에 따라 일정한 방향으로 오차 발생하며, 이는 관측자의 교체로 보정할 수 있음

(2) 부정오차(우연오차, accidental error)

숙련된 기술자가 정밀한 기계로 주의깊게 관측하였을 때 정오차나 착오가 없다고 하더라도 여러 번의 관측치가 일치하지 않는 것과 같이 관측 시의 조건이 순간 또는

때때로 변화로 인하여 발생하는 오차로서 그 원인을 찾기가 어렵거나 전혀 모른다. 때로는 서로 다른 방향의 오차가 같은 크기로 발생하여 없어질 수도 있다고 하여 상차(償差, compensating error)라고도 한다. 측량기계의 진동, 광선의 불규칙한 굴절 등 오차론에 대한 최소자승법에 의하여 조정한다.

(3) 과오(착오, mistake)

관측자의 부주의나 미숙에서 발생하는 과실로서 잣눈의 오독, 계산의 오차, 야장기입의 착오 등으로 발생한다. 착오는 오차론에서 취급하지 않으므로 신중히 작업하고 2회 이상 반복측정하거나 또는 측량자를 교체함으로써 제거할 수 있다.

1.1.1.4. 최확치(most probable vaue)

다른 어떤 값보다 정확치에 가까울 확율이 가장 큰 값으로서 최소자승법의 이론으로 얻어지는 값이다.

가. 정도가 같은 관측치의 최확치

어떤 양을 동일한 조건으로 몇 번이고 측정하였을 때 그의 최확치는 측정치들을 산술평균한 값이다.

(예제) 어떤 거리를 5회 측정한 값이 각각 40.236*m*, 40.235*m*, 40.238*m*, 40.233*m*, 40.230*m*일 경우 최확치는?

(풀이) (40.236+40.235+40.238+40.233+40.230)÷5인 40.234*m*가 된다.

나. 조건부 관측치의 최확치

동일한 조건에서 몇 개의 양을 측정하였을 때 그 관측치는 서로가 수학적 조건을 만족시켜야 한다면 그 관측치의 최확치는 가우스(Gauss)의 미정계수법에 의거하여 관측치와 이론치와의 차이를 각 관측치에 등배분하여 산출하면 된다.

(예제) 삼각측량에서 한 삼각망의 내각을 측정하니 관측치의 합이 180°00′36″이고 조건의 내각의 합계는 180°이므로 각 관측치의 보정값은?

(풀이) (180°−180°00′36″)/3=−12″이고, 따라서 최확치는 다음과 같다.

구 분	∠A	∠B	∠C	계
실측치	32°12′20″	58°23′40″	89°24′36″	180°00′36″
최확치	32°12′08″	58°23′28″	89°24′24″	180°00′00″

1.1.1.5. 순서

준비(preparation) → 외업(야업, field work) → 내업(office work)

가. 준비

측량의 방침을 세우는 것으로 기존자료나 도면 등을 조사하고, 측량지역 내외를 답사하여 측점위치를 개략적으로 선정하며, 사용할 기계·기구를 정비하는 등의 측량방법과 방침을 세우는 것으로서 이의 잘되고 못됨에 따라서 측량작업의 난이도나 정밀도 및 경제성에 영향을 크게 미친다.

나. 외업

측량계획에 의하여 결정된 기계와 기구를 사용하여 먼저 골격측량(skelton survey)을 한 뒤 세부측량(detail survey)을 실시한다.

다. 내업

외업의 결과로서 실내에서 하는 작업으로 야장에 기록된 바에 의하여 오차의 검사, 도면작성, 거리, 면적, 고저차, 체적 계산 및 설계 등을 실시한다.

1.1.2. 간략측량

1.1.2.1. 단위의 환산

과거 우리나라에서 사용된 도량형의 단위는 척관법(尺貫法)이었으나 현재에는 미터법(meter法)을 사용하고 있다. 거리·면적·체적·각도 등의 측량 및 설계시에 사용되는 단위는 어떠한 단위라도 동일작업중에는 동일단위를 사용해야 한다.

일반적으로 사용되고 있는 거리·면적·체적 등에 대한 단위의 환산방법은 다음과 같다.

가. 거리

(1) m(미터)와 자(尺)

『1 m ≒ 3.3 자, 1 자 ≒ 0.30303 *m*』이므로 *m*를 자(尺)로 환산할 경우에는 3.3을 곱하며, 자(尺)를 m 로 환산할 경우 0.30303을 곱하거나 3.3으로 나눈다.

(예제 1) 광능수목원 진입로의 길이는 270 *m* 이다. 몇 자(尺)인가 ?

(풀이) 270 *m* × 3.3 ≒ 891 자(尺)

(예제 2) 어느 통나무의 길이가 24 자(尺)이다. 몇 m 인가 ?

(풀이) 24 자 × 0.30303 ≒ 7.27 *m* 또는 24 자 ÷ 3.3 ≒ 7.27 *m*

(2) *m*(미터)와 간(間)

『1 m ≒ 0.55 간, 1 간 ≒ 1.81818 *m*』이므로 *m*를 간(間)으로 환산할 경우에는 0.55를 곱하며, 간(間)을 *m* 로 환산할 경우 1.81818을 곱하거나 0.55로 나눈다.

(예제 1) 광능수목원 진입로의 길이는 270 *m* 이다. 몇 간(間)인가?

(풀이) 270 *m* × 0.55 ≒ 148.5 간(間)

(예제 2) 어느 건물의 높이가 6 간(間)이다. 몇 *m* 인가 ?

(풀이) 6 간 × 1.81818 ≒ 10.91 *m* 또는 6 간 ÷ 0.55 ≒ 10.91 m

(3) 자(尺)와 간(間)

『1 자 ≒ 0.1667 간, 1 간 = 6 자』이므로 자(尺)를 간(間)으로 환산할 경우에는 0.1667을 곱하며, 간(間)을 자(尺)로 환산할 경우 6을 곱한다.

(예제 1) 어느 통나무의 길이가 24 자(尺)이다. 몇 간(間)인가 ?

(풀이) 24 자 × 0.1667 ≒ 4.0 간(間)

(예제 2) 어느 건물의 높이가 6 간(間)이다. 몇 자(尺)인가 ?

(풀이) 6 간 × 6 = 36 자(尺)

(4) ft(피트) 와 *m*(미터)

『1 ft ≒ 0.3048 *m*, 1 *m* ≒ 3.2809 ft』이므로 ft 를 m 로 환산할 경우에는 0.3048을 곱하며, m 를 ft 로 환산할 경우 3.2809를 곱한다.

(예제 1) 어느 교량의 길이가 24 ft 이다. 몇 *m* 인가 ?

(풀이) 24 ft × 0.3048 ≒ 7.32 *m*

(예제 2) 광능수목원 진입로의 길이는 270 *m* 이다. 몇 ft 인가?

(풀이) 270 *m* × 3.2809 ≒ 885.84 ft

(5) km(킬로미터)와 리(里)

『1 ㎞ ≒ 0.2546 리, 1 리 ≒ 3.92773 ㎞』이므로 ㎞ 를 리(里)로 환산할 경우에는 0.2546을 곱하며, 리(里)를 ㎞ 로 환산할 경우 3.92773을 곱한다.

(예제 1) 광능시험림내 임도연장은 2005년말 현재 45 ㎞ 이다. 몇 리(里)인가 ?

(풀이) 45 ㎞ × 0.2546 ≒ 11.5 리(里)

(예제 2) 광능에서 의정부까지의 거리는 약 3 리(里)이다. 몇 ㎞ 인가 ?

(풀이) 3 리 × 3.92773 ≒ 11.78 ㎞

(6) 기타 거리단위

1 자(尺) = 10 치(才) ≒ 30.30 ㎝

1 ft = 12 in(인치) ≒ 30.48 ㎝

1 yd(야드) = 3 ft = 36 in ≒ 91.44 ㎝

나. 면적

(1) ㎡ 와 평(坪)

『1 ㎡ ≒ 0.3025 평, 1 평 ≒ 3.3058 ㎡』 이므로 ㎡ 를 평(坪)으로 환산할 경우에는 0.3025를 곱하며, 평(坪)을 ㎡ 로 환산할 경우 3.3058을 곱하거나 0.3025로 나눈다.

(예제 1) 산림박물관의 총건평은 4,617 ㎡ 이다. 몇 평(坪)인가 ?

(풀이) 4,617 ㎡ × 0.3025 ≒ 1,396.64 평(坪)

(예제 2) 김일용이 소유하고 있는 논은 3,000평(坪)이다. 몇 ㎡ 인가 ?

(풀이) 3,000 평 × 3.3058 ≒ 9,917.4 ㎡ 또는 3,000 평 ÷ 0.3025 ≒ 9,917.4 ㎡

(2) ha 와 정보(町步)

『1 ha ≒ 1.00833 정보, 1 정보 ≒ 0.99174 ha』 이므로 ha 를 정보(町步)로 환산할 경우에는 1.00833을 곱하며, 정보(町步)를 ha 로 환산할 경우 0.99174를 곱하거나 1.00833으로 나눈다.

(예제 1) 광릉시험림의 면적은 2,223.8828 ha 이다. 몇 정보(町步)인가 ?

(풀이) 2,223.8828 ha × 1.00833 ≒ 2,242.41 정보(町步)

(예제 2) 독립가 김일용 소유의 산림면적은 1,500 정보(町步)라고 한다.
몇 ha 인가 ?

(풀이) 1,500 정보 × 0.99174 ≒ 1,487.61 ha
또는 1,500 정보 ÷ 1.00833 ≒ 1,487.61 ha

(3) acre(에이커) 와 ㎡

『1 acre ≒ 4,046.7 ㎡, 1 ㎡ ≒ 0.000247 acre』 이므로 acre 를 ㎡ 로 환산할 경우에는 4,046.7을 곱하며, ㎡ 를 acre 로 환산할 경우 0.000247을 곱하거나 4,046.7로 나

눈다.

(예제 1) 어느 교포가 500 acre 의 토지를 소유하고 있다. 몇 ㎡ 인가 ?

(풀이) 500 acre × 4,046.7 ≒ 2,023,350 ㎡

(예제 2) 광능시험림의 임야면적은 22,238,828 ㎡ 이다. 몇 acre 인가?

(풀이) 22,238,828 ㎡ × 0.000247 ≒ 5,492.99 acre

또는 22,238,828 ㎡ ÷ 4,046.7 ≒ 5,495.55 acre

(4) 기타 면적단위

1 acre ≒ 1,224.1 평(坪) ≒ 40.804 묘(전)

1 정보(町步) ≒ 10.0 반보(反步) ≒ 0.0099 ㎢

다. 체적

(1) ㎥ 와 입방자(尺3)

『1 ㎥ ≒ 35.937 입방자, 1 입방자 ≒ 0.02783 ㎥』이므로 ㎥ 를 입방자(尺^3)로 환산할 경우에는 35.937을 곱하며, 입방자(尺^3)를 ㎥ 로 환산할 경우 0.02783을 곱하거나 35.937로 나눈다.

(예제 1) 임도개설시 절토량이 35 ㎥ 이다. 몇 입방자(尺^3)인가 ?

(풀이) 35 ㎥ × 35.937 ≒ 1,257.80 입방자(尺^3)

(예제 2) 어느 가옥의 신축시 성토량이 1,000 입방자(尺^3)가 소요된다고 한다.

몇 ㎥ 인가 ?

(풀이) 1,000 입방자 × 0.02783 ≒ 27.83㎥ 또는 1,000 입방자 ÷ 35.937 ≒ 27.83㎥

(2) ㎥ 와 말(斗) 또는 섬(石)

『1 ㎥ ≒ 55.435 말, 1 말 ≒ 0.0180 ㎥, 1섬 = 10 말』이므로 ㎥ 를 말(斗)로 환산할 경우에는 55.435를 곱하며, 말(斗)를 ㎥ 로 환산할 경우 0.0180을 곱하거나 55.435로 나눈다.

(예제 1) 김일용은 가옥을 신축하면서 5 ㎥ 크기의 물탱크를 설치하였다.

몇 말(斗)이 들어갈까 ?

(풀이) 5 ㎥ × 55.435 ≒ 277.175 말(斗) = 27.7175 섬(石)

(예제 2) 김일용의 마당에는 100섬(石)의 벼가 들어갈 수 있는 창고가 있다.

몇 ㎥ 의 벼가 들어갈까 ?

(풀이) 100 섬 × 10 말/섬 × 0.018 ≒ 18 ㎥

(3) ㎥ 와 ℓ(리터)

『1 ㎥ = 1,000 ℓ, 1 ℓ = 0.001 ㎥』이므로 ㎥ 를 ℓ로 환산할 경우에는 1,000을 곱하며, ℓ 를 ㎥ 로 환산할 경우 0.001을 곱하거나 1,000으로 나눈다.

(예제 1) 5 ㎥ 크기의 레미콘 트럭이 있다. 몇 ℓ 인가 ?

(풀이) 5 ㎥ × 1,000 = 5,000 ℓ

(예제 2) 20,000 ℓ 크기의 물탱크가 있다. 몇 ㎥ 인가 ?

(풀이) 20,000 ℓ × 0.001 = 20 ㎥

(4) 기타 체적단위

1 ㎥ ≒ 35.317 ft^3 ≒ 264.19 gallon

【참고】 중량단위의 환산

1 돈(쭝) ≒ 3.75 g 1 근(斤) ≒ 0.6 kg 1 관(貫) ≒ 3.75 kg

1 kg ≒ 0.283 oz(온스) ≒ 0.4536 lb(파운드)

1.1.2.2. 거리측정

개략적인 거리의 측정은 간단한 기구를 사용하거나 전혀 사용하지 않고도 할 수 있지만, 보다 정확한 거리의 측정에는 체인, 테이프, 대자, 측량기 등의 기구들이 이용된다. 일반적으로 전자를 약측법이라고 하며 후자를 실측법이라고 한다.

약측과 실측에 의한 거리의 측정방법과 오차의 보정방법은 다음과 같다.

가. 약측법

극히 간단한 기구를 사용하거나 또는 전혀 사용하지 않고 거리를 측정하는 방법으로 목측, 보측, 음측, 시각법 등이 있다.

(1) 목측

목측(目測 : eye-measurement)은 멀리 떨어진 물체의 형태를 식별하여 그 형태에 따라서 개략적인 거리를 추정하는 방법으로 군사적으로 널리 이용되고 있다. 그러나 일기, 지형, 목측자의 시력 등에 따라 다음과 같이 다소 차이가 있다.

㉮ 일기가 맑을 때는 가까이 보이고, 흐릴 때는 멀리 보인다.

㉯ 태양을 등지고 볼 때는 가까이 보이고, 태양을 향하여 볼 때는 멀리 보인다.

㉰ 낮은 곳에서 높은 곳으로 볼 때는 가까이 보이고, 높은 곳에서 낮은 곳으로 볼 때는 멀리 보인다.

그러므로 각종 측정 여건에 대하여 숙달될 수 있도록 연습이 필요하다.

목측의 일반적인 표준은 사람이나 물체의 식별 여부에 따라 다음과 같다.

㉮ 사람의 코, 입, 눈의 위치가 인정되면 약 100 *m*

㉯ 양복 단추가 보이면 약 150 *m*

㉰ 사람의 손과 발이 인정되면 약 400 *m*

㉱ 사람이 서 있는 형태(운동 또는 정지)가 인정되면 약 800 *m*

㉲ 사람과 말이 검은점 처럼 보이면 약 2,000 *m*

(2) 보측

보측((步測 : pacing)은 보폭(걸음나비)을 이용하여 거리를 측정하는 방법으로 사전에 자신의 평균보폭을 조사해 두어야 한다. 보폭은 연령, 성별, 신장, 경사도에 따라 다르나, 보통 70~80 ㎝ 이다.

다음은 보측에 의한 거리산출식이다.

○ 거리 = 보수(발걸음수) × 평균보폭

(예제) 김일용은 보측으로 광능수목원 진입로의 길이를 측정한 바 360 걸음이었다. 몇 m 인가 ? (단, 김일용의 평균보폭은 75 ㎝ 임)

(풀이) 360 회 × 75 ㎝ = 27,000 ㎝ = 270 *m*

(3) 음측

음측(音測 : measuring by sound)은 소리에 의해 거리를 측정하는 방법이다. 소리의 속도는 습도, 온도, 풍향, 풍속 등에 따라 차이가 있는데, 0℃ 의 건조·무풍의 공기상태에서 331 m/sec 이며, 기온이 1 ℃ 상승할 때마다 약 0.609 m/sec 씩 증가된다. 빛이나 연기를 보고 소리를 들을 때까지의 시간을 측정하여 다음식에 의해 거리를 구할 수 있다.

○ 음속(V) = 331 *m*/sec + 0.609 m/sec/℃ × 온도(C)

○ 거리(D) = 음속(V) × 시간(t)

(예제) 김일용이 비무장지대에서 관측한 바, 북측 군사분계선 부근에서 총의 섬광을 보고 10초 후에 총소리를 들었다. 관측소까지의 거리는 얼마인가 ?

(단, 기온은 25 ℃ 이다.)

(풀이) 음속 = 331 *m*/sec + 0.609 *m*/sec/℃ × 25 ℃ = 346.225 *m*/sec

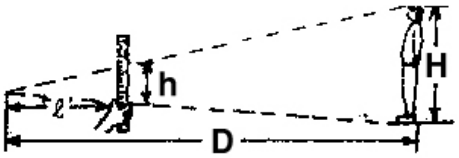
거리 = 346.225 *m*/sec × 10 sec(초) = 3,462.25 *m*

(4) 시각법

시각법(視角法 : visual angle method)은 상사삼각형의 원리를 응용하여 거리를 측정하는 것으로 다음과 같은 방법이 있다.

(가) 전방에 있는 물체의 높이를 알고 있을 경우

측정하려는 전방의 물체높이를 알 수 있을 경우에는 손에 잣대를 수직으로 쥐고 팔을 뻗쳐 측정하고자 하는 물체의 상하 양끝을 겨냥하여 잣눈금을 읽고 다음 식에 의하여 거리를 구한다.



$$\ell : h = D : H$$

$$D = \frac{H \cdot \ell}{h}$$

(단, 팔 길이(l)는 사전에 측정)

(예제) 김일용은 구내거리를 약측하고자 키가 170 ㎝ 되는 김을동을 한 쪽 끝에세우고 팔(ℓ = 57 ㎝)을 뻗쳐 김을동의 머리와 발끝을 시준하여 잣눈금을 보았더니 15 ㎝ 였다. 이들 사이의 거리는 얼마인가 ?

(풀이) 거리(D) = ℓ · H / h = 57 ㎝ × 170 ㎝ ÷ 15 ㎝ = 6.46 *m*

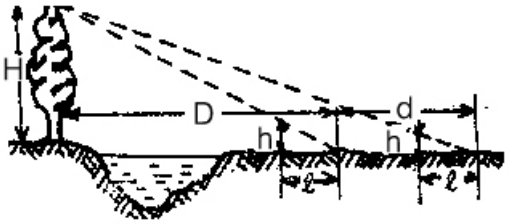
(나) 전방에 있는 물체의 높이를 모르고 있을 경우

전방에 있는 물체의 높이를 모르고 있을 경우에는 목표물이 보이는 두 지점에서 각각 측정한 다음 두 지점간의 거리를 측정하여 다음식에 의해 거리를 구한다.

$\ell : h = D : H$ $\qquad$ $H = \dfrac{h \cdot D}{\ell}$ 에서

$\ell : h' = (d + D) : H$ $\qquad$ $\dfrac{\ell}{h'} = \dfrac{d + D}{h \cdot D / \ell}$

$D = \dfrac{h' \cdot d}{h - h'}$



(예제) 김일용은 정문과 본관사이의 거리를 측정하고자 정문에서 본관 옥상을 시준한 바 잣눈금이 15 ㎝ 였고, 다시 12 m 앞쪽으로 위치를 옮겨 본관옥상을 시준한 바 잣눈금이 20 ㎝ 였다. 거리는 얼마인가 ? (단, 김일용의 팔길이는 57 ㎝ 임)

(풀이) $D = (h' \cdot d)/(h - h') = (0.15 \times 12) / (0.2 - 0.15) = 36\ m$

본관까지의 거리 $= D + d = 12\ m + 36\ m = 48\ m$

나. 거리 실측법

보다 정밀한 기구를 이용하여 거리를 측정하는 방법으로서 측정정도(測定精度)에 따른 거리측정용 기구와 측정방법은 다음과 같다.

(1) 거리측정용 기구

거리를 측정함에 있어서 요구되는 정도(精度) 및 용도에 따라 다음과 같은 기구가 이용된다.

방 법	정 도	용 도	같은 정도의 측각에 필요한 기계
보 측	1/100 ~ 1/200	답사, 소축척 지도작성측량, 테이프측량의 검사	핸드컴퍼스, 경사측정기, 앨리데이드
스타디아 측 량	1/300 ~ 1/1,000	세부측량, 낮은 정도 트래버스측량, 높은 정도 테이프측량 검사	트랜싯, 망원 앨리데이드, 측량용 컴퍼스
테이프 이용 보통측량	1/1,000 ~ 1/5,000	보통 트래버스측량(노선, 지형, 지적), 보통 시공측량	트랜싯(2회 측정)
테이프 이용 정밀측량	1/10,000 ~ 1/30,000	시가지 트래버스측량, 정밀공사측량, 낮은 정도 삼각측량의 기선	트랜싯(반복법)
기선측량	1/50,000 ~ 1/1,000,000	넓은 지역, 시가지, 교량, 터널 등 삼각측량	트랜싯(반복법), 데오도라이드(방향법)

(2) 측정방법

㉮ 측정하려는 두 지점에 포올(pole)을 세우고, 작업중의 수신호에 대한 약속을 한다.

㉯ 전수(前手 : leader)는 테이프의 0 점을 잡고 포올과 측량핀을 휴대하여 측정 지점(또는 한 테이프의 길이)까지 일직선으로 간 후, 포올을 세우고 신호를 기다린다.

㉰ 후수(後手) 또는 야장수(follower)는 두 지점사이의 일직선상에 전수가 세운 포올이 일치하도록 신호하여 포올을 위치시킨 후 위치를 표시하게 하고, 테이프를 당겨서 측량핀을 꽂도록 한다. 이때 테이프는 반드시 측선과 일치하여야 하고 수평이 되도록 해야 한다.

㉱ 후수는 측정이 끝난 측량핀을 모아 그 수를 헤아리고, 최후의 측정치를 합친 후 거리를 계산하며 2회 이상 측정하여 평균한다.

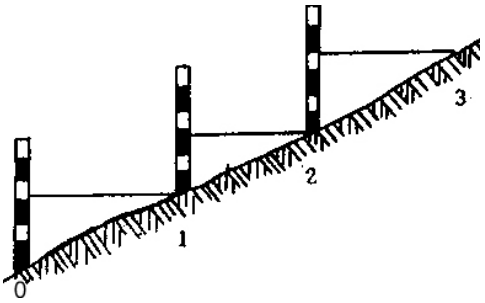
(3) 경사지 조건별 측정방법

경사지에서의 수평거리를 정확히 측정하고자 한다면 다음의 방법으로 측정할 수 있다. 그러나 기울기가 5°이내이면 사거리를 수평거리로 이용하여도 지장이 없다.

(가) 계단식 방법에 의한 경우

① 후수는 경사지 하단부에 있는 한 점에 포올을 수직(측량추나 드롭 핀 등을 이용하여 비교적 정확히 세운다.)으로 세운다.

② 전수는 테이프의 0점을 잡고 포올과 측량핀을 휴대한 후, 후수의 신호에 따라 테이프가 수평이 될 때 까지 전진한 후 측량 핀을 꽂는다. 이때 후수는 거리를 측정한다,



③ 다시 후수는 전수가 꽂은 측량핀의 지점으로 이동한 후 포올을 수직으로 세우고 전수를 이동시킨다.

④ 이러한 작업을 반복하여 거리를 합산한다. 이때 측량핀을 꽂는 모든 지점은 측정하고자 하는 두 지점사이의 일직선상에 있어야 한다.

(나) 사거리와 경사각 또는 높이에 의한 경우

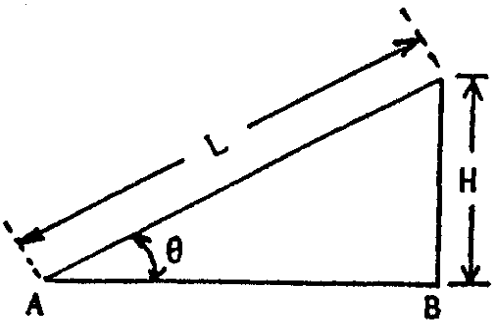
경사면이 일정할 경우에는 경사면을 따라 사거리(L)와 경사각(Θ) 또는 높이(H)를 측정한 후 다음식에 의해 수평거리를 구한다.

○ 경사가 보통 이하일 때

$$D = L \cdot \cos\Theta \fallingdotseq L - \frac{H^2}{2L}$$

○ 경사가 급할 때

$$D \fallingdotseq L - \left(\frac{H^2}{2L} + \frac{H^4}{8L^3}\right)$$



(다) 수평계수에 의한 경우

측선의 사거리와 물매(%)를 평판, 콤파스 등에 의하여 측정하였을 때는 물매(勾配) 계수표를 이용하여 수평거리를 산출한다.

○ 수평거리(D) = 사거리(L) × 수평계수

(예제) 김일용은 청사앞 정원의 폭을 측량한 바, 사거리 50 m, 물매 20/100 이었다. 수평거리는 얼마인가 ? (단, 물매계수표에서 물매 20/100의 수평계수는 0.981)

(풀이) 수평거리(D) = 50 m × 0.981 = 49.05 m

(라) 계산척에 의한 경우

계산척에는 sin값 밖에 없으므로 경사지 물매를 이용하여 경사각(Θ)을 구한 후, 다음식에 의해 cos값과 수평거리(D)를 산출한다.

○ cosΘ = sin (90°− Θ)

○ 수평거리(D) = 사거리(L) × cosΘ = 사거리(L) × sin (90°− Θ)

(예제) 앞 항의 (예제) 인자를 계산척에 의하여 수평거리를 산출하여라.

(풀이) 경사각의 산출 : 20/100 = tan 11°18′35.8″ 이므로

cos 11°18′35.8″ = sin (90°− 11°18′35.8″) = sin 78°41′24.2″

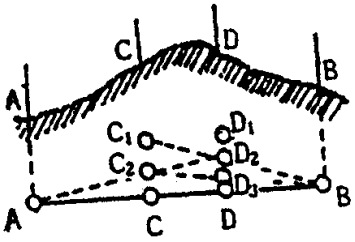
수평거리(D) = 50 *m* × sin 78°41′ 24.2″ = 49.03 *m*

(마) 장애물이 있는 경우

1) 시준점의 설정

산이나 계곡 또는 임목에 의해 두 시준점이 서로 보이지 않을 경우에는 다음과 같은 방법으로 시준점을 설정한다.

가) 두 지점 사이에 산이 있을 경우



① 점 A와 점 B가 보이는 두 지점 점 C와 D에 포올을 갖고 위치한다.

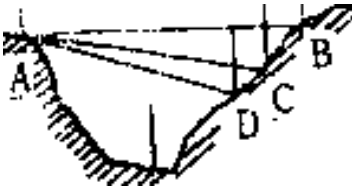
② 점 C에서 CB의 시준선상에 점 D가 오게 하고,점 D에서 DA의 시준선상에 점 C가 오게 한다.

③ 이를 반복하면 점 C와 D를 AB 정확하게 일직선상에 설정할 수 있다.

나) 두 지점 사이에 계곡과 임목이 있을 경우의 시준점의 설정

① 점 A에서 시준이 가능한 점 C를 AB의 일직선상에 설정한다.

② 점 A, B, C의 포올이 일치되게 한다.



③ 점 B에 설치된 포올을 옮겨 AC의 시준선상에 일직선이 되게 점 D를 설정한다.

④ 이와같이 반복하여 계곡부에 설치할 점 P의 지점을 정확하게 AB의 일직선상에 설정할 수 있다.

2) 두 지점 모두 접근이 가능할 경우

가) 직선 상태로 연장이 가능한 지역

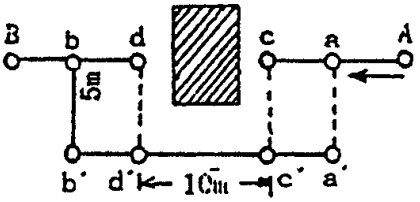
① 점 A에서 Aa를 연장하여 점 c를 정한다.

② 직각기 또는 테이프로 점 a와 c에서 각각 같은 거리의 직각선 aa′와 cc′를 설정한다.

③ a′c′의 연장선상의 점 b′와 d′를 정한 후, ② 와 같은 거리의 직각선 bb′와

dd′를 설정한다.

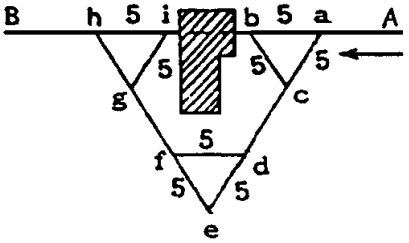
⑤ Ac, c′d′, dB의 거리를 합하여 AB간의 거리를 산출한다.



나) 정삼각형법에 의한 경우

① 점 A에서 Aa를 정수(整數)의 거리만큼 연장하여 점 b를 정한다.

② 테이프로 점 a와 b에서 각각 ab와 같은 길이의 원호를 그려 교점 c를 정한다.(ab = ac = bc)



③ ac를 연장하여 점 e를 정하고 거리를 측정한 다음 연장선상에 ac=ed가 되도록 점 d를 정한다.

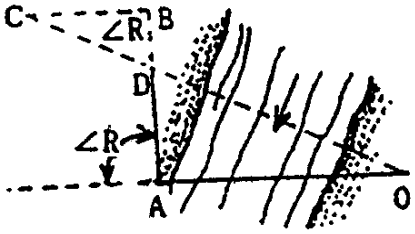
④ 점 e와 d에서 ② 와 같은 방법으로 점 f를 정한다.

⑤ ef를 연장하여 ae = eh가 되는 점 h를 정한다.

⑥ 점 h에서 ac = ef = hg 되도록 점 g를 정하고 점 h와 g에서 ② 와 같은 방법으로 점 i를 정하면, △ aeh는 정삼각형이며 점 A, a, b, i, h, B는 일직선상에 있으므로 Aa, ae, hB의 거리를 더하여 AB의 거리를 산출한다.

3) 한 지점만 접근이 가능한 경우

가) 맞각의 닮은삼각형을 설치할 수 있을 경우



① 점 A에서 AO에 직각이 되도록 점 B를 정한 후, 점 B에서 AB에 직각이 되도록 점 C를 정한다.

② 점 C에서 CO를 시준하여 AB선과의 교점 D를 정한다.

③ △AOD와 △BCD는 닮은삼각형이므로 AD, DB, BC의 거리를 측정한 후 다음 식에 의해 거리를 산출한다.

$$AD : BD = AO : BC$$

$$AO = \frac{AD \times BC}{BD}$$

(예제) 김일용은 내(川)의 건너편에 위치한 한 지점까지의 거리를 측정하기 위하여 위 그림의 AD, BC, BD의 거리를 측정한 바 각 20 *m*, 7 *m*, 10 *m* 였다. 거리는 몇 *m* 인가 ?

(풀이) $AO = \dfrac{20\ m \times 7\ m}{10\ m} = 14\ m$

나) 연접된 닮은삼각형을 설치할 수 있을 경우

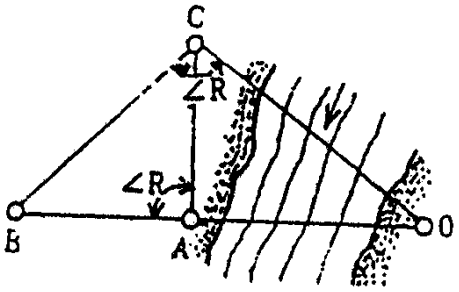
① 점 A에서 AO에 직각이 되도록 점 C를 정하여 AC의 거리를 측정한다.

② 점 A에서 AO의 연장선을 설치하여 ∠ C = 90°가 되도록 점 B를 정하고, AB의 거리를 측정한다.

③ △ ABC와 △ ACO는 닮은삼각형이므로 다음 식에 의해 거리를 산출한다.

$AB : AC = AC : AO$

$AO = \dfrac{AC^2}{AB}$



(예제) 김일용은 하천 건너편의 한 지점까지의 거리를 측정하기 위하여 AB, AC의 거리를 측정한 바 각각 10 *m*, 20 *m* 였다. 거리는 몇 *m* 인가 ?

(풀이) $AO = \dfrac{20^2}{10} = 40\ m$

4) 두 지점 모두 접근이 불가능한 경우

① 적당한 점 O를 선정하고, OP 와 OQ의 거리를 전술한 방법에 의해 산출한다.

② OP의 시준선상에 점 P_1을 선정하여 OP_1의 거리를 측정한다.

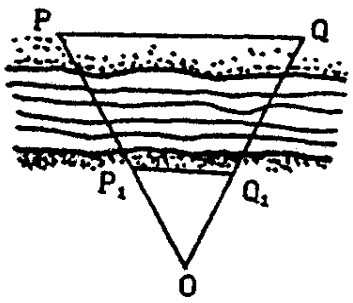
③ OQ의 시준선상에 $OQ_1 = (OQ \times OP_1) / OP$의 거리가 되도록 점 Q_1을 설치하고, P_1Q_1의 거리를 측정한다.

④ $\triangle OP_1Q_1$ 과 $\triangle OPQ$는 닮은삼각형이므로 다음 식에 의하여 산출한다.

$PQ : P_1Q_1 = OP : OP_1$

$PQ = \dfrac{P_1Q_1 \times OP}{OP_1}$

(예제) 김일용은 강(江) 건너편에 있는 자신 소유 전답의 길이를 알고자 위 그림의 OP, OP_1, P_1Q_1 을 측정한 바 각각 70 *m*, 15 *m*, 20 *m* 였다. 전답의 길이는 몇 *m* 인가 ?



(풀이) $PQ = \dfrac{20 \times 70}{15} = 93.33\ m$

다. 오차와 보정

(1) 종류 및 원인

거리측정에 있어서 오차(誤差 : error)가 생기는 원인에 따라 다음과 같이 정오차(定誤差)와 우연오차(偶然誤差)로 구분할 수 있다.

(가) 거리측정의 정오차가 주로 생기는 원인

① 테이프의 길이가 표준 길이보다 짧거나 길 경우

② 측정을 동일한 측선위에서 정확하게 하지 않을 경우

③ 테이프가 바람이나 자중으로 인하여 또는 초목에 걸쳐서 직선(또는 수평)이 되지 않았을 경우

④ 경사지에서 테이프를 수평으로 정확하게 측정하지 아니할 경우

⑤ 측정할 때의 온도가 테이프를 검정할 때의 온도와 맞지 않은 경우 또는 당기는 힘이 항상 크거나 작을 경우

이와 같은 정오차는 관측의 횟수에 따라서 비례하는 것으로 오차가 생기는 원인을 조사하여서 조정하는 방법을 알아 두면 쉽게 제거할 수 있다.

(나) 거리측정의 우연오차가 주로 생기는 원인

① 전수가 표시한 측량핀의 위치에서 후수가 정확하게 잣눈을 읽지 못하거나 전수가 그 위치를 정확하게 표시하지 못할 경우 (특히 경사지에서는 오차가 크다.)

② 한 잣눈의 끝수를 정확하게 읽기가 곤란할 경우

③ 온도나 습도 또는 당기는 힘이 때때로 변할 경우

(2) 정도

거리측정의 정도(精度)는 측정치의 평균오차(또는 확율오차)와 평균치(또는 最確値)의 비율로서 표시한다. 왕복측정에 있어서 각 측정치를 ℓ_1, ℓ_2 라 하면, 평균치

ℓ_0 와 정도 P는 다음 식에 의하여 산출한다.

○ 평균치(ℓ_0) = 왕복측정치의 평균 = $\dfrac{\ell_1 + \ell_2}{2}$

○ 정도(P) = 왕복측정치의 차 / 평균치 = $\dfrac{|\ell_1 - \ell_2|}{\ell_0}$

거리측정의 정도는 보통 시가지의 경우에는 1/10,000~1/50,000, 평지의 경우에는 1/2,500~1/5,000, 산지의 경우에는 1/500~1/1,000이 표준이다.

요구되는 거리측정의 정도에 따른 측정기구 및 방법은 다음과 같다.

① 1/1,000~1/5,000 : 체인, 베줄자(베줄자는 1/5,000의 정도를 얻기 어렵다)

② 1/5,000~1/10,000 : 강철 테이프

③ 1/10,000~1/50,000 : 강철 테이프를 흐린 날씨에 이용하고, 온도에 따른 변화 정도를 측정하여 보정한다.

④ 1/50,000 ~ 1/100,000 : 강철 테이프를 이용하여 측정하되, 측정에 세심한 주의와 상당한 기술을 요하며, 온도(0.1 ℃ 까지)와 장력(張力) 및 경사에 대한 보정이 필요하고, 흐린 날씨, 해진 후나 해뜨기 전에 작업하여야 한다.

(예제) 김일용이 테이프를 이용하여 광능수목원 진입로의 길이를 2회 측정하였더니 각각 270.035 m, 269.977 m 였다. 정도는 얼마인가 ?

(풀이) 평균치(l_0)= (270.035 + 269.977) / 2 = 270.006 m

$$\text{정도(P)} = \frac{|270.035 - 269.977|}{270.006} = \frac{1}{4{,}655.28}$$

라. 보정

부정확한 측정기구(측정자)로 측정한 거리(l_1)를 다음식에 의하여 정확한 거리(l_0)로 보정(補正)할 수 있다.

○ $\ell_0 = \dfrac{\text{측정자의 길이}}{\text{표준 길이}} \times \ell_1$

(예제) 김일용은 50 m 테이프를 이용하여 두 지점사이의 거리를 측정하였더니 269.193 m 였는데, 이 테이프를 표준자로서 검증한 바 50.15 m 였다. 두 지점사이의 정확한 거리는 얼마인가 ?

(풀이) $\ell_0 = \dfrac{50.15}{50} \times 269.193 = 270.0006\ m$

1.1.2.3. 높이측정

개략적인 높이의 측정은 간단한 기구를 사용하거나 전혀 사용하지 않고도 할 수 있지만, 보다 정확한 높이의 측정에는 거리측정용 기구 또는 이와 병행하여 기울기를 측정할 수 있는 기구들이 이용된다. 일반적으로 전자를 약측법이라고 하며, 후자를 실측법이라고 한다. 약측법과 실측법에 의한 높이의 측정은 다음과 같다.

가. 약측법

극히 간단한 기구를 사용하는 시각법이나 시선 등에 의해 높이를 측정하는 방법이다.

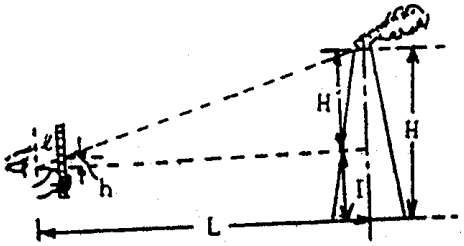
(1) 시각법

시각법(視角法 : visual angle method)을 이용한 높이의 측정은 거리의 측정과 마찬가지로 상사삼각형의 원리를 응용하여 높이를 측정하는 것으로 다음과 같은 방법이 있다.

(가) 측정 지점까지의 거리를 알고 있을 경우

① 자를 쥔 손을 뻗쳐 측정하고자 하는 물체의 꼭대기를 시준하여 시준선과 만나는 자의 눈금을 읽는다.

② 측정 위치에서 물체까지의 거리를 측정하여 다음식에 의해 높이를 산출한다.



$$\ell : h = L : H'$$

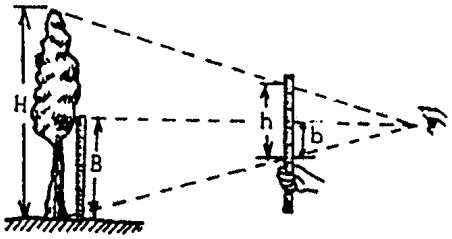
$$H' = \frac{L \cdot h}{\ell}$$

$$H = H' + I = \frac{h}{\ell} \cdot L + I$$

(예제) 김일용은 공장 굴뚝의 높이를 측정하기 위하여 20 m 떨어진 지점에서 잣대를 쥔 팔(팔길이 = 57 ㎝)을 뻗쳐 굴뚝 꼭대기를 시준하였다. 시준선과 만나는 잣눈금이 20 ㎝ 이고, 눈높이가 1.6 m 라면 굴뚝의 높이는 몇 m 인가 ?

(풀이) 굴뚝의 높이(H) $= 1.6 + \dfrac{0.20\ m}{0.57\ m} \times 20 = 1.6 + 7.02 = 8.62\ m$

(나) 측정 지점까지의 거리를 모를 경우



① 높이를 구하고자 하는 물체 아래에 길이를 알고 있는 표척을 세운 다음 자를 쥔 손을 뻗쳐 전방 물체의 높이와 표척을 시준한다.

② 이들이 이루는 시선 사이에 있는 잣눈금을 읽어 다음 식에 의하여

높이를 구한다.

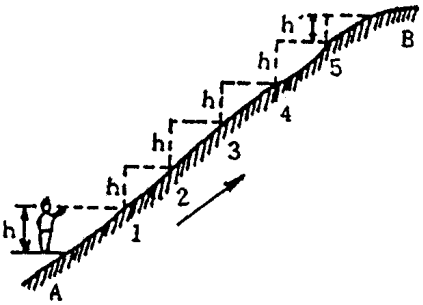
b : h = B : H

$$H = \frac{h}{b} \cdot B$$

(예제) 김일용은 길이 5 m 의 함척을 느티나무 아래에 세우고, 팔을 뻗쳐 손에 쥔 자의 눈금으로 수고를 측정하고자 한다. 이때 느티나무의 꼭대기와 이루는 시준선이 37 ㎝ 였고, 함척의 끝과 이루는 시준선은 0.2 m 였다. 느티나무의 수고는 몇 *m* 인가 ?

(풀이) 수고(H) $= \frac{0.37}{0.2} \times 5 = 9.25\ m \fallingdotseq 9\ m$

(2) 시선에 의한 방법



㉮ 팔을 내밀어 엄지 손가락을 세우고 손끝을 시준한 시준선이 항상 수평이 되도록 유지한다.

㉯ 이때 시준고가 h 라면 아래에서부터의 시준회수(n)를 구하며, 마지막부분(h′)은 목측으로 구한다.

○ 수직높이(H) = h · n + h′

(예제) 김일용은 조림지 면적을 구하기 위해 사면을 오르면서 팔을 뻗쳐 엄지손가락을 세우고(팔높이 : 1.6 *m*), 손 끝을 시준하면서 사면길이를 측정한 바 16회 이동한 후 50 ㎝ 남았다. 수직높이는 얼마인가 ?

(풀이) 수직높이(H) = 1.6 *m* × 16 회 + 0.5 *m* = 26.1 *m*

나. 높이 실측법

측각기 등의 정밀한 기구를 이용하거나 삼각측량 등에 의해 높이를 측정하는 방법으로 높이측정용 기구의 종류 및 정도는 거리측정용 기구(1.1.2.2.-나-(1))과 같다.

(1) 측각기에 의한 방법

경사측정기(clinometer) 등의 측각기(測角器)를 이용하여 수평선과 시준선이 이루는 각도(또는 물매)와 측정 위치와 물체 사이의 거리를 측정한 후, 다음식에 의해 수직높이를 산출한다.

○ 수직높이 = 시준고(또는 기계고) + (거리 × 물매(%) / 100)

○ 수직높이 = 시준고(또는 기계고) + (거리 × tan 사이각(°))

(예제 1) 김일용이 경사측정기를 이용하여 20 m 전방에 서 있는 낙엽송의 초두부를 시준한 바 140% 였다. 이 낙엽송의 수고는? (단, 시준고는 1.7 *m* 임)

(풀이) 수고 = 1.7 *m* + 20 *m* × 140/100 = 1.7 *m* + 28 *m* = 29.7 *m*

(예제 2) 김일용이 트랜싯을 이용하여 250 *m* 떨어진 산의 정상부를 시준하였더니 35°40′00″ 였다. 산의 높이는 얼마인가? (단, 기계고는 1.2 *m* 임)

(풀이) 산의 높이 = 1.2 + (250 *m* × tan 35°40′00″)

= 1.2 + 250 × 0.7177 = 1.2 + 179.43 *m* = 180.63 *m*

(2) 고저계수에 의한 방법

측선의 사거리와 물매(%)를 평판, 컴퍼스 등에 의하여 측정하였을 때에는 물매계수표를 이용하여 수직높이를 산출한다.

○ 수직높이(H) = 사거리 × 수직계수

(보기) 김일용은 청사앞 굴뚝의 높이를 사거리 50 *m*, 물매 20/100 으로 측량하였다. 굴뚝의 높이는 얼마인가 ? (단, 물매계수표에서 20/100의 수직계수는 0.196)

(풀이) 수직높이(H) = 50 m × 0.196 = 9.8 *m*

(3) 삼각측량법에 의한 방법

㉮ 점 A에서 측정하고자 하는 물체의 상단을 시준하여 경사각(°)을 측정한다.

㉯ 점 B에서 ①과 같은 방법으로 경사각을 측정한다.

㉰ AB의 거리를 측정한 후, 다음 식에 의해 수직높이를 산출한다.

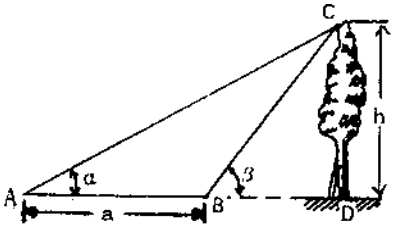
△ABC 에서

$\angle ACB = \angle CBD - \angle CAB = \beta - \alpha$

$$\frac{BC}{\sin\alpha} = \frac{AB}{\sin(\beta-\alpha)}$$

$$BC = \frac{AB \cdot \sin\alpha}{\sin(\beta-\alpha)} = a \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin(\beta-\alpha)}$$

$$h = CD = BC \cdot \sin\beta = a \cdot \frac{\sin\alpha \cdot \sin\beta}{\sin(\beta-\alpha)}$$



(예제) 김일용은 수고를 측정하기 위해 위 그림에서의 a, ∠α, ∠β 를 측정한 바 각각 12 m, 30°, 60° 였다. 수고는 얼마인가 ?

(풀이) 수고 $= 12\ m \times \dfrac{\sin 30° \times \sin 60°}{\sin(60° - 30°)} = 12\ m \times \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 10.39\ m$

1.1.2.4. 면적측정

토지의 면적은 그 경계선을 수평면에 투영해서 나타난 수평면의 면적으로서 면적 측정의 방법에는 다음과 같은 여러 가지가 있다.

가. 삼각형법

면적을 측정하고자 하는 다각형을 여러 개의 삼각형으로 구분하고, 각 삼각형의 면적을 산출한 후 이들의 면적을 더하여 다각형의 면적을 구하는 방법으로 각 삼각형의 면적은 다음의 방법으로 구한다.

(1) 삼각형의 밑변과 높이에 의한 방법

㉮ 면적을 측정하고자 하는 다각형을 아래 그림과 같이 수 개의 삼각형으로 구분하고, 각 꼭지점에서 밑변으로 수선(垂線)을 세워 면적을 구한다.

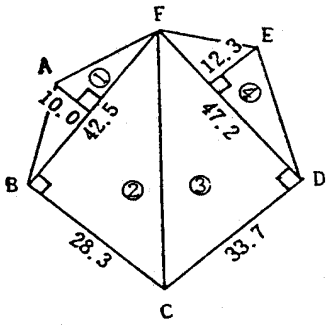
㉯ 삼각형의 밑변과 높이의 비는 1 : 1이 이상적이고 가급적 1 : 3 또는 3 : 1 이내가 되도록 구분하는 것이 좋으며, 다음식에 의해 다각형의 면적을 산출할 수 있다.

○ 삼각형의 면적(A) $= \dfrac{\text{밑변} \times \text{높이}}{2} = \dfrac{a \cdot h}{2}$

(예제) 옆의 그림에 나타낸 다각형의 면적을 구하여라.

(풀이)

번호	밑변(a)	높이(h)	면적(㎡)
①	42.5	10.0	212.50
②	42.5	28.3	601.38
③	47.2	33.7	795.32
④	47.2	12.3	290.28



총면적 : 1,899.48

(2) 삼각형의 세 변의 길이에 의한 방법

㉮ 면적을 측정하고자 하는 다각형을 다음 그림과 같이 여러 개의 삼각형으로 구분하고, 각 삼각형의 세 변(a, b, c)의 길이를 측정한다.

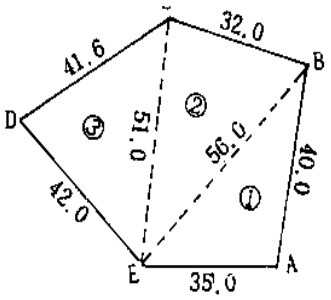
㉯ S = (a + b + c) / 2 라고 하면, 다음식에 의해 다각형의 면적을 산출할 수 있다.

○ 삼각형의 면적(A) = $\sqrt{S\ (S-a)\ (S-b)\ (S-c)}$

(예제) 옆의 그림에 나타낸 다각형의 면적을 구하여라.

(풀이)

번호	1	2	3
S	65.5	69.5	67.3
S-a	25.5	13.5	16.3
S-b	30.5	37.5	25.3
S-c	9.5	18.5	25.7
면적	85.96	96.8	103.0



총면적 : 285.69

(3) 삼각형의 두 변과 그 사이각에 의한 방법

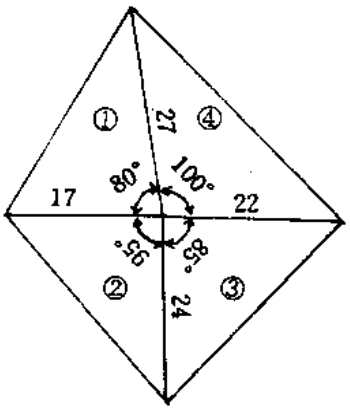
㉮ 면적을 측정하고자 하는 다각형의 내부에 측량기를 설치한다. 이 때 가급적 측량기는 각 꼭지점의 시준과 거리를 측정하기 좋은 곳에 설치한다.

㉯ 측량기를 사용하여 각 꼭지점까지의 거리와 사이각을 측정하고, 다음 식에 의

하여 면적(A)을 산출한다.

○ 삼각형의 면적(A) $= \dfrac{a \cdot b \cdot \sin\Theta}{2}$

(예제) 옆의 그림에 나타낸 다각형의 면적을 구하여라.



(풀이) ① 17×27×sin80°/ 2 = 226.0 ㎡

② 17×24×sin95°/ 2 = 203.2 ㎡

③ 24×22×sin85°/ 2 = 263.0 ㎡

④ 22×27×sin100°/ 2 = 292.5 ㎡

계 984.7 ㎡

나. 지거법

경계선이 직선이 아닌 경우 또는 직선이지만 굴곡이 심한 경우에는 다음과 같은 방법에 의해 지거(支距)를 설정하여 다각형의 면적을 산출할 수 있다.

① 경계선과 가장 가까운 곳에 직선을 설정한다.

② 설정된 직선으로부터 적당한 간격으로 지거를 설치한다.

③ 지거의 간격과 길이를 측정하여 다각형의 면적을 산출한다.

(1) 지거의 간격이 다를 경우

지거의 간격이 다를 경우에는 다음식에 의해 면적을 산출한다.

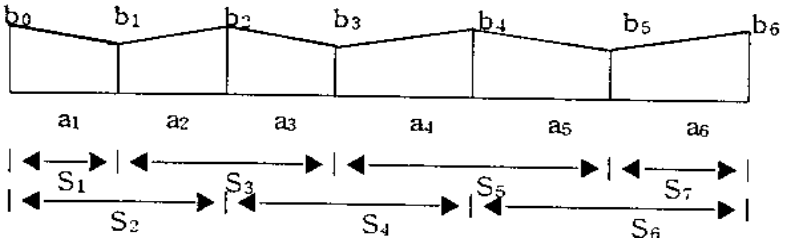
$$\text{면적(A)} = \frac{a_1(b_0+b_1) + a_2(b_1+b_2) + a_3(b_2+b_3) + \ldots + a_n(b_{n-1}+b_n)}{2}$$

$$= \frac{(b_0S_1 + b_1S_2 + b_2S_3 + \ldots + b_{n-1}S_n)}{2}$$

여기서 $a_1, a_2, \ldots, a_n$: 지거의 간격, $b_0, b_1, \ldots, b_{n-1}$: 지거의 길이

$S_1, S_2, \ldots, S_n, S_{n+1}$: 측점 전후에 위치한 지거의 간격

(즉, $S_1 = a_1$, $S_2 = a_1+a_2, \cdots$, $S_n = a_{n-1}+a_n$, $S_{n+1} = a_n$)



(예제) 그림에서 a_1 = 16, a_2 = 19, a_3 = 15, a_4 = 35, a_5 = 24, a_6 = 21 이고, b_0 = 15, b_1 = 9, b_2 = 18, b_3 = 11, b_4 = 21, b_5 = 16, b_6 = 24 일 때, 다각형의 면적을 구하라.

(풀이) $A = \dfrac{(15\times16+9\times35+18\times34+11\times50+21\times59+16\times45+24\times21)}{2} = 2{,}090\ m^2$

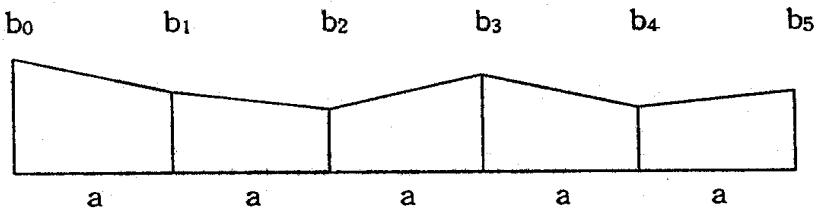
(2) 지거의 간격이 동일할 경우

지거의 간격이 동일할 경우에는 다음식에 의해 보다 간편하게 다각형의 면적을 산출할 수 있다.

(가) 사다리꼴 공식에 의한 면적측정

$$A = a\left(\frac{b_0 + b_n}{2} + b_1 + b_2 + b_3 + \ldots + b_{n-1}\right)$$

여기서 $a_1, a_2, \ldots, a_n$: 지거의 간격 , $b_0, b_1, \ldots, b_{n-1}$: 지거의 길이



(예제) 그림에서 a=20, b_0=30, b_1=20, b_2=15, b_3=25, b_4=17, b_5=22 일 때, 사다리꼴 공식을 이용하여 다각형의 면적을 구하여라.

(풀이) $A = 20\left(\dfrac{30+22}{2} + 20 + 15 + 25 + 17\right) = 2{,}060\ m^2$

(나) Simpson 제 1공식

지거의 간격이 일정하지만 경계선이 곡선으로 구성되어 있을 경우에는 경계선의

일부를 포물선으로 가정하여 다음 식에 의해 다각형의 면적을 산출한다.

$$A = \frac{a\ \{b_0+b_n+4(b_1+b_3+...+b_{n-1})+2(b_2+b_4+...+b_{n-2})\}}{3}$$ (단, n=짝수)

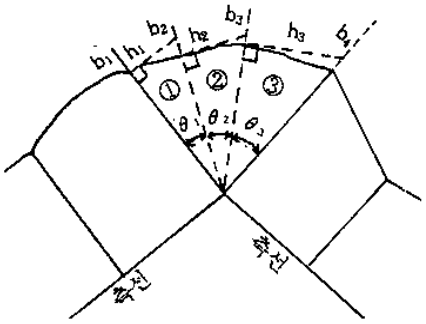
(n 이 홀수일 경우 n-1까지의 면적을 Simpson 제 1공식에 의해 산출하고, 맨 끝의 도형의 면적은 사다리꼴 공식에 의해 산출하여 더한다.)

(예제) 나-(2)-(가) (예제)의 다각형 면적을 Simpson 제 1공식에 의하여 구하여라.

(풀이) $A = \frac{20\ \{30\ +\ 22\ +\ 4\times(20+25)\ +\ 2\times(15+17)\}}{3} \fallingdotseq 2{,}000$ ㎡

(3) 측선을 설치할 수 없을 경우

귀퉁이 부분에 위치한 다각형은 측선을 설치하기가 곤란하므로 동일한 지점에서 각 경계선으로 지거를 설치하여 다음의 방법에 의해 다각형의 면적을 측정한다.



(가) 지거사이의 거리를 측정한 경우

$$A = \frac{(b_1 \cdot h_1 +\ b_2 \cdot h_2 +\ \cdots\ +\ b_n \cdot h_n)}{2}$$

여기서, $b_1, b_2,..., b_n$: 지거의 길이

$h_1, h_2,..., h_n$: 지거간의 높이

(예제) 옆의 그림에서 b_1=30, b_2=20, b_3=15이고, h_1=17, h_2=17, h_3=22라 할 때 다각형의 면적을 구하여라.

(풀이) $A = (30\times17+20\times17+15\times22)\ /\ 2 = 590$ ㎡

(나) 지거사이의 내각을 측정한 경우

$$A= \frac{(b_1 \cdot b_2 \cdot \sin\Theta_1+b_2 \cdot b_3 \cdot \sin\Theta_2+....+b_n \cdot b_{n+1} \cdot \sin\Theta_n)}{2}$$

여기서, $\Theta_1, \Theta_2, \cdots, \Theta_n$: 지거의 사이각

다. 도상거리법

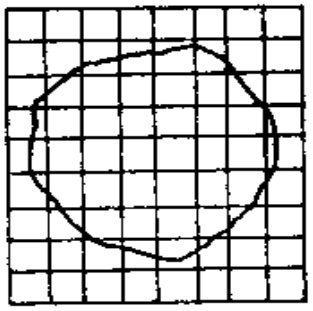
앞에서 설명한 방법들은 도상(圖上)에서 계산할 때도 있으나 주로 현장에서의 면적측정에 사용되는 방법이며, 도상에서의 면적측정에는 주로 다음과 같은 방법들이 이용된다.

(1) 방안법

㉮ 적당한 축적으로 방안지(方眼紙)에 구역의 경계를 제도하고 눈수를 계산한다.

㉯ 주위의 선에 걸쳐진 부분은 목측으로 계산하거나 삼각형 또는 사다리꼴로 계산한다.

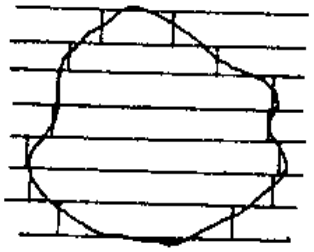
㉰ 방안법을 이용할 때는 축적별로 1 칸의 면적을 계산하여 두면 편리하다.



(2) 띠측법

㉮ 방안지가 아닌 종이에 그려진 도면의 경우에는 방안(方眼) 대신 도면상에 적당한 간격으로 선을 긋는다.

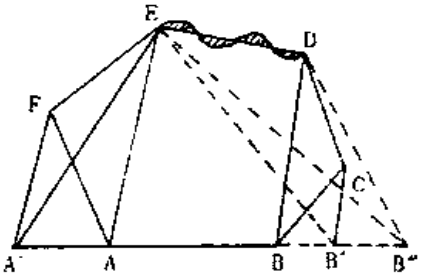
㉯ 선들 사이의 부분을 사다리꼴로 보고 면적을 계산한다.



(3) 등량법

㉮ 불규칙한 경계선을 면적의 과부족이 없도록 규칙적으로 고친다. 이때 양측 면적이 같도록 긋는 선을 등량선(等量線) 또는 취사선(取捨線)이라고 한다.

㉯ 경계가 트레버어스로 되어 있을 때에는 평면삼각형의 등적삼각형법에 의하여 점차적으로 변의 수를 줄여 1개의 삼각형으로 하고 면적을 구한다.



라. 구적기 방법

구적기(求積器 : planimeter)는 일정한 축척으로 그려진 도상면적을 측정하는 기계로서 곡선형으로 이루어진 도형의 면적측정에 주로 이용되며, 그 종류가 많으나 정극(定極)플라니미터를 많이 사용한다.

정극 플라니미터에 의한 면적측정법은 다음과 같다.

(1) 고정침을 도형밖에 설치할 경우

측정하려는 면적이 작을 경우의 면적측정에 이용되는 방법으로 측정방법은 다음과 같다.

㉮ 면적을 측정하고자 하는 도면을 수평한 판위에 놓고 구김이 없도록 잘편다.

㉯ 플라니미터의 두 팔(측간과 극간)이 대체로 직교하는 위치에서 고정점(또는 극점)을 정하되 경계선을 따라 일주하는 동안 장애물이 없어야 한다.

㉰ 추적침(또는 측도침)을 기점에 놓았을 때, 수평회전반(전륜 또는 측륜)과 버어니어가 가리키는 값을 제 1독수(제 1읽음값), 경계선을 일주한 후 기점에 돌아왔을 때의 값을 제 2독수(제 2읽음값)으로 한다. 제 1독수가 0 이 되도록 버어니어와 수평회전반에 맞춘 후 측정을 시작하면 독수차(讀數差)를 계산하기가 쉽지만 반드시 0에 맞출 필요는 없다.

㉱ 추적침을 돌리는 방향에 따라 다음식에 의해 독수차와 면적을 산출한다.

○ 독수차를 산출하는 방법

○ 시계방향으로 돌릴 때

- 1회전 이내 : 제 2독수(제 2읽음값) − 제 1독수(제 1읽음값)
- 1회전 이상 : (10,000×회전수 + 제 2독수) − 제 1독수

○ 시계 반대방향으로 돌릴 때

- 1회전 이내 : 제 1독수 − 제 2독수
- 1회전 이상 : (10,000×회전수 + 제 1독수) − 제 2독수

○ 면적(A) = 단위면적 × 독수차 × (축척)^2

【참고】 플라니미터의 단위면적 산출법

① 플라니미터의 단위면적을 모를 경우에는 방안지 등에 면적을 알 수 있는 도형을 구획하고, 플라니미터를 이용하여 독수차를 산출한다.

② ① 에서 구한 독수차와 도형의 면적을 비례시켜 단위면적을 구한다.

○ 단위면적 = (도형의 실면적) / 독수차

(예제 1) 김일용은 축척 1/6,000 임야도에서 조림예정지 면적을 측정하기 위해 단위면적 0.025 ㎠ 인 플라니미터를 시계방향으로 사용한 바, 제 1독수가 520, 제 2독수가 2,358이었다. 면적은 몇 ha 인가 ?

(풀이) 독수차 = 2,358 − 520 = 1,838

$$\text{면적(A)} = \frac{1{,}838 \times 0.025 \times 6{,}000^2}{10{,}000} = 165{,}420\ \text{㎡} = 16.54\ \text{ha}$$

(예제 2) 김일용은 축척 1/1,200의 지적도에서 묘포장의 면적을 구하기 위해 단위면적 0.036 ㎠ 인 플라니미터를 시계방향으로 사용한 바, 제 1독수가 9,520, 제 2독수가 1,230이었고, 수평회전반의 수치는 1을 지나 있었다. 면적은 몇 평(坪)인가 ?

(풀이) 독수차 = (10,000×1 + 1,230) − 9,520 = 1,710

$$면적(A) = \frac{1,710 \times 0.036 \times 1,200^2}{10,000} = 8,864.64\ ㎡ = 2,681.5\ 평$$

(예제 3) 김일용은 축적 1/200 로 측량 제도한 청사의 도면에서 단위면적을 모르는 플라니미터를 사용하여 구적한 바 독수차가 1,200이었고, 이 구적기의 단위면적을 산출하기 위하여 면적 10 ㎠ 의 도형을 구적한 결과 독수차는 100 이었다. 이 플라니미터의 단위면적과 청사면적은 얼마인가 ?

(풀이) 단위면적 = 실면적 / 독수차 = 10 ㎠ / 100 = 0.1 ㎠

$$청사면적 = \frac{1,200 \times 0.1 \times 200^2}{10,000} = 432\ ㎡$$

(2) 고정침을 도형안에 설치할 경우

면적을 측정하려는 도형이 커서 고정침을 밖에 놓으면 한번에 측정하기 어려울 때에는 고정침의 설치위치를 도형안에 정한 후 다음의 방법에 의해 면적을 산출한다.

㉮ 라-(1)의 ①~③과 동일한 방법을 행한다.

㉯ 다음식에 의하여 독수차를 구한 후, 면적을 산출한다.

○ 독수차를 산출하는 방법

- 제 2독수가 클 경우 : 제 2독수 − 제 1독수 + 정수(定數)
- 제 2독수가 작을 경우 : 가정수(加定數) − (제 1독수 − 제 2독수)

※ 정수와 가정수는 지선에 따라 다르며, 보통 활주간의 윗면에 표시되어 있다.

○ 면적(A) = 단위면적 × 독수차 × (축척)²

(3) 정도

플라니미터에 의한 면적측정의 정도(精度)는 일반적으로 측정하려는 면적이 작을 경우에는 1 % 이내이고, 면적이 클 때에는 0.1~0.2 % 범위이지만, 다음의 요령에 의해 측정을 하면 더 높은 정도(精度)를 얻을 수 있다.

㉮ 전륜(轉輪, 測輪)이 미끄러지지 않도록 할 것.

㉯ 도형의 외곽선상을 정확하게 운행시킬 것.

㉰ 우회전과 좌회전의 측정치의 오차가 최소눈금 읽음값의 3배 이내일 것.

㉱ 최소 읽음값은 도상 1 ㎟ 이내일 것.

1.1.2.5. 체적측정

지형측량이나 노선측량 등을 실행한 후 설계과정에서 공사물량을 산출하고자 할

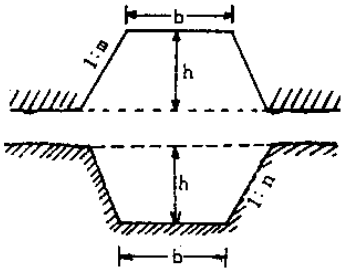
경우에 체적을 계산하여야 한다.

체적의 계산법에는 여러 가지가 있으나 그 주요한 것은 다음과 같다.

가. 횡단면적 측정

체적의 계산에는 단면의 면적과 길이가 필요하며 단면적은 『5. 면적측정』에서 설명한 여러 가지 방법에 의해 산출할 수도 있으나, 다음의 방법을 이용하면 더욱 편리하게 계산할 수 있다.

(1) 지표면이 평탄할 경우



지면이 평탄할 경우 성토와 절토의 비탈비(수직고 1에 대한 수평거리의 비)를 각각 1 : *m*, 1 : n, 절·성토높이를 h, 기준면의 길이를 b라 하면, 단면적(A)은 다음 식에 의하여 산출한다.

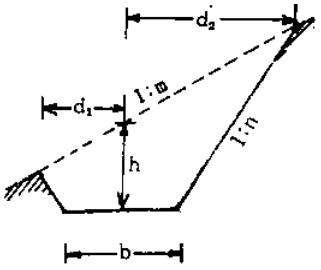
○ 성토단면적(A) = (b + m·h) × h

○ 절토단면적(A) = (b + n·h) × h

(예제) 지면이 평탄한 곳에 하단 폭 4 *m*, 수직깊이 1.5 *m*, 비탈비 1 : 0.8 인 수로를 만들고자 한다. 수로의 횡단면적은 얼마인가 ?

(풀이) 수로단면적(= 절토단면적) (A) = (4 + 0.8 × 1.5) × 1.5 = 7.8 ㎡

(2) 지표면이 경사졌을 경우



지표면 비탈비와 절토면 비탈비를 각각 1 : *m*, 1 : n, 이라할 때, 단면적(A)은 다음식에 의하여 산출한다.

○ 절토단면적(A)

$$= \frac{1}{2}\left\{\left(h + \frac{b}{2\,n}\right)(d_1 + d_2) - \frac{b^2}{2\,n}\right\}$$

(예제) 광릉시험림 임도의 한 측점에 대하여 같은 형태의 절토부 횡단면을 측정한 바, b = 4 *m*, h = 1.2 *m*, d_1 = 2.5 *m*, d_2 = 3.2 *m* 였으며, 비탈비는 1 : 0.8 이었다. 절토단면적은 얼마인가 ?

(풀이) 절토단면적(A) $= \frac{1}{2}\left\{\left(1.2 + \frac{4}{2\times0.8}\right)(2.5 + 3.2) - \frac{4^2}{2\times0.8}\right\}$

$$= \frac{1}{2}(3.7 \times 5.7 - 10) \fallingdotseq 5.55 \text{ ㎡}$$

나. 측정방법

(1) 가늘고 긴 지역

도로, 수로 등을 축조할 때와 같이 가늘고 긴 지역의 땅깎기와 흙쌓기의 체적은 6-가의 방법에 의해 측정한 횡단면적과 거리를 이용하여 측정한다.

(가) 평균단면적법

평균단면적법(양단면평균법 : end area formula)은 양단면적(A_1과 A_2)의 평균값 {$A_m = (A_1+A_2)/2$} 을 이용하여 체적을 구하는 방법으로 각 구간의 체적과 전체 체적은 다음 식에 의하여 산출한다.

○ 구간체적(V_0) $= \dfrac{A_1 + A_2}{2} \cdot \ell$

1) 구간거리가 다를 경우

○ 전체체적(V) $= \dfrac{A_0+A_1}{2} \cdot \ell_1 + \dfrac{A_1+A_2}{2} \cdot \ell_2 + \cdots + \dfrac{A_{n-1}+A_n}{2} \cdot \ell_n$

(보기) 다음 표는 김일용이 광릉시험림 임도의 절·성토부 토적을 측정하기 위한 조사자료이다. 평균단면적법에 의한 전체체적은 얼마인가 ?

측 점	0	1	2	3	4	5
거 리	0	10.0	20.0	15.0	25.0	30.0
절토단면적	0	0.4	0.7	0.3	0.2	0.4
성토단면적	0	0.3	0.8	0.4	0.2	0.4

(풀이)

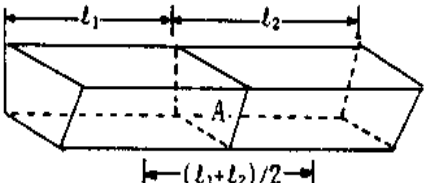
측점	거리	절 토			성 토		
		단면적	평균단면적	입적	단면적	평균단면적	입적
0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	0.4	0.20	2.0	0.3	0.15	1.5
2	20	0.7	0.55	11.0	0.8	0.55	11.0
3	15	0.3	0.50	7.5	0.4	0.60	9.0
4	25	0.2	0.25	6.3	0.2	0.30	7.5
5	30	0.4	0.30	9.0	0.4	0.30	9.0
계	100			35.8			38.0

2) 구간거리가 같을 경우

○ 전체체적(V) $= \ell \times (\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \ldots + A_{n-1})$

(나) 평균거리법

평균거리법(平均距離法)은 한 측점의 단면적(A)과 전후 측점간 거리의 평균값 $\{(\ell_1 + \ell_2) / 2\}$ 을 이용하여 체적을 구하는 방법으로 각 구간의 체적과 전체체적은 다음 식에 의하여 산출한다.



○ 구간체적$(V_0) = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} \cdot A$

○ 전체체적(V) $= A_0 \cdot \frac{\ell_1}{2} + A_1 \cdot \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} + A_2 \cdot \frac{\ell_2 + \ell_3}{2} + \cdots +$

$$A_{n-1} \cdot \frac{\ell_{n-1} + \ell_n}{2} + A_n \cdot \frac{\ell_n}{2}$$

(예제) 다음과 같이 조사자료를 이용하여 평균거리법에 의한 전체체적은 얼마인가 ?
(풀이)

측점	거리	평균거리	절 토		성 토	
			단면적	입적	단면적	입적
0	0	5.0	0	0	0	0
1	10	15.0	0.4	6.0	0.3	4.5
2	20	17.5	0.7	12.3	0.8	14.5
3	15	20.0	0.3	6.0	0.4	8.0
4	25	27.5	0.2	5.5	0.2	5.5
5	30	15.0	0.4	6.0	0.4	6.0
계	100			35.8		38.0

(다) 중앙단면적법

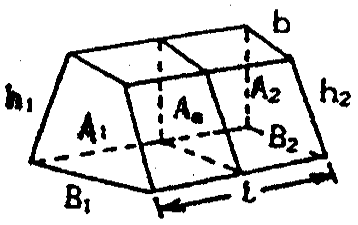
중앙단면적법(中央斷面績法 : middle area formula)은 중앙단면적(Am)을 이용하여 체적을 구하는 방법으로구간의 체적과 전체체적은 다음식에 의하여 측정하며 이 방법은 참값(眞値)보다 작은 값이 된다.

○ 중앙단면적(Am) $= \dfrac{(B_1 + B_2 + 2b)\,(h_1 + h_2)}{8}$

○ 구간체적(V_0) $= Am \times \ell$

1) 구간거리가 다를 경우

○ 전체체적(V) $= Am_1 \cdot \ell_1 + Am_2 \cdot \ell_2 + Am_3 \cdot \ell_3 + \cdots + Am_n \cdot \ell_n$



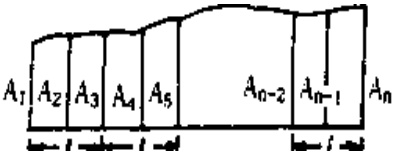
(예제) 김일용은 광릉시험림 임도의 측구를 측정한 바, B_1 = 2.5 *m*, B_2 = 2 *m*, b = 0.7 *m*, h_1 = 1.2 *m*, h_2 = 1.0 *m*, 길이(l) = 15 *m* 였다. 측구의 중앙단면적과 체적을 구하여라.

(풀이) 중앙단면적(Am) = (2.5+2+2×0.7)(1.2+1.0) / 8 ≒ 1.62 ㎡

체적(V) = 1.62 × 15 = 24.3 ㎥

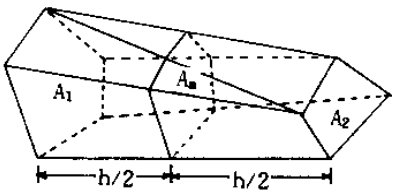
2) 구간거리가 같을 경우

○ 전체체적(V) $= \ell(A_2 + A_4 + A_6 + \cdots + A_{n-1})$



(라) 각주법

각주법(角柱法 : prismoidal formula)은 다각형의 단면이 서로 평행하며 측면이 모두 평면인 각기둥(角柱) 또는 주상체(柱狀體 : prismoidal)의 체적을 구하는 방법으로 다음 식에 의하여 체적을 산출한다.



○ 구간체적(V_0) $= \frac{h}{6}(A_1 + 4\ Am + A_2)$

○ 전체체적(V)

$$= \frac{h}{3}\{(A_0+A_n) + 2(A_2+A_4+\cdots+A_{n-2}) + 4(A_1+A_3+....+A_{n-1})\}$$

(단, n은 홀수, h는 각 단면간 거리의 2배임.)

(예제) 각주법에 의해 앞 항 (예제)의 전체체적을 측정하여라.

(풀이) $V = \frac{15}{6} \times (\frac{0.7+2.5}{2} \times 1.2 + 4 \times 1.62 + \frac{0.7+2.0}{2} \times 1.0)$

$= 2.5 \times (1.82 + 6.48 + 1.35) = 24.4\ m^3$

다. 넓은 지역

건물부지, 광장, 매립지 등과 같은 넓은 지역에 대한 흙깎기, 정지, 매립 등의 공사시 체적측정에는 다음과 같은 방법이 이용된다.

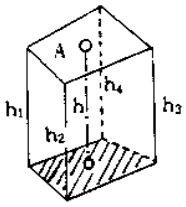
(1) 점고법

점고법(點高法 : spot levels system)은 넓은 지역을 동일한 면적의 직사각형이나 직각삼각형으로 구획하고, 각 꼭지점의 높이(點高)를 측정한 후, 각 구역의 면적과 평균높이를 이용하여 체적을 구하는 방법으로 각 구역의 체적과 전체체적은 다음 식에 의해 측정한다.

(가) 사각형으로 구분할 경우

지역을 여러 개의 사각형으로 구분할 경우에는 각 구역을 사각기둥으로 생각하여 각 구역의 체적과 전체체적은 다음 식에 의하여 측정한다. 이 때 각 구역은 모두 동일한 면적이 되도록 구획하여야 하며, 구역면적(A)의 측정을 쉽게 하기 위해 가급적 직사각형 또는 정사각형이 되도록 구획하되 한 변의 길이는 20 *m* 이하로 함이

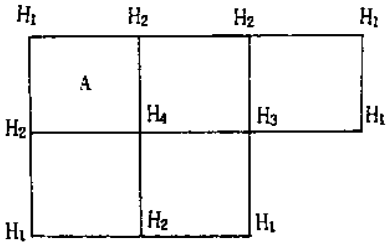
좋다. 그러나 지역이 평면일 경우에는 전체를 하나의 구역으로 생각하여 측정하여도 된다.



○ 구역체적(V_0) $= \dfrac{A(h_1+h_2+h_3+h_4)}{4}$

○ 전체체적(V)

$= \dfrac{A\ (\Sigma H_1+2\Sigma H_2+3\Sigma H_3+4\Sigma H_4)}{4}$



여기서, A : 한 구역의 수평 단면적

ΣH_1 : 1회 사용된 지반고의 합

ΣH_2 : 2회 사용된 지반고의 합

ΣH_3 : 3회 사용된 지반고의 합

ΣH_4 : 4회 사용된 지반고의 합

(예제) 김일용은 아래 그림의 각 꼭지점에 나타낸 높이만큼 토지를 깎아 정지하고자 한다. 땅깎기할 토량과 시공면고(施工面高)를 구하여라. (단, 구역면적은 30 ㎡이다.)

0.2m	0.3	0.5	0.4
A=30㎡			
0.5	0.3	0.4	0.2
0.4	0.5	0.2	0.3
0.3	0.5	0.1	0.3
0.2	0.4	0.5	0.4

(풀이) ○ 전체체적(V)

$= 30/4 \times \{(0.2+0.4+0.4+0.2) + 2(0.5+0.4+0.3+0.3+0.5+0.4+0.5+0.2+0.3+0.3) + 3(0) + 4(0.3+0.5+0.5+0.4+0.2+0.1)\}$

$= 7.5 \times (1.2 + 2\times3.7 + 0 + 4\times2.0) = 124.5$ ㎥

○ 시공면고(H) = 토적/총면적 $= \dfrac{124.5}{12\times30} = 0.346$ m

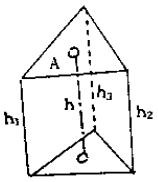
【참고】 정지작업시 시공면고(施工面高)와 성토고(盛土高) 및 절토고(切土高)의 관계

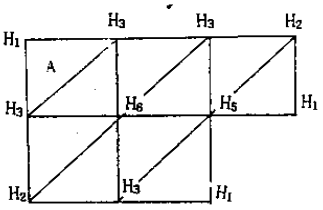
① 시공면고보다 높은 곳은 그 차이만큼 흙깎기(切土)를 시행한다.

② 시공면고보다 낮은 곳은 그 차이만큼 흙쌓기(盛土)를 시행한다.

(나) 직각삼각형으로 구분할 경우

지역을 여러 개의 삼각형으로 구분할 경우에는 각 구역을 삼각기둥으로 생각하여 각 구역의 체적과 전체체적은 다음 식에 의하여 산출한다. 이때 구역면적(A)의 측정을 쉽게 하기 위하여 가급적 직각삼각형이 되도록 구획하는 것이 바람직하며, 사각형으로 구획할 경우에 비해 정도(精度)가 높다.





○ 각 구역의 체적(V_0) $= \dfrac{A\ (h_1+h_2+h_3)}{3}$

○ 전체체적(V)

$$= \frac{A(\sum H_1+2\sum H_2+3\sum H_3+4\sum H_4+5\sum H_5+6\sum H_6)}{3}$$

여기서, A : 한 구역의 수평 단면적

$\sum h_n$: n회 사용된 지반고의 합

(예제) 다-(1)-(가) (예제)의 토지를 삼각형으로 구획하여 땅깎기할 토량과 시공면고(施工面高)를 구하여라. (단, 구역면적은 15 ㎡ 이다.)

(풀이)

0.2m	0.3	0.5	0.4
	A=15㎡		
0.5	0.3	0.4	0.2
0.4	0.5	0.2	0.3
0.3	0.5	0.1	0.3
0.2	0.4	0.5	0.4

○ 전체체적(V)

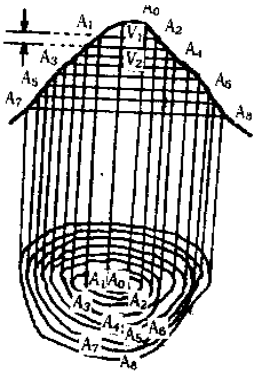
$= 15/3 \times \{(0.2+0.4) + 2(0.2+0.4) + 3(0.5+0.4+0.3+0.4+0.5+0.3+0.3+0.3+0.5+0.2) + 4(0) + 5(0)+6(0.3+0.5+0.5+0.1+0.2+0.4)\}$

$= 5 \times (0.6 + 2\times0.6 + 3\times3.7 + 6\times2.0) = 124.5$ ㎥

○ 시공기면고(H) $= \dfrac{124.5}{15\times24} = 0.346\ m$

라. 등고선법

등고선법(等高線法 : contour system)은 플라니미터를 이용하여 각 등고선으로 둘러싸인 면적과 등고선 간격을 이용하여 다음 식에 의하여 체적을 산출한다.



○ 전체체적(V)

$$= \frac{h}{3}\{(A_0+A_n) + 4(A_1+A_3+ \cdots +A_{n-1}) + 2(A_2+A_4+ \cdots +A_{n-2})\}$$

(단, n이 짝수가 될 때까지만 적용하며,
나머지는 평균단면적법을 적용함.)

여기서, $A_1, A_2, \cdots, A_n$: 등고선에 둘러싸인 면적
h : 등고선의 간격

(예제) 김일용은 어느 토석 채취지의 석재 매장량을 추정하기 위하여 측량을 실시한 결과,

그림의 A_0 = 850 ㎡, A_1 = 730 ㎡, A_2 = 520 ㎡, A_3 = 220 ㎡, A_4 = 70 ㎡, A_5 = 10 ㎡, 등고선의 간격(h)은 10 m 였다. 석재 매장량을 구하여라.

(풀이) 매장량(V) $= \dfrac{10}{3}\{(850 + 10) + 2(520+70) + 4(730 + 220)\}$

$= \dfrac{10}{3}(860 + 1{,}180 + 3{,}800) = 19{,}466.7$ ㎥

1.1.3. 평판측량

평판측량(平板測量 : plane table surveying)은 삼각(三脚)위에 제도지를 붙인 평판을 고정하고, 앨리데이드(alidade)를 사용하여 거리·각도·고저 등을 측정함으로써 직접 현장에서 제도하는 측량법이다. 평판측량은 빠르고 간단하게 성과를 올림으로써 시간과 노력을 경감할 수 있어 실용적인 면에서 널리 사용되고 있다. 측량방법은

2장의 산림측량에 준하여 실시한다.

1.1.4. 컴퍼스측량

컴퍼스측량(羅盤測量 : compass surveying)은 컴퍼스(compass)로서 방위각 또는 방위를 측정하고, 체인 또는 테이프로서 거리를 측정하여 각 측점의 평면상의 위치를 결정하는 측량으로 다음과 같은 특징이 있다.

① 국지인력(局地引力 : local attraction)의 영향 때문에 철이나 강의 구조물과 전류가 많은 시가지 측량에는 적합치 않다.

② 농지, 임야지 등과 같은 국지인력의 영향이 없는 곳이나 높은 정도를 필요로 하지 않은 곳에서는 작업이 신속하고 간편하기에 많이 이용된다.

③ 컴퍼스의 눈금판은 일반적으로 N과 S점에서 양측으로 0°에서부터 90°까지 나누어져 있고, E와 W는 반대 위치에 표시되어 있다.

④ 컴퍼스의 시준선은 N과 S를 연결하는 방향에서 얻어진다.

⑤ 시준선이 어떤 방향으로 향할 때 자침(磁針)이 가르키는 값은 남북방향을 기준으로 한 각이 된다.

측량방법은 2장의 산림측량에 준하여 실시한다.

1.1.5. 고저측량

한 점의 높이란 일반적으로 임의의 수평면(level surface)을 기준으로 하여 이 수평면에서 어느 지점까지의 수직거리를 말한다. 이 임의의 수평면을 기준면(datum surface)이라 하며, 기준면으로부터의 높이를 측정하는 측량을 고저측량(레벨측량, leveling) 또는 수준측량이라 한다.

측량방법은 2장의 산림측량에 준하여 실시한다.

1.2. 임도

1.2.1. 임도의 기능과 종류

1.2.1.1. 도로와 임도

도로(highway, road, street)는 보행자 및 차량을 위한 공공용도로로서 철도와 같이 육상교통을 분담하는 중요한 교통시설이다. 교통(transport)은 사람이나 물건이 한 장소에서 다른 장소로 이동하는데 편의를 제공하는 행위이며 이용통로에 따라 육상교통, 수상교통, 항공교통으로 대별되고, 그 중 육상교통은 도로교통과 철도교통으로 구분된다.

도로법 제2조 제1항에서 "도로라 함은 일반의 교통에 공용(供用)되는 도로로서 제11조에 열거한 것"이라고 하고, 농어촌도로는 농어촌도로정비법 제2조 제1항에서 "농어촌도로라 함은 도로법에 규정되지 아니한 도로로서 농어촌지역 주민의 교통편익과 생산·유통 활동 등에 공용(供用)되는 공로중 제4조에 열거되고 제6조의 규정에 의하여 고시된 도로"라고 대인과 대물을 위하여 제공되는 도로 임을 명시하고 있다.

반면에 임도는 산림법 제10조의 4에서 "산림의 효율적인 개발·이용의 고도화 또는 임업의 기계화 등 임업의 생산기반 정비를 촉진하기 위하여 필요한 시설"이라고 하고, 임도시설규정 제3조 제1호에서 "산림법 제10조의 4규정에 의한 임업의 경영과 산림을 보호관리하기 위한 목적으로 본 규정이 정하는 구조·규격을 갖추고 산림내 또는 산림에 연결 시설하는 차도"라고 대물을 위하여 제공되는 목적도의 개념을 밝히고 있다.

도로가 시설주체, 부지장소, 구조재료, 이용목적에 따라서 구분되는데 반하여 임도는 기능, 이용집약도, 설치위치와 목적에 따라서 구분하고 있다.

도로는 국토의 기능을 증대시키는 사회기반 시설로서 전국간선도로망에서부터 지역개발과 주변토지 이용을 활성화시키는 지역내의 도로망에 이르기까지 유기적인 망(網 : network)을 이루어 타교통시설과 상호기능을 보완해 나간다.

따라서 도로는 이동의 신속성, 안전성, 쾌적성, 편리성 및 경제성을 도모하여 국토발전의 기반과 생활기반의 정비, 생활환경의 개선에 큰 역할을 하고 있다.

임도는 지역도로망의 한 부분으로서 산림경영의 합리화, 산림의 공익적 기능 증진 및 농산촌 진흥을 위한 기반시설로서 산림이라는 거대한 공간을 도로를 매개체로 하

여 시장 또는 생활 공간과 연결시켜 준다.

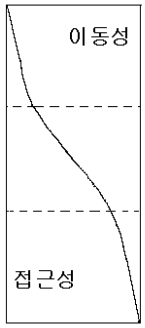
1.2.1.2. 기능

임도의 기능은 크게 이동기능, 접근기능, 공간기능의 3가지로 구분할 수 있다.

이동기능은 교통류를 신속하고 원활하게 처리해 주는 기능으로서 임내 또는 주변 토지에서 생산된 물류를 신속하게 유통시킴은 물론 사람들의 왕래와 여가활동을 위하여 신속성, 안정성, 편리성을 도모하는 것으로서 간선임도, 연결임도(access forest road)가 여기에 해당된다.

접근기능은 임지이용의 활성화를 촉진시키는 기능으로 임내의 구석구석까지 접근하여 산림작업이나 생산활동에 직접 이용되는 것으로서 지선임도, 경영임도(management forest road)가 이에 해당된다.

공간기능은 제한된 공간을 갖는 집약적인 임업에서 집재, 집적, 주차 등의 공공용지나 휴양림 등에서 광장 등의 생활공간으로 사용된다.

임도기능	해당 임도	임도이용특성				
		통행량	통행길이	속도	통행수단	통행목적
	간선 임도	많다	길다	빠르다	자동차 (2륜구동)	통행적
	지선 임도	↕	↕	↕	↕	↕
	작업도 운재로	적다	짧다	늦다	4륜구동트럭 트랙터	작업적

<그림 8-1-1> 임도의 기능과 이용특성

이동성과 접근성은 그림 8-1-1에서 보는 바와 같이 서로 상반되게 나타난다. 따라서 이동기능을 크게 할 경우에는 접근기능이 큰 임도에 비하여 통행량이 많고, 통행길이도 길고, 속도도 빨라지고, 운반능력이 큰 자동차의 통행목적으로 이용되므로 임도의 구조·규격을 상대적으로 양호하게 하여야 그 기능에 알맞은 교통류가 형성하게 될 것이다.

앞으로 지속적인 경제성장에 따라 국민소득과 생활수준이 향상되어 자동차대수는 계속 증가될 것이며 차량도 고속화, 대형화, 중량화 추세에 있으므로 임도의 질적향상을 도모하기 위하여 많은 기술향상이 요망된다.

1.2.1.3. 필요성

과거에는 임도를 목재와 신탄재 등의 임산물을 수송하기 위하여 설치를 하였지만 오늘날에는 조림, 육림, 수확작업 등의 체계적인 시업과 산림작업의 기계화를 위한 경영기반조성으로서 설치되고 있을 뿐만 아니라, 묘목, 비료, 약재, 기자재 등 물자의 이동과 작업인부들의 통근, 국민의 산림휴양욕구 증진에 따른 임내 드라이브, 하이킹 등 주변사람들의 생활수단으로도 많이 이용하고 있다.

특히 오지림의 경우에는 농산촌 도로망과 연계하는 임도망 구축으로 산촌지역의 교통과 타산업의 생산활동에 기여하는 등 농산촌지역 주민들의 생활편이와 지역경제 활동에도 많은 도움을 주고 있다.

또한 임내 또는 그 주변에서 생산되는 임산물과 농축산물 유통체계의 합리화에도 기여하여 물류비용을 절감함은 물론 오지림의 미이용자원의 개발촉진과 저가재, 폐잔재의 이용을 확대시킨다. 산림의 관리방법면에서도 인력위주에서 기계·장비위주로 변화함에 따라 산불의 진화, 병해충의 방제 등 산림의 재해에도 신속하고 집약적으로 대처한다.

따라서 임도는 개설할 대상산림에 대한 입지상태, 개설후의 사용목적과 기능 등에 따라서 개설위치나 구조·규격이 각각 다르기 때문에 사전에 충분히 검토하여 계획할 필요가 있다.

그러나 아직까지 우리나라의 임도정책은 질보다는 물량정책의 범주를 벗어나지 못하고 있는 감이 있다. 임도를 시설하는 것이 문제가 아니라 임도가 시설되고 나면 자연경관과 얼마나 조화롭고, 임지의 이용율과 임도의 이용효과를 얼마나 증대시킬 수 있으며, 어떠한 구조로서 설치하는 것이 유지관리비를 절감시킬 수 있고 또 여러가지 목적의 산업활동과 교통에 이바지할 수 있는가를 계획단계부터 검토 분석하여 합리적으로 시설될 수 있도록 하여야 할 것이다.

1.2.1.4. 종류

가. 기능에 따라

① 지선임도(시업임도, 경영임도, management forest road) : 조림, 육림, 수확 및 보호관리등 임업경영을 목적으로 시설되는 임도

② 간선임도(연결임도, 도달임도, access forest road) : 산원까지 접근, 유역간의 연결, 농어촌도로망과 연계되어 지역경제활동에 기여하는 등 공익적 목적에 비중을 더 두고 시설되는 임도

나. 이용집약도에 따라

① 주임도(main forest road) : 집재장 또는 부임도로부터 공도까지 연결되는 영구적인 임도

② 부임도(secondary forest road, subsidiary forest road) : 집재장 또는 작업도로부터 주임도 또는 공도까지 연결되는 영구적인 임도

③ 작업도(skidding road, strip road) : 임지 또는 운재로로부터 집재장, 부임도 또는 주임도까지 연결되는 일시적인 임도

④ 운재로(skidding trail, haul road) : 임지에서부터 집재장 또는 작업도까지 연결되는 일시적인 임도로서 임목만 제거하고 대규모의 토양이동은 하지 않는다.

다. 설치위치에 따라

① 주계곡임도(main vally forest road)

② 부계곡임도(secondart vally forest road)

③ 사면임도(slope forest road)

④ 능선임도(mountain ridge forest road)

⑤ 산정임도(mountain and hill tops forest road)

⑥ 분지임도(vally basins forest road)

라. 규정에 하여(임도시설규정 제5조)

① 1급임도 : 규정이 정하는 구조규격을 갖추고 년중 차량이 많이 통행하는 임도

② 2급임도 : 1급임도를 제외한 임도

1.2.2. 임도구조

1.2.2.1. 운행차량

가. 차량제원

임도의 구조(forest road structure)를 계획하고자 할 때에는 토목적인 면, 경제적인 면 및 환경적인 면을 고려하여 결정하여야 하며, 임산물의 종류, 집재방법, 수송시기 및 수량에 따라서도 구조나 규격이 달라질 수 있다.

임도상을 운행할 수 있는 차량의 제원(諸元)은 표 8-1-2와 같이 자동차의 종류에 따라 다르므로 이용목적에 따라 통행할 수 있는 자동차 가운데 최대의 규격을 적용한다.

<표 8-1-2> 설계차량의 제원

(단위 : *m*)

구 분 / 종 류	길 이	너 비	높 이	앞내민 거 리	앞뒤바퀴 거 리	뒤내민 거 리	최소회전반 지 름
소 형 자 동 차	4.7	1.7	2.0	0.8	2.7	1.2	6.0
보 통 자 동 차	13.0	2.5	4.0	2.5	6.5	4.0	12.0
세 미 트레일러 연 결 차	16.7	2.5	4.0	1.3	전 : 4.2 후 : 9.0	2.2	12.0

나. 차량의 설계속도

설계속도(design speed)는 계획하는 노선의 경제성에 따라 결정되고 있으나 다음과 같이 설정되고 있는 것이 일반적이다.

① 평지보다 산지인 경우를 낮게 한다.

② 장거리교통보다 단거리교통인 경우를 낮게 한다.

③ 교통량이 많은 노선보다 적은 노선인 경우를 낮게 한다.

자동차의 설계속도는 앞차 앞면과 후속차 앞면의 간격과 그 곳을 통행하는 교통량으로부터 산출되고 있지만, 임도는 보통 1차선으로 시설되고 있어 자동차의 교행이 어려우므로 대피소간의 왕복거리와 교통량으로 산출한다.

$$V = N \cdot d / 1{,}000$$

여기서, V : 자동차의 주행속도 또는 설계속도(㎞/hr)

N : 시간당 교통량(대/hr)

d : 차두간격(=4.5+0.186V+0.00154V^2) 또는 대피소간의 왕복 거리(*m*)

(예제) 서산군 관내에 시설되는 임도의 설계속도를 산출하기 위하여 주위의 실정을 검토한 바 대피소 간격은 300*m*, 시간당 교통량은 50대/hr로 나타났다. 설계속도는 얼마인가?

(풀이) 설계속도(V) = 50×(300×2)/1,000 = 30㎞/hr

1.2.2.2. 구조산출

가. 차도폭의 산출

(1) 설계속도에 의할 경우

$$W = B + \frac{V}{50} + 0.5$$

여기서, W : 차도폭(*m*)

B : 자동차의 폭(*m*)

V : 설계속도(㎞/hr)

(예제) 북부지방관리청 관내에 시설되는 임도의 노폭을 산출하고자 적정한 임도의 조건을 조사한 바 설계속도 30㎞/hr, 자동차폭 2.5*m*이었다. 차도폭은 ?

(풀이) 차도폭(W) = 2.5+(30/50)+0.5 = 3.6*m*

(2) 길가(路端)와 자동차의 간격에 의할 경우

$$W = B + 2(b - b')$$

여기서, W : 차도폭(*m*)

B : 자동차의 폭(*m*)

b′ : 자동차 바퀴와 가장자리의 간격(*m*) (= 0.3*m* 적용)

b : 자동차 바퀴에서 길가까지의 간격(*m*)

(= $K_1 \cdot V$이며, K_1은 0.01411 적용)

(예제) 자동차의 폭이 2.5*m*, 자동차 바퀴와 가장자리의 간격이 0.3*m*, 설계속도를 30*m*/hr로 할 때 최소한의 차도폭은 얼마인가?

(풀이) ① 자동차 바퀴에서 길가까지의 간격(b) = 0.01411×30㎞/hr = 0.4233*m*

② 차도폭(W) = 2.5+2×(0.4233−0.3) = 2.75*m*

나. 곡선반지름(radius of curve)의 산출

(1) 운반되는 통나무의 길이에 의할 경우

곡선부를 통과하는 트럭의 앞바퀴와 적재된 화물의 끝부분은 노측구조의 장애로 인하여 교통에 저해받지 않을 만큼 충분한 여유 노폭이 있어야 한다.

$R = l^2 / 4B$

여기서, R : 곡선반지름(*m*)

l : 통나무길이(*m*)

B : 노폭(*m*)

(예제) 영동군 관내에 시설할 임도의 최소곡선반지름을 산출하고자 한다. 20*m*의 전간목(tree length)을 트레일러로 운반할 때 최소곡선반지름은 얼마로 하여야 하는가? (단, 노폭은 4*m*이다.)

(풀이) 곡선반지름(R) = $20^2/(4\times4)$ = 25*m*

(2) 원심력과 타이어 마찰계수에 의할 경우

곡선부를 주행하는 자동차에 가해지는 원심력은 횡방향력이 타이어와 노면의 마찰력에 대한 한계를 넘지 않아야 한다.

$$R = \frac{V^2}{127(i + f)}$$

여기서, R : 곡선반지름(*m*)

V : 설계속도(㎞/hr)

I : 곡선부 외쪽물매(片勾配 : %/100)

f : 가로미끄러짐에 대한 노면과 타이어의 마찰계수

구 분	마찰계수	구 분	마찰계수
자 갈 도	0.4~0.5	콘크리트 포장도	0.4~0.6
빙 설 면	0.2~0.3	아스팔트 포장도	0.4~0.8

※ 임도의 설계속도가 40㎞/hr 이하일 때는 0.15를 적용

(예제) 설계속도 40㎞/hr, 외쪽물매 6%의 구조로 임도를 시공하고자 한다면 곡선반지름은 몇 *m*로 하여야 하는가?

(풀이) 곡선반지름(R) = 40^2 / {127×(0.06+0.15)} = 60.0*m*

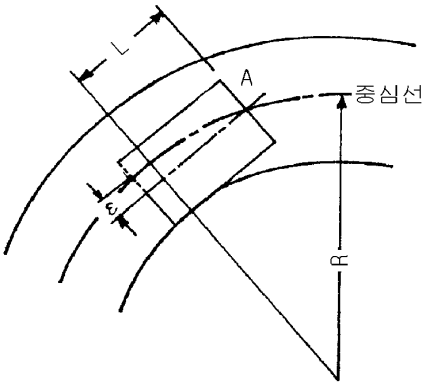
<표 8-1-3> 설계속도와 곡선반지름(*m*)

설 계 속 도 (㎞/hr)	외 쪽 물 매(%)			
	5	6	7	8
40	63	60	57	55
30	35	34	32	31
20	16	15	14	14

※ 가로미끄러짐 마찰계수 0.15적용

다. 곡선부의 확폭

자동차의 뒷바퀴는 뒷차축에 직각으로 장치되어 있어 그림 8-1-2와 같이 항상 앞바퀴보다 안쪽으로 기울어져서 곡선부를 통과하므로 앞바퀴와 뒷바퀴는 각각 다른 궤도를 그리면서 주행한다. 따라서 곡선부의 내각이 예각일 경우에는 이러한 현상이 더욱 심하기 때문에 곡선부의 안쪽으로 그 만큼 더 확폭(widening of road)을 하여야 한다.



<그림 8-1-2> 자동차 바퀴의 구동형

(1) 트럭일 경우

$\varepsilon = (L^2 / 2R) - 0.5$

여기서, ε : 확폭량(*m*)

R : 중심선의 곡선반지름(*m*)

L : 차량 앞면에서 뒷차축까지 거리(*m*) (= 8*m* 적용)

(예제) 광릉시험림내 임도의 최소곡선반지름은 20*m*이다. 굴곡부의 확폭량은 얼마를 기준으로 하여야 할까?

(풀이) 확폭량(ε) = $(8^2/2\times20)-0.5$ = 1.1*m*

(2) 세미트레일러(semi-trailler)연결차일 경우

$$\varepsilon = \varepsilon_1+\varepsilon_2 = \frac{L_1^2}{2R} + \frac{L_2^2}{2R'}$$

여기서, ε : 전체확폭량(*m*)

ε_1 : 견인차의 확폭량(m)

ε_2 : 피견인차의 확폭량(m)

R : 곡선반지름(m), R′ : R−ε_1(m)

L_1 : 세미트레일러 앞면에서 제 2차축까지 거리(m)

L_2 : 세미트레일러 제 2차축에서 최후 차축까지 거리(m)

(예제) 산림경영시범 단지내의 임도에 세미트레일러 연결차가 원활하게 통행하도록 임도의 곡선부를 설치하고자 한다. L_1은 6.7m, L_2는 11.5m일 때 확폭량은 얼마인가 ?

(풀이) ① 견인차의 확폭량(ε_1) = $6.7^2/(2\times20)$ = 1.12m

② 피견인차의 확폭량(ε_2) = $11.5^2/(2\times18.88)$ = 3.50m

③ 확폭량(ε) = $\varepsilon_1+\varepsilon_2$ = 1.12+3.50 = 4.62m

라. 물매의 산출

물매의 표현방법은 다음과 같다.

① 각도 : 수평을 0°, 수직을 90°로 하여 그 사이를 90등분한 것

② 1 : n 또는 1 / n : 높이 1에 대하여 수평거리 n으로 나눈 것

③ n % : 수평거리 100에 대한 n의 고저차를 갖는 백분율

④ n ‰ (per mill) : 수평거리 1000에 대한 n의 고저차를 갖는 천분율

⑤ 비탈물매 : 수직높이 1에 대한 수평거리의 비(比)로서 하할법 또는 할푼법이라 한다.

※ 15/100 = 15% = 150‰ = tan 8° 31′ 50.8″ = 1/6.67 = 6할 7푼

(1) 곡선부 외쪽물매(片勾配)

자동차가 원심력에 의하여 도로의 바깥쪽으로 뛰쳐나가려는 힘이 생기므로 이를 방지하기 위하여 곡선부에서는 외쪽물매(super elevation, oneway grade)를 설치한다. 외쪽물매는 노면 바깥쪽이 안쪽보다 높게 설치되도록 횡단선형을 조정한다.

$$i = \frac{V^2}{127R} - f$$

여기서, i : 곡선부의 외쪽물매(%/100)

V : 설계속도(㎞/hr)

R : 곡선반지름(m)

f : 가로미끄러짐에 대한 노면과 타이어의 마찰계수
{다-(2)의 마찰계수 참조}

<표 8-1-4> 설계속도별 곡선반지름별 한계 외쪽물매(%)

설계속도	곡 선 반 지 름(m)						
(㎞/hr)	12	15	20	30	35	40	45
20	8	3~5					
30			8	8	5~6	3~5	
40						8	8

(예제) 설계속도 40㎞/hr, 곡선반지름 50m의 구조로 임도를 시공하려고 할 때 곡선부외쪽물매는 몇 %로 적용하여야 할까? (단, f=0.15 적용)

(풀이) $i = 40^2/(127\times50) - 0.15 \fallingdotseq 0.102 = 10.2\%$

※ 10.2% > 8%가 되므로 현지실정에 따라서 8% 이하가 될 수 있도록 곡선반지름을 더 크게 하거나 설계속도를 낮추어야 한다.

(2) 횡단물매

① 횡단물매(cross grade, cross-fall)의 결정은 노면배수와 교통안전의 두 가지 측면으로 고려할 수 있다. 노면배수의 측면에서 볼 때는 노면이 평활하면 배수상태가 불량하고 반대로 노정(路頂)을 높게 하거나 외쪽물매를 크게 하면 주행안전성에 영향을 미친다.

② 횡단물매는 포장의 재료, 노체의 종류 및 시공방법에 따라 다르지만 교통으로 인한 마모가 적은 재료를 사용한 노면은 내구력이 크므로 노정고(路頂高)가 낮아도 된다.

③ 횡단물매는 노정고와 차도폭의 1/2로서 산출하거나, 외쪽물매인 경우는 양 노단높이(路端高)의 차와 노폭에 대한 백분율 또는 분수로 표시한다.

④ 횡단물매의 형상은 직선, 원호, 2차 포물선, 쌍곡선 등이 있으나 아스팔트 포장도는 쌍곡선, 자갈도는 포물선, 콘크리트 포장도는 직선이 주로 사용되고 있다.

※ 임도시설규정에서는 사리도 3.0~5.0%, 포장도 1.5~2.0%로 규정하고 있다.

(가) 포장노면의 횡단물매(쌍곡선)

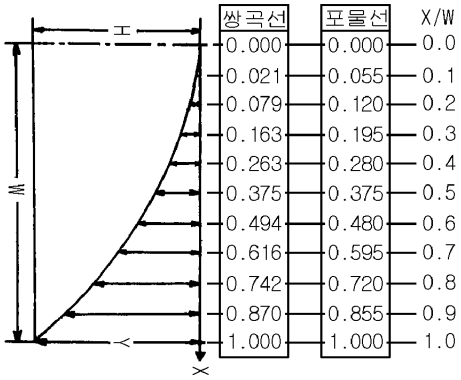
$$Y = \frac{7H}{16}\{-1 + 1++\sqrt{\frac{480}{90}\cdot(\frac{X}{W})^2}\}$$

(나) 자갈도 및 기타 포장도의 횡단물매 (포물선)산출

$Y = (H/2)\cdot\{(X/W) + (X/W)^2\}$

이때 W를 10등분하고 H를 1로 하였을 때의 값을 도시하면 그림 8-1-3과 같다.

(예제) 임도의 노면을 자갈도로 하고 유효폭을 4m로 할 때의 횡단물매를 설치하여라. (단, 횡단물매는 3~5%이고, 갓길폭은 0.5m이다.)



<그림 8-1-3> 임도 횡단물매 산출

(풀이) ① 노폭 = 4+0.5×2 = 5m

② W = 5÷2 = 2.5m이므로

H = 2.5×4% = 0.1m

③ 위 식에서

㉠ X_1 = 1.0m일 때 Y_1 = (0.1/2)×{(1.0/2.5)+(1.0/2.5)^2} = 0.028m

㉡ X_2 = 1.5m일 때 Y_2 = (0.1/2)×{(1.5/2.5)+(1.5/2.5)^2} = 0.048m

㉢ X_3 = 2.0m일 때 Y_3 = (0.1/2)×{(2.0/2.5)+(2.0/2.5)^2} = 0.072m

(3) 합성물매

종단물매와 외쪽물매 또는 횡단물매를 제곱하여 합한 값의 제곱근을 합성물매(合成勾配 : composite gradient)라고 하며, 자동차가 곡선부 구간을 주행할 경우에는 보통 노면보다 더 급한 합성물매가 발생되기 때문에 자동차의 안전운행에 위험부담을 주거나, 실은 짐이 편중되어 곡선저항에 의한 차량의 저항이 커져서 주행에 좋지 않은 영향을 미치므로 이를 어느 한계까지 제한할 필요가 있다.

대개 합성물매는 12% 이하로 하는 것이 좋으며 부득이한 경우에도 13~15% 이하로 하는 것이 좋다.

이의 합성물매로서 산출한 종단물매는 표 8-1-5와 같다.

$$S = \sqrt{i^2 + j^2}$$

여기서, S : 합성물매(%)

i : 외쪽 또는 횡단물매(%)

j : 종단물매(%)

<표 8-1-5> 한계 합성물매와 외쪽물매에 의한 종단물매(%)

한계합성물매(%)	외쪽물매 또는 횡단물매(%)					
	8	6	5	4	3	2
12	8.9	10.4	10.9	11.3	11.6	11.8
13	10.2	11.5	12.0	12.4	12.6	12.8
15	12.6	13.7	14.1	14.5	14.7	14.9

(예제) 산악지 임도에서 종단물매 9%의 구간에 곡선부의 외쪽물매를 7%로 설치하고자 할 때 합성물매를 산출하여라.

(풀이) $S=\sqrt{7^2+9^2}=11.4\%$

(4) 종단물매

임도의 구조 중 노폭이나 곡선반지름 및 다른 구조시설은 임도의 시공후에도 개수나 보수에 의하여 구조변경이 가능하지만, 종단물매의 변경은 전 노선을 조정하여야 하는 재시공을 의미하기 때문에 임도의 축조 중 가장 중요한 부분은 종단물매(longitudinal grade, gradient)라고 할 수 있다.

자동차의 종류에 따라서 종단물매를 오를 수 있는 능력의 차이가 크기 때문에 모든 자동차에 대하여 설계속도를 보장할 수 있는 일정한 기준을 세운다는 것은 사회적, 경제적인 견지에서 볼 때 불가능하다.

이 때문에 종단물매의 일반치는 승용차에서는 대개 설계속도 정도로, 보통자동차에서는 설계속도의 약 50~80% 정도로 오를 수 있는 상태를 조건으로 설정하여 정한다.

노선계획시 물매를 높게 하면 임도우회율이 적어지므로 연장이 짧아져서 임도시설비가 감소될 수 있지만 자동차의 통행에 지장을 초래함은 물론 강우로 인한 피해가 많아져서 유지관리비가 증가한다. 반면에 물매를 낮게 하면 임도우회율이 커지므로 연장이 길어져서 시설비는 증가될 수 있지만 자동차통행의 안정성이 도모되고 유지관리비가 감소하기 때문에 더 경제적일 수 있다.

노면배수가 불량하면 연약노면으로 변하여 노면의 형상이 변하기 쉽고, 차륜(車輪)에 의한 바퀴자국(軌跡)으로 인한 유로(流路)가 발생하여 노면재해를 가중시킨다. 이를 방지하기 위한 물매를 최소물매라고 하며 3% 이상으로 설치하는 것이 좋다.

토사도 또는 사리도에서 노면배수, 노면의 안정성 등 자연재해예방을 위하여 4~8%정도로 설치하는 것이 바람직하고 부득이 하더라도 10%를 초과하지 않도록 한다.

마. 가시거리의 산출

(1) 제동정지 가시거리(stopping S.D)

(가) 대상물이 고정되어 있을 경우

$S = 0.694V + 0.00394V^2 / f$

여기서, S : 가시거리(*m*)

V : 주행속도(㎞/hr)

f : 타이어와 노면의 가로 미끄러짐 마찰계수

노면상태	설계속도(㎞/hr)		
	30	35	50
건 조	0.65	0.64	0.61
습 윤	0.44	0.40	0.35

※ 0.694 : 운전수의 반응시간(t)이 0.25초일 때 t / 3.6에 의하여 산출한 값

0.00394 : 중력가속도(g) 9.8*m*/sec^{2}일 때 1 / (2 g×3.6^2)에 의하여 산출한 값

<표 8-1-6> 제동정지 가시거리(*m*)

노면상태	설계속도 (㎞/hr)	V(㎞/hr)	f	0.694·V	0.00394·V^2/f	S(*m*)
건 조	30	30	0.65	21	5	26
	35	35	0.64	24	8	32
	50	50	0.61	35	16	51
습 윤	30	28	0.44	19	7	26
	35	33	0.40	23	11	34
	50	46	0.35	32	24	56

(나) 양쪽에서 마주오는 자동차가 동시에 정지할 경우

$S = 1.388V + 0.00788V^2 / f$

(예제) 설계속도 40㎞/hr일 때 마찰계수(f)=0.40이라면 제동정지 가시거리는 얼마인가?

(풀이) ① 양방향에서 주행 할 경우

$S = 1.388 \times 40 + 0.00788 \times 40^2/40 = 87.40m$

② 대상물이 고정되어 있는 경우

$S = 0.694 \times 40 + 0.00394 \times 40^2/40 = 43.52m$

(2) 곡선부 가시거리

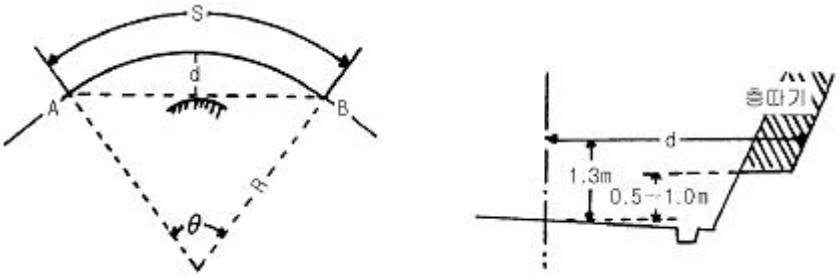
그림 8-1-4의 ㉠과 같이 곡선부의 안쪽에 절토부가 있을 때에는 시야가 가려지므로 8-1-4의 ㉡과 같이 층따기를 하여 시야를 넓혀야 할 필요가 있다.

$S = Q \cdot R = 0.01754 \cdot \Theta \cdot R$

$d = R \cdot \{1 - \cos(\Theta/2)\} = R \cdot \{1 - \cos(28.7 \cdot S / R)\}$

여기서, S : 가시거리(m)　　Q : 호도법에 의한 중심각

R : 곡선반지름(m),　d : 중심선에서 안쪽으로 층따기를 해야 할 거리(m)



㉠ 시준장해의 안전가시거리　　㉡ 안전가시거리 확보를 위한 층따기

<그림 8-1-4> 굴곡부의 가시거리 확보방법

(예제) 산림경영시범 단지내의 임도시설시 안전거리를 산출하려고 한다. 곡선의 내각이 45°, 반지름이 40m일 때 가시거리(S)와 안쪽 층따기 거리(d)를 구하여라.

(풀이) ① $S = 0.01754 \times 45° \times 40 = 31.57m$

② $d = 40 \times \{1 - \cos(45°/2)\} = 3.0m$

바. 주요국가의 임도구조

<표 8-1-7> 주요국가의 임도구조

구 분	단위	우리나라	일 본	중 국	미 국	캐나다	독 일	오지리	스위스	스웨덴	노르웨이	영 국
등 급 구 분		2	3	4	4	6	3	2	3	6	4	
설 계 속 도	km/hr	20~40	20~40	20~50		55~79			30~60	20~60	25	
차도폭	m	3~4	2~4	3~6.5	3.7~5.5	6.1 ~ 9.7	3~9	4.5 ~ 5.5	3~3.6	4~7	3~4	3.2 ~ 4.7
갓길폭	m	0.50 (0.25)	0.50 (0.25)		0.60	0.90 ~ 1.20	0.75 ~ 1.00	0.75			0.25 ~0.50	0.50
최 소 곡 선 반지름	m	15~60 (12~40)	15~60 (8~40)	15~120 (20~60)	15.2 ~ 30.5		20~50 (16)	12~16	13.5 ~ 120 (8~10)	25~150	20~60	15~45
최 급 종 단 물 매	%	7~9 (14)	7~9 (14)	800-4 500-5 400-6 300-7 250-8 150-9 100-10	A300-8 150-10 B450-10 150-12 C300-16	8~9 (10)	6~8 (10)	9~12 (12 ~16)	3~10 (12)	8~12 (14)	10~15 (11~18)	10
최저종 단물매	%				2		2	2~4	3			
최 대 역물매	%	6~10			A300-6 150-8 B450-8 150-10 C300-12	3~12		6~10			7~12 (8~13)	
횡 단 물 매	%	3~5	3~5						3			
안 전 시 거	m	20~40	20~40	40~230 (15 ~100)	76~122				28~145	40~130 (150)	20~50	
대피소 간 격	m	300 ~500	300 ~500	200 ~300 (500)	230				150 ~250		150 ~400	
측구등	m				폭 0.9 깊이 0.5		폭 0.4 ~ 0.45	암 거 최소경 0.3 ~0.6			폭 0.5~1.5 깊이 0.5~0.8	

1.2.3. 임도망 구성

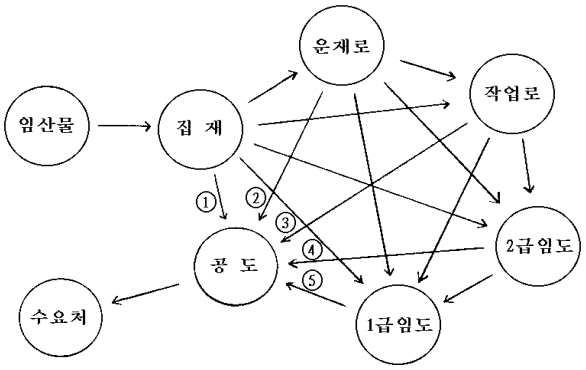
1.2.3.1. 노망의 운송체계

산림을 통과하고 있는 도로는 도로법에 의한 고속국도, 일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도, 농어촌도로정비법에 의한 면도, 리도, 농도 등 여러 종류의 공도와 사도법에 의한 사도, 타 법령에 의하여 시설되는 목적도(目的道)가 있다.

임도는 임도시설규정 제3조 제1호 규정에 의하여 "산림내 또는 산림에 연결 시설하는 차도"이므로 임내에 있을 수도 있고 임외에서 공도와 임지를 연결할 수도 있다.

따라서 임도망은 임산물이 임지에서 생산되어 공도를 경유하여 시장이나 제재공장 등 수요처까지 운반될 수 있는 연결노망의 일부분이라고 할 수 있을 것이다.

도로(공도)에서부터 임내까지 도달하는 것을 임내 접근수단이라고 하고, 산림내에서 생산되는 임산물이 공도를 거쳐 시장·공장 등 수요처까지 운반하는 것을 반출 또는 운송수단이라고 하며 그 운송체계는 그림 8-1-5와 같이 임산물이 생산된 위치와 임도망의 상태에 따라서 여러 가지의 경로로 가정할 수 있을 것이다.



<그림 8-1-5> 임내생산물의 운송체계

①의 운송체계와 같이 임산물이 지예집재, 가선집재 등의 집재작업 과정을 통하여 간단하게 공도로 수송될 수 있는 산림이 있는가 하면 ⑤의 운송체계와 같이 집재, 운재로, 작업로, 2급임도, 1급임도를 거쳐야만 비로소 공도로 수송될 수 있는 산림이 있을 것이다.

①, ②, ③과 같이 기존도로(임도)에 운재로와 작업도를 시설하여 반출하는 운송

체계와 같은 노망형태를 세부노망형태라고 하며 완구릉지 또는 산림내에 공도밀도가 높아서 간단한 시설로서 임목을 수송할 수 있는 지역에 해당되고, ④, ⑤와 같이 2급임도 또는 1급임도를 시설하여 반출하는 운송체계의 노망형태를 기본노망형태라고 하며 오지 또는 산악림과 같이 공도밀도가 낮은 지역에 해당된다. 특히 ⑤와 같은 운송체계로서 시설하는 1급임도는 임업적 효과보다는 공익적 효과가 더 클 경우가 많다.

임도망을 편성할 경우에는 기본임도망의 단계만 취급하고 세부노망의 형태는 그 지역에서 시업을 실행할 경우에 별도로 계획을 수립하여야 한다. 임도밀도가 점차적으로 높아져서 적정한 노망이 형성되게 되면 대부분의 임지가 ①~③같은 운송체계로 변화하게 되므로 임내접근을 용이하게 함을 물론 임산물의 운송비를 저렴하게 하여 산림의 생산성을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

임도망을 편성하고자 하는 대상지에 어떤 노망체계를 적용하는 것이 합리적일 것인가 하는 것은 대단히 어렵지만 대상지의 입지상태와 계획임도의 구조를 면밀히 검토하여 가장 합리적인 형태를 적용하여야 할 것이다.

1.2.3.2. 임도망과 집·운재

집·운재방법은 그림 8-1-6과 같이 문화의 발달정도, 지형과 산림의 상태, 산림작업기술의 수준, 제품의 규격 및 판매기준 등에 따라서 많은 영향을 받게 된다.

- 수 운 (water transportation)
  - 관류{flume, 철포이용, 뚝(언) 이용 등 포함}
  - 뗏목(편류 : rafting), 벌류(floating)
  - 선박(shipping)
- 육 운 (land transportation)
  - 활로(토수라, 목수라, 프라스틱수라, 알루미늄수라 등)
  - 지예(skidding, off road, 인력, 동물, 임업용트랙터, 트랙터장치용원치류, 스키더류, 가선집재기 등)
  - 도로(on road, 인력, 우마차, 목마, 트럭류, 트랙터류, 포워더, 트레일러류)
  - 궤도(rail way, 산림철도, 산림궤도)
- 공 운 (air transportation)
  - 삭도(cable way, 가선집재기류, 가공삭도, 철선운반 등)
  - 항공(air borne, 헬리곱터, 기구)

<그림 8-1-6> 집·운재방법과 종류

옛날에는 토수라, 목수라 등의 방법으로 집재하산하여 주로 관류, 뗏목, 벌류 등의 방법으로 운재하였다. 그러나 근래에는 도로교통과 자동차공업의 발달로 인하여 집재·운재방법이 육운은 대부분 기계화 또는 자동차화 되고 있고, 수운은 대부분 선박에 의존하고 있지만 앞으로 기구나 헬리콥터에 의한 공운의 발달이 주목된다.

육운의 방법으로 합리적인 임업경영을 하기 위한 필수적인 시설은 적정임도망이 되도록 노망체계를 이룩하는 것이다. 이는 산림작업 환경개선과 산림작업의 기계화에 의하여 노동력을 경감하고 노동의 질을 향상시켜 산림작업의 합리화와 능률화에 기여한다. 따라서 지형과 자연경관 및 산림작업성이 잘 조화될 수 있도록 노망을 계획하여야 하며 임도가 임지의 경사상부에 배치되느냐 경사하부에 배치되느냐에 따라서 집재방법과 집재비용은 달라진다. 임도가 경사상부에 배치되어 있다면 상향집재방법을 채택하여 임목을 집재하여야 할 것이고 경사하부에 배치되어 있다면 하향집재방법을 채택하여야 할 것이다.

주요 집재수단에 대한 작업한계선은 표 8-1-8과 같다.

<표 8-1-8> 집재수단별 최대집재거리 및 작업안전 한계기울기

집재수단			하향집재		상향집재		비고
			최대집재거리 (m)	작업한계기울기 (%)	최대집재거리 (m)	작업한계기울기 (%)	
인력	보조 도구 이용		100(200)	45(65)			
	수라(LOG-LINE)		150(200)	40(60)			
자동차류	트랙터	농용 트랙터	300(500)	25(60)	100	10(15)	
		개조 트랙터	500(800)	40(60)	150	15	
		임업용트랙터	800(1,000)	45(60)	200(250)	20(25)	
	포워더		2,000	35(40)	1,500	20(25)	습윤지역은 궤도식을 이용(60%까지 가능)
	프로세서, 하베스터		50	30(40)	50(50)	10(15)	
가선류	기계톱 윈치		50	35	50(100)	45	high-lead 방식
	트랙터 윈치		150(200)	100	150(200)	120	high-lead 방식
	고정식 가선 집재기		1,000(2,000)	100	1,000(2,000)	120	standing skyline 방식
	타워형 가선 집재기	단거리집재기	300	100	400	120	
		중거리집재기	500	100	800	120	
		장거리집재기	500(800)	100	1,000	120	

* ( ) 내의 숫자는 특수한 경우의 최대치임.

** 자료 : Sedlak(1985,1987), Murphy(1979), Heinrich(1982), Trzesniowski(1985), FAO(1976), Studier and Binkley(1982), Sundberg and Silversides(1988), スリ-エム硏究會(1991), 김(1993)

가. 하향집재

① 인력집재 : 수피가 있는 임목의 지예집재는 경사도가 80% 이상, 수피가 없는 임목은 60% 이상이면 가능하나 적설이나 지표가 젖어있을 경우에는 32%에서도 가능하다.

② 동물집재 : 평탄지에서 가능하고 동물의 종류나 임목의 중량에 다라서 경사도 35%까지 가능하다.

③ 농용트랙터 : 경사도 30%까지 가능하고 바퀴에 체인을 감거나 안전탑과 같은 특수장치를 부착하면 40%까지 가능하다.

④ 스키더 : 바퀴에 체인을 감는 경우에는 경사도 50%까지, 단거리의 건조한 지반에서는 60%까지 가능하다.

⑤ 중력식 케이블크레인 시스템 : 상단부에 설치하여 작업할 경우 경사도 20%이상 지형에서도 가능하다.

나. 상향집재

① 인력집재 : 일반적으로 할 수 없다.

② 동물집재 : 가벼운 적재와 단거리 집재는 경사도 10%까지 가능하다.

③ 농용트렉터 : 경사도 20%까지 가능하다.

④ 스키더 : 경사도 25%까지 가능하다.

⑤ 케이블에 의한 지예집재 : 장애물이 없는 지형에서는 30*m*까지 가능하고 특별한 경우에는 100*m*, 쌍드럼으로 설치된 것은 300*m*까지 가능하다.

⑥ 케이블크레인 시스템 : 상단부에 설치할 경우에는 경사도 20% 까지 가능하다.

1.3. 사방사업

1.3.1. 사방사업의 유래

1.3.1.1. 우리나라의 사방사업 발전사

우리나라의 사방관계 역사를 보면 통일신라시대 이후 치산치수에 힘써온 흔적을 찾을 수 있고 근대적인 개념의 사방사업은 조선 500년의 세월이 지나는 동안 화전

(火田)으로 인한 산림재해나 온돌용 화목(火木)을 구하기 위하여 계속된 林産物 채취로 舊韓末 많은 황폐지가 생기고, 1907년 서울 彰義門 황폐임지의 풍치유지를 위하여 식목한 것이 그 嚆矢이다. 이 사업은 그 후 인왕산 또는 북한산 사방공사라 하여 20년 이상 계속되었으나 해방이후와 6·25동란을 겪으면서 무분별한 도남벌과 낙엽채취 등으로 산림황폐지가 전국 곳곳에 분포하게 되었다.

왜정시대에 시행되었던 주요한 사방사업으로는 수원함양 조림사업(1918~1921), 제1기 국비사방사업(1922~1934) 및 제2기사업(1935~1939), 제1기 궁민구제 사방사업(1934~1935), 수해 이재민 구제사방사업(1934~1935), 조해이재민 구제사방사업(1935~1936), 재해복구사방사업(1936~1937), 낙동강 유역사방사업(1935~1944), 동해안 철도보전 사방사업(1937~1939), 재해림지 복구 사방사업(1937~1939) 등이 있는데, 이 당시는 빈발한 조해 대책과 빈민구제사업을 겸하여 사방사업을 실시하였다.

정부수립 이후에는 조림사방 10개년 계획(1948~1957), 해안사구고정사업 계획(1953~1957), 재해복구사방사업 3개년 계획(1952~1954), 사방사업 5개년 계획(1953~1957), 제2차 사방사업 5개년 계획(1957~1961), 치산 7개년 계획(1965~1971), 6대강 수계별 산림 종합복구계획(1967~1976), 3강유역 개발사업(1967~1972), 4대강 유역 개발사업계획(1971~1981), 영일지구 특수사방(1973~1977), 제1차 치산녹화 10개년 계획(1973~1978), 제2차 치산녹화 10개년 계획(1979~1987), 제3차 치산녹화 10개년 계획(1988~1997) 등을 들 수 있다.

정부 수립 이후 1967년 山林廳이 개청하기까지는 매년 대면적의 사방공사가 이루어 졌으나 시공기술 부족과 예산 형편상 播植위주의 사방사업이 주류를 이루어 많은 면적이 재황폐되어 1965년에는 치산 7개년 계획을 수립하여 산지사방, 야계사방, 해안사방으로 구분하고 과거 사방지에 대한 보수사방이 실시되기도 하였다.

1969년에는 C급지 황폐산지에서 가축사료 초지를 조성하기 위하여 초지조성사업을 황폐지 녹화의 일환으로 실행한 바 있으며 1970년에는 황폐지의 다양성을 고려하여 산지사방을 일반사방과 특수사방으로 구분하여 현실적인 사업단비를 책정 사방사업 단비제도에 기틀이 되었다.

사방기술이 본 궤도에 오른 것은 1970년 이후로 1971년 통일동산 만들기운동(1971~1973), 1972년 국도변 절개지 및 언덕붕괴지 복구사업은 사방인들의 노변 절개지 복구기술 수준과 가능성을 보여준 매우 성공적인 시공사례이었으며, 1972년에는 사방공법상의 문제로 집단황폐지로 남아있던 영일지구의 특수사방사업 계획이 추진되

어 중앙 임업시험장 연구결과를 토대로 1973년부터 1977년까지 5개년에 걸쳐 4,538ha의 광활한 황폐지가 성공적으로 복구되었다.

1973년 제1차 치산녹화 10년 계획(1973~1978)에서의 기본방침은 지구완결원칙에 입각한 계통적 사방녹화, 집단 및 특수지역을 우선적으로 복구하고 황폐유형에 따라 산지사방(나지녹화, 일반사방, 특수사방) 해안사방, 야계사방으로 구분 실시하였으며 전국의 요사방지를 總閱臺帳과 도면에 작성, 移記하여 관리하고 사후관리에도 역점을 두었다.

1979년 제2차 치산녹화 10개년 계획(1979~1988) 중(1981년)에는 년간 사방사업량의 약20%를 마을 都給砂防으로 새마을 사업과 연계 시행하여 농산촌 주민들의 소득증대에 기여하였다.

1984년도에는 그 동안 주력하여 왔던 산지사방이 마무리 단계에 이르자 1977년도 이후 중단되었던 야계사방을 재개하였고 1986년도에는 토석류에 의한 피해를 극소화하기 위하여 사방댐을 신규사업으로 추진하였으며, 1988년부터는 산사태 발생으로부터 오는 피해를 방지하기 위하여 예방사방사업을 실시하였다.

1990년부터는 환경을 고려한 사방사업이 추진되기 시작하여 사방댐의 미적효과 제고방안, 사방사업을 지역주민 휴양편익과 연계한 시공, 경관지, 관광지, 휴양지 등에서는 녹음수 식재 및 조경적 사방공사를 실시하며 해안사방시공지에는 해당화, 자귀나무 등을 식재하는 등 환경을 고려한 사방사업이 추진되기 시작하였으며 산사태로부터 피해를 줄이기 위하여 야계사방, 사방댐과 예방사방 사업량을 점차 증가시켰다. 또한 지금까지의 관 위주의 사방사업에서 탈피하기 위하여 1992년에는 도급사방사업 지침이 제정되어 1993년부터 야계사방과 사방댐에 한하여 부분적으로 도급사방이 개시되었으며 사방댐 대상지 중 국민휴양 편익제고, 산불진화용수 및 지역주민 생활용수원으로 긴요한 지역은 야계정화시설, 흙사방댐과 저사 저수겸용 댐으로 시공하기 시작하였다.

1995년에도 도급사방사업량을 늘리고 사방사업법을 전면개정하여 민원의 소지가 있던 사방지 해제 년한을 20년에서 15년으로 줄였으며 사방댐의 규모를 계폭 50m까지 확대시켰다.

한편, 산지재해 피해 感受性이 점차 증가됨에 따라 이로 인한 인명과 재산 피해를 최소화하고 삶의 질을 높이기 위하여 1996년에는 주민 주거환경 개선과 연계하여 아름답고 쾌적하며 살기 편한 생활공간을 조성하기 위한 마을환경 사방을 실시하기 위

한 준비단계로 마을환경 사방사업별 기준단비와 모델을 작성하였고 97년에는 시책사업으로 3개소에서 시범적으로 사업을 추진하였다.

1945년 광복 후 1997년 말까지의 사방사업 실적을 보면 산지사방이 726,666ha, 해안사방 3,748ha, 예방사방 305ha('89~'97), 야계사방 3,924㎞ 및 사방댐 661개소('86~'97)에 이른다. 한때는 전 산림면적의 10%에 가까운 황폐화되었던 산림이 그 동안 정부와 국민들의 지속적이고 열성적인 노력으로 거의 녹화 단계에 이르렀으나, 산지의 재 황폐화를 막고 점차 피해가 커지고 있는 산지재해(산사태 및 토석류 피해)를 방지하기 위하여 산지 사면으로부터 야계에 이르기 까지 모든 사면과 계류에 量的인 사방에서 質的인 사방으로 전환하여 사방을 실시하여야 하겠다. 또한 기존 사방지에 대한 사후관리를 철저히하여 재 황폐를 방지하여야 하며 앞으로는 21세기 환경시대에 부응하는 새로운 공법개발과 수준 높은 예방사방에 주력하여야 하겠다.

1.3.1.2. 외국의 사방사업 발전사

프랑스는 프랑스혁명 이후 1791년 9월 29일 법률로써 왕유림을 일반에게 개방하였으나, 1803년에는 산림재해방지를 위하여 산림이용을 제한시켰으며 1856년도에 이르러서는 라인강, 로얄강, 롬강 유역 등의 대홍수로 마침내 사방기관을 창설하여 유럽에서 가장 먼저 사방기술이 발달되었다. 또한 이를 본받은 오스트리아 등도 단기간에 진보된 사방기술을 갖게 되었다.

미국에 있어서는 무계획적인 개간으로 인하여 침식되는 토양을 방지하고자 1928년에 Dr. Bennett에 의하여 Land Gtant College에 Soil Erosion Experiment Station을 설립하고 이를 Soil Erosion Service로 Franklin D.Roosvelt령에 의하여 설정된 바 있으며 1935년 4월에는 법률 46호에 의하여 National Soil Water Conservation Service로서 통과 설치하여 미국 전역에 걸처 토양보전사업을 시행하기에 이르렀다.

일본은 1968년 처음 淀川流域의 사방공사를 프랑스인 수리공사(水理工師) 요하네스 테레케씨의 지도 하에 유럽식 공법을 채용한 바 있으며 1878년부터는 정부직할사업으로 실시하는 동시에 1897년에는 산림법과 사방법을 공포하여 사방공사가 시행되었고 1904년에는 동경제국대학에서 오스트리아인 호프만씨를 초빙하여 사방강좌를 담당케하는 한편 이수사방공학강좌를 者戶北郞씨를 초대담임으로하여 사방의 기초를 확립하였으며 1932년에는 해안사방조림이 실시되었고 1954년에는 치산치수 5개년 계

획에 따라 황폐임지 약 40만ha를 완전 복구하는데 성공하기에 이르렀다.

1.3.2. 사방사업의 목적

붕괴지와 황폐지 또는 붕괴 우려지에 토목공사를 실시하고 식생을 조성하므로서 상류 산지사면과 계류의 황폐화를 막고, 불안정 사면의 고정, 토사와 자갈의 생산 및 이동을 억제할 뿐만 아니라 경관을 조성하며 산사태, 토석류와 홍수로부터 발생되는 산지재해를 최소화하기 위하여 사방사업을 실시하며 더 나아가서는 사방사업을 통하여 산림자원 생산의 기반조성은 물론이고 공공이익의 증진과 산업발전에 기여할 수 있는 산림의 공익적 기능(국토보전 기능, 수원함양 기능, 산림휴양 기능, 대기정화 기능, 야생동물보호 기능)을 증진시키므로 주거환경을 개선하고 삶의 질을 높이는데 그 목적이 있다.

1.3.3. 사방사업의 분류

국토의 녹화와 보전, 재해방지와 경관회복을 위하여 사방사업은 사업목적과 그 시행위치에 따라 산지사방, 야계사방, 해안사방, 조경사방사업과 예방사방사업 등으로 구분되는데 사방사업법에서는 그 대상지역에 따라 산지사방사업, 해안사방사업, 야계사방사업으로 구분하고 있다.

산지사방사업은 시공위치에 따라 다시 계간사방공사와 산복사방공사로 구분되는데 계간사방공사는 황폐계류에, 산복사방공사는 황폐산지사면에 실시하며 야계사방사업(사방댐 포함)은 황폐계천에 실시하는 사방공사를 말한다.

해안사방사업은 해안 사구지에, 조경사방사업은 경관미를 요하는 사면에 실시하며 예방사방공사는 붕괴의 우려가 있는 사면에 붕괴방지를 위하여 시공한다.

또한 사방사업은 사업시기를 기준으로 황폐된 산지를 복구하기 위한 복구사방과 산지황폐를 미연에 방지하기 위한 예방사방으로 구분하기도 하며 사방시설물에 따라 토목공학적 방법에 의하여 사방공작물을 설치하여 사면을 고정시키는 기초사방과 식물학적 방법에 의하여 사방용 수종과 초류를 심어 복구·녹화하는 사방조림으로 구분하기도 한다.

1.3.4. 사방사업의 효과

산림분야의 사방사업은 산림녹화 및 임산자원 조성이라는 경제적 효과 이외에 산림의 공익적인 기능을 향상시켜주는 효과를 가지고 있다.

경제적인 효과로는 목재생산 뿐만 아니라 산림 부산물인 버섯류, 종실류, 산초(山草), 약초, 산채 등의 임산물과 야생조수의 증식 등을 포함할 수 있다. 산림의 공익적인 기능 측면에서의 사방효과로는 재해방지의 효과(국토보전효과), 수원함양 효과와 생활환경보전 효과로서의 대기정화 효과, 기상완화 효과, 방음, 방풍, 방조(防潮)의 효과 등으로 구분할 수 있다.

1.3.4.1. 산림자원 생산의 기반조성

○ 시공 40년 후 매년 용재 4㎥/ha생산

○ 시공 후 매년 임산연료 10ton/ha생산

1.3.4.2. 국토보전 및 재해방지

① 사방시공 년차별 유토량 감소

구분	황폐지	시공당년	시공2년	시공3년	시공4년
유토량 (ton/ha)	169.1	188.7	76.5	3.7	0.1

※ 임업시험장('72)

② 임상별 토사유출량

임 상	유 토 량(ton/ha/年)
활 엽 수	0.7
침 엽 수	1.0
혼 효 림	2.2
황 폐 지	118.3

※ 임업연구원('93)

③ 모암별 입목지와 무립목지의 토사 유출량

모 암	토사유출량(㎥/ha/年)		비고
	입목지(A)	무립목지(B)	(B/A)
화 강 암	1.4	356.9	254.9
기타 화성암	2.3	360.7	138.7
편 마 암	1.9	265.3	139.6
기타 변성암	0.8	253.9	317.4
퇴 적 암	1.3	232.3	178.7
평 균	1.6	293.8	205.9

※ 임업연구원('96)

④ 입목지와 무립목지의 토사 붕괴량

구 분	개소당 산사태 크기		1000ha당 산사태 크기		
	면적(㎡)	붕괴량(㎥)	발생개소수	면적(ha)	붕괴량(㎥)
무립목지	733	783	255	16.493(161)	176,175(176)
입 목 지	741	724	138	10.226(100)	99,912(100)

※ ( )내 숫자는 입목지에 대한 무립목지의 비교치임(임업연구원 '96)

1.3.4.3. 수원함양

① 임상별 침투능력

임 상	침투능력(㎜/시간)	비 고
산 사 태 지	100	
미 립 목 지 (벌채적지)	160	미립목지 : 일부 표토 침식지
입 목 지	250	입 목 지 : 혼효림지

※ 일본 임업시험장

② 지표 유출량

임 상	지표 유출량 (%/年)	비 고
나 지	76	· 장소 : 수원 칠보산
초 생 지	44	· 모암 : 화강암
입 목 지	30	· 조사기간 : 1961~1966

※ 임업시험장('67)

③ 산림의 강수 저류기능

임 상	저 류 량(ton/ha/年)	비 고
나 지 임 지	600(5%) 4,000(35%)	· 년 평균강수량 : 1.159㎜

※ 일본 산림Conservation('82)

1.3.4.4. 생활환경 개선 및 경관 보전

① 산림의 대기정화 기능

(단위 : 톤/년/ha)

구 분	CO2	O2	비 고
광 합 성 호 흡 차	48흡수 32방출 16흡수	36방출 24흡수 12방출	· 12톤은 45인의 년간 흡수량

※ 일본 임업연감 ('68)

② 산림의 기후완화기능

┌ 여름 : 임외(林外)보다 최고기온이 4~5℃ 낮다.
└ 겨울 : 임외보다 최고기온이 1~2℃ 높다.

③ 산림의 소음방지기능

· 산림의 감음(減音)효과 : 최대 15%

- 임내 거리 20m 이상에서 효과가 큼

1.3.5. 환경친화적 사방공법

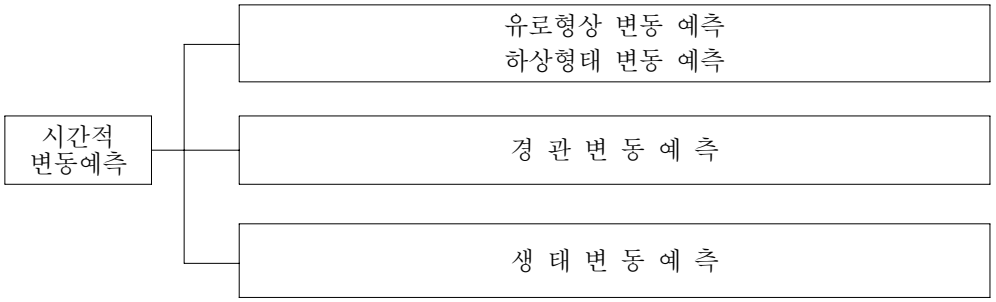
1.3.5.1. 환경친화적 사방공법 개념

사방사업은 환경창조라는 개념에서 실시되어야 한다. 이에 필요한 것은 다양한 기술과 풍부한 정보, 그리고 인간과 자연의 이상을 선명하게 실현할 수 있는 철학이다. 환경을 창조하는 많은 요소, 그것을 융합·조화할 수 있는 것이 사방의 새로운 개념이다

환경사방은 산지, 계류, 도시 및 해안유역의 환경을 유지 개선하는 것으로 자연환경의 적정한 보전, 공간 및 유수의 질·양적인 문제에 관한 유지개선 등에 대하여

분석하고, 예측해야 한다.

환경사방에서의 공간분석



환경사방에서의 시간적 변동예측

가. 환경대책

환경대책은 자연환경대책·사회환경대책·경관대책을 필요에 따라 실행한다.

(1)자연환경대책

일반적으로 다양한 공사로부터 자연환경을 보전하기 위해서는 단계적으로 ①자연환경을 가능한 한 보전하고, ②자연환경을 복원하며, ③적극적으로 새로운 환경을 창조하도록 한다.

(2) 사회환경대책

주거환경을 넓은 구역에서 보면 특정 지역사회에서의 생활의 질을 향상시키기 위해 적극적으로 공간을 이용하는 것이다. 녹지공간은 수해 등 각종 재해의 대피장소, 지역의 대표공간 등으로 이용될 수 있다.

(3) 경관대책

경관의 평가는 각 개인이 갖고 있는 가치관이나 미적 판단에 크게 좌우되나, 사회적 배경과 각 개인의 가치관은 점점 다양화되고 있다.

① 조화성 : 자연경관(배경)과 시설과의 조화 정도

② 통일성 : 시설이 복합적으로 만들어 진 경우의 시설간의 통일 정도

③ 친근성 : 시설이 갖고 있는 친밀감의 정도

나. 환경대책의 수법

환경대책은 주변의 자연환경·사회환경·경관에 조화되도록 해야 한다.

(1) 자연환경대책

자연환경대책의 주된 수법은 기존의 수목을 보전하거나 새로운 식생을 도입하는 것이다.

(2) 사회환경대책

사회환경대책 중에서 주거환경의 대책은 경관대책과 공통된 부분이 많으므로 경관대책의 구체적 수법을 이용하면 어느 정도 해결할 수 있다.

(3) 경관대책

경관을 양호하게 하기 위해서 이론적으로는 자연상태로 요사방지를 유지하는 것이 유력한 수단으로 되어 있다. 그러나 일반적으로 사방사업에서 이와 같은 수단을 도입하는 것은 실제로 불가능하므로 주변의 경관에 구조물이 조화되기 위해서는 다음과 같은 몇 종류의 수법을 선택한다.

① 구조물의 형태 : 사방구조물이 본래의 기능을 유지하면서 그 형태가 자연에 조화되도록 디자인한다.

② 자연석 등의 이용 : 사방구조물을 천연재료로 구축하게 되면 주변 경관과 위화감이 적고, 경관면에서도 바람직하다.

③ 구조물의 표면 처리 : 옹벽이나 콘크리트 표면에 주로 의석 타입으로 표면을 처리한다.

④ 식생 도입 : 옹벽 등의 구조물에 덩굴류를 도입하거나, 다공질 식생 콘크리트판을 도입한다.

⑤ 구조물 표면에 벽화 그리기: 콘크리트 구조물이나 옹벽공 표면에 벽화를 그리

거나 조각을 한다.

다. 환경사방의 기본방침

환경사방은 자연환경의 적정한 보전(개선)과 이용을 위해 일반적으로 다음의 각 항목에 대하여 기본방침을 세워야 한다.

① 환경보전정비계획 ② 수질보전(개선)계획

라. 환경보전정비계획

환경사방은 대상지의 공간보전과 이용을 위해 보전 및 정비에 대하여 기본적인 개념을 설정하는 것이다.

환경보전정비계획에는 대상지를 다음과 같이 구분하여 실시한다.

① 대상지의 자연환경을 보전하고, 회복해야 할 구역

② 대상지 및 주변부의 미적 경관을 보전해야 하는 구역

③ 각종 휴양시설, 스포츠 시설을 정비해야 하는 구역

④ 기타 일반적 구역

사방시설 및 주변을 정비하여 토사재해의 방지기능을 고양시키고, 환경의 보전·육성을 도모하기 위해 사방시설 주변의 환경을 정비한다. 즉 사방시설과 주변 경관과의 조화를 꾀하고 친근감 있는 수변이나 녹지 등 자연공간을 확보하여 주민이 쉽게 접근할 수 있는 사방시설의 주변환경을 창조한다.

마. 수질보전(개선)계획

수원지대의 수질보전(개선)에 대하여 기본적인 개념을 설정해야 한다. 수질보전계획을 책정할 경우, 현재의 수질, 환경기준 등을 감안하여 환경기준에 달성하기 위해 시책 상호간의 관계를 규명해야 한다.

수원지대의 수질보전(개선)을 실시할 경우에는 대상지의 상황에 따라 오염원의 준설, 유역상황의 개선, 수질보전시설, 오염발생원 대책 등에 대하여 방안을 마련하도록 한다.

1.3.5.2. 사업별·공종(공법)별 개념 정립

환경친화적인 사방공법의 대상 : 사방댐, 야계사방 및 산사태 복구지, 해안사방

환경친화적인 사방사업은 합리적이어야 한다. 사방사업은 수계와 유역을 중심으로 상호관련을 고려하여 기술적으로나 효과면에서 조화로워야 한다. 따라서 사방사업을

계획할 때에는 그 효과가 가장 유효하게 발휘되도록 순위를 고려해야 한다.

사방사업을 계획할 때에는 그 목적을 명확히 하여 사방시설이 그 기능을 가장 합리적으로 발휘되도록 해야 한다.

① 수원지대의 토사생산억제 : 산복공

② 계안의 토사생산억제 : 사방댐, 구곡막이, 기슭막이

③ 하도의 토사생산억제 : 사방댐, 구곡막이, 바닥막이, 수로내기

④ 하도의 유출토사억제 : 사방댐, 모래막이

⑤ 하도의 유출토사조절 : 사방댐, 구곡막이, 바닥막이

1.3.5.3. 환경친화적인 사방사업 실행지침서 작성

가. 재료(사용모재)

환경친화적인 사방사업을 원활히 수행하기 위해서는 사방재료에 대한 충분한 지식을 가지고 재료를 선택·이용해야 한다.

사방공사용 토목재료는 구조적으로 충분한 지지력이 있고, 내구성, 내수성이 있어야 하며, 마모에 잘 견딜 뿐만 아니라 외력이나 열 및 건습에 따른 변형과 비틀림이 적어야 한다. 또한 자재 구득이 용이하고 경제적이며, 취급에 특수한 기술을 필요로 하지 않아야 한다.

사용량이 많지 않다고 하더라도 사방재료 중 목재 관련제품을 사용하는 경우 생육시 고정시킨 탄소량 중 일부분을 대기중으로 방출하지만, 알루미늄, 철재, 콘크리트는 제조시 방출되는 탄소량만 있어 상대적으로 비환경친화적이라 할 수 있다

<표 8-1-9> 사방재료의 소비에너지와 탄소방출량

구분	제조시 탄소방출량		제품중 탄소축적량 (kg/m^3)	± 탄소량(kg/m^3)
	kg/t	kg/m^3		
인공건조제재	56	28	250	-150
합 판	218	120	248	-92
파티클보드	308	200	260	-36
철 재	700	5,320	0	5,320
알루미늄	8,700	22,000	0	22,000
콘크리트	50	120	0	120

(1) 토목재료

① 목재

사방공사에서는 다른 산림토목공사에 비해 목재의 사용량이 적은 편이며, 주로 제재하지 않은 통나무가 사용된다. 통나무는 주로 사방댐·구곡막이·바닥막이·기슭막이공사 등에 사용되고, 그 밖에 바자얽기·울짱얽기 및 각종 말뚝용으로도 사용된다.

말뚝용으로는 소나무, 리기다소나무, 밤나무, 참나무류 등의 줄기가 좋으며, 대나무는 바자얽기에 말목과 함께 사용되는 주요한 섶재로서 비탈면덮기공법 및 해안모래덮기공법 등에 사용된다.

② 석재

석재는 사방댐, 구곡막이, 바닥막이, 기슭막이, 수제 등과 같은 계간공사와 땅속흙막이, 산복수로, 흙막이, 누구막이 등과 같은 산복공사에 널리 사용한다.

사방공사에 사용되는 석재로 원석, 마름돌, 막마름돌, 견치돌, 막깬돌, 야면석, 전석, 호박돌, 잡석, 뒷채움돌, 고임돌, 조약돌, 굵은 자갈, 자갈, 력, 굵은 모래, 잔모래, 돌가루, 고로슬래그, 부순돌 등이 있다.

③ 흙

흙은 토성, 밀도, 함수량 및 입도 등이 시공목적에 적합한 것이어야 하며, 쓰레기 등 불순물이 포함되지 않아야 한다.

객토용 흙은 토성이 식물생육에 적합해야 한다. 흙댐·흙골막이 등에서 심벽으로 사용하는 진흙은 강도가 있어야 하며, 화강암 지대에서 생산되는 점토가 좋다.

④ 골재

콘크리트나 모르타르를 만들 때 시멘트와 물을 비벼서 혼합하는 모래, 자갈, 부순자갈, 부순 모래 및 그 밖에 재료를 골재라 한다.

콘크리트 부피의 65~80%를 골재가 차지하므로 골재의 품질은 콘크리트의 품질에 크게 영향을 끼치며, 골재는 길거나 편평한 것보다 둥근 것이 좋다.

⑤ 시멘트

시멘트와 잔골재인 고운 모래를 섞어 물로 갠 것을 시멘트모르타르라 하며, 주로 바닥바르기와 겉바르기 또는 돌쌓기, 벽돌쌓기, 타일 붙임 등의 결합제로 사용한다.

모르타르는 보통 시멘트 1에 모래 1~3의 비율로 섞으며, 이에 시멘트 무게의 18~25%에 해당하는 물을 가한다. 모르타르는 오랫동안 두었다가 사용하면 응결력이 감소되기 때문에 곧 사용해야 한다.

⑥ 콘크리트

콘크리트는 시멘트·모래·자갈 또는 부순 돌 등을 골고루 섞은 것을 물로 개어 굳힌 것으로 만드는 방법이 간단하고, 형상을 임의로 변형시킬 수 있으며, 내구성과 내수성이 크므로 그 용도가 매우 넓다.

콘크리트의 배합은 무게로 시멘트·잔 골재·굵은 골재를 보통 콘크리트는 1 : 3 : 6, 철근콘크리트는 1 : 2 : 4, 그다지 중요하지 않은 것은 1 : 4 : 8의 비로 한다.

⑦ 시멘트 및 콘크리트

시멘트, 콘크리트 제품은 시멘트에 용도에 따라 모래, 자갈, 부순 돌, 석면, 기타 재료를 가하여 만든 것으로 사방사업에 주로 쓰이는 제품으로 관 종류, 기둥 종류, 인조석과 콘트리트블록 종류가 있다.

⑧ 철재

시설물 제작에는 강재, 각재, 판재, 선재, 봉재 등이 쓰이며, 철물도 시설물과 기타 공사에 쓰인다. 선재로는 보통 철선, 아닐링 철선, 못용 철선, 와이어 라스, 용접 철망, 크림프 철망, 6각 철망 등이 쓰이며, 철근 콘크리트용 봉강은 철근 콘크리트 옹벽 구축에 쓰인다.

철사망은 낙석방지망이나 시멘트모르타르·콘크리트 뿜어붙이기공사에 쓰이며, 철제 앵커 등도 쓰인다.

⑨ 토관 및 도관

토관은 잘 구워져 금속성 청음을 내는 것이어야 하며, 또한 균열이나 깨진 곳이 없고, 견고하며 흡수율 20% 이하인 것이어야 한다.

도관은 점토 또는 내화점토를 주원료로 한 것으로 내외면에 유약을 칠한 불침투성인 것으로 내압력이 크고, 또한 수압에 잘 견디는 불침투성인 것이어야 한다. 주로 배수로공사 등에 이용된다.

⑩ 합성수지 제품

합성수지를 이용한 제품으로 비탈면 격자틀, 수로관과 고분자 화학섬유를 제조하여 만든 토목섬유 제품이 있다.

제품 제작시 아름다운 색과 퇴색되지 않는 광이나 색을 유지하는 특성이 있고, 성형에 따라 임의대로 형태를 만들 수 있으나 변형되기 쉽고, 보수가 곤란하므로 교체하기 쉬운 구조로 해야 한다.

토목섬유는 폴리프로필렌, 폴리에칠렌 등의 고분자 합성섬유를 제조하여 제작한 건설재료로 다공성 제품인 지오텍스타일과 차수용 지오멤브레인, 고강도 제품인 지

오그리드 관련제품 등이 있다. 토목섬유 제품의 기능은 배수, 필터, 분리, 보강, 차수, 침식제어, 인장막, 충격흡수, 봉쇄, 포장 및 울타리 기능 등이 있다.

<표 8-1-10> 토목섬유의 종류, 형태, 주요 소재 및 기능

종 류		형 태	주요 소재	주요기능
지오텍스타일	직포	장섬유사, 모노 장섬유사, 평사 등을 사용하여 날줄과 씨줄을 직각으로 교차하며 엮어서 만든 형태(기본형태 : 평직, 능직, 주자직)	PET, PP	분 리 보 강 필 터
	부직포	장섬유와 단섬유들을 일정한 방향 없이 배열시켜 놓고 평면적으로 함께 결합시킨 형태(결합방식:니들펀칭, 열융합, 스판, 본딩, 화학적 결합)	PET, PP	분 리 필 터 배 수 보 강
지오그리드		폴리머를 판상으로 압축시키면서 격자모양의 그리드 형태로 구멍을 내어 특수하게 만든 후 여러 모양으로 연신한 형태	PET, PP, PE, PVC 코팅	보 강 분 리
지오네트		일정한 각도(보통 60~90°)로 교차하는 2세트의 평행한 거친 가닥들로 구성되며, 교차점의 가닥들은 용해, 접착된 형태	PE, HDPE	배 수 보 강
지오매트		꼬불꼬불한 모양의 다소 거칠고 단단한 장섬유들이 각 교차점에서 접착된 형태	PP, Vinyl	배 수 필 터
웨 빙		넓은 폭(보통 3~6㎝)의 대상으로 된 매우 거친 직포의 형태	HDPE	침식방지 보 강
지오멤브레인		용융된 폴리머를 밀어내어 정형시키거나, 폴리머 합성물로 fabric을 코팅하거나, 폴리머 합성물을 압착시켜 형성된 판상의 형태. 합성고무판	HDPE,PVC, VLDPE, CSPEUrethane, CPE	차 수
복 합 포		2종류 이상의 토목섬유가 중첩되어 사용된 형태		복합기능
지오텍스타일 관련제품		오탁 방지막, 섬유대 거푸집, 드레인 보드, 팩 드레인 포대, 텍솔, 지오웨브, Polymeric 앵커		

(2) 식생재료

① 초목류

㉠ 초본류

재래 초종 : 새, 솔새, 개솔새, 잔디, 참억새, 수크령, 김의털, 비수리, 그늘사초, 실

새풀, 차풀, 매듭풀 등

도입 초종 : 겨이삭, 붉은겨이삭, 다년생 호밀풀, 지팽이풀, 왕포아풀, 이태리 호밀풀, 켄터키 개미털, 능수귀염풀, 우산잔디, 참새피, 눈 붉은 개미털, 큰조아재비, 오리새, 맨하턴 라이그라스 등

㉡ 목본류

교목 및 관목 : 리기다소나무, 해송, 물(산)오리나무, 물갬나무, 사방오리나무, 좀사방오리나무, 아까시나무, 싸리, 족제비싸리, 상수리나무, 졸참나무, 눈향나무 등

덩굴식물 : 담쟁이덩굴, 댕댕이덩굴, 등수국, 칡, 송악, 등, 줄사철나무, 마삭줄, 인동덩굴 등

② 떼

떼는 사방공사에 널리 사용되고 있는 녹화재로서 과거에는 주로 자연적으로 산야에 자생한 들떼나 산떼를 채취하여 사용하였지만, 최근에는 인위적으로 떼밭을 조성하여 사용하게 되었다. 떼는 선떼붙이기・줄떼붙이기・떼단쌓기・평떼붙이기・떼수로공사 등에 사용되고 있다.

토공에 사용되는 떼를 뜬떼라 하며, 사방분야에서 사용되는 떼는 크기에 따라 대형떼(40㎝×25㎝×두께 3㎝이상)와 소형떼(33㎝×20㎝×두께 3㎝이상)로 구분하나 시중에서는 보통떼(30㎝×30㎝×3~5㎝)를 많이 사용한다. 대형떼는 1매당 4㎏을, 소형떼는 2.7㎏을 표준으로 한다.

③ 떼 대용 자재

부족한 자연생떼를 대체하고, 시공기를 단축하기 위해 여러 가지 대용 떼를 제조하여 사용하고 있으며, 주요한 것으로는 식생반・식생자루・식생대・식생매트・식생망・식생로우프・식생포트 등이 있다.

식생조성용 제품에는 천연 토목섬유인 Geo mesh(Netting, Fencing) Coir net, Jute mesh, Jute net 등과 합성수지인 론생 백, 론생 Net, Filter mat와 각종 녹화 Sheet와 Mat가 있다.

④ 토양안정제

초생녹화시공과 해안사구의 비사방지, 매립단지의 먼지비산방지, 과수원과 농지의 토양보전, 도로 신설지의 땅깎기비탈면의 방호, 골프장의 신속한 식생조성 등에 사용할 수 있는 토양침식방지 및 안정제가 많이 이용되고 있다.

액체상태의 토양침식방지제는 토양의 표층부를 고결시켜 침식을 방지하며, 이것은 펌프로 뿜어붙이기를 실시하거나 또는 헬리콥터에 의한 공중살포방법으로 시공한다.

주요한 제품으로는 Encap, Coherex, Soil-guard, Unisol-91, 아스팔트유제, Curasol, 합성수지계의 토양침식방지제 등이 있다. 토양안정제는 주로 분사식 씨뿌리기공법이나 종비토 뿜어붙이기공법에서 펄프와 같은 유기질재와 섞어서 사용한다.

⑤ 녹화기반재

흙, 토양개량재, 비료, 배수자재, 보수제 등을 총칭해서 녹화기반재라 하며, 토양개량자재는 토양의 이화학성을 개선하기 위해 사용하는 자재의 총칭이다. 일반적으로 토양개량재는 원료의 차이에 따라 유기질계, 무기질계, 합성고분자계로 나눈다.

식물의 생육기반이 되는 토양공간, 즉 녹화기반의 형성에 관여하는 배양유기질계 토양개량자재의 제품이 되는 바크 퇴비, 가죽 부스러기 퇴비, 피트 모스 등은 토양을 팽연시켜서 단립구조의 형성을 촉진하기 위한 보수성, 배수성의 회복에 기여한다. 또한 부식질의 공급, 혹은 비료효과도 기대할 수 있다.

무기질계 토양개량자재의 제품[진주암, 흑료암, 응회암, 규석 등을 고온에서 소성해서 만든 파라이트, 비나스라이트, 데오라이트, 바이큐라이트, 반드라이트]은 모두 다공질 경량의 자재로 보수성, 통기성, 배수성의 회복에 기여한다.

고분자계 토양개량자재 등은 토양의 단립화를 촉진하고, 통기성·투수성을 회복하기 위한 팽연한 토양상태의 형성이 가능하다. 또한 최근에 흡수성 포리마라 부르는 고분자 흡수제가 자중의 수백배 이상의 물을 흡수할 수 있는 성능을 가지고 보수제로서 건조지의 녹화 등에 활용된다.

토양개량자재는 한 종류만을 토양에 혼입하여 쓰는 경우와 토양의 개량목적에 따라서 2종류 혹은 3종류의 토양 개량자재가 조합되어 쓰이는 경우가 있으나, 모두 토양중에 용적비로서 10~20% 정도 혼입한다.

유기질계 토양개량자재와 무기질계 토양개량자재를 적절히 혼입해서 자연토양에 대체하는 초경량의 인공지반녹화용 배토 혹은 실내녹화용 배토로 활용하고 있다.

나. 방법(적용공법 및 공종)

(1) 목제토목시설물

① 목제사방댐

계상 물매가 비교적 완만한 산지하천이나 유로가 확대하기 용이한 지질 등의 소하천을 시공적지로 하며, 주변 산림에 잘 어울리고, 경관보전을 도모할 필요가 있는 곳에 시공한다. 목제댐 내부에는 경량의 옥석이나 토석을 충진 하는데, 현장의 토석을 이용할 수 있다.

② 목제수로내기

유연성이 풍부하며 측면으로부터의 침투수가 동시에 배수할 수 있고, 사용목재는 짧거나 구부러지더라도 사용할 수 있다. 물매가 급한 경우와 수로부지가 침식될 우려가 있는 곳에 적합하다.

③ 목제흙막이

기초지반에 대한 적응성이 높으며, 배면으로부터의 침투수를 배수하기 좋다. 충진재료는 현장에서 발생한 토사·토석도 사용할 수 있으며, 주변 산림에 잘 어울리고, 경관의 보전·조화도 기대할 수 있다.

④ 목제격자틀붙이기

비탈면을 작은 블록으로 구획하여 우수를 분산시켜 침식방지를 필요로 할 때 적합하다. 소재의 상태로 시공이 가능하며, 현지조건에 따라 절단 가공이 용이하다. 즉 비탈면의 형태, 물매에 대응이 용이하며, 가볍기 때문에 인력에 의해 특별한 기술 없이도 시공이 가능하다.

⑤ 목제방풍바자얽기

방풍·적성효과를 기대할 수 있으며, 특히 적설에 의한 묘목의 보호와 보수성을 높일 수 있다. 통나무를 삼각형 구조로 할 경우에는 바람에 대한 저항력이 높으며, 직선형으로 할 경우에는 운반이 용이하다. 또한 통나무의 길이를 변화시켜 방풍편책의 높이를 자유롭게 변화시킬 수 있다.

⑥ 목제낙석방지책

목재가 응력에 대해 약한 성질을 반대로 이용하여 파괴시키므로서 완충효과의 역할을 하는 것으로 기존의 낙석방지책에 완충재를 추가하여 시공한다. 간벌 소경재를 재료로 사용하기 때문에 입수가 용이하며, 파손후의 교체가 비교적 간단하다. 목재와 목재 사이의 간극이 있기 때문에 투수성이 좋고, 낙석방지책 뒷면의 물처리에도 대응할 수 있다.

(2) 철강재토목시설물

① 도입 목적

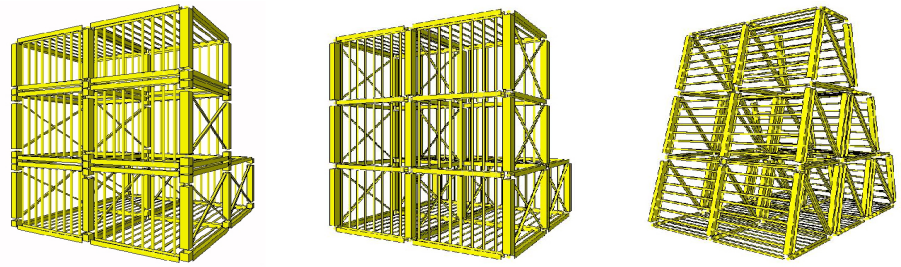
철강재 사방댐의 도입 목적은 ① 재해발생시 응급복구를 위한 시공기간의 단축, ② 규격화된 제품이므로 자재 운반이 곤란한 시공지로의 운송이 비교적 용이, ③ 시설물 시공시, 부재외의 채움 재료는 현지 채석이 가능하므로 시공 경비의 절감, ④ 지반의 부등침하에 대한 적응력이 높아 시공지 선택의 폭이 넓고, ⑤ 투수형 시설물

서 콘크리트 중력식 사방댐에 비하여 수질 오염 정도가 낮으며, ⑥ frame을 구성하는 철강재와 채움돌로 구성되는 구조물로서 환경적 친화도가 상대적으로 높다 등이다.

- 구곡막이 : 상류 급경사지에 시공하여 계상의 종침식 방지
- 격자형댐 : 스크린의 간격을 조절하여 유목 저지효과 획득
- 슬릿댐 : 유목 및 거대암석 충돌 저지책
- 파형강판댐 : 농업 및 소방용수 저수형
- 철강재 틀댐 : 토사유출 방지
- 기슭막이 : 사방댐 상하류 측벽 보호공, 횡침식 방지

② 국내 도입(예정) 철강재 사방 시설물

사방댐	불투과형	강재틀댐(Steel Frame Dam)-직립형, 경사형
		이중벽댐(Double Wall Dam)
		파형강판댐(Corrugated Steel Plate Dam)
	투과형	스크린댐(Screen Dam)
		슬릿댐(Slit Dam)
		격자형 댐(Grid type Dam)
		기타 투과형 사방댐
기슭막이	투과형	강재 기슭막이



직 립 형　　경 사 형

<그림 8-1-7> 철강재 사방댐(조립식)의 구조도

③ 철강재 사방댐의 경관향상 기법

④ 철강재 사방댐의 도입효과 분석 및 사방사업 계획상의 개선점

중력시 사방댐 설치장소에는 철강재댐을 설치하지 않는 것이 좋음. 즉, 토양 붕적 깊이가 지나치게 깊은 위치이거나 양날개의 기초를 든든하게 걸 수 없는 곳, 임도가 없어 레미콘이 2시간 이내에 도달할 수 없는 곳에 설치해야 한다.

철강재 사방시설물은 현장조건에 대한 적응도가 높고, 규격화되어 취급과 조립이 간편하며, 중장비 반입 없이도 시공이 가능하다.

아연으로 도금된 강재의 태양광 반사는 시간이 경과하면 감소하였으며, 내부채움재의 역간작용으로 인한 수질정화 작용이 우수한 것으로 나타났다.

홍수시 월류되는 유수와 토사에 의한 물받이 파손에 대한 개선이 필요하며, 보다 적극적인 경관향상 기법을 개발할 필요가 있다.

경제성 분석결과에 따르면 기존의 직립형 철강재 사방댐은 부재의 중복사용으로 인하여 시공비가 증가하는 경향이 있다.

철강재 사방댐의 기능과 효과를 극대화하기 위해서는 현재와 같은 국지적 현장답사와 경험에 의한 시공지 선정을 지양해야 한다.

시스템 기반의 시공지 선정 및 관리기법을 도입할 필요가 있다.

현재는 사방댐 입지선정 요소를 충분히 검토하지 못하므로 향후 광범위한 산화지 및 산사태지에 시설시에는 신속한 유역특성 파악과 위치선정, 시공물량 산출을 위한 시스템의 도입이 필요하다.

다. 견고도와 환경친화적 시공을 위한 기술체계 정립

(1) 환경친화적인 새로운 공종・공법

시공자재는 가급적 콘크리트를 지양하고, 돌, 통나무, 철강재 등을 다양하게 이용하되 경관적 미려감이 돋보이도록 계통적으로 시공한다.

떼, 사방용 초본류의 채취이식공법(선떼붙이기, 떼붙임, 선주심기, 떼단쌓기, 사면단간파종 등)을 대체할 수 있는 신공법을 도입한다.

① 농업용 종자(옥수수, 귀리, 수수, 고량 등)

② 녹화용 떼 대체재(론생 net, 코아 네트 등)

석재 구득난과 고임금 석공인부의 문제를 타개하고, 깬돌, 야면석 등 축석용 석재 공법을 대체할 수 있는 대용석재인 강제틀, 돌망태, 통나무, 자연석, 각종 블록 및 격

자틀 등을 이용한 계간 종·횡공작물의 시공과 비탈면을 처리한다.

어류 및 양서류 등 수생생물의 상하이동과 서식환경을 개선시키기 위한 공법을 도입한다.

① 방수로와 연계한 계단식 낙차공 시공

② 우회어로 설치

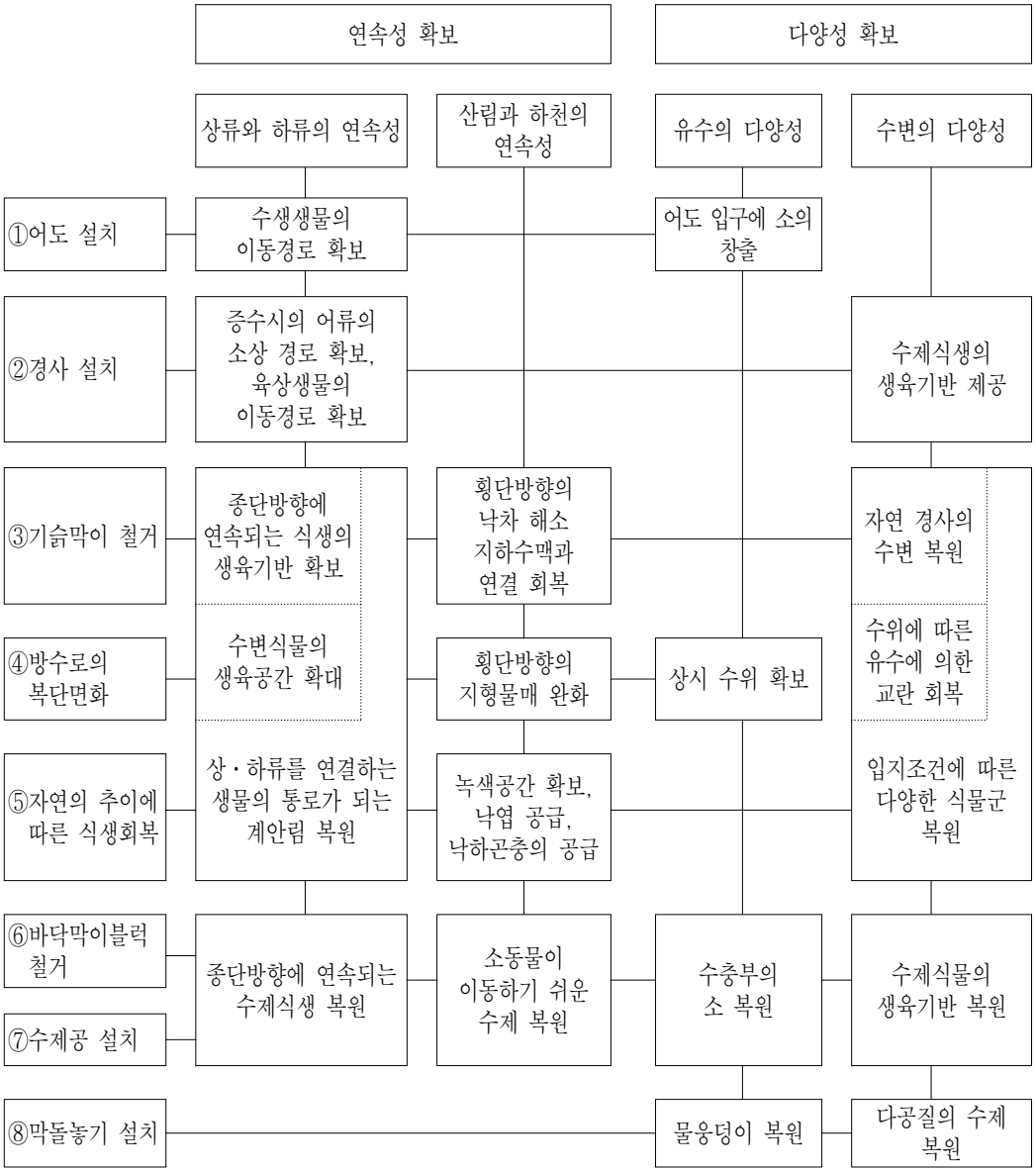
③ 어류의 유도·휴식을 위한 여울과 웅덩이 조성

사방댐, 야계주변의 공한지 등은 수변식물과 경관보전용 화목류를 식재하여 처리하며, 기슭막이 등 돌쌓기 공작물은 가급적 메쌓기로 실시하여 모르타르로 인한 시각적 거부감 해소 및 불량 돌쌓기를 방지한다. 또한 토목용 합성수지 섬유이용 방안을 마련한다.

야계사방 설계·시공시에는 ① 콘크리트를 사용하는 옹벽식 직접 제방시공을 지양한다. ② 가급적 직선형보다는 자연선형을 유지하도록 한다. ③ 돌공작물의 기초 콘크리트를 재검토하여 어류의 서식처를 제공한다.

① 호안보호를 위해 천편일률적 깬돌찰쌓기, 기슭막이 시공을 지양하고, 인공블럭, 전석, 잡석 등 다양한 공극구조재를 사용한다.

② 야계와 연계하여 산림내 계류수의 수질보전과 수원보전을 극대화할 수 있는 방안을 강구한다.



<그림 8-1-8> 이상적인 환경친화적 사방

1.3.5.4. 환경친화적 시공개념도 및 복구 매뉴얼 작성

가. 사방댐

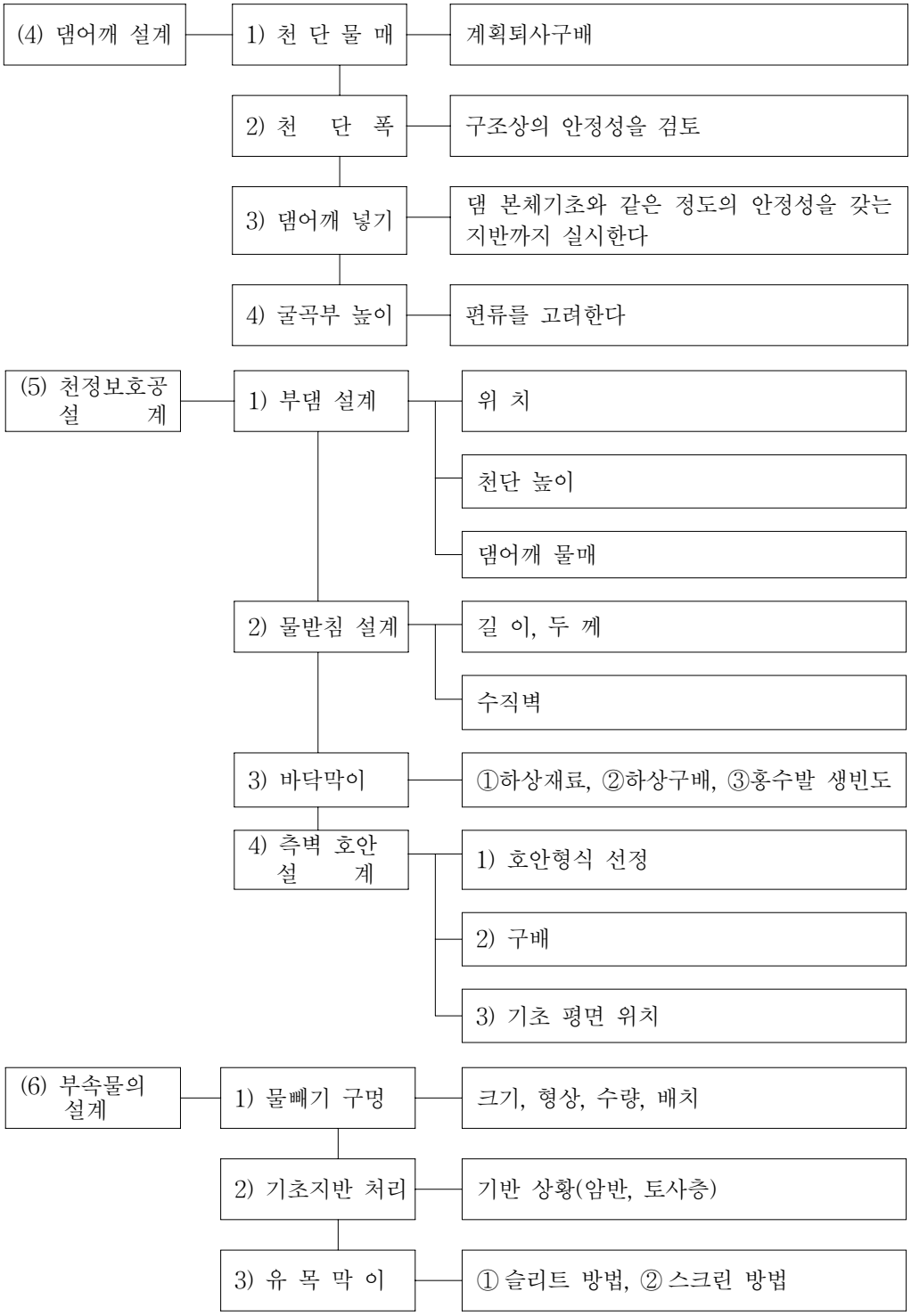
(1) 시공메뉴얼 작성

① 기초인자조사

사방댐의 기초인자는 설계의 전제, 설계순서 및 수순, 대상유량 결정, 방수로 설계, 본체 설계, 기초설계, 댐어깨 설계, 전정보호공 설계, 부속물 설계 등이다.

② 설계

(1) 방수로 설계	1) 위 치	① 중심이 현하상의 중앙에 위치하도록 정한다. ② 댐 상하류의 지형, 지질, 계안의 상태, 유수의 방향 등을 고려하여 정한다.
	2) 단 면	① 원칙적으로 사다리꼴로 한다. ② 폭은 유수에 의한 댐하류부의 세굴에 대처하기 위해 측면침식 등이 현저하게 지장을 주지 않는 범위에 있어서 가능한 한 넓게 한다. ③ 높이는 대상유량을 통과시킬 수 있는 수위에 여유고를 더해 정한다.
(2) 본체 설계	1) 천단폭 (b_1)	① 하상구성재료, ② 유출토사형태, ③ 월류수심
	2) 단면의 설계	① 높이, ② 하류 기울기, ③ 상류 기울기
	3) 안 정 조 건	① 원칙적으로 댐의 제저부에 인장응력이 생기지 않도록 댐의 자중 및 외력의 작용선이 제저의 중앙 1/3 이내에 오도록 한다. ② 제저와 기초지반과의 사이 및 기초지반 내에서 활동이 일어나지 않도록 한다. ③ 댐 내부에 생기는 최대응력이 재료의 허용응력을 넘지 말아야 하며, 동시에 지반이 받는 최대압력이 지반의 허용지지력 이내에 있어야 한다. 또한 기초지반이 사력일 경우는 침투, 파괴에 대해서도 안정되어야 한다.
(3) 기초 설계	1) 댐기초 안정검토	① 지반지지력, ② 전단마찰저항력, ③ 기타 지반강도
	2) 기초 처리	① 지반지지력, 전단마찰저항력의 개선, ② 기타 개선



<그림 8-1-9> 사방댐의 설계의 순서 및 수순

(2) 유목막이

유목막이의 설계는 사방댐의 본체에 유목막이의 높이를 포함하여 이에 작용하는 수압 등의 외력을 고려하여 본체의 안정성 검토를 실시한 후에 유목막이의 안정성에 대해서도 안정계산을 실시한다.

유목막이의 형식에는 슬릿트 방식이나 스크린 방식 등이 있으며, 설계시에 유목제거가 가능하도록 고려할 필요가 있다.

나. 야계사방

(1) 야계환경조사

(가) 생물조사

㉠ 식물조사

사전조사(문헌조사・청취조사) : ① 식물상・식생분포 등의 상황 파악, ② 개략식생도의 작성, ③ 수역주변의 상황의 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사경로 설정, ③ 조사시기 및 조사회수의 설정

↓

현지조사 : ① 식생분포조사, ② 식물상조사, ③ 군락조성조사, ④ 특정종 등의 현지확인

↓

실내분석 : ① 동정(동정이 곤란한 종 등), ② 표본 제작 및 보존

↓

조사성과 정리 : ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉡ 동식물 플랑크톤 조사

사전조사(문헌조사・청취조사) : ① 동식물 플랑크톤 파악, ② 수변지역의 상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사지점 설정, ③ 조사시기 설정, ④ 조사방법 선정

↓

현지조사 : ① 시료채취(채수법 : 동식물 플랑크톤, 네트법 : 동물 플랑크톤), ② 동정

↓

실내분석 : ① 시료 조정, ② 동정・계수, ③ 표본 제작 및 보존

↓

조사성과 정리 : ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉢ 저생생물 조사

사전조사(문헌조사・청취조사) : ① 저생생물의 생식상황 파악, ② 조사수역 주변의 상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사지점 설정, ③ 조사시기 설정, ④ 조사방법 선정

↓

현지조사 : ① 채집, ② 하천・댐 저수지・자연호소, ③ 동정

↓

실내분석 : ① 육안적 저생생물, ② 동정・계수, ③ 습중량 측정, ④ 표본 제작 및 보존, ⑤ 현지조사 결과 정리

↓

조사성과 정리: ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉣ 어류 조사

사전조사(문헌조사 · 청취조사) : ① 어류의 생식상황 파악, ② 어업실태 등의 파악, ③ 조사수역 주변의 상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사지점 설정, ③ 조사 시기 설정, ④ 조사방법 선정, ⑤ 채어를 위한 조치

↓

현지조사 : ① 포획에 의한 조사, ② 동정(어류의 판정), ③ 계측(길이, 질량 등), ④ 사진촬영, ⑤ 잠수관찰 등

↓

실내분석 : ① 동정(분류상 특히 유의해야 할 종 등), ② 표본 제작 및 보존

↓

조사성과 정리 : ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉤ 육상 곤충류 조사

사전조사(문헌조사 · 청취조사) : ① 육상 곤충류의 생식상황 파악, ③ 조사수역 주변의 상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사경로 · 조사지점 설정, ③ 조사시기 및 회수 설정, ④ 조사방법 선정

↓

현지조사 : ① 목격법, ② 임의 채집법(스위핑법, 히팅법), ③ 라이트 트랩법, ④ 먹이 트랩법

↓

실내분석 : ① 동정, ② 표본 제작 및 보존

↓

조사성과 정리: ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉥ 양서류・파충류・포유류조사

사전조사(문헌조사・청취조사) : ① 양서류・파충류・포유류의 생식상황 파악, ② 조사수역 주변의 상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사경로 등 설정, ③ 조사시기 및 조사회수 설정, ④ 조사방법 선정

↓

현지조사 : ① 양서류・파충류(포획 확인 등), ② 포유류(목격법, 필드 사인법, 트랩법)

↓

실내분석 : ① 동정, ② 표본 제작 및 보존

↓

조사성과 정리 : ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

㉦ 조류 조사

사전조사(문헌조사・청취조사) : ① 조류의 생식상황 파악, ② 보호 등의 상황 파악, ③ 수역 주변상황 파악

↓

현지조사계획의 책정 : ① 현지조사, ② 조사지점의 설정, ③ 조사시기 및 조사회수 설정, ④ 조사방법 선정

↓

현지조사 : ① 라인 센서스법, ② 정위기록법, ③ 지구 센서스법, ④ 야간 확인, ⑤ 선상 확인, ⑥ 이동 중 확인

↓

조사성과 정리: ① 사전조사결과 정리, ② 현지조사결과 정리, ③ 고찰

나) 경관조사

㉠ 개략조사

개략조사에서는 대상하천 및 그 주변 지역의 전 하천에 걸친 경관조사를 실시하여 전체적인 경관의 특징 및 종단적인 경관변화를 파악하는 것을 목적으로 한다. 그 결과는 하천의 경관정비의 기본적인 방침의 결정 등에 반영시킨다.

하도특성의 변화, 주변의 수목변화 등에 의해 하천경관은 종단적으로 변화한다. 개략조사에서는 전체적인 풍경의 특징 및 종단적으로 변화하는 풍경의 특징 등을 파악한다.

전 하천에 걸친 현지조사를 효율적으로 진행하기 위해서는 문헌·자료 등을 참고로 현지조사시에 주요한 조사지점을 검토해 두는 것이 바람직하다.

참고문헌·자료는 관내도, 지형도, 공중사진, 하천종횡단면도, 관광 팜플렛, 친수활동 실태조사결과, 지방사(지) 등이다.

사전검토 사항은 하천 상황(종단물매의 변화지점→하도특성의 변화지점, 곡선부, 지천 등의 분·합류지점, 주요 하천구조물, 교량의 위치, 고수부지의 정비상황), 제내지 상황(하천 주변부의 토지이용, 공공시설 등) 등이다.

㉡ 거점조사

거점조사는 그 하천의 경관을 특징지을 수 있는 경관대상, 공간구성 등을 추출하여 파악하는 것을 목적으로 한다. 그 결과는 구체적인 정비방침에 반영시킨다.

하천경관은 하천(하도, 하상재료 등의 하도내 미지형, 수면, 제방, 호안, 수문 등의 하천구조물, 하도식생 등), 하천 주변부의 도로나 건축물, 원경이 보이는 산림·구조물 등으로 구성된다.

거점조사는 다양한 하천경관의 구성요소를 파악하여 풍경을 특징짓는 경관대상, 공간구성 등, 또한 보전·정비해야 할 경관요소 등을 추출하는 것이다.

㉢ 사진촬영

사진은 시야 또는 시각을 일치시키는 것을 기본으로 촬영을 하는 것이다. 촬영장소는 사람의 시점을 염두에 두고 설정하며, 태양광의 방향을 고려하여 역광이 되지 않도록 촬영시간을 설정한다.

하천경관의 현황을 파악하기 위해서 현지조사시에 충분한 관찰이 중요하지만, 그 기록·보전을 위해 사진촬영을 실시한다.

㉣ 소재·디자인 조사

소재·디자인 조사는 하천경관설계에 있어서 소재선정이나 디자인 의장 등을 위한

기초자료를 파악하는 것을 목적으로 한다.

여기서 소재는 호안 등 구조물의 표면재의 재료를, 디자인이란 수문, 교량 등의 구조물의 형태, 의장에 관계되는 것으로 대상지역 주변에 있어서 다음 항목 등에 대해 조사를 실시한다.

① 양호한 하천구조물(호안・교량・수문) 등의 재료・디자인

② 역사적인 하천구조물(호안・교량・수문 등) 및 하천 주변부의 역사적 구조물 등의 재료・디자인

③ 대상지역 부근에서 산출되는 석재의 종류

④ 대상지역의 지역산업제품・지역공예품

㉤ 색채조사

색채의 측정은 시관측색방법, 기기를 이용한 측색방법 중에서 하나를 사용한다.

하천구조물 등의 색채나 소재를 선정할 경우, 그 구조물이 위치하는 풍경의 색채를 파악할 필요가 있다. 색채조사는 하천경관을 구성하고 있는 요소의 색채를 측정하여 하천경관을 구성하는 색채를 파악하는 것이다.

㉥ 경관예측

하천구조물 완성 후의 모습을 예측하기 위해 경관예측을 실시한다. 경관예측에는 여러 방법이 있으며, 경관대상물의 특성에 따라 적절한 방법을 선정한다.

하천에 구조물 등을 구성할 때에 미리 그 구조물이 완성 후에 어떠한 모습으로 사람들의 눈에 비칠 것인가를 사전에 파악하는 것이 중요하다. 기본적인 경관예측・평가의 수순은 ① 경관예측의 시점 검토, ② 완성예상도 작성, ③ 경관 평가의 순이다.

경관의 예측수법은 ① 스케치, ② 투시도, ③ 칼라 시뮬레이션, ④ 모형, ⑤ 비디오, ⑥ 컴퓨터・그래픽 등이다.

㉦ 경관평가방법

경관평가수법에는 다음과 같은 것이 있으며, 해당 대상물의 중요도, 사회상황에 따른 적당한 수법을 선택한다.

① 학자, 연구자 등으로 구성되는 위원회에 의한 방법

② 복수의 인간에 의한 통계적 방법(계량 심리학 평가측정 방법)

③ 경험 등에 의한 방법,

④ 기타

공공구조물인 토목구조물은 공공성이 강한 구조물이기 때문에 대다수의 사람들에게 호감을 주는 객관적인 평가를 얻어야 한다.

평가방법에는 상기의 ①~④ 이외에 개인의 주관이나 직관에 의한 평가수법이 있다. 이 방법은 대단히 유효한 정보가 되는 경우도 있지만, 객관성이 결여되는 결점이 있다.

ⓞ 조사결과의 정리법

하천경관의 특징을 주민에게 전달하고, 정비계획에 반영하기 위해 정확하게 조사결과를 정리해야 한다.

조사에서 얻어지는 사진, 지도 등에 대해서는 조사의 목적에 따라 알기 쉽게 정리해야 한다.

조사결과는 다음과 같은 조사목적에 따라 정한다.

① 사진촬영 : 사진은 현장을 재현하는 것이므로 연속사진으로 한눈에 상황을 알 수 있도록 한다. 또한 앨범에 사진만을 붙이는 것보다는 경관을 설명하는 문장을 넣어 정리하는 것이 바람직하다.

② 경관 기술 : 전체적인 경관의 인상, 분위기 등을 기술하며, 하천풍경(수면 풍경, 수제 풍경, 고수부지 풍경), 주변 풍경(원경, 중경, 근경), 공간구성 등 경관특징을 기술한다.

③ 지도, 평면도 등 : 하천의 종단적 파악 및 주변과의 관계성을 파악한다.

(다) 친수이용조사

㉠ 친수이용조사의 목적

친수이용조사는 현재 및 과거에 있어서 친수이용의 실태를 파악하는 것을 목적으로 한다.

㉡ 친수이용 조사방법

친수이용 조사는 현지조사, 청취 및 문헌조사에 의하여 실시한다. 친수이용은 시각, 계절 등에 의해 이용의 종류, 장소 등이 다르다. 또한 축제나 이벤트 등 기간이 상당히 제한된 이용도 있기 때문에 시간변화를 포함한 친수이용의 실태를 파악하는 것은 어렵다.

(2) 하도특성 조사

하도계획이나 환경관리계획의 책정에 있어서 대상하천의 다양한 하도특성을 파악하고, 그것을 반영시키기 위해 조사 및 자료의 정리법의 표준적인 수법을 정하는 것이다.

① 하도특성 조사항목

하도특성 조사항목은 각종 조성요소를 포함하여 하천의 전체상을 표현하는 것이다.

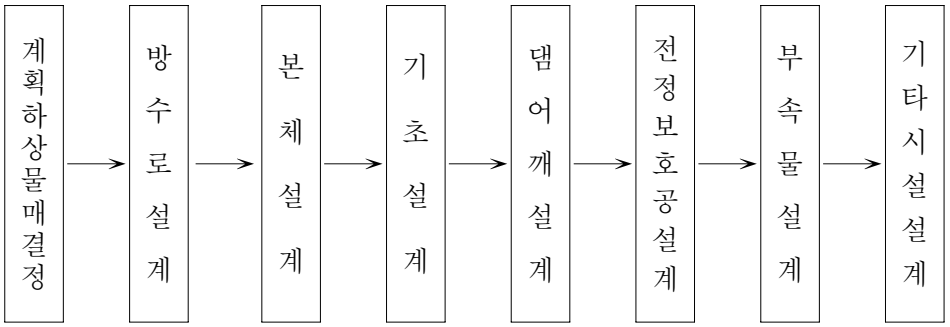
② 하도특성 조사수법

다양한 하도특성 조사항목은 하상물매가 동일하고, 유사한 특징을 갖는 구간별로 하도를 구분, 각 구분마다 파악하여 분석을 행한다.

(3) 야계사방 매뉴얼

(가) 바닥막이의 설계

바닥막이는 계획하상을 유지할 수 있는 구조로서 설계한다.



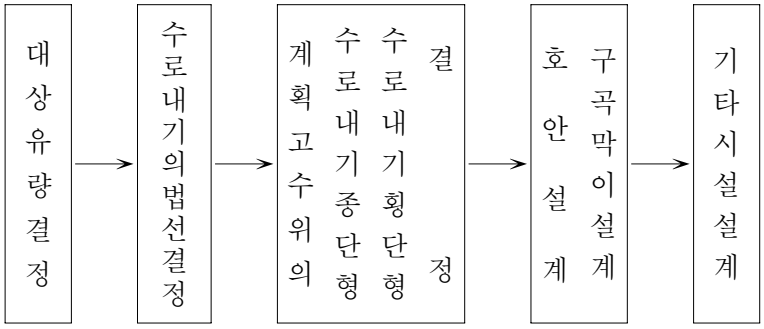
<그림 8-1-10> 구곡막이의 설계 순서

(나) 수로내기의 설계

수로내기의 설계는 그 기능, 목적을 고려하여 안전성에 대한 검토를 실시하여 대상유량을 안전하게 유하시키고, 동시에 유지관리면과 주변의 물이용, 지하수위, 자연환경에 대해서도 배려해야 한다.

수로내기의 설계시에는 형상, 물매, 구조물, 하상재료 등을 고려하여 계획유량에 대한 계획고수위 등을 계산하여 수정을 반복한 후 설계한다.

모형실험은 수로내기의 대상이 되는 지역의 사회적, 경제적 중요성과 예상되는 피해의 질, 양 등을 감안한 후 필요에 따라 실시한다.



<그림 8-1-11> 수로내기의 설계 순서

(4) 자연형 수변환경정비 및 만곡부를 이용한 친수적 공법개발

(가) 수변지역의 구조와 기능에 관한 기본적인 사항

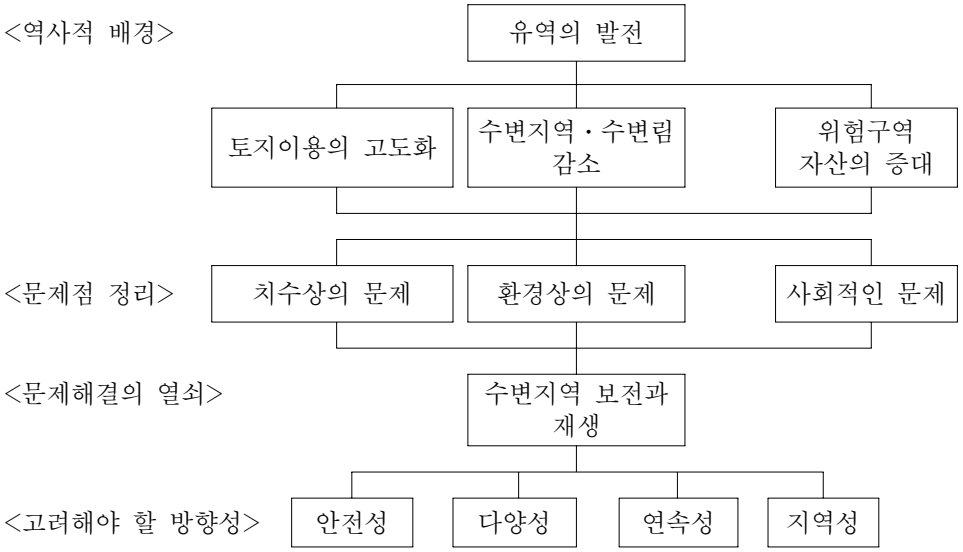
㉠ 수변지역은 하천의 침식과 퇴적작용을 빈번하게 받는 지역이다.
㉡ 수변림은 수온의 상승을 억제시킨다.
㉢ 낙엽은 수생생물을 지탱하는 에너지원이다.
㉣ 유목은 어류의 생식장소를 만들며, 물질을 저류한다.
㉤ 수변림의 기능은 하폭에 따라 변한다.
㉥ 하천과 수변지역은 지중수에 의해서도 연결되어 있다.

(나) 수변림의 갱신동태

㉠ 수변림을 구성하는 수종의 생육장소를 규정하는 요인은 유황에 따라 변화한다.
㉡ 선구성 활엽수는 동적 입지환경을 필요로 한다.
㉢ 수변림의 종다양성을 보전하기 위해 횡단지형의 복잡성을 확보한다.
㉣ 수변림의 종다양성을 보전하기 위해서는 모수의 보전도 필요하다.

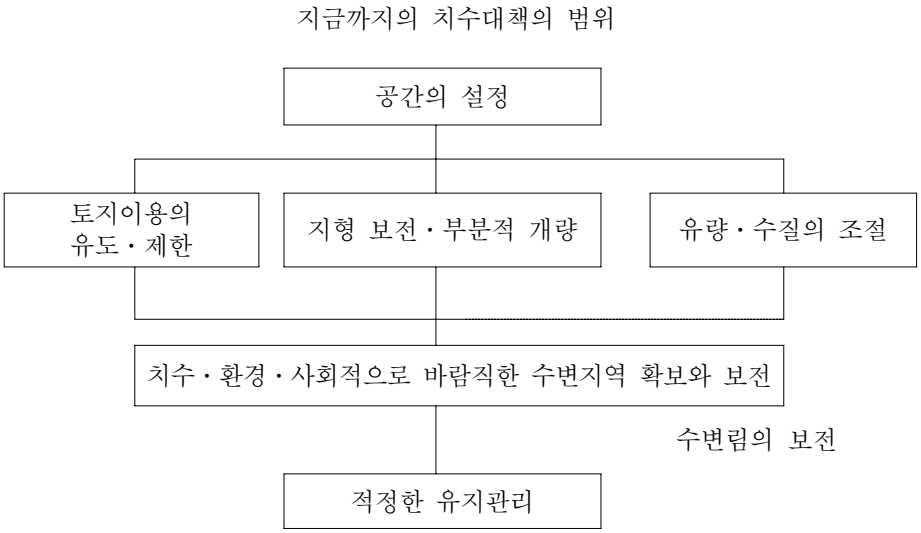
(다) 수변지역·수변림 관리의 기본적 사항

㉠ 지구규모의 환경문제 해결은 지역의 생태계 활성화에서 시작된다.
㉡ 수변지역의 보전과 재생이 유역보전의 열쇠이다.



<그림 8-1-12> 수변지역의 보전과 재생의 의미

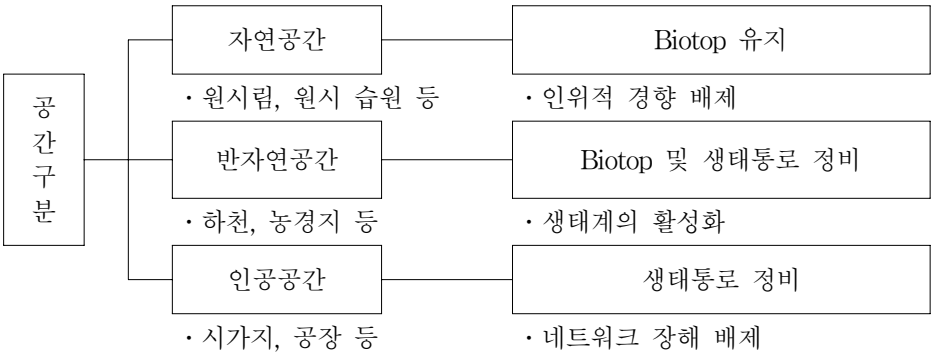
㉢ 수변지역의 변화가 치수・환경・사회적인 문제에 연결되어 있다.
㉣ 수변지역을 유효하게 이용하면 안정성을 향상시킬 수 있다.
㉤ 수변지역은 다양성・연속성・지역성의 의미에서 환경상 중요하다.
㉥ 수변지역의 보전은 폭 넓은 접근과 연속적인 노력이 필요하다.
㉦ 수변지역의 보전・재생을 목표로 하여 노력을 계속하자.



<그림 8-1-13> 수변지역의 보전 수단

(라) 생태계를 배려한 수변지역의 취급방법

㉠ 지역생태계의 활성화는 생활권과 생태이동통로의 정비가 필요하다.



<그림 8-1-14> 공간구분과 재생의 목표

㉡ 유역의 분석을 통해서 제한인자를 분명하게 한다.

㉢ 하천의 규모에 따라 완충림대를 설치한다.

㉣ 물을 천천히 흐르게 하여 부가가치를 높인다.

(마) 토사유입에 유의한 수변지역의 취급방법

㉠ 수변지역은 토사유입에 대한 완충지대이다.

㉡ 표층토의 높은 침투능을 유지하는 것이 중요하다.

㉢ 수변지역에서의 도로의 개설은 반드시 피한다.

㉣ 완충지역을 필요로 하지 않는 유역 이용이 바람직하다.

(바) 수변지역의 보전과 이용

㉠ 수변지역의 보전과 이용에는 명확한 개념정립이 필요하다.

㉡ 수변이용에는 적절한 원칙이 필요하다.

㉢ 수변 이용자의 위험회피는 자기책임이 원칙이다.

(사) 방재적 시점에서 본 수변림의 평가

㉠ 유역상황의 변화는 수변을 바꾼다.

㉡ 여유가 없는 하천에는 풍부한 수변환경은 조성되지 않는다.

㉢ 방재시설·이수시설은 여유를 만들어 내는 기반이 되어야 한다.

㉣ 수목의 도복, 유목화를 전제로 한 하도계획이 필요하다.

㉤ 토사재해 방지공사와 계류환경에의 영향

㉥ 계반식생의 토사유출 억제효과는 어떠한 것인가?

(아) 수변림의 복원기술

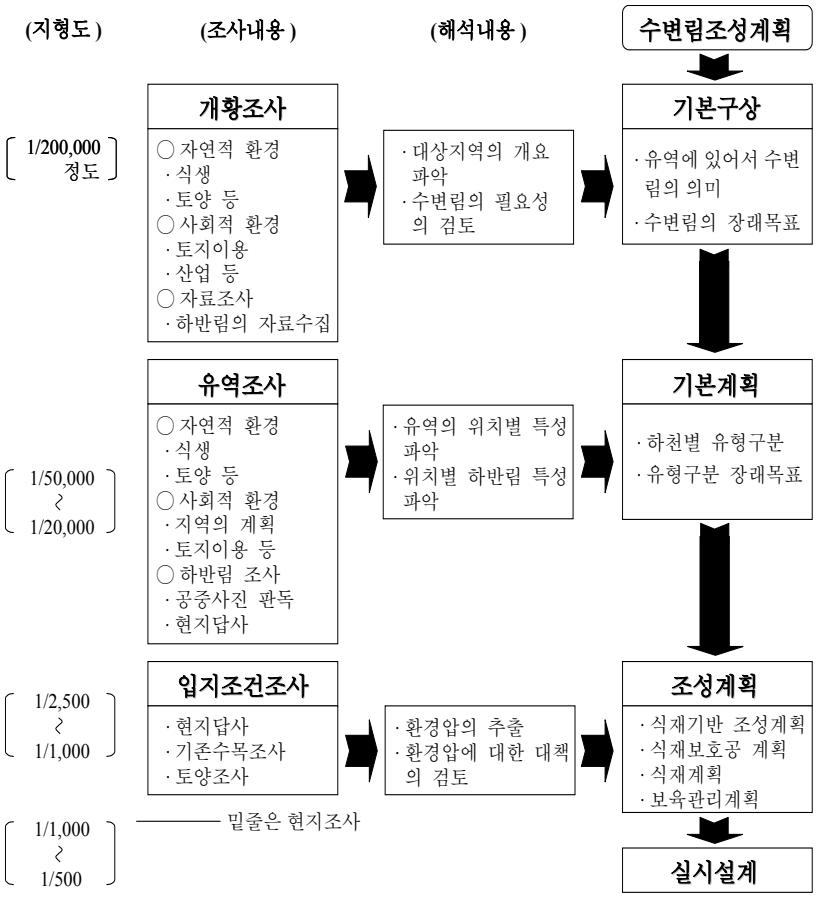
㉠ 본래 자연상태에서 존재하지 않는 것을 자연에 도입하지 않는다.

㉡ 자연이 자연을 창조하는 조건을 정리하고, 시간을 두고 지켜본다.

㉢ 환경압을 경감한다.

㉣ 생태학적 혼파법에 의한 자연림을 재생한다.

㉤ 주민참가에 의해 지역성이 있는 재료를 확보하여 이해를 깊게 한다.



<그림 8-1-15> 수변림 구조계획의 진행법

(5) 사회적 문제

① 수변지역의 관리는 계류구역 내에서는 완결하지 않는다.

② 수변지역을 지역의 공유 재산으로 한다.

③ 주민・지방자치단체・계류관리자 등 3자의 협력이 기본이다.

④ 리더의 발견과 육성이 중요하다.

⑤ 주민참가는 처음부터, 그리고 주민참가의 종점은 없다.

⑥ 하천관리자가 주민참가를 실시할 경우 주의해야 한다.

⑦ 유역 네트워크를 넓힌다.

2. 산 림 측 량

2. 산림측량

2.1. 일반측량

2.1.1. 평판측량

평판측량(平板測量 : plane table surveying)은 삼각(三脚)위에 제도지를 붙인 평판을 고정하고, 앨리데이드(alidade)를 사용하여 거리·각도·고저 등을 측정함으로써 직접 현장에서 제도하는 측량법이다. 평판측량은 빠르고 간단하게 성과를 올림으로써 시간과 노력을 경감할 수 있어 실용적인 면에서 널리 사용되고 있다.

2.1.1.1. 설치방법과 도상오차

평판의 설치에 있어서는 다음의 세 가지 조건이 만족되어야 한다.

① 정치(整置 : leveling up) : 평판이 수평이어야 할 것.

② 치심(致心 : centering) : 평판상의 측점을 표시하는 위치는 지상의 측점과 일치하며, 동일 수직선상에 있을 것.

③ 표정(標定 : orientation) : 평판이 일정한 방향 또는 방위를 취할 것.

만일 위의 세 가지 조건 중 어느 하나라도 만족되지 않으면 오차가 발생하는데, 오차의 산출방법은 다음과 같다.

가. 정준오차

정준오차(正準誤差)는 평판의 정치(整置)가 이루어지지 않았기 때문에 발생하는 오차인데, 정준오차에 의한 도상의 위치오차(e)는 다음식에 의해 산출한다.

○ $e = \frac{2a}{r} \cdot \frac{n}{100} \cdot \ell$

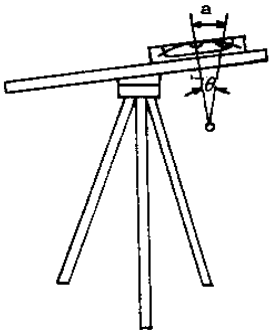
여기서, e : 정준오차에 의한 도상위치오차(㎜)

a : 기포의 이동량(㎜)

n : 분획의 수

r : 기포관의 곡률반지름(㎜)

ℓ: 도상의 방향선 길이(㎜)

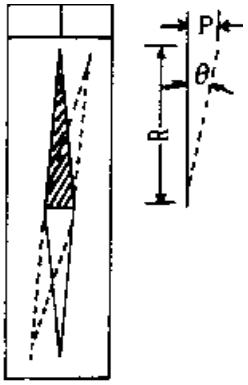


(예제) 김일용은 자신의 소유의 임야에 대한 경계측량을 실행하기 위해 평판을 설치하였다. 기포의 곡률반지름 1 m, 기포의 이동량 7 ㎜, 시준선의 경사분획 10, 방향선의 길이가 10 ㎝ 일 때, 도상위치오차는 얼마인가 ?

(풀이) 도상위치오차(e) $= \dfrac{2 \times 7}{1{,}000} \times \dfrac{10}{100} \times 100 = 0.14$ ㎜

나. 치심오차

치심오차(致心誤差)는 평판의 치심(致心)이 이루어지지 않았기 때문에 발생하는 오차인데, 치심오차에 의한 도상의 위치오차(e)는 다음식에 의해 산출한다. 일반적으로 치심오차에 의한 도상위치오차(e)의 허용한계는 0.2 ㎜ 로 한다.



○ $e = \dfrac{2\,q}{M}$

여기서, e : 치심오차에 의한 도상위치오차(㎜)

q : 치심오차(㎜)

M : 축척의 분모수

(예제) 김일용은 임야도에 의한 경계측량을 실행하려고 한다. 치심오차의 한계는 실거리에서 몇 ㎝ 까지 인가 ?

(단, 도상위치오차의 허용한계를 0.2 ㎜ 로 한다.)

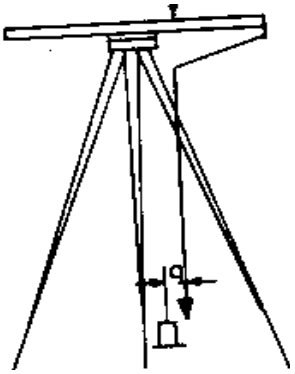
(풀이) 0.2 = 2 q / 6,000 이므로

치심오차의 한계(q) $= \dfrac{6{,}000 \times 0.2}{2} = 600$ ㎜ $= 60$ ㎝

다. 정향오차

정향오차(正向誤差)는 평판의 표정(標定)이 이루어지지 않았기 때문에 발생하는 오차인데, 정향오차에 의한 도상의 위치오차(e)는 다음 식에 의해 산출한다. 정향

오차는 주로 자침에 의해 평판을 표정할 경우에 많이 발생한다.



○ $e = \frac{p \cdot l}{R}$

여기서, e : 정향오차에 의한 도상위치오차(㎜)

p : 정향오차(㎜),

l : 도상의 방향선의 길이(㎜)

R : 자침의 중심에서 첨단까지의 길이(㎜)

(예제) 김일용은 자신의 소유의 대지에 대한 경계측량을 실행하기 위해 평판측량을 하던 중 평판의 정향오차가 발생하였다. 자침의 중심에서 첨단까지의 길이가 5㎝ 이고 정향오차 0.2 ㎜ 일 때 20 ㎝ 의 방향선을 긋는다면 도상위치오차는 얼마인가 ?

(풀이) 도상위치오차(e) = $\frac{0.2 \times 200}{50}$ = 0.8 ㎜

라. 귀심의 산출

지형에 따라서 측점상에 평판을 설치할 수 없는 경우에는 적당한 위치에 평판을 설치하고, 평판을 설치한 점과 측점과의 관계위치를 측정하여 조정하여야 하는데 이것을 평판의 귀심(歸心 : reduction to center)이라고 한다. 귀심거리의 한도는 축척에 따라 다른데, 그 한도는 축척 1/50,000의 경우에는 5.0 *m*, 1/10,000은 1.0 *m*, 1/1,000은 0.1 *m*, 1/500은 0.05 *m* 이며 정밀을 요하지 않는 경우에는 이 값의 2 배 정도를 취하여도 지장이 없다.

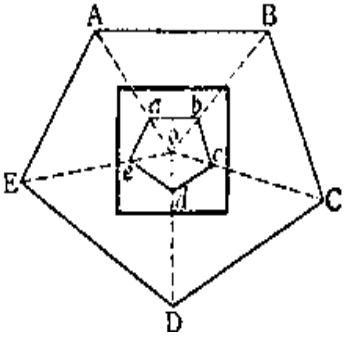
2.1.1.2. 측량의 방법

가. 측량의 종류

평판측량은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 평면측량
  - 산출법
  - 도선법
    - 단도선법
    - 복도선법
  - 교차법
    - 전방교차법
    - 측방교차법
    - 후방교차법

나. 사출법



사출법(射出法 : method of radiation)은 방사법(放射法)이라고도 하며, 장애물이 없는 경우(시준거리 60 *m* 이내)에 주로 사용된다. 사출법은 작업방법이 간단하지만 오차를 검정(檢定)할 수 없는 결점이 있다.

작업방법은 다음과 같다.

① 구심기를 사용하여 평판을 측량구역의 거의 중앙에 설치하고 이 점을 점 o라 한다.

② 점 o에서 점 A를 시준하여 oa선을 긋고, 그 거리를 재어서 임의의 축척으로 점 a를 정한다.

③ ② 와 같은 요령으로 점 o에서 점 B, C, 를 시준하여 점 b, c, … 를 정한다.

④ 이렇게 측량을 계속한 후, 이들을 연결하면 실측도를 얻을 수 있다.

다. 도선법

도선법(道線法 : graphical traversing)은 전진법(前進法 : method of progression) 또는 절측법(切測法 : method of traversing)이라고도 하는데, 구역이 좁고 길거나 장애물이 있어서 교차법을 사용할 수 없는 경우 또는 넓은 완경사지에서 측점을 많이 설정하지 않으면 안될 경우에 행하는 방법이다.

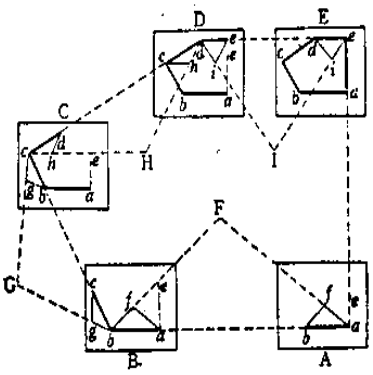
도선법에는 측량방법에 따라 단도선법과 복도선법이 있다.

(1) 단도선법

단도선법(單道線法)은 자침을 사용하여 평판을 표정하므로 오차가 발생하기 쉬운 결점이 있지만 평판을 한 측점씩 건너서 설치하므로 작업이 빠르다.

(2) 복도선법

복도선법(複道線法)은 각 측점에서 다각형을 측정하는 방법으로서 직반시법(直反視法)에 의해 평판을 표정하므로 정확한 결과를 얻을 수 있으나 시간과 노력을 요하는 결점이 있다. 작업방법은 다음과 같다.



① 점 A에 평판을 설치하고 구심기로 평판상에 점 a를 정한 후, 점 a를 기준으로 점 B를 시준하여 ab선을 긋고, AB간의 거리를 측정하여 임의의 축적으로 ab의 길이를 정한다

이때 검정을 위하여 점 E를 시준하여 ae선을 그어둔다.

② 평판을 점 B에 옮겨 평판상에 점 b의 위치를 정하고 ba선을 BA선에 일치시켜 평판을 표정한 후, 점 C를 시준하여 bc선을 긋는다. BC간의 거리를 측정하여 점 c를 정한다.

③ 같은 방법으로 점 C, D, … 로 이동하면 실측도를 얻을 수 있다.

※ 평면폐차(平面閉差)의 한도는 모든 축척에 대하여 모두 다음과 같다.

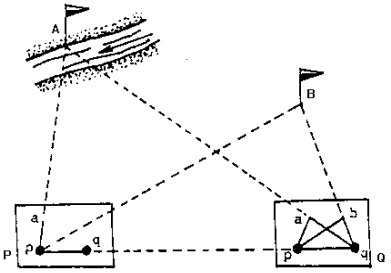
○ 평면폐차(平面閉差)의 한도 = $\pm 0.3\sqrt{n}(mm)$ (n은 다각형의 변수)

라. 교차법

교차법(交叉法 : method of intersection)은 교회법(交會法)이라고도 하며, 측정방법에 따라 다음과 같이 전방교차법, 측방교차법, 후방교차법으로 구분한다.

(1) 전방교차법

전방교차법(前方交叉法 : method of forward intersection)은 2~3개의 기지점을 이용하여 미지점의 위치를 결정하는 방법으로 장애물이 있어서 거리의 측정이 곤란한 경우에 한하여 실시한다.



전방교차법은 정확성이 떨어지기 쉬우므로 3개 이상의 기지점이면 좋고, 방향선의 교차각은 방향선이 3개일 때는 30°이상, 방향선이 2개일 때는 30~150°로 하는데 90°내외가 적당하다.

작업요령은 다음과 같다.

① 점 P에 평판을 설치하고 구심기를 이용하여 평판상에 점 p의 위치를 정한 후 점 Q, A, B를 시준하여 pq, pa, pb선을 긋는다.

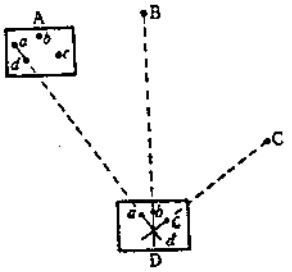
② PQ의 거리를 측정하여 임의의 축척으로 pq의 길이를 정한 후 점 Q로 평판을 옮겨 설치한다.

③ 점 Q에서 qp선과 일치하도록 평판을 표정한 후 점 A, B를 시준하여 qa, qb선을 그으면 pa선, pb선과 교차되는 점은 QA = qa, QB = qb가 된다.

(2) 측방교차법

측방교차법(側方交叉法 : method of side intersection)은 전방교차법과 후방교차법을 겸한 방법으로서 시준이 잘되는 곳에서 도로나 하천변의 여러 점의 위치를 측정할 때나 점 B의 지점에 평판을 세울 수 없을 경우에 편리하다.

작업요령은 다음과 같다.



① 기지점 A에 평판을 세우고 기지점 B 또는 C를 시준하여 평판을 표정하고 미지점 D를 시준하여 ad선을 긋는다.

② 평판을 점 D로 옮겨 ad선을 기준으로 점 A를 시준하여 평판을 표정한다.

③ 점 b에 핀을 꽂고 점 B를 시준하고 방향선 Bb를 그으면 ad와 Bb의 교차점이 점 D의 도면상의 위치, 즉 점 d가 된다.

(3) 후방교차법

후방교차법(後方交叉法 : method of resection)은 삼점법 또는 이점법 이라고도 하며, 미지점에서 2개 이상의 기지점을 시준하여 미지점의 위치를 구하는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.

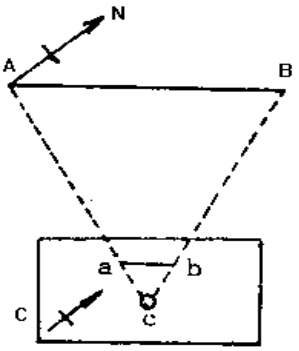
(가) 자침에 의한 미지점의 산출

기지점 A, B의 도면상의 점 a, b와 방위를 알고 있을 때에 이용할 수 있는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.

① 미지점 C에 평판을 세우고 구심은 목측으로 하고 방위로서 평판을 표정하면 AB선과 ab선은 평행하게 된다.

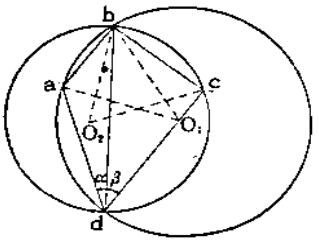
② 점 a에 핀을 꽂고 점 A를 시준하여 ac선을 긋고, 핀을 점 b에 꽂고 점 B를 시준하여 bc선을 그으면 ac, bc의 교차점이 미지점 C의 도상점 c가 된다.

※ 단, 측량의 정도를 높이기 위하여 3개의 기지점을 시준하기도 한다.



(나) 삼점법에 의한 미지점의 산출

삼점법(三點法 : three point problem)은 기지점 A, B, C의 평판상의 위치(점 a, b, c)를 알고 있을 때, 미지점 D의 평판상의 위치 점 d를 구하는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.



① $\angle baO_1 = \angle abO_1 = 90° - \alpha$가 되도록 점 a와 b에서 aO_1과 bO_1을 그어 점 O_1에서 교차되게 한다.

② $\angle cbO_2 = \angle bcO_2 = 90° - \beta$가 되도록점 b와 c에서 bO_2와 cO_2를 그어 점 O_2에서 교차되게 한다.

③ 점 O_1을 중심으로 점 a, b를 경유하는 원을

그리면 $\angle baO_1 = \angle abO_1 = 90° - \alpha$ 이므로 $\angle aO_1b = 2\alpha$이다.

④ 점 O_2를 중심으로 점 b, c를 경유하는 원을 그리면 $\angle bO_2c = 2\beta$이다.

⑤ 점 O_1의 원주상의 임의의 점은 현 ab에 대하여 α각을 이루고, 점 O_2의 원주상의 임의의 점은 현 bc에 대하여 β각을 이루므로 두 원이 교차되는 점 d는 미지점 D의 도면상의 위치가 된다.

(다) 이점법에 의한 미지점의 산출

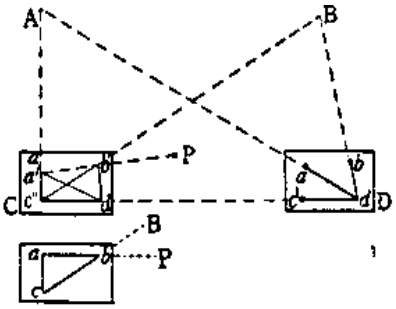
이점법(二點法 : two point problem)은 기지점 A, B의 평판상의 위치(점 a, b)를 알고 있을 때 미지점 C의 평판상의 위치 점 c를 구하는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.

① 임의의 점 D를 정하여 평판을 설치하고 ab선과 AB선이 가급적 평행하게 되도록 표정한다.

② 점 a, b에서 각각 점 A, B를 시준하여 aA, bB를 그어 점 d에서 교차시키고, 점 d에서 점 C를 시준하여 dc′선을 긋는다.

③ 평판을 점 C에 설치하고, c′d선을 CD에 일치시켜 평판을 표정시키고, 점 b에서 점 B를 시준한 bB선과 c′d선의 교차점을 점 c'로 한다.

④ 점 c′에서 점 A를 시준하여 그은 c′A선과 ad선의 교차점을 점 a′이며, a′b의 연장선상에 가급적 멀리 점 P를 설치한 후 ab선과 점 P가 일치하도록 평판을 표정하고, 점 a와 b에서 점 A, B를 시준하여 그은 aA선과 bB선의 교차점이 미지점 C의 도면상의 위치인 점 c이다.



마. 시오삼각형의 소거

교차법에서 3개의 방향선이 한 점에서 만나지 않고 하나의 삼각형을 이룰 때 이를 시오삼각형(示誤三角形 : triangle of error)이라 하며, 시오삼각형이 되었을 경우에는 시오삼각형을 소거하고 제자리를 구하여야 한다. 시오삼각형을 소거하는 방법으로는 레만법(Lehman's method), 베셀법(Bessel′s method), 투사지법(透寫紙法 : tracing paper method) 등이 있다.

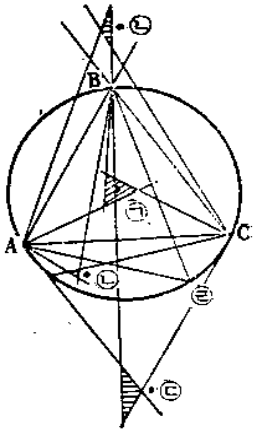
(1) 레만법

기지점 A, B, C 를 연결하여 △ABC를 만들고, 이에 외접하는 원을 그리면 구하는 점의 위치는 다음과 같다.

① 시오삼각형이 △ABC의 안에 있을 경우에 구하는 점의 위치는 시오삼각형 안에 있다. (㉠)

② 시오삼각형이 △ABC와 외접원의 사이에 있을 경우 또는 삼각형의 맞꼭지각 안에 있을 경우에 구하는 점의 위치는 시오삼각형의 밑변 아래에 있다. (㉡)

③ 시오삼각형이 외접원 밖에 있고 △ABC의 한 변의 아래에 있을 경우에 구하는 점의 위치는 시오삼각형의 꼭지각 위에 있다. (㉢)

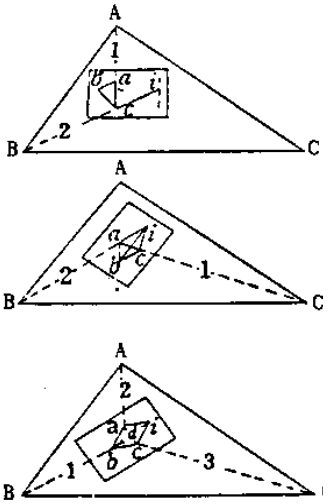


④ 구하는 점이 외접원 상에 있을 경우에 구하는 점의 위치는 부정(不定)이다. (㉣)

(2) 베셀법

베셀법은 레만법보다 정밀한 시오삼각형 소거법인데, 지상(地上)의 세 점을 A, B,

C라 하고, 평판상의 세 점을 a, b, c라 하면 다음과 같은 방법으로 구하는 점을 찾는다.



① 점 A, B, C가 모두 보이는 점 D에 평판을 놓고 ca선에 앨리데이드를 맞춘 후, 점 A를 시준하여 평판을 고정한다.

② 점 c를 기준으로 점 B를 시준하여 방향선 ci를 긋는다.

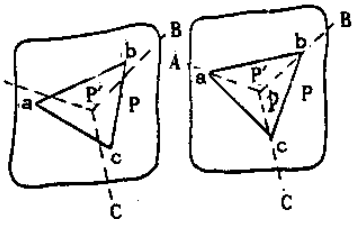
③ ac선에 앨리데이드를 맞추고 평판을 돌려 점 C를 시준하여 평판을 고정한다.

④ 점 a를 기준으로 점 B를 시준하여 방향선 ai를 그어서 ci선과 만나는 점을 i로 한다.

⑤ i, b선을 연결하여 앨리데이드를 맞추고 평판을 돌려서 점 B를 시준 고정한 후, 점 a와 c를 기준으로 점 A와 C를 시준하여 방향선을 그으면 두 선은 bi선상에서 만나는데 이 점이 구하는 점이다.

(3) 투사지법

투사지법은 가장 간단한 시오삼각형 소거법으로 현장에서 많이 쓰이는데, 지상(地上)의 세 점을 A, B, C라 하고 평판상의 세 점을 a, b, c라 할 때 다음과 같은 방법으로 구하는 점을 찾는다.



① 투사지에 점 a, b, c를 투사한 후, 가급적 지상점 A, B, C방향에 맞추고, 적당 한 점 P′에 바늘을 꽂고 세 방향선을 긋는다.

② 이 때 세 방향선이 각각 점 a, b, c를 지나지 않을 때에는 평판상에서 투사지를 이동시켜 세 방향선이 각각 점 a, b, c를 지나도록 한다.

③ 이 때 점 P′를 바늘로 눌러서 도면의 점으로 옮기면 이 점이 곧 구하는 점이 된다.

2.1.6.3. 오차와 정도

가. 기계적 오차

평판은 구조가 간단하고 휴대하기가 간편하지만 기계의 조정이 불완전하며, 완전히 오차를 수정하기가 어려우므로 사용전에 충분히 검사하여 불량품은 사용치 않고 평판의 구조를 잘 이해하여 오차의 발생이 적게 되도록 노력한다.

나. 설치 및 시준시에 생기는 오차

(1) 도판의 경사에 의한 오차

망원경 앨리데이드의 사용시 이 영향을 많이 받으며 시준점과 평판과의 높이차가 크면 클수록 그 오차는 커진다.

(2) 앨리데이드의 잣눈면과 시준면의 불일치에 의한 오차

이 오차를 적게하고 시준의 정도를 높이기 위해서는 항상 포올의 동일한 선(좌측 끝 또는 우측 끝)을 시준하여야 하며, 1/100 축척 이하의 측량, 즉 보통측량에서는 이를 무시하여도 된다.

(3) 구심의 불완전에 의한 오차

구심의 불완전, 즉 측점의 지상점과 도상점의 치심이 완전히 이루어지지 않을 경우에 발생하는 오차로서 축척이 클수록 그 영향을 많이 받는다.

(4) 시준에 의한 오차

망원경 앨리데이드를 사용할 때에는 오차의 영향이 작으나 보통 앨리데이드인 경우에는 시준사(視準絲)의 굵기, 시준공(視準孔)의 지름, 양 시준판의 간격에 의하여 좌우된다. 예를 들어, 양 시준판의 간격 27 ㎝, 시준공의 지름 0.5 ㎜, 시준사의 굵기 0.2 ㎜ 로 할 때 어떠한 축척이든지 13.5 ㎝ 이상의 선은 그리지 않아야 한다.

(5) 표정에 의한 오차

평판의 방향을 표정할 때 오차가 있으면 도면 전체가 변위되며, 도상의 위치오차는 그 거리가 멀수록 커진다.

충분한 주의를 하여야 하며, 표정이 정확하면 그 외 구심과 정준의 조건이 약간 부족하여도 측량에는 큰 영향이 없다.

다. 제도 오차

방향선을 그릴 때나 거리측정시 도지(圖紙)의 신축 등에 의하여 발생되는 오차가 있는데, 그 중 도지신축에 의한 오차가 크다. 이 오차를 줄이기 위해서는 도지의 종류와 도지를 도판에 붙이는 방법에 주의하고, 축척의 표준잣눈을 도면에 표시하며, 작업이 끝날 때까지 도지를 도판에서 분리하지 않는 것이 좋다.

라. 폐합오차의 수정

다각형을 도선법으로 측량하여 오차가 없으면 폐합하지만, 실제로는 다소의 오차를 면하기 어렵다. 이 때에는 허용오차를 산출한 후, 실제오차가 허용오차보다 작으면 도면상에서 오차를 수정하지만 허용오차보다 크면 다시 측량하여야 한다.

(1) 도선법

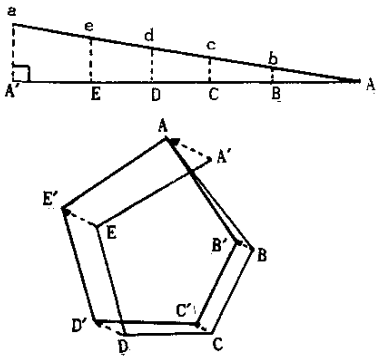
도선법에서의 예측오차, 측거오차, 도시오차를 포함하여 폐합비의 허용한계(허용오차)를 e라 하면, e는 모든 축척을 통하여 다음식에 의하여 산출할 수 있다.

○ 폐합비의 허용한계(e) = $\pm 0.3\sqrt{n}(mm)$ 여기서, n : 다각형의 변의 수

(예제) 20변형의 다각형을 도선법으로 평판측량할 경우 폐합비의 허용한계(허용오차)는 얼마인가 ?

(풀이) 폐합비의 허용한계(e) = $\pm 0.3\sqrt{20} = 1.34mm$

(2) 도해법



① 임의의 직선 AA′를 긋고 그 선상에 AB, BC, … 등 다각형의 측점간 거리를 취하여 점 B, C, … 라 한다.

② A′에서 수선을 그어 폐차(閉差) AA′길이 만큼 A′a를 취하여 점 a를 정한 후 점 A와 a를 연결한다.

③ 점 B, C, D, E에 수선을 그려 Aa선과 만나는 점을 각각 점 b, c, d, e라 한다.

④ 다각형의 꼭지점 B, C, … 에서 AA′ 와 평행한 선을 그어 BB′ = Bb, CC′ = Cc, DD′ = Dd, EE′ = Ee가 되도록 점 B′, C′, D′, E′를 정하여 이들 점을 연결하면 수정한 다각형 A B′C′D′E′가 된다.

(3) 해석법

정도가 허용오차의 범위내에 있다면 다음식에 의하여 수정치를 측선의 길이에 배분하여 산출한 후, 폐합오차를 수정한다.

○ 폐합비(e) $= \dfrac{\text{폐차}}{\text{전주}} = \dfrac{AA'}{AB + BC + CD + \cdots}$

수정치 산출 $Bb = e \times AB$,

$Cc = e \times (AB + BC)$

$Dd = e \times (AB + BC + CD)$, ····

(예제) 김일용은 서석경영구 12임반 가소반 조림예정지를 평판측량한 바, 다음과 같은 결과를 얻었다. 폐합비와 각 점의 수정치를 산출하여라.

축척 1 : 3,000, AB = 25 *m*, BC = 72 *m*, CD = 51 *m*, DE = 42 *m*,

EA = 75 *m*, AA'의 도상거리 = 0.7 ㎜

(풀이) 폐차 = 0.7 ㎜ × 3,000 = 2.1 *m*

전주 = 25 + 72 + 51 + 42 + 75 = 265 *m*

폐비 $= \dfrac{2.1}{265} \fallingdotseq 0.0079$

B 점의 수정치 = 0.0079 × 25 = 0.20 *m*

C 점의 수정치 = 0.0079 × (25 + 72) = 0.77 *m*

D 점의 수정치 = 0.0079 × (25 + 72 + 51) = 1.17 *m*

E 점의 수정치 = 0.0079 × (25 + 72 + 51 + 42) = 1.50 *m*

(4) 측량의 정도

평판측량의 정도(精度)는 규정하기 어려우나 일반적으로 거리측량의 정도(精度)는 넘지 못하며, 평탄지에서 1/1,000 이하, 완경사지에서 1/800~1/600, 지형이 복잡한 곳에서 1/500~1/300 정도면 허용된다. 평판측량에서는 높은 정도(精度)의 것은 곤란하지만 숙달에 따라서는 상당한 정도(精度)를 얻을 수 있고, 대부분의 세부측량에 사용된다.

2.1.1.4. 도면의 축척 및 측량시 주의사항

가. 축척 1/500로 할 경우

① 측점의 작은 오차도 도면의 정도(精度)에 영향이 크므로 평판을 세울 측점을 트레버어스측량 또는 삼각측량 등으로 정확하게 한다.

② 거리측정은 베줄자를 사용하며, 트래버어스측량이나 삼각측량에서 결정된 측점은 미리 도면위에 전개하고 이것이 기준이 되어야 한다.

나. 축척 1/2,500로 할 경우

① 측점을 결정하는 요령은 1/500과 같다.

② 거리측정은 베줄자를 사용하거나 스타디아측량을 이용하며, 보통 토목공사용 또는 도시계획 도면은 대부분이 이 범위의 축척이다.

다. 축척 1/2,500~1/10,000로 할 경우

① 전체측량을 평판으로 하거나 트레버어스측량이나 삼각측량에서 결정된 도면상의 측점을 이용하여 교차법, 전진법으로 평판의 도근점(圖根点)을 도면위에 결정한다.

② 도근점에서 세부측정은 방사법을 이용한다.

③ 평판을 설치할 때 구심과 정준이 정확할 필요는 없고, 중요하지 않은 세부측정은 약도법을 이용하여 능률을 높힐 수 있다.

라. 축척 1/10,000~1/50,000로 할 경우

① 보통 사용되고 있는 지리학상의 지도에 해당하며, 골격측량은 삼각측량으로 한다.

② 평판의 도근점은 교차법으로 결정한다.

③ 세부측정에 있어서 중요한 점이나 목표가 될만한 곳의 점은 교차법으로 정하고, 이것을 기준으로 약도법에 의하여 작도한다.

마. 평판측량시 주의사항

① 기준이 되는 측점은 모두 직각좌표에 의하여 원도에 기입해 두어야 한다.

② 측량하기 전에 평판상의 도지(圖紙)에 원도로부터 기준점을 옮겨야 한다.

③ 측량구역이 몇 장의 도면으로 될 경우에는 서로 연결에 필요한 부분을 중복시

켜야 한다. 특히, 등고선을 기입할 경우는 중요하다.

④ 도면은 깨끗이 보관하여야 하며, 불필요한 선은 가능한한 없애고 앨리데이드를 도면위에 끌지 않는다.

2.1.1.5. 평판 응용측량

앨리데이드의 전·후방시준판에는 잣눈과 시준공이 있고, 잣눈의 한 눈금은 전·후방시준판 간격의 1/100 이며, 후방시준판에는 중앙에 인출판(引出板)이 있어서 잡아 빼게 되어 있다.

따라서 다음 식에 의하여 각도와 간단한 거리 및 고저차를 측정할 수 있다.

○ $$H = I + \frac{(n - \text{수평을 이루는 잣눈})}{100} \cdot D$$

여기서, H : 고저차, I : 시준높이

n : 잣눈의 차, D : 거리

가. 평수직각의 각도측정

시준공에 따른 수평잣눈 및 수직각의 측정범위는 다음과 같다.

시 준 공	수평을 이루는 잣눈	수직각의 측정범위
후방시준판 시준공 S_3	전방시준판 우측 잣눈 0	상향 0 % ~ 상향 40 %
후방시준판 시준공 S_2	전방시준판 우측 잣눈 20	하향 20 % ~ 상향 20 %
후방시준판 시준공 S_1	전방시준판 좌측 잣눈 0	하향 35 % ~ 상향 5 %
전방시준판 시준공 S_4	후방시준판을 인출함	상향 40 % ~ 상향 75 %
후방시준판 인출후 시준공 S_1	전방시준판 좌측 잣눈을 좌측값으로 측정	하향 30 % ~ 하향 75 %

※ 상향각 40 % 이상 또는 하향각 35 % 이상일 경우에는 후방시준판의 인출판을 인출하여 측정하여야 한다.

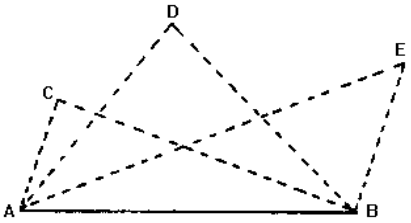
(예제) 김일용은 평판의 앨리데이드로서 수고를 측정하기 위하여 20 m 전방에서 후방시준판의 시준공 S_2로 시준한 바, 전방시준판의 우측 잣눈 25 였다. 수고는 얼마인가 ? (단, 시준높이는 1.1 *m* 이다.)

(풀이) 위의 식에서 I = 1.1 *m*, n = 25, 수평잣눈 = 20 이므로

$$수고(H) = 1.1 + \frac{(25 - 20)}{100} \times 20 = 2.1\ m$$

나. 거리측정

(1) 도해법에 의한 거리측정



도해법(圖解法:graphical method)은 전방교차법을 응용하여 도상에서 거리를 측정하는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.

① 점 A, B 사이의 거리를 측정하여 평판위에 도상점 a, b를 정한다.

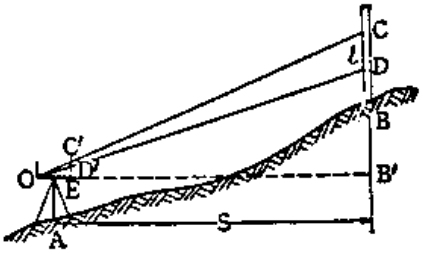
② 도상점 a, b에서 점 C, D를 시준하여 교차법에 의해 도상점 c, d를 구한다.

③ 점 a, b, c, d와 AB간의 거리를 이용하여 도상에서 거리를 산출할 수 있다.

(2) 앨리데이드 스타디아법에 의한 거리측정

앨리데이드 스타디아법(alidade stadia method)은 앨리데이드의 시준공과 잣눈을 이용하여 두 점간의 거리를 구하는 방법으로 작업요령은 다음과 같다.

① 점 A에 평판을 설치하고, 점 B에 함척을 세운다.



② 점 B에 세운 함척상에 CD를 어느 일정한 간격으로 하여 점 C와 D를 각각 시준하여 잣눈을 읽는다. 이 때 기선길이인 CD의 간격은 1*m*, 2*m*, 3*m* 등과 같이 편리한 숫자로 취하는 것이 좋다.

③ 점 A에서 점 C와 D를 시준한 잣눈을 각각 C′와 D′라 하면, AB간의 거리(S) 는 다음식에 의하여 산출한다.

$$○\ \ AB간의\ 거리(S) = 100 \times \frac{CD의\ 길이}{C' - D'} = 100 \times \frac{기선길이(l)}{C' - D'}$$

$$= \frac{100 \cdot l}{n}$$

(예제) 기선길이가 2 *m*, 시준판 잣눈의 읽음차는 5 일 때, 두 점간의 거리를 구하여라.

(풀이) 거리(S) = 100 × 2 / 5 = 40 *m*

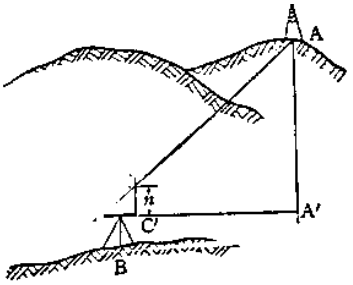
※ 앨리데이드 스타디아법으로 측정할 수 있는 거리는 축척에 따라 다르지만 도상의 허용오차를 0.5 ㎜ 라 하면 대체로 다음과 같다.

축 척	1/10,000	1/5,000	1/3,000	1/1,000	1/500
거리(m)	$65\sqrt{\text{기선}}$	$45\sqrt{\text{기선}}$	$35\sqrt{\text{기선}}$	$20\sqrt{\text{기선}}$	$15\sqrt{\text{기선}}$

(예제) 축척 1/3,000 일 때, 기선길이를 5 m 라 하면 측량할 수 있는 거리는 얼마인가 ?

(풀이) 거리$(D) = 35\sqrt{5} = 78.26m$

(3) 표고차를 알고 있는 지점간의 거리측정



표고차를 알고 있는 지점간의 거리를 측정할 경우에는 두 지점간의 잣눈의 차(각도)를 측정한 후 다음식에 의하여 산출한다.

○ 수평거리(A′B) = $\dfrac{100 \times \text{표고차(AA}')}{\text{잣눈의 차(n)}}$

(예제) 김일용은 산림생산기술연구소 구내(해발 110 *m*)에서 평판의 앨리데이드 후방시준판의 중앙에 있는 시준공(S_2)으로 소리봉(해발 536.8*m*)을 시준하였더니 전방시준판의 우측 잣눈은 35였다. 수평거리는 얼마인가 ?

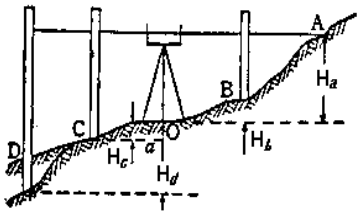
(풀이) 수평거리(D) = $\dfrac{100 \times 426.8}{(35 - 20)} = \dfrac{42{,}680}{15}$ = 2,845.3 m

다. 고저차측정

(1) 직접측정법에 의한 방법

직접측정법(method of direct measurement)은 앨리데이드의 중앙기준선(후방시준판의 시준공 S_2와 전방시준판의 우측 잣눈 20을 잇는 선)을 수준축(水準軸)으로 하여 고저차를 구하는 방법으로서 정도(精度)는 1/1,000 정도이다. 이는 다시 단시법과 복시법으로 나눌 수 있다.

(가) 단시법에 의한 고저차의 직접측정



① 높이(지반고)를 알고 있는 점 O에 평판을 설치한 후, 점 A, B, C, D에 함척을 세워 그 값(n)을 읽는다.

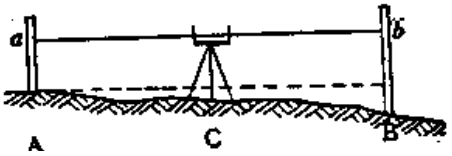
② 다음식에 의하여 각 점의 높이(H)를 구한다.

그러나 이 방법은 높은 곳에서 낮은 곳을 잴 때에는 함척의 높이까지, 낮은 곳에서 높은 곳을 잴 때에는 기계고 이상은 잴 수 없다.

○ 각 점의 높이(H_a, H_b, H_c, H_d)

= 각 함척의 읽음값(n) − 기계고(IH) + 기준점의 높이(GH)

(나) 복시법에 의한 고저차의 직접측정



① 두 점간의 고저차를 정확하게 측정할 경우에 사용되는 방법으로 두 점사이의 점 C에 평판을 설치하여 점 A와 B의 측정치를 비교한다.

② ①의 방법 이외에 점 A, B에서 단시법으 로 측정한 값을 평균하기도 한다.

(2) 간접측정법에 의한 방법

간접측정법(method of indirect measurement)은 적당한 기준선을 수준축으로 하여 두 점간의 거리와 경사를 측정하여 고저차를 구하는 방법인데, 측정의 정도(精度)는 1/1000 정도이며 단시법과 직반시법으로 나눌 수 있다.

(가) 단시법

점 A에 평판을 설치하고 점 B에 함척을 세운 후, 함척의 b점을 시준한다. 이 때의 잣눈의 읽음값 n과 거리 S를 알면 두 점간의 고저차는 다음의 ①의 식에 의하여 산출할 수 있다. 단, 이 때 Bb는 기계고 AA′와 같게 취한다.

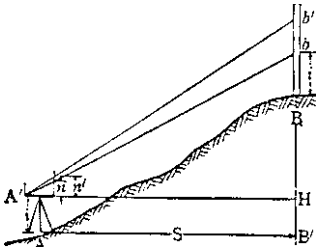
만약 Bb를 기계고 AA′와 같게 취하지 않고 b′를 시준하여 잣눈의 읽음값 n′를 얻었다면 두 점간의 고저차는 다음의 ② 의 식에 의하여 산출할 수 있다.

① 『Bb = 기계고』일 경우의 고저차(H)

$$= \frac{S \times n}{100}$$

② 『Bb ≠ 기계고』일 경우의 고저차(H)

$$= \frac{S \times n'}{100} - (Bb' - Bb)$$



여기서, S : 두 지점간의 거리

n, n′ : 잣눈의 읽음값(각도)

b, b′ : 함척에서의 시준점

(예제) 위 그림의 점 A에 설치한 평판의 앨리데이드로 30 *m* 떨어진 점 B에 세운 함척의 눈금이 3.0 m 인 지점을 시준한 바 수평과의 잣눈의 차가 15 였다. 두 지점간의 고저차는 얼마인가 ? (단, 기계고는 1.1 *m* 이다.)

(풀이) 고저차(H) $= \frac{30 \times 15}{100} - (3.0 - 1.1) = 2.6\ m$

(나) 직반시법

직반시법(直反視法)은 두 점간의 고저차를 정밀하게 측정할 경우에 사용되는데, 직접측정법의 복시법과 거의 같으며 점 A, B에서 각각 단시법으로 경사값을 구하고 그 평균값을 사용하여 계산한다.

2.1.2. 컴퍼스측량

2.1.2.1. 측량의 특징

컴퍼스측량(羅盤測量 : compass surveying)은 컴퍼스(compass)로서 방위각 또는 방위를 측정하고, 체인 또는 테이프로서 거리를 측정하여 각 측점의 평면상의 위치를 결정하는 측량으로 다음과 같은 특징이 있다.

① 국지인력(局地引力 : local attraction)의 영향 때문에 철이나 강의 구조물과 전류가 많은 시가지 측량에는 적합치 않다.

② 농지, 임야지 등과 같은 국지인력의 영향이 없는 곳이나 높은 정도를 필요로 하지 않은 곳에서는 작업이 신속하고 간편하기에 많이 이용된다.

③ 컴퍼스의 눈금판은 일반적으로 N과 S점에서 양측으로 0°에서부터 90°까지 나누어져 있고, E와 W는 반대 위치에 표시되어 있다.

④ 컴퍼스의 시준선은 N과 S를 연결하는 방향에서 얻어진다.

⑤ 시준선이 어떤 방향으로 향할 때 자침(磁針)이 가르키는 값은 남북방향을 기준

으로 한 각이 된다.

2.1.2.2. 검사 및 조정

컴퍼스의 검사와 조정은 다음과 같이 하며, 이는 트랜싯 자침의 검사와 조정에도 적용할 수 있다.

가. 자침

① 자침은 어떠한 곳에 설치하여도 운동이 활발하고 자력이 충분하면 정상이다.

② 만일 그렇지 않을 경우에는 자력(磁力)이 강한 막대자석으로 마찰하여 자력을 주고 굴대받이를 수리하여야 한다.

나. 수준기

① 수준기의 기포를 중앙에 오게 한 후 수평으로 180°회전시켜도 역시 기포가 중앙에 있으면 정상이다.

② 이때 기포의 위치가 이동되었을 경우에는 이동량의 1/2은 수준기 조정나사로, 나머지 1/2은 접합점(接合點) 또는 수준나사로 조정한다.

③ 이와 같이 2~3회 반복하여 조정을 마친다.

다. 자침의 중심과 분도원의 중심의 일치

① 컴퍼스를 수평으로 세웠을 때 자침의 양단이 같은 도수를 가리키고 있고, 자침도 수평을 유지하면 정상이다.

② 만일 그렇지 않을 경우에는 다음의 원인에 따라 조정하여야 한다.

ⓐ 자침이 일직선이 아닐 경우, 즉 분도원을 임의의 방향으로 돌려도 자침 N, S양단이 가르키는 값의 차가 일정하면 자침 끝이 굽은 것이므로 자침을 떼어 내어 자침의 양단을 곧게 고치면 된다.

ⓑ 첨축(尖軸)의 분도원이 중심이 아닐 경우, 즉 분도원을 임의의 방향으로 돌려도 자침 N, S양단이 가르키는 값의 차가 일정하지 않으면 자침이 가르키는 값의 차가 가장 큰 위치를 찾은 후, 자침을 떼어 내고 자침의 방향과 직각되는 방향의 중심을 향하여 첨축을 꾸부려 수정한다.

ⓒ 분도원의 눈금이 불완전할 경우에는 컴퍼스 제작상 불량이기에 수정이 불가능하므로 제작자에게 의뢰하여야 한다.

라. 시준평면과 수준기 평면의 직각

① 컴퍼스를 세우고 정준한 다음 적당한 거리에 연직선을 만들어 시준할 때 시준종공(視準縱孔) 또는 시준사(視準絲)와 수직선이 일치하면 정상이다.

② 만약 일치하지 않을 때는 수직선과 일치하도록 수준판과 컴퍼스 사이에 종이를 끼우든지 시준판을 눌러서 수정한다.

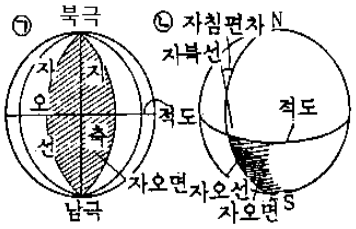
마. 시준면과 자침면이 동일평면에 위치

① 양 시준공(視準孔) 사이에 가는 실을 늘이고, 위에서 내려다 보아 이것과 분도원의 N 과 S가 일치하면 정상이다.

② 만일 일치하지 않으면 이것은 컴퍼스 제작상 불량이므로 제작자에게 의뢰하여 조정하여야 한다.

2.1.2.3. 자오선과 자침편차

가. 자오선과 자북선



자오선(子午線 : meridian)은 지구의 양극을 지나는 상상(想像)의 선으로 진북선(眞北線 : true north line) 또는 참자오선이라고도 한다. 따라서 지구표면의 각 점을 지나는 자오선은 평행이 아니다. 그러나 평면측량에서는 각 점을 지나는 자오선을 평행한 것으로 취급한다.

이에 대해 자침이 가리키는 남북선은 자침자오선(磁針子午線 : magnetic meridian) 또는 자북선(磁北線 : magnetic north line)이라고 한다.

컴퍼스측량에 있어서 방위각측정의 기준이 되는 자오선에 대하여 살펴 보면 다음과 같다.

① 기준선은 가상적인 방향일 수도 있으나 지구의 남북 양극을 통하는 참자오선을 선정하고, 이것을 시계방향으로 측정한 각을 참방위각(true azimuth)이라 한다.

② 자침이 가르키는 남북의 방향인 자침자오선을 선정하여 측정한 방위각을 자침방위각(magnetic azimuth)이라 한다.

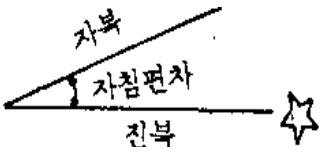
③ 어떤 점에 대한 참자오선은 일정하지만 자침자오선은 지구의 극과는 약간 떨어져 있고, 지구의 위치는 시간에 따라 변화하므로 자침자오선은 참자오선과 평행하

지 않는다.

④ 따라서 정도가 낮은 측량, 정밀한 측량의 검사(점검)를 할 경우에는 자침자오선이 많이 이용된다.

나. 자침편차

자침편차(磁針偏差 : magnetic declination)는 진북(true north)과 자북(magnatic north)이 이루는 각을 말하는데, 자북이 진북의 서쪽에 있으면 서편(西偏), 동쪽에 있으면 동편(東偏)이라 하며, 그 편차는 북쪽으로 갈수록 커진다.



자침편차는 끊임없이 변화하는데, 그 변화값은 다음과 같다.

① 일차(日差 : diurnal variation, daily variation)

하루의 변화를 말하며, 그 변화량은 대체로 5~10´이다.

일반적으로 적도보다 극지방, 동일장소에서는 겨울보다 여름이 크며, 하루중 오후 2시경이 최대이고, 11시경이 평균치이다.

② 년차(年差 : annual variation)

일년의 변화를 말하며, 우리나라의 경우 5~7°이다.

③ 주차(周差 : periodic variation)

300년 정도 주기로 한쪽으로 기울었다 반대쪽으로 기울어짐으로 인하여 생기는 변화로서 우리나는 서편(西偏)에서 점차 감소되고 있다.

④ 불규칙변화(irregular variation)

태양의 흑점의 변동이나 불분명한 원인에 의해 불규칙적으로 일어나는 변화로서 1~2°에 달할 경우도 있으며, 자기풍(magnatic storm)이라고도 한다.

자침편차가 같은 지방을 이은 선을 등편선(等偏線 : isogonic line)이라고 하며, 특히 편차가 없는 지방을 이은 선을 무편선(無偏線 : agonic line)이라 한다.

2.1.2.4. 국지인력의 검사 및 보정

가. 검사

부근에 철제 구조물, 철광석, 직류전류 등이 있으면 자력선의 방향이 변하여 자침이 정확한 자북(磁北)을 가르키지 않게 되는데, 이를 국지인력(局地引力 : local

attraction)이라 한다.

① 점 A와 B에서 측선 AB의 방위각(전시)과 측선 BA의 방위각(후시)이 관측상의 우연오차를 무시하였을 때 180°의 차가 있으면 국지인력이 없다.

② 만약 전시와 후시의 차가 180°가 아닌 경우 중에서 관측차가 적고 정오차가 아닌 것이 명확한 경우를 제외하고 그외의 국지인력이 있는 임의의 점부터 기점으로 하여 계산한다.

나. 보정

국지인력이 발생하였을 때에는 다음과 같은 방법으로 보정할 수 있다.

① 맨 처음 국지인력이 있는 측점의 방위각은 국지인력이 없는 전(前) 측점의 방위각에서 ± 180°하여 보정한다.

② 전(前) 측점의 보정된 방위각에서 ± 180°하여 보정한다.

③ 국지인력의 영향을 받는 측점에 대해서는 이를 계속하여 반복한다.

○ 맨 처음 국지인력이 있는 측점의 방위각

= 국지인력이 없는 전(前) 측점의 방위각 ± 180°

○ 국지인력이 있는 측점의 방위각 = 전(前) 측점의 보정된 방위각 ± 180°

(전 측점의 방위각이 180°보다 크면 − 180°, 작으면 + 180°한다.)

(예제) 김일용은 전주방위각에 의해 조림예정지를 컴퍼스측량한 바 다음과 같은 결과를 얻었다. 국지인력 여부를 검토하여 조정하여라.

(단, 점 A는 국지인력이 없는 것으로 간주한다.)

측 점	후 시	전 시	국지인력보정량	보정 방위
A		247°20′	0°	S 67°20′W
B	67°40′	152°30′	- 0°20′	S 27°50′E
C	335°30′	134°20′	- 3°20′	S 49°00′E
D	313°10′	326°40′	- 2°10′	N 35°30′W
E	142°20′	77°40′	+ 2°10′	N 79°50′E
F	259°50′	92°10′	0°	S 87°50′E
G	272°10′			

(풀이) 점 B의 보정방위각 : 247°20′ − 180° = 67°20′(보정량 : - 0°20′)

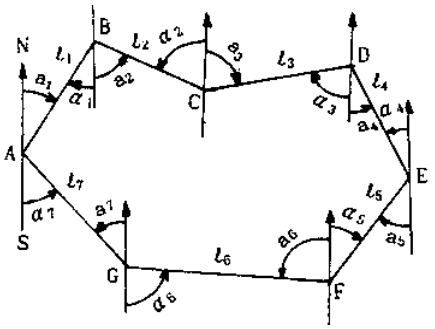
BC의 전시 : 150°30′ − 0°20′ = 152°10′ (S 27°50′E)

점 C의 보정방위각 : 152°10′ + 180° = 332°10′(보정량 : - 3°20′)
CD의 전시 : 143°20′ − 3°20′ = 131°00′ (S 49°00′E)
점 D의 보정방위각 : 131°00′ + 180° = 311°00′(보정량 : - 2°10′)
DE의 전시 : 326°40′ − 2°10′ = 324°30 (N 35°30′W)
점 E의 보정방위각 : 324°30′ − 180° = 144°30′(보정량 : + 2°10′)
EF의 전시 : 77°40′ + 2°10′ = 79°50′ (N 79°50′E)
점 F의 보정방위각 : 79°50′ + 180° = 259°50′(국지인력이 없음)
FG의 전시 : 92°10′ + 0°00′ = 92°10′ (S 87°50′E)

2.1.2.5. 컴퍼스측량 방법

가. 도선법

도선법(道線法, 전진법 : graphical traversing)은 기점에서 차례로 방위와 거리를 측정해 가는 방법을 말한다.



① 점 A에 컴퍼스를 설치하여 정준하고, 점 G를 후시하여 측선 AG의 방위(S α_7 E)와 거리를 측정하고, 다시 점 B를 전시하여 측선 AB의 방위(N α_1 E)와 거리를 측정한다.

② 컴퍼스를 점 B에 옮겨 정준한 후, 측선 BA를 후시하여 거리와 방위(S α_1 W)를 측정하고, 점 C를 전시하여 BC측선의 방위(S α_2 E)와 거리를 측정한다.

③ 컴퍼스를 점 C에 옮겨 후시와 전시를 계속하여 야장에 기록한다. 경사지의 측량에서는 고저각을 측정하여 사거리를 수평거리로 환산할 필요가 있으므로 야장기입에 있어 미리 해당란을 설정하여 두는 것이 좋으며, 야장의 비고란에는 약도(略圖 : sketch)를 그려 두도록 한다.

④ 측량이 종료된 후, 국지인력 등의 오차를 점검 수정하고 제도법에 의해 제도한다.

<표 8-2-1> 도선법에 의한 컴퍼스측량의 야장기입법

측선	거리	방 위		고 저 각		비 고
		전 시	후 시	전 시	후 시	
AB	l_1	N α_1 E	S α_1 W			
BC	l_2	S α_2 E	N α_2 W			
CD	l_3	N α_3 E	S α_3 W			
DE	l_4	S α_4 E	N α_4 W			* 약도를 그려둔다.
EF	l_5	S α_5 W	N α_5 E			
FG	l_6	N α_6 W	S α_6 E			
GA	l_7	N α_7 W	S α_7 E			

또한, 측점을 하나씩 건너 컴퍼스측량을 할 수 있다. 그러나 이 방법은 앞의 방법에 비하여 능률적이지만 측량정도(測量精度)가 낮고 국지인력이 있을 경우에는 오차를 발견할 수 없다는 단점이 있다.

① 점 A에서 측선 AG를 후시하여 방위를 측정하고, 점 B를 전시하여 측선 AB의 방위및 거리를 측정한다.

② 점 B를 건너뛰어 점 C에 컴퍼스를 설치하고 정준한 후, 측선 CB를 후시하여 방위를 측정하고, 측선 CD를 전시하여 방위를 측정한다.

③ 점 D을 건너뛰어 점 E에 컴퍼스를 설치하고, 정준하여 측정을 계속한다.

④ 야장의 기입은 현장에서 실측야장을 기입하고, 측량이 종료된 후 내업시 개정야장으로 고쳐 제도한다.

<표 8-2-2> 실측야장

측선	거리	방 위 각	고저각	비 고
AG	l_7	N α_7 E		
AB	l_1	N α_1 E		
CB	l_2	S α_2 W		
CD	l_3	N α_3 E		
ED	l_4	S α_4 W		
EF	l_5	S α_5 W		
GF	l_6	N α_6 E		

<표 8-2-3> 개정야장

측선	거리	방 위 각	고저각	비 고
AB	l_1	N α_1 E		
BC	l_2	S α_2 E		
CD	l_3	N α_3 E		
DE	l_4	S α_4 E		
EF	l_5	S α_5 W		
FG	l_6	N α_6 W		
GA	l_7	N α_7 W		

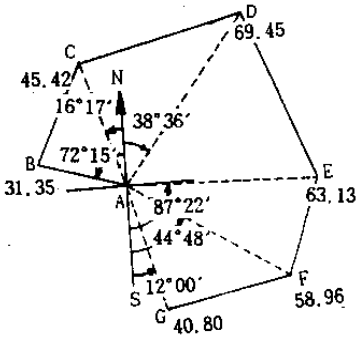
나. 사출법

① 평판측량의 사출법과 같은 요령으로 컴퍼스를 각 점이 모두 보일 수 있는 적당한 위치에 설치하여 정준한 후, 각 측점의 방위와 거리를 측정한다.

② 측량결과를 야장에 기재한 후 작업을 계속한다.

<표 8-2-4> 사출법에 의한 컴퍼스측량의 야장기입법

측선	거리(m)	방 위	비 고
AB	31.35	N 72°15′ W	
AC	45.42	N 16°17′ W	
AD	69.45	N 38°36′ E	
AE	63.13	S 87°22′ E	
AF	58.96	S 44°48′ E	
AG	40.80	S 12°00′ E	

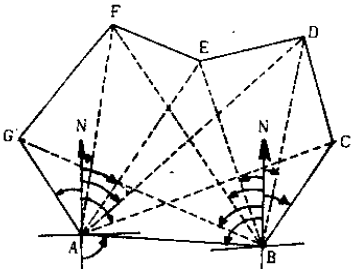


다. 교차법

① 평판측량의 교차법과 같은 방법으로 측선 AB를 기선으로 하고, 점 A와 B에서 각 측점에 대한 방위를 측정한다.

② 측량 후 제도를 통하여 구한 교점이 각 측점의 평면적(平面的) 위치가 된다.

2.1.2.6. 측량 정도



① 컴퍼스 분도원의 한 눈금은 보통 30′~ 1° 정도이므로 트랜싯측량에 비해 정도(精度)가 떨어진다.

② 측선의 평균길이를 적게 할수록 오차가 적어지므로 정도(精度)는 높아진다.

$\frac{3}{1000}$ = 가, $\frac{2}{1000}$ = 양, $\frac{1}{1000}$ = 우

③ 변의 수(n)에 따른 도상의 폐합오차의 허용치, 즉 표준오차(E)는 다음과 같다.

○ 표준오차(E) = $0.3\sqrt{n}(mm)$

(예제) 김일용은 수목원 광장을 40개의 측점을 설치하여 폐합트래버어스로 측량하였다. 도상의 폐합오차의 허용범위는 얼마인가 ?

(풀이) 표준오차(E) = $0.3\sqrt{40} = 1.90mm$

2.1.3. 고저측량

한 점의 높이란 일반적으로 임의의 수평면(level surface)을 기준으로 하여 이 수평면에서 어느 지점까지의 수직거리를 말한다. 이 임의의 수평면을 기준면(datum surface)이라 하며, 기준면으로부터의 높이를 측정하는 측량을 고저측량(레벨측량, leveling) 또는 수준측량이라 한다.

2.1.3.1. 측량 방법

가. 야장기입법

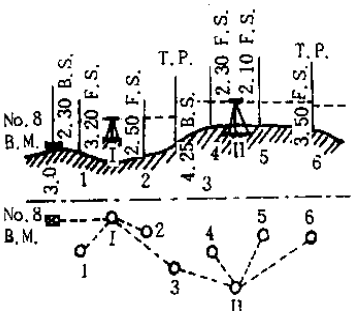
고저측량의 측량 결과를 기입하는 야장을 고저야장(level book)이라 한다.

고저야장의 기입법중 주로 사용되는 기고식 기입법(instrumental height system), 승강식 기입법(rise and fall system), 고차식 기입법(differential system) 또는 이단식 기입법(two column system)에 대하여 외업(field work)의 순서에 따라 설명하기로 한다.

(1) 기고식

야장의 윗칸에는 ① S.P.(station point, 측점) ② B.S.(back sight, 후시) ③ I.H.(instrument height, 기계고) ④ F.S.(fore sight, 전시) ⑤ T.P.(turning point, 이기점) ⑥ I.P.(intermediate point, 중간점) ⑦ G.H.(ground height, 지반고) 등을 기재하여 둔다.

S.P. 1, 2, 3, …, 6의 각 점의 지반고를 측량하여 표 6과 같이 야장에 기입하며, 그 외업순서와 야장기입법은 다음과 같다.



① 수준점(B.M.NO.8)의 지반고를 30.0m라 하고, 기계를 Ⅰ에 설치한 후 수준점의 함척 2.3m를 후시하면 기계고는 30.0+2.3=32.3m가 된다.

② 측점 1의 함척 3.2m를 전시하면 지반고는 32.3−3.2=29.1m가 되고, 측점 2의 함척 2.5m를 전시하면 지반고는 32.3−2.5=29.8m가 되며, 측점 3의 함척 1.1m를 전시하면 지반고는 32.3−1.1=31.2m가 된다.

③ 그러나 측점 4 이후의 지형은 현재의 기계위치에서는 시준이 곤란하므로 이기

점(이점)이 필요하여 기계를 Ⅱ의 지점으로 이동시켜 측점 3의 함척 4.25m를 후시하면 기계고는 31.2+4.25=35.45m가 된다.

<표 8-2-5> 고저측량의 기고식 야장기입법 (예)

S.P.	S.P.	I.H.	F.S.		G.H.	REMARKS
			T.P.	I.P.		
BM.No.8	2.30	32.30			30.00	B.M.No.8의 H=30.00m
1				3.20	29.10	
2				2.50	29.80	
3	4.25	35.45	1.10		31.20	
4				2.30	33.15	
5				2.10	33.35	
6			3.50		31.95	S.P.6은 B.M.No.8에 비하여
SUM	6.55		4.60			1.95m 높다.

+6.55
−4.60
+1.95

④ 측점 4의 함척 2.3m를 전시하면 지반고는 35.45−2.3=33.15m가 되며 측점 5이하로 계속 측량한다.

⑤ 작업이 끝나면 함척을 잘못 읽거나, 기계의 잘못이 있을지 모르므로 후시의 합계와 이기점의 전시의 합계에 대한 차이와 수준점의 지반고와 마지막 이기점의 지반고의 차이가 같으면 계산은 정확한 것이며, 틀리면 다시 계산해야 한다.

기계고 및 지반고를 구하는 방법을 요약하여 보면 다음과 같다.

○ 기준이 되는 기계고(I.H.) = 그 점의 지반고(G.H.)+그 점의 후시(B.S.)

○ 각 점의 지반고(G.H.)

=기준으로 되는 기계고(I.H.)−구하고자 하는 각 점의 전시(F.S.)

○ 기점과 최종점의 고저차=후시의 합계−이기점 전시의 합계

(2) 승강식

이 기입법은 승(昇, RISE)과 강(降, FALL)의 난을 따로 만들어 놓고 각 측점마다 승강의 값을 기입해 나가는 방법인데, 이 경우의 외업은 기고식의 경우와 같다.

승강식 야장기입법은 다음과 같다.

① 수준점(B.M.NO.8)의 지반고를 30.0m라 하고 수준점의 함척 2.3m를 후시하고,

측점 1의 함척 3.2m를 전시하여 후시에서 전시를 뺀 값, 즉 2.3−3.2=−0.9m를 강의 란에 기재하며 지반고는 30.0−0.9=29.1m가 된다.

② 측점 2의 함척 2.5m를 전시하여 2.3−2.5=−0.2m를 강의 란에 기재하면 지반고는 30.0−0.2=29.8m가 되고, 측점 3의 함척 1.1m를 전시하여 2.3−1.1=1.2m를 승의 란에 기재하며 지반고는 30.0+1.2=31.2m가 된다.

③ 기계를 이동시켜 측점 3을 이기점으로 하여 함척 4.25m를 후시하고 측점 4의 함척 2.3m를 전시하여 4.25−2.3=1.95m를 승의 란에 기재하고 지반고는 31.2+1.95=33.15m가 되고, 이후 측량을 계속하며, 검산요령은 앞항의 ⑤와 같다.

<표 8-2-6> 고저측량의 승강식 야장기입법 (예)

S.P.	B.S.	F.S.		RISE	FALL	G.H.	REMARKS
		T.P.	I.P.	(+)	(−)		
B.M.No.8	2.30					30.00	B.M.No.8의 H=30.00m
1			3.20		0.90	29.10	
2			2.50		0.20	29.80	
3	4.25	1.10		1.20		31.20	
4			2.30	1.95		33.15	
5			2.10	2.15		33.35	
6		3.50		0.75		31.95	

승강의 기재 및 지반고를 구하는 방법을 요약하여 보면 다음과 같다.

① B.S.<F.S.이면 그 차를 강(FALL)란에 기입하고,

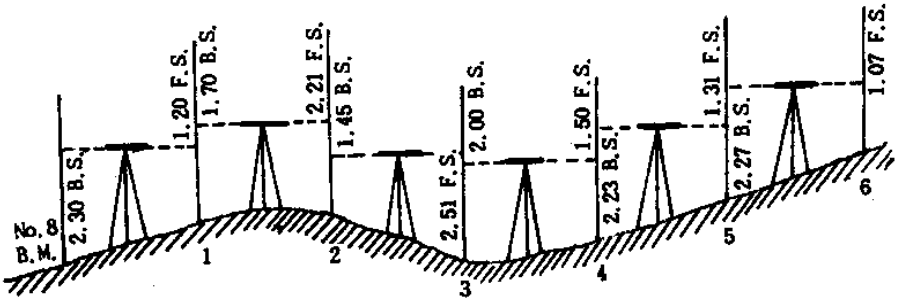
B.S.>F.S.이면 그 차를 승(RISE)란에 기입한다.

② 각 점의 지반고(G.H.)=기준이 되는 점의 지반고(G.H.)−강(FALL)

(또는)=기준이 되는 점의 지반고(G.H.)+승(RISE)

(3) 고차식 또는 이단식

이 기입법은 각 측점간의 고저차를 기입하여 지반고를 산출해 나가는 방법인데, 이 경우의 외업은 그림과 같이 측량하고, 야장기입법은 표 8-2-7과 같다.



<표 8-2-7> 고차식(이단식) 야장기입법 (예)

S.P.	B.S.	F.S.	G.H.	REMARKS
B.M.No.8	2.30		30.00	B.M.No.8의 H=30.00*m*
1	1.70	1.20	31.10	
2	1.45	2.21	30.59	
3	2.00	2.51	29.53	
4	2.23	1.50	30.03	
5	2.27	1.31	30.95	
6		1.07	32.15	
SUM	11.95	9.80		

① 기계를 수준점(B.M. NO.8)과 측점 1의 사이에 설치하여 수준점의 2.3*m*를 후시하고 측점 1의 함척 1.2*m*를 전시하면 지반고는 30.0+2.3−1.2=31.1*m*가 되며 기계를 측점 1과 2의 사이로 이동한다.

② 측점 1의 함척 1.7*m*를 후시하고 측점 2의 함척 2.21*m*를 전시하면 지반고는 31.1+1.7−2.21=30.59*m*가 되고, 기계를 측점 2와 3의 사이로 이동한다.

③ 측점 2의 함척 1.45*m*를 후시하고 측점 3의 함척 2.51*m*를 전시하여 지반고는 30.59+1.45−2.51=29.53*m*가 되며, 기계를 측점 3과 4 사이로 이동한다.

④ 이와 같이 계속하며 검산요령은 앞 항의 ⑤와 같다.

고차식(이단식) 야장기입에서 지반고를 구하는 방법을 요약하면 다음과 같다.

○ 각 점의 지반고(G.H.) = 기준점 지반고(G.H.)+그 점의 후시(B.S.)−구하고자 하는 점의 전시(F.S.)

나. 측량시 주의사항

① 사용할 기계와 기구는 미리 검사하여야 하고, 정밀한 측량은 측량도중에도 가끔씩 검사(Y 레벨은 1일 2회이상) 조정한다.

② 레벨을 세울 때는 땅이 견고하여 침하하지 않아야 하고, 연약한 곳에는 답판(foot plate)을 사용하며, 일광이 직접 쬐지 않는 곳이 좋다.(피할 수 없을 때는 양산 등으로 가려준다.)

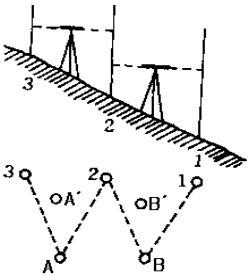
③ 시준거리가 너무 길면 시준오차가 크므로 보통측량시는 30~120*m*, 정밀측량시는 20~50*m*로 하고, 측정순간에는 기포가 중앙에 있어야 하며 고정나사를 가급적 푼 채로 두 눈을 뜨고 측정한다.

④ 수준척은 수직으로 세워야 하고, 측량도중 수준척의 침하나 이음매가 완전한가를 주의하여야 한다. 이기점에서는 1㎜, 그 외의 점은 5㎜ 또는 1㎝ 단위까지 읽는다.

⑤ 전시와 후시의 거리를 가급적 같게 하여 기계적 오차, 지구의 곡률 및 광선의 굴절에 의한 오차를 제거하고, 반드시 왕복측량을 하여 두 값의 차이가 허용오차 이상일 경우에는 다시 측량하여야 한다.

⑥ 기계를 운반하거나 세울 때 주의하여야 한다. 특히 운반시에는 어깨에 메고 다니지 않도록 하며, 반드시 두손으로 삼각을 잡고 기계축을 세워서 운반하고, 야장 기입에 착오가 발생되지 않도록 한다.

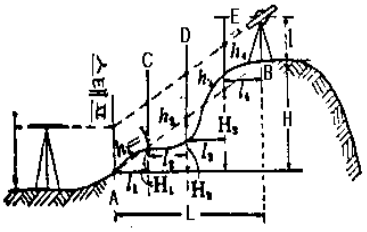
다. 여러가지 경우에서의 고저측량



(1) 급경사지를 지날 때

점 A, B와 같이 측점에서 멀리 떨어진 곳에 기계를 설치하고 점 A′, B′와 같은 위치를 피한다.

(2) 급경사지



① 측점 사이에 레벨을 설치하기 곤란할 경우에는 점 B에 트랜싯을 설치하고 기계고(I)를 측정한 다음 점 A의 함척의 높이, 즉 I 인 높이를 시준하면 점 C, D, E에 세운 함척의 읽음값인 h_2, h_3, h_4 등은 h_1에다 AB선에 의한 승강을 한 것이 된다.

② 이때 AB간의 수평거리 L은 AC, CD, DE, EB간의 거리 l_1, l_2, l_3, l_4 의 합, 즉 $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ 이다.

③ 각 Θ를 측정할 때 AB간의 고저차는 L · tanΘ로 구해지기 때문에 AB사면에 대하여 점 C, D, E의 A점에서의 높이 H와 지반고 G는 다음과 같다.

○ C점의 사면고 $H_1 = H \cdot l_1/L$ 지반고 $G_1 = H_1 + (h_1 - h_2)$

○ D점의 사면고 $H_2 = H \cdot (l_1 + l_2)/L$ 지반고 $G_2 = H_2 + (h_1 - h_3)$

○ E점의 사면고 $H_3 = H \cdot (l_1 + l_2 + l_3)/L$ 지반고 $G_3 = H_3 + (h_1 - h_4)$

(예제) 김일용은 죽엽산의 급경사지에 대하여 레벨을 이용하여 고저측량을 실시한 바 다음과 같은 결과를 얻었다. 각 측점의 사면고와 지반고를 구하여라.

측 점	A	C	D	E	B	비 고
거 리(*m*)	0	20	20	20	20	H = 100.0*m*
함척치(*m*)	1.5	1.2	2.1	0.8		I = 1.5*m*

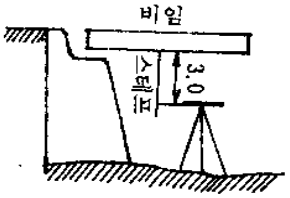
(풀이) C의 사면고$H_1 = 100.0 \times 20/80 = 25m$ 지반고$G_1 = 25 + (1.5 - 1.2) = 25.3m$

D의 사면고$H_2 = 100.0 \times 40/80 = 50m$ 지반고$G_2 = 50 + (1.5 - 2.1) = 49.4m$

E의 사면고$H_3 = 100.0 \times 60/80 = 75m$ 지반고$G_3 = 75 + (1.5 - 0.8) = 75.7m$

(3) 교량 아래의 공간

교량 아래의 공간을 측정하려면 아래쪽을 거꾸로 비임(beam) 밑에 대고 함척을 읽은 후, 그 값에다 기계고를 더하면 기준면으로부터의 높이를 구할 수 있다. 이때 야장에는 〔교량비임 밑+3.0m〕으로 기입한다.

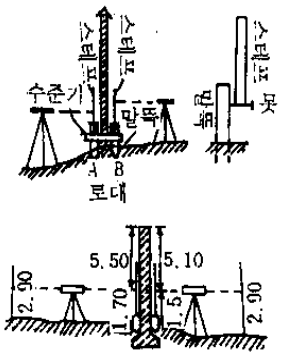


(4) 장애물이 있는 경우

측점 사이에 장애물이 있어 측정이 곤란할 경우에는 다음과 같이 고저측량을 실행할 수 있다.

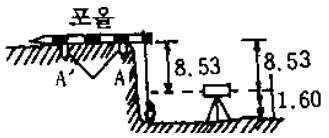
① 담장 밑에 공간이 있을 때는 기포관을 이용하여 점 A, B에 말뚝을 박은 후, 측면의 같은 높이에 못을 박아 함척을 세운다. 이때 점 A, B를 동일점이라 생각하여 이기점으로 취급하며, 점 A는 전시로, 점 B는 후시로 한다

② 담장 아래에 공간이 없을 때는 담장 상단부에 함척의 아래쪽을 거꾸로 대고 앞 항의 방법으로 측정하고 ①의 방법으로 산출한다.



(5) 凹부의 경우

AA′에 말뚝을 박고 말뚝높이는 레벨로 정한다. 그리고 측면에 못을 박아 포올을 얹어 추를 끈에 묶어 늘어뜨리고 시준선까지 끈의 길이를 재면 점 A, B간의 고저차는 1.6+8.53=10.13m가 된다.



2.1.3.2. 측량의 정도 및 허용오차

가. 정밀도

고저측량의 경우도 폐다각형측량(閉多角形測量)과 같이 하여 폐합오차를 합리적으로 배분하여야 하는데, 고저측량의 오차(E)는 다음 식에 의하여 산출한다.

○ $E = C\sqrt{N}$

여기서, C : 1회 관측에 의한 오차, N : 관측회수, 즉 기계의 거치횟수

시준거리가 일정할 때에는 이것을 변형하여 다음 식에 의해 산출한다.

○ $E = C\sqrt{L/2S} = K\sqrt{L}$

여기서, S=시준거리, L=고저측량 노선연장, K=1㎞의 고저측량 오차

나. 허용오차

① 우리나라에 있어서 종단측량의 실측횟수는 2회이상으로 하고, 이것의 평균을 취하는데, 그 오차의 범위는 길이 4㎞에 대하여 다음과 같다.

• 유조부 : 10㎜, • 무조부 : 15㎜, • 급류부 : 20㎜

② 우리나라 건설연구소와 일본지리조사소의 오차 허용범위는 다음과 같다.

• 2㎞ 왕복관측시 : 1등 고저측량 3㎜, 2등 고저측량 15㎜

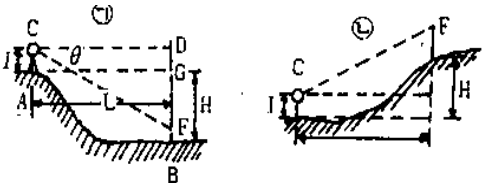
• 폐합 시의 폐합차 : 1등 고저측량 1.5 $\sqrt{L}$(㎜), 2등 고저측량 10$\sqrt{L}$(㎜)

2.1.3.3. 간접고저측량

가. 삼각고저측량

삼각고저측량(trigonometric leveling)이란 두 점 간의 고저차를 삼각법을 응용하여 구하는 방법으로 다음의 방법들이 있다.

(1) 두 점간의 수평거리와 연직각을 알고 있을 경우



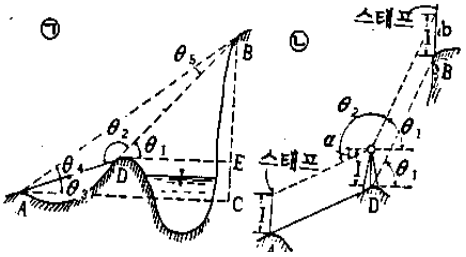
① ㉠과 같이 점 A에 트랜싯을 설치하고 점 B에 포올을 세워 기계고 I와 같은 높이를 시준하여 하향각 Θ를 측정한다.

② AB간의 수평거리(L)를 측정하고 다음 식으로 고저차 H를 구한다.

○ 고저차(H)=L · tanΘ+I

③ ㉡과 같이 상향각으로 될 경우에는 기계의 설치위치와 포올의 위치가 바뀌고 측량방법은 ①~②와 같다.

(2) 세 점이 같은 연직면 안에 있을 경우



① 점 D를 설정하여 AD의 거리를 측정하고, 점 A에서 ∠BAC와 ∠DAC(Θ_3)를 측정하여 Θ_4를 구한다.

② ㉡과 같이 점 D에서 α, Θ_1을 측정하고, Θ_2와 Θ_5를 산출한다.

○ $\theta_4 = \angle BAC - \theta_3$

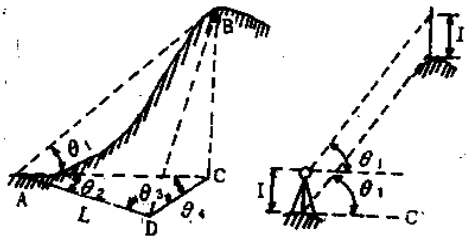
○ $\theta_2 = 180° - \theta_1 + \alpha$

○ $\theta_5 = 180° - \theta_4 + \theta_2$

③ 따라서 AB의 고저차 BC(H)는 다음 식에 의하여 산출한다.

○ $H = AD \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin(\theta_4 + \theta_2)/\sin\theta_5 + I$

(3) 세 점이 같은 연직면 내에 있지 않을 경우



① 임의의 점 D를 선정하여 AD의 수평거리(L)를 측정하고, 점 A에 기계를 설치하여 수직각(Θ_1)과 수평각(Θ_2)을 측정한다.

② 점 D의 지점으로 기계를 옮겨 수평각(Θ_3)을 측정하여 Θ_4를 산출한다.

③ 점 A, B의 고저차(H)는 다음 식에 의해 산출한다.

○ $\Theta_4 = 180° - \Theta_2 - \Theta_3$

○ $H = L \cdot \sin\Theta_3 \cdot \tan\Theta_1/\sin\Theta_4 + I$

(예제) 김일용은 그림 3.1.2.36과 같은 방법으로 소리봉 높이를 측정하고자 트랜싯으로 고저측량을 실시한 바, AD는 1,550m, Θ_1는 22°40′, Θ_2는 39°10′, Θ_3는 55°20′, I는 1.5m였다. 높이는 몇 m인가 ?

(풀이) 고저차(H)=1,550×sin55°20′×tan22°40′/sin85°30′+1.5

=1,550×0.8225×0.4176/0.9969+1.5=535.6m

나. 기압고저측량

기압고저측량(barometric leveling)은 기압계를 사용하여 높은 곳과 낮은 곳의 기압을 재서 양 기압의 차를 응용하여 고저차를 구하는 방법이다.

기압고저측량용 기압계로는 주로 ① 수은기압계(mercurial barometer) ② 무액기압계(aneroid barometer)가 이용된다.

2.1.4. 트랜싯측량

트랜싯측량(轉鏡儀測量 : transit survey)은 트랜싯(transit : 轉鏡儀) 또는 데오도라이트(theodolite : 經緯儀)를 사용하여 행하는 측량으로서 데오도라이트측량(經緯儀測量 : theodolite survey)이라고도 한다.

2.1.4.1. 설치 및 운반

가. 설치 및 운반상의 주의사항

기계를 어느 정도 빠르게 설치할 수 있느냐 하는 것은 측량의 능률과 밀접한 관계가 있으므로 다음과 같은 점에 유의하여 숙련이 되도록 노력하여야 한다.

① 기계를 평탄지에 설치할 때는 삼각을 정삼각형이 되도록 하여 측점이 중심에 오게 하고, 비탈면에 설치할 때에는 두 개의 다리는 측점보다 낮은 등고선상에, 나머지 한 개의 다리는 높은 곳에 세운다.

② 삼각머리에 기계를 붙일 때는 기계의 지주와 같은 튼튼한 부분을 잡고 붙이며, 망원경이나 분도원과 같은 주요 부분은 손대지 않도록 한다.

③ 기계의 높이는 관측자의 눈높이보다 약간 낮은 것이 좋고, 너무 높거나 낮게 되면 관측 중 피로하기 쉬우므로 관측오차가 발생하게 된다.

④ 기계의 중심과 측점을 정확히 일치시키기 위하여 트랜싯의 설치시 추와 측점을 일치시켜야 한다. 예를 들면 30 m 시준시, 치침오차가 5 ㎜ 였다고 하면 방향오차

는 30″ 이상이 된다.

⑤ 추와 측점이 일치되면 정준나사에 의하여 연직축을 정확하게 연직시킨다. 이때 삼각머리가 너무 경사지면 기계 자체의 중량으로 기계가 움직일 우려가 있다.

⑥ 이심장치(移心裝置 : shifting device, 약 2 ㎝ 이동이 가능)에 의하여 기계를 움직일 때는 정준나사를 모두 풀고, 두 손으로 기계를 가볍게 들면서 조용히 움직인다.

⑦ 삼각의 위치가 정해지면 지중에 튼튼하게 박아야하고 삼각고정나사를 반드시 잠근다.

⑧ 설치와 운반할 때는 모든 고정나사를 풀어 놓아서 기계에 무리가 가지 않도록 하고, 조일 때에도 너무 조이지 않는다.

⑨ 운반할 때에는 가급적 세워서 들고 어깨에 맬 때는 기계의 머리가 반드시 앞으로 오도록 한다.

⑩ 트랜싯은 수평이어야 한다.

나. 관측상의 주의사항

기계를 신속하고 정확하게 설치하였다 하더라도 관측을 정확하게 하지 않는다면측량오차가 발생하게 된다. 따라서 관측시에는 다음 사항을 유의하여 정확한 관측이 이루어 지도록 하여야 한다.

① 기계의 취급은 정중히 하고 관측 중에는 삼각과 기계를 움직이지 않도록 주의한다.

② 직사광선을 많이 받지 않도록 하고 바람이 강할 때는 방풍장치를 한다.

③ 시준시는 두 눈을 뜨고 시준함으로써 눈의 피로로 인하여 능률이 저하되거나 오차가 발생되지 않도록 한다.

2.1.4.2. 조정

트랜싯을 사용하기 전에 트랜싯을 미리 조정해서 항상 정확한 상태에서 사용하여야 한다.

가. 조정 조건

트랜싯의 조정(adjustment of transit) 조건을 들면 다음과 같다.

① 평반기포관축(平盤氣泡管軸)이 연직축(鉛直軸 : vertical axis)에 수직일 것.

② 시준선(視準線)은 수평축(水平軸 : horizental axis)의 중점(中點)에서 이와 직교

(直交)하고 시준선(視準線)은 광축(光軸)과 일치시킬 것.

③ 수평축과 연직축은 수직일 것.

④ 십자횡선(十字橫線)은 대물(對物)렌즈의 광심(光心)과 수평축에 의해 만들어 지는 평면 내에 있을 것.

⑤ 시준선이 수평일때 망원경 부착 수준기의 기포는 중앙에 있을 것.

⑥ 시준선이 수평이고 망원경 부착 수준기의 기포가 중앙에 있을 때는 연직분도원의 0°와 버어니어의 0°는 일치할 것.

위 조건중 수평각측정에 필요한 조건은 ①~③이고, 연직각측정에도 ①~⑥까지 전부의 조정이 완전해야 한다.

나. 평반기포관의 조정(제 1조정)

서로 직각으로 장치되어 있는 두 개의 평반기포관의 기포가 중앙에 있을 때는 연직축은 연직으로, 평반은 수평으로 되어야 하며, 그렇지 않을 때는 평반기포관을 조정하여야 한다. 평반기포관의 조정(제 1조정 : adjustment of plate level)의 순서는 다음과 같다.

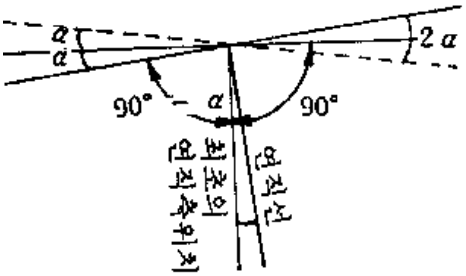
① 기계를 견고한 지반에 세우고 평반기포관을 대각선으로 위치한 한 쌍의 정준나사와 평행하게 놓는다.

② 정준나사를 이용하여 기포관의 기포를 중앙에 오게 한다.

③ 평반을 조용히 연직축 주위로 180°회전시켰을 때 기포가 그대로 중앙에 있으면 정상이다.

④ 이때 기포가 이동하면 이동량의 1/2은 정준나사로, 1/2은 평반기포관의 상하에 있는 조정나사로 조정한다.

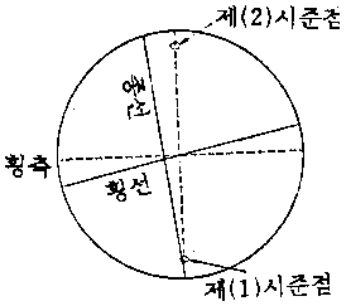
⑤ 한 번으로 조정이 불완전하면 이를 반복한다.



다. 십자종선의 조정(제 2조정)

십자종선(十字縱線)이 수평축과 직교하는 평면 내에 위치하여 시준선이 수평축과 직교되야 한다. 만일 그렇지 않을 때는 십자종선을 조정하여야 한다. 십자종선의 조정(제 2조정 : adjustment of vertical hair)은 다음의 두 가지 방법이 있다.

(1) 제 1검사에 의한 십자종선의 조정



① 가능한한 먼 곳의 한 점에 트랜싯 종선의 위또는 아래의 한 끝을 맞추어 수평과 연직고정나사로 전운동을 고정시킨다.

② 연직미동나사(vertical tangent screw)를 이용하여 시준선을 수평축 주위에 회전시켜 시준한다.

③ 시준한 점이 항상 종선위에서 움직이면 정상, 즉 종선은 수평축과 직교된다.

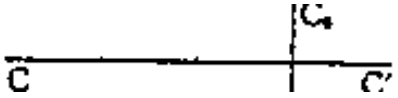
④ 이때 시준점이 종선에서 벗어나면 십자선환(十字線環)을 유지하고 있는 4개의 조정나사를 풀어서 십자선환을 회전시켜 조정한다.

⑤ 한 번으로 조정이 불완전하면 반복한다.

(2) 제 2검사에 의한 십자종선의 조정

① 견고한 지점 A에 트랜싯을 세워 정준한 다음 50~100 m 떨어진 벽 같은 곳에 명확한 점 B를 설치한 후 시준하여 기계의 수평운동 일체를 상·하부 고정나사로 고정시킨다.

② 망원경을 수평축 주위로 수직 회전시켜 반전한 시준선상에 AB와 같은 거리, 같은 높이인 곳에 흰종이를 붙여 그 종이에 한 점 C를 결정한다.



③ 망원경을 반전(反位 : telescope inverted)한 채로 수평운동을 시켜 다시 점 B를 시준한 후 모든 수평운동을 정지시키고, 망원경을 수직 회전시켜 정위(telescope normal)상태로 먼저 정한 점 C를 시준한다.

④ 시준선이 점 C와 일치하면 정상이다.

⑤ 이때 시준선이 점 C와 일치하지 않는다면 그 흰종이 위에 또 하나의 점 C'를

설정하고 CC'를 직선으로 연결하여 4등분한다.

⑥ 이때 C'에서 제일 가까운 1/4점을 C_0이라 하고, 십자종선이 이 점에 일치되도록 십자선 조정나사로 조정한다.

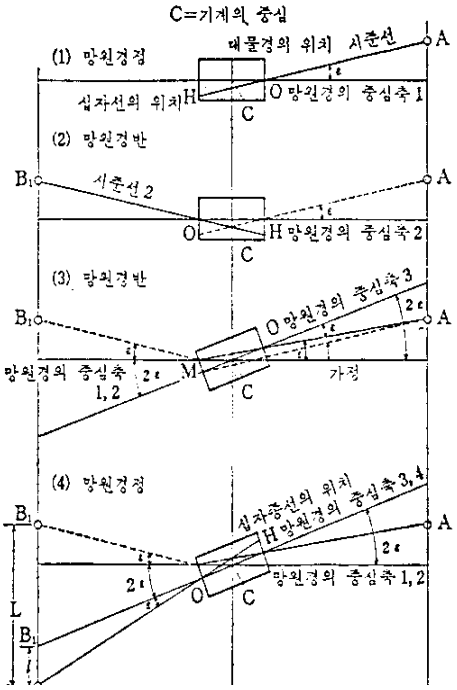
1/4 점을 택하는 이유는 다음과 같다.

(1)은 망원경을 정위로 점 A를 시준하였을 경우이다.

(2)는 망원경을 반위로 점 B를 시준하여 표시하였을 경우이다.

(3)은 망원경을 반위로 점 A를 시준하였을 경우이다. 이때 시준오차는 (1)의 반대쪽에 생기므로 망원경의 중심축은 (1)의 경우 보다 2ε만큼 오차가 생긴다.

(4)는 망원경을 정위로 B_2 를 시준하였을 경우이다. 따라서 B_1과 B_2 사이에는 4ε만큼 오차가 생기므로 십자선을 중앙에 오게 하려면 B_2에서 1/4이 되는 점 B_0에 일치시켜면 된다.

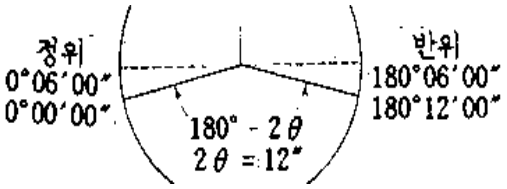


(3) 제 2검사의 별법에 의한 십자종선의 조정

① 명확하게 보이는 한 점에 트랜싯을 설치하여 망원경을 정위와 반전의 두 위치에서 시준하여 그 수평각도를 읽는다.

② 정・반 양 위치의 각도차가 180°이면 정상이다.

③ 이 때 각도차가 180°가 아니면 그 차는 시준축오차로서 실제오차의 2배가 된다. 이에 대한 보정은 그 각도차의 1/2을 보정할 값으로 하고, 다음에 상부 미동나사로 보정량을 수평분도원에 맞춘다. 이때 시준선의 위치는 목표를 가르키지 않을 것이므로 십자선을 십자선 조정나사에 의하여 목표물을 맞추면 된다.



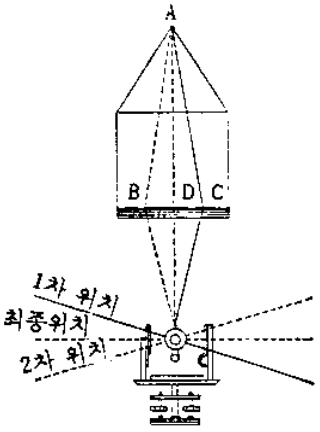
(예제) 기계를 정치한 다음 수평분도원의 0°00′00″와 버어니어의 0°를 일치시키고 상부고정나사를 잠근 후, 하부운동으로 점 A를 정확히 시준하여 하부고정나사를 잠근다. 그 다음 망원경을 반전하여 상부고정나사를 풀고 점 A를 시준하였더니 위 그림과 같이 180°12′00″의 수평각이 측정되었다.

이 때의 시준축오차는 얼마인가 ?

(풀이) 시준축오차 $= \dfrac{12'}{2} = 6'$

라. 수평축의 조정(제 3조정)

수평축을 유지하고 있는 두 지주의 높이는 같은 높이여야 한다. 즉, 수평축과 연직축은 직교하여야 하는데, 이 조건이 불완전하여 생기는 오차를 수평축오차라고 한다. 수평축오차가 발생하였을 때에는 수평축을 조정(제 3조정 : adjustment of horizontal axis)하여야 한다.



① 트랜싯을 설치하여 정준한 다음 상향각(仰角)을 크게하여 명확히 볼 수 있는 높은 한 점을 시준하고,모든 수평운동을 상・하부고정나사에 의하여 고정한다.

② 망원경을 아래쪽으로 향하여 기계높이와 거의 높이가 같은 점 A의 기초 위에 점 B를 정한다.

③ 망원경을 반전하여 수평운동을 풀고, 다시 점 A를 시준한 후, 수평운동을 고정한다.

④ 망원경을 아래쪽으로 내려 점 B를 시준한 시준선이 점 B와 일치하면 정상이다.

⑤ 이때 시준선이 점 B와 일치하지 않을 경우에는 점 C를 정하여 점 B, C를 연결하고, BC의 중간에 점 D를 설치하여 시준선이 이에 일치하도록 수평축 조정나사로 조정한다.

⑥ 조정이 끝나면 망원경을 위쪽으로 향하여 점 A에 시준선이 일치되는지를 검사하고 조정이 안되면 계속한다.

마. 십자횡선의 조정(제 4조정)

십자선의 교점은 망원경의 중심, 즉 광축과 일치하여야 하고, 십자횡선은 수평축과 평행해야 한다. 이때 앞에서 설명한 제 2조정만 완전하면 기계구조상 십자횡선과

수평축은 자연히 평행된다. 그러나 이 조건이 불완전하였을 때에는 십자횡선을 조정(제 4조정 : adjustment of horizontal hair)하여야 한다.

(1) 제 1검사에 의한 십자횡선의 조정

① 트랜싯을 정치하고 모든 고정나사를 잠근 후 시준선상 50~100 m 떨어진 지점에 표척을 세워 그 값을 읽는다. 이때 연직분도원의 각도는 0°에 맞춘다.

② 망원경을 반전하고 수평운동을 시켜 다시 연직각을 0°에 일치시킨 후 먼저 세운 표척에서 그 값을 읽을 때 두 관측치가 일치되면 정상, 즉 십자선의 교점은 광축과 일치된다.

③ 이때 정·반위의 관측치가 일치하지 않으면 그 평균값을 시준할 수 있도록 십자횡선을 상하로 조정한다.(연직분도원으로 검사하였을 경우에는 분도원 각도값의 평균에 연직각을 맞추고, 시준표척을 십자횡선이 가리키게 조정한다.)

(2) 제 2검사에 의한 십자횡선의 조정

연직분도원을 사용하지 않을 경우에는 다음의 방법에 의해 십자횡선을 조정할 수 있다.

① 기계를 정치하고 3 m 정도 떨어진 곳과 50~100 m 떨어진 두 곳에 표척을 세워 각각 시준치 a(근거리), b_1(원거리)을 읽는다.

② 망원경을 반전하여 시준치 a와 b_1을 측정하여 ① 의 경우와 같으면 정상이다.

③ 반위한 시준치가 일치하지 않으면 이 시준치를 b_2로 하고 b_1과 b_2의 평균치에 십자횡선이 일치하도록 십자선 횡조정나사로 조정한다.

바. 망원경 기포관의 조정(제 5조정)

망원경의 기포관축은 시준선축과 평행하여야 한다. 이 조건이 불완전할 경우에는 망원경 기포관을 조정(제 5조정 : adjustment of the telescope level)하며, 이 조정은 수평각 측정에는 관계가 없으나 직접 수준측량을 할 때 필요하다.

제 5조정은 덤피레벨의 제 2조정(시준축과 기포관축의 평행을 위한 조정)과 같은 방법으로 조정한다.

사. 연직분도원 버어니어의 조정(제 6조정)

망원경에 장치되어 있는 기포관의 기포가 중앙에 있을 때, 즉 시준선이 수평일 때 연직 분도원의 0점을 버어니어의 지표로 표시한다. 이 조건이 불완전할 경우에는

연직분도원을 조정(제 6조정 : adjustment of the vertical index frame)하여야 한다.

① 제 5조정을 마친 다음 망원경의 기포를 중앙에 오게 하고, 연직분도원 버어니어의 지표가 각도 0°를 표시하고 있는지 조사한다.

② 연직분도원 버어니어의 지표가 각도 0°를 표시하고 있으면 정상이다.

③ 만일 이를 만족하지 않을 경우에는 버어니어 양쪽에 붙어 있는 조정나사를 이용하여 조정한다. 또 이 조건은 차이량만 알고 있다면 측정치를 그만큼 보정하여도 된다.

2.1.4.3. 측량의 실행

가. 기능에 관련된 각종 계산

(1) 망원경 배율의 계산

트랜싯 망원경의 배율(magnifying power of telescope)은 다음식에 의하여 산출한다. 일반적으로 보통 측량용 망원경의 배율은 20~30배 정도이다.

○ 망원경의 배율(m) $= \dfrac{\text{대물렌즈의 초점거리(F)}}{\text{대안렌즈의 초점거리(f)}}$

(2) 기포관의 곡률 반지름과 감도 및 수준오차의 계산

기포는 낮에는 아침이나 저녁보다 조금 커지므로 그 이동도 예민하다. 감도가 너무 크면 수평으로 설치할 때 너무 많은 시간이 소요되고 반대로 너무 작으면 측량의 결과가 부정확하므로 기계의 성능에 따라 알맞는 것을 쓰지 않으면 안된다.

기포관의 곡률반지름과 감도와의 관계는 다음과 같다.

<표 8-2-8> 기포의 곡률반지름에 따른 감도

곡률반지름(m)	10	15	20	25	30	35	50	100	150
1눈(2㎜)의 감도(초)	41	27	23	20	16	13.7	8.25	4.13	2.75

기포가 이동할 때 생기는 수준오차(水準誤差)는 다음식에 의하여 산출한다.

$$\frac{S}{D} \fallingdotseq \frac{na}{R} \text{ 이므로 } \quad S = \frac{na}{R} \cdot D$$

여기서, S : 수준오차(㎜)

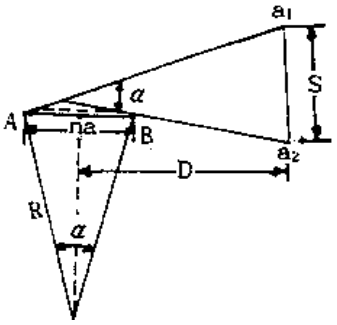
a : 기포관 1 눈금의 간격(보통 2 ㎜)

n : 기포가 이동한 눈금수

R : 곡률반지름(*m*) (감도 40″는 약 10 *m*)

α : 양시준선이 이루는 각

D : 시준거리



(예제) 기포관의 감도가 27″인 트랜싯으로 70 *m* 거리를 수평으로 시준하였을 때 기포관의 1/4 눈금에 대한 수준오차는 얼마인가 ?

(풀이) n = 1/4, a = 2 ㎜ , R = 15 m, D = 70 *m* 이므로

$$\text{수준오차(S)} = \frac{1}{4} \times \frac{2}{15} \times 70 = 2.33 \text{ ㎜}$$

(3) 버어니어의 최소읽음값의 계산

순버어니어의 종류는 다음 표와 같다.

<표 8-2-9> 순버어니어의 종류

분도원 1 눈금의 돗수	버어니어 전장에 있는 눈금수		최소읽음값
	어 미 자	버어니어	
1°	11	12	5′
30′	29	30	1′
20′	59	60	20″
10′	59	60	10″

또한 버어니어에서 읽을 수 있는 최소값은 순버어니어·역버어니어 모두 다음식에 의하여 산출한다.

○ $C = \frac{1}{n} \cdot S$ 여기서, C : 읽는 최소값, S : 어미자 1 눈금의 돗수

n : 버어니어의 눈금 수

(예제 1) 어미자의 1 눈금이 1 ㎝ 일 때 버어니어에서 1 ㎜ 까지 읽으려면 버어니어의 눈금수는 얼마로 하여야 하는가 ?

(풀이) C = 1 ㎜ , S = 1 ㎝ = 10 ㎜ 에서 눈금수(n) = 10/1 = 10 이므로 순버어니어는 어미자의 9 눈금을 10 눈금으로 역버어니어는 어미자의 11 눈금을 10 눈

금으로 한다.

(예제 2) 분도원의 1 눈금이 30'일 때 버어니어에서 1′까지 읽으려면 순버어니어의 눈금수는 얼마로 하여야 하는가 ?

(풀이) C = 1′, S = 30′에서 눈금수(n) = 30/1 = 30 이므로 순버어니어는 어미자의 29 눈금을 버어니어의 30 눈금으로 한다.

(예제 3) 분도원의 1 눈금이 20′일 때 59 눈금을 버어니어에서 60 눈금으로 하면 그 최소읽음값은 얼마인가 ?

(풀이) n = 60, S = 20′ = 1200″ 이므로

최소읽음값(C) = 1200 / 60 = 20″

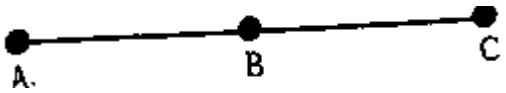
나. 직선의 연장과 각의 측설

직선의 연장법(prolongation of straight line)에는 여러 가지가 있으며, 보통 다음과 같은 간단한 방법들이 쓰이고 있다.

(1) 간단한 직선연장법

① 점 A에 트랜싯을 설치하고 점 B를 시준하여 상・하부고정나사를 잠근다.

② 그 시준선의 연장선에 점 C를 설정하여 점 C에 포올을 세우고, 점 A에서 다시 시준하여 십자선의 교차점이 포올의 하단부와 일치하면 점 C는 AB의 연장선상에 있게 된다.



이상의 방법과 다른 다음의 방법(별법)에 의해 직선을 연장할 수 있다.

① 점 B에 트랜싯을 설치하고, 점 A를 시준하여 상・하부고정나사를 잠근다.

② 망원경을 반전(反轉)하여 점 C의 위치를 설정하면 점 C는 AB의 연장선상에 있게 된다.

(2) 연장이 긴 경우의 직선연장법

직선이 길어서 처음점에서 끝점이 잘 보이지 않을 경우에는 다음의 방법으로 직선을 연장하여야 한다.

① 점 A에 트랜싯을 설치하여 시준이 가능한 곳 점 D를 설정하고 상・하부고정나사를 잠근다.

② 그 시준선상 임의의 점 C에 포올을 세워 망원경 십자선의 교차점과 일치되면 말뚝을 박는다.

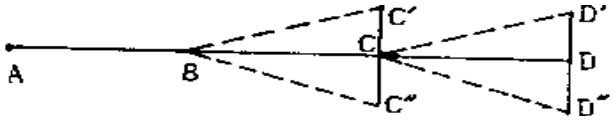
③ 다음 트랜싯을 점 B에 옮겨 점 C와 D를 시준하여 점 D를 결정한다.

④ 오차를 작게 하기 위하여 반드시 두 점씩 시준하여 전진하여야 한다.

(3) 정확한 결과를 필요로 할 경우

① 점 B에 트랜싯을 세워 점 A를 시준하고 망원경을 반전하여 시준선상에 점 C′를 정한다.

② 망원경이 반전된 상태로 하부고정나사를 풀고 수평으로 회전하여 다시 점 A를 시준하고, 망원경을 반전하여(정위치로 됨) 시준선상에 점 C″를 정한다.



③ 점 C′, C″의 중간점을 점 C라 하면 BC는 AB선의 정확한 연장선상이 된다.

④ 다음에 점 C에 트랜싯을 옮기고, 이 방법을 반복하여 직선을 연장한다.

(4) 각의 측설법

∠α를 극히 정확하게 지상에 측설하는 방법은 다음과 같다.

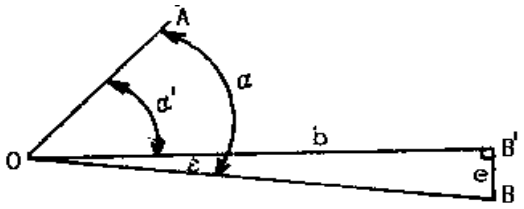
① 버어니어의 0을 분도원의 0°에 일치시켜 상부고정나사를 잠그고, 점 A를 시준한 후 하부고정나사를 잠근다.

② 상부고정나사를 풀어 분도원상에 ∠α가 되도록 점 B′를 정한다.

③ ②에서 측설한 ∠AOB′를 반복법에 의하여 정확하게 측정하고, 그 측정치를 ∠α′로 한다.

④ ∠α′와 ∠α의 차이 ε초(″)를 지거방법으로 보정한다.

즉, $e = \dfrac{b\varepsilon''}{\rho''}$ 단, $\rho'' = 206{,}265''$ (1 radian)



(예제) 점 0에서 점 A를 기준으로 45°00′00″의 각도로 점 B를 측설하고자 하였으나 45°00′20″의 각도로 30 m 떨어진 곳에 점 B′를 측설하였다. 지거방법에 의하여 조정하여라.

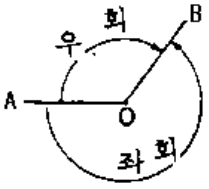
(풀이) b = 30 m , ε = 20″ 이므로

$$\text{보정량(e)} = \frac{20'' \times 30}{206{,}265''} \fallingdotseq 0.00291\ \text{m} = 2.91\ \text{㎜}$$

다. 측각

(1) 수평각의 측정

(가) 단측각법



① 점 O에 트랜싯을 설치하고, 버어니어 0과 분도원의 0°를 일치시켜 상부고정나사를 잠그고, 점 A를 시준한 후 하부고정나사를 잠근다.

② 상부고정나사를 풀어 점 B를 시준하여 상부고정나사를 잠그고 미동나사를 이용하여 점 B에 십자선을 일치시킨다.

③ 이때 시계방향을 돌리면 우회(clockwise), 시계반대방향으로 돌리면 좌회(counter clockwise)라 한다.

(나) 반복측각법

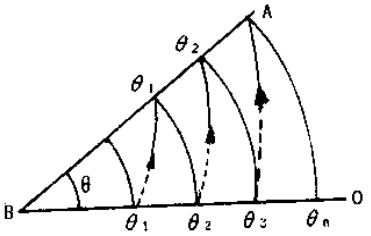
정확한 결과가 필요한 경우에 이용되며 배각법(倍角法)이라고도 한다.

① 점 B에 트랜싯을 설치하고 버어니어 0과 분도원 0°를 일치시키고, 상부고정나사를 죄고 하부고정나사를 풀어 점 A를 시준한 후 하부고정나사를 잠근다.

② 상부고정나사를 풀어 점 C를 시준하여 $\angle\Theta_1$을 측정하고 상부고정나사를 잠근다.

③ 하부고정나사를 풀어 다시 점 A를 시준하여 하부고정나사를 잠그고, 상부고정나사를 풀어 점 C를 시준하여 $\angle\Theta_2$를 측정한다.

④ 이와 같이 n 회를 되풀이하여 측각한 각을 ∠Θ_n 이라 하면 ∠ABC의 평균각은 다음과 같이 된다.



$$\angle ABC = \Theta = \frac{\Theta_n}{n} \quad (\text{단, } n : \text{관측 횟수})$$

처음 점 A를 시준할 때 버어니어 읽음값이 α라 하면 ∠ABC의 평균각은 다음과 같이 된다.

$$\angle ABC = \Theta = \frac{\Theta_n - \alpha}{n}$$

더 정확한 결과를 얻으려면 망원경을 정위로 해서 우회와 좌회로, 또한 도위(반위)로 해서 우회 및 좌회로, 각 3회씩 측정하여 그 평균값을 취한다.

(예제) 김일용은 트랜싯측량에서 반복측각법을 이용하여 표와 같은 결과를 얻었다. 평균값은 얼마인가 ?

기계점	시준점	망원경				도(°)	읽음값						반복회수(회)	각도			비고
		정위		반위			버어니어(Ⅰ)(′)(″)		버어니어(Ⅱ)(′)(″)		평균(회)(′)(″)			°	′	″	
		우회	좌회	우회	좌회												
B	A					0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	
B	C	1				151	27	0	26	40	26	50	3	50	28	56.7	
B	C					0	0	0	0	0	0	0					
B	A		1			151	27	10	26	20	26	45	3	50	28	55.0	
B	A					0	0	0	0	0	0	0					
B	C			1		151	26	50	27	10	27	0	3	50	29	0.0	
B	C					0	0	0	0	0	0	0					
B	A				1	151	27	0	26	50	26	55	3	50	28	58.3	

(풀이) 평균 = 50°28′57.5″

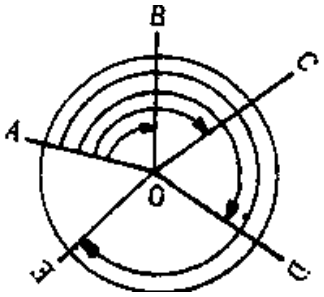
(다) 방향관측법

한 측점에서 주위에 있는 측점의 방향을 시준하여 각각의 각도를 측정하고, 끼인각(夾角)을 그 방향각의 차로서 구하는 방법이다. 이 방법은 측점수가 많아도 버어니어가 정밀하다면 정확한 성과를 얻을 수 있으므로 속도상 이 방법을 쓰는 수가 많다.

① 점 O에 트랜싯을 설치하여 점 A를 시준하고, 버어니어 0과 분도원 0°를 일치시켜 상·하부고정나사를 잠그고, 상부고정나사를 풀어 점 B를 시준하여 Ⅰ버어니어와 Ⅱ버어니어를 읽어 야장에 기재한다.

② 하부고정나사를 잠근 채로 망원경을 우회전시켜 점 C를 시준하고 Ⅰ버어니어와

Ⅱ버어니어를 읽어 야장에 기재한다.



③ 망원경을 반전하고 180°우회전시켜 점 C에서 시작하여 앞의 방법과 같이 점 B, 점 A의 순차로 관측하여 제 1대회(對回)를 마치고, 버어니어 0과 분도원 90°로 일치시켜 제 2대회의 관측을 한다.

④ 이것이 끝나면 그 관측차가 한도(30") 이내에 있으면 두 대회(對回)의 평균값을 관측각의 값으로 취하고, 한도를 넘으면 재측하여야 한다.

⑤ 제 3대회의 경우는 각각 0°, 60°, 120°에서 시작한다.

※ 삼각측량에서는 2~12대회, 도선법에서는 1대회로 하고, 방향수는 6측점을 넘어서는 안되며 야장기입법은 다음과 같다.

대회	분도원	망원경	측점	도(°)	버어니어 (Ⅰ)(′)	버어니어 (Ⅱ)(′)	중수(中數) (Ⅰ+Ⅱ) 2 (° ′ ″)	관측각(觀測角) (° ′ ″)	교차	관측차	
제1대회	0	우	A	0	01.7	01.9	0 01 48	0 0 0			3 07 45 - 0 01 48=30 05 57
			B	30	07.7	07.8	30 07 45	30 05 57	3	3	79 10 30 - 0 01 48=79 08 51
			C	79	10.6	10.7	79 10 39	79 08 50	15	12	259 10 24 - 0 01 48=76 08 36
		좌	C	259	10.4	10.4	259 10 24	79 08 36			210 07 42 - 0 01 48=30 05 54
			B	210	07.5	07.9	210 07 42	30 05 54			180 01 48 - 0 01 48= 0 0 0
			A	180	01.7	01.9	180 01 48	0 0 0			
제2대회	90	우	A	90	01.5	01.7	90 01 36	0 0 0			ㅇ교차 : 관측각 초의 차
			B	120	07.3	07.7	120 07 30	30 05 54	3	3	ㅇ관측차 : 교차초의 차
			C	169	10.1	10.4	169 10 15	79 08 39	15	12	ㅇ관측차의 한도 : 30″
		좌	C	340	10.2	10.4	349 10 18	79 08 42			ㅇ관측차의 한도가 30″이상일 때는 원인을 조사하여 재측정해야 함
			B	300	07.3	07.7	300 07 30	30 05 54			
			A	270	01.4	01.7	270 01 36	0 0 0			

(2) 트랜싯에 의한 수직각의 측정

수직각은 수직분도원에 의하여 시준선과 수평선이 만드는 각이며, 시준선과 수평선의 위치에 따라 다음과 같이 구분한다.

○ 앙각(angle of elevation) : 시준선이 수평선 위에 있을 때 (+)

○ 부각(angle of depression) : 시준선이 수평선 아래에 있을 때 (−)

버어니어가 1개인 것은 망원경을 정위와 도위하여 읽음값을 평균하면 조정의 불완전으로 인한 오차를 없앨 수 있으며, 버어니어가 2개인 것은 그 평균값을 취하면 편

심오차를 없앨 수 있다.

2.1.4.4. 측각시 발생오차

가. 오차의 원인

트랜싯에 의한 측각시에 발생하는 오차의 원인은 다음과 같이 구분할 수 있다.

① 기계오차

㉠ 기계 구조상의 오차(조정이 불가능함)

㉡ 조정이 불완전하여 발생되는 오차

② 조작의 부주의에 의한 오차

㉠ 기계 설치시 편심으로 발생되는 오차

㉡ 평반의 기울어짐으로 발생되는 오차

㉢ 삼각의 불완전과 삼각 고정나사가 풀려져서 발생되는 오차

③ 측각치를 읽을 때 발생되는 오차

④ 시준오차

㉠ 십자선의 중심이 시준표와 불일치하여 발생되는 오차

㉡ 시준표나 포올이 측점의 연직선상에 없기 때문에 발생되는 오차

⑤ 자연현상에 의한 오차

바람, 일사, 온도변화, 일광의 굴절 등으로 발생되는 오차

⑥ 착오

측각중 나사의 취급 착오, 잘못 읽음, 잘못 기재 등으로 발생되는 오차

나. 기계적 오차의 제거

트랜싯은 연직축(鉛直軸), 수평축(水平軸) 및 수직축(垂直軸)의 3 축으로 되어 있다. 이들의 상호간의 조정은 기포관축을 기준으로 행해진다. 그러나 일반적으로 이 조정을 완전하게 할 수는 없다. 또 기계의 구조상 조정이 불가능한 것도 있어서 이들이 원인이 되어 오차가 발생하여 관측각(觀測角)에 영향을 준다. 그러나 이 오차는 그 구조와 성질을 잘 연구하면 제거할 수 있는 것이 많다. 그 중 몇 예를 들면 다음과 같다.

(1) 회전축의 편심에 의한 오차의 제거

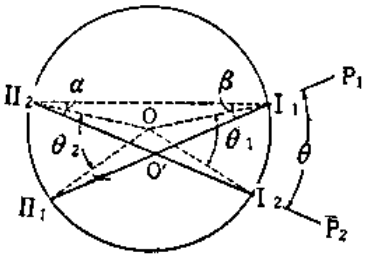
분도원의 중심과 기계의 회전축은 일치하고 있어야 한다.

① 잣눈반(盤)의 중심점 O에 대해 기계의 회전축이 점 O′와 같은 상태에서 점 P_1과 P_2 의 사이각을 측정하면 이때의 정확한 각은 Θ가 된다.

② 그러나 각도를 읽는 위치는 $O'P_1$과 $O'P_2$ 가 잣눈반과 교차되는 I_1, II_1과 I_2, II_2이고, 양위치에 눈금된 잣눈에 의하여 Θ_1과 Θ_2를 읽게 된다.

$$\alpha = \frac{\Theta_1}{2}, \quad \beta = \frac{\Theta_2}{2}$$

$$\Theta = \alpha + \beta = \frac{(\Theta_1 + \Theta_2)}{2}$$



이므로 정확한 ∠Θ는 180°를 대각하고 있는 2개의 버어니어값의 평균값을 취한다.

(2) 시준축의 편심에 의한 방법

망원경이 수평축의 주위에 회전할 때 시준선이 만드는 평면은 잣눈 분도원의 중심을 통과해야 한다.

① 분도원의 중심점 O와 임의의 간격이 떨어진 시준선의 망원경으로 점 P_1과 P_2를 측정하였다고 하면, 망원경이 시준점을 향하여 중심의 우측에 있을 때를 정위(正位)의 위치로 하고 망원경을 반전(反轉)하면 좌측에 오게 된다.

② 따라서 망원경을 정위로 측정한 각을 Θ_1, 반전으로 측정한 각을 Θ_2로 하면 정확한 각 Θ는 $\angle P_1OP_2$ 이므로 그 차를 보정해야 한다.

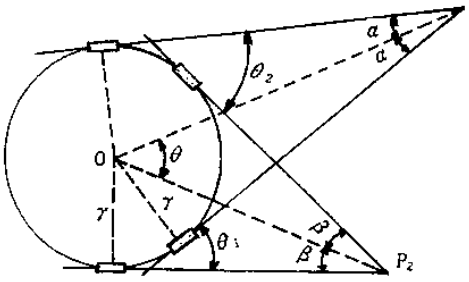
Θ와 Θ_1 및 Θ_2 사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$\alpha + \Theta = \Theta_1 + \beta$$

$$\beta + \Theta = \Theta_2 + \alpha$$

$$2\Theta = \Theta_1 + \Theta_2$$

$$\Theta = \frac{(\Theta_1 + \Theta_2)}{2}$$



망원경을 정·반(正·反)의 두 위치에서 측정한 각을 평균하여 오차를 제거할 수 있다.

(3) 시준축오차에 의한 방법

이것은 제 2조정이 불완전하여 시준축이 수평축에 직교하지 않을 때 수평각에 미치는 영향이다.

① 점 O를 기계의 중심, XOY는 수평으로 정치된 수평분도원이라 하고, 수평축에 직교하는 연직의 평면 XOZ에 대하여 시준축이 ε만큼 기울어져 있다고 한다.

② 지금 고도 h 되는 점을 시준하여 수평방향의 운동을 고정하고, 망원경을 상,하로 회전하면, 시준선은 XOZ면에서 항상 ε만큼 각을 기울어져서 D′PZ′의 평면을 그리고 수평분도원의 점 D′의 각도를 읽게 된다.

③ ε = 0 인 망원경으로 같은 점 P를 시준하면, 시준선은 ZPD의 평면을 그리면서 수평분도원의 점 D의 각도를 가르킨다.

④ 이때, OX를 기준으로 점 P의 정확한 수평각은 ∠XOD = α 인데, ∠XOD′ = ε이므로 수평오차는 α − ε = DD′ 이다.

⑤ 점 P를 통과하여 XOY에 평행한 평면으로 ZX선을 절단한 점을 Q 라 하면,

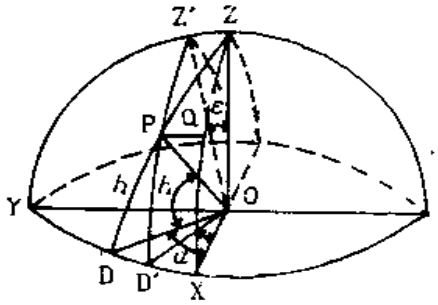
$\varepsilon = PQ = XD' = ZZ'$, $DP = h$, $PZ = 90^\circ + h$

구면삼각형(球面三角形) △ZPQ와 △ZDX는 닮은꼴이므로

$$\frac{DX}{ZD} = \frac{PQ}{PZ} \text{이고} \quad \frac{\sin\alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin(90^\circ - h)}$$

$\sin\alpha = \sin\varepsilon \cdot \sec H$

$\alpha = \varepsilon \cdot \sec H$ (보통 α, ε가 매우 작으면 $\sin\alpha \fallingdotseq \alpha$ $\sin\varepsilon \fallingdotseq \varepsilon$ 임)



⑥ 따라서 수평면에는 $DD' = C = \alpha - \varepsilon = \varepsilon \cdot (\sec H - 1)$의 오차가 생긴다. 또 두 점 $P_1(h_1)$과 $P_2(h_2)$를 관측해서 수평각을 구했을 때의 오차는 $C_1 - C_2 = \varepsilon \cdot (\sec H_1 - \sec H_2)$ 이다.

이 식에서 아는 바와 같이 그 시준점의 표고가 같을 경우에는 ε의 영 향이수평각에는 미치지 않는다. 또한, 망원경을 정·반위의 두 위치에서 관측한 평균치를 취하면, 두 오차의 부호가 상반되므로 시준축오차에 의한 오차를 제거할 수 있다.

(4) 수평축오차에 의한 방법

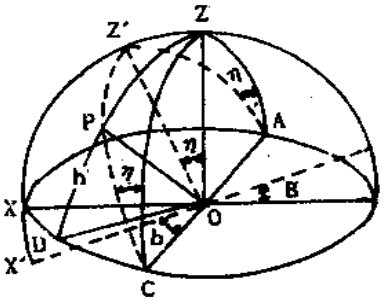
제 3조정의 불완전으로 수평축이 연직축에 직교하지 않을 경우의 오차는 다음과 같은 방법으로 제거한다.

① 정확한 수평축 XY에 대하여 η만큼 수평축이 기울어져 X′Y′의 위치에 있다고 하면, 이때 수평축에 직각으로 되어있는 시준축을 X′Y′의 주위에 회전하면 정확한 연직면 CZA에 대하여 η만큼 기울어진 CZ′A면을 그리게 된다.

② 이 평면에 포함된 한 점 P의 높이를 h로 하고 이 점을 시준하면 수평분도원 의 잣눈은 점 C를 가르키게 된다. 그러나 정확한 수평축에 직각인 시준축에 의하여 점 P를 시준하면 수평분도원의 잣눈은 점 P를 포함하는 연직면 ZPD가 수평면과 교차하는 점 D를 가르키게 된다.

④ 따라서 CD = ∠COD 의 오차가 생기게 된다.

CD = b라 하면 sin b = tan η · tan h 이고, b, n 은 극소치이므로 sin b ≒ b, tan η ≒ η 따라서 b = n · tan η 수평각은 그 방향의 각차(角差)이므로 수평각에 미치는 영향은 $b_1 - b_2 = \eta\ (\tan h_1 - \tan h_2)$이다.



이때, 두 시준점의 표고가 같을 경우 그 수평각은 수평축오차에 의한 오차는 없고, 망원경을 정 · 반위 두 위치에서 관측하면 그 오차의 부호가 상반되므로 이 오차를 제거할 수 있다.

(5) 연직축오차에 의한 방법

이 오차는 제 1조정이 불완전했을 때와 기계제작상의 결함에 의하여 발생한다.

① 연직축이 ψ만큼 기울어진 상태에서 α방향으로 고도 h인 점을 시준했을 때 수평각이 생기는 오차(a)는 a = ψ · tan h · sinα 가 된다.

② 그 방향을 시준하였을 때 그 각차(角差)는

$a_1 - a_2 = \psi \cdot (\tan h_1 \cdot \sin\alpha_1 - \tan h_2 \cdot \sin\alpha_2)$의 오차를 갖는다.

이 식에서 알 수 있는 바와 같이 이 오차는 망원경을 정 · 반위로 관측을 하여 그 관측치의 평균을 취하여도 제거할 수 없다.

2.1.5. 트래버어스측량

트래버어스측량(절선측량, 折線測量 : traverse survey)은 다각측량(多角測量 : polygonal survey)이라고도 하며, 연속된 측선의 거리와 방향을 차례로 측정하는 측량으로서 각(角)의 측정은 트랜싯·컴퍼스 등으로 하는 것이 보통이다.

측정결과에 대해서는 경위거(經緯距 : departure and latitude)를 계산하고, 각 측점의 좌표를 결정하여 세부측량의 기본이 되는 트래버어스(折線 : traverse)를 그리고 면적을 계산한다.

2.1.5.1. 측각법

트래버어스측량에 있어서의 측각법(測角法)에는 다음과 같은 방법이 있다.

① 방위각법(方位角法 : azimuth angle method)

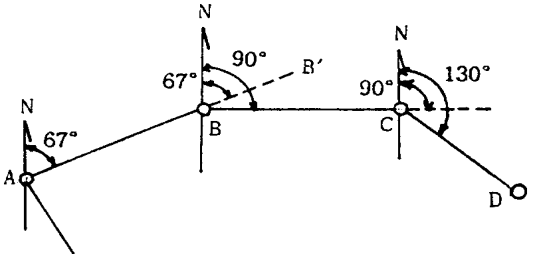
② 편각법(偏角法 : deflection angle method)

③ 내각법(內角法 : interior angle method)

가. 방위각법

방위각(方位角 : azimuth)이란 N, S를 기준으로 하여 N에서 시계방향으로 측각 하는 것을 말하는데, 측각방법은 다음과 같다.

① 점 A에 트랜싯을 설치하여 분도원의 0°와 버어니어의 0을 일치시켜 상부고정나사를 잠그고, 자침을 늦추어 콤파스의 0°를 자침끝에 맞추어 정지시키고, 하부고정나사를 잠근다.



② 상부고정나사를 풀어 기계를 시계방향으로 수평회전시켜 점 B를 시준하고 상부고정나사를 잠그고, 미동나사로 정준하여 AB의 방위각(67°)을 읽는다.

③ ②에서 측정한 방위각(67°)을 그대로 둔 채로 하부고정나사를 풀고, 망원경을 반위하여 점 B에 옮겨 설치한다.

④ 점 A를 시준하여 하부고정나사를 잠그고 망원경을 정위하여 점 B′방향으로 향

하게 한 후 상부고정나사를 풀고, 기계를 시계방향으로 회전하여 점 C를 시준한 후 상부고정나사를 잠그고 BC의 방위각(90°)을 읽는다.

⑤ 이와 같이 계속하여 측정하고 출발점 A에 돌아와 AB의 방위각을 재측정하여 최초의 측정치와 동일하면 정상이다.

⑥ 만일 일치하지 않으면 오차가 발생한 것이므로 조정하거나 재측하여야 한다.

방위각법에 의한 트래버어스측량의 야장은 다음 표와 같다.

<표 8-2-10> 방위각법 트래버어스측량의 야장기입법 (예)

측 선	거 리	방 위 각	방 위	비 고
A B	51.80 *m*	60° 00′		
B C	41.55 *m*	90° 00′		
C D	40.80 *m*	130° 00′		

나. 편각법

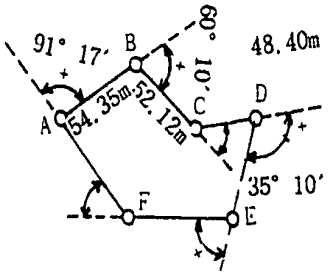
편각(偏角 : deflection angle)이란 그 선의 연장선과 인접되는 선과 이루는 각을 말하며, 시계방향으로 측각한 것을 (+), 시계반대방향으로 측각한 것을 (−)로 표시한다. 이 방법은 주로 도로, 철도, 수도 등의 노선측량에 많이 사용되는데, 편각법에 의한 트래버어스측량의 야장 및 측각방법은 다음과 같다.

<표 8-2-11> 편각법 트래버어스측량의 야장기입법 (예)

측 선	거 리	편 각		비 고
		+	−	
A B	54.35 *m*	91°17′		
B C	52.12 *m*	60°10′		
C D	48.40 *m*		35°10′	

① 점 A에 트랜싯을 설치하고, 분도원의 0°와 버어니어의 0을 일치시켜 상부고정나사를 잠근 후 망원경을 반위하여 점 F를 후시하고 하부고정나사를 잠근다.

② 망원경을 정위로 하고, 상부고정나사를 푼 후 기계를 수평으로 회전시켜 점 B를 전시하여 상부고정나사를 잠그고 각을 읽는다.

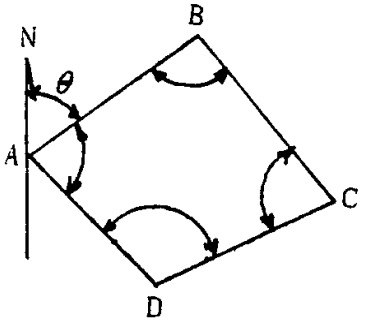


③ 이렇게 계속하며, 폐합트래버어스에서는 그 대수합이 360°가 되어야 한다.

※ 편각법에 의한 트래버어스측량에 있어서 첫 측점의 방위각은 실측하여 두는 것이 좋다.

다. 내각법

서로 접하는 두 측선이 이루는 사이각인 내각(內角 : interior angle)을 측정하는 방법으로 측각방법은 다음과 같다.



① 점 A에 트랜싯을 설치하고 분도원의 0°와 버어니어의 0을 일치시켜 상부고정나사를 잠그고, 점 D를 후시하여 하부고정나사를 잠근다.

② 상부고정나사를 풀어 점 B를 전시하여 AB의 방위각 Θ와 점 A의 내각(∠BAD)을 측정한다.

③ 점 B에 기계를 이동 설치하고, ① 과 같은 방법으로 한다. 점 A를 후시하여 하부고정나사를 잠근 후, 상부고정나사를 풀고 점 C를 전시하고 점 B의 내각을 측정한다.

④ 이와 같이 계속 진행하며, n각형의 내각의 합은 180°× (n−2)를 만족시켜야 한다.

2.1.5.2. 측각치의 조정

가. 측각오차의 처리

트래버어스의 측각이 전부 끝나면 관측치가 기하학적으로 만족하여야 한다. 이때 조건과 비교해서 오차가 있는 경우에는 다음과 같이 처리한다.

① 오차가 허용범위 내에 있는지를 조사해서 허용범위보다 클 경우에는 재측하여야 한다.

② 허용범위 내에 있을 경우에는 합리적으로 조정하여 기하학상의 조건을 만족시킨다.

③ n을 트래버어스의 변수(邊數)라 할 때, 트래버어스 측각오차의 허용범위는 다음과 같다.

- ○ 산림지, 복잡한 경사지 : $1.5\sqrt{n}$(분)
- ○ 평지, 보통지 : $1.0\sqrt{n}$ ~ $0.5\sqrt{n}$(분)

○ 시가지, 중요한 곳 : $30\sqrt{n} \sim 20\sqrt{n}$ (분)

④ 특별한 경우를 제외하고는 측정오차가 각 점의 각에서 평균하게 생긴다고 하여 각 점의 각에 가감한다.

나. 측정치의 충족조건

(1) 폐합트래버어스

변수(邊數)를 n, 측정각을 $a_1, a_2, a_3, \cdots$, $[a] = a_1+a_2+a_3+ \cdots$ 라 하면, 측정오차 Δa 는 다음식에 의하여 산출한다.

① 내각 측정인 경우 : $\Delta a = 180°(n-2) - [a]$

② 외각 측정인 경우 : $\Delta a = 180°(n+2) - [a]$

③ 편각 측정인 경우 : $\Delta a = 360° - [a]$

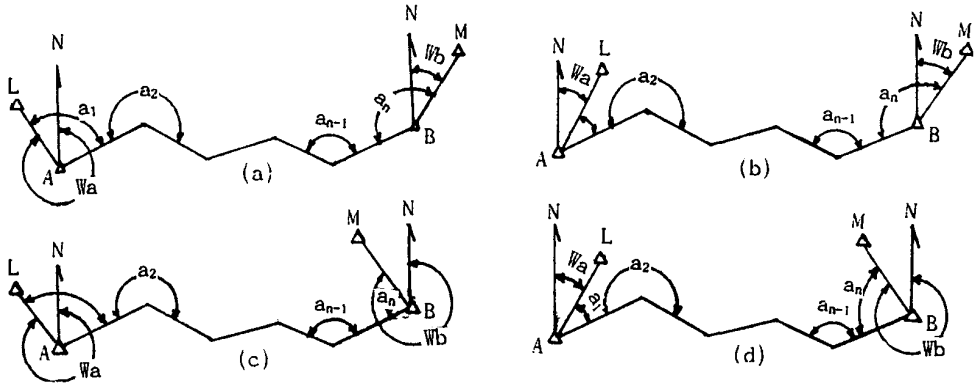
(2) 결합트래버어스

① (a) 인 경우 : $\Delta a = (W_a - W_b) + [a] - 180°(n+1)$

② (b), (c) 인 경우 : $\Delta a = (W_a - W_b) + [a] - 180°(n-1)$

③ (d) 인 경우 : $\Delta a = (W_a - W_b) + [a] - 180°(n-3)$

여기서, $a_1, a_2, a_3, \cdots, a_n$: 교각의 측정치, W_a, W_b : AL, BM의 방위각



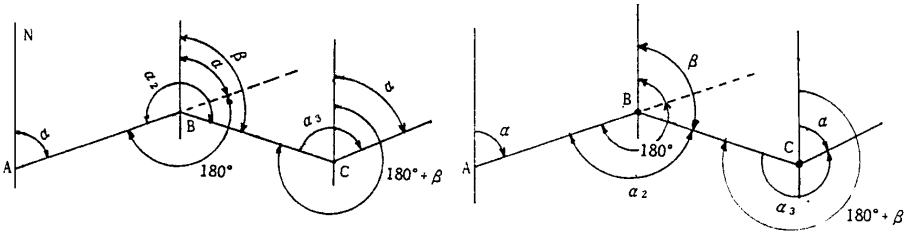
2.1.5.3. 방위각 계산

교각의 측정은 진행방향의 좌측각을 측각하는 경우와 우측각을 측각하는 경우의 두 가지가 있는데, 좌측각의 경우(그림 91 참조)는 (+)로, 우측각의 경우는 (−)로

나타내며, 교각에서 방위각은 다음식에 의하여 산출할 수 있다.

○ 측선의 방위각 = 앞 측선의 방위각 + 180°± 교각

(여기서, 구해진 각이 360°보다 크면 그 각에서 360°를 빼고, 구해진 각이 0°보다 작으면 360°를 더한다.)

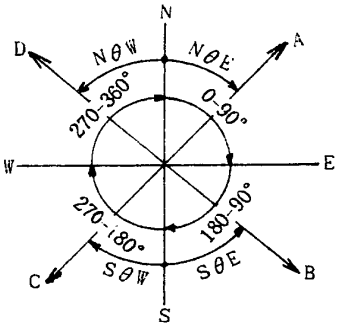


$\beta = \alpha + 180° + a_2$ $\beta = \alpha + 180° - a_2$

2.1.5.4. 방위 계산

가. 방위각

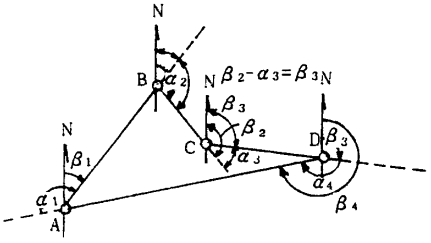
방위각을 측정하여 방위를 산출하는 방법은 다음과 같다.



방위각	방위
0~90°	N 방위각 E
90~180°	S 180°− 방위각 E
180~270°	S 방위각 − 180° W
270~360°	N 360°− 방위각 W

나. 편각

편각에서 방위를 구할 때에는 먼저 방위각을 구한 후, 이것으로 위의 방법에 의해 방위를 구한다.



① 최초선의 방위각은 그 선의 방위각일 것.

② 임의의 측선의 방위각

= 앞 측선의 방위각 + 앞 측선과 이루는 편각(방위각을 구하려는 점의 편각)

즉, $\beta_2 = \beta_1 + \alpha_2$

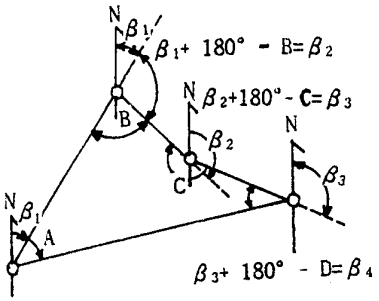
③ 그러나, 측점이 최초의 점에 있지 않고, 그 측선이 반향(反向)하여 (−)인 음각

(負角)이 생기는 경우(점 C)에는 측선의 방위각 = 앞 측선의 방위각 − 그 측선의 편각

즉 $\beta_3 = \beta_2 - \alpha_3$

다. 내각

편각에서 방위를 구할 때에도 먼저 방위각을 구한 후, 이것으로 위의 방법에 의해 방위를 구한다.



① 최초선의 방위각은 그대로 일 것.

② 임의의 측선의 방위각

= 앞 측선의 방위각 + 180° − 그 측선의 내각

단, 반대방향으로 계산시에는 (+), (−)를 바꾸어 계산한다.

③ ②의 식에서 계산한 각이 360°이상일 때는 그 각에서 360°를 뺀다.

이상에서 설명한 방법에 의해 방위각, 편각, 내각에서 방위를 구하는 계산의 예를 살펴보면 다음표와 같다.

<표 8-2-12> 방위각, 편각, 내각에서 방위를 구하는 계산의 예

측 점	내각	편각	방위각	방위	비 고
1	95°58′	84° 2′	29°12′	N 29°12′E	
2	134°55′	45° 5′	74°17′	N 74°17′E	○ NO.1 에서 NO.2의
3	93°46′	86°14′	160°31′	S 19°29′E	방위각 = 29°12′
4	148°38′	31°22′	191°53′	S 11°53′W	○ 내각 =우측정
5	111°31′	68°29′	260°22′	S 80°22′W	○ 도내각 = 180°(n - 2)
6	135°12′	44°48′	305°10′	N 54°50′W	○ 도편각 = 360°
계	720°00′	360°00′			

(계산 예)

측점 1. 내 각 → 편 각 : 180° − 95°58′ = 84°2′

내 각 → 방위각 : 29°12′

편 각 → 방위각 : 29°12′

방위각 → 방 위 : N 29°12′E

측점 2. 내 각 → 편 각 : 180°－134°55′ = 45°5′
내 각 → 방위각 : 29°12′ + 180°－ 134°55′ = 74°17′
편 각 → 방위각 : 29°12′ + 45°5′ = 74°17′
방위각 → 방 위 : N 74°17′E
측점 3. 내 각 → 편 각 : 180°－ 93°46′ = 86°14′
내 각 → 방위각 : 74°17′ + 180°－ 93°46′ = 160°31′
편 각 → 방위각 : 74°17′ + 86°14′ = 160°31′
방위각 → 방 위 : 180°－ 160°31′ = 19°29′, S 19°29′E
측점 4. 내 각 → 편 각 : 180°－ 148°38′ = 31°22′
내 각 → 방위각 : 160°31′ + 180°－ 148°38′ = 191°53′
편 각 → 방위각 : 160°31′ + 31°22′ = 191°53′
방위각 → 방 위 : 191°53′－ 180°= 11°53′, S 11°53′W
측점 5. 내 각 → 편 각 : 180°－ 111°31′ = 68°29′
내 각 → 방위각 : 191°53′ + 180°－ 111°31′ = 260°22′
편 각 → 방위각 : 191°53′ + 68°29′ = 260°22′
방위각 → 방 위 : 260°22′－ 180°= 80°22′, S 80°22′W
측점 6. 내 각 → 편 각 : 180°－ 135°12′ = 44°48′
내 각 → 방위각 : 260°22′ + 180°－ 135°12′ = 305°10′
편 각 → 방위각 : 260°22′ + 44°48′ = 305°10′
방위각 → 방 위 : 360°－ 305°10′ = 54°50′, N 54°50′W

2.1.5.5. 위거 및 경거의 계산

가. 트래버어스측량에서 위거 및 경거의 이용

XY를 직교축으로 가정할 때, 종축의 방향(NS)을 자오선(子午線), 횡축의 방향(EW)을 위선(緯線)이라 하면 Θ는 방위각이다. 이때 측선 AB가 NS축에 비치는 정사영거리 Ab를 AB의 위거(緯距 : latitude) EW축에 비치는 정사영거리 Aa를 AB의 경거(經距 : departure), 측선의 중점에서 NS선에 직각으로 그은 선 CC′의 길이를 자오선거(子午線距 : meridian distance)라 한다.

트래버어스측량에 있어서 위거 및 경거는 다음의 경우에 이용된다.

① 트래버어스측량의 오차의 합리적인 배분 ② 측정의 제도

③ 폐합트래버어스인 경우의 면적계산 ④ 결측(缺測) 또는 오측(誤測)의 보정

위거와 경거의 방향을 알기 위해 다음과 같이 (+), (−)의 부호를 붙인다.

<표 8-2-13> 방위에 따른 경거 및 위거의 부호

방위각(Θ)	방 위	위 거	경 거	비 고
0°~ 90°	N Θ E	+	+	
90°~180°	S Θ E	−	+	
180°~270°	S Θ W	−	−	
270°~360°	N Θ W	+	−	

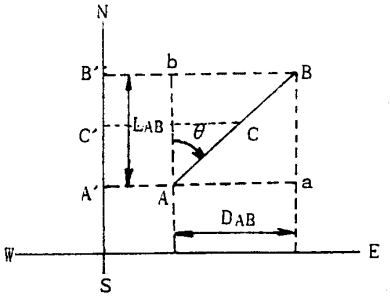
나. 삼각함수에 의한 방법

위거 및 경거는 삼각함수의 진수를 사용하여 다음 식에 의하여 계산할 수 있다.

○ 측선 AB의 위거 = L_{AB} = AB · cosΘ

○ 측선 AB의 경거 = L_{CB} = AB · sinΘ

○ 측선 AB의 자오선거 = CC′ 이다.



<표 8-2-14> 삼각함수에 의한 경위거의 계산 예

측 선	거 리 (m)	방위각	cosΘ	sinΘ	위 거		경 거	
					N(+)	S(−)	E(+)	W(−)
A B	67.30	23° 55′ 40″	0.91406	0.40558	61.52		27.30	
B C	79.90	313° 10′ 30″	0.68423	0.72927	54.67			58.28
C D	63.37	16° 39′ 10″	0.95806	0.28647	60.71		18.15	
D E	93.60	115° 35′ 50″	0.43204	0.90185		40.44	84.41	

(예제) 김일용은 조림예정지를 트랜싯의 트래버어스에 의하여 측량한 결과, 측선 AB의 거리 67.3 *m*, 방위각 Θ = 23°55′40″ 였다. 삼각함수에 의한 위거 및 경거를 구하여라.

(풀이) cos 23°55′40″ = 0.91406, sin 23°55′40″ = 0.40558 이므로

위거 67.30 *m* × 0.91406 = 61.52 *m*

경거 67.30 *m* × 0.40558 = 27.30 *m*

다. 대수에 의한 방법

측선의 길이를 S, 방위각을 Θ라 하면, 위거는 S・cosΘ, 경거는 S・sinΘ 이므로 양변에 대수(對數 : log)를 취하면 다음과 같은 식이 성립한다.

○ 위거의 대수 = log S + log cosΘ

○ 경거의 대수 = log S + log sinΘ

sin 및 cos의 값은 항상 1 보다 적으므로 그 대수는 (−)이다. 따라서 계산의 편이상 대수표는 sin 및 cos의 대수값에 10 을 더한 값을 이용하고, 최종계산시에 10을 빼게 된다.

<표 8-2-15> 대수에 의한 경위거의 계산 예

측선	방 위 각	거리(*m*)	대 수					위 거		경 거	
			측 선	cos Θ	sin Θ	위 거	경 거	N(+)	S(−)	E(+)	W(−)
AB	23°55′40″	67.30	1.828015	9.960974	9.608082	1.788989	1.436097	61.52		27.30	
BC	313°10′30″	79.90	1.902547	9.835201	9.862886	1.739748	1.765334	54.67			58.28
CD	16°39′10″	63.37	1.801884	9.981399	9.457232	1.783283	1.259116	60.71		18.15	
DE	115°35′50″	93.60	1.971276	9.635526	9.955136	1.606802	1.926112		40.44	84.41	

즉, 위 표에서 측선 AB의 방위각은 23°55′40″이며, cos 23°55′40″ = 0.91406 이다. 따라서 log 0.91406 = − 0.039026 이지만, 대수표에는 10 + (− 0.039026) = 9.960974 를 기재한다.

(예제) 위의 (예제) 문제를 대수에 의한 위거 및 경거를 구하여라.

(풀이) AB = 67.30 *m*, 방위각 23°55′40″ 이므로

log 67.30 = 1.828015,

10 + log cos 23°55′40″ = 10 + log 0.91406 = 9.960974

10 + log sin 23°55′40″ = 10 + log 0.40558 = 9.608082 이므로

위거의 대수 = 1.828015 + 9.960974 = 11.788989 − 10 = 1.788989

경거의 대수 = 1.828015 + 9.608082 = 11.436097 − 10 = 1.436097

위거 = $10^{1.788989}$ = + 61.52

경거 = $10^{1.436097}$ = + 27.30

라. 경위거표에 의한 방법

경위거표(經緯距表 : traverse table)란 측선 및 방위각의 여러 가지 값에 대하여

경거 및 위거를 계산하는 것으로 곱셈의 필요없이 덧셈으로써만 계산하도록 되어 있는 표이다.

(예제) 측선 AB의 거리 25.10 m, 방위각 = 30°5′일 때 다음의 경위거표를 이용하여 위거 및 경거를 구하여라.

i) 30° 위거

분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0.8660	1.7320	2.5980	3.4641	4.3301	5.1961	6.0622	6.9282	7.7942	60
1	0.8659	1.7318	2.5976	3.4635	4.3294	5.1953	6.0612	6.9270	7.7929	59
2	0.8637	1.7315	2.5972	3.4629	4.3286	5.1944	6.0601	6.9258	7.7916	58
3	0.8656	1.7312	2.5968	3.4624	4.3279	5.1935	6.0591	6.9247	7.7903	57
4	0.8654	1.7309	2.5963	3.4618	4.3272	5.1926	6.0581	6.9235	7.7890	56
5	*0.8653	*1.7306	2.5959	3.4612	*4.3265	5.1918	6.0571	6.9224	7.7877	55

ii) 30° 경거

분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0.5000	1.0000	1.5000	2.0000	2.5000	3.0000	3.5000	4.0000	4.5000	60
1	0.5002	1.0005	1.5007	2.0010	2.5012	3.0015	3.5017	4.0020	4.5022	59
2	0.5005	1.0010	1.5015	2.0020	2.5025	3.0030	3.5035	4.0040	4.5045	58
3	0.5008	1.0015	1.5023	2.0030	2.5038	3.0046	3.5053	4.0061	4.5068	57
4	0.5010	1.0020	1.5030	2.0040	2.5050	3.0061	3.5071	4.0081	4.5091	56
5	*0.5013	*1.0025	1.5038	2.0050	* 2.5063	3.0076	3.5088	4.0101	4.5113	55

(풀이) 경위거표에서 위거 30°의 위거란에서 5′(분)의 줄을 보면,

1은 0.8653, 2는 1.7306, 5는 4.3265, … , 9는 7.7877 이다.

여기서, 25.10 m = 2×10 + 5 + 1 ÷ 10 으로 풀이할 수 있으므로

측선 AB의 위거

= (1.7306×10) + 4.3265 + (0.8653÷10) = 21.71903

또한, 경거 30°의 경거란에서 5′분의 줄을 보면,

1은 0.5013, 2는 1.0025, 5는 2.5063, … , 9는 4.5113 이므로

측선 AB의 경거

= (1.0025×10) + 2.5063 + (0.5013÷10) = 12.58143

따라서, ○ 위거 = 21.72 m, ○ 경거 = 12.58 m

2.1.5.6. 폐합오차 및 정도

가. 폐합트래버어스의 성립조건

폐합트래버어스를 일주하여 출발점에 돌아왔을 때, 거리와 각의 측정에서 오차가 없다면 위거의 N으로 향하는 것(+)과 S로 향하는 것(−), 경거의 E로 향하는 것(+)과 W로 향하는 것(−)의 총합은 절대치가 같아야 한다.

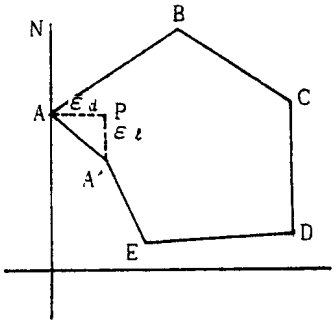
즉, 위거의 대수화 = 0, (+)위거의 총계 = (−)위거의 총계

위거의 대수화 = 0, (+)경거의 총계 = (−)경거의 총계)

위의 조건이 폐합트래버어스에서는 항상 성립되어야 한다. 즉, 폐합오차(閉合誤差 : error of closure)를 위의 조건이 만족하도록 조정하여야 한다.

나. 폐합트래버어스의 폐합오차 및 폐합비의 산출

점 A를 출발한 폐합트래버어스가 각 점을 측정하고 다시 점 A로 돌아왔을 때 측정오차로 인하여 오차의 위치가 점 A′로 되었을 경우에 위거의 폐합오차(ε_l)를 A′P, 경거의 폐합오차(ε_d)를 AP, 측선장의 총합을 D라 하면,폐합오차(ε = AA′)와 폐합비(또는 폐비 : Y)는 다음 식에 의하여 산출한다..



$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_l^2 + \varepsilon_d^2} \qquad Y = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{\sqrt{\varepsilon_l^2 + \varepsilon_d^2}}{D}$$

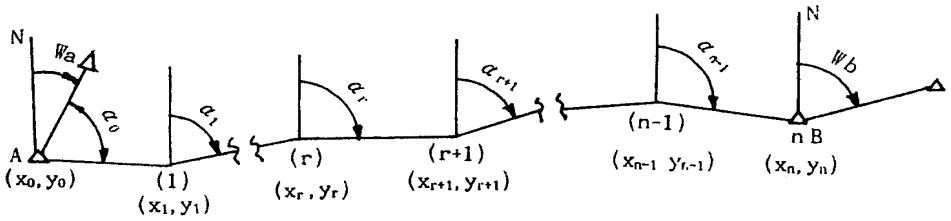
［주］ 폐합비(閉合比 : ratio of error closure)는 보통 분자를 1 로 표시하며, 측량의 정도(精度)를 나타내기 위하여 사용하는데, 허용한계를 넘으면 재측하여야 한다. 폐합비가 큰 경우에는 계산의 착오가 있거나 거리측정에 과실이 있는 것이 보통이므로 오차가 짐작되는 변을 먼저 찾아서 이 변부터 재측하는 것이 전체를 재측하기 전에 필요하다.

다. 결합트래버어스의 폐합오차

점 A를 기점으로 점 B를 종점으로 트래버어스가 결합되었을 때 각 측점의 위거와 경거를 구하면 임의의 측선의 두 측점간의 좌표와 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\sum S \cdot \cos\alpha = X_n - X_0, \quad \sum S \cdot \sin\alpha = Y_n - Y_0$$

여기서, S = 측선 변의 길이, α = 방위각



라. 폐합비의 허용범위

일반적으로 트래버어스측량의 폐합비의 허용범위는 다음과 같다.

① 장애물이 적은 평탄한 장소, 시가지의 측량의 경우에는 1/5,000~1/40,000 이며, 이때 거리는 스틸테이프를 이용하여 1 ㎜ 까지 측정하고, 각도는 20″ 까지 측정한다.

② 산지와 같이 장애물이 많고 측량이 곤란한 곳이나 산림측량의 경우에는 1/300~1/1,000 이하이며, 이때 거리는 대나무자 또는 헝겁줄자로 1 ㎝ 까지 측정하고, 각도는 1′ 까지 측정한다.

③ 심한 경사가 없는 보통지형의 장소, 보통 토지측량, 도로 및 철도와 같은 노선측량의 경우에는 1/3,000~1/5,000 이다.

※ 트래버어스의 정도(精度)는 일반적으로 각도측정보다 거리측정의 정도에 지배되는 경우가 많다. 특히 경사지, 장애물이 많은 곳은 현저하게 나타난다.

마. 폐합오차의 조정

폐합비가 허용범위 안에 있을 경우에는 오차를 합리적으로 배분하여야 하는데, 이를 폐합오차의 조정(balancing the error of closure)이라 하며, 조정방법에는 다음의 두 가지가 있다.

(1) 컴퍼스법칙에 의한 폐합오차의 조정

컴퍼스법칙(羅盤法則 : compass rule, bowditch's rule)이란 컴퍼스와 체인 혹은 트랜싯과 강철테이프를 사용하여 측량을 하였을 경우처럼 측점위치의 오차가 거리와 각도의 측정이 같은 정도로 포함되었다고 가정하여 사용되는 방법으로서 오차는 각 측선의 길이에 비례하여 생기는 것으로 보고 배분하는 것이다.

○ 임의 측선의 위거에 대한 조정량 $= \varepsilon_l \times \dfrac{\text{해당측선의 길이}}{\text{측선길이의 총계}}$

○ 임의 측선의 경거에 대한 조정량 $= \varepsilon_d \times \dfrac{\text{해당측선의 길이}}{\text{측선길이의 총계}}$

(예제) 트래버어스 측량을 실시한 바 다음과 같은 결과를 얻었다. 폐합오차와 폐합비를 구하고 컴퍼스법에 의해 위거와 경거를 조정하여라.

측선	위방위	거리(m)	위 경		경 거	
			(+)	(−)	(+)	(−)
A B	N 52°00′E	10.63	6.54		8.38	
B C	S 29°45′E	4.10		3.56	2.03	
C D	S 31°45′W	7.69		6.54		4.05
D A	N 61°00′W	7.13	3.46			6.24
		29.55	10.00	10.10	10.41	10.29
				10.00	10.29	
				− 0.10	+ 0.12	

(풀이) 폐합오차 $= \sqrt{0.10^2+0.12^2} = 0.16$ 폐합비 $= 0.16 / 29.55 = \dfrac{1}{185}$

	위거의 조정량	경거의 조정량
AB	0.1 × 10.63 / 29.55 = 0.04	0.12 × 10.63 / 29.55 = 0.04
BC	0.1 × 4.10 / 29.55 = 0.01	0.12 × 4.10 / 29.55 = 0.02
CD	0.1 × 7.69 / 29.55 = 0.03	0.12 × 7.69 / 29.55 = 0.03
DA	0.1 × 7.13 / 29.55 = 0.02	0.12 × 7.13 / 29.55 = 0.03
	위거 조정량의 합계 0.10	경거 조정량의 합계 0.12

측 선	거리(m)	위 거		조정량(m)	경 거		조정량(m)	조정 위거		조정 경거	
		(+)	(−)		(+)	(−)		(+)	(−)	(+)	(−)
A B	10.63	6.54		+ 0.04	8.38		− 0.04	6.58		8.34	
B C	4.10		3.56	− 0.01	2.03		− 0.02		3.55	2.01	
C D	7.69		6.54	− 0.03		4.05	+ 0.03		6.51		4.08
D A	7.13	3.46		+ 0.02		6.24	+ 0.03	3.48			6.27
	29.55	10.00	10.10	+ 0.10	10.41	10.29	− 0.12	10.06	10.06	10.35	10.35
			10.00		10.29						
			− 0.10		+ 0.12						

(가) 변의 수가 많을 경우의 컴퍼스법

측선의 총변의 길이를 S (m), 위거나 경거의 폐합오차를 ε (㎝)라 하면, 폐합오차는 변의 길이 S /ε (m) 마다 1 ㎝ , 변의 길이 (S /ε)×(1/2) (m) 마다 0.5 ㎝ 를 조정하게 되므로 0.5 ㎝ 에서 4사 5입을 하여 폐합오차의 조정이 필요한 최단의 변의 길이는 다음과 같다.

○ 1 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 변의 길이 = d_1 = (S /ε)×(1/2)

○ 2 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 변의 길이 = d_2 = d_1 + (S /ε)

○ 3 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 변의 길이 = d_3 = d_2 + (S /ε)

【적용 예】 d_1 ≤ 변의 길이 < d_2 이면 변의 길이를 1 ㎝ 조정

d_2 ≤ 변의 길이 < d_3 이면 변의 길이를 2 ㎝ 조정

(2) 트랜싯법칙에 의한 폐합오차의 조정

트랜싯법칙(transit rule)은 각도는 트랜싯, 거리는 테이프를 써서 측정하는 경우와 같이 거리측정의 정도(精度)가 각 측정의 정도(精度)에 비하여 불완전할 때에 사용되는 방법으로서 폐합오차를 위거와 경거의 길이에 비례해서 배분하는 것이다.

○ 임의 측선의 위거에 대한 조정량 = $\varepsilon_l \times \dfrac{\text{해당측선의 위거}}{\text{위거의 절대값의 총계}}$

○ 임의 측선의 경거에 대한 조정량 = $\varepsilon_d \times \dfrac{\text{해당측선의 경거}}{\text{경거의 절대값의 총계}}$

(예제) 앞 항의 (예제)에서 트랜싯법에 의하여 위거와 경거를 조정하여라.

(풀이) 폐합오차 = 0.16 폐합비 = 1 / 185

위거의 절대값의 총계 = 6.54 + 3.56 + 6.54 + 3.46 = 20.10

경거의 절대값의 총계 = 8.38 + 2.03 + 4.05 + 6.24 = 20.70

	위거의 조정량	경거의 조정량
AB	0.1 × 6.54 / 20.10 = 0.03	0.12 × 8.38 / 20.70 = 0.05
BC	0.1 × 3.56 / 20.10 = 0.02	0.12 × 2.03 / 20.70 = 0.01
CD	0.1 × 6.54 / 20.10 = 0.03	0.12 × 4.05 / 20.70 = 0.02
DA	0.1 × 3.46 / 20.10 = 0.02	0.12 × 6.24 / 20.70 = 0.04
	위거 조정량의 합계 0.10	경거 조정량의 합계 0.12

측 선	거리(m)	위 거		조정량(m)	경 거		조정량(m)	조정위거		조정 경거	
		(+)	(−)		(+)	(−)		(+)	(−)	(+)	(−)
A B	10.63	6.54		+ 0.03	8.38		− 0.05	6.57		8.33	
B C	4.10		3.56	− 0.02	2.03		− 0.01		3.54	2.02	
C D	7.69		6.54	− 0.03		4.05	+ 0.02		6.51		4.07
D A	7.13	3.46		+ 0.02		6.24	+ 0.04	3.48			6.28
	29.55	10.00	10.10	+ 0.10	10.41	10.29	− 0.12	10.05	10.05	10.35	10.35
		10.10	10.00		10.29	10.41					
		20.10	− 0.10		+ 0.12	20.70					

(가) 변의 수가 많을 경우

위거의 절대값의 총계를 S_L (*m*), 경거의 절대값의 총계를 S_D (*m*), 위거나 경거의 폐합오차를 ε (㎝)라 하면 폐합오차는 위거 S_L /ε (m), 경거 S_D /ε (*m*) 마다 1 ㎝ , 위거 (S_L /ε)×(1/2) (*m*), 경거 (S_D /ε)×(1/2) (*m*) 마다 0.5 ㎝ 를 조정하게 되므로 0.5 ㎝ 에서 4사 5입을 하여 폐합오차의 조정이 필요한 최단의 위거 및 경거의 길이는 다음과 같다.

○ 1 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 위거 = L_1 = (S_L /ε)×(1/2)

○ 2 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 위거 = L_2 = L_1 + (S_L /ε)

○ 3 ㎝ 의 조정이 필요한 최단의 위거 = L_3 = L_2 + (S_L /ε)

【적용 예】 L_1 ≤ 위거의 길이 < L_2 이면 위거를 1 ㎝ 조정

L_2 ≤ 위거의 길이 < L_3 이면 위거를 2 ㎝ 조정

【참　고】 최단의 경거(D_n)의 산출은 S_L 대신에 S_D 를 적용하여 구한다.

【적용 예】 D_1 ≤ 경거의 길이 < D_2 이면 경거를 1 ㎝ 조정

D_2 ≤ 경거의 길이 < D_3 이면 경거를 2 ㎝ 조정

2.1.5.7. 제도

가. 제도법

(1) 합위거 및 합경거에 의한 방법

트래버어스측량에서 임의의 한 측점을 원점(0, 0)으로 하고, 이 점을 지나는 자오선(NS선)과 동서선(EW선)을 직각좌표축(直角座標軸)으로 하여 이 좌표축에 대한 다른 측점의 좌표를 그 측점의 위거 및 경거로 표시한 것을 합위거(合緯距 : total latitude) 및 합경거(合經距 : total departure)라 한다.

합위거 및 합경거에 의한 트래버어스의 제도법은 다음과 같은 장점이 있다.

① 제도하기 전에 측량의 오차를 찾아서 이를 배분할 수 있다.

② 각 점의 위치가 합위거 및 합경거에 의하여 결정되어 있으므로 도면의 크기와 배치를 쉽게 할 수 있다.

③ 제도상의 오차가 누적하지 않고 정확하게 측점위치가 정해진다.

합위거 및 합경거에 의한 트래버어스제도의 방법은 다음과 같다.

① 다음식에 의해 각 측점의 합위거 및 합경거를 구한다.

○ 각 측점의 합위거(합경거) = 원점부터 그 측점까지의 위거(경거)의 합

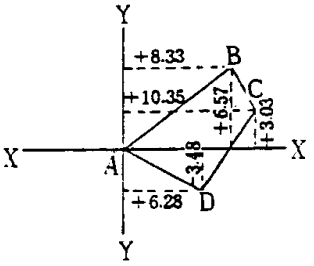
② 각 측점의 위거와 경거중에서 최대 (+), (−) 값을 찾아서 이를 기준으로 적당한 지점에 원점의 위치를 정한다.

③ 원점을 교점으로 하는 직각좌표축을 그린 후, 각 측점의 합위거 및 합경거를 도면에다 전개시킨다.

(예제) 앞 항의 (풀이)에 나타낸 트래버어스측량의 조정후 결과를 이용하여 측점 A를 원점으로 하여 각 측점의 합위거와 합경거에 의해 제도하여라.

(풀이)

측선	조정 위거		조정 위거		합위거	합경거
	(+)	(−)	(+)	(−)		
A B	6.57		8.33		+ 6.57	+ 8.33
B C		3.54	2.02		+ 3.03	+10.35
C D		6.51		4.07	− 3.48	+ 6.28
D A	3.48			6.28	0.00	0.00



(2) 분도기에 의한 방법

트래버어스의 제도법중 가장 간단한 방법이지만, 아무리 주의하여도 최후에 폐합오차가 생기므로 정밀을 요하지 않을 경우나 좌표계산을 할 시간이 없을 경우를 제외하고는 사용하지 않는 것이 좋다.

① 원점 A에서 분도기로 방향을 결정하여 임의의 선 AB′를 긋고, 적정한 축척으로 거리를 재어 점 B를 도시한다.

② 점 B에서 다시 분도기로 방향을 결정하여 임의의 선 BC′를 긋고, 적정한 축척으로 거리를 재어 점 C를 도시하는 방법으로, 점 D, E, … 를 결정하여 제도해 나간다.

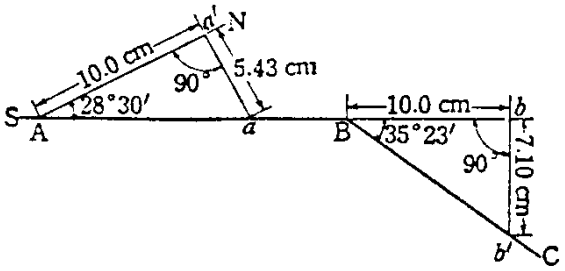
(3) 탄젠트의 값에 의한 방법

분도기를 사용하지 않고 탄젠트의 값에 의해 제도할 수 있다. 예를 들어 AB선과 자오선(NS선)의 편각이 28°30′이고, BC선과 AB선의 편각이 35°23′이라면 제도방법은 다음과 같다.

① 기준선 NS선상의 임의의 점 A에서 Aa′= 10 ㎝ 가 되도록 점 a′를 정하고 수직선 aa′를 긋는다.s

② AB선과 NS선의 편각의 탄젠트 값을 구하고, 이를 이용하여 점 a를 결정한다.

즉, tan 28°30′= 0.543 = 5.43 / 10이므로 aa′의 길이는 5.43 ㎝ 이다.



③ 점 A와 a를 연결하면 NS선에 대하여 28°30′인 직선을 구할 수 있으므로 Aa선상이나 연장선상에 적당한 축척의 AB의 길이를 취하여 점 B를 정한다.

④ 다음 AB선을 연장하여 Bb = 10 ㎝ 가 되도록 점 b를 정하고 수직선 bb′를 긋고, BC선과 NS선의 편각의 탄젠트 값(tan 35°23′= 0.710)의 길이를 취하여 점 B와 b′를 연결하면 AB에 대하여 35°23′인 직선이 되므로 Bb′선상이나 연장선상에 적당한 축척의 BC의 길이를 취하면 점 C가 정해진다.

⑤ 이와 같은 방법을 반복한다.

【참고】 방위각에서 편각을 구하고자 할 때는 다음식을 이용한다.

○ 편각 = 측선의 방위각 − 전 측선의 방위각

이때 절대값이 180°이상이면 다음식에 의하여 조정하여야 한다.

○ 시계방향(+)일 경우의 조정편각 = 360° − 편각

○ 시계반대방향(−)일 경우의 조정편각 = 360° + 편각

(예제) 측선 AB의 방위각이 26°16′30″이고, 측선 BC의 방위각이 236°27′00″일 때, AB선과 BC선의 편각과 조정편각을 구하여라.

(풀이) 편각 = 26°16′30″ − 236°27′00″ = − 210°10′30″

210°< 210°10′30″ 이고 (−) 이므로

조정편각 = 360°− 210°10′30″ = 149°49′30″

(4) 싸인 및 코싸인의 값에 의한 방법

싸인 또는 코싸인의 값에 의해 트래버어스를 제도할 수 있다. 예를 들어 기준선 PQ에서 35°20′의 각을 이루는 직선 AB를 그을 때 제도방법은 다음과 같다.

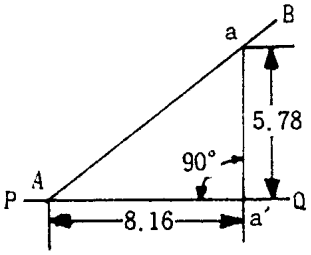
① 임의의 선 PQ상에 점 A를 설정한 후, PQ와 AB선이 이루는 각(35°20′)의 싸인 및 코싸인 값을 구한다.

sin 35°20′ = 0.578, cos 35°20′ = 0.816

② 점 A에서 코싸인 값의 10배, 즉 8.16 ㎝ 와 같게 점 a′를 PQ선상에서 취한다.

③ 점 a′에서 PQ선에 수직선을 그어 그 길이를 싸인의 10배, 즉 5.78 ㎝와 같게 점 a를 정한다.

④ 점 A와 a를 연결하면 ∠ aAa′ = 35°20′으로 되므로 그 연장선상에서 적당한 축척의 AB의 길이를 취하여 점 B를 정한다.



나. 면적계산

(1) 횡거 및 배횡거의 계산

측선의 중점(中點)에서 자오선에 내린 수선의 길이를 횡거 {橫距 : meridian distance (M.D.)} 그 측선의 양쪽 끝점에서 자오선에 내린 수선의 합을 배횡거 {倍橫距 : double meridian distance (D.M.D.)} 라 한다. 따라서 배횡거는 그 측선의 양쪽 끝점의 합경거의 합(合)이며, 횡거의 2배가 된다. 배횡거는 배자오선거(倍子午線距)라고도 한다.

배횡거는 다음의 방법으로 구할 수 있다.

① 맨 처음 측선의 배횡거는 그 측선의 경거와 같고 부호도 또한 같다.

② 임의의 측선의 배횡거는 앞 측선의 배횡거 및 경거와 그 측선의 대수합이다.

③ 마지막 측선의 배횡거는 그 측선의 경거와 같으나 부호는 그것과 반대이다.

○ 각 측선의 횡거 = 앞 측선의 횡거 + $\frac{\text{앞 측선의 경거}}{2}$ + $\frac{\text{해당측선의 경거}}{2}$

○ 각 측선의 배횡거 = 앞 측선의 배횡거 + 앞 측선의 경거 + 해당측선의 경거

이를 살펴보면 다음과 같다.

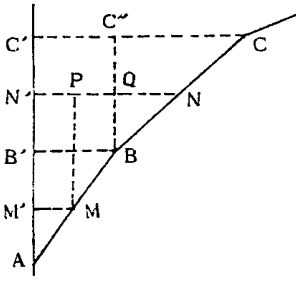
○ $NN' = N'P + PQ + QN = MM' + \frac{BB'}{2} + \frac{CC''}{2}$

○ $2\,NN' = 2\,MM' + BB' + CC''$

여기서, NN′ : 측선 BC의 횡거

MM′ : 측선 AB의 횡거

BB′ : 측선 AB의 경거



CC″ : 측선 BC의 경거

2 NN′ : 측선 BC의 배횡거

2MM′ : 측선 AB의 배횡거

(2) 배횡거에 의한 면적계산

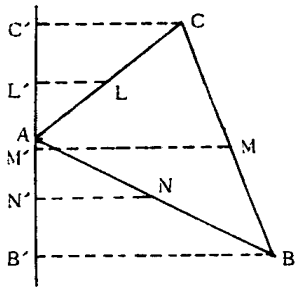
폐합트래버어스로 둘러싸인 다각형의 면적은 각 측선의 위거 및 배횡거로 구성된 다음식에 의해 산출할 수 있다.

○ 면적 $= \frac{1}{2}$ {각 측선에서 (그 선의 위거 × 그 선의 배횡거)의 합}

이를 살펴보면 다음과 같다.

△ABC 의 면적(S) = (□BB′CC′)− △ABB′− △CC′A

$$= \frac{B'C' \cdot (BB' + CC')}{2} - \frac{AB' \cdot BB'}{2} - \frac{AC' \cdot CC'}{2}$$



양변에 2 를 곱하여 그 부호를 감안하여 대수화하면

2S = (제 2측선의 위거) × (제 2측선의 배횡거)

+ (−제 1측선의 위거) × (제 1측선의 배횡거)

+ (−제 3측선의 위거) × (제 3측선의 배횡거)

= Σ { (각 측선의 위거) × (각 측선의 배횡거) }

△ABC 의 면적(S) $= \frac{1}{2}$ Σ { (각 측선의 위거) × (각 측선의 배횡거) }

(예제) 앞 항의 (풀이)에 나타낸 트래버어스측량의 조정 후 결과를 이용하여 위거 및 배횡거를 구하고 폐합트래버어스의 면적을 산출하여라.

(풀이)

측선	조정위거	조정경거	조정경거	면적 (조정위거×배횡거)	
				(+)	(−)
A B	+ 6.57	+ 8.33	+ 8.33	54.73	
B C	− 3.54	+ 2.02	+18.68		66.13
C D	− 6.51	− 4.07	+16.63		108.26
D A	+ 3.48	− 6.28	+ 6.28	21.85	
				76.58	174.39
					76.58

2) 97.81

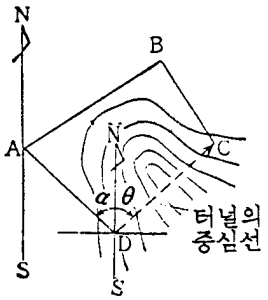
면적 : 48.91 ㎡

AB의 배횡거	8.33	AB의 배면적	8.33 × (+ 6.57) = + 54.73
BC의 배횡거	8.33 + 8.33 + 2.02 = 18.68	BC의 배면적	18.68 × (− 3.54) = − 66.13
CD의 배횡거	18.68 + 2.02 − 4.07 = 16.63	CD의 배면적	16.63 × (− 6.51) = − 108.26
DA의 배횡거	16.63 − 4.07 − 6.28 = 6.28	DA의 배면적	6.28 × (+ 3.48) = + 21.85
		계	− 97.81

2.1.5.8. 폐합트래버어스에서의 보충계산

폐합트래버어스에서 위거와 경거의 합은 각각 0이므로, 만일 장애물로 인하여 어느 한 측선의 길이와 방위를 측정할 수 없을 경우라도 이것을 구할 수 있다.

예를 들어 시준이 안되는 점 C, D 두 점의 거리와 방위는 다음과 같이 구할 수 있다.



① 점 C, D를 트래버어스로 연결하고 임의의 자오선(NS 선)을 가정한다.

② 위거, 경거의 각각의 총계가 0 이 되도록 CD의 경위거를 구한다.

③ 점 C를 원점으로 하고, D의 위거를 l, 경거를 d라 할 때, 다음식에 의하여 방위각 Θ와 CD의 거리를 산출한다.

○ $\tan\Theta = d / l$ 이므로 $\Theta = \tan^{-1}(d / l)$

○ CD의 거리 $= \sqrt{l^2 + d^2}$

(예제) 다음은 김일용이 광릉시험림내 조림지를 대상으로 트래버어스측량을 실시한 결과이다. 측량시 장애물로 인하여 측선 CD의 방위각 및 거리를 측정하지 못하였다. 폐합트래버어스의 보충계산방법을 이용하여 측선 CD의 방위각 및 거리를 구하여라.

측점	방 위	거 리	위 거		경 거	
			N (+)	S (−)	E (+)	W (−)
A B	N 52°00′E	10.36	6.57		8.33	
B C	S 29°45′E	4.10		3.54	2.02	
C D						
D A	N 61°00′W	7.13	3.48			6.28
계			10.05		10.35	

(풀이) ① 경위거의 계산

CD 의 위거(l) = 10.05 − 3.54 = 6.51

CD 의 경거(d) = 10.35 − 6.28 = 4.07

② 방위각(Θ)의 계산

$\tan \Theta = d / l = 4.07 / 6.51 \fallingdotseq 0.625192$ 이므로

방위각(Θ) $= \tan^{-1} (d / l) = \tan^{-1} 0.6252 \fallingdotseq 32°01'$

③ 거리의 계산

CD의 거리 $= \sqrt{l^2 + d^2} = \sqrt{6.51^2 + 4.07^2} \fallingdotseq 7.68$

측점	방 위	거 리	위 거		경 거	
			N (+)	S (−)	E (+)	W (−)
C D	S 32°01 ′ W	7.68		6.51	4.07	4.07

2.1.6. 스타디아측량

2.1.6.1. 특징

① 스타디아측량(視距測量 : stadia surveying)은 간접측량법의 하나로서 직접측량법으로 측정할 수 없거나, 지형이 복잡하여 직접 측정하여도 소기의 정도(精度)를 기대하기 어려운 경우에 사용되며, 정도(精度)면에서도 직접측량법보다 거의 떨어지지 않는다.

② 삼각망의 기선(基線)이나 삼각변 골격측량, 1/1,000~1/2,500 정도(精度)를 갖는 소축척의 지형측량, 높은 정도(精度)가 아닌 트래버어스측량, 철도, 도로, 수로 등 노선측량의 예측, 거리측량의 오차검사 등에 이용된다.

2.1.6.2. 종류

스타디아측량은 측정기구 및 기계에 따라 다음과 같이 구분한다.

① 트랜싯 스타디아(transit stadia)법

스타디아선(stadia hair)에 스타디아표척(stadiarod)의 눈금간격(협장 : rod intercept)과 수직각으로 수평거리와 고저차를 구하는 방법

② 함메르 펜넬 타키미터(Hammer-Fennel tachymeter)에 의한 방법

서독의 Hammer가 고안한 함메르 펜넬 타키미터의 망원경에 나타나는 도선(圖線)과 스타디아 표척과의 관계로 거리와 고저차를 직접 측정하는 방법

③ 앨리데이드 스타디아(alidade stadia)법

앨리데이드 겨냥판의 눈금을 이용하여 거리와 고저차를 구하는 방법

2.1.6.3. 트랜시스타디아법

가. 원리

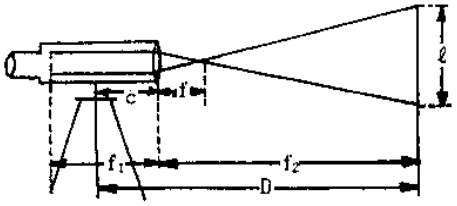
(1) 평탄지 측량시

① 기계를 평탄한 곳에 세우고 망원경을 수평으로 한 다음 거리 D 만큼 떨어진 점에 세운 표척을 시준한다.

② 상·하스타디아선 사이의 길이(夾長 : rod intercept) l 을 측정하고, 대물경의 촛점거리를 f, 스타디아선의 간격을 i라 하면 광학상 다음의 관계식이 성립한다.

$$\frac{l}{i} = \frac{f_2 - f}{f}$$

$$f_2 = \frac{l}{i} \cdot f + f$$



c를 기계의 중심과 대물렌즈의 광심과의 거리라고 하면,

$$D = f_2 + c = \frac{l}{i} \cdot f + f + c \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

여기서, f, i는 기계에 따라 일정(定數)하므로 $\frac{f}{i} = K$(常數), $f + c = C$

라고 하면 (1)에서

$$D = K \cdot l + C \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(2)는 스타디아의 기본식이며, K를 승정수(乘定數 : 대개 100), C를 가정수(加定數)라 하고, 이 두 수를 합하여 스타디아정수(stadia constant)라 한다.

③ 일반적으로 C는 30 ㎝ , 20 ㎝ , 10 ㎝ 이지만, 최근에는 망원경의 내부에 또

하나의 촛점거리가 작은 오목렌즈를 넣어 C = 0 ㎝ 로 만든 망원경(porro형 망원경)이 사용된 기계도 있다. 이때에는 측정하는 거리(D)는 다음과 같다.

$$D = K \cdot l \quad \cdots\cdots (3)$$

(예제) 김일용은 정문에서 청사앞까지 스타디아측량을 한 결과, 상·하스타디아선은 각각 3.25 m 와 1.75 m 에 걸렸다. 정문에서 청사앞까지의 거리는 몇 m 인가?

(풀이) 협장(l) = 3.25 − 1.75 = 1.5 m 이고, 승정수(K) = 100 이므로

거리(D) = 1.5 × 100 = 150 m

(2) 경사지 측량시

① 망원경을 점 T에 설치하여 정준하고 임의의 거리 D 만큼 떨어진 표척 AB를 시준하여 상·하스타디아선 사이의 협장 l 을 측정한다.

② 이때 표척을 시준선 TO에 대하여 직각이 되도록 A'B'(l')와 같이 세웠다면, 거리 D는 앞 항의 (2) 또는 (3) 식에 의하여 산출한다.

③ 그러나 표척을 수직으로 세웠을 경우에는 거리 D는 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

α를 시준선 TO의 수직각이라 하면

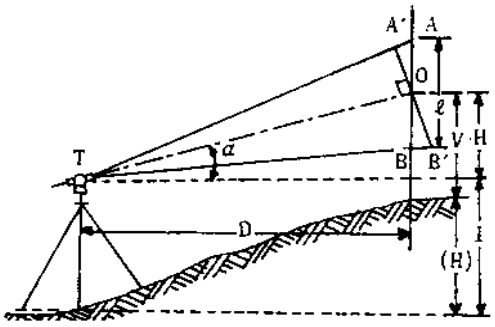
$TO = K \cdot l' + C$로 된다.

또, $\angle TB'A' \fallingdotseq 90°$이므로

$l' = AB \cdot \cos\alpha = l \cdot \cos\alpha$

$TO = K \cdot l \cdot \cos\alpha + C$ 이므로

$$D = TO \cdot \cos\alpha = K \cdot l \cdot \cos^2\alpha + C \cdot \cos\alpha \quad \cdots\cdots (4)$$



④ 또, $H = TO \cdot \sin\alpha = K \cdot l \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha + C \cdot \sin\alpha$ …… (5)

$$= \frac{1}{2} K \cdot l \cdot \sin 2\alpha + C \cdot \sin\alpha \quad \cdots\cdots (5)'$$

이때 기계높이에 가로십자선을 맞추면 (H) = H로 되어 식(4), (5)에 의해 거리와 고저차가 계산되나, 그렇지 않을 경우에는 다음의 식(6)에 의해 고저차를 구하여야 한다.

$$\left.\begin{aligned}(H) &= H + I - V \text{ (앙각일 경우)} \\ &= H + V - I \text{ (부각일 경우)}\end{aligned}\right\} \cdots\cdots (6)$$

⑤ 정밀을 요하지 않거나 30°이하일 경우에는 근사적으로 다음식을 이용하여 거리와 고저차를 구하여도 된다.

$$D = (K \cdot l + C) \cdot \cos^2\alpha$$

$$H = \frac{1}{2} (K \cdot l + C) \cdot \sin 2\alpha$$

나. 외업

스타디아측량은 지형이 복잡하고 광범위한 지역의 등고선(等高線 : contour line)이 있는 지형도를 만들 때 또는 수로나 도로와 같은 가늘고 긴 지형을 신속하게 측량할 때 편리하며, 평판기를 병용하여 측점의 위치를 결정하면 그 세부를 신속히 측량할 수 있다. 측량의 방법은 다음과 같다.

① 기계를 설치하고 기계고를 측정한다.

② 기선의 방향에 시준선을 맞추어 버어니어의 0을 일치시킨다.

③ 망원경은 표척으로 향하여 기계고와 같은 높이로 하고 아래선을 10~100 ㎝ 단위의 눈금에 맞추고 위·아래선의 값을 읽는다.

④ 가로십자선을 정확하게 기계고에 맞추고 수직각을 읽는다. 수평거리의 측정은 도(°)까지 읽고, 고저차가 필요할 경우는 분(′)까지 읽는다.

⑤ 최후에 수평각을 읽으면 한 점의 측정이 끝난다. 수평각의 측정은 세부측량에서 10~20′ 정도면 좋다.

⑥ 스타디아 트래버어스에서의 시준거리는 60~70 *m* 정도로 하고, 특별한 경우에도 200 m 이내로 해야 한다.

⑦ 세부측량시 표척수의 진행방향은 시계방향으로 먼 곳에서 가까운 곳으로 일정

한 선을 따라 순서적으로 돌면 능률적이다.

⑧ 표척이 기울어지면 측정차가 틀려지며, 특히 수직각이 클수록 그만큼 오차는 커진다.

⑨ 측점은 그 지반고를 정확하게 측정하는 외에 말뚝위의 높이를 정확하게 재어 둔다.

⑩ 측점 A에서 B를 보아 얻은 거리와 B에서 A를 본 거리는 같아야 하므로 그 차가 허용한도를 넘지 않으면 평균한다. 또한, 고저차도 이와 같다.

⑪ 지형이 복잡한 곳에서는 주요점만을 스타디아측량으로 측정하고, 다른 세부측정은 스케치법 또는 지거법으로 한다.

⑫ 측량에 필요한 인원은 약 5~10 인이며, 이들로서 하루에 약 300~500 측점에 대한 스타디아측량이 가능하다.

⑬ 스타디아측량은 다른 측량에 비하여 기재사항이 많고, 그 중 하나만 빠져도 안되므로 야장의 기재는 반드시 일정한 순서로 한다. 스타디아 야장(stadia field note)의 기재사항 및 그 한 예는 표 8-2-16에 나타낸 바와 같다.

다. 내업

① 외업에서 측정된 수직각 및 협장으로 수평거리와 고저차를 계산한다. 이때 스타디아표, 스타디아 컴퓨터, 스타디아 계산척 등이 사용된다.

② 계산이 끝나면 제도를 실행한다.

㉠ 주측점(主測點)을 경위거법으로 그리고 보조측점 중 짧은 것은 분도기로 그린다.

㉡ 분도기를 정확히 맞추고 각측점의 방향과 수평거리를 측정하여 그 위치를 그리고 번호와 표고를 기입한다.

<표 8-2-16> 트랜싯 스타디아법의 야장기입법 (예)

주 측 점								표 고				월 일
ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ	ⓔ		ⓕ	ⓖ	ⓗ	ⓘ	ⓙ	ⓚ	ⓛ
기계점	기계고 (m)	표척고	후시	상선 하선	협장 (m)	시준고 (m)	수직각	수평각	수평거리 (m)	고저차 (m)	표지반고고 (m)	비 고
A	1.20	1		2.20	1.00	1.70	+12°10′	30°10′	95.68	+20.14	119.64	A점 지반고(표고) = 100m
				1.20								
		2		2.20	0.80	1.80	− 3°06′	85°05′	79.77	− 4.27	94.88	K = 100
				1.40								
		3										C = 0.20 m

비고: ⓑ 란의 기계의 높이는 기계설치 후, 지점에서 망원경축의 중심까지의 길이를 기입.
ⓒ 란은 표척을 세우는 측점의 명칭이나 번호를 기입. 특히 세부측량에서 명칭, 번호 그 밖의 것을 기입해 두면 제도할 때 편리함.
ⓕ 란은 일반적으로 시준점의 높이를 기계의 높이와 같게 하면 공식에서 바로 고저차를 계산. 따라서 보통은 이 방법으로 측량하므로 시준고를 기입할 필요는 없음.
ⓖ 란의 수직각은 보통 앙각(仰角)을 (+), 부각(附角)을 (−)로 함.
ⓗ 란의 수평각은 기선(基線)에서 우회(右廻)로 하는 것이 보통임.
ⓘ 란. ⓙ란의 수평거리 및 고저차는 식 (4), (5)에 의해 계산한 값을 기입하고, 고저차에는 수직각의 (+), (−)부호를 붙임.
ⓚ 표고의 계산은 고저차를 13-3-1-2의 ④의 (6)식에 대입하여 계산한 값을 A점 표고에서 가감하면 각 점의 표고가 됨. 위 표의 고저차 ⓙ 란 트랜싯 망원경축의 중심점과 표척을 읽은 시준고 ⓕ 란의 고저차임.

㉢ 표척을 세운 점의 기입이 끝나면 약도를 보면서 지물, 하천 등을 기입한다.

(1) 스타디아 표에 의한 수평 및 수직거리의 계산

스타디아 표(視距表 : stadia table)는 스타디아 공식중의 C・cosα 및 C・sinα의 값을 수직각의 크기에 따라 계산하여 표로 만든 것이다.

(예제) 다음 스타디아측량의 결과를 이용하여 수평거리와 고저차를 구하여라.

스타디아정수 : 승정수(K) = 100, 가정수(C) = 0.30

측 정 값 : l = 2.0 *m*, α = 20°30′

(풀이) 스타디아표에서

$\cos^2 20°30' = 0.8774$, C・cos 20°30′ = 0.28

sin 20°30′ = cos 69°30′ = 0.3502 이므로 C・sinα = 0.105

sin 20°30′× cos 20°30′ = 0.3280

수평거리(D) = 100 × 2.0 × 0.8774 + 0.28 = 175.76 m

고 저 차(H) = 100 × 2.0 × 0.3280 + 0.105 ≒ 60.67 m

(2) 스타디아 컴퓨터에 의한 수평 및 수직거리의 계산

스타디아 컴퓨터(視距計算器 : stadia computer)는 스타디아 계산척과 동일한 이론으로 만들어졌는데, 4변형의 셀루로이드 판상에 원형의 미끄럼판을 붙이고 이것이 중앙의 축을 중심으로 회전할 수 있도록 되어 있다. 중앙의 원판 한쪽에는 수평거리 부분의 $\cos^2\alpha$ 의 대수와 고저차 부분의 $\frac{1}{2}\cdot\sin 2\alpha$의 대수 눈금이 새겨져 있고 바깥쪽에는 K·l 을 K = 100 으로 한 대수의 눈금이 표시되어 있다.

① 스타디아상수를 이용하여 K·l 을 계산한 후, 안 쪽 원판의 0을 바깥쪽 눈금의 K·l 값에 맞춘다.

② 수평거리(D)는 연직각(α)과 수평거리 부분에서 만나는 점의 값을 읽는다.

③ 고저차(H)는 연직각(α)과 고저차 부분에서 만나는 점의 값을 읽는다.

(예제) 다음과 같은 스타디아측량의 결과 K = 100, l = 0.50 m, α = 12°30′ 였다. 스타디아 컴퓨터를 이용하여 수평거리와 고저차를 계산하여라.

(풀이) K·l = 100 × 0.5 = 50 m , α = 12°30′이므로

① 안 쪽 원판의 0을 바깥쪽 눈금의 50 에 맞춘다.

② 연직각 12°30′와 수평거리 부분에서 만나는 점은 47.7 m, 고저차 부분에서 만나는 점은 10.58 m 이다.

③ 따라서, ○ 수평거리(D) = 47.7 m ○ 고저차(H) = 10.58 m

(3) 스타디아 계산척에 의한 수평 및 수직거리의 계산

스타디아 계산척(stadia slide rule)은 스타디아 컴퓨터를 직선으로 늘인 것으로서 log 100 l, log $\cos^2\alpha$, log ($\frac{1}{2}\cdot\sin 2\alpha$)의 눈금으로 표시되어 있으며 사용방법은 스타디아컴퓨터와 같다.

(4) 스타디아 도표에 의한 수평 및 수직거리의 계산

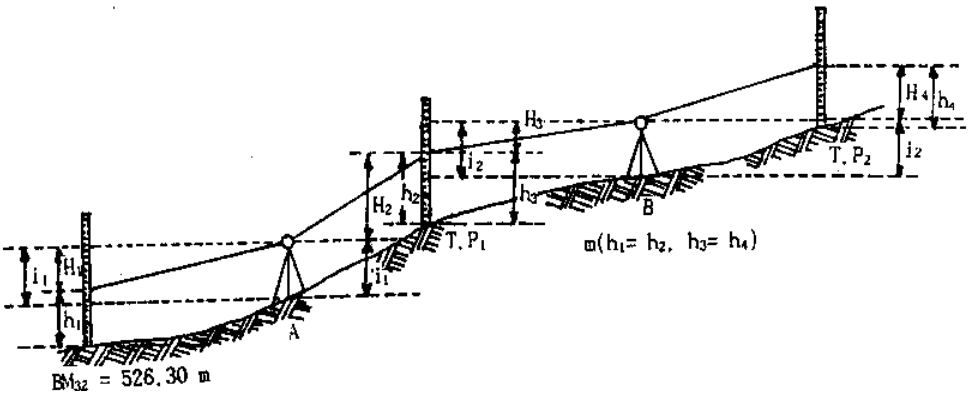
K·l의 여러 값에 대하여 $K\cdot l\cdot\sin^2\alpha$, $\frac{1}{2}\cdot(\sin 2\alpha)\cdot C\cdot\cos\alpha$ 등의 값을 도시한 것으로 여러가지 형식이 있다.

이때 $K\cdot l\cdot\cos^2\alpha$ 는 $(K\cdot l)\times(K\cdot l\cdot\sin^2\alpha)$ 으로 구할 수 있다.

라. 응용측량

(1) 간접수준측량

소요되는 정도가 낮고 지형이 대단히 복잡할 때 사용한다. 연직분도원의 눈금이 1′인 보통 트랜싯으로는 고저차 10~30 ㎝ 정도의 정도(精度)로 측정되고 직접 수준측량보다 시준거리를 길게 할 수 있다.



① 전시와 후시의 시준고를 같게 한다면

$h_1 = h_2$, $h_3 = h_4$ 이면,

점 A의 지반고 = BM_{32} 의 지반고 + h_1 + H_1 − i_1

TP_1 의 지반고 = A 점의 지반고 + i_1 + H_2 − h_2

∴ TP_1 의 지반고 = BM_{32} 의 지반고 + h_1 + H_1 − i_1 + i_1 + H_2 − h_2

= BM_{32} 의 지반고 + H_1 + H_2

점 B의 지반고 = TP_1 의 지반고 + h_3 + H_3 − i_2

TP_2 의 지반고 = B 점의 지반고 + i_2 + H_4 − h_4

∴ TP_2 의 지반고 = TP_1 의 지반고 + h_3 + H_3 − i_2 + i_2 + H_4 − h_4

= TP_1 의 지반고 + H_3 + H_4

② 이 방법으로 트랜싯을 적당한 위치에 세우고 B.M.에 세운 표척을 후시한다.

③ 진행방향에 이기점(T.P.)를 만들고 후시하였을 때와 같은 시준고에 십자횡선을 맞추어 동일한 관측을 한다.

④ 트랜싯을 이기점보다 전진시켜 새로운 위치에 세우고 같은 조작을 되풀이 한다. 이때, 측정한 거리와 연직각, 또 연직각을 측정할 때 기준한 표척 눈금을 야장에 기입한다.

<표 8-2-17> 스타디아를 사용한 간접수준측량의 야장기입법 (예)

관측구간 : 기점 BM 32 ~ BM 34					관측일 : 년 월 일	
K = 100, C = 0		관측자 :			기장자 :	
측 점	후 시		전 시		표고(m)	비 고
	관 측 치	고저차(m)	관 측 치	고저차(m)		
BM 32	- 7°31′ 173	+ 22.4			526.3	표척의 기준 읽음값 2.00 m
TP1	- 6°04′ 116	+ 12.2	+ 9°12′ 214	+ 33.7	582.4	
TP2	- 17°28′ 66	+ 18.5	+ 15°07′ 72	+ 18.0	612.6	
TP3	- 5°31′ 167	+ 16.0	+ 4°36′ (2.7)266	+ 20.5 (21.2 -- 0.7)	651.6	
TP4	- 12°36′ 153	+ 32.7	+ 18°41′ 248	+ 75.1	742.7	
BM 33	+ 2°05′ 273	- 9.9	+ 3°12′ 92	+ 5.1	780.5	
TP5	+ 5°30′ 215	- 20.5	- 10°42′ 241	- 49.3	726.7	
TP6	+ 23°24′ 308	- 112.4	- 4°46′ 281	- 23.3	682.9	
TP7	+ 4°16′ 158	- 11.7	- 0°28′ 72	- 1.8	568.7	
BM 34			- 2°15′ 204	- 8.0	549.0	

(2) 트래버어스측량

답사, 예측, 경계선을 정할 때, 약측, 평면도를 만들 때의 세부측량과 같이 각점이나 선의 평면위치만 필요할 때 또는 트래버어스 측량을 할 때 스타디아측량을 이용하면 테이프를 사용하여 측정하는 것보다 신속하며 경제적이고 충분한 정도(精度)를 얻을 수 있다. (소요인원 : 기계수 1명, 표척수 2명, 야장수 1명)

① 각 점에 트랜싯을 설치하여 방위각 협장과 수평각을 읽고, 연직각은 수평거리에 큰 영향을 줄 경우(보통 3°이상)에만 측정한다.

② 각 측선을 2회씩(전시, 후시) 측정하여 차이가 있을 경우에는 이 두 측정값을 평균하여 야장에 기입한다.

<표 8-2-18> 스타디아를 사용한 트래버어스측량의 야장기입법 (예)

측점	시준점	방위각	자방위	협장 (m)	연직각	수평거리 (m)	NK = 39 C = 0 K = 100 관측자 : 기장자 : 년 월 일 맑음
B	A	279°00′	N 81°W	3.03	+2°40′		
	C	355°14′	N 4°W	2.98		303	
C	B	176°14′	S3°30′E	2.99			
	D	279°56′	N 63°W	4.48		299	
D	C	116°56′	S 63°W	4.50			
	E	221°49′	S 42°W	2.83	+4°00′	449	
E	D	41°49′	N 41°E	2.82	-3°50′		
	A	127°57′	S 52°E	3.97		283	
A	E	307°57′	N 52°W	4.00			
	B	98°58′	S 81°E	3.02	-2°40′	399	

(3) 세부측량

지형측량과 같이 평면위치 뿐만 아니라 그 점의 표고도 동시에 측정하려고 할 경우에 쓰이고, 이 때에는 라-(2)작업 외에 연직각을 측정하고 고저차를 계산하는 것이 필요하다.(소요인원 : 기계수 1 명, 표척수 약간명, 야장수 1 명)

(가) 세부측량

① 위치와 표고가 확정되어 있는 삼각점 또는 도근점에 트랜싯을 세우고, 기계고를 측정한다.

② 측선방향으로 후시하여 방위각을 측정한 후 하부를 고정한다.

③ 상부를 풀어서 각 측점을 전시하여 야장에 기입한다.(이때 시준고를 기계고와 같게 하여 연직각을 측정하면 계산에 편리하다.)

④ 수평각은 5′, 연직각은 1′ 정도의 단위로 읽고, 어느 한 점에서 많은 측점을 관측할 경우에는 방위각의 오차가 발생되지 않도록 가끔씩 기준이 되는 한 측점을 시준하여 점검한다.

<표 8-2-19> 스타디아를 사용한 세부측량의 야장기입법 (예)

표척점	방위각	협장 (m)	연직각	수평거리 (m)	고저차 (m)	표고 (m)	비 고	측점C 표고141.3 m 기계고 = 1.50 m 기계 NK_3 K = 100 C = 0 관측자 기장자 기장자
B	176°14′							
1	10°21′	2.41	- 3°11′	241	- 13.4	127.9	물 가	
2	3°14′	2.34	- 3°17′	234	- 13.4	127.9	물 가	
3	352°45′	1.88	- 4°11′	187	- 13.6	127.7	물 가	
4	7°18′	1.92	- 4°04′	192	- 13.6	177.7	물 가	
5	349°10′	2.98	- 2°06′	298	- 10.6	130.7		
6	16°55′	1.83	- 2°50′	183	- 9.1	132.2		
7	315°20′	2.62	- 2°42′	262	- 12.3	129.0		
8	349°15′	1.38	- 5°46′	135	- 13.8	127.5		
9	339°30′	1.80	- 4°22′	176	- 13.7	127.6	개천폭 2 m	
10	0°05′	1.24	- 4°12′	122	- 9.1	132.2		
11	344°40′	1.62	- 4°54′	160	- 13.8	127.5		
12	25°00′	0.95	- 0°11′	96	+ 0.4	141.7		
13	307°45′	1.63	- 4°56′	162	- 14.0	127.3	물 가	
14	319°10′	1.34	- 5°56′	133	- 13.9	127.4		
15	309°45′	1.93	- 3°00′	174	- 10.2	131.1		
16	318°25′	1.09	- 4°36′	109	- 8.8	132.5		
B	176°15′	CK	′					
17	340°00′	2.11	- 3°08′	212	- 11.6	129.7		
18	278°35′	0.84	- 5°43′	83	- 8.3	133.0		
19	276°20′	1.02	- 7°56′	101	- 14.1	127.2	물 가	
20	277°40′	1.41	- 5°40′	141	- 14.0	127.3	물 가	

(나) 기준점과 세부 측량

높은 정도를 필요로 하지 않는 세부측량의 보조기준점 등은 그 평면위치와 표고를 스타디아 측량에 의하여 결정하는 것이 신속하고 편리하다.

① 전시와 후시를 측정하고 그 때 기계고를 시준하였을 때의 연직각을 측정한다.

② 방법을 병용하여 세부의 위치도 동시에 결정하고, 야장에 기입한다.

(4) 평판과 스타디아를 병용한 측량

(가) 망원경 앨리데이드를 사용할 경우

평판을 도근점에 세우고 스타디아 선이 있는 망원경 앨리데이드를 이용하여 수평거리, 고저차를 구하여 현장에서 직접 평판에 작도한다.

(나) 도근점에 평판을 세우는 경우

① 도근점에 평판을 세우고 가능한한 가까운 곳에 트랜싯을 세운다.

② 앨리데이드에 의하여 측점에 세운 표척을 시준하여 방향선을 측정하고 트랜싯에 의한 스타디아 측량으로서 측점까지의 수평거리와 고저차를 구하여 현장에서 작도한다.

(다) 도근점에 트랜싯을 세우는 경우

이 방법은 측량결과를 야장에 기재할 필요도 없고 현장에서 오측(誤測)을 곧 판단할 수 있으므로 편리하여 지형측량에 널리 사용된다.

① 도근점에 트랜싯을 세우고 가능한한 가까운 곳에 평판을 세운다.

② 트랜싯으로 측점에 세운 표척을 시준하여 방위각, 수평거리, 고저차를 구하여 평판상에서 분도기와 축척에 의하여 작도한다.

마. 오차와 정밀도

(1) 오차의 원인 및 제거

(가) 스타디아 정수의 변화에 따른 오차의 제거

스타디아 정수가 정확하지 않기 때문에 생기는 오차를 정오차(定誤差)로서 스타디아 정수(定數)에 비례하며 이것은 거리측정시 테이프가 너무 길거나 짧아서 생기는 오차와 같다.

① 스타디아 선이 고정되어 있을 때에는 스타디아 정수가 변화하는 일은 거의 없으나 기상조건의 변화 등으로 약간씩 변한다.

② 따라서 승정수를 세밀히 점검하여 측량하면 오차를 줄일수 있다.

(나) 표척의 눈금이 정확하지 않음으로 인한 오차의 제거

표척의 눈금이 똑같이 더 길거나 짧으면 측정된 거리에 정오차(定誤差)가 생기며

그 크기는 협장(夾長)에 비례한다.

① 표척을 정확한 자와 비교 점검하여 만약 길이에 오차가 있을 경우에는 측정결과를 보정한다.

② 높은 정도(精度)를 필요치 않을 경우에는 보통 무시한다.

(다) 협장의 읽음값이 정확하지 않음으로 인한 오차의 제거

관측자가 표측의 눈금을 부정확하게 관측하여 생기는 오차로서 우연오차이다.

① 트래버어스측량과 같이 일련의 관측을 할 경우에는 오차는 관측 회수의 제곱근에 비례하며, 측정 결과로 생기는 오차중 가장 큰 영향을 주는 것이다.

② 오차를 가능한한 작게 하려면 시차(視差)를 없애도록 정확하게 조준하고, 관측할 때 기상조건을 고려하여 주의깊게 읽는다.

(라) 표척을 정확하게 수직으로 세우지 않음으로 인한 오차의 제거

기계고에 십자횡선을 맞추어 수직각을 읽을 때에는 그 측정치에 오차가 커지며 협장을 읽을 때 생기는 오차일 경우에는 수직각이 클수록 오차가 커지므로 표척을 정확히 수직이 되도록 세운다.

(마) 빛의 불규칙한 굴절로 인한 오차의 제거

빛의 굴절 때문에 정오차가 생기며 보통 스타디아 측량에서는 그다지 큰 영향이 없다.

① 높은 정도(精度)를 필요로 할 경우에는 흐린 날씨에 측정하는 것이 좋다.

② 맑은 날씨에는 이른 아침이나 저녁 때가 좋고 기상조건이 나쁠 때는 표척의 1 m 이상을 시준하고 표척의 아래쪽을 시준하지 않는다.

(바) 연직각측정에서 발생하는 오차의 제거

연직각의 읽음값에 오차가 있으면 수평거리와 고저차에 오차가 있으나, 수평거리에는 5°에 1′의 오차가 있을 경우 1/20,000, 15°일 경우에는 1/6,000의 정도에 상당하므로 큰 영향을 주지 않는다.

① 수평거리를 측정할 경우에는 연직각보다 협장의 오차가 영향이 더 크다.

② 고저차를 측정할 경우에는 연직각의 측정 정도(精度)가 영향이 더 크다.

(2) 정밀도

스타디아 측량은 상·하스타디아 선의 좁은 간격으로 거리 또는 고저차를 측정하

는 것으로서 높은 정밀도를 기대하기는 어렵고 신속한 것을 제일로 한다. 악조건일 때는 1/150~1/200, 약간 조건이 좋을 때는 1/300~1/500 정도이며, 고저차는 숙련도에 따라 10 ㎝ 이내로 할 수 있다.

트랜싯 스타디아법의 정도(精度)는 다음과 같다.

① 경사가 급하고 특별한 주의없이 표척을 세웠을 경우에 수평거리의 정도는 1/100 이하, 고저차의 정도는 수평거리 250 m 에 대하여 50 ㎝ 정도이다.

② ①과 같은 조건이지만 약간 완화하고 표척을 주의하여 세우면, 시준거리가 70~300 m 일 경우 수평거리의 정도(精度)는 약 1/200이고, 고저차의 정도(精度)는 연직각 1′까지 측정하면 수평거리 300 m 에 대해 10 ㎝ 이하이다.

③ 기복이 많은 지역에서 상당히 긴 시준거리를 포함한 트래버어스측량(측정각 1′까지)을 한 경우에 수평거리의 시준오차는 7 $\sqrt{거리(km)}$ m 이하, 고저차 시준오차는 80 $\sqrt{거리(km)}$ ㎝ 이하이다.

④ ③과 같은 조건이지만 상당히 평탄한 지역일 경우의 수평거리의 시준오차는 시준거리 1 ㎞당 4 m 이하이고, 고저차의 시준오차는 시준거리 1 ㎞당 15 ㎝ 이하이다.

⑤ 연직각이 15°되는 급경사 사면에서 각은 1′까지 전시와 후시, 표척은 정확히 연직으로 세워 시준거리를 400 m 이하로 제한할 경우에 수평거리의 시준오차는 4 $\sqrt{거리(km)}$ m 이하이고, 고저차의 시준오차는 20 $\sqrt{거리(km)}$ ㎝ 이하이다.

(예제) 길이 3 m 의 표척 끝이 수직선에서 5 ㎝ 떨어진 것으로 협장을 읽었을 때 0.2 ㎝ 의 오차가 있었다면 정밀도는 얼마인가?

(풀이) 0.2 ㎝ ÷ 5 ㎝ = 400 정밀도 = 1 / 400

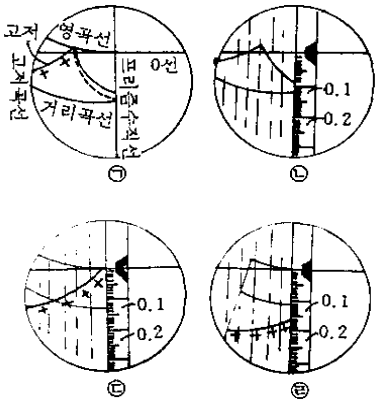
2.1.6.4. 함메르 펜넬 타키미터 방법

가. 원리

① 트랜싯과 같이 고저차와 거리를 계산할 필요없이 다이어그램(diagram)과 표척의 관계에 의해 곧바로 측점간의 수평거리와 고저차를 알 수 있으므로 시간과 노력을 절약할 수 있다.

② 트랜싯과 데오도라이드와 비슷하지만 망원경을 반전할 수 없고 상·하향각을

각각 30°까지 측정할 수 있는 반면 연직분도원은 없다.



③ 다이어그램은 프리즘 장치가 되어 있어 그 상(像)이 망원경 시야의 왼쪽 부분에 비치며, ㉠ 과 같이 4개 곡선, 즉 거리곡선(distance curve), 영곡선(zero curve), 2개의 고저곡선(height curve)이 있어 망원경의 수직회선에 따라 이동된다.

④ 영곡선은 수직선과의 교점에서 항상 0선과 접촉되고, 거리곡선과 고저곡선은 망원경의 수직각에 대응하여 움직이며, 영곡선과의 간격으로 거리와 고저차를 나타낸다. 즉, 영곡선과 거리곡선사이의 표척눈금수에 100배를 하면 수평거리가 되고, 영곡선과 고저곡선 사이의 표척 눈금수에 20 배를 하면 고저차가 된다.

나. 외업

① 기계를 설치 정준하고 표척을 시준한다.

② 표척을 읽을 때는 프리즘의 수직선에 표척을 연변에 정확하게 접하도록 하고 읽는다. 이때 영곡선은 반드시 표척상의 영점(zero point)과 일치시켜야 한다.

③ 표척은 가능한한 영점을 시준고의 평균고(약 1.4 *m*)에 있도록 하면 시준고의 가감을 할 필요가 없어 용이하다.

(계산 예) ○ 시준이 부각(俯角)일 때 (㉡ 의 경우)

수평거리 = 0.124 × 100 = 12.40 *m*

고 저 차 = (−) 0.100 × 20 = (−) 2.00 *m*

○ 시준이 수평일 때 (㉢ 의 경우)

수평거리 = 0.135 × 100 = 13.50 *m*

고 저 차 = (±) 0.000 × 20 = 0.00 *m*

○ 시준이 앙각(仰角)일 때 (㉣ 의 경우)

수평거리 = 0.115 × 100 = 11.50 *m*

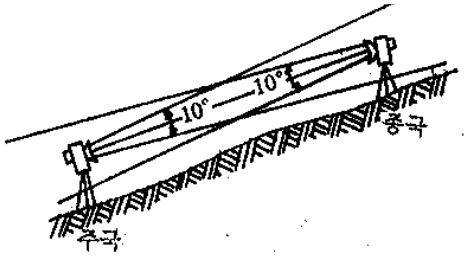
고 저 차 = (+) 0.173 × 20 = (+) 3.46 *m*

2.1.6.5. 엘리데이드 스타디아법

앨리데이드 스타디아(alidade stadia)법은 2.1.1.5.-나-(2)을 참조할 것.

2.1.7. 전자파측량

전자파측량(電磁波測量)은 측정하려는 두 지점(주국과 종국)간에 전자파를 왕복시켜 반사되어 온 전자파의 위상차를 이용하는 측량방법이다.



2.1.7.1. 사용되는 기구

전자파측량에 사용되는 기구는 전자파측거기 (EDM, Electronic Distance Measuring equipment)로서 이는 사용하는 파장에 따라 광파측거기, 전파측거기, 라디오파측거기로 분류할 수 있다.

가. 광파측거기(Electro-Optical Distance Measuring instruments : EODM)

① 가시광선이나 적외선을 사용하며 보통 0.9 ㎛ 부근의 것을 사용한다.

② 중거리용으로 He-Ne 레이저(λ = 0.63 ㎛), 단거리(3 ㎞ 이내)용으로는 Ga-As 적외선(λ = 0.9 ㎛)이 많이 이용된다.

나. 전파측거기(Microwave/Electronic Distance Measuring instruments: MDM)

① 3~35 GHz의 진동수를 갖는 파를 사용하며, 보통 λ = 3 ㎝ 인 10 GHz를 사용한다.

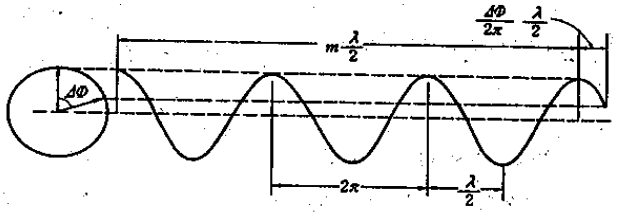
② 주국과 부국에서 동시에 발사하며 무전기를 겸할 수 있기에 주로 중장거리용으로 이용된다.

다. 라디오파 측거기(Long radio-wave instruments)

① 주로 수로측량에 사용하며 수 ㎞ 이상의 파장을 사용한다.

2.1.7.2. 기본원리

전자파측거기의 기본원리는 다음의 Maxwell 전자방정식에 의해 설명되어 진다.



① Maxwell 의 전자방정식에 의한 대기 중 전자파의 속도(그림 110 참조)

$$C = f \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T}$$

측정의 기본단위가 되는 $\frac{\lambda}{2}$ 는 다음과 같다.

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{C}{2f}$$

여기서, λ : 파장, C : 속도,

T : 주기, f : 진동수(주파수)

Maxwell의 전자방정식에서 진공중의 전파속도를 C_0라 하고, 대기중의 굴절계수를 n이라 하면,

$$n = \frac{C_0}{C}$$ 이므로

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{C_0}{2f \cdot n}$$ 가 된다.

이때 기본측정단위의 상수 m과 1파장이 안되는 분수항 p를 알면

$2D = m \cdot \lambda + p \cdot \lambda$ 에 의하여 측정거리 D는

$$D = m \cdot \frac{C_0}{2f \cdot n} + p \cdot \frac{C_0}{2f \cdot n}$$

또한 반사되어 온 파의 위상차를 ΔΦ 라 할 때의 거리는 $\frac{\Delta\Phi}{2\pi}$ 로 나타낼 수 있으며 측정거리 D는

$$D = m \cdot \frac{C_0}{2f \cdot n} + (\Delta\Phi/2\pi) \cdot \frac{C_0}{2f \cdot n}$$ 가 된다.

※ 위상차로서 기계에서 직접 측정되며, 상수 m은 서로 다른 진동수를 사용함으로

서 결정할 수 있다.

2.1.7.3. 장・단점

(장점) ① 지형의 영향을 받지 않는다.

② 100 m 이상이 되어도 높은 정확도로서 측정이 가능하다.

③ 50 m 이상이 되어 테이프 측정이 어려운 경우에 매우 효과적이다.

④ 테이프로 사용하는 경우보다 작업인원수가 적다.

⑤ 데오도라이트를 병용하여 미지점의 3차원 좌표를 구할 수 있다.

(단점) 관측되어진 거리는 송광부와 반사프리즘간의 거리이므로 경사거리, 근거리에서의 수 ㎜의 오차를 피할 수 없다.

2.1.7.4. 측량 방법

가. 전거리 및 각도의 측정

① A와 B 두 점간을 측정하기 위해서는 각 지점에 기계와 반사프리즘을 세운다.

② 기계의 발사광이 나오는 지점과 프리즘의 중앙을 일치시킨다.

③ 사거리(L)을 EDM에 의해 측정하고, 결합된 데오도라이트에 의해 경사각(α)을 측정하였을 때 수평거리(S) 및 고저차(V)는 다음식에 의해 산출한다.

수평거리(S) = L・cos α, 고저차(V) = L・sin α

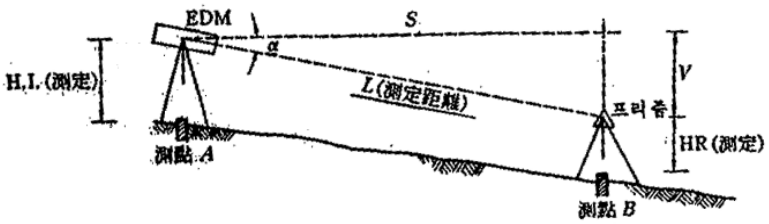
점 A의 표고를 알고 있을 경우에는 다음식에 의해 점 B의 표고를 산출한다.

B점의 표고 = A점의 표고 + HI ± V − HR

여기서, HI : EDM과 데오도라이트의 높이(기계고)

V : 기계높이 점간의 높이 차

HR : 프리즘의 높이(기계고)

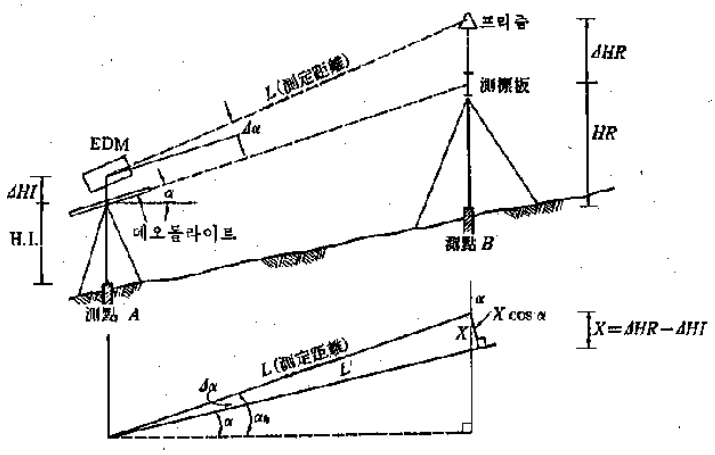


나. 측정치의 보정계산

EDM에 의하여 측정한 거리는 강철 테이프로 측정한 거리보다는 상대적으로 길기 때문에 다음식에 의하여 보정하여야 한다.

만약, EDM과 데오도라이트의 높이차를 ΔHI, 두 기종의 시준선이 평행하지 않고 Δα 만큼의 차이가 발생한다면 측정하고자 하는 위치에 있는 프리즘과 측표판(測標板 : target)은 ΔHR 만큼의 차가 발생하므로 다음식에 의하여 보정해야 한다.

$$\sin\Delta\alpha = \frac{(\Delta HR - \Delta HI)\cdot\cos\alpha}{L} \qquad \Delta\alpha'' = \frac{(\Delta HR - \Delta HI)\cdot\cos\alpha}{L\cdot\sin 1''}$$



(예제) 김일용은 위 그림과 같이 전파측거기를 이용하여 점 A에서 점 B까지의 거리를 측정한 바 920.85 m 이었고, 데오도라이트를 이용하여 점 B에 있는 측표판을 시준한 바 -4°30′00″였다. 이때 EDM과 데오도라이트의 기계고는 각각 1.84 m 와 1.74 m 였으며, 프리즘과 측표판은 각각 2.0 m 와 1.8 m 의 높이에 설치하였다. 수평거리는 얼마인가?

(풀이) $\Delta HR - \Delta HI = (2.0 - 1.8) - (1.84 - 1.74) = 0.1$

$$\Delta\alpha = \frac{0.100 \times \cos 4°30'00''}{920.850 \times \sin 1''} = 22''$$

$$\alpha = \alpha' + \Delta\alpha = -4°30'00'' + 0°00'22'' = -4°29'38''$$

수평거리(S) $= L\cdot\cos\alpha = 920.85 \times 0.996926 \fallingdotseq 918.02\ m$

다. 기상보정 및 투영보정

① 동일한 주파수를 사용해도 대기의 상태에 따라 전파속도가 다르기 때문에 파장에 변화에 따라 측정거리가 변화한다. 따라서 이에 대한 기상보정(atomo- spheric correction)이 필요하다. 즉, 광파측거기는 표준대기상태의 값을 나타내므로 측정시의 대기상태로의 보정이 필요하다.

② 기상보정이 이루어진 거리는 경사거리이므로 평균해면상의 거리로의 투영보정이 필요하다.

2.1.7.5. GPS 위성에 의한 측정

GPS(global positioning system)위성에서 발사되는 전파를 수신하여 측점에 대한 삼차원 위치, 속도 및 시간정보를 제공하도록 고안된 행성항공시스템이다. 이는 기존의 모든 측량방법의 제약조건을 해소시킬 수 있는 차세대의 측량방식이다.

가. 측정의 특징

① 고정밀도 측량이 가능함.
② 장거리 측량에 이용됨.
③ 관측점간의 시통이 필요치 않음.
④ 중력방향과 상관없는 3차원 공간에서의 측위방법임.
⑤ 기상조건에 영향을 받지 않으며, 야간관측도 가능함.
⑥ GPS관측은 수신기와 내장된 프로그램에 의해 전산처리되므로 관측이 용이함.
⑦ 위성의 궤도정보 및 전리층의 영향에 대한 보정이 필요함.
⑧ WGS84 타원체좌표가 정해지므로 지역타원체(local ellposid)로의 변환이 필요함.

나. 측정의 방식

GPS 위성신호는 두 개의 운반진동수, 즉 1575.42 MHz(10.23 MHz × 154, 19 ㎝ 밴드)인 L1과 1227.60 MHz(10.23MHz × 120, 24㎝ 밴드)인 L2가 있는데, 이 두 진동수를 동시에 조합시키면 위성에서 지상으로 전파되는 전리층의 효과(ionospheric effect)를 구할 수 있다.

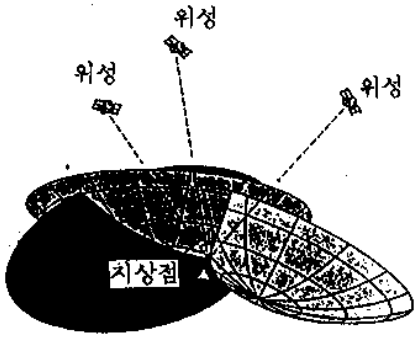
위성신호는 C/A코드(coarse acquisition code)와 P코드(precise code)로서 수신될 수 있는데, C/A코드는 1.023 MHz(파장 약 300 m)로서 1 ms 주기로 변조되어 일반

인이 제약없이 사용이 가능하며, P코드는 진동수 10.23 MHz(파장 약 30 m)로서 267일의 주기를 갖고 있다. 이와 같은 운반진동수와 코드진동수는 모두 높은 정밀도인 기본진동수(fundamental frequency) 10.23 MHz 를 변화시킨 것이다.

GPS 위성 측정의 방식은 다음의 세 가지 방식이 있다.

(1) 코드측정(code measurment)방식

C/A코드나 P코드를 측정하여 지상의 측점으로부터 위성까지의 거리를 구하는 방식이다. GPS 위성에서 지상점까지 도달한 시간 t, 전파의 전달속도 c 라 할 때, i 위성과 j 지상점까지의 거리는 다음식에 의해 산출한다.



$$P_i^{\,i} = t \cdot c$$
$$= |r^i - R_j| = \{(X^i - X_j)^2 + (Y^i - Y_j)^2 + (Z^i - Z_j)^2\}^{1/2}$$

여기서, $r^i(X^i, Y^i, Z^i)$: 지심좌표계(地心座標系)에 의한 위성의 좌표

$R_j(X_j, Y_j, Z_j)$: 지상점의 좌표

(2) 위상측정(phase measurment)방식

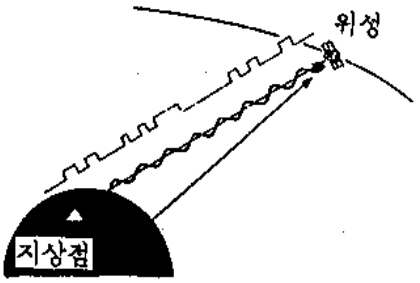
운반파신호의 파장이 약 20 ㎝ 로서 코드신호보다 파장이 100 배 정도 작기 때문에 해상력이 뛰어나며 위상차는 EDM의 경우와 같은 방법으로 측정이 가능하므로 이에 대한 거리식인

$r = \dfrac{\lambda}{2\pi} \cdot \psi$ 를 이용하면

다음과 같은 식이 된다.

$$\Delta\psi = \frac{2\pi}{\lambda}\{|r^i - R_j| - a_j \cdot \lambda + c \cdot \Delta t_j\}$$

여기서, a_j : 불확실상수(interger ambiguity)



(3) 도플러측정(Doppler measurement)방식

이 방식은 $t_k < t < t_i$ 동안에 이동하는 도플러 수 N을 세어서 지상점에서 위성까지의 거리변화량을 Δr을 구한다.

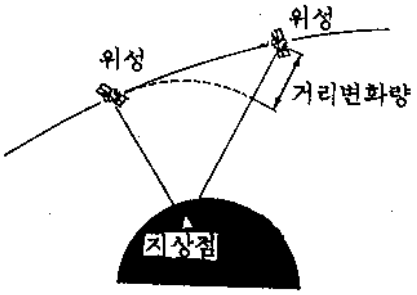
$$\Delta r = | r^j(t_k) - R_j | - | r^j(t_i) - R_j | = P_j{}^i$$

$$\Delta r = \frac{c}{f_0} \{N - (f_0 - f_s)(t_k - t_i)\}$$

여기서, f_0 : 수신기의 기본진동수,

f_s : 위성신호의 진동수,

$f_0 - f_s$: 미지수 (지상점 좌표와 진동수의 차)



다. 측정의 측위방법

GPS에 의한 위치결정방식에는 여러가지가 있으나 이용목적에 합당한 최선의 방법을 채택하고 있다. 아래 표는 가장 널리 이용되고 있는 측위법과 측위결과를 보여준다.

<표 8-2-20> GPS 위성 측정의 측위방법의 구분

측 위 결 과	측위방법의 종류	
	동적 방법(실시간 측정용)	정적 방법(측량용)
절 대 위 치	(독립) 항 법	1 점 측위법
상 대 위 치	상 대 항 법	상대 측위법

측위결과의 측면에서 시점의 위치가 지심좌표계에 대한 절대위치가 구해지는가 또는 다른 점을 기준으로 하여 상대위치가 구해지는 가의 차이에 있다. 정확도가 높은 방법은 정적상대측위법이며 정확도가 낮은 방법은 동적항법이다.

(1) 항법용 측위방법

가장 기본적인 방법은 실시간에 절대좌표를 구하는 것이고 코드측정방식인 유사거리(pseudo-range)가 이용되며, 4개의 유성을 동시에 수신한다면 3개의 미지좌표와 수신기 시간오차를 계산할 수 있다. 이 방법은 해양구조물의 설치나 석유시추공의 위치결정, 항만으로의 선박출입 유도 등에 이용된다.

(2) 측량용 측위방법

측량용으로는 시간보다도 정확도가 중요하기 때문에 정적방법이 널리 이용되고 있다. 한 점의 절대좌표를 결정하는 방법을 (정적) 1점측위법(single-point positioning)이라고 하며, 수심기의 종류와 요구정확도에 따라 적절히 15-5-2의 3가지 방법이 적용될 수 있다.

라. 측위결과

측량분야에서 이용되는 GPS수신장비에는 소형컴퓨터가 내장되어 있어서 측정방식에 따라 처리된 결과가 제시되는 것이 일반적이다. 그러나 상대측위의 경우에는 컴퓨터에 의해 사후처리(post-precessing)를 해야 하며, 그 결과는 광파측거기로 측정한 거리에 상당한다고 볼 수 있다. 현재까지는 GPS수신기의 편리성에 비해서 가격이 비싸므로 단거리의 상대측위에서는 EDM을 활용하는 것이 바람직하지만 작업기간과 능률을 고려한다면 중장거리 뿐만 아니라 공공측량의 경우에도 효과적이며, 항법의 경우에는 이동체(차량 등) 측정에서도 널리 활용될 것으로 기대된다.

2.1.8. 지형측량

지형측량(地形測量 : topographic survey)은 지표상에 있는 모든 지물(planimetric features)과 지모(relief features : land forms or hypsographic features)를 측정하여 그 결과를 일정한 축척과 도식으로 도시하여 지형도(topographic map)를 작성하는 작업이다. 지형도작성 작업상의 축척을 구분하면 1/1,000 이상은 대축척, 1/1,000~1/10,000을 중축척, 1/10,000 이하를 소축척이라 한다. 면적이 좁고 지형이 단순한 지역으로서 삼각측량을 하지 않아도 오차가 생길 염려가 없을 경우에 지형측량의 기준점은 기설의 기본삼각점, 기본수준점, 이들의 성과표에 의한 제원을 이용한다.

○ 지형측량 ─┬ 외업 : 답사, 도근측량, 도해도근측량, 세부측량
　　└ 내업 : 각종 계산, 지형도작성

2.1.8.1. 지형의 표시법

가. 음영법(陰影法 : shading)

어느 일정한 방향으로 평행광선이 비칠 때 생기는 그림자를 바로 위에서 본 상태로 기복의 모양을 표시하는 방법으로 고저차가 크고 급경사지의 지모(地貌)파악이 쉽다.

나. 사상선법(蓑狀線法 : hachure line)

영선법(影線法)이라고도 하면, 사상선(짧고 거의 평행한 선)의 간격, 굵기, 길이, 방향 등에 의하여 지모를 표시하는 방법으로 급경사일 경우에는 굵고 짧게, 완경사일 경우에는 가늘고 길게 나타내야 하므로 기복의 파악은 쉬우나 제도하기 곤란하다.

다. 점고선법(點高線法 : spot)

하천, 항만, 해양측량 등에서 심천측량(深淺測量)을 한 측점에서 숫자를 기입하여 고저를 표시하는 방법이다.

라. 채색법(彩色法 : layer system)

등고선의 사이를 같은 색조로 칠하는 방법으로서 평지를 기준으로 지형이 높아짐에 따라 진한 색으로 표시하며, 물은 깊어지는 정도에 따라 색을 진하게 표시한다.

등고선과 같이 이용하면 고저구별이 편리하다.

마. 등고선법(等高線法 : contour line)

등고선은 한 토지가 같은 간격의 수평면으로 절단되었을 때의 절단선이 투영면상에 정사투영된 곡선이며, 등고선으로 표시된 지형도에서는 도상의 어느점이던 표고, 경사의 방향과 성질 등 모든 지형의 특성을 자세하게 알 수 있고 계산으로도 확인할 수 있다.

2.1.8.2. 도근측량

지형측량시 기본삼각점만으로는 기준점이 부족하므로 이들 삼각점을 기준하여 필요한 기준점을 증설하지 않으면 안된다. 이 점을 도근점(圖根點 : supplementary control point)이라 하고, 그 위치와 고저를 측정하는 것이 도근측량(圖根測量 : topographic control survey)이라 하며, 세부측량의 기준이 되는 점을 결정하는 골격측량의 일종이다.

가. 도근삼각측량

① 도근삼각측량(圖根三角測量 : supplementary triangulation)은 전망이 좋은 지역에서 실시되며, 도근점의 위치는 도로, 하천의 교차점, 독립수(獨立樹), 높은 탑, 산꼭대기 등의 지세의 중요점으로 잘 보이는 곳에 선정한다.

② 도근점 상호간의 간격은 도상 10 ㎝ 가 보통이나 경제적으로 27 ㎝ 정도로 하기도 한다.

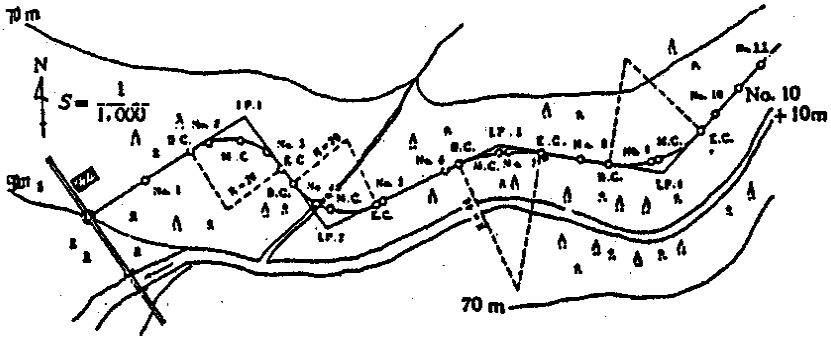
③ 도근점에는 9 ㎝ 각폭의 말뚝을 박고, 측표(測標) 또는 표기(標旗)를 세운다. 기준점에서 도근점이 보이지 않을 경우에는 기계를 적당히 이동하여 관측하되 귀심계산을 하여 수정한다.

④ 도근삼각측량의 관측요령

도근점간의 거리	도 상 10 ㎝ 이내
기계의 최소 읽음값	수평각 30″ 이내
	수직각 1′ 이내
방향선의 길이	4 ㎞ 이내
관측횟수	3회
관측차	수평각 45″ 이내

수직각 60″ 이내

배각차(倍角借) 60″ 이내



(예제) 점 A, B, C 의 3점을 기준점으로 하여 삼각고저측량법에 의해 점 P의 좌표를 구하여라.

(풀이)

삼각형	방 향 각		내 각		거리 및 좌표값의 계산					
△ ABP	T_{AP}	21°36′20″	α	15° 20′ 00″	log AB	3.426383	log AP	3.301883	log AP	3.301883
$AP=AB\dfrac{\sin\beta}{\sin(\pi-\alpha-\beta)}$	T_{AB}	36 56 20	β	35 45 20	log sinβ	9.766554	log cosT_{AP}	9.968395	log sinT_{AP}	9.566101
	T_{BP}	252 42 20	π−α−β	128 54 40	colog sin(π−α−β)	0.108946	log x	3.270278	log y	2.867984
x = AP cos T_{AP}										
y = AP sin T_{AP}	T_{BA}	216 57 00			log AP	3.301883	x	1863.21	y	737.88
					AP 2003.93					
△ ACP	T_{AP}	21°36′20″	Y	93° 11′ 40″	log AC	3.162584	log AP	3.301874	log AP	3.301874
$AP=AC\dfrac{\sin\beta}{\sin(\pi-\delta-\gamma)}$	T_{AC}	341 13 40	δ	40 22 40	log sinY	9.999332	log cosT_{AP}	9.968385	log sinTAP	9.566101
	T_{CP}	67 59 20	π−δ−Y	46 25 40	colog sin(π−α−Y)	0.139958	log x	3.270269	log y	2.867754
x = AP cos T_{AP}										
y = AP sin T_{AP}	T_{CA}	161 11 00			log AP	3.301874	x	1863.21	y	737.86
					AP 2003.91					
					평 균		x = 1863.21		y = 737.87	

나. 도근트래버어스측량

① 도근트래버스측량(topographic control traversing)은 하나의 기준점에서 시작하여 또 다른 기준점에서 끝나거나 또는 같은 기준점에 되돌아오는 트래버어스측량으

로 필요한 도근점의 좌표를 결정하는 방법이다.

② 변수(邊數)가 많아지면 삼각측량에 비하여 정밀도가 낮아지므로 삼각측량이 가능한 곳은 이 방법을 쓰지 않는 것이 좋다.

③ 도근트래버스측량의 관측요령

기계의 최소 읽음 값	수평각 30″ 이내, 수직각 1′ 이내
변의 길이(각 축척을 통하여)	도 상 10 ㎝ 이내
관측 횟수	수평각 방향관측법 2 회 배각법 2배각(培角) 수직각 1 회
방향각의 폐합오차	축척 1/1,000 이상일 때 45 $\sqrt{n''}$ 이내 1/25,000 이상일 때 60 $\sqrt{n''}$ 이내 단, n 은 새로운 점에 양끝의 기지점을 더한 값

2.1.8.3. 도해도근측량

㉮ 기존삼각점이나 도근점만으로는 세부측량에 필요한 기준점이 부족하므로 새로운 도근점을 설치하여야 하는데, 이를 도해도근점(圖解圖根點) 또는 세부도근점(細部圖根點)이라 하며, 도해도근점을 정하는 측량을 도해도근측량(圖解圖根測量 : graphic control survey for detail mapping) 또는 세부도근측량(細部圖根測量)이라 한다.

㉯ 도해도근측량은 삼각점・도근점에서 평판을 사용하여 기준점의 위치를 평판상에서 구하는 평판측량의 도해법에 의하는 것이 원칙이며, 주로 교차법을 사용하지만 도선법을 사용하기도 하는데, 이때 간접, 고저측량도 동시에 한다. 교차법에 의한 도해도근점을 교차점(intersection point), 도선법에 의한 점을 도선점(graphical-traversing point)라 한다.

㉰ 밀도(密度)는 각 축척에서 도상 10 ㎝ 간격의 삼각망이 만들어지도록 선정한다. 개활지는 3개 이상의 기지점에서 방향선과 경사측정에 의하여 위치를 결정한다. 음폐지에서 도선법으로 할 때는 하나의 기준점에서 시작하여 다른 기준점으로 연결시키거나 같은 기준점에 돌아오도록 한다.

㉱ 고저차를 구할 때는 다음식을 써서 양자의 평균값을 쓴다.

㉠ 기지점에서 미지점을 시준할 때

$$H = H_0 + \frac{n}{100} S - (Z - I)$$

㉡ 미지점에서 기지점을 시준할 때

$$H = H_0 + \frac{n}{100} S + (Z - I)$$

여기서, H_0 : 기지점의 표고(*m*)

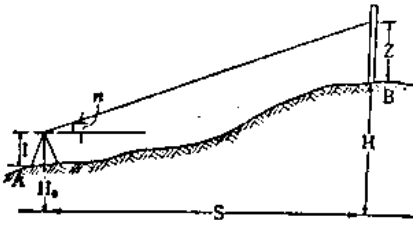
H : 미지점의 표고(*m*)

n : 앨리데이트의 분획수

S : 2 점간의 수평거리(*m*)

Z : 겨냥표의 읽음값(*m*)

I : 기계고(*m*)



㉲ 도해도근측량의 관측요령

㉠ 교차법

교차점의 간격 : 도상 10 ㎝ 이내

방향선의 길이 : 도상 20 ㎝ 이내

교 각 : 30~150°

측 정 횟 수 : 3회 이내

평면 폐합차 : 도상 1 ㎜ 이내

고 저 교 차 : 도상 0.4 ㎜ 이내

㉡ 도선법

변 의 길 이 : 도상 3 ㎝ 이내

변 의 수 : 25 변 이내

측 정 횟 수 : 3 회 이내

평면 폐합차 : $0.3\sqrt{n}$ (㎜) 이내

(n 은 변의 수)

경 사 교 차 : 0.2 분획 이내

2.1.8.4. 세부측량

삼각형, 도근점, 도해도근점 등의 기준점에서 지물과 지모의 형상, 평면위치, 고저 등을 측정하여 축척과 도식으로 나타내는 것으로서 주로 평판측량으로 한다.

축척별 주요 표시사항은 다음과 같다.

① 1/5,000 이하의 대축척도는 도로 등의 너비가 좁은 것도 그대로 표시.

② 1/10,000 의 축척도는 하천너비 1.5 *m* 이상, 교량너비 2.0 *m* 이상만 표시.

③ 1/25,000 및 1/50,000의 소축척도는 하천너비 2.0 *m* 이상만 표시.

따라서, 소축척도는 대축척도를 그대로 축소해도 안되고, 대축척도는 소축척도를 그대로 확대해서도 안된다.

가. 지물측량

지물측량(地物測量 : planimetric survey)은 지상에 있는 여러 가지 지물의 평면위

치를 결정하여 도시하는 측량을 말한다.

① 도근점에 평판을 설치하고 측정하고자 하는 지물의 측점까지의 방향선을 긋고, 그 거리를 측정하여 위치를 정한 다음 도식에 따라 도시한다.

② 작업은 평판측량법에 의하나 거리측정이 곤란한 곳에서는 평판에 트랜싯을 병용하여 지물의 위치를 정하고 스타디아법에 의해 거리를 구한다. 이 방법은 높은 정밀도는 얻을 수 없으나 작업이 신속하고 편리하다.

나. 지모측량

지모측량(地貌測量 : hypsographic survey)은 토지의 기복 상태를 측정하여 도시하는 측량방법으로 도시방법은 등고선법(等高線法 : contour system), 영선법(影線法 : hachures), 음영법(陰影法 : shading)의 3가지가 있다.

① 지성선(地性線 : basic relief line)을 기준으로 하며 지표면을 많은 집합체라 보고, 이들 다면체의 모서리선을 지성선이라 한다. 지성선은 다음과 같이 구분할 수 있다.

㉮ 철선(凸線) : 산등선(山背線) 또는 분수선(分水線).

㉯ 요선(凹線) : 계곡선(溪谷線) 또는 합수선(合水線).

㉰ 경사변환선(傾斜變換線) : 같은 방향으로 경사져 있으나 기울기가 다른 두 면의 교차선.

㉱ 경사변환점(傾斜變換點) : 凸선 및 凹선 위에서 경사가 바뀌는 점.

㉲ 방향변환점(方向變換點) : 凸선과 凹선 및 경사 변환선이 구부러지는 점.

② 지모를 구분하면 다음과 같다.

㉮ 산악(山岳) : 토지의 표면이 뚜렷하게 융기된 것.

㉯ 고원(高原) : 정상의 표면은 넓고 거의 수평하나, 측면은 가파른 것.

㉰ 구릉(丘陵) : 높이 100 m 이내의 독립된 고지.
도상에서는 폐합된 등고선으로 나타냄.

㉱ 산등(山背) : 산맥의 최고 높은 곳, 즉 봉우리를 연결하는 선.
산령(山嶺)이라고도 함.

㉲ 재 (鞍部) : 산등의 凹부, 산경(山頸)이라고도 함.

㉳ 계곡(溪谷) : 지표면의 낮은 곳을 맺는 선.

㉴ 요지(凹地) : 토지의 함몰 또는 분화 등으로 생기거나, 붕토, 유토 등이 계곡을 차단하여 만들어지기도 한다. 또한 건조하기도 하고 물이 괴어 있기도 함.

2.1.8.5. 등고선

등고선(等高線 : contour line)이란 지표의 높이가 같은 점을 연결한 곡선을 말하며, 수평곡선(水平曲線)이라고도 한다.

가. 성질

① 동일 등고선상에 있는 모든 점은 높이가 같다.

② 등고선은 도면 안 또는 밖에서 폐합하며 도중에 없어지지 않는다.

③ 등고선이 도면 안에서 폐합되는 경우는 산정이나 요지(凹地)를 나타낸다. 요지(凹地)는 대개 호소(湖沼)가 있으나 물이 없는 경우는 낮은 곳의 방향에 화살표를 그려 구분한다.

④ 높이가 다른 등고선은 낭떠러지(懸崖)나 굴(洞穴)을 제외하고는 교차하거나 합치하지 않는다. 낭떠러지나 굴에서는 2개소에서 교차한다.

⑤ 등고선의 간격은 급경사지에서는 좁고, 완경사지에서는 넓다.

⑥ 등고선은 등경사지에서는 등간격이며, 등간격 평면인 지표에서는 등간격의 평행선으로 된다.

⑦ 등고선간의 거리의 방향은 기타 표면의 최대경사의 방향을 가리키므로 최대경사의 방향은 등고선에 수직한 방향이다.

⑧ 등고선이 곡선(谷線)을 통과할 때는 한 쪽을 따라 거슬러 올라가서 곡선을 직각방향으로 횡단한 다음 곡선 다른 쪽을 따라 내려간다.

⑨ 등고선이 능선(稜線)을 통과할 때는 능선 한 쪽을 따라 내려가서 능선을 직각방향으로 횡단한 다음 능선의 다른쪽을 따라 거슬러 올라간다.

⑩ 한 쌍의 등고선이 凸부가 서로 마주서 있고, 다른 한 쌍의 등고선이 바깥쪽으로 향하여 내려갈 때는 그 곳은 고개를 나타낸다.

⑪ 등고선의 간격은 다음과 같다.

(단위 : *m*)

축 척	주 곡 선	간 곡 선	조 곡 선	계 곡 선
1 : 500	0.25 - 0.5	0.13 - 0.25	0.07 - 0.13	1.0 - 2.5
1 : 1,000	0.50 - 1.0	0.25 - 0.50	0.13 - 0.25	2.5 - 5.0
1 : 5,000	2.5	1.25	0.63	10
1 : 10,000	5.0	2.50	1.25	25
1 : 25,000	10.0	5.00	2.50	50
1 : 50,000	20.0	10.00	5.00	100

나. 종류

(1) 주곡선(主曲線, intermediate contour) : 지형을 나타내는 기본이 되는 곡선.

(2) 계곡선(計曲線, index contour) : 지모의 상태를 명시하고, 표고를 주곡선 5개마다 1개를 굵게 표시한 선.

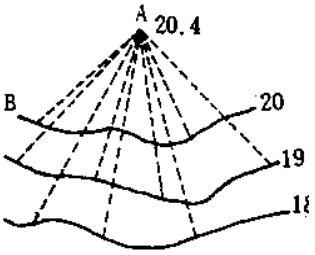
(3) 간곡선(間曲線, half interval contour) : 주곡선 간격의 1/2거리로 산정・재 또는 기울기가 다른 완경사지, 그 밖에 주곡선만으로 지모의 상태를 나타내지 못할 곳을 나타낼 때 이용하는 긴 점선.

(4) 조곡선(助曲線, supplementary contour) : 간곡선 간격의 1/2의 거리로 간곡선만으로 충분히 나타낼 수 없는 불규칙 지형을 나타낼 때 이용하는 점선.

다. 측정

(1) 직접측정법

직접측정법(直接測定法)은 직접고저측량의 요령에 의하여 일정한 높이에 있는 등고선이 통과하는 여러 점을 차례로 측정하는 방법이다.



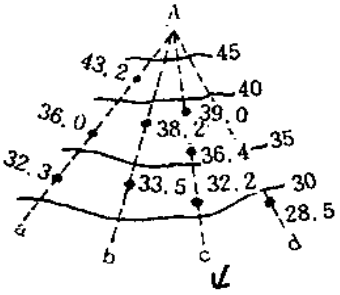
㉮ 기준점 A에 평판이나 레벨을 세워 기계고가 1.2 m 라 하면 시준선은 점 A의 표고가 20.4 m 이므로 20.4+1.2 = 21.6 m 이다.

㉯ 표고가 20 m 되는 점의 표척높이는 21.6 − 20 = 1.6 m 이므로 측부를 이동시켜 표척이 1.6 m 되는 점을 구하여 그 점까지의 거리를 테이프나 스타디아법으로 측정하여 평판에 기재한다.

㉰ 이 방법은 면적이 좁고, 대축척도로서 경사가 완만한 경우일 때 또는 凸선, 凹선 등의 곡선을 정확히 측정할 때 쓰인다

(2) 간접측정법

(가) 종단점법에 의한 등고선의 측정



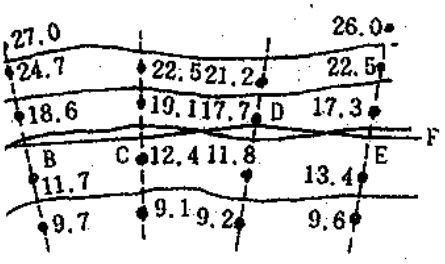
① 한 기지점 A에서 여러 개의 측선을 Aa, Ab, Ac, … 을 긋고, 그 선상에 위치한 여러 점의 지반고와 거리를 재어 등고선을 삽입한다.

② 경사가 급할 경우에는 스타디아법을 쓰면 편리하다.

(나) 횡단점법에 의한 등고선의 측정

① 기지점 A, B, C, D, … 를 따라 중심선을 만들고, 여기에서 좌·우로 수선을 그어 그 선상에 있는 여러 점의 높이와 거리를 측정하여 등고선을 삽입한다.

② 노선측량에 적합하다.



(다) 방안법에 의한 등고선의 측정

① 트랜싯과 테이프로서 측량구역을 직사각형 또는 정사각형의 규칙적인 형상으로 분할한다.

② 그 교점의 높이를 레벨, 핸드레벨 또는 스타디아 측량에 의하여 구하고, 등고선을 삽입한다.

③ 평탄한 지역 또는 어느 지역을 정지공사를 할 때와 정밀한 등고선이 필요할 경우에 사용한다.

(라) 트래버어스측량과 방사선법에 의한 등고선의 측정

지모의 변화가 심한 경우에도 정밀한 결과를 얻는다.

① 스타디아 선을 가지고는 트랜싯이나 망원경이 부착된 앨리데이드와 평판으로 도근점을 기준으로 한다.

② 곡선(谷線) 또는 분수선(分水線)상에서 경사나 방향이 변화하는 점, 산정, 고개, 분수선의 교점, 곡선의 교점 등의 위치와 높이를 정하고, 그 점 사이에 소정의 간격으로 등고선을 삽입한다.

③ 지형도의 등고선은 이 방법으로 측정하는 경우가 많다.

(마) 목측에 의한 등고선의 측정

① 측점의 수평위치와 높이, 현장의 지형약도를 계산·준비한다.

② 지성선을 이용하여 등고선의 여러가지 성질을 고려한 후 두점간의 등고선의 위치를 선정한다.

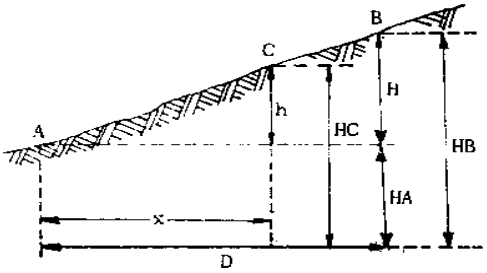
③ 이들 점을 연결하여 등고선을 그린다.

※ 숙련된 측량 제도자가 소축적의 측량시 많이 쓰인다.

라. 등고선의 기입

(1) 계산에 의한 방법

AB선을 지표면, 점 A, B의 표고를 각각 HA와 HB, 수평거리를 D라 하고, AB간의 지표면물매는 균일하다고 할 때, 표고 HC인 점 C의 위치를 구하려면 다음과 같이 한다.



$$\frac{x}{HC - HA} = \frac{D}{HB - HA}$$

$$x = \frac{HC - HA}{HB - HA} \cdot D = \frac{h}{H} \cdot D$$

(예제) 두 점 A, B의 표고는 각각 120 *m*, 160 *m* 이고, 수평거리는 270 *m* 이며, AB 간의 지표비탈은 같은 기울기일 때, AB선상에서 표고 130 *m* (X_1), 140 m(X_2), 150 m(X_3)되는 점의 위치를 구하라.

(풀이) 점 A에서 이들 등고선까지의 거리를 각각 X_1 , X_2 , X_3 라 하면,

점 A, B의 표고차 : 160 − 120 = 40 *m*

점 A에서 X_1 까지의 표고차 : 130 − 120 = 10 *m*

점 A에서 X_2 까지의 표고차 : 140 − 120 = 20 *m*

점 A에서 X_3 까지의 표고차 : 150 − 120 = 30 *m* 로 나타났다.

○ $X_1 = \frac{10}{40} \times 270 = 67.5\ m$

○ $X_2 = \frac{20}{40} \times 270 = 135.0\ m$

○ $X_3 = \frac{30}{40} \times 270 = 202.5\ m$

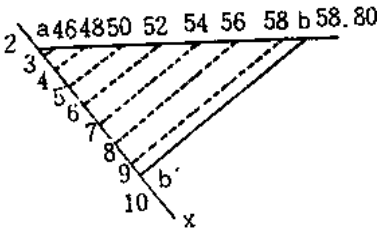
(2) 도해법

① 표고를 아는 두 지점 a(45.15 *m*)와 b(59.34 *m*)사이에 위치한 지점들의 표고를 구하기 위하여 점 a를 지나도록 자를 ax선으로 놓는다. 이때 점 a와 대응하는 자의 눈금은 다음과 같이 구한다.

○ 잣눈 1 ㎝ 당 표고차를 2 *m* 라 하면, 점 a의 표고는 45.15 *m* 이므로 점 a와 46 *m* 되는 지점과의 표고차는 0.85 m 이며, 도상거리는 0.425 ㎝가 된다. 따라서 계산의 편이를 위하여 점 a에 (정수 − 0.425) ㎝ 를 맞춘다(점 a에 2.575 ㎝ (= 3 − 0.425)를 대응시킨다).

② ax선상에 위치한 잣눈 중 점 b의 표고(59.34 *m*)와 같은 점 b′를 구하고 b와 b′

를 연결하고, 잣눈 3, 4, 5, … 에서 bb′선에 평행한 선을 그으면 ab선상에는 46 *m*, 48 *m*, … 지점의 표고를 구할 수 있다.



이때 점 b′와 대응하는 자의 눈금은 다음과 같이 구한다.

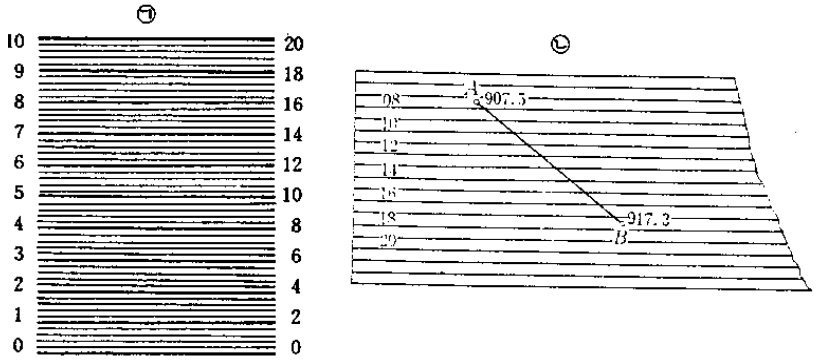
○ 잣눈 3 ㎝에 대응하는 표고는 46 *m* 이며, 잣눈 1 ㎝ 당 표고차가 2 *m* 이므로 표고 58 *m* 에 대응하는 잣눈은 9 ㎝ 가 된다. 따라서 ①의 방법에 의해 점 b′(표고 59.34 *m*)의 위치를 구하면 잣눈 9.67 ㎝ 이다.

(3) 투사지법

(가) 평행선 투사지법에 의한 등고선의 기입

점 A의 표고 907.5 *m*, 점 B의 표고 917.3 *m* 라고 할 때 AB간에 1 *m* 간격의 등고선을 그리려면,

① 평행선 투사지 ㉠의 제작은 등간격으로 다수의 평행선을 투사지(tracing paper)에 긋고 5 또는 10줄마다 굵은 선 또는 다른 색의 선을 그어 수치를 알기 쉽게 투사지 자눈금을 만들고, 좌측은 정수가 되도록, 우측은 배수가 되도록 수치를 기재한다.



② 점 A의 표고를 907.5 *m*, 점 B의 표고 917.3 *m* 라고 할 때 AB간에 2 *m* 간격의 등고선을 그리는 방법은 다음과 같다.

㉮ 투사지의 7.5 m의 선을 ㉡과 같이 점 A에 일치시켜 바늘을 꽂아 고정한다.

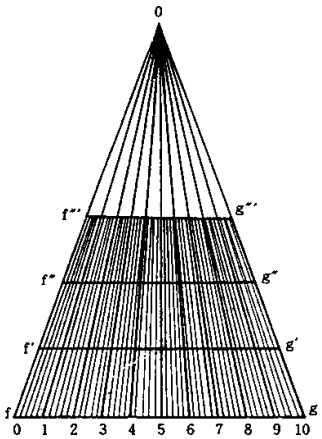
㉯ 점 A를 중심으로 하여 투사지를 회전시켜 17.3 *m*의 선이 점 B상에 오도록 한다.

㉰ AB선과 8, 10, 12, … *m* 선이 교차하는 점을 도상에 표시하면, 이 점들이 908

m, 910 *m*, 912 *m*, … 의 등고선이 통과하는 지점이 된다.

㉱ 따라서 이 교점을 투사지를 통하여 도상에 점으로 표시하면 간단·신속하게 등고선을 삽기할 수 있다.

(나) 방사선 투사지법에 의한 등고선의 기입

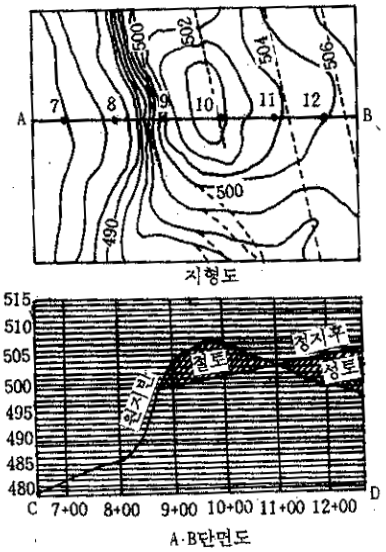


① 방사선 투사지의 제작은 투사지상의 한 선 fg를 그린 후, 이것을 10등분하고, 다시 그 1등분을 5등분한 뒤 임의의 점 0에서 방사선을 그린 후, af선에 평행하게 종선 f′g′, f″g″, f‴g‴를 그리면 방사선은 이들 종선을 등분하게 된다.

② 방사선 투사지를 이용하여 전 항의 ②와 동일한 방법으로 등고선을 기입하되, AB를 연결하는 선은 종선 f′g′, f″g″, f‴g‴에 평행하여야 한다.

2.1.8.6. 지형도의 이용

가. 종·횡단면도의 작성



① AB선과 등고선의 교점에 대한 평면위치를 단면도의 기준선 CD상에 적당한 축척으로 정한다.

② 각 교점의 표고를 찾아 CD선상에 취한 평면위치에서 수직으로 적당한 축척(대개 거리축척보다 10배 정도로 크게 하는 것이 보통임.)에 의하여 점을 정한다.

③ 이들 점을 순차로 연결하면 단면도가 되는데, 지형도의 축척과 동일하게 할 필요는 없다.

나. 토량계산

정지공사의 절토량 및 성토량은 지형도를 이용하여 단면도, 지형도를 작성하거나 이용하여 토량을 산출한다.

(1) 지형도를 이용하여 작성한 단면도에 의한 방법

① 단면도를 작성하면 종단면도에서 실선은 원지반의 지형을 나타내며, 파선으로

그린 등고선은 공사후 지형을 나타내는 것이다.

② 이러한 방법으로 AB에 평행하게 여러 개의 단면도를 그려서 절토량과 성토량을 구할 수 있으며, 기준단면간의 토량은 양단면 면적의 평균치에 두 단면간의 거리를 곱하여 구한다.

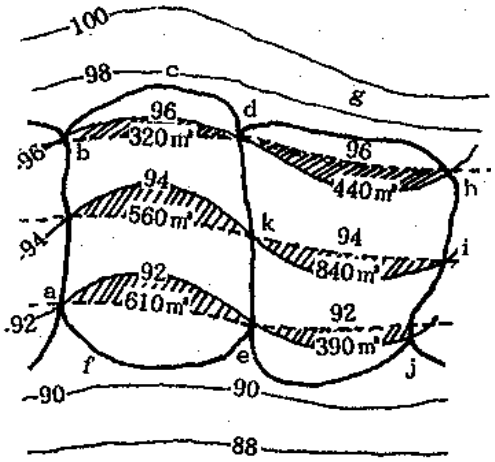
(2) 지형도를 그대로 이용한 방법

정지할 지역이 다소 불규칙하면 토량계산에 지형도를 그대로 사용하는 것이 좋다. 이 경우 지형도에는 원지반의 등고선과 정지 후의 등고선을 그린다.

① 실선은 원지반의 등고선이고, 파선은 정지공사 후의 지반의 등고선이며, 굵은 실선으로 절토도 없고 성토도 없는 점을 연결한다.

② afe, eki, bcd, dgh와 같이 현지상황으로부터 대략 판단하여 구역을 정하여 abcdkefa는 성토하여야 할 구역이고, dkejihgd는 절토하여야 할 구역이다.

③ 사선부분과 같이 성토 또는 절토한 부분을 해당 등고선과 같은 표고를 갖는 수평면으로 자른다.



④ 인접한 등고선간에서 절토 또는 성토할 토량은 사선을 그린 수평면을 밑면으로, 등고선간격을 높이로 한 주상체(柱狀體)로 보고 계산한다.

(예제) 위 그림에서 abcdefa 부분의 성토량을 구하여라. 점 c는 96 m 로서 등고선 보다 1.7 m 높고, 점 f는 92 m 로서 등고선 보다 1.4 m 낮다.

표고(m)	수평면적(㎡)	표고차(m)	절토량(㎥)	성토량(㎥)	비 고
C = 97.7	0 (0)	1.7	181.3	249.3	1/3 × 1.7 × 320 (440)
96	320 (440)	2.0	880	1,280	1/2 × 2.0 × 880 (1,280)
94	560 (840)	2.0	1,170	1,230	1/2 × 2.0 × 1,170 (1,230)
92	610 (390)	1.4	284.7	182	1/3 × 1.4 × 610 (390)
f = 90.6	0	2,516	2,941.3		
계					

( )는 성토량

다. 지형도의 축척에 의한 거리의 환산

① 지도상에서 측정한 길이에서 실거리를 구할 때에는 도상길이에 축척의 분모수를 곱한다.

② 반대로 실거리를 도상길이로 환산할 때에는 실거리를 축척의 분모와 나누면 된다.

(예제 1) 25,000분의 1 지형도에서 5 ㎝ 는 실거리로 몇 *m* 인가?

(풀이) 5㎝ × 25,000 = 1,250 *m*

(예제 2) 6,500 m 는 50,000분의 1 지형도에서 몇 ㎝ 인가 ?

(풀이) 6,500 m ÷ 50,000 = 13 ㎝

라. 기타 지형도의 이용

① 절토, 성토 범위의 결정

② 집수면적 측정

③ 저수지의 담수면적과 저수량의 계산

④ 노선의 도상선정

2.2. 노선측량

2.2.1. 노선측량(route surveying)

2.2.1.1. 기초조사

가. 현지조사

(1) 지형

공사의 난이도를 판정하기 위하여 일반적인 지형상태를 조사한다.

① 토질, 지질의 상태 : 절토면, 채석장, 토취장, 산복의 붕괴면

② 지하수의 상황 : 우물, 용출수(湧出水), 습지대

③ 특수지대 : 애추(崖錐), 선상지(扇狀地), 지붕(地崩), 단층(斷層) 및 파쇄대(破碎帶), 사구(砂丘), 천정천(天井川), 지질구조.

④ 기존시설의 상황 : 사면의 침투수 상태, 침하상태, 배수공, 낙석방지공, 방설책 등의 형식과 효과 등

(2) 성토부

① 재료선정 : 보링(boring)작업에 의하여 토취장이나 절취되는 흙이 성토의 재료로 적합한지를 조사하여 성토시공의 지침을 마련한다.

② 기초지반의 안정과 침하 : 보링(boring)과 사운딩(sounding)시험에 의하여 성토의 기초지반의 안정성과 침하에 대비한다. - 느슨한 모래, 연약한 세립토에는 주의한다.

③ 비탈면 안정 : 공사의 완성 후 성토자체의 안정성을 검토하기 위하여 현장시험으로 흐트러지지 않는 시료를 채취하여 검토한다.

(3) 절토부

① 절취비탈면에 대한 표토의 두께, 흙부분의 안정성, 암반의 층리(層理), 균열의 방향 및 비탈면 방향과 관련성을 검토한다.

② 애추 · 단층 · 파쇄대 등의 유무, 산사태 · 붕괴의 가능성, 지반내의 침투수와 그 처리 방법을 검토한다.

(4) 토공계획

① 토공량의 추정

② 시공기계, 시공방법의 선정, 다짐효과의 추정 등

나. 토질시험

(1) 현장토질시험(原位置試驗)

① 현장에서 간단하게 토질을 판정하기 위하여 자연상태의 흙으로 시험한다.

② 시험의 종류

㉮ 탄성파 검사 : 지하의 지질상태를 시험

㉯ 전기 탐사 : 지하수 조사

㉰ 관입시험 : 현장에 있는 흙의 단위체적중량시험과 흙의 강도를 판정

㉱ 베인(vane)시험 : 연한 점토 또는 실트의 전단강도 측정

㉲ 평판재하시험 : 노상, 보조기층의 지반계수(지지력계수)의 측정과 시공관리

㉳ 현장 투수시험 : 관정 등을 이용하여 투수계수 측정 등

(2) 토질시험

○ 흙의 판별 및 분류를 위한 시험

① 흙의 물리적성질을 구하여 그 흙이 지니고 있는 성상을 파악하기 위한 시험 - 흙의 함수량 시험, 흙입자의 비중시험, 입도시험, 컨시스턴시(consistency)시험(액성한계시험, 소성한계시험) 등

② 흙의 분류방법

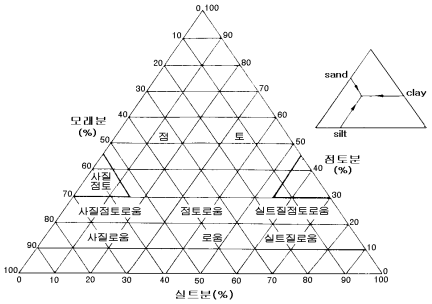
㉮ 입경(粒徑)에 의한 토립자 구분

<표 8-2-21> 입경에 의한 토립자의 구분

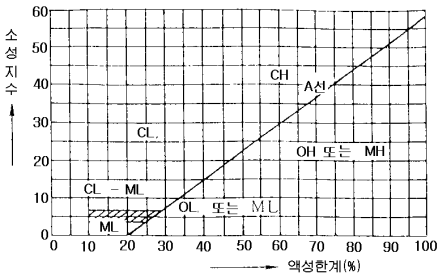
입 경(㎜)

미국재료시험협회 및 일본공업규격	colloid		clay		silt		세사(細砂)		조사(組砂)		력(礫)				
		0.001		0.005		0.05		0.25		2.0					
미국도로관리국	colloid		clay		silt		fine sand		coarse sand		gravel		boullder		
		0.001		0.005		0.074		0.42		2.0		20			
미국토성국	colloid		clay		silt	sand					fine gravel		gravel		
						very fine	fine	medium	coarse						
		0.001		0.005		0.05		0.1		0.25		0.5		1.0	2.0
일본철도성토질 조사위원회	colloid		clay		silt	砂							礫		
						微粒砂	細粒砂	中粒砂	組粒砂				細礫	礫	
		0.001		0.005		0.05		0.1		0.25		0.5		1.0	2.0

㉯ 삼각좌표에 의한 구분 : 3성분의 함유율 합계가 반드시 100%가 되어야 한다(그림 8-2-1 참조).



<그림 8-2-1> 흙의 분류도(삼각좌표)



<그림 8-2-2> 소성도(통일분류법)

㉰ 통일 분류법(unified classification)은 ㉠ 카스그란드(Casagrande)에 의하여 개발된 것으로서 콘시스턴시 시험(액성한계시험, 소성한계시험)에 의한 공학적 분류방법이다.

㉡ 흙의 조합을 3개 문자로 쓸 경우가 있지만 거의 대부분 2개의 문자조합으로 표시한다. (즉, 1개 문자는 흙의 형, 다른 문자는 흙의 속성)

㉢ 흙의 종류는 15종(조립토 8, 세립토 6, 유기질토 1종)으로 구분하여 SM, SC, ML, OL, MH, OH 등으로 표시한다.

○ 흙의 역학적 성질을 구하는 시험

① 다짐특성, 특수성, 강도 및 압밀성상 등 토공설계에 필요한 흙의 정수를 측정한다.

② 다짐시험, CBR시험, 실내특수시험, 압밀시험, 전단시험(일축압축시험, 직접전단시험, 삼축압축시험), 콘지지력시험, 표준관입시험 등

<표 8-2-22> 통일 분류법에 사용되는 기호와 그 의미

토질의 형		제1문자	토질의 속성	제2문자	
조립토	자 갈(gravel)	G	(well-graded)입도분포 양호 세립분 거의 없음(0.075㎜ 이하 5% 이하 함유)	W	
	모 래(sand)	S	(poor-graded)입도분포 불량 세립분 거의 없음	P	
세립토	실 트(mo)	M	(mo)세립분 12% 이상 함유 A선 아래, 소성지수 4 이하	M	
	점 토(clay)	C	(clay-binder)세립분 12% 이상 함유 A선위, 소성지수 7 이상	C	
	유기질의 실트 및 점토(organic clay)	O	(low compressibility)압축성 낮음 WL 50	L	
유기질토	이 탄(peat)	P1	(high compressibility)압축성 높음 WL 50	H	
토 질			토질의 속성	제3문자	
조 립 토			(drained)액성한계 WL≦28, 소성지수 IP≦6	D	
			(undrained)액성한계 WL≦28	U	

※ 제 3문자는 도로 및 비행장에 사용되는 기호

<표 8-2-23> 토공시험관리 기준

종별	시 험 종 목	시 험 법	시 방 서 규 격	빈 도
노체부	흙의 함수량 시험	KS F 2306	최적함수비의 90% 밀도에 해당하는 습윤측 함수비	·200m마다 1회 ·1,500㎡마다 1회
	다짐시험	KS F 2312	A-1 다짐 또는 D-1 다짐	·15,000㎡마다 1회 ·토질이 변할 때마다 ·필요시 마다
	현장밀도시험	KS F 2311	실내최대건조밀도의 90% 이상	·200m마다 1회 ·1,500㎡마다 1회
	흙의 분류 시험	KS F 2324 또는 PRA	소성한계 25 이상 액성한계 50 이상	·10,000㎡마다 1회 ·토취장 변경시마다
	CBR 시험	KS F 2320	2.5 이상	·필요하다고 인정할 때
	평판재하시험	KS F 2310		·2,000㎡마다 1회(다짐도를 측정할 수 없을 때)
노상부	흙의 함수량 시험	KS F 2306	최적함수비의 ±2% 이내의 함수비	·200m마다 1회 ·1,000㎡마다 1회 ·강우 후 1회
	흙의 분류	KS F 2324 또는 PRA	PI<10	·10,000㎡마다 1회 ·토질이 변할 때마다 ·필요시 마다
	다짐시험	KS F 2312	B-2 다짐 또는 D-2 다짐	·5,000㎡마다 1회 ·토질이 변할 때마다 ·필요시 마다
	현장밀도시험	KS F 2311	실내최대건조밀도의 95% 이상	·200m마다 1회 ·500㎡마다 1회
	프로후로링	승인된 타이어로러 (복륜하중 5톤 이상) 타이어 접지압 5.6kg/㎠이상	침하가 5㎜이면 재시공	·노상 완성 후 전 구간에 걸쳐 3회 이상
	CBR 시험	KS F 2320	10 이상	·필요하다고 인정할 때
	평판재하시험	KS F 2310		·100㎡마다 1회(다짐도를 측정할 수 없을 때)
구조물접속부	흙의 함수량시험	KS F 2306	1. B-2, D-2다짐 최적함수비와 95%밀도에 대응하는 습윤측 함수비 사이 (되메우기의 경우) 2. 최적함수비의 ±2% 이내 (토취장인 경우)	·50㎡마다 1회
	흙의 분류시험	KS F 2324 또는 PRA		·500㎡마다 1회 ·토취장 마다 1회
	현장밀도	KS F 2311	실내최대건조밀도의 95% 이상	·50㎡마다 1회
	다짐시험	KS F 2312	B-2다짐 또는 D-2다짐	·흙분류 결과가 다를 때마다 1회 ·필요하다고 인정할 때

2.2.1.2. 답사

가. 실행방법

① 당해 노선을 임도망계획서를 참고하여 건설비, 유지비가 최소화될 수 있도록 그 지역에서 가장 적정한 지형도에 노선을 도시하여 답사도를 작성한다.

② 이 답사도를 이용하여 현장을 답사하고 현장여건과 도상의 추정상태가 동일한가? 또는 더 유리한 노선의 대안이 없는지를 조사 비교한다.

③ 두 노선의 우열을 검토하여 유리한 노선을 선정하되 우열이 곤란한 지역은 두 노선을 모두 선정하여 도시한다.

④ 측정방법

㉮ 거리측정 : 목측, 보측 또는 테이프 등으로 약측

㉯ 방향측정 : 핸드컴퍼스

㉰ 고저차 : 핸드레벨, 경사측정기, 기압계 등

㉱ 기타자재 : 쌍안경, 포올(pole) 등, 특히 목측으로 측정할 경우에는 시환(視幻)에 주의하여야 한다.

※ 시환이란?

㉮ 눈 앞의 직선은 길게 보이고, 먼거리에 있는 것은 짧게 보임.

㉯ 비탈진 지반에 서서 높은 곳을 보면 45°는 75°로, 약 60°는 거의 수직처럼, 1할 5부는 1할의 기울기로 보임. 특히 높은 곳에서 비탈진 아래로 보면 더 심함.

㉰ 덤불이 무성한 지역은 공사하기가 곤란하게, 반대로 고저기복이 심하지 않는 곳이나 기울기가 완만한 곳은 공사하기가 쉽게 보임.

㉱ 산정, 계곡, 지질, 가옥, 토취장, 토사장, 인부의 공급, 기타 경제적인 문제 등을 조사한다.

나. 주요지점의 결정

(1) 시・종점의 결정

① 기설도로에서 진출입이 편리하고 교통에 안정성이 있는 곳이어야 한다.

② 공사비, 운반비 등에 현저한 영향을 미치므로 임도의 종류, 노면의 상태, 물매(勾配), 곡선설치, 임도너비, 장래의 저목장(貯木場)의 역활 등을 참작하여야 한다.

③ 임도를 막장에서 끝내어야 할 경우에는 가능한한 완경사지를 선택하여 차돌림과 주차장, 산원 집재장, 산림작업시의 가설사무소와 숙소 등의 시설이 편리한 곳이

어야 한다.

④ 장래 노선연장시설의 필요가 있을 경우에 연장선의 물매(勾配)와 곡선 설치에 지장을 주지 않는 곳이어야 한다.

(2) 주요 통과지의 결정

① 교량, 석축, 옹벽 등의 구조물 시설이 적은 곳이어야 한다.

② 건조하고 양지바른 곳이어야 한다.

③ 암석지, 연약지반, 붕괴지역은 가능한한 피한다.

④ 너무 많은 흙깎기와 흙쌓기, 높고 긴 교량을 필요로 하는 곳은 되도록 우회한다.

⑤ 가교지점은 양안(兩岸)에 침식된 부분이 없는 곳을 선정하고 강중심(江心)에 대하여 되도록이면 직각으로 건너도록 한다.

⑥ 임도개설에 유리한 지점은 통과한다. 이와 같은 지점으로는 안부(鞍部 : saddle), 여울목(ford), 급경사지내의 완경사지(hair pin curve, 집재장 시설지), 공사용 자재(골재, 석재 등)의 매장지와 산재지 등이 있다.

⑦ 임도개설에 불리한 지점은 피한다. 이와 같은 지점으로는 늪(swamp)과 같은 습지, 붕괴지・산사태지(山沙汰地)와 같은 지반이 불안정한 산지사면, 암석지, 홍수범람지역, 소유경계 등이 있다.

2.2.1.3. 예측

① 답사에서 결정된 노선(1~2개)을 따라 트래버어스 측량을 실행하여 노선의 상태를 시점, 종점, 교량의 가설지점, 임도의 분지점, 주요한 통과지점, 구간마다의 고저차와 개략적인 거리에 의한 종단물매를 산출하고 개략적인 공사비를 산출할 수 있는 자료를 조사한다.

② 노선을 횡단하는 도로, 하천, 부락, 토지의 경계 등을 기록하고, 지질, 경작상황, 절토의 난이, 기타 임도시설에 관계되는 사항을 조사한다.

③ 이와같은 조사사항을 정리하여 예측도를 작성한 후 개개 노선별로 대안비교법에 의하여 가장 타당한 노선을 결정한다.

④ 측정방법

㉮ 거리 : 대자(竹尺), 테이프 또는 스타디아측량으로 측정(정도는 1/3,000)

㉯ 각 : 트랜싯 또는 컴퍼스로서 편각이나 교각 또는 방위각을 측정

㉰ 고저차 : 레벨, 핸드레벨 또는 경사측정기로서 측정

㉱ 노선 양쪽 주위의 지형 : 스타디아측량, 핸드레벨, 경사측정기와 테이프, 포올의 횡단, 평판, 지거법에 의하여 측정

2.2.1.4. 실측

예측의 결과에 의하여 노선을 현지지상에 측설하는 방법은 노선의 중심선(中心線 : center line)을 기준으로 측량하는 경우와 영선(零線 : zero line)을 기준으로 측량하는 경우의 2가지 방법이 있다. 전자를 중심선측량법(中心線測量法 : center line method)이라 하고 주로 평탄지와 완경사지에서 많이 이용되며, 후자를 영선측량법(零線測量法 : zero line method)이라 하고 주로 산악지에서 많이 이용되고 있다.

가. 중심선법과 영선법의 차이점

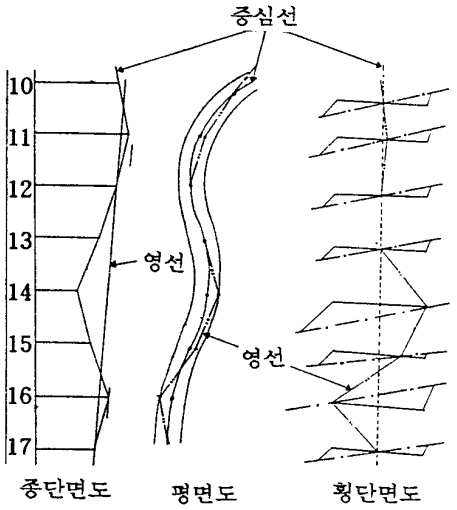
① 그림 8-2-3과 같이 노폭의 1/2이 되는 지점을 측점별로 연결한 노선의 종축을 중심선(中心線 : center line)이라 한다. 경사지에 설치하는 임도에서 노면의 시공면(road plane)과 산지의 경사면이 만나는 점을 영점(零點 : zero point)이라하고 이 점을 연결한 노선의 종축을 영선(零線 : zero line)이라 한다.

② 영선은 그림 8-2-4에서 보는 바와 같이 절토작업과 성토작업의 경계선이 되기도 한다.

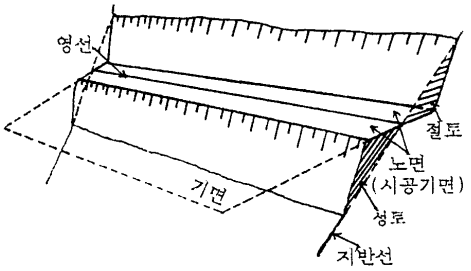
③ 중심선측량은 중심점을 기준으로 중심선을 따라 측정하고, 영선측량은 영점을 기준으로 영선을 따라 측정한다.

④ 중심선측량은 지반고(地盤高 : ground height)상태에서 측량하며 종단면도상에서 계획선을 설정하여 계획고(計劃高 : formation height)를 산출한 후 종단과 횡단의 형상이 결정되지만,

⑤ 영선측량은 시공기면(zero plane)의



<그림 8-2-3> 중심선과 영선의 위치 비교



<그림 8-2-4> 경사지 임도의 영선과 기면

시공선(formation line)을 따라 측량하므로 굴곡부를 제외하고는 계획고의 상태로 측량하며, 필요시 지반고를 유추 산정하여 종단과 횡단의 형상이 결정되고 노선은 영점과 중심점의 차이에 따라 조정된다.

⑥ 균일한 사면일 경우에는 중심선과 영선은 일치되는 경우도 있지만 대개 완전히 일치되지 않고 지반기울기가 급할수록 영선보다 중심선이 경사지의 안쪽에 위치하고, 약 45~55% 지형에서는 중심선과 영선이 거의 일치되다가 지반기울기가 완만할수록 중심선이 영선보다 바깥쪽에 위치한다.

⑦ 지형의 상태에 따라 중심선측량은 파상지형의 소능선과 소계곡을 관통하며 진행되고, 영선측량은 사형(蛇形)으로 우회하여 진행되기도 한다.

⑧ 중심선측량은 평면측량에서 중심선을 설정한 후 종단·횡단측량을 실행하지만, 영선측량은 종단측량에서 영선을 먼저 설정한 후 평면·횡단측량을 실행한다.

나. 중심선 측량법

(1) 평면선형측량

① 노선의 방향이 바뀌는 점{交點 : intersection point(IP)}에는 교점말뚝을 박고 시점말뚝을 0으로 하여 교점의 일련번호를 기입한다.

② 교점말뚝 1의 중심점에 측각기구(트랫싯, 컴퍼스 등)를 설치하여 시점(BP)를 시준한 후 교점 2를 반복 시준하여 교각(IA)를 구한다. 교점은 중심선측량에서 매우 중요한 측점이며 시공측량이나 공사 완성 후 노선의 유지관리 및 개량시에도 필요하므로 교점말뚝은 잘 보존하여야 한다.

③ 노선의 시점을 기준으로 20m마다 측점말뚝(station peg)을 박은 후 시점말뚝으로부터 측점번호를 기입한다. 지형상 종·횡단의 변화가 심한 지점, 구조물설치 지점, 곡선부의 주요점 등에는 보조말뚝(reference peg)을 설치하여 측점번호를 부여한다. 이때 측점간의 번호는 20m이내에서 조정된다.

④ 교점간의 내각이 155°이내일 경우에는 평면곡선을 삽입하여야 하며 곡선부에서도 연속적으로 곡선을 따라 20m 간격으로 측점말뚝을 박고, 곡선의 시곡점(BC), 중곡점(MC), 종곡점(EC)에도 말뚝을 박아 보조측점을 부여한다.

⑤ 때로는 주요말뚝, 교점말뚝의 좌우에 필요할 경우 보호말뚝을 설치하기도 한다.

(2) 종단측량

① 중심선측량이 완료되면 함척, 레벨, 경사측정기, 핸드레벨 등을 이용하여 종단

측량을 실시하며, 기준지반고는 가장 가까운 삼각점이나 보조삼각점으로부터 측정하여 기점부근의 교량이나 암반등 변용되지 않은 지점에 수준점{bench mark (B.M)}을 설치한다.

② 각 측점마다 종단측량을 실행하여 지반고를 산출하고, 종단면도(縱斷面圖 : profile)를 작성한다.

(3) 횡단측량

① 종단측량이 완료되면 함척, 테이프, 경사측정기, 핸드레벨 등을 이용하여 각 측점마다 중심선의 직각 방향이 되도록 중심선 좌·우의 지형에 대한 변화 상태를 측정하고 특히, 지형이 급변하는 지점과 구조물 설치지점에는 현지지형을 충분히 측정하여 설계도 작성과 공사수량 산출에 지장이 없도록 한다.

② 노폭, 중심선, 종단면도의 지반고, 계획고 및 토성에 따른 안식각에 따라 각 측점별로 횡단면도(橫斷面圖 : cross section)을 작성한다.

다. 영선측량법

(1) 영선설정의 원칙

① 영선은 당해노선의 구조·규격에 따라 설치하고자 하는 적정 종단물매를 정확히 알고 있어야 설정이 가능하다.

② 두 측점사이의 종단물매는 일정하게 유지해야 하며 물매를 변환하여야 할 경우의 허용편차는 2~3%를 넘지 않도록 한다.

③ 영선 설정시에는 평면측량시 설치될 중심선의 위치를 감안하여야 하며, 만약 능선, 소계곡, 배향곡선 등과 같이 영선과 중심선의 편차가 심하게 발생할 우려가 있는 곳에서는 시공후 노선의 선형을 감안하여 적정물매 이상이 되지 않도록 평균물매를 조정한다.

④ 항상 고정된 지점(기지점)에서 가변지점(미지점)으로 측정하여 진행하되, 측량작업은 측량자(기계수)가 다른 작업원보다 앞선 상태에서 즉, 보조자를 기지점에 표적판을 세우게 하고 측량자는 적정한 물매에 맞는 미지점을 찾아 이동하면서 측점을 확정한다.

⑤ 동일지점에서 기지점과 미지점으로 한 측점씩 건너서 측량하는 단도선 시준방법은 측정오차가 발생하기 쉬우므로 하지 않도록 한다.

⑥ 시준거리의 변화가 크면 내부오차 조정에 영향을 미치므로 너무 긴 시준거리의

측량은 하지 않도록 한다. 적정시준거리(측점거리)는 20~30*m*가 좋으며 임목이 조밀하여 시야가 좋지 못한 유령임분에서는 10*m* 정도로 하는 것이 시야가 좋다.

⑦ 영선의 설정과 측량작업에 소요되는 품은 외업과 내업을 포함하여 ㎞당 측량자 1~1.5인(8~12 hr/㎞/1인), 보조원 2.5~4인(20~30 hr/㎞/1인)이다.

(2) 사용기구

① 측량자 : 경사측정기(clinometer), 지지봉(clinometer rod), 컴퍼스 또는 핸드컴퍼스, 고도계

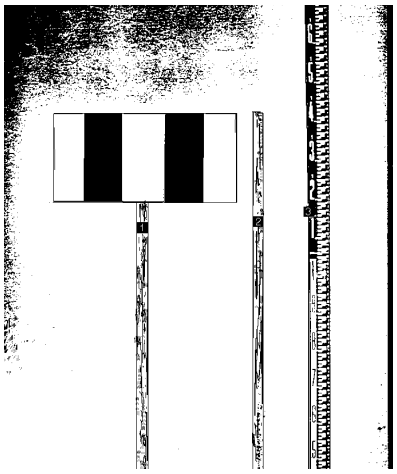
② 보조자 : 30*m* 줄자(tape), 10*m* 토우로프(tow rope), 표지테이프(marking tape), 표적판(clinometer target), 유성펜

(3) 기구제작방법

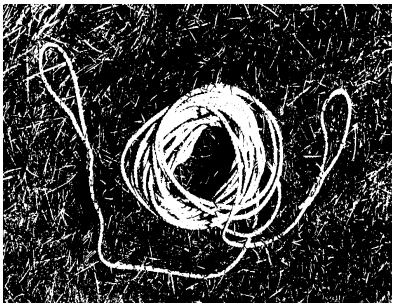
① 표적판 : 그림 8-2-5와 같이 크기는 50 ~70㎝×20~30㎝의 판을 3㎝×3㎝×120~150㎝의 각재에 부착하고, 조도가 낮은 임내에서도 시준이 가능하도록 야광 또는 발광 페인트로서 표면에는 백색바탕에 적색띠를 세로로 3~4선을 그리고, 뒷면은 동계 적설시에도 사용할 수 있도록 황색바탕으로 한다.

② 지지봉 : 그림 8-2-5와 같이 크기는 3㎝×3㎝×120~150㎝의 각재 또는 원형봉으로 하고, 지지봉의 길이는 상단에 경사측정기를 설치한 상태의 시준선이 표적판의 상단과 일치되도록 {즉, 지지봉길이+경사측정기의 시준선높이(약 27㎜)=표적판의 상단높이}한다.

③ 토우로프 : 그림 8-2-6과 같이 가벼운 로프의 총 길이를 10*m*가 되게 양쪽 끝에 고리를 만들어 한쪽고리는 말뚝에 걸고 다른 한쪽 고리를 잡아 10*m*길이를 측정하도록 만든다.



<그림 8-2-5> 표적판과 지지봉



<그림 8-2-6> 토우로프

(4) 측량방법

(가) 측점부설과 종단물매의 측정

① 보조자 1은 시점에 표적판을 수직으로 세우고 줄자의 0점을 잡는다.

② 측량자는 지지봉을 수직으로 세우고 경사측정기를 지지봉의 상단에 얹은 후 표적판의 상단을 시준하여 계획하고자 하는 물매로 시준하기 좋은 지점을 찾아 이동하면서 계획된 물매가 확정되는 지점에 말뚝을 박고, 오차의 유무를 확인한 후 야장에 기재한다.

③ 보조자 2는 줄자를 끌어 측점거리를 m 단위로 소수점 1자리까지 반복 측정하여 측량자에게 읽어주면 측량자는 복창하고 야장에 기재한다.

④ 만약 2회 측정한 물매와 거리에 대한 측정값이 차이가 근소하면 그 평균치를 구하여 기재하고 차이가 크면 다시 반복 측정한다.

(나) 방위각의 측정

① 측량자는 종단물매를 측정한 후 지지봉위에 컴퍼스를 설치하고, 보조자 1인이 세우고 있는 표적판의 수직선을 시준하여 방위각을 측정한다. 이때의 방위각은 측량야장정리시에 역방위각으로 환산하여야 한다.

② 항상 동일한 방향으로 측정하고 매 측정시마다 전시와 후시를 통하여 반복측정하며 단도선시준방법은 피한다.

③ 가능한한 동일한 장비를 사용하고 장비를 바꿀 때나 너무 오래 사용한 것은 사전에 점검하여 오차가 있을 경우에는 조정한다.

④ 측량자는 국지인력(local attraction)에 영향을 미치는 방해 요인(스틸테이프, 기구, 포켓칼, 철테안경, 우산 등)을 휴대하고 작업하지 말고 필요시에는 먼 곳에 두거나 보조자에게 맡긴다.

(다) 횡단기울기의 측정

① 측량자는 지형변동이 심한 경우에는 좌우 양쪽의 기울기를 측정하여 평균하고, 심하지 않을 경우에는 한 쪽만 측정하여 사용하여도 측량의 정도(精度)에는 거의 영향을 미치지 않는다.

② 보조자 3은 10m 토우로프로서 한쪽 끝은 측점 말뚝에 걸고 임도노선에 대하여 직각방향으로 다른 한 쪽 고리를 팽팽하게 잡아당겨 표적판을 수직으로 세우면, 측

량자는 방위각을 측정한 후 지지봉위에 경사측정기를 설치하고 횡단기울기를 측정한다.

(5) 세부측량 방법 및 조정

노선설치는 경사측정기와 컴퍼스에 의하여 측정한다. 측량자는 지형 조건, 조정하여야할 지점, 각 구간의 종단물매에 대한 자료를 파악하고 있어야 한다. 작업방법은 다음과 같이 4단계 작업으로 구분하여 소요 시간과 노력을 최대한 절약하며 가장 적정한 노선이 될 수 있도록 한다. 여기서 제 1단계와 제 2단계 작업을 예측단계, 제 3단계와 제 4단계 작업을 실측단계라고도 할 수 있다.

(가) 제 1단계 작업

① 보조자는 표지테이프를 갖고 시점에 똑바로 서고, 측량자는 경사측정기를 이용하여 계획한 종단물매로 보조자의 눈 높이를 시준(측량자의 눈높이와 같게 하기 위하여 보조자가 측량자 보다 키가 크면 코 높이로, 보조자의 키가 작으면 이마 높이로 시준)하며 가능한한 영선의 시준거리가 긴 곳으로 가서 측점 1을 부설하여 표시한다.

② 보조자는 측점 1에 이동하여 측점 주위의 임목에 표지테이프를 돌려매어 표지한 후 측점위에 똑바로 서고, 측량자는 다음 측점으로 이동하여 ①과 같은 방법으로 계획한 종단물매에 맞는 영선을 설정하고 측점2를 부설하여 표시한다.

③ 측점간의 거리는 줄자나 토우로프로서 개략적으로 측정한다.

④ 이와 같이 하여 이론적인 계획선이 현지조건에 잘 부합되고 노선선형이 적정하게 되면 제 1단계 작업으로서 영선설정을 위한 예측작업이 완료된 것이므로 제 2단계 작업은 생략하고 바로 제 3단계 작업을 실행할 수 있으나, 그렇지 않을 경우에는 제 2단계 작업을 계속한다.

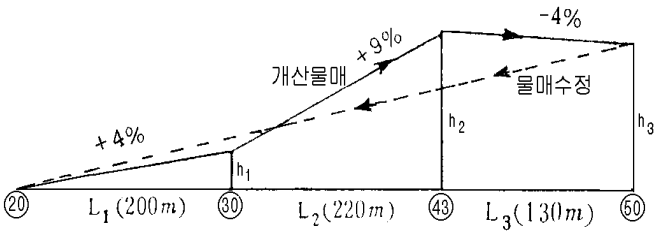
(나) 제 2단계 작업

① 제 1단계 작업에서 현지조건에 잘 부합되지 않거나 이론적인 계획선에 편차가 너무 클 경우에는 불부합구간 끝지점에서 되돌아 오거나 또는 조정하여야 할 구간을 그림 8-2-7과 같이 제 1단계의 작업과 같은 방법으로 되풀이 한다.

② 이때 보조자는 제 1단계 작업의 계획선과 혼동을 피하기 위하여 다른 색의 표지테이프를 사용한다. (수정하는 첫 측점과 끝 측점은 2색을 같이 묶어 수정되는 구간이 본 노선과 연속되게 한다.)

③ 이와 같이 이론적인 계획선이 현지조건에 잘 부합되고 노선선형이 적정하게 되면 제 2단계 작업으로서 예측작업이 완료된 것이므로 제 3단계 작업을 실행하고, 그렇지 않을 경우에는 다시 되풀이한다.

(예제) 그림 8-2-7과 같이 제 1단계 작업시에 개략거리와 종단물매가 측정되었으나 이론적인 계획선에 미흡하였다. 적정하게 조정하여라.



<그림 8-2-7> 1단계작업시 概算물매와 修正

(풀이) No. 20에서 No. 50까지의 고저차 : 200×0.04+220×0.09−130×0.04 = 22.6m

평균종단물매 : 22.6 ÷ (200+220+130) = 4.1%

따라서 No. 50에서 4~5%의 종단물매로서 되돌아오면 부득이한 경우를 제외하고는 조정된다.

(다) 제 3단계 작업

① 보조자 1은 표적판을 시점에 수직으로 세우고, 측량자는 측점에 지지봉을 수직으로 세우고 그 위에 경사측정기를 올려 적정한 종단물매로 전방의 표적판을 반복 시준하여 오차가 없으면 표 8-2-24의 야장에 기재한다.

② 이때 구간마다 물매가 변하면 노선선형이 순조롭지 못하므로 물매변환구간까지는 동일한 물매로 작업하는 것이 좋다.

③ 보조자 2는 각 측점에 말뚝을 박고 일련번호를 기재한 후 제 1단계와 제 2단계 작업시 사용한 표지테이프와 색깔이 다른 테이프로서 측점주위의 임목에 묶어 표지하여 측점말뚝의 위치를 쉽게 알수있게 한다.

(라) 제 4단계 작업

① 측량자는 각 측점에 보조자1이 세운 표적판의 중심선을 컴퍼스로 전시와 후시하여 방위각을 반복 측정하고 오차가 없으면 표 8-2-24의 야장에 기재한다.

<표 8-2-24> 영선측량 야장

임도노선선정야장

위치 : _____ 임도번호 : _____ 측량자 : _____

측 점		물매	거리	방위각	지 반 기울기	암 석 구성비	표고	비고 및 견취도
부터	까지	(%)	(m)	(°)	(%)	(%)	(m)	

② 보조자 2와 3은 줄자나 측승으로 측점간의 구간거리를 m 단위로 소수점 1자리까지 반복 측정하여 측량자에게 읽어주면 측량자는 복창을 한 후 야장에 기재한다.

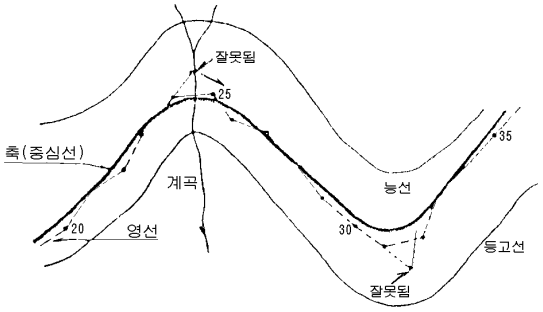
③ 측량자는 보조자 4가 각 측점의 횡단상에 세운 표적판을 시준하여 횡단기울기를 반복 측정하고 오차가 없으면 야장에 기재한다.

④ 측점, 거리, 종단물매, 지반기울기, 암석구성비율, 지형의 특수성, 암거 등 배수시설, 공사자재 분포유무 등의 주요사항을 야장에 기재하고 노선의 견취도를 그린다.

⑤ 측량자의 작업이 숙련되면 제 3단계와 제 4단계의 작업을 동시에 실행하여도 될 것이며 보조자도 연속된 작업과정은 동시 작업으로 실행할 수 있으므로 작업인원을 줄일 수 있을 것이다.

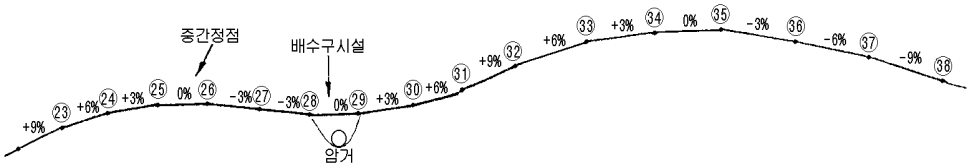
(6) 굴곡부 등의 측량

① 영선이 계곡부나 능선부를 횡단할 경우와 지형조건이 불규칙하거나 불량할 경우에는 중심선측량법에 의하여 중심선을 표지한다. 이때 영선과 중심선 사이의 간격이 너무 떨어져 있을 경우에는 중심선물매까지 위치와 계획된 종단물매의 차이를 구하여 차이가 클 경우에는 그림 8-2-8과 같이 영선을 조정한다.



<그림 8-2-8> 굴곡부에서 영선과 중심선의 작업방법

② 일반적으로 능선부나 계곡부를 횡단할 경우에는 그림 8-2-9와 같이 종단물매를 낮추거나 높혔다가 정점(頂點)이나 곡점(曲點)이 지나면 반대로 높히거나 낮춘다. 이때 물매의 편차폭도 2~3%이다.



<그림 8-2-9> 능선부와 계곡부에서 종단물매 설치방법

라. 트래버어스측량

2.1.5.의 트래버어스 측량법에 준함.

2.2.1.5. 평면곡선

가. 곡선의 종류

① 단(원)곡선(simple curve) : 평형하지 않은 2개의 직선을 1개의 원곡선으로 연결하는 곡선{그림 8-2-10의 (a)}

② 반향곡선(reversed curve) : 방향이 다른 두 개의 원곡선이 직접 접속하는 곡선으로서 곡선의 중심이 서로 반대쪽에 위치한 곡선{그림 8-2-10의 (b)}

③ 복심곡선(compound curve) : 동일한 방향으로 굽고 곡률이 다른 2개 이상의 원곡선이 직접 접속되는 곡선{그림 8-2-10의 (c)}

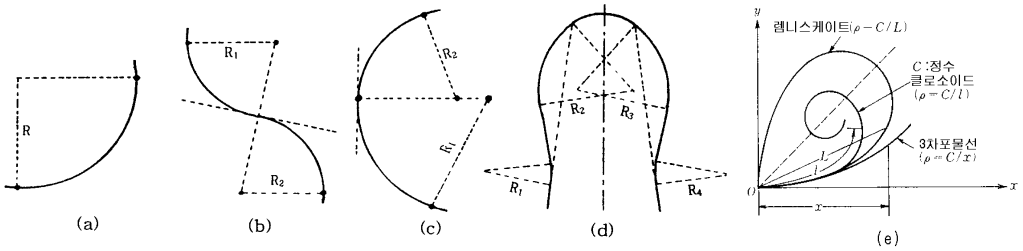
④ 배향곡선(hair pin curve) : 단곡선, 복심곡선, 반향곡선이 혼합되어 머리핀(hair pin)모양으로 된 곡선으로서 산복부에서 노선길이를 연장하여 종단물매를 완화하게 하거나 동일사면에서 우회할 목적으로 설치되며 교각이 180°에 가깝게 된다.{그림 8-2-10의 (d)}

⑤ 완화곡선(transition curve) {그림 8-2-10의 (e)}

㉮ 3차포물선(parabolic) : 접선장에 비례하여 cant의 증가 또는 곡율반경이 감소하는 곡선 - 주로 철도에 이용.

㉯ 쌍곡선(clothoid) : 완화곡선장에 비례하여 cant의 증가 또는 곡율반경이 감소하는 곡선 - 주로 도로에 이용.

㉰ 연주곡선(lemniscate) : 현장에 비례하여 cant의 증가 또는 곡률반경이 감소하는 곡선 - 주로 입체교차로에 이용.



<그림 8-2-10> 곡선의 종류

나. 곡선부의 명칭과 산출식

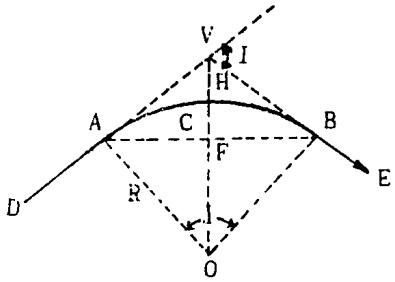
① 곡선시점(beginning of curve : BC) = A

② 곡선종점(end of curve : EC) = B

③ 교점(intersection point : IP) = V

④ 곡선반지름(radius : R) = OA=OB

⑤ 곡선장(curve length : CL) = AHB = 0.017453 R · I° = 2π · R · I°/360°



<그림 8-2-11> 곡선부의 구조

⑥ 장현(long chord : C) = AB = 2 R · sin (I/2)

⑦ 절선장(tangent length : TL 혹은 T) = VA = VB = R · tan(I/2)

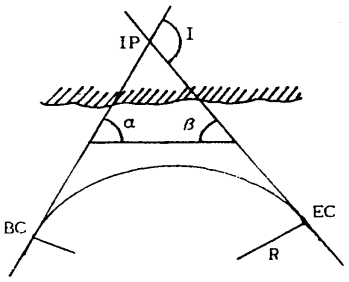
⑧ 외거(외할)(external distanse : E) = VH = R {sec(I/2) − 1)}

⑨ 중앙종거(middle ordinate : M) = HF = R {1− cos(I/2)} = C^2 / 8R

⑩ 교각(편각) = (intersection angle : IA 또는 I) = I

다. 교점의 설치와 교각의 측정

① 시공측량이나 공사 완성후 장애물이 없는 지역에서는 두 절선의 교차에 의하여 교점과 교각을 쉽게 측정할 수 있지만 장애물이 있을 경우와 기설노선에서 교점을 구할 경우에는 그림 8-2-12과 같이 한다.



<그림 8-2-12> 두 절선상에서 교점설치법

② 이미 설치된 2~3개 점의 지물로부터 그 위치를 측정하여 직선부의 방향을 정한 후 말뚝을 박고

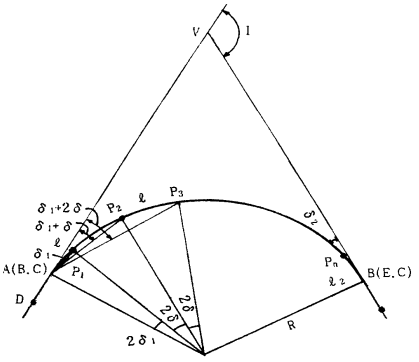
두 직선의 교각(交角)을 측정한다.

③ 이때 장애물이나 지형 관계상 교점이 두 직선상에서 보이지 않거나 접근할 수 없는 경우에는 두 절선상(TL)에 임의의 두 점을 선택하여 ∠α와 ∠β를 측정하면 IA = ∠α+ ∠β에 의하여 구할 수 있다.

라. 편각에 의한 곡선의 설치

① 그림 8-2-13과 같이 교점(점 V)에 트랜싯을 세우고 교각(I)을 측정하여 절선장(VA 또는 VB = R・tan (I/2))만큼 떨어진 지점에 각각 곡선의 시점(BC)과 종점(EC)을 설정한다.

② BC점에 트랜싯을 옮겨 설치하고 ∠VAB = (I/2) 되는지를 검사한 다음 버어니어의 0을 수평분도원의 0°에 맞추고, 상부고정나사를 잠근다.



<그림 8-2-13> 편각에 의한 곡선설치법

③ AV선에 망원경을 향하게 하여 하부고정나사를 잠그고, 상부고정나사를 푼 다음 상부를 $\delta = l_1 / 2R(\text{radian}) = (1{,}718.87' \times l_1) / R$ 만큼 회전하여 시준선 AV상에 B.C.점에서 거리 l_1인 점 P_1에 측점말뚝을 박고 못을 박아 중심선을 확정한다.

※ ㉠ 일반도로 측량에서는 $1 \leq (R / 10)$ 로서 대개 20*m*로 하고 있으나, 임도 측량에서는 지형의 여건에 따라 적정하게 조정하여야 할 것이다.

㉡ 만일 노선의 기점으로부터 20*m* 간격으로 말뚝을 박을 경우, 즉 $DAP_1 = P_1P_2 = P_2P_3 = \cdots = 1$이 되게 할 경우에 직선부의 마지막 말뚝(그림 139의 점 D)이 BC점과 일치하지 않을 때가 있다. 이때 $AP_1(= \ell_1 = \ell - DA)$을 시단현(始端弦) 이라 하며, AP_1에 대한 편각$(\delta_1) = 1718.87' \times \ell_1/R$이 된다.

④ 상부고정나사가 풀어진 상태에서 수평각이 2δ(또는 $\delta_1+\delta$)가 될 때까지 상부를 회전하고, 이 시준선상에 점 P_1에서 거리 1이 되는 곳에 점 P_2를 설정하여 측점말뚝을 박고 못을 박아 중심선을 확정한다.

※ AP_n의 편각 $= \delta_1+(n-1)\times\delta$

⑤ 이와 같은 방법을 계속하여 측점말뚝을 설치한다.

⑥ 마지막 말뚝 P_n과 E.C가 일치하지 않을 경우에 $P_nB(= l_2 = AB-AP_n)$를 종단현(終端弦)이라 하며, BP_n 에 대한 편각$(\delta_2)=1718.87' \times (l_2/R)$가 된다.

(예제1) 광릉시험림 임도내 I.P 16에 대한 곡선 제원이 I = 32°15′, R = 200m이고, 노선기점에서 I.P 16까지의 거리는 1,200.50m이다. 기점부터 20m 간격으로 측점말뚝을 설치할 때 각 측점의 거리와 제원을 구하라.

(풀이) 절선장(T.L) = 200×tan(32° 15′ / 2) = 57.82m

외거(E) = 200×{sec(32° 15′ / 2)−1} = 8.19m

곡선장(C.L) = 0.017453×200×32° 15′ = 112.57m

곡선시점(B.C) = 1200.50−57.82 = 1,142.68m

곡선종점(E.C) = 1200.50−57.82+112.57 = 1,255.25m

시단현(l_1) = 20−2.68 = 17.32m

종단현(l_2) = 1,255.25−(62×20) = 15.25m

δ = (l/R)×1,1718.87′ = (20.00/200)×1,1718.87′ = 2° 51′53″

δ_1 = (l_1/R)×1,1718.87′ = (17.32/200)×1,1718.87′ = 2° 28′51″

δ_2 = (l_2/R)×1,1718.87′ = (15.25/200)×1,1718.87′ = 2° 11′04″

따라서, B. C점에서 각 측점말뚝의 편각은 표 8-2-25와 같다.

<표 8-2-25> B.C점에서 각 측점의 편각

기점에서부터의 거리(m)	편 각	비 고
1,142 .68		B.C
1,160	2°28′51″	
1,180	5°20′44″	
1,200	8°12′37″	
1,220	11° 4′30″	
1,240	13°56′23″	
1,255 .25	16° 7′27″	E.C

(예제 2) 곡선함수표를 이용하여 I=37° 30′, R=300m, IP까지거리=1150.70m일때 20m 간격으로 단곡선의 중심말뚝을 설치하여라.

(풀이) 곡선 함수표에서 I=37° 30′에 대한 곡선 제원은 T.L=33.945, C.L=65.450, E= 5.604 이고 이는 R=100m일 경우이므로 이를 R=300m로 조정하면

○ T.L = 33.945×300/100 = 101.835m

○ E = 65.450×300/100 = 196.350m

○ C.L = 5.604×300/100 = 16.812m이므로

○ B.C = IP−T.L = 1,150.70−101.835 = 1,048.865m

○ E.C = IP−T.L+C.L = 1,150.70−101.835+196.350 = 1,245.215m

또한, R = 300m일 때 ℓ = 20m에 대한 편각 δ는 곡선설치표에서 1° 54′35″이다. 따라서 (BC 1048.865m에서 가장 가까운 20배수는 1060.0m이고, EC 1245.215m에서 가장가까운 20의 배수는 1240.0m이므로

○ 시단현 ℓ_1 = 60−48.865 = 11.135m

○ 종단현 ℓ_2 = 45.215−40 = 5.215m

이에 대한 편각 δ_1과 δ_2는 곡선 설치표에서 R = 300m 란에서 ℓ을 보면,

○ 시단현

	10m	0° 57′18″
	1m	0° 5′44″
	0.1m	0° 0′34″
+	0.03m	0° 0′10″
	δ_1 =	1° 3′46″

○ 종단현

	5m	0° 28′39″
	0.2m	0° 1′09″
+	0.01m	0° 0′03″
	δ_2 =	0° 29′51″

각도를 초(″)까지 측정하였으면 비례보간법에 의하여 계산한다.

따라서 B.C에서 각 측점말뚝의 편각은 표 8-2-26과 같다.

<표 8-2-26> B.C에서 각 측점의 편각

측점말뚝	편 각	비 고	측점말뚝	편 각	비 고
1,048 .865		B.C	1,180	12°31′16″	
1,060	1° 3′46″		1,200	14°25′51″	
1,080	2°58′21″		1,220	16°20′26″	
1,100	4°52′56″		1,240	18°15′01″	
1,120	6°47′31″		1,245 .215	18°44′52″	E.C
1,140	8°42′06″				
1,160	10°36′41″				

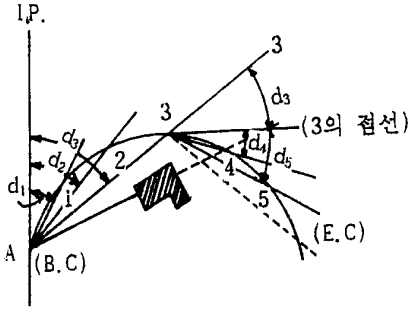
마. 장애물이 있을 경우의 편각에 의한 곡선설치

(1) 시준선상에 장애물이 있는 경우

그림 8-2-13의 점 A에서 4)항의 방법으로 점 3까지 설치하고 점 4의 위치를 설치하고자 할 때 장애물이 있어서 방향선을 정하지 못할 경우에는 다음의 방법으로 정한다.

① 8-2-14와 같이 점 EC에 트랜싯을 설치하고 점 5, 4, 3을 4)항의 방법으로 설치한다. (방법 1)

② 점 3에 트랜싯을 세우고, 수평분도원 0°와 버어니어 0을 일치시켜 점 A(BC)를 시준하고 상·하 고정나사를 고정시킨 후 망원경을 반전한다.



<그림 8-2-14> 시준선상 장애물이 있을 경우

③ 상부고정나사를 풀고 상부를 d_3만큼 회전시키면 점 3의 접선이 되므로 4)항의 방법에 의하여 점 4, 5를 측정한다. (방법 2)

(2) 교점(I.P)에 접근하지 못하는 경우

① 그림 8-2-15와 같이 점 P가 장애물 중에 있어 접근하지 못할 때에는 EP선 과는 DP선 의 선상에 각각 임의의 점 a와 b를 정한다.

② 점 a와 b에 트랜싯을 설치하여 각 Θ_1, Θ_2 및 ab의 거리를 측정하여 Aa와 Bb의 거리를 구한다.

$\beta_1 = 180° - \Theta_1$, $\beta_2 = 180° - \Theta_2$,

$\beta_3 = 180° - (\beta_1 + \beta_2)$

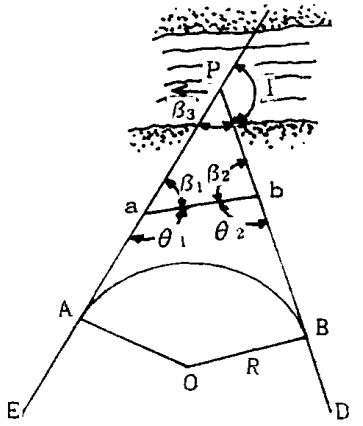
$I = 180° - \beta_3$ 에서

$Pa = (ab \cdot \sin\beta_2) / \sin\beta_3$

$Pb = (ab \cdot \sin\beta_1) / \sin\beta_3$

$Aa = T.L - Pa$, $Bb = T.L - Pb$

③ BC와 EC가 결정되면 4)항의 방법에 의하여 곡선을 설치한다.



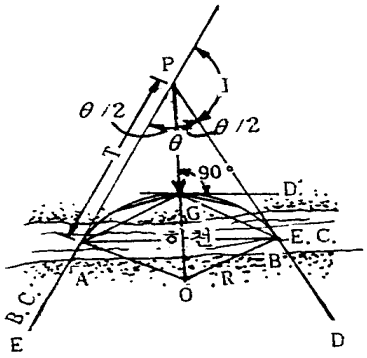
<그림 8-2-15> 교점에 기계를 설치할 수 없을 경우

(3) BC와 EC가 모두 장애물 중에 있을 경우

① 그림 8-2-16과 같이 EP와 DP의 거리를 측정하여 곡선제원을 계산하고 트랜싯을 점 P에 설치하여 θ/2 를 측정하여 PG의 방향을 설정한다.

② PG선에 E = PG = R {(sec(I/2) - 1)} 이 되도록 점 G를 설정한다.

③ 점 G에 트랜싯을 설치하여 PG에 대하여 직각방향 PGD′를 설정하면 GD′는 호의 접선이 되므로 BC와 EC방향의 곡선을 4)항의 방법으로 설정한다. 이때 BC = EP - TL이고, EC = BC + CL 이며, 점 G까지의 거리는 BC + (CL/2)이 된다. 그러므로 전후의 단현을 계산하고 양측의 곡선을 설정한다.



<그림 8-2-16> BC와 EC에 장애물이 있을 경우

바. 중앙종거에 의한 곡선설치

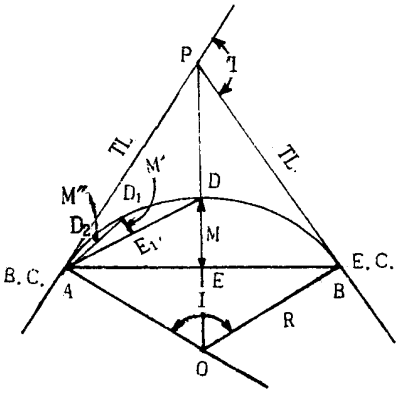
이 방법은 줄자만으로도 충분히 곡선설치가 가능한 방법으로서 정확을 요하지 않을 경우에 적용된다.

① 그림 8-2-17에서 교각 I를 측정하고 R을 가정하여 T = R · tan(I/2)로 계산한다.

② 점 P에서 TL을 측정하여 BC와 EC점을 결정하고, AB의 거리를 측정하거나 C = 2 R · sin(I/2)에 의하여 계산한다.

③ M = C^2/B을 계산하여 AB의 중점 E를 구하고 PE선에서 M을 측정하여 점 D를 정한다.

④ AD의 길이를 측정하여 그 중점 E_1에서 직각선을 테이프로 측정하여 M′ = M/4 만큼 되는 점 D_1을 산정한다.



<그림 8-2-17> 중앙종거에 의한 곡선 설치법

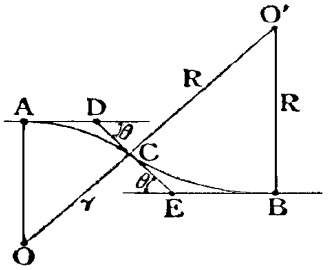
⑤ 다음에 AD_1을 연결하여 그 중점에서 M″ = M′ / 4 만큼 되는 점 D_2를 측정하여 곡선을 설정한다. 이와 같은 방법으로 EC까지 계속한다.

사. 반향곡선(反向曲線 : reversed curve)의 설치

(1) 평행 2직선 구간을 반향곡선으로 연결할 경우

① 그림 8-2-18에서 AD//EB라고 하면 점D, E (두곡선의 IP)를 선정하고 DE상의 1점 C(반향점)를 설치하여 CD, CE를 측정한다.

② 이때는 이미 접선장(T.L)과 교각(I)를 알고 있으므로 곡선반지름 r과 R을 산출하여 단곡선 설치의 방법 중 한가지를 선택하여 곡선 AC와 곡선 BC를 설정한다.



<그림 8-2-18> 평행 2직선구간의 반향곡선 설치법

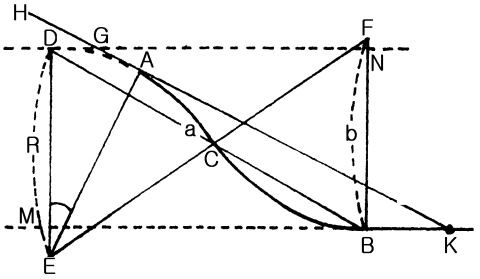
(2) 평행하지 않은 2직선구간을 반향곡선으로 연결할 경우

① 그림 8-2-19의 점 A에서 HA에 수선을 긋고 AE = R 되는 점 E를 구하고 점 E에서 BK의 연장선상에 그은 수선과 AC호의 연장과 만나는 교점을 점 D라고 하면

② DACB 곡선은 DN선과 mK선이 평행하므로

DB = a = 2 $\sqrt{R \cdot b}$ 가 되고

③ DB의 방향은 sin∠BDN = b / a 이므로 점 B와 점 C를 산출한다.



<그림 8-2-19> 평행하지 않은 2직선구간의 반향곡선 설치법

④ BD간을 연결하는 곡선을 단곡선 설치의 방법에 의하여 설치하면 점 A를 통과하는 소요곡선이 된다.

⑤ ∠HAD = 1/2 · K, AD = 2 R · sin(1/2 · K)이므로 점 D를 설정하고, ∠ADN = 1/2 · K 이므로 DN의 방향선을 구한다.

아. 복심곡선(複心曲線 : compound curve)의 설치

① 그림 8-2-20의 점 C를 통과하고 주위의 지형에 적합한 임의의 직선 DCE를 설치하고, ∠PDE(Θ)와 ∠PED(Θ_1)의 각을 측정한다.

② AC구간 사이에 설치할 곡선의 절선 즉 접선 = DC = TL이라 하면 TL =DC

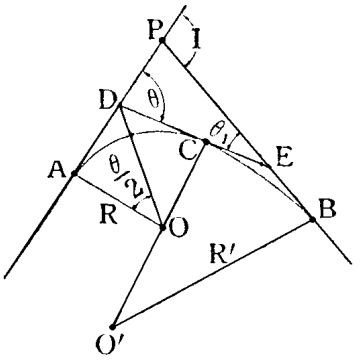
와 Θ는 실측에 의하여 값을 정하는 것이므로 R의 값은

R = AO = DO / tan(Θ/ 2) = TL / tan(Θ/ 2) = TL cot (Θ/ 2)

③ TL과 R이 결정되면 AC구간은 단곡선으로서 설치될 수 있고, 다음에 TL =EC와 Θ_1을 실측하여 구하면,

R′ = BO′ = EC / tan(Θ_1/2) = TL / tan(Θ_1/2) = TL cot(Θ_1/2)

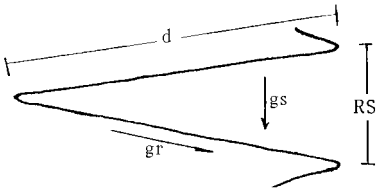
④ R′를 계산하여 CB구간도 단곡선으로 설치할 수 있다.



<그림 8-2-20> 복심곡선 설치법

자. 배향곡선의 설치

① 배향곡선(背向曲線 : hair pin curve)은 부임도나 작업도를 연결하기에 편리한 곳이지만, 토사유출과 임지내 생산면적의 감소 등으로 인하여 불합리하기 때문에 사면기울기가 40%이하이고 지반이 안정된 곳에 설치하고 동일사면에 1개 이상은 설치하지 않아야 한다.



<그림 8-2-21> 배향곡선의 간격

② 곡선내부의 외쪽물매는 5%, 노폭은 6*m* 정도가 좋으며, 부득이 동일사면에 그림 8-2-21과 같이 1개 이상을 설치할 경우에는 다음식에 의하여 적정간격을 구한다.

※ 배향곡선의 적정간격(d) = 0.5・RS・gs / gr

여기서, RS : 적정임도간격(*m*)

gs : 산지사면 기울기(%)

gr : 종단물매(%)

③ 배향곡선 역시 그림 8-2-22와 같이 단곡선의 연속이므로 각각의 접선과 반지름을 결정하여 단곡선의 설정법과 같이 곡선을 설치한다.

㉮ 그림 8-2-22에서 배향곡선의 반경을 r로 하고, 지형조건에 맞게 점O에서 약 2r - 2.5r 떨어진 곳(ℓ*m*)에 점 P, S를 절선상에 설정한다.

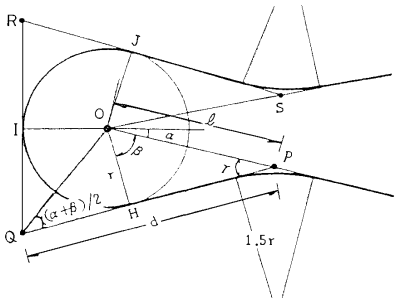
㉯ 점 P에서 배향곡선을 둘러싸는 새로운 절선다각형 P, Q, R, S를 설치하면

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{r}{\ell}\right)$$

$$\gamma = \sin^{-1}\left(\frac{r}{\ell}\right)$$

$$d = \sqrt{\ell^2 - r^2} + r\cot\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)$$

의 관계가 있고, $\ell = 2r$ 로 하면,



<그림 8-2-22> 배향곡선 설치법

$$\gamma = 30°,\ d = r\left\{\sqrt{3} + \cot\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\right\}$$ 로 된다.

㉰ 따라서 배향곡선을 현지에 설치할 경우에는 먼저 점P, S에서 γ°만큼 곡선의 외측에 비스듬하게 통과하는 선상의 d(*m*)만큼 떨어진 곳에 점Q, P를 구하고,

㉱ 다음에 이들점을 교점으로 한 반경 r인 원을 절선 다각형에 내접시키는 동시에 교점P, S에도 1.5 r 정도의 원을 외접시키면 배향곡선이 된다.

(예제) 광릉시험림 내 임도시설 예정지내 배향곡선을 동일한 사면에 부득이 2 개를 설치하여야 할 곳이 있다. 임도간격을 300*m* 로 하고, 산지사면기울기 40%, 종단물매 9% 이면, 배향곡선의 적정간격은 얼마인가 ?

(풀이) 배향곡선의 적정간격(d) = 0.5 × 300 × 40 ÷ 9 = 666 ≒ 700*m*

2.2.1.6. 종단곡선

종단물매가 *m*, n인 두 기울기선이 교차하는 점에서는 물매가 급하게 변화되어 자동차의 안전운행에 지장을 주게 되므로 그 수직면내에 적당한 곡선을 삽입하여 물매의 변화를 완만하게 하여야 한다. 이때 사용되는 곡선을 종단곡선(縱斷曲線 : vertical curve)이라 하며, 보통 포물선(抛物線 : parabola)이나 반지름이 큰 원곡선(圓曲線)이 사용된다.

가. 물매의 변화 산출

두 기울기선의 종단물매 대수차(代數差) = $|m - n| / 100$

나. 종단곡선의 길이 산출

(1) 종단면도에 의한 산출

① 두 기울기선의 교점이 종단면도의 20*m* 종선에 있을 경우(제 1법)

종단곡선의 길이 = (양물매차÷5/100)에 가장 가까운 짝수 × 20

(예제1) 종단물매가 각각 3/100과 17/100인 두 기울기선 교점이 780m 되는 종선에 있다면 종단곡선의 길이는 얼마인가?

(풀이) $|17/100-3/100| \div 5/100 = 2.8$에 가장 가까운 짝수는 2.0이므로

종단곡선의 길이 $= 2\times20 = 40m$

② 두 기울기선의 교점이 종단면도의 10m 종선에 있을 경우(제 2법)

종단곡선의 길이 = (양물매차÷5/100)에 가장 가까운 홀수 × 20

(예제2) 위의 (예제1)에서 두 기울기선의 교점이 810m 되는 종선에 있다면 종단곡선의 길이는 얼마인가 ?

(풀이) $|17/100-3/100| \div 5/100 = 2.8$에 가장 가까운 홀수는 3.0이므로

종단곡선의 길이 $= 3\times20 = 60m$

③ 두 기울기선의 교점이 종단면도의 20m 종선 중간에 있을 경우(제 3법)

㉠ 종곡점의 위치 = {두 기울기선의 교점 + 양물매차 ÷ (5/100) × 10}과 가장 가까운 20배수

㉡ 종단곡선 길이 = {(종곡점 위치 − 두 기울기선의 교점) × 2}와 가장 가까운 20배수

㉢ 시곡점의 위치 = 종곡점의 위치−종단곡선의 길이

(예제3) 위의 (예제2)에서 두 기울기선의 교점이 927m에 있다면 종단곡선의 길이와 시·종곡점의 위치를 구하여라.

(풀이) $|17/100-3/100| \div (5/100)\times10 = 28m$이므로

㉠ 종곡점의 위치 : (927+28)에 가장 가까운 20배수 $= 960m$

㉡ 종단곡선의 길이 : (960−927)×2에 가장 가까운 20배수 $= 60m$

㉢ 시곡점의 위치 : 960−60 $= 900m$

(2) 종단곡선의 길이를 주행속도로서 산출

종단곡선의 길이(L) = $|i_1 - i_2| \cdot V^2 / 360$에 가장 가까운 10배수

여기서, V : 주행속도(㎞/hr)

$|i_1-i_2|$: 종단물매 대수차의 절대치(%)

360 : 불쾌감을 주지 않는 충격변화율을 결정하는 계수

<표 8-2-27> 설계속도별 최소종단곡선의 길이

설 계 속 도(㎞/hr)	20	30	40	50
곡 선 길 이(m)	20	25	35	40

(예제) 영주시 단산면 마락리에서 좌석리 사이의 국유임도를 개수하기 위하여 안부(鞍部)에 해당하는 종단물매를 측정하니 +10% 구간이 50m, −10% 구간이 70*m*이었고, 산복사면을 경유하는 구간은 5% 구간이 70*m*, 9% 구간이 80*m*이었다. 이때종단곡선의 길이를 구하여라.(단, 설계속도는 안부(鞍部) 구간이 30㎞/hr, 산복구간은 40㎞/hr이다.)

(풀이) ① 안부(鞍部) 구간의 종단곡선의 길이 $= |10-(-10)| \times 30^2/360 = 50m$

② 산복구간의 종단곡선의 길이 $= |5-9| \times 40^2/360 = 17.8m \fallingdotseq 20m$

(3) 가시거리로서 종단곡선의 길이 산출

①「가시거리 > 종단곡선길이」인 경우

$L = 2S - \{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2\} / G$

(그림 8-2-23의 ⓐ 참조)

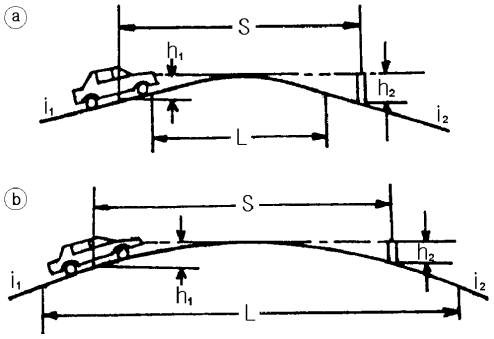
②「가시거리 < 종단곡선길이」인 경우

$L = S^2 \cdot G / \{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$

(그림 8-2-23의 ⓑ 참조)

③「가시거리 = 종단곡선길이」인 경우

$L = S = 2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2 / G$



<그림 8-2-23> 종단곡선의 길이와 가시거리의 관계

여기서, S : 가시거리(*m*)

L : 종단곡선의 길이(*m*)

G : 두 기울기선의 종단물매

대수차(%) $= |i_1 - i_2| / 100$

h_1 : 노면에서 운전수 눈의 높이(*m*)

h_2 : 장애물의 높이(*m*)

다. 종단곡선의 반지름 산출

$R \fallingdotseq 100L / |i_1 - i_2|$

여기서, R : 종단곡선의 반지름(*m*)

L : 종단곡선의 길이(*m*)

$|i_1 - i_2|$: 종단물매의 대수차의 절대치(%)

(예제) 앞 항의 (예제)에서 종단곡선의 반지름을 산출하여라.

(풀이) $R = (100 \times 40) / |17-3| = 285.7 \fallingdotseq 280m$

라. 종거의 산출

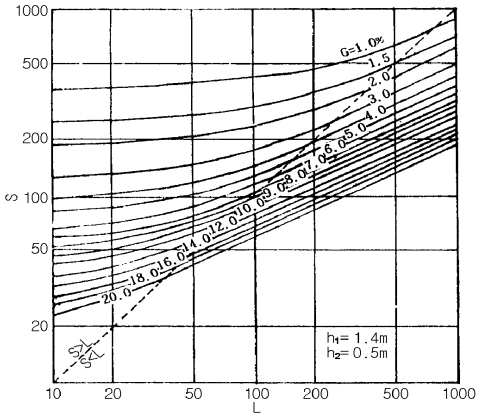
$Y_n = (1 / 2L) \cdot (d / 100) \cdot x^2 = (|i_1 - i_2| / 200\ L) \cdot x^2$

여기서, Y_n : 횡거 x에 대한 종거(m)

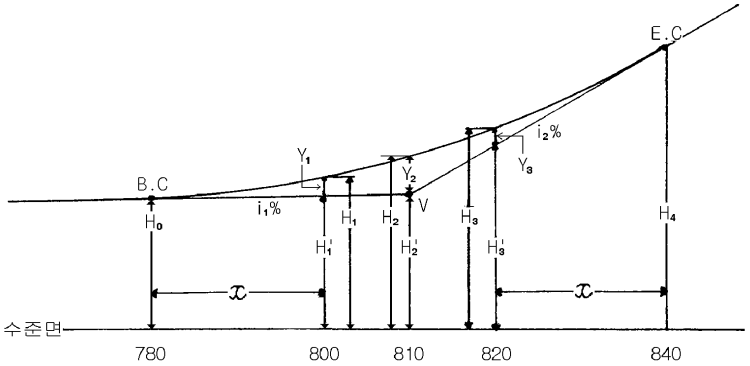
L : 종단곡선의 길이(m)

d : 인접한 두 기울기선의 물매차의 절대값(%) $= |i_1 - i_2|$

x : 종단곡선의 시점 또는 종점에서 종거를 구하는 점까지의 횡거(m)



<그림 8-2-24> 종단곡선길이(L)와 가시거리(S)의 관계 (h1=1.4m, h2=0.5m인 경우)



<그림 8-2-25> 종단곡선상 각 측점의 종횡거산출

(예제) 앞 항의 (예제)에서 종단곡선의 시곡점과 종곡점의 사이에 위치한 각 측점의 종거를 구하여라.

(풀이) 두 기울기선의 물매차는 14%, 종단곡선의 길이는 60m이므로

① 시곡점 : 810−(60/2) = 780m

② 종곡점 : 810+(60/2) = 840m

③ 그림 8-2-24를 참고하면 800m와 820m에 위치한 측점은 종단곡선의 시·종곡점으로 부터의 횡거가 각각 20m이므로 종거가 동일하다.

$Y_1 = Y_3 = (14 \times 20^2)/(200 \times 60) = 0.47m$

④ 810m에 위치한 측점은 종단곡선 시곡점으로부터의 횡거가 30m이므로

$Y_2 = (14 \times 30^2)/(200 \times 60) = 1.05m$

마. 종단곡선상의 표고 산출

$H_n' = H_n \pm (i / 100) \cdot \chi$, $H_n = H_n' \pm Y_n$ (그림 1-34 참조)

여기서, H_n' : B.C 또는 E.C에서 χ만큼 떨어진 점의 표고(m)

H_n : B.C 또는 E.C의 표고(m) 또는 종단곡선상의 표고(m)

Y_n : B.C 또는 E.C에서 χ만큼 떨어진 점과 곡선과의 종거(m)

(예제) 앞 항의 (예제)에서 각 점의 표고를 구하여라.(단, B.C의 표고는 100.57m 이다.)

(풀이) ① 780m 지점의 표고(H_0) = B.C의 표고 = 100.57m

② 800m 지점의 표고

$H_1' = 100.57+(3/100)\times20 = 101.17m$

$Y_1 = (14\times20^2)/(200\times60) = 0.47m$(⇒ B.C부터 계산)

$H_1 = 101.17+0.47 = 101.64m$

③ 810m 지점(V)의 표고

$H_2' = 100.57+(3/100)\times30 = 101.47m$

$Y_2 = (14\times30^2)/(200\times60) = 1.05m$

$H_2 = 101.47+1.05 = 102.52m$

④ 820m 지점의 표고

$H_3' = 101.47+(17/100)\times10 = 103.17m$

$Y_3 = (14\times20^2)/(200\times60) = 0.47m$(⇒ E.C부터 계산)

$H_3 = 103.17+0.47 = 103.64m$

⑤ 840m 지점(V+30m)의 표고

$H_4' = 101.47-(17/100)\times30 = 106.57m$

$H_4 = 106.57+0 = 106.57m$

2.2.1.7. 구조물 및 지질조사

구조물(교량, 배수구, 석축 등)을 설치할 필요가 있는 개소의 위치, 지형, 자재 채취의 양부 등을 상세하게 조사하거나 측량을 실시하여 필요한 자료를 구한다.

가. 구조물 조사

(1) 교량류 : 교량, 암거(BOX) 등

① 중심선과 유수의 각도 및 방향

② 유수량과 H.W.L, L.W.L
③ 교대 교각예정 위치 부근의 토질
④ 유수의 유무
⑤ 하천의 관리상태
⑥ 교량의 형식
⑦ 기타 필요사항

(2) 구거류 : 배수관, 개거 등
① 설치해야 할 위치 및 중심선과의 방향각도
② 집수면적, 유수량
③ 지반토질
④ 기타 필요사항

(3) 옹벽류 : 옹벽, 석축(찰쌓기,메쌓기) 등
① 설치위치, 연장, 높이
② 지반상황, 토압관계
③ 유수, 수심
④ 기타 필요사항

나. 공사재료조사
① 공사재료로 채취할 경우에는 채취위치, 품질형상, 양, 운반거리 및 운반로상황, 소유자, 채취료 등
② 또한 필요가 있을 때에는 공사재료로서의 적합성을 평가하기 위한 품질시험을 한다.

다. 토취장, 토사장조사
① 공사실행에 있어서 토취장, 토사장이 필요할 경우에는 위치, 운반거리, 운반로 상황, 채취(또는 버릴)가능량, 소유자 등
② 이 경우 토사장의 토사유출 방지시설을 필요로 할 때는 시설에 관한 충분한 조사를 한다.

라. 장해물 조사
공사에 지장이 되는 가옥, 전주 등 구조물과 전답, 묘지, 구거, 용수로 등에 관해서는 명칭, 위치, 수량, 소유자 등에 대해서도 조사한다.

3. 임도

3.1. 임도계획

임도의 계획은 임도망을 계획하고자 하는 구역 안에 임도를 어느 정도의 밀도로서 어떻게 배치하는 것이 경제적이고 이용효율성이 높은 임도를 시설할 수 있는가를 알기 위하여 필요하다.

임도의 계획은 계획기간에 따라서 장기계획, 단기계획 및 시공계획의 단계로 구분된다.

① 장기 계획

지역 전체를 대상으로 하는 5년 이상의 계획기간으로서 해당지역 내의 목표임도밀도에 해당되는 모든 노선을 임도망으로 편성하며 각 임도간의 상대적인 타당성과 경제성 및 문제점의 크기에 따라 우선순위와 투자계획을 수립한다.

② 단기 계획

해당 노선 또는 구간을 대상으로 하는 5년 이내의 계획기간으로서 사업실행을 주목적으로 하는 타당성 조사가 이에 해당한다.

③ 시공 계획

공사실행을 위한 개별 사업계획으로서 계약서류와 공사설계도·서 작성을 위한 실시설계가 이에 해당된다.

3.1.1. 임도망 계획시 검토사항

3.1.1.1. 임도망 계획시 검토사항

임도의 계획은 임도를 매개체로 통행되는 교통류와 개발되는 유역에 활동요인을 부과하는 것이므로 통행의 목적, 개발목적, 자연경관, 지형, 작업조건 및 사회적 환경조건과 조화를 이룰 수 있도록 하여야 한다.

따라서 각각의 노선을 결정하고 평가를 할 경우에는 각각의 대안노선에 대하여 사회적, 경제적, 기술적 요인 등 세가지 측면에서 검토하고 그 결과에 따라 가장 적정한 노선을 선정한다.

가. 사회적 요인

사회적 요인으로 고려하여야 할 다음 항목을 충분히 조사하여 관계기관과 협의 조정 하고 지역주민의 의견도 수렴한다.

① 산림경영의 현황과 금후계획 예측

② 도시집락, 촌락, 경작지와의 관계(노선통과에 따른 분석)

③ 주택, 식수 등의 주거환경과의 관계(접근에 의한 소음, 오염 등의 피해, 경관저해 등의 환경문제)

④ 유적, 매장문화재, 절, 묘지 등 민족유산과의 관계(통과에 의한 파괴)

⑤ 자연경관, 자연생태계와의 관계(자연환경의 파괴)

⑥ 자연조건의 변화(수리, 기상의 변화에 따른 수해, 냉해 등)

⑦ 지역의 장래 계획과의 관계(타 개발사업계획 검토)

나. 경제적 요인

임도계획의 타당성 여부를 공사비와 유지관리비 등의 투자적인 측면과 그 투자에 따라 얻어지는 경제적인 편익에 대해서 계량적으로 평가·검토한다.

(1) 개략 계획 단계에서 경제적 요인 검토

노망 전체 또는 개개노선에 대한 경제성 여부를 따져서 경제적 타당성을 판단한다.

편익에는 집·운재비 감소, 통근시간 단축, 임산물의 가치성 향상 등의 직접적인 편익과 주변지역에 미치는 영향 등의 간접적인 편익으로 구분한다.

(2) 기본 계획 단계에서 경제적 요인 검토

임도망 계획으로 설정된 각각의 노선 또는 하나의 노선내에 일부구간에 대한 비교노선이 있는 경우와 시점, 종점의 설치위치 등에 대하여 경제적 평가를 하거나, 주요 구조물의 기본형식에 대해서도 공사비와 유지관리비 등의 경제성을 검토한다.

비교노선이 비교적 길어서 각 구간에 대한 이해관계가 다를 경우에는 각각에 대한 평가가 필요하다. 특히 장거리 노선의 통과위치가 다를 경우에는 개략계획과 마찬가

지로 간접적인 편익과 그 이외의 사회적 효과도 포함 검토한다.

(3) 실시 설계 단계에서 경제적 요인 검토

선형과 도로구조물의 설계에 대한 공사비와 유지관리비를 비교하는 것이 주체가 되는 것으로 기본계획 등에서 검토된 경제성 분석의 내용을 최종적으로 확인한다.

다. 기술적 요인

(1) 교통 기술적 요인

교통의 안전성과 원활한 이동성의 관점에서 다음과 같이 검토 평가한다.

① 지역도로망과 연계성 검토 : 지역도로망으로서의 적합성, 시・종점 교통처리방안, 병목현상(bottle neck) 방지 등을 검토한다.

② 설계속도와 선형설계의 검토 : 일정구간에 대한 동일한 설계속도의 적용이 가능한 선형, 직진성(directness) 등을 검토한다.

③ 집재장, 회전장, 대피소 등의 검토 : 집재작업 등 산림작업의 수행 중 차량교행, 지체 등으로 인하여 교통이 지체되거나 중단되는 일이 없도록 간격과 구조를 검토한다.

④ 교통용량 및 활용수준을 분석한다.

(2) 구조 기술적 요인

시공성과 안전성 및 유지관리상의 문제점을 다음과 같이 검토 평가한다.

① 지질, 토질 등 자연조건 검토 : 시공중 또는 시공후의 유지관리측면을 고려하여 재해우려지역, 단층・파쇄대지역, 벼랑(cliff, bluff)지대, 대규모 절토지, 연약지반, 깊은 계곡부 등

② 하천, 큰 계곡의 도하지점 검토 : 수리, 수문, 지질, 하폭, 여울목 등

③ 타 도로 및 철도와의 접속 : 교차부의 선형 및 가시거리 등

④ 대능선의 통과 : 우회, 절개, 터널 등에 대한 비교 검토

(3) 작업적 요인

작업성 및 활용성을 다음과 같이 검토 평가한다.

① 설치 위치 검토 : 활용가능 자동차 및 기계장비의 종류, 작업방법 등

② 산림생산성과 향상성 : 지형(경사도, 기복도 등), 임상, 경급, ha당재적 등

3.1.1.2. 노선 계획시 검토사항

노선계획은 임도계획의 기초를 이루는 가장 중요한 단계로서 당해노선이 통과하게 될 유역의 입지환경과 경제효과, 교통 및 구조기술상의 특질, 경제성 등의 요구조건에 가장 부합되도록 하기 위한 과정이다.

노선계획의 과정은 개략계획-기본계획-실시설계의 순서로 실행된다.

(가) 개략 계획

① 개략계획은 임도망계획에서 구상된 어느한 노선에 대한 현지 노선선정의 준비단계로서 1/50,000 또는 1/25,000 지형도에 주요 지역도로망과 구역내로 통과 또는 연접되는 농도, 마을도로, 경작지도로까지 확인하고 임산물의 반출순로와 주변 교통체계상의 특성을 비교·분석하여 각 노선의 통제점(control point)을 설정하는 예비노선대를 설정하고 그 노선의 특성을 파악 분석하여 노선계획대를 결정한다.

② 평면선형은 기설정된 설계속도에 대응하는 종단물매와 평면곡선반경 이상으로 설정될 수 있는지를 점검하여 볼 필요가 있다. 지형이 험준한 곳에서는 종단선형이 중요하므로 등고선의 높이를 읽어 종단계획도를 개략적으로 작성하여 개략적인 물매나 교량 설치위치와 길이, 토공의 난이도 등을 파악한다.

③ 각 노선별로 길이와 주요구조물이 확정되면 개략공사비를 산출하고 경제성 등을 종합평가하여 노선계획대 즉 예비노선을 결정하여 지형도에 디바이더를 이용하여 작도한다.

(나) 기본 설계

① 개략계획단계에서 설정된 노선계획대에 따라 1/5,000 또는 1/1,200 지형도에서 예비노선에 대한 선형을 보다 세밀히 검토하여 공사비를 산출하고 경제성분석 등을 수행하여 최적노선을 결정한다.

② 지형도에 사회적조건과 자연적조건, 지질, 지역계획, 가옥, 묘지 등 각종 현황조사자료를 이용하여 세부적인 통제점을 표시한 후 평면선형을 그린다. 종단면도를 작성하여 종단선형의 상황에 따라서 평면선형을 다시 수정한 후 평면도를 확정하여 입체적인 선형이 결정되면 100m마다 횡단면도를 작성하여 개략적인 임도를 설계한다.

③ 교량 등 주요 구조물의 규모와 대략적인 구조형식을 결정할 때에는 지질조사와 함께 시공상의 난이도를 검토하여 개략적인 공사비를 이 단계에서 적산한다.

④ 비교노선이 있는 경우에는 먼저 선형을 그려서 노선연장, 각종 지장물, 기하구

조적 조건, 절·성토 높이 및 균형, 구조물 길이, 시공조건, 유지관리조건 등을 고려하여 2~3개의 대안을 만들고 공사비와 편익비 등을 계산하여 비교노선간의 우열을 판정하여 최적노선을 결정한다.

(다) 실시 설계

기본설계의 결과를 기초로 통제점을 확인하고 각 구간마다 설계기준으로 제시된 기준에 맞게 설계한다.

중심선은 20*m* 간격으로 측점을 부설하여 체계적인 공사실행을 하기 위한 설계도·서를 작성하고, 용지폭을 결정하여 부지를 확정하며 공사비를 산정한다.

3.1.1.3. 임도밀도의 산정

노망의 성숙도를 나타내는 양적지표로서 임도밀도(forest road density)의 개념이 이용되고 있다. 이것은 산림의 단위면적당 임도연장(*m*/ha)으로 나타내며 산림의 개발정도와 사업의 집약도를 나타내어 준다.

임도밀도를 산출하는 방법으로는 해석적인 방법과 경험적인 방법의 2가지로 크게 구분할 수 있다. 이들 두 방법의 공통점은 경제성을 기초하여 임업경영에 대한 지출을 최소화하는데 주안점을 두고 적정임도밀도를 산출하는 것이다.

일반적으로 임도밀도를 산출할 경우에는 구역내의 생산가능임지에 대한 면적만 적용하고 비생산임지의 면적은 제외시키며, 임도연장도 임업생산기능과 관계가 없는 산림구역외의 임도연장은 제외한다.

임도밀도는 기본임도밀도, 적정임도밀도, 임목생산 임도밀도, 노망시스템 임도밀도, 기계화 임도밀도 등 용도에 따라 여러가지로 산출하여 이용하고 있다.

가. 기본임도밀도

기본임도밀도(minimum forest road density)는 조림부터 수확까지 산림작업에 투입되는 노동인력들이 작업장까지 왕복통근에 소요되는 보행경비, 즉 비생산노무경비를 임도시설에 전환하여 사회간접자본화 하는 개념으로 Minami kata(南方)에 의하여 제창되었다.

$$do = \sqrt{\frac{5 \cdot \eta' \cdot Cw \cdot Nw}{Vw \cdot ro}}$$

여기서, do : 기본임도밀도(*m*/ha)　　Cw : 노동단가 (원/hr)

Nw : 조림부터 수확까지 투입 노동량(인/ha)

Vw : 평균보행속도(㎞/hr)　　ro : 임도개설비(원/m)

η′ : 보행우회계수(1.0~1.5)

(예제) 광릉시험림의 기본밀도를 산출하고자 한다. 적용인자가 다음과 같을 경우 기본 임도밀도가 얼마인가?

- 임도개설비(ro) : 44,548원/m
- 노임단가(Cw) : 5,000원/hr
- 보행우회계수(η′) : 1.25
- 보행속도(Vw) : 2㎞/hr
- 조림부터 수확까지 노동투입량(Nw) : 인공림 300인/ha
  천연림 200인/ha

(풀이) $do = \sqrt{\frac{5 \cdot \eta' \cdot Cw \cdot Nw}{Vw \cdot ro}}$

① 인공림 $do = \sqrt{\frac{5 \times 1.25 \times 5,000 \times 300}{2 \times 44,548}} = 10.4m/\text{ha}$

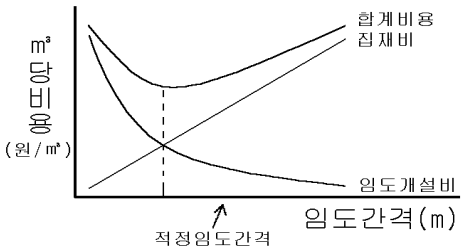
② 천연림 $do = \sqrt{\frac{5 \times 1.25 \times 5,000 \times 200}{2 \times 44,548}} = 8.4m/\text{ha}$

나. 적정임도밀도

임도의 개설이 늘어감에 따라 임도밀도가 증가되어 집재비, 조재비, 관리비는 낮아지지만 임도개설비, 임도 유지관리비, 운재비는 증가한다.

Matthews는 생산원가관리이론을 적용하여 임업생산비 중에서 임도개설연장의 증감에 따라서 현격하게 변화되는 주벌의 집재비용과 임도개설비의 합계를 가장 최소화시키는 적정임도밀도(optimum forest road density)와 적정임도간격(optimum forest road spacing)을 구명하였다.

그림 8-3-1은 임도개설비와 집재비용의 합계비용에 대한 손익분기점(break-even point)를 나타내고 있다. 즉, 임도간격이 크게 되면 단위재적당의 임도비용은 감소하지만 집재거리가 길어져서 단위재적당의 집재비용은 증가한다. 그러나 이들 두 비용을 합한 합계비용은 임도간격이 좁거



<그림 8-3-1> 적정임도간격 산출 모식도

나 넓으면 모두 증가하나 어느 한 지점에서 가장 적어진다.

이 점이 적정임도간격이고 적정임도간격은 양자의 교점에 해당되는 지점이 된다.

Matthews는 이 이론에 따라 임도의 우회율과 집재거리 우회율 등을 고려하여 다음 식에 의하여 적정임도밀도를 산출하였다.

$$d = 50\sqrt{\frac{V \cdot E \cdot \eta \cdot \eta'}{r}}$$

식에서 d : 임도밀도(*m*/ha) r : 임도개설비(원/*m*)

E : 집재비(원/*m*/㎥) V : 생산예정재적(㎥/ha)

η : 임도우회 계수(1.0~2.0) η′ : 집재우회 계수(1.0~1.5)

d : 임도밀도(*m*/ha)

이때 집재작업을 기계화하는 장비로서 사용할 경우에는

$$E = \sqrt{\frac{c \cdot t \cdot 1{,}000}{L}}$$

여기서, E : 집재비(원/*m*/㎥) c : 장비운영비(원/분)

t : 작업왕복시간(분/*m*) L : 장비의 평균적재량(㎥)

(예제) 광릉시험림의 평균 임목축적은 183㎥/ha, 임도개설비 44,548천원/㎞, 집재비 320원/*m*/㎥이라면 적정임도밀도는 얼마인가?

(풀이) 임목축척이 원목상태로 될 때에는 임상과 영급에 따라 벌채율과 조재율이 변화되므로 여기서는 대부분이 장령림, 중경목 이상으로 보아 벌채율 70%, 조재율 80%를 적용하면 원목생산예정량은 183 × 0.7 × 0.8 = 102.5㎥/ha가 된다.

$$ORD = 50\sqrt{\frac{102.5 \times 320 \times 1.5 \times 1.25}{44{,}548}} = 58.7m/\text{ha}$$

다. 지선임도밀도(feeder road density)

입지조건에 따라서 집재방법과 운재시스템이 다르기 때문에 임도의 효율성을 계수로서 정하고 이 계수와 사용가능한 집재장비의 최대집재거리를 적용하여 경험적인 임도밀도를 산출하는 방법이다.

D = a / s 여기서, D : 지선임도밀도(*m*/ha) s : 평균집재거리(㎞)

a : 임도효율계수

구 분	임도효율계수	구 분	임도효율계수
기복이 약간 있는 평지	4~5	경 사 지	7~9
구 릉 지	5~7	급 경 사 지	9 이상

(예제1) 경사지에서 트랙터 평균집재거리가 500*m*일 때 지선임도밀도는?

(풀이) D = 8/0.5 = 16*m*/ha

(예제2) 구릉지에서 임도밀도가 20*m*/ha일 때 평균집재거리는?

(풀이) s = 6/20 = 0.3㎞ = 300*m*

라. 기설임도의 임도밀도(existing road density) 산정

$$D(m/\text{ha}) = \frac{\text{시설거리}(m)}{\text{구역산림면적(ha)}}$$

(예제) 광능시험림내에 2004년말 현재 임도시설거리는 45㎞이고, 산림면적이 2,218 ha이면 임도밀도는 얼마인가?

(풀이) 임도밀도(D) = 45,000/2,218 = 20.3*m*/ha

마. 임도간격, 집재거리, 평균집재거리의 산출

(1) 적정임도간격의 산출

$$ORS = 200\sqrt{\frac{RC}{Q \cdot EC}}$$

여기서, ORS : 적정임도간격(*m*) RC : 임도개설비(원/*m*)

EC : 집재비(원/*m*/㎥) Q : 원목생산예정량(㎥/ha)

(예제) 임도개설비가 44,548 원/*m*, 집재비가 320 원/*m*/㎥일 때 적정임도간격을 구하여라. (단, 원목생산예정량은 183 ㎥/ha임)

(풀이) 적정임도간격(ORS) = $200\sqrt{\frac{44,548}{183 \times 320}}$ ≒ 174*m*

(2) 적정임도밀도에서 임도간격의 산출

$$RS = 10,000 / ORD$$

여기서, RS : 임도간격(*m*) ORD : 적정임도밀도(*m*/ha)

(예제) 적정임도밀도가 58.7*m*/ha일 때 임도간격은 얼마인가?

(풀이) 임도간격(S) = 10,000/58.7 = 170.4*m*

(3) 적정임도밀도에서 집재거리(skidding distance)의 산출

$$SD = \frac{10,000}{ORD / 2} = \frac{5,000}{ORD}$$

여기서, SD : 집재거리(*m*) ORD : 적정임도밀도(*m*/ha)

(예제) 위의 예제에서 집재거리는 얼마인가 ?

(풀이) 집재거리(SD) = 5,000/58.7 = 85.2*m*

(4) 적정임도밀도에서 평균집재거리(average skidding distance)의 산출

$$ASD = \frac{10,000}{ORD / 4} = \frac{2,500}{ORD}$$

여기서, ASD : 평균집재거리(*m*)　　ORD : 적정임도밀도(*m*/ha)

(예제) 위의 예제에서 평균집재거리는 얼마인가 ?

(풀이) 평균집재거리(ASD) = 2,500/58.7 = 42.6*m*

【참고】 임도간격, 집재거리, 평균집재거리의 관계

① 임도간격은 임도와 임도사이의 거리로 표현된다.

② 집재거리는 양쪽의 임도에서 서로 집재작업이 실행되므로 평지림의 경우 임도간격의 1/2이 된다.

③ 평균집재거리는 임도변의 집재작업(최소집재거리)과 집재한계선까지(최대집재거리) 집재작업이 동일하게 실행되므로 평지림의 경우 집재거리의 1/2이 되고 임도간격의 1/4이 된다.

④ 기본 계산식은 평지림을 기준으로 정립된 것이므로 산악지에 적용할 경우에는 임도와 집재우회계수 (η・η′)를 계상하여야 한다.

바. 지형조건별 임도간격

<표 8-3-1> 오스트리아의 경험적 임도간격

단위 : *m*

산지경사	지 형	집 재 방 법	산 림 경 영 규 모(ha)		
			대 규 모 (2,000이상)	중 규 모 (200~2,000)	소 규 모 (200이하)
0~15%	평탄지	차량형 집재기 상・하향집재	500~600	400~500	300~400
15~30%	구릉지	차량형 집재기 상・하향집재	500	300~400	300
30~60%	구릉지 산악지	차량형 집재기(집재로 이용) 가선에 의한 상향집재 중력에 의한 하향집재	300~400	300	200~250
60%이상	험준지	가선에 의한 상향집재 중력에 의한 하향집재	500	300~400	300

* 자료 : Sedlak (1985, 1987)

3.1.1.4. 적정임도규격과 임도비용의 산출

가. 적정임도규격(optimum road standard)의 산출

$$ORST = \sqrt{\frac{Q \cdot L}{K}}$$

여기서, ORST : 적정임도규격(㎞/hr) Q : 임도교통 운재량(㎥)

L : 트럭의 시간당 비용(원/hr/대) K : 임도비용과 규격 관계계수

{임도규격을 트럭속도 1 ㎞/hr를 증가시킬 수 있는 임도개설비의 증가액(원/㎞)을 적용}

(예제) 3.1.1.3-나.항의 운재량이 102.5㎥/ha이고, 임도이용면적이 500ha라고 가정할 때 트럭의 시간당 비용은 7,750원/hr, 1㎞/hr 증가시킬 수 있는 임도개설비의 증가액이 1,000천원/㎞이라 하면 적정임도규격은 얼마인가 ?

(풀이) 임도교통 운재량(Q) = 500×102.5 = 51,250㎥

$$\text{적정임도규격(ORST)} = \sqrt{\frac{51,250 \times 7,750}{1,000,000}} \fallingdotseq 20\text{㎞/hr}$$

나. ㎥당 소요임도비용(road cost)의 산출

(1) 임도밀도가 적정치일 경우

$$RC = \frac{R \cdot ORD}{1,000V} \cdot (1+\eta) \cdot (1+\eta')$$

여기서, RC : 임도비용(원/㎥) R : 임도개설비(원/㎞)

ORD : 적정임도밀도(m/ha) V : 원목생산예정량(㎥/ha)

(2) 임도밀도가 적정치가 아닐 경우

$$RC = \frac{R \cdot RD \cdot (1+\eta) \cdot (1+\eta')}{1,000V}$$

여기서, RD : 실제 임도밀도(m/ha)

(예제) 3.1.1.3-나.항의 (예제)에서 ㎥당 임도비용를 산출하여라.

(풀이) 임도비용(RC) = (44,548,000×58.7)/(1,000×120.5) ≒ 21,700원/㎥

3.1.2. 임도망 편성

3.1.2.1. 설치 위치별 임도망의 형태

임도망을 계획하고자 할 경우에는 국지적인 입지조건에 따라서 여러가지의 노망형이 있을 수 있지만 다음과 같은 사항을 착안하여 합리적인 노망이 될 수 있도록 한다.

① 항구성의 원칙 : 산림이 항구적으로 유지되는 것과 같이 임도도 항구적으로 유지될 수 있도록 견고하게 시설될 수 있도록 한다.

② 임지종속성의 원칙 : 입지에 따라서 평면선형, 종단선형, 횡단선형 등 여러 가지의 조건이 다르므로 국지적인 입지조건에 부합되도록 시설한다.

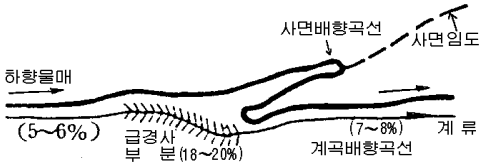
③ 다양성의 원칙 : 임업적, 경제적 기능도 중요하지만 생태적, 환경적, 공공적인 기능도 함께 수용할 수 있도록 계획한다.

가. 계곡임도

임지는 하단부로 부터 점차적으로 개발하는 것이 일반적이므로 계곡임도는 임지개발의 중추적인 역할을 한다.

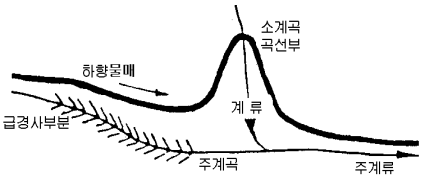
홍수로 인한 유실을 방지하고 임도시설비용을 절감하기 위하여 계곡하단부에 설치하지 않고 약간 위인 산록부의 사면에 최대홍수위 보다 10m정도 높게 설치한다.

횡단사면은 항상 높은 지지력을 유지하여야 하므로 비교적 간단한 사면안정 처리방법으로도 설치할 수 있는 곳이 바람직하다.



<그림 8-3-2> 급경사지역의 계곡임도(蛇行型)

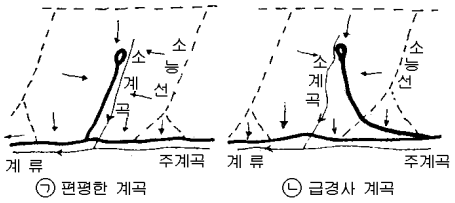
그림 8-3-2는 계곡부에 급경사면이 있어 쉽게 산록부나 산복부로 노선을 이동시킬 수가 없거나 계상의 물매가 너무 급하여 계곡을 따라 계속적인 노선선정이 불가능한 경우에 흔히 설치가능한 형으로서 배향곡선(hairpin curve)을 설치하여 상류쪽으로 계속 진행한다.



<그림 8-3-3> 중경사지역의 계곡임도

그림 8-3-3은 큰 지류가 있는 계곡부에서 흔히 설치할 수 있는 일반적인 형태로서 주계곡의 계상물매가 한계 종단물매 이내로서 지류를 따라 우회함으로서 노선의 설치가 가능한 곳이다.

그림 8-3-4는 편평한 주계곡을 따라 주임도에서 분기하는 지선(부)임도의 연결형으로서, 그림 8-3-4의 ㉠형은 소계곡의 계상물매가 주계곡과의 연결부위 물매가 완만한 경우이고, 그림 8-3-4의 ㉡형은 소계곡의 계상물매가 주계곡과의 연결부위 물매가 급한 경우에 흔히 설치할 수 있는 형으로서 주계곡의 상단부에서 배향곡선으로 우회하여 소계곡으로 진입한다.



<그림 8-3-4> 편평한 주계곡의 계곡임도

나. 사면임도

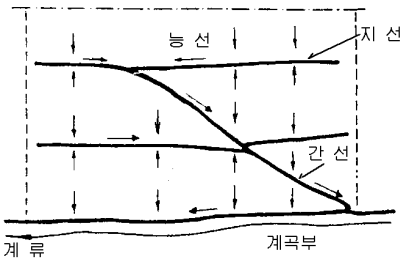
사면임도는 계곡임도에서 시작되어 산록부와 산복부에 설치하는 임도로서 사면임도 하단부에 있는 임목을 가선집재 방법으로 상향집재 할 필요가 있다하더라도 임도의 노선선정은 하단부로부터 점차적으로 선형을 계획하여 진행하여야 한다.

동일한 사면에서 부득이 배향곡선(hairpin curve)을 설치하여야 할 경우에는 가능한 한 그 수를 최소한으로 줄여야 한다.

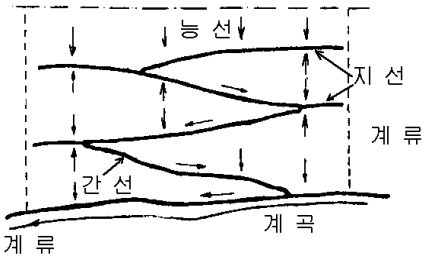
왜냐하면 배향곡선을 설치하면 산림생산면적이 감소되어 임도의 이용율을 저하시킬 뿐만 아니라 토사 유출을 유발하는 등 임지훼손과 재해발생의 원인이 되므로 가능한 한 경사도가 40% 이하인 사면에 설치하되 동일사면에 1개 이상 설치하지 아니하도록 한다.

그림 8-3-5는 산지의 사면이 발달되어 완경사 지형의 평활한 사면형태에서 흔히 설치할 수 있는 임도망형으로서 노선을 일정한 간격으로 배치하고 연결임도로서 서로 연결할 수 있도록 배치한다.

그림 8-3-6은 사면은 발달되어 있으나 기울기가 급하고 사면길이가 긴 지형에 흔히 설치할 수 있는 노선형으로서 사행형으로 되는 임도망형이며 노선의 배치형태를



<그림 8-3-5> 완경사지형의 평형노망



<그림 8-3-6> 급경사이고 긴사면에서의 사행형

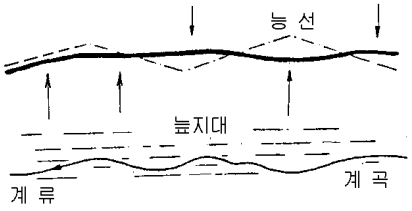
보면 주임도는 배향곡선을 이용하여 진행하고 부임도는 배향곡선의 가장자리에서 각각 분지하여 설치된다.

다. 능선임도

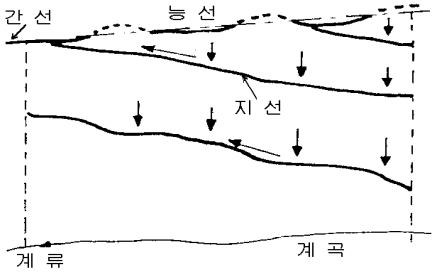
능선임도는 축조비용이 저렴하고 토사 유출이 적지만 가선집재방법과 같은 상향집재시스템에 의하지 않고는 산림을 개발할 수 없다.

능선임도에서 중력식집재방법을 이용할 수 있는 방법은 그림 8-3-7과 같이 어골형 형태의 임도망으로서, 능선임도에서 사면에 하향으로 완물매 또는 등고선물매로서 임도를 배치하는 것이다.

만약, 계곡의 기부가 늪(沼)이나 험준한 암석지대로 인하여 접근할 수 없거나, 능선에 부락이 위치하고 있을 경우에는 그림 8-3-8과 같은 능선임도를 구축할 필요가 있다.



<그림 8-3-7> 능선임도형

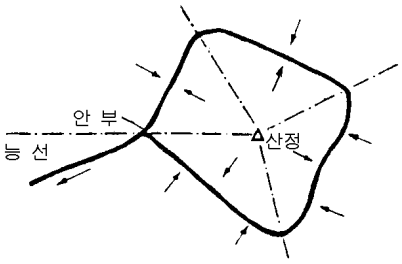


<그림 8-3-8> 능선임도의 어골형

라. 산정부 개발형

산정부가 발달되어 있는 지형의 개발은 산정 주위를 순환하는 노망을 배치하는 것이 적절한 경우가 많다.

산정부의 사면이 발달된 곳에서는 그림 8-3-9와 같은 순환임도를 설치하여 하향 및 가선에 의한 상향집재 방법으로 실행이 가능하다. 특히 상단부 사면이 발달한 반면에 중복부의 사면경사도가 급한 곳에 흔히 설치할 수 있는 노망형이다.

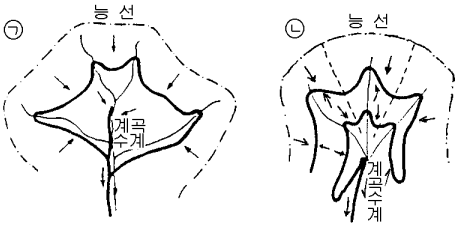


<그림 8-3-9> 산정부 순환 임도형

이때 순환임도의 시점과 종점은 능선부에 있는 재(鞍部, saddle)가 가장 적당한 곳이 된다.

마. 계곡분지의 개발형

산지 계곡부의 상류에 위치하는 막장부가 부채모양의 분지형태로 발달된 지역에서는 그림 8-3-10과 같이 순환임도망의 설치방법에 의하여 산림을 개발하는 것이 적정한 경우가 많다. 이때에 설치하는 임도의 물매는 너무 급하지 않아야 한다.

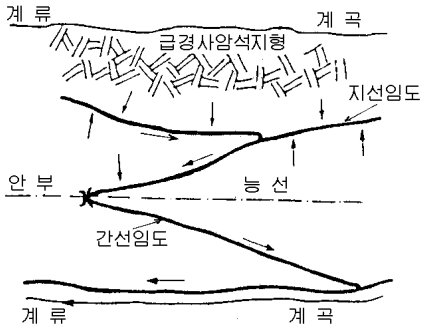


<그림 8-3-10> 계곡분지의 순환임도형

그림 8-3-10의 ㉠형은 계곡기부의 사면이 발달되어 부채모양으로 펼쳐진 곳으로서 사면의 경사도가 완만하고 편평한 곳에서 흔히 설치할 수 있는 노망형이며, 그림 8-3-10의 ㉡형은 ㉠형과 같은 지형조건이지만 사면의 길이가 길고 하단부의 경사도가 급한 곳에서 흔히 설치할 수 있는 노망형이다.

바. 반대편 능선부 산림개발형

계곡의 발달이 거의 없거나 늪(沼)이나 암석 급경사지 등의 원인으로 동일유역에서 통상적인 노망형태로는 임도구축비가 과다하게 소요되어 경제적인 문제가 있거나 자연환경과의 조화를 저해할 위험이 있을 경우로 인하여 계곡임도를 개설할 수 없는 능선너머의 산림에서 생산되는 임목을 상향으로 운송이 가능하도록 하기위하여는 완물매(역물매로 설치됨 : 6% 이하)로서 임도를 개설하지 않으면 않된다. 이러한 경우에는 그림 8-3-11과 같이 반대편 사면에 배치되는 임도망에서 능선부의 재(鞍部 : saddle)를 넘어 역물매로서 수송이 이루어질 수 있는 운송체계로 구축하여야 한다.



<그림 8-3-11> 반대사면으로 부터의 임도이용형

3.1.2.2. 양각기 계획법(divider step method)에 의한 도상 임도망 편성

가. 작업원리

양각기의 1폭(S)을 임도의 영선(zero line)에 대한 수평거리(D)로 하고 등고선간격(1/25,000지형도 : 10*m*, 1/50,000지형도 : 20*m*)을 높이(h)로 간주하여 종단물매(G)를

산출한 후 지형도상에서 적정한 노선을 선정하는 노망계획방법이다.

그림 8-3-12에서 수평거리 100*m*에 대한 높이 p *m*의 물매가 G % 라고 한다면 다음과 같이 산출될 수 있다.

D : h = 100 : G 에서

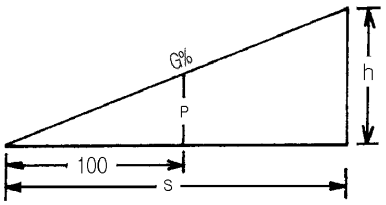
D = 100 · h / G

여기서, D = 양각기 1폭에 대한 실거리(*m*)

h = 등고선 간격(*m*)

G = 물매(%)

※ 도상거리(d) = 실거리(ℓ) ÷ 축척의 분모수



<그림 8-3-12> 양각기에 의한 물매설정

위 식에서 물매별 양각기의 1폭에 대한 실거리를 산출한 바 표 8-3-2와 같다.

<표 8-3-2> 종단물매별 양각기의 폭 (1/25,000지형도, 등고선간격 = 10*m*의 경우)

종단물매 (G)	실거리 (ℓ)	도상거리(d) 1 폭	1/2 폭	1/4 폭	종단물매 (G)	실거리 (ℓ)	도상거리(d) 1 폭	1/2 폭	1/4 폭
%	*m*	㎜	㎜	㎜	%	*m*	㎜	㎜	㎜
2	500	20.0	10.0	5.0	8	125	5.0	2.5	1.2
3	333	13.3	6.7	3.3	9	111	4.4	2.2	1.1
4	250	10.0	5.0	2.5	10	100	4.0	2.0	1.0
5	200	8.0	4.0	2.0	11	91	3.6	1.8	
6	167	6.7	3.3	1.7	12	83	3.3	1.7	
7	143	5.7	2.9	1.4	13	77	3.1	1.5	

(예제) 1/25,000 지형도(등고선간격 ; 10*m*)에서 양각기 계획법으로 임도망을 편성하고자 한다. 종단물매를 7%로 계획할 때 도상거리는 몇 *m*인가 ?

(풀이) ① 실거리(ℓ) = (100×10) / 7 = 142.86*m*

② 1/25,000 지형도에서의 도상거리(d)

= 142.86m÷25,000 = 5.7㎜

나. 작업기준

① 임산물은 근주로 부터 임도까지 직선거리로 가장 가까운 임도변에 집재되는 것으로 가정한다.

② 임도는 동일한 간격을 유지하고 평형하여 교차되지 아니하는 것으로 가정한다.

③ 임산물을 운송하기 위한 임도는 산림의 상단부에서 우회하여 계곡부로 내려오

는 것이 정상이지만 급경사지형에 설치되는 부임도는 능선에 설치될 수도 있다.

④ 일반적으로 임산물이 임도변까지 집재되는 과정은 집재비에 큰 영향을 미치기 때문에 상향, 하향 또는 양방향 등 집재방향을 먼저 검토하여야 한다.

⑤ 만약 가선이나 장비 등을 이용하는 집재방법으로 실행할 경우에는 실제 임목집재비뿐만 아니라 그 장비투입비용도 포함하여 집재비용을 추정한다.

⑥ 임도는 가끔 임산물이나 노동자의 수송에 대한 편익 이외에도 또 다른 목적으로 이용될 수 있다. 예를 들면 산화관리, 수렵, 여행, 산촌주민의 편익 등으로서 이들의 편익을 금원화하기는 매우 어려울 것이나, 학자에 따라서는 이들 편익에 대한 대가로서 임도비용을 25~50% 공제하거나 유지관리비를 부담하게 하기도 한다.

⑦ 임도의 시설이 주변환경을 해치게 될 경우에는 그 비용을 사정하여 임도비용에 부가할 수도 있다.

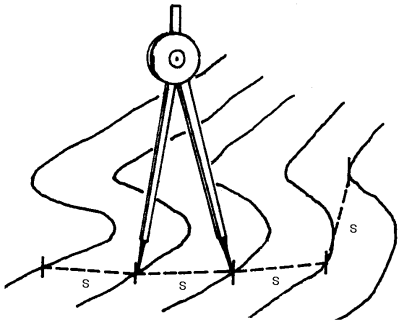
다. 작업방법

① 지형도(1/25,000, 1/5,000)를 준비하여 계획구역을 설정하고 생산임지와 비생산임지를 구분한 후 주요 사업계획지, 주교통방향이나 임목의 반출순로 등을 도시한다.

② 노선의 통제점(control point) 즉 유리점(시점, 종점, 배향곡선 설치가능지, 안부, 여울목 등)과 불리점(늪, 불안정된 사면, 암석지, 홍수범람지, 소유경계 등) 및 역물매지역을 도시한다.

③ 각 노선에 대한 예비노선을 ①과 ②의 사항과 노선의 특성을 파악분석하여 계획노선대를 도시한다.

④ 양각기의 폭(s)을 표 8-3-2를 참고하여 지형도의 축척에 알맞게 조정한다. 이때 양각기 1개로서 상황에 따라 조정 사용하면 오차의 발생이 크므로 5~6개의 양각기를 준비하여 사용이 빈번한 물매에 해당되는 것은 그 폭을 고정시켜 사용하면 오차를 줄일 수 있으며 작업진행도 빠르고 편리하다.



<그림 8-3-13> 양각기 사용(예)

⑤ 시점부와 종점부의 결정은 대단히 중요하므로 기설도로에 대한 절·성토사면형태, 평면선형 등에 대한 현지조건을 검토하고, 시점으로 부터 계획코자 하는 물매로 경유하여야 할 유리점은 통과하고 피하여야 할 불리점은 피하면서 한폭 한폭씩 그림 8-3-13과 같이 진행한다.

⑥ 굴곡이 심한 지형에서는 계곡과 능선을 건너 뛰면 우회율이 너무 커져서 도상거리와 실거리의 오차가 커지므로 양각기의 폭을 표 8-3-2와 같이 1/2폭 또는 1/4폭으로 조정 작업하고, 등고선의 간격이 조밀하여 작업이 어려운 경우에는 확대경을 사용하면 편리하다.

⑦ 이와 같이 작업하여 통과 목표지점에 도달되지 아니하였거나 불리점을 피하지 못하여 노선의 계획이 미흡할 경우에는 그 구간 또는 전노선을 선형이 적정하게 될 때까지 되풀이하여 실행한다.

⑧ 노선의 설정작업을 할 경우에는 구간마다 물매의 변화를 주지 말고 계곡 또는 능선까지 연속되도록 하고 물매를 변화할 경우에는 2~3%로 한다.

⑨ 이와 같은 작업이 완료되면 작업과정을 노선별 내역서에 기재하고 임도망 계획도에 도시한다.

3.1.2.3. 현지의 노선부설(forest road alignment) 및 수정

가. 작업기준

도상계획에 의하여 설정된 각 임도노선은 현지조사(답사, 예측)에 의하여 현지의 국지적인 입지조건에 부합되도록 수정한다.

이는 개개 노선에 대한 세부계획을 정확하고 자세하게 수립하므로서 측량·설계작업을 보다 신속하고 편리하게 수행할 수 있게 한다.

따라서 노선계획을 적정하게 수행하여 합리적인 노선을 배치하기 위하여는 노선의 측량작업을 현지에서 직접 실행하는것 보다 도상계획에 의한 개략계획을 먼저 실행한 후 측량작업에 임하는 것이 훨씬 경제적이고 효과적이다.

나. 작업방법

① 임도망 계획도・서, 고도계(altimeter), 경사측정기(clinometer), 표지테이프(marking tape), 줄자, 표지판(clinometer target), 지지봉(clinometer rod) 등을 준비한다.

② 구역이 너무 크면 효율적인 작업이 될 수 없으므로 집약적인 작업이 가능할 정도의 소구역으로 분할하여 작업조별로 세부일정을 수립하며, 차량, 헬리콥터, 측정기구 등의 필요한 장비를 준비한다.

③ 노선내 주요 설치물(집재장, 배향곡선, 교량 등)의 설치가 가능한 완경사 지형, 안부, 여울목 등의 유리지점과 불리지점에 대한 현지 부합 상태를 조정하여 불합리

한 선형은 수정한다.

④ 도상의 계획노선을 현지 지형상에 정확한 지점을 찾아 부설하는 식으로 작업하지 말고, 현지 지형에 따라서 적정하게 설치될 수 있는 노선을 우선하여 도상의 불합리한 계획노선을 수정한다는 생각으로 작업한다.

⑤ 노선은 가능한한 자연지형에 순응되도록 하되 토공량이 적고 절토량과 성토량이 짧은 구간내에서 균형이 이루어지도록 한다.

⑥ 최소곡선반지름, 최소 및 최대 종단물매 등의 일정한 제한치를 정하고 그 범위내에서 작업하되, 가능한한 종단물매가 완만하고 배수가 완전히 되도록 한다.

⑦ 노선의 부지는 구입조건이나 가격의 차이가 있으므로 가능한한 부지확보에 지장이 없도록 적정하게 노선을 선정하고 산간부는 가급적 양지쪽을 선택한다.

⑧ 표고상 계속 상향물매로 설치하여야 할 종단선형 구간에 하향물매 구간을 설치하거나 반대로 하향물매로 설치하여야 할 구간에 상향물매 구간을 가급적 설치하지 않는다.

⑨ 계곡을 건너야 할 경우에는 최대 홍수시에 범람이 되어도 하류쪽 노면이 유실되지 않도록 도하구간을 凹형의 종단물매를 설치하여 그 구간내에서 유수단면적이 확보 되도록 한다.

다. 세부작업방법 및 조정

세부작업방법 및 조정은 다음의 영선측량방법을 참고하여 실행한다.

노선설치는 경사측정기와 컴퍼스에 의하여 측정한다. 측량자는 지형 조건, 조정하여야할 지점, 각 구간의 종단물매에 대한 자료를 파악하고 있어야 한다. 작업방법은 다음과 같이 4단계 작업으로 구분하여 소요 시간과 노력을 최대한 절약하며 가장 적정한 노선이 될 수 있도록 한다. 여기서 제 1단계와 제 2단계 작업을 예측단계, 제 3단계와 제 4단계 작업을 실측단계라고도 할 수 있다.

(1) 제 1단계 작업

① 보조자는 표지테이프를 갖고 시점에 똑바로 서고, 측량자는 경사측정기를 이용하여 계획한 종단물매로 보조자의 눈 높이를 시준(측량자의 눈높이와 같게 하기 위하여 보조자가 키가 크면 코높이로, 보조자의 키가 작으면 이마높이로 시준)하며 가능한한 영선의 시준거리가 긴 곳으로 가서 측점 1을 부설하여 표시한다.

② 보조자는 측점 1에 이동하여 측점 주위의 임목에 표지테이프를 돌려매어 표지한 후 측점위에 똑바로 서고, 측량자는 다음 측점으로 이동하여 ①과 같은 방법으로

계획한 종단물매에 맞는 영선을 설정하고 측점 2를 부설하여 표시한다.

③ 측점간의 거리는 줄자나 토우로프로서 개략적으로 측정한다.

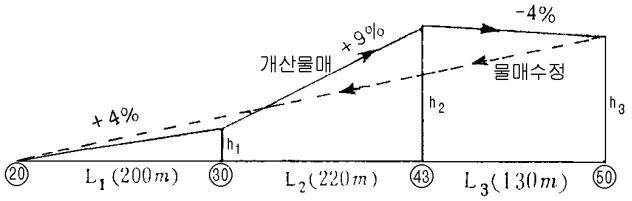
④ 이와 같이 하여 이론적인 계획선이 현지조건에 잘 부합되고 노선선형이 적정하게 되면 제 1단계 작업으로서 영선설정을 위한 예측작업이 완료된 것이므로 제 2단계 작업은 생략하고 바로 제 3단계 작업을 실행할 수 있으나, 그렇지 않을 경우에는 제 2단계 작업을 계속한다.

(2) 제 2단계 작업

① 제 1단계 작업에서 현지조건에 잘 부합되지 않거나 이론적인 계획선이 편차가 너무 클 경우에는 불부합구간의 끝지점에서 되돌아 오거나 또는 조정하여야 할 구간을 그림 8-3-14와 같이 제 1단계의 작업과 같은 방법으로 되풀이 한다.

② 이때 보조자는 제 1단계 작업의 계획선과 혼동을 피하기 위하여 다른 색의 표지테이프를 사용한다.

(수정하는 첫 측점과 끝 측점은 2색을 같이 묶어 수정되는 구간이 본 노선과 연속되게 한다.)



<그림 8-3-14> 1단계작업시 물매와 물매수정

③ 이와 같이 이론적인 계획선이 현지조건에 잘 부합되고 노선선형이 적정하게 되면 제 2단계 작업으로서의 예측작업이 완료된 것이므로 제 3단계 작업을 실행하고, 그렇지 않을 경우에는 다시 되풀이한다.

(예제) 그림 8-3-14와 같이 제 1단계 작업시에 개략거리와 종단물매가 측정되었으나 이론적인 계획선에 미흡하였다. 적정하게 조정하여라.

(풀이) No.20에서 No.50까지의 고저차 : $200\times0.04+220\times0.09-130\times0.04 = 22.6m$

평균종단물매 : $22.6 \div (200+220+130) = 4.1\%$

따라서 No.50에서 4~5%의 종단물매로서 되돌아오면 부득이한 경우를 제외하고는 조정된다.

(3) 제 3단계 작업

① 보조자 1은 표적판을 시점에 수직으로 세우고, 측량자는 측점에 지지봉을 수직으로 세우고 그 위에 경사측정기를 올려 적정한 종단물매로 전방의 표적판을 반복 시준하고 오차가 없으면 표 8-3-3의 야장에 기재한다.

② 이때 구간마다 물매가 변하면 노선선형이 순조롭지 못하므로 물매변환구간까지는 동일한 물매로 작업하고 물매의 변화구간에서 변화폭은 2~3%로 하는 것이 좋다.

③ 보조자 2는 각 측점에 말뚝을 박고 일련번호를 기재한 후 제 1단계와 제 2단계 작업시 사용한 표지테이프와 색깔이 다른 테이프로서 측점주위의 임목에 묶어 표지하여 측점말뚝의 위치를 쉽게 알수 있게 한다.

(4) 제 4단계 작업

① 측량자는 각 측점에 보조자 1이 세운 표적판의 중심선을 컴퍼스로 전시와 후시하여 방위각을 반복 측정하고 오차가 없으면 표 8-3-3의 야장에 기재한다.

<표 8-3-3> 영선측량 야장

임 도 노 선 선 정 야 장

위치 : _____ 임도번호 : _____ 측량자 : _____

측 점		물매	거리	방위각	지 반 기울기	암 석 구성비	표고	비고 및 견취도
부터	까지	(%)	(m)	(°)	(%)	(%)	(m)	

② 보조자 2와 3은 줄자나 측승으로 측점간의 구간거리를 m 단위로 소수점 1자리까지 반복 측정하여 측량자에게 읽어주면 측량자는 복창을 한 후 야장에 기재한다.

③ 측량자는 보조자 4가 각 측점의 횡단상에 세운 표적판을 시준하여 횡단기울기를 반복 측정하고 오차가 없으면 야장에 기재한다.

④ 측점, 거리, 종단물매, 지반기울기, 암석구성비율, 지형의 특수성, 암거 등 배수시설, 공사자재 분포유무 등의 주요사항을 야장에 기재하고 노선의 견취도를 그린다.

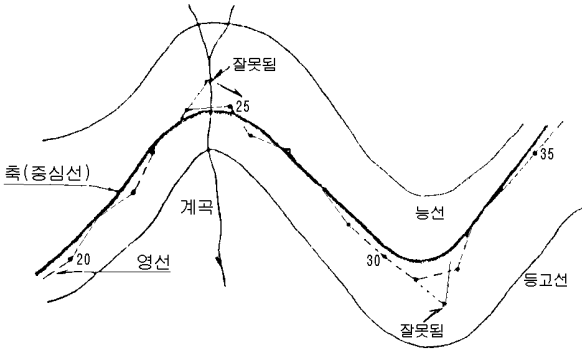
⑤ 측량자의 작업이 숙련되면 제 3단계와 제 4단계의 작업을 동시에 실행하여도 될 것이며 보조자도 연속된 작업과정은 동시 작업으로 실행할 수 있으므로 작업인원을 줄일 수 있을 것이다.

(5) 굴곡부 등의 측량

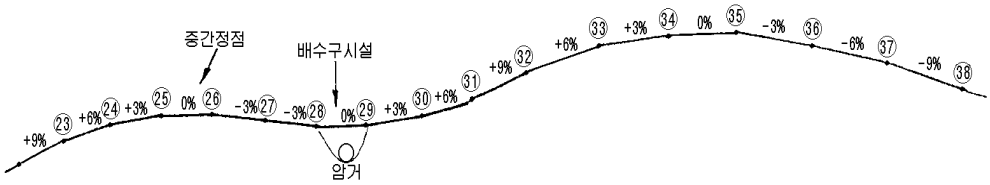
① 영선이 계곡부나 능선부를 횡단할 경우와 지형조건이 불규칙하거나 불량할 경우에는 중심선 측량법에 의하여 중심선을 표지한다. 이때 영선과 중심선 사이의 간

격이 너무 떨어져 있을 경우에는 중심선 물매까지의 위치와 계획된 종단물매의 차이를 구하여 너무 차이가 클 경우에는 그림 8-3-15와 같이 영선을 조정한다

② 일반적으로 능선부나 계곡부를 횡단할 경우에는 그림 8-3-16과 같이 종단물매를 낮추거나 높혔다가 정점(頂點)이나 곡점(曲點)을 지나면 반대로 높히거나 낮춘다. 이때 물매의 편차폭도 2~3%이다.



<그림 8-3-15> 굴곡부에서 영선과 중심선의 작업방법



<그림 8-3-16> 능선부와 계곡부에서 종단물매 설치방법

라. 임도망계획서 작성

임도망이 편성되면 임도망계획서를 작성하여야 한다.

이계획 안에는 임도계획시에 조사 분석한 내용과 임도망 편성시에 작성한 다음과 같은 사항을 포함하여야 한다.

또한 사항에 따라서 관계기관과 협의하여야 할 것이 있을 경우에는 사전에 협의하여 작성한다.

① 사회적 요인 ② 경제적 요인 ③ 기술적 요인 ④ 작업적 요인
⑤ 기본임도밀도 및 적정임도밀도의 산정 ⑥ 노선별 내역서
⑦ 임도망의 평가내역 ⑧ 임도망 계획도 ⑨ 기타 관계되는 자료

3.1.3. 임도망의 평가

3.1.3.1. 연산작업 기초

① 먼저 적당한 격자(mesh)크기(100*m*×100*m*, 50*m*×50*m* 등)의 수치지형도(digital terrain model)를 작성한다.

② 수치지형도의 인자는 표고, ha당 축적, 임상, 영급 등을 관련자료(산림조사부, 영림계획서 등)에 의하여 격자내에서 평균값을 산출하여 작성한다.

가. 생산예정재적의 산출

$$BV = \frac{V \cdot BR \cdot CR \cdot B}{10{,}000}$$

여기서, BV : 생산예정재적(㎥/ha) CR : 벌채율(0.P)
V : 축척(㎥/ha) B : 단위면적(㎡)
BR : 조재율(0.P)

(예제) 광능시험림 15임반 가소반의 임상은 침엽수, 영급은 V, 축척은 498㎥/ha이다. 생산예정재적을 산출하여라.(단, V영급의 벌채율은 100%, 침엽수의 조재율은 90%이다.)

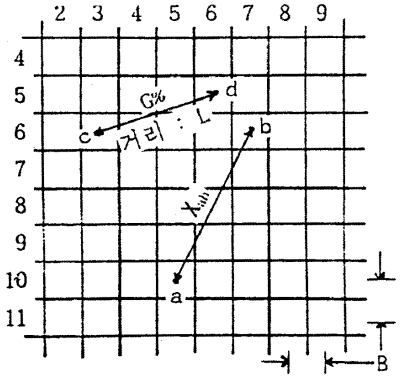
(풀이) 생산예정재적(BV) = 498㎥×0.9×1.0×10,000㎡/10,000
= 448.2㎥/ha

나. 집재거리의 산출

집재거리는 임목이 서 있는 지점에서부터 임도변 집재장까지의 최단 직선거리로 한다.

$$X_{ab} = B\sqrt{(I-M)^2 + (J-N)^2}$$

여기서, X_{ab}: a, b간의 집재거리(*m*)
I, J : 임목이 서 있는 지점의 위치(행과 열)
M, N : 임도변 집재장의 위치 (행과 열)
B : 격자의 간격(*m*)



<그림 8-3-17> 격자 설치 모형

(예제) 격자간격(B)이 100*m* 인 정방형의 격자지에서 10행 5열(그림 8-3-17의 점

a)에 있는 임목을 6행 7열(그림 8-3-17의 점 b)에 있는 임도변까지 집재하려고한다. 집재거리는 얼마인가?

(풀이) $X_{ab} = 100\sqrt{(10-6)^2+(5-7)^2} = 447.2m$

다. 종단물매의 산출

$$G = \frac{(E_{IJ} - E_{MN})}{L} \times 100$$

여기서, G : (I, J)~(M, N)구간의 물매(%)

E_{IJ} : (I, J) 지점의 표고(*m*)

E_{MN} : (M, N) 지점의 표고(*m*)

L : (I, J)~(M,N) 구간의 거리(*m*)

(예제) 그림 8-3-17의 점 c(6, 3)의 표고는 227*m*이고, 점 d(5, 6)의 표고는 200*m*이다. 두 점간의 종단물매는 얼마인가? (단, 격자간격은 100*m*이다.)

(풀이) ① 구간거리(L) = $100\sqrt{(6-5)^2+(3-6)^2} \fallingdotseq 316.2m$

② 종단물매(G) = (227−200)×100/316.2 ≒ 8.54%

라. 집재작업량의 산출

$$W = BV \cdot CX \cdot G \cdot \eta'$$

여기서, W : 작업량(㎥·*m*)

BV : 생산예정재적(㎥)

CX : 집재거리(*m*)

G : 지형조건에 따른 작업가산율 (= 1.0~1.2를 적용)

η′ : 집재우회율 (= 1.0~1.5를 적용)

(예제) 위의 예제를 이용하여 작업량을 산출하여라. (단, 지형조건에 따른 작업가산율은 1.1, 집재우회율은 1.2이다.)

(풀이) W = 448.2×447.2×1.1×1.2 = 264,574.3㎥·*m*

마. 집재비의 산출

$$SC = a \cdot \Sigma W + b \cdot \Sigma V$$

여기서, SC : 집재비(원)

a : 집재거리에 비례하는 집재비(유동비)(원/*m*/㎥)

b : 집재거리에 비례하지 않는 집재비(고정비)(원/㎥)

W : 작업량(㎥ · *m*)

V : 생산예정재적(㎥)

(예제) 3.1.3.1.-라의 (예제)에서 집재비를 산출하여라.(단, 유동 집재비는 10원/*m*/㎥, 고정 집재비는 3,500원/㎥이다.)

(풀이) 집재비(SC) = 10×264,574.3+3,500×448.2 = 4,214,443원

바. 임도비의 산출

$$RC = C \cdot \Sigma R \cdot \eta$$

여기서, RC : 임도비(원) C : 임도단가(원/*m*),

R : 임도연장(*m*) η : 임도우회율(= 1.0~2.0을 적용)

(예제) 산림경영 시범단지내 임도계획거리는 408㎞이다. 임도단가는 52,400천원/㎞, 임도우회율은 1.25라면 총임도비는 얼마인가?

(풀이) 총임도비(RC) = 52,400천원/㎞×408㎞×1.25 = 26,724,000천원

사. 총비용의 산출

$$TC = \Sigma SC + \Sigma RC$$

여기서, TC : 총비용 ΣSC : 총집재비

ΣRC : 총임도비

아. 집재거리 가중평균의 산출

$$ASD = \frac{\sum (CX \cdot V)}{\sum V}$$

여기서, ASD : 집재거리 가중평균(*m*) CX : 각 선의 집재거리(*m*)

V : 생산예정재적(㎥)

자. 평균(산술)집재거리의 산출

$$ASD = \frac{\sum CX}{N}$$

여기서, ASD : 집재거리 산술평균(*m*) CX : 각 선의 집재거리(*m*)

N : 집재선의 수(개)

차. 평균집재거리 표준편차의 산출

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (CX - ASD)^2}{N-1}}$$

여기서, SD : 평균집재거리 표준편차 CX : 각 선의 집재거리(m)

ASD : 평균집재거리(m) N : 집재선의 수(개)

※ 평균집재거리의 표준편차가 적을수록 임도가 계획구역내에 균일하게 배치되어 임도망의 효율성이 좋아진다.

(예제) 임도망 편성 대상지의 행렬별 내역이 다음과 같이 작성되었다. 집재거리 가중평균과 표준편차를 구하여라.

행	열	집재예정재적(㎥)	집재거리(m)	CX · V	$(X - ASD)^2$
257	216	127	100	12,700	5,055.2
258	217	122	125	15,250	2,125.2
259	218	87	276	24,012	11,004.0
260	219	87	255	22,185	7,039.2
261	220	150	105	15,750	4,369.2
262	221	150	182	27,300	118.8
263	222	65	202	13,130	954.8
264	223	92	170	15,640	1.2
265	224	55	125	6,875	2,125.2
계		935	1,540	152.842	32,792.8
평 균		103.9	171.1		

(풀이) ① 집재거리의 가중평균(ASD) = (152,842/935)×(1/2) = 81.7m

② 평균집재거리의 표준편차(SD) = $\sqrt{32,792.8/(9-1)}$ = 64.0m

3.1.3.2. 개발지수

개발지수는 임도배치의 효율성을 나타내는 정도로서 질적 기준을 나타내며 다음 식으로 나타낸다.

I = ASD × FRD / 2,500

여기서, I : 개발지수

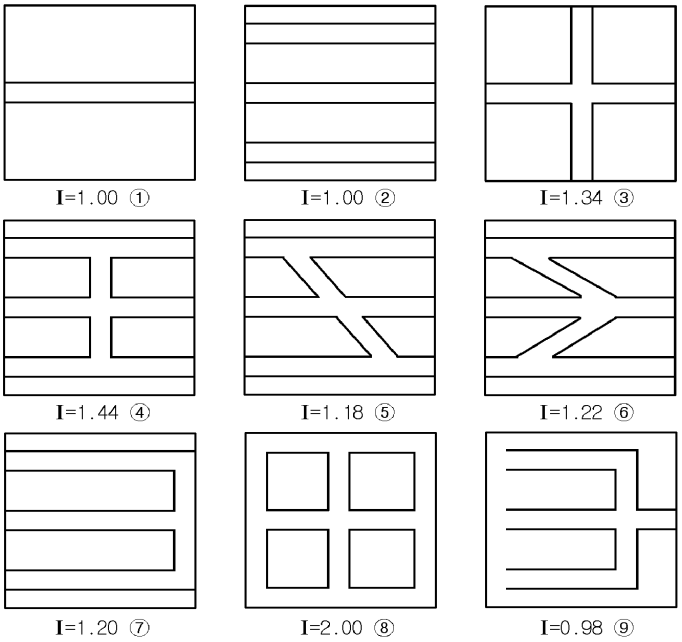
ASD : 평균집재거리(m)

FRD : 임도밀도(m/ha)

이론적으로 균일하게 임도가 배치되었을 때는 1.0이 되고 이보다 커거나 작을수록 더욱더 불균일한 상태가 된 것으로 본다.

개발지수는 임도망의 배치상태가 그림 8-3-18의 ①, ②와 같이 균일하면 개발지수는 1.0으로서 이용효율성이 높지만, 그림 8-3-18의 ④, ⑧과 같이 노선이 중첩되면 될 수록 이용효율성은 그만큼 저하된다.

따라서 임도간격과 밀도가 동일하다고 할지라도 노망의 배치상태에 따라서 그 이용효율성은 크게 달라진다.



<그림 8-3-18> 노망배치 형태별 개발지수

3.1.3.3. 경제성 분석

공공투자사업의 경제성 평가는 계획 또는 검토되고 있는 대안들의 비용과 편익을 분석하여 경제적 효율성과 공공투자의 당위성을 검토하는 것이다.

임도교통에 소요되는 비용은 임도비와 임도사용자비용으로 구별된다. 임도사용자비용은 임도관리청이 임도구조·규격을 향상시키기 위하여 임도비를 많이 투자하면 할수록 임도사용자가 차량을 운행하는데 지출되는 연료비, 오일비, 타이어비, 수선비 등의 임도사용비용이 그 만큼 절감될 것이다. 이때 그 절감액을 편익(benefit)이라 한다.

※ ㉠ 비용항목 : 임도비로서 조사·계획비, 설계비, 보상비, 유지관리비 및 임도운영 비로 구성되며, 이들 항목은 과거의 경험치나 개략설계 결과로부터 산출한다.

㉡ 편익항목 : 임도사용자비용은 이를 다시 차량운행비(vehicle operating costs)와 시간비(time cost) 및 작업방법개선비로 구분할 수 있다.

RTC = RC + RUC

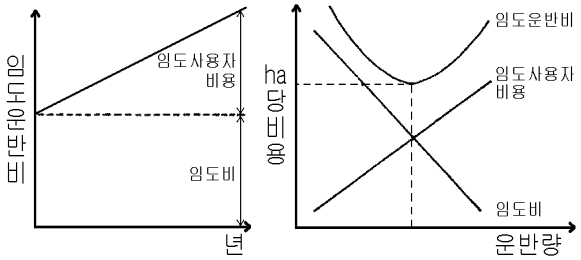
여기서, RTC : 임도운송비(road transportation costs)

RC : 임도비(road costs)

RUC : 임도사용자비용(road user costs)

경제성 분석의 궁극적인 목적은 임도운송비를 최소한으로 줄일 수 있는 대안을 설정하는 것이라고 할 수 있다.

차량 1대당의 임도비와 임도사용자비용을 그림 8-3-19에서 보면 임도비는 초기투자비 (건설비)가 대부분이며 시간의 경과에 따라 변동이 거의 없기 때문에 이를 고정비(fixed cost)로 볼 수 있으므로 운반량이 많을수록 ha당 임도비는 감소한다. 반면에 임도사용자비용은 시간이 경과함에 따라 점점 누증(累增)되는 변동비(variable cost)이기 때문에 ha당 운반량이 많아질수록 ha당 임도사용자비용이 증가하게 된다.



<그림 8-3-19> 임도운반비의 추정도

따라서 임도운반비는 ha당 임도비와 생산량에 따라서 변화되며 어느 적정한계를 넘거나 모자라면 불리해진다. ha당 운반량이 많은 임도일수록 임도비보다 임도사용자비용이 임도운반비 중에 차지하는 비중이 높으므로 ha당 운반량이 많은 임도일수록 설계수준을 더 높게 책정할 수 있는 이론적 근거를 제시하여 준다.

가. 기본 자금 공식

임도운반비 중에서 임도비는 사업시행 초기의 단기간 동안에 소요되는 것이지만, 유지관리비나 임도사용자비용은 개통후 장기간에 걸쳐 소요되므로 총소요비용을 기준연도의 금액으로 환산하거나 임도비를 내구연수 또는 건설기간 동안의 연간비용으로 환산할 필요가 있다.

이때 사용하는 환산법은 은행의 금전계산법과 같으며 일반적으로 다음과 같이 3가

지방법이 있다.

(1) 단순 지불(single payment)

원금 P를 은행에 저금하여 이자율이 i 일 때 원리금 $S = P \cdot (1+i)^n$ 원리금 S로서 원금 P를 구한다면 $P = S / (1+i)^n$

이때 $(1+i)^n$은 원금 P를 원리금 S로 환산하는 계수로서 원리금환산계수(CAF ; compound amount factor)라 하고, $1/(1+i)^n$은 원리금 S를 원금 P로 환산하는 계수로서 현재가격환산계수(PWF ; present worth factor)라 한다.

즉, $S = P \times CAF_{sp,n,i}$ $P = S \times PWF_{sp,n,i}$

여기서, sp : 단순지불, n : 기간, i : 이자율

(2) 정기 불입 또는 적금(sinking fund)

매 연말마다 정기적으로 일정금액 R을 적금형식으로 불입한다면

① 원리금의 합계 $S = R \times \{(1+i)^{n-1} / i\}$

※ { }내는 원리금환산계수(CAF)

② 적금불입액 $R = S \times \{i / (1+i)^{n-1}\}$

※ { }내는 적금액환산계수(SFF ; sinking fund factor)

따라서 $S = R \times CAF_{rp,n,i}$ $R = S \times SFF_{n,i}$

여기서, rp : 반복지불, n : 기간, i : 이자율

(3) 자본 회수(capital recovery) 또는 연금(annuity)

자본금 P를 불입한 후 매년마다 정기적으로 일정금액 R을 연금 형식으로 인출하여 n년 후에 잔고가 0이 되게 하는 경우

① 자본금 $P = R \times (1+i)^{n-1} / \{i \cdot (1+i)^n\}$

※ { }내는 현재가격환산계수(PWF)

② 연 금 $R = P \times i \cdot (1+i)^n / (1+i)^{n-1}$

※ { }내는 자본회수환산계수(CRF ; capital recovery factor)

따라서 $P = R \times PWF_{rd,n,1}$ $R = P \times CRF_{n,i}$

여기서, rd : 반복인출, n : 기간, i : 이자율

지금까지 3가지의 은행거래방식에 따른 6가지 환산계수를 기간 n과 이자율 i에 대한 값으로 나타낸 바 표 8-3-4와 같다.

<표 8-3-4> 복리환산계수표

이자율	기간	단순지불		정기불입		자본회수	
		CAF_{sp}	PWF_{sp}	CAF_{rp}	SFF	PWF_{rd}	CRF
i	n	$(1+i)^n$	$\frac{1}{(1+i)^n}$	$\frac{(1+i)^{n-1}}{i}$	$\frac{i}{(1+i)^{n-1}}$	$\frac{(1+i)^{n-1}}{i \cdot (1+i)^n}$	$\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^{n-1}}$
8	10	2.1589	0.4632	14.4866	0.0690	6.7101	0.1490
	20	4.6600	0.2145	45.7620	0.0219	9.8181	0.1019
	30	10.0627	0.0994	113.2832	0.0088	11.2578	0.0888
10	10	2.5937	0.3855	15.0374	0.0627	6.1446	0.1627
	20	6.7275	0.1486	57.2750	0.0175	8.5136	0.1175
	30	17.4494	0.0573	164.4940	0.0061	9.4265	0.1061
12	10	3.1058	0.3220	17.5487	0.0570	5.6502	0.1770
	20	9.6463	0.1037	72.0524	0.0139	7.4694	0.1339
	30	29.9599	0.0334	241.3327	0.0041	8.0552	0.1241
15	10	4.0456	0.2472	20.3037	0.0493	5.0188	0.1993
	20	16.3665	0.0611	102.4436	0.0098	6.2594	0.1598
	30	66.2118	0.0151	434.7452	0.0023	6.5660	0.1523
17	10	4.8068	0.2080	29.3931	0.0447	4.6586	0.2147
	20	23.1056	0.0433	130.0329	0.0077	5.6278	0.1777
	30	111.0647	0.0090	647.4391	0.0015	5.8994	0.1715
20	10	6.1917	0.1615	25.9587	0.0385	4.1925	0.2385
	20	38.3376	0.0261	186.6880	0.0054	4.8696	0.2054
	30	237.3703	0.0042	1,181.8816	0.0008	4.9789	0.2208

(예제1) 어느 비포장임도를 포장하면 연간 유지관리비가 3백만원 절감된다고 한다. 포장의 내구연수 10년, 이자율 10%일 때 포장사업이 경제적으로 타당성 있기 위한 공사비의 한도액은 얼마인가 ?

(풀이) $P = R \times PWF_{rd,10,10} = 3{,}000{,}000 \times 6.1446 = 18{,}433{,}800$원

(예제2) 어느 비포장임도의 포장비가 350백만원 소요된다고 한다. 내구연수 10년, 이자율 15%일 때 포장사업이 경제적으로 타당성 있기 위한 임도사용자비용의 연간 절감액은 얼마인가? 또 차량 1대당 임도사용자비용 절감액이 1,000원이라면 교통량은 최소 얼마 이상이어야 하는가?

(풀이) $R = P \times CRF_{10,15} = 350{,}000{,}000 \times 0.1993 = 69{,}755{,}000$원

교통량 $= 69{,}755{,}000 \div 1{,}000 \div 365 = 191$대/일

(예제3) 2㎞구간의 선형을 개량하면 임도사용자비용이 차량당 200원이 절감된다고 한다. 경제적으로 타당성 있는 공사비의 한도액은 얼마인가?(단, 교통량은 5,000대/일, 이자율은 15%, 내구연수는 무한대라고 가정한다.)

(풀이) 연간절감액 = 200×5,000×365 = 365,000,000원

$P = 365{,}000{,}000 \times PWF_{rd,\infty,15}$

$PWF_{pp,\infty,15} = (1+i)^{n-1} / \{i \cdot (1+i)^{n}\} = \{(1 / i)-1\} / \{i \cdot (1+i)^{\infty}\}$

$= 1 / I = 1 / 0.15 = 6.667$

P = 365,000,000×6.667 = 2,433백만원

(예제4) 10년거치 일시상환인 임도공채를 100억원어치 발행했다. 상환액을 매년 은행에 적립하여야 하는데 적립액은 얼마인가? (단, 공채이자율은 10%, 은행이자율은 8%이다.)

(풀이) 상환원리금 합계(S) = $P \times CAF_{sp,10,10}$ = 10,000백만원×2.5937

= 25,937백만원

매년 적립금액(R) = $S \times SFF_{10,8}$ = 25,937백만원×0.069

= 1,789,653천원

나. 경제성 분석 방법

경제성분석 방법으로 대표적인 것은 연간비용 방법(annual cost method), 현재가격 방법(present worth method), 편익비용비 방법(benefit-cost ratio method), 내부수익율 방법(internal rate of return method)의 4가지를 들 수 있다.

이때 대안비교법에 의한 경제성을 분석할 경우에는 임도투자를 전혀 하지 않고 현재의 상태를 그대로 유지하는 방안(do-nothing alternative)도 하나의 대안으로 선정하여 다른 대안과 경제적 타당성을 비교하여야 한다.

① 연간비용 방법

$AC = (RC + RUC) \times CRF_{n,i} + M\&O$

② 현재가격 방법

$PW = (RC + RUC) + M\&O \times PWF_{rd,n,i}$

③ 편익비용비 방법

$$B/C = \frac{RUC}{RC} = \frac{RUC \times CRF_{n,i}}{(RC \times CRF_{n,i} + M\&O)}$$

④ 내부수익율 방법

$RC \times CRF_{n,i} = RUC \times CRF_{n,i} + M\&O$

여기서, RC : 자본투자비(capital investment) 즉, 임도비(road cost)

RUC : 임도사용자비용

M&O : 유지관리비

※ ㉠ 연간비용 방법과 현재가격 방법은 경제성 분석기간 동안에 모든 비용을 각 대안별로 각각 연간비용(예:매년 100만원씩 20년간 투자할 경우, 매년 투자하는 금액을 기준으로 대안 비교하는 방법)과 현재비용(예:매년 100만원씩 20년간 투자할 경우, 매년 투자하는 금액을 현재의 화폐가치로 환산하여 합한 금액을 기준으로 대안 비교하는 방법)으로 환산하여 비교하는 방법이다. 이 방법에서는 연간비용 또는 현재가격이 가장 적은 대안이 경제적으로 가장 타당하다.

㉡ 편익비용 방법은 2개의 대안에 대한 임도사용자비용의 차(편익)에 대한 연간절감액을 초기투자액의 증가분에 대한 연간비용으로 환산한 임도비의 차(추가투자액)로 나누어 그 비율을 계산하는 방법이다. 이 때 편익비용비가 1보다 클 때는 초기투자비가 많은 대안이, 1보다 작을 때는 초기투자비가 적은 대안이 유리하다. 두가지 대안씩 차례 차례 비교하여 타당성이 낮은 것은 빼고 가장 타당성이 높은 대안을 찾아야 한다.

㉢ 내부수익율 방법은 2개 대안에 대한 임도사용자비용과 유지관리비의 연간절감액을 초기투자액의 증가분에 대한 연간비용으로 환산한 금액과 같아지는 때의 이자율(내부수익율)을 산정하는 것이다. 2가지 대안씩 차례로 비교하여 내부수익율이 기준수익율(현재의 은행금리)보다 높을 경우에는 초기투자비가 많은 쪽이 유리하고, 기준수익율보다 낮을 경우에는 초기투자비가 낮은 쪽이 유리하다.

(예제) 경북 봉화 춘양 우구치에 위치한 산림에 대하여 임도개설의 경제성을 분석하기 위하여 항목별 자료를 임도개설전, 임도개설후(대안노선 1과 2)로 구분 작성한 바 표 8-3-5와 같이 얻었다.

<표 8-3-5> 경제성 분석 기초자료 단위 : 천원

구 분	임도개설전	임도개설후		비 고
		대안노선 1	대안노선 2	
공 사 비(RC)	———	311,660	623,311	57,080천원/㎞
집 재 비(EC)	635,400	114,220	34,970	
운 재 비(TC)	———	2,940	2,750	
유지관리비(MC)	———	18,700	37,400	연간 공사비의 6%

임도개설전에는 임도시설분이 없으므로 집재비만을 계상하고, 임도개설후에는 공사비, 집재비, 운재비, 유지관리비를 계상한다.

여기서 임도개설전에는 임도시점 부근으로, 개설후에는 가장 가까운 임도변으로 집재되는 것을 기준으로 하고 유지관리비는 매년 시설비의 6%, 임도상각기간(n)은 20년, 이자율(i)은 12%라고 할 때 임도개설의 경제성을 분석하여라.

(풀이)

① 연간비용 방법에 의한 경제성분석

$AC=(RC+RUC)\times CRF_{n,i}+M\&O$이고, $CRF_{20,12}$는 0.1339(표 12 참조)이므로

- 개설전 : 635,400×0.1339=85,080천원/년
- 대안 1 : (311,660+114,220+2,940)×0.1339+18,700=76,119천원/년
- 대안 2 : (623,311+ 34,970+2,750)×0.1339+37,400=125,912천원/년

② 현재가격 방법에 의한 경제성분석

$PW=(RC+RUC)+M\&O\times PWF_{pp,n,i}$이고, $PWF_{pp,20,12}$는 7.4694(표 12 참조)이므로

- 개설전 : 635,400천원
- 대안 1 : 311,660+114,220+2,940+18,700×7.4694=568,498천원
- 대안 2 : 623,311+ 34,970+2,750+37,400×7.4694=940,386천원

③ 편익비용비 방법에 의한 경제성분석

$B/C = \dfrac{RUC}{RC} = \dfrac{RUC\times CRF_{n,i}}{(RC\times CRF_{n,i}+M\&O)}$ 이고, $CRF_{20,12}$는 0.1339(표 12 참조)

이므로,

- 개설전과 대안1 : $\dfrac{\{635,400-(114,220+2,940)\}\times 0.1339}{311,660\times 0.1339+18,700} = 1.148$
- 개설전과 대안2 : $\dfrac{\{635,400-(34,970+2,750)\}\times 0.1339}{623,311\times 0.1339+37,400} = 0.662$

이상의 결과를 종합하면 대안노선1의 연간비용과 현재가격은 개설전에 비하여 11%정도 절감되고 편익비용비도 1.148로서 임도개설이 타당하지만, 대안노선2의 연간비용과 현재가격은 개설전에 비하여 오히려 약 48%정도 증가되고 편익비용비도 0.662로서 임도개설이 타당하지 않은 것으로 판단할 수 있다.

3.2. 설계

3.2.1. 설계서 작성

광의의 설계서는 종합보고서, 설계서, 예산내역서, 단가산출서, 수량산출서 및 설계도면을 포함한다.

3.2.1.1. 종합보고서

① 과업에 대한 개요 : 과업의 목적, 과업의 범위와 내용, 기타 지시사항 등
② 기본계획에 대한 개요
③ 환경에 미치는 영향과 대책 : 자연환경, 생활환경, 사회경제적 환경
④ 기본조사와 측량내역 : 지역현황, 측량, 수문, 토질, 재료원, 구조물, 용지 및 지장물
⑤ 실시설계 : 설계기준, 설계선형, 토공, 배수공, 포장, 부대시설 등
⑥ 공사개요 : 주요자재, 주요공사수량, 공사비 산출
⑦ 부록 : 측량기준점 조서, 수리계산서, 토질보고서 등 부착자료

3.2.1.2. 설계서

① 설계설명서 : 공사목적, 공사내용(공사명, 위치, 연장), 공사개요, 소요자재, 골재원, 사용중기, 공사기간, 설계변경조건, 보안대책, 설계적용기준 등
② 특별시방서
③ 일반시방서
④ 예정공정표
⑤ 동원인원계획표

3.2.2. 설계도면 작성

3.2.2.1. 평면도

가. 축척과 위치

① 축척 : 1/1,000 또는 1/1,200
② 작성위치 : 종단면도의 상단여백에 도시한다.

나. 트래버스의 중심선 제도법

(1) 합위거 및 합경거에 의한 제도법

트래버어스측량에서 임의의 한 측점을 원점(0, 0)으로 하고, 이 점을 지나는 자오선(NS선)과 동서선(EW선)을 직각좌표축(直角座標軸)으로 하여 이 좌표축에 대한 다른 측점의 좌표를 그 측점의 위거 및 경거로 표시한 것을 합위거(合緯距 : total latitude) 및 합경거(合經距 : total departure)라 한다.

합위거 및 합경거에 의한 트래버어스의 제도법은 다음과 같은 장점이 있다.

① 제도하기 전에 측량의 오차를 찾아서 이를 배분할 수 있다.

② 각 점의 위치가 합위거 및 합경거에 의하여 결정되어 있으므로 도면의 크기와 배치를 쉽게 할 수 있다.

③ 제도상의 오차가 누적하지 않고 정확하게 측점위치가 정해진다.

합위거 및 합경거에 의한 트래버어스제도의 방법은 다음과 같다.

㉠ 다음식에 의해 각 측점의 합위거 및 합경거를 구한다.

※ 각 측점의 합위거(합경거) = 원점부터 그 측점까지의 위거(경거)의 합

㉡ 각 측점의 위거와 경거중에서 최대 (+), (−)값을 찾아서 이를 기준으로 적당한 지점에 원점의 위치를 정한다.

④ 원점을 교점으로 하는 직각좌표축을 그린 후, 각 측점의 합위거 및 합경거를 도면에다 전개시킨다.

(예제) 트래버어스측량 결과를 표 8-3-6과 같이 얻었다. 이에 대한 폐합오차를 조정하고 그 결과를 이용하여 측점 A를 원점으로 하여 각 측점의 합위거와 합경거에 의해 제도하여라.

<표 8-3-6> 트레버어스 측량결과 및 조정

측 선	거리 (m)	위 거		조정량 (m)	경 거		조정량 (m)	조정위거		조정경거	
		(+)	(−)		(+)	(−)		(+)	(−)	(+)	(−)
A B	10.6	6.54		+0.03	8.38		−0.05	6.57		8.33	
B C	4.10		3.56	−0.02	2.03		−0.01		3.54	2.02	
C D	7.69		6.54	−0.03		4.05	+0.02		6.51		4.07
D A	7.13	3.46		+0.02		6.24	+0.04	3.48			6.28
	29.55	10.00	10.10	+0.10	10.41	10.29	−0.12	10.05	10.05	10.35	10.35
			10.00		10.29						
			−0.10		+0.12						

(풀이)

폐합오차 $= \sqrt{0.10^2 + 0.12^2} = 0.16$ 폐합비 $= 0.16/29.55 = 1/185$

위거 절대값의 총계 $= 6.54 + 3.56 + 6.54 + 3.46 = 20.10$

경거 절대값의 총계 $= 8.38 + 2.03 + 4.05 + 6.24 = 20.70$

	위거의 조정량	경거의 조정량
AB	$0.1 \times 6.54/20.10 = 0.03$	$0.12 \times 8.38/20.70 = 0.05$
BC	$0.1 \times 3.56/20.10 = 0.02$	$0.12 \times 2.03/20.70 = 0.01$
CD	$0.1 \times 6.54/20.10 = 0.03$	$0.12 \times 4.05/20.70 = 0.02$
DA	$0.1 \times 3.46/20.10 = 0.02$	$0.12 \times 6.24/20.70 = 0.04$
	위거 조정량의 합계 0.10	경거 조정량의 합계 0.12

※ 트렌싯법칙에 의한 트래버어스 폐합오차의 조정

트렌싯법칙(transit rule)은 각도는 트렌싯, 거리는 테이프를 써서 측정하는 경우로서 거리측정의 정도(精度)가 각 측정의 정도에 비하여 불완전할 때에 사용되는 방법으로서 폐합오차를 위거와 경거의 길이에 비례해서 배분하는 것이다.

· 임의 측선의 위거에 대한 조정량 $= \varepsilon_\ell \times \dfrac{\text{해당측선의 위거(측선의 길이)}}{\text{위거의 절대값의 총계(측선길이의 총계)}}$

· 임의 측선의 경거에 대한 조정량 $= \varepsilon_d \times \dfrac{\text{해당측선의 경거(측선의 길이)}}{\text{경거의 절대값의 총계(측선길이의 총계)}}$

※ (　)는 컴퍼스법칙을 사용할 경우

<표 8-3-7> 트래버어스 폐합오차 조정결과

측선	조정위거		조정경거		합위거	합경거
	(+)	(−)	(+)	(−)		
A B	6.57		8.33		+6.57	+8.33
B C		3.54	2.02		+3.03	+10.35
C D		6.51		4.07	−3.48	+6.28
D A	3.48			6.28	0.00	0.00

(2) 분도기에 의한 제도법

트래버어스의 제도법중 가장 간단한 방법이지만, 아무리 주의하여도 최후에 폐합

오차가 생기므로 정밀을 요하지 않을 경우나 좌표계산을 할 시간이 없을 경우를 제외하고는 사용하지 않는 것이 좋다.

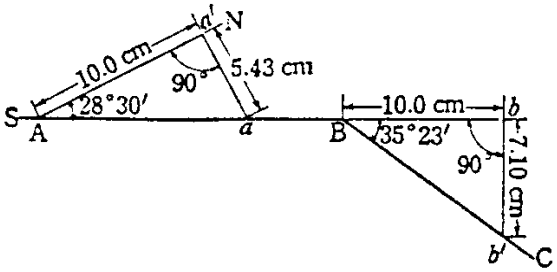
① 원점 A에서 분도기로 방향을 결정하여 임의의 선 AB′를 긋고, 적정한 축척으로 거리를 재어 점 B를 도시한다.

② 점 B에서 다시 분도기로 방향을 결정하여 임의의 선 BC′를 긋고, 적정한 축척으로 거리를 재어 점 C를 도시하는 방법으로, 점 D, E, … 를 결정하여 제도해 나간다.

(3) 탄젠트의 값에 의한 제도법

분도기를 사용하지 않고 탄젠트의 값에 의해 제도할 수 있다. 예를 들어 AB선과 자오선(NS선)의 편각이 28°30′이고, BC선과 AB선의 편각이 35°23′이라면 제도방법은 다음과 같다.

① 그림 8-3-20과 같이 기준선 NS선상의 임의의 점 A에서 Aa′=10㎝가 되도록 점 a′를 정하고 수직선 aa′를 긋는다.



<그림 8-3-20> 탄젠트값에 의한 트래버어스제도(예)

② AB선과 NS선의 편각의 탄젠트 값을 구하고, 이를 이용하여 점 a를 결정한다. 즉, tan28°30′=0.543=5.43/10 이므로 aa′의 길이는 5.43㎝이다.

③ 점 A와 a를 연결하면 NS선에 대하여 28°30′인 직선을 구할 수 있으므로 Aa 선상이나 연장선상에 적당한 축척의 AB의 길이를 취하여 점 B를 정한다.

④ 다음 AB선을 연장하여 Bb=10㎝가 되도록 점 b를 정하고 수직선 bb′를 긋고, BC선과 NS선의 편각의 탄젠트 값(tan35°23′=0.710)의 길이를 취하여 점 B와 b′를 연결하면 AB에 대하여 35°23′인 직선이 되므로 Bb′선상이나 연장선상에 적당한 축척의 BC의 길이를 취하면 점 C가 정해진다.

⑤ 이와 같은 방법을 반복한다.

※ 방위각에서 편각을 구하고자 할 때는 다음 식을 이용한다.

㉠ 편각 = 측선의 방위각 − 전 측선의 방위각

이때 절대값이 180°이상이면 다음 식에 의하여 조정하여야 한다.

㉡ 시계방향(+)일 경우의 조정편각 = 360° − 편각

㉢ 시계반대방향(－)일 경우의 조정편각 = 360° + 편각

(예제) 측선 AB의 방위각이 26°16′30″이고, 측선 BC의 방위각이 236°27′00″일 때, AB선과 BC선의 편각과 조정편각을 구하여라.

(풀이) 편각 = 26°16′30″－236°27′00″ = －210°10′30″

180° < 210°10′30″이고 부호는 (－)이므로

조정편각 = 360°－210°10′30″ = 149°49′30″

(4) 싸인 및 코싸인의 값에 의한 제도법

싸인 또는 코싸인의 값에 의해 트래버어스를 제도할 수 있다. 예를 들어 기준선 PQ에서 35°20′의 각을 이루는 직선 AB를 그을 때 제도방법은 다음과 같다.

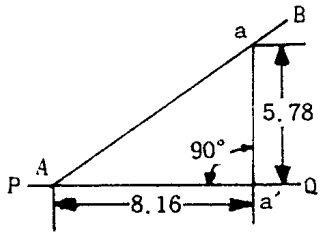
① 그림 8-3-21과 같이 임의의 선 PQ상에 점 A를 설정한 후, PQ와 AB선이 이루는 각(35°20′)의 싸인 및 코싸인 값을 구한다. sin 35°20′=0.578, cos 35°20′=0.816

② 점 A에서 코싸인 값의 10배, 즉 8.16 ㎝ 와 같게 점 a′를 PQ선상에서 취한다.

③ 점 a′에서 PQ선에 수직선을 그어 그 길이를 싸인값의 10배, 즉 5.78㎝와 같게 점 a를 정한다.

④ 점 A와 a를 연결하면 ∠ aAa′ = 35°20′으로 되므로 그 연장선상에서 적당한 축척의 AB의 길이를 취하여 점 B를 정한다.

⑤ 이와 같은 방법을 반복한다.



<그림 8-3-21> sin, cos값에 의한 트래버어스제도법(예)

다. 측점과 곡선

① 트레버어스제도법으로 중심선의 골격이 제도되고 나면 표 8-3-8과 같이 각 교점(IP)마다 곡선제원을 계산하고 시점(BP)에서부터 측점말뚝은 일련번호(예 No.11)로 하고 보조말뚝은 그 측점에서 떨어진거리(예 No.11+13)로 표기하는 보조측점을 부여한다.

<표 8-3-8> 교점 제원과 선형계산 (예)

○ 교점번호 : BP				
좌 표	X	470740.500	방위각	188° 39 ′ 19.41″
	Y	142679.000		

○ 교점번호 : IP1 (좌향)						
곡선종류		원곡선	IP좌표		X	470697.8000
					Y	142672.5000
방위각	1	188° 39 ′ 19.41″	원중심 좌표		X	470720.5531
	2	111° 55 ′ 46.52″			Y	142712.3783
IA	76° 43 ′ 32.90″		R	36.0000	거리	43.1919
TL	28.4953		SL	9.9128	CL	48.2083

○ 측점별 위치 및 제원표					
구분	누가거리	측점 (No)	X좌표	Y좌표	방위각
BP	0.0000	0+00.0000	470740.50	142679.00	
BC	14.6966	0+14.6966	470725.97	142676.79	188° 39 ′ 19.41″
	20.0000	1+00.0000	470720.69	142676.38	180° 12 ′ 53.06″
	40.0000	2+00.0000	470701.68	142681.72	148° 23 ′ 1.50″
	60.0000	3+00.0000	470688.35	142696.29	116° 33 ′ 9.94″
EC	62.9049	3+02.9049	470687.16	142698.93	111° 55 ′ 46.52″

② 교점에서 절선장(TL)을 끊어 시곡점{(BC), IP간의 거리(43.1919*m*) - TL (28.4953*m*) = BC(14.6966*m*)} 종곡점{(EC), BC(14.6966*m*) + CL(48.2083*m*) = EC (62.9049*m*)}의 측점을 부여하고 교점 내각의 2등분선 방향으로 외할장(E, SL)만큼 중곡점(MC)을 부여한다.

③ 시곡점과 종곡점에서 각 절선에 대한 수직선을 내려 만나는 점이 곡선의 중심(0)이 되며 그 길이를 곡선 반지름으로 하여 단곡선을 그리면 중심선의 곡선부가 된다.

④ 이를 계속하여 다음교점까지 가서 ②와 ③의 작업을 반복하면 직선과 곡선이 어울려 조화를 이루는 하나의 평면 선형이 완성된다.

라. 노폭, 용지폭, 현황 등

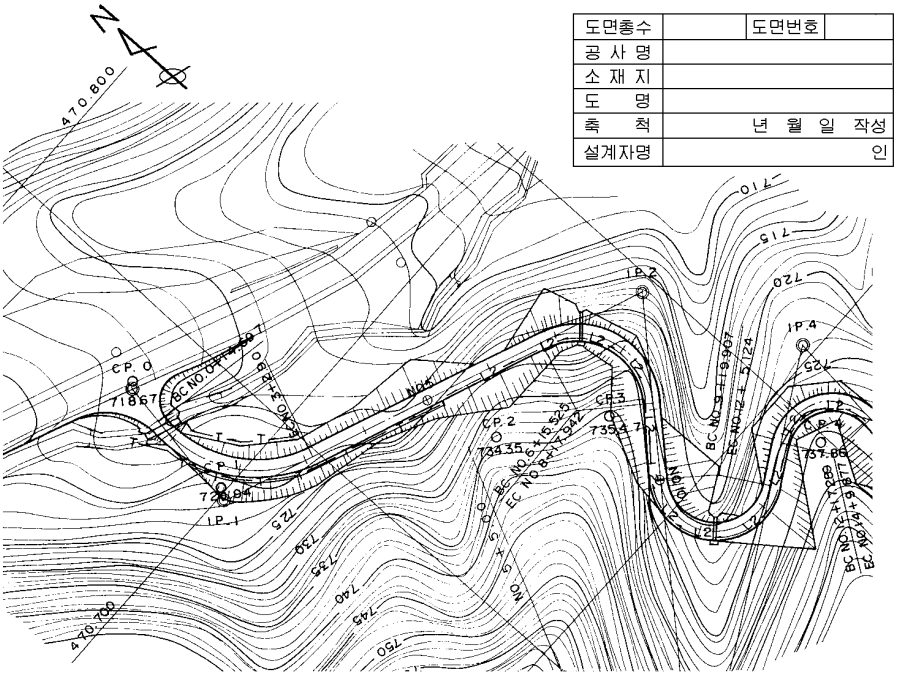
① 평면선형이 완성되면 각 측점마다 노폭, 측구폭, 절토사면폭, 성토사면폭, 사면구조물폭 등의 시공폭 및 용지폭을 횡단면도를 참고하여 도시하고 연결하되 노폭을 진하게 하고 그 외의 선은 조금 가늘게 도시한다.

② 종단면도에서 계산된 지반고를 각 측점마다 부여한 후 평판과 트랜싯의 스타디

어 측량에 의하여 현황측량을 실시하여 지형의 상태와 교량, 배수구, 옹벽, 석축, 경작지의 경계선, 가옥, 기설도로 등의 지물에 대한 위치와 크기, 등고선을 측정 도시한다.

③ 노선이 연속되어 도면이 나누어 질 경우에는 절취선이 겹쳐지게 하여 선형의 방향이 흩트러지지 않도록 하고, 시설 계획된 구조물을 시설위치마다 명칭, 치수 및 수량을 기재한다.

④ 각 교점에 대한 곡선제원표를 도면의 상단 또는 하단의 빈 공간에 기록한다.



<그림 8-3-22> 평면도 작성(예)

3.2.2.2. 종단면도

가. 축척

수평 1/1,000 또는 1/1,200(평면도의 축적과 동일), 수직 1/200

나. 제도방법

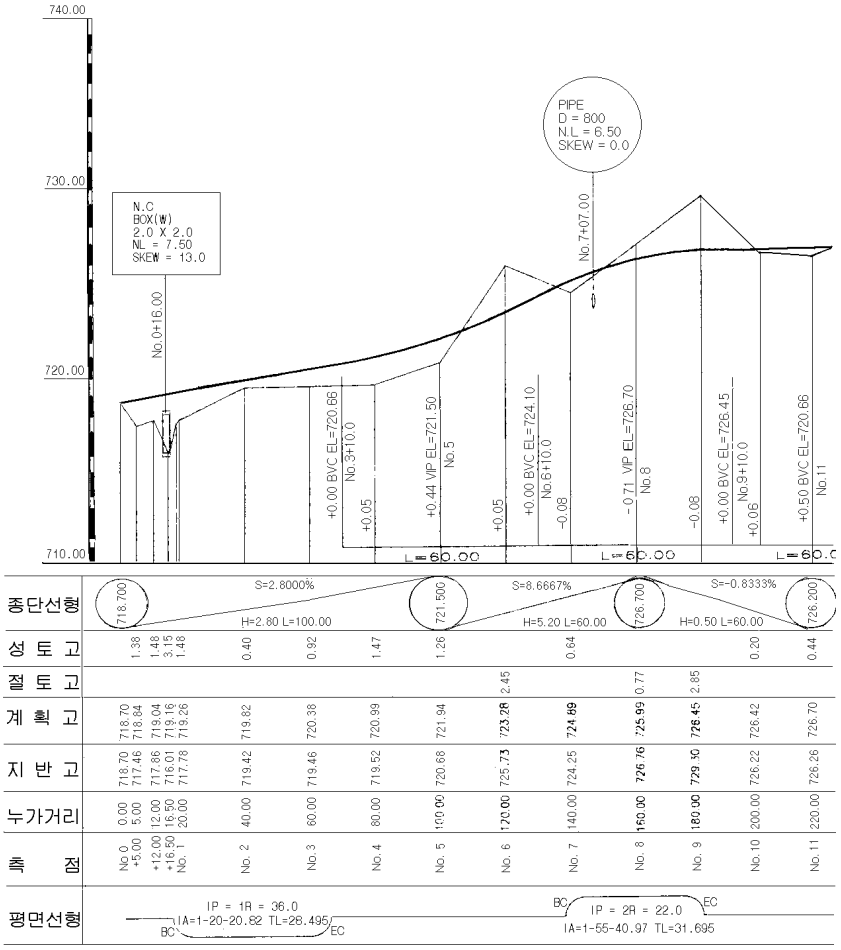
① 1㎜ 눈금의 방안지에 아래서부터 평면선형, 측점, 거리, 누가거리, 지반고, 계획고, 절토고, 성토고, 종단선형의 란으로 구분하고, 횡(수평)축을 거리(*m*)로 표시하고 종(수직)축은 높이(표고 : *m*)로 표시한다.

② 평면선형란에는 평면도에서 작성된 곡선방향을 진행방향으로 오른쪽으로 회전하면 위쪽이 볼록(凸)하게 왼쪽으로 회전하면 아래쪽이 볼록하게 도시하고, 앞과 뒤의 곡부는 BC, EC의 측점에 맞게 도시하여 교점번호(IP)를 기재하며 그외 곡선제원을 곡선형의 여백에 기재한다.

③ 측점은 평면도에서 작성된 측점번호와 같아야 하며, 거리는 측점간의 거리이고, 누가거리는 시점에서부터 누진되는 거리를 기록한다.

④ 지반고는 종단측량에서 측정계산된 현지의 지반고를 기재하고, 각 측점별로 종축의 높이에 맞게 막대그래프를 그려 중심선의 지반 선형을 나타낼수 있도록 연결한다.

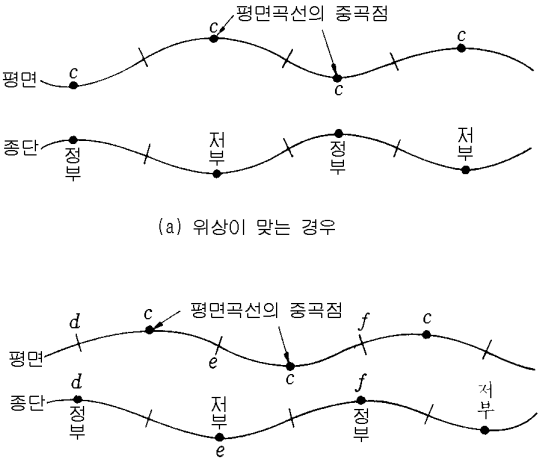
⑤ 계획고는 측점별 임도노면의 시공 높이가되며 이를 연결한 선형이 종단계획선이다.



<그림 8-3-23> 종단면도작성(예)

계획선은 임도의 구조와 공사비에 직접적인 영향을 미치게 되므로 성토량과 절토량의 균형이 맞고 계획구배의 선형이 임도내부에서 유로(流路)방향이 된다는 것을 명심하여 알맞게 설정하여야 한다.

※ 영선측량법에서는 측량자가 종단물매, 지형조건, 공사의 난이성, 경제성 등을 참고하여 종단계획선 위주로 측량하기 때문에 설계시에 문제를 발생시키는 일이 거의 없다. 그러나 중심선 측량법에서는 평면측량→평면도, 종단측량→종단면도, 횡단측량→횡단면도의 과정을 모두 마친 후 입체적으로 검토하여야 하므로 현지 지형조건과 각 선형조건에 부합되게 설정하기가 어렵다. 평면선형과 종단선형으로 예를들면 그림 8-3-24의 (a)와 같은 선형은 양호하나 (b)와 같은 선형은 불량한 선형계획이 될 것이다. 따라서 종단계획선의 설정시에는 물매, 지형조건, 공사의난이성, 경제성에 알맞도록 신중을 기하여야 한다.



<그림 8-3-24> 평면선형과 종단선형의 결정

⑥ 성토고와 절토고란은 지반고—계획고>0은 절토고에 그 차를 기재하고, 지반고—계획고<0이면 성토고에 그 차를 기재한다.

⑦ 종단선형란은 계획선이 같은 물매로 되는 No. a와 No. b 구간에 대한 물매(%)를 말하며, 측점표고가 a>b일 경우에는 하향선(\), a<b일 경우에는 상향선(／)으로 도시하고 방향선의 시점과 종점에는 각각 해당측점의 계획고(m)를 기재한다. 방향선의 상단에는 물매(%), 하단에는 구간거리와 표고차를 기재한다.

⑧ 계획선의 설치가 완료되면 물매의 대수차가 5%이상일 경우에는 종단곡선을 설치한다.

(예제) 그림 8-3-24에서 계획고, 절토고, 성토고, 종단선형의 란을 작성하는 방법을 기술하여라.

(풀이)

① 종단선형

㉠ 표고차(m) = a점의 표고 - b점의 표고에서 721.50 - 718.70 = 2.8

㉡ 구간거리(m) = b점까지의 누가거리 - a점까지의 누가거리에서 100 m
㉢ 물매(%) = 표고차(m)/구간거리(m) × 100에서 2.8/100 × 100 = 2.8 %
② 계획고
㉠ m당 계획고 = 물매(%)/100에서 0.028 m/m
㉡ +5.3 = BP의 표고 + 0.028 × 5.3에서 718.84 m
㉢ +12.0 = BP의 표고 + 0.028 × 12.0에서 719.04 m
③ 절토고 및 성토고
㉠ BP = 0
㉡ +5.3 = 718.46 - 718.84 = - 0.38 < 0 이므로 성토고
㉢ +12.0 = 717.56 - 719.04 = - 1.48 < 0 이므로 성토고

3.2.2.3. 횡단면도

가. 축척 1/100

나. 제도방법

① 1㎜ 눈금크기의 방안지에 임도시점부터 진행방향으로 좌측 아래부터 적정한 간격을 유지하며 각 측점별로 횡단측량한 결과를 중심점을 기준으로 좌우의 지반선을 도시한다.

② 각 측점마다 종단면도에서 결정된 계획고에 따른 성토고, 절토고만큼 성토할 경우에는 중심점의 상단에 절토를 할 경우에는 중심점의 하단에 노면, 측구의 시공기면을 계획된 구조와 치수에 따라 도시하고

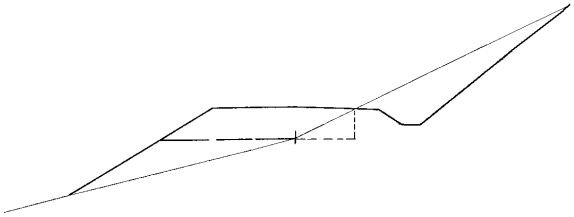
③ 길끝(路端) 양편에서 토질과 공종에 따라 절취, 성토, 석축, 옹벽, 등의 사면 기울기에 따라 지반선과 만날때까지 선을 긋고 구조형태에 따라 축조모형을 도시한다.

만약 동일측점에서 보통토사, 견질토사, 보통암, 풍화암, 경암 등 토질이 다를 경우에는 토질구분선을 도시한다.

④ 도면작성이 완성되면 토질별 절취, 성토단면적은 삼각형법 또는 구적기를 이용하여 단면적을 산출하고 석축, 옹벽, 떼 등은 공종별 길이를 축척에 맞는 자로서 측정한다.

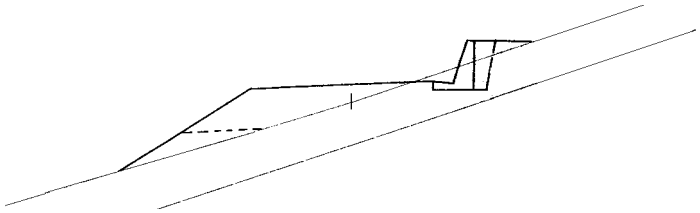
⑤ 각 측점별로 횡단면도의 하단부에 측점(No), 지반고{ground height(GH)}, 계획고{formation height(FH)}, 절취고{cutting height(CH)}, 성토고{banking height(BH)}

를 기재하고, 절토단면적, 절토사면장은 토성별로 기재하며 성토단면적, 성토사면장, 옹벽, 석축, 줄떼, 평떼, 종자뿌리기 등은 공종별로 수량을 기재한다.



STA NO. 3 +

지반고		719.46	측구 터파기	토사	0.5	노상 준비	기존 도로	
계획고		720.38		리핑암			절토면	
성토고		0.92		발파암		되메우기		
절토고			측구흙쌓기			줄떼		4.9
흙깍기	토사	4.2	답표 토제거	절토부		평떼		5.1
	리핑암			노상		벌개제근		16.6
	리퍼 병행암			노체				
	편절형암		답표 외토제거	절토부				
흙쌓기	노상	3.9		노상		층따기	노상	0.9
	노체	3.1		노체			노체	



STA NO. 11 +

지반고		726.26	측구 터파기	토사	1.6	노상 준비	기존 도로	
계획고		726.70		리핑암			절토면	0.5
성토고				발파암		되메우기		
절토고		3.54	측구흙쌓기			줄떼		3.8
흙깍기	토사	0.9	답표 토제거	절토부		평떼		
	리핑암			노상		벌개제근		12.1
	리퍼 병행암			노체				
	편절형암		답표 외토제거	절토부				
흙쌓기	노상	3.0		노상		층따기	노상	
	노체	0.9		노체			노체	

<그림 8-3-25> 횡단면도 작성(예)

다. 구조물도

① 임도의 시공기면은 노폭, 절취 및 성토상태에 따라 교량, 배수구, 석축, 옹벽 등의 보호시설이 필요할 경우가 있다. 이들 구조물은 정확하고 견고한 시공을 도모하기 위하여 공종별로 각각 그 내용을 명시한 정면도, 평면도, 측면도 등의 단면도를 임의의 축적으로 작성한다.

② 국부적으로 필요한 경우에는 그 부분을 확대한 상세도를 그리고 공종별로 재료별 수량과 규격을 도시한다.

③ 구조가 간단한 경우에는 규정도나 종·횡단면도에 명시한 것으로서 구조물도를 대체할 수 있으나 주요구조물에 대하여는 다음사항을 도시 또는 기재한다.

㉠ 설계조건

㉡ 소요재료표 및 수량조서

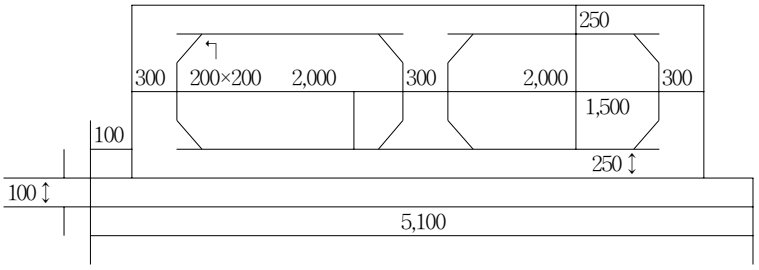
㉢ 중심선 및 측점과의 관계

㉣ 시공기면과의 관계

㉤ L.W.L 및 H.W.L의 관계 - 수위와 관계가 있을 경우

㉥ 각 부분의 형상, 방법, 물매 등

㉦ 기타 필요한 사항



<그림 8-3-26> 구조물도 작성(예)

라. 규정도

① 공사시공 기면에 대한 치수, 재료 및 형상 등을 명시한 것을 공사규정이라고 하고, 이를 그림 8-3-27과 같이 일정하고 공통적인 사항에 대하여 도면으로 그 기준을 표시한 것을 규정도라고 한다.

② 다음 사항에 관하여 일정한 규정을 정한 경우에는 규정도를 작성한다.

㉠ 절취, 성토, 측구 등 시공기면의 조성폭과 기울기

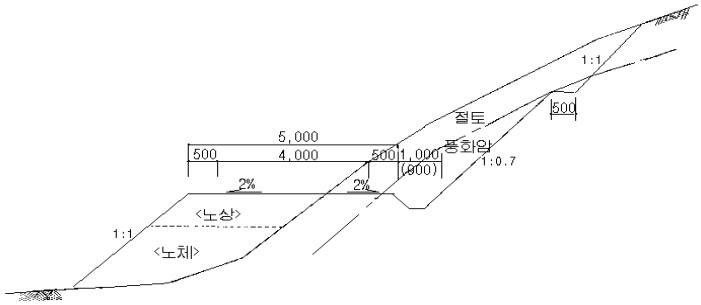
㉡ 암벽의 최소 덮은 두께 및 기초구조 등

㉢ 석축공의 기울기, 공장도, 뒷채움 두께, 콘크리트 두께 등

㉣ 콘크리트 옹벽공의 상부 두께

㉤ 돌망태의 사면기울기, 뒷채움 두께

㉥ 기타 필요한 사항

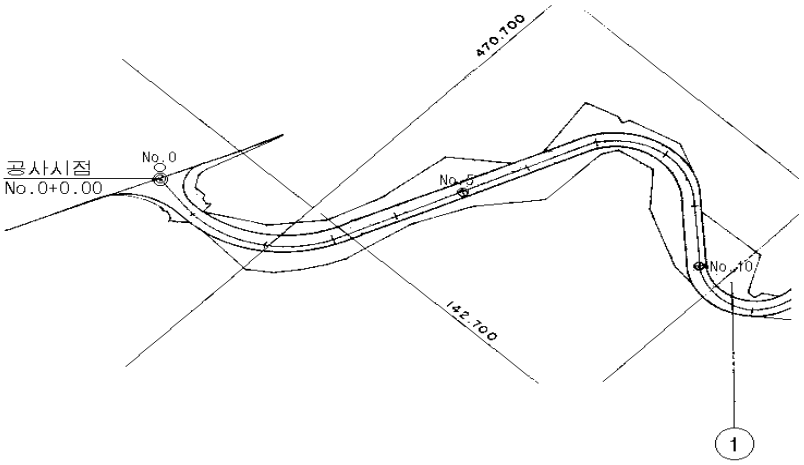


<그림 8-3-27> 규정도 작성(예)

마. 용지도

① 계획노선의 중심선, 시공부지의 경계선(일반적으로 절토사면 머리부터 성토사면 끝까지)을 지적도와 임야도를 기준으로 실시한 용지측량의 결과를 1/600 또는 법정도면의 축척으로 그림 8-3-28과 같이 용지도를 작성하고

② 임야대장, 토지대장을 기준으로 택지, 농경지, 임야 등을 행정규역별, 소유별, 지목별, 소유자별로 면적을 산출하고 표 8-3-9와 같은 용지조서를 작성한다.



<그림 8-3-28> 용지도 작성(예)

<표 8-3-9> 용지조서(예) 단위 : ㎡

일련번호	소 재 지				공 부 상		실 편 입		소 유 자		비고
	군	면	리	지 번	지목	지적	지목	지 적	주 소	성 명	
1	홍천	내	자운	산50-1	임	4064436	임	61299	국(산림청)		
2	〃	〃	〃	1177	임	1491	임	974	홍천, 내, 자운, 126	박종식	
3	〃	〃	〃	1198-1	도	592	도	172	국		
4	〃	〃	〃	1481	구	21462	구	110	국(건설부)		

바. 위치도

① 위치도에는 기설도로, 기설임도 등의 주요지물, 시설예정 임도의 위치, 이용구역, 토취장, 토사장, 골재 및 자재채취장, 자재운반관계를 명시하여 1/25,000 또는 1/50,000 지형도에 작성한다.

② 계획노선은 기점과 종점, 시설예정길이, 공구가 구분될 경우에는 공구계, 계속공사일 경우에는 시설(예정)년도를 기재한다.

3.2.3. 공종과 수량산출

3.2.3.1. 공종구분

공사원가계산의 기본이 되는 공종은 공사의 종류에 따라 다르지만 일반적으로 공사발주기관에서 따로 정하지 아니하면 건설표준품셈표에 의하여 구분한다.

3.2.3.2. 공사수량

가. 입적과 면적

① 공종별 공사수량은 구조가 간단한 것은 규정도나 종·횡단면도에 의하여 단면적(또는 높이)과 길이에 의하여 산출되지만 주요구조물은 구조물도의 재료표에 의하여 직접 그 수량을 적용한다.

② 종·횡단면도에 의하여 공사수량의 체적과 면적을 산출할 경우에는 일반적으로 평균단면적법과 평균거리법을 적용하고 있다.

전자는 당해측점의 공종수가 적을 경우에 편리하고 후자는 공종수가 많을 경우에 편리하나 그 값은 동일하게 산출된다.

③ 토취장 또는 토사장이 넓을 경우에는 점고법에 의하여 절취량 또는 성토가능량을 산출한다.

(1) 평균단면적법

① 표 8-3-10의 토적계산표(예)에 종단면도에서 측점과 거리를 이기하고, 횡단면도에서 공종별 단면적과 높이를 이기한다.

② 각 공종별로 앞측점의 단면적과 현측점의 단면적을 더하여 평균한 값을 현측점의 평균단면적란에 기재하고 두 단면간의 거리를 곱하여 입적란에 기재한다.

※ 예, (BP 절토단면적 0.92 + No.1 절토단면적 4.16) ÷ 2 = 2.54㎡ (No.1의 평균 절토단면적)

2.54 × No.1의 거리 20.0 = 50.80㎥ (No.1의 절토입적)

③ 거리 및 각공종별로 입적(면적)을 합계하면 해당노선의 공사수량이 된다.

<표 8-3-10> 토적계산표(평균단면적법)(예) 단위 : *m*, ㎡, ㎥

측점	거리	절토			성토			평떼			석축		
		단면적	평균면적	입적	단면적	평균면적	입적	사면길이	평균길이	면적	높이	평균높이	면적
BP		0.92											
No.1	20.00	4.16	2.54	50.80									
BC	10.00	3.64	3.90	39.00	5.14	2.57	25.70	4.00	2.00	20.00			
No.2	10.00	6.18	4.91	49.10	1.16	3.15	31.50	1.20	2.60	26.00			
EC	12.00	5.92	6.05	72.60	2.12	1.64	19.68	1.60	1.40	16.80			
No.3	8.00		2.96	23.68	7.64	4.88	39.04		0.80	6.40	2.00	1.00	8.00
No.4	20.00				3.60	5.62	112.40				1.40	1.70	34.00
+10	10.00	3.62	1.81	18.10		1.80	18.00					0.70	7.00
No.5	10.00	2.26	2.94	29.40									
계	100.00			282.68			246.32			69.20			49.00

(2) 평균거리법

① 표 8-3-11의 토적계산표(예)에 종단면도에서 측점과 거리를, 횡단면도에서 공종별 단면적과 길이를 이기한다.

② 현재 측점거리에 다음 측점거리를 더하여 평균한 값을 현 측점의 평균거리 란에 기재하고 공종별 단면적(길이)을 곱하여 해당 입적란에 기재한다.

※ 예, (BP 거리 0.00 + No.1 거리 20.00) ÷ 2 = 10.00*m* (BP의 평균거리)

10.00 × BP의 단면적 0.92 = 9.20㎥ (BP의 절토입적)

③ 거리 및 각 공종별로 입적(면적)을 합계하면 해당노선의 공사수량이 된다.

<표 8-3-11> 토적계산표(평균거리법)(예) 단위 : m, ㎡, ㎥

측 점	거 리	평 균 거 리	절 토		성 토		평 떼		석 축	
			단면적	입적	단면적	입적	사면길이	면적	높이	면적
BP	0.00	10.00	0.92	9.20						
No.1	20.00	15.00	4.16	62.40						
BC	10.00	10.00	3.64	36.40	5.14	51.40	4.00	40.00		
No.2	10.00	11.00	6.18	67.98	1.16	12.76	1.20	13.20		
EC	12.00	10.00	5.92	59.20	2.12	21.20	1.60	16.00		
No.3	8.00	14.00			7.64	106.96			2.00	28.00
No.4	20.00	15.00			3.60	54.00			1.40	21.00
+10	10.00	10.00	3.62	36.20						
No.5	10.00	5.00	2.26	11.30						
계	100.00			282.68		246.32		69.20		49.00

(3) 점고법

① 넓은 지역을 동일한 면적의 직(정)사각형 또는 직각삼각형(가급적 1변의 길이가 20m 이하)으로 구획하고 각 꼭지점의 높이(點高)를 측정한다.

② 각 구역을 사각(또는 직삼각)기둥으로 생각하여 각 구역의 면적과 평균높이를 구하는 방법으로 전체체적을 산출한다.

③ 그림 8-3-29와 같이 각 꼭지점의 높이를 사용하는 회수에 따라 한번사용(H_1), 2번사용(H_2), 3번사용(H_3), 4번사용(H_4)으로 구분하여 다음식에 의하여 산출한다.

㉠ 구역체적(V_0) $= \dfrac{A(h_1+h_2+h_3+h_4)}{4}$

㉡ 전체체적(V) $= \dfrac{A(\Sigma H_1+2\Sigma H_2+3\Sigma H_3+4\Sigma H_4)}{4}$

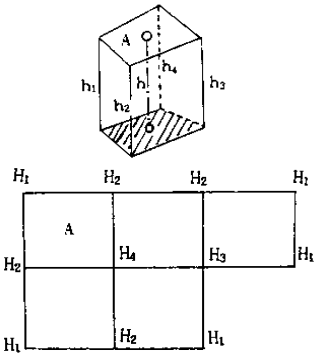
여기서, A : 한 구역의 수평 단면적(㎡)

ΣH_1 : 1회 사용된 지반고의 합

ΣH_2 : 2회 사용된 지반고의 합

ΣH_3 : 3회 사용된 지반고의 합

ΣH_4 : 4회 사용된 지반고의 합



<그림 8-3-29>
4각주의 점고형

(예제) 다목적시범단지내 어느 부지를 아래 그림의 각 꼭지점에 나타낸 높이만큼 토지를 깎아 정지하고자 한다. 땅깎기할 토량과 시공면고(施工面高)를 구하여라. (단, 구역면적은 30 ㎡ 이다.)

0.2*m*	0.3	0.5	0.4
	A=30㎡		
0.5	0.3	0.4	0.2
0.4	0.5	0.2	0.3
0.3	0.5	0.1	0.3
0.2	0.4	0.5	0.4

(풀이) ① 전체체적(V)

$= 30/4 \times \{(0.2+0.4+0.4+0.2)+2(0.5+0.4+0.3+0.3+0.5+0.4+0.5+0.2+0.3+0.3) + 3(0) + 4(0.3+0.5+0.5+0.4+0.2+0.1)\}$

$= 7.5 \times (1.2+2\times3.7+0+4\times2.0) = 124.5$ ㎥

② 시공면고(H) = 토적/총면적 $= \dfrac{124.5}{12\times30} = 0.346\ m$

※ 정지작업시 시공면고(施工面高)와 성토고(盛土高) 및 절토고(切土高)의 관계

① 시공면고보다 높은 곳은 그 차이만큼 흙깎기(切土)를 시행한다.

② 시공면고보다 낮은 곳은 그 차이만큼 흙쌓기(盛土)를 시행한다.

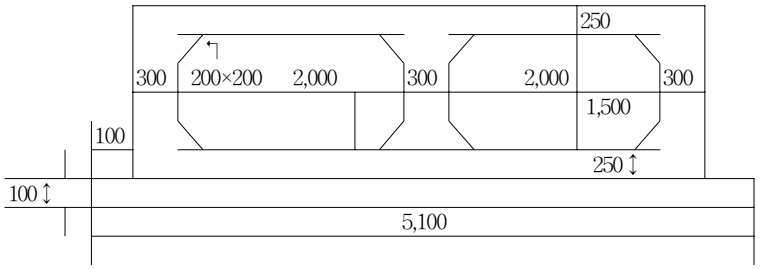
나. 구조물도에 의한 수량산출(예)

① 그림 8-3-30과 같이 Box 2련 2.0×1.5×6.03*m* 되는 구조물을 설치한다고 하자.

② 구체 콘크리트(25-240-8)는 전체단면적{(0.3 + 2.0 + 0.3 + 2.0 + 0.3) × (0.25 + 1.5 + 0.25) = 9.80㎡}에서 유수구단면적{(2.0 × 1.5 × 2개) - (0.2 × 0.2 ÷ 2 × 8개) = 5.84㎡}을 뺀 값(3.96㎡)에 길이(6.03*m*)를 곱하면 23.88㎥가 된다.

③ 기초 콘크리트(40-180-8)는 폭(5.1*m*) × 두께(0.10*m*) × 길이(6.03*m*)를 곱하면 3.08㎥가 된다.

④ 거푸집(합판 3회 사용)은 내벽, 외벽, 받침판으로 구분하여 좌우외벽(2.0*m*×6.03*m* × 2장), 유수구 2개 단면{(1.5 - 0.2 × 2개) × 6.03*m*× 4장}, 받침판{(2.0 - 0.2 × 2개) × 6.03*m*×2장} 및 유수구 귀면($\sqrt{0.2^2+0.2^2}\times6.03m\times8$장}을 합하면 83.59㎡가 된다.



<그림 8-3-30> Box(2.0×1.5×2련×6.03*m*) 단면

⑤ 동바리(강관)는 유수구 단면적(2.0 × 1.5m × 2개)에서 귀면(0.2 × 0.2 ÷ 2 × 8개)을 뺀 값(5.36㎡)에 길이(6.03*m*)를 곱하면 32.32㎡가 된다.

⑥ 철근은 구조물도의 철근상세도에서 각 철근의 길이와 개수를 산출하여 철근규격별 m당 중량을 곱하면 총소요량이 된다.

⑦ 이와 같이 각 재료공종별(터파기, 구체콘크리트, 거푸집, 동바리, 되메우기 등) 재료별로 수량을 산출한다.

다. 토량수급계획

(1) 해석법

① 표 8-3-10 또는 표 8-3-11의 토적계산표에서 표 8-3-12와 같은 토량운반계획표의 측점, 거리, 총성토량 및 총절토량을 이기하고 성토량은 토량환산계수(다짐상태/자연상태)에 의한 보정토량을 산출 기재한다.

② 유용토는 20*m* 미만의 총성토량 및 총절토량 중 적은 수량을 기재하고 총절토량 - 총성토량 > 0 일 경우에는 잔토란에, 총절토량 - 총성토량 < 0 일 경우에는 부족토란에 그 수량을 기재한다.

※ ㉠ BP에서 총절토량은 9.20㎥이나 20*m*미만 거리에 총성토량이 없으므로 잔토란에 9.20㎥가 되고, No.1의 총절토량 62.40㎥는 BC의 총성토량 57.11㎥가 20*m* 미만 거리이므로 유용토로 57.11㎥를 우선 감하고 나머지 5.29㎥는 잔토란에 기재한다.

㉡ BC의 총절토량 36.40㎥는 다음 측점 No.2에서 총절토량 67.98㎥, 총성토량 14.17㎥이므로 그대로 BC의 잔토란에 36.40㎥를 기재하고, No.2의 유용토란에 14.17㎥, 잔토란에(67.98 - 14.17) 53.81㎥를 기재한다.

㉢ EC에서 총성토량 23.55㎥, 총절토량 59.20㎥이므로 23.55㎥는 유용토로 처리하고 나머지(59.20 - 23.55) 35.65㎥는 잔토로 처리하여야 하지만 No.3에서 총성토량이

118.84㎥이므로 EC에서 No.3 까지의 거리는 8*m* < 20*m*이므로 EC의 잔토량 35.65㎥는 No.3에서 유용이 가능하기 때문에 부족토량은(118.84 - 35.65) 83.19㎥가 된다.

㉣ No.4에서 총성토량이 60.00㎥, No.4 +10에서 총절토량이 36.20㎥이므로 유용토로 36.20㎥를 제하면 부족토는 (60.00 - 36.20) 23.80㎥가 된다.

③ 이렇게 하여 유용토량(166.68㎥) + 잔토량(116.00㎥) = 총절토량(282.68㎥), 유용토량(166.68㎥) + 부족토량(106.99㎥) = 총성토량(273.67㎥)이면 계산이 맞지만 다를 경우에는 다시 검산하여 맞도록 한다.

<표 8-3-12> 토량운반 계획표

측 점	거 리	총절토량	총성토량			유 용 토 량	잔토량	부 족 토 량	도자운반성토		담프운반성토	
			자 연 상 태	토량환산계수	보 정 토 량				주는곳	토공량	주는곳	토공량
BP	0.00	9.20					9.20					
No.1	20.00	62.40				57.11	5.29					
BC	10.00	36.40	51.40	0.9	57.11		36.40					
No.2	10.00	67.98	12.76	0.9	14.17	14.17	53.81		No.2	41.31×20= 826.2		
EC	12.00	59.20	21.20	0.9	23.55	23.55			BC	36.40×30=1092.0		
No.3	8.00		106.96	0.9	118.84	35.65		83.19	No.1	5.29×40= 211.6		
No.4	20.00		54.00	0.9	60.00			23.80	BP	0.19×60= 11.4		
+10	10.00	36.20				36.20			No.5	11.30×20= 226.0		
No.5	10.00	11.30					11.30		No.2	2.50×40= 500.0	BP	9.01×120=1081.2
(사토장	20.00)											
계	100.00	282.68	246.32		273.67	166.68	116.00	106.99		106.99 2867.20 = 26.8 ≒ 27(m)		9.01 1081.2 = 120(m)

※ ㉠ 토량환산계수 : 자연상태의 토량과 다짐상태의 토량의 비율
㉡ 보정토량 : 자연상태토량/토량환산계수
㉢ 평균운반거리 = 총작업량/총운반성토량
㉣ 도자운반성토 = 60m이하의 토량(건설표준품셈 참조)
㉤ 담프운반성토 = 60m초과의 토량(건설표준품셈 참조)

④ 유용토량 166.68㎥는 불도저의 절취작업시 삽날에 의하여 횡방향으로 집성토되는 것을 의미하여 무대로 처리하고, 부족토는 불도저 또는 담프운반으로서 흙쌓기를 하여야만 노체 또는 노상의 형성이 가능한 것을 의미한다. 따라서 부족토가 있는 측점을 기준으로 가장 가까운 곳에 있는 잔토부터 운반하여 60*m*이내에 있는 토량은 불도자운반거리로 계산하고 그 이상은 담프운반거리로 계획하여 계산한다.

※ ㉠ 부족토의 공급을 위하여 전체적인 잔토량을 살펴보면, No.3과 No.4에서는

흙이 모자라고 BP부터 N0.2까지는 흙이 남으므로 운반의 효율성으로 볼 때 운반형태가 교차되지 않도록 하기 위하여 No.4 부터 흙을 수급함이 타당하므로 No.4에서 가장 가까운 거리에 있는 No.5에서 부터 수급하면 작업량은 11.30㎥ × 20*m* = 226㎥·m가 되고 나머지 부족토(23.80-11.30) 12.5㎥는 그 다음 가까운 거리에 있는 No.2에서 운반하면 작업량은 12.5㎥ × 40m = 500㎥·*m*가 된다.

㉡ 그 다음 No.3의 부족토를 보면 가장가까운 거리에 있는 No.2의 잔토량(53.81-12.50)41.31㎥를 우선 수급하면 작업량은 41.31㎥ × 20*m* = 826.20㎥·*m*이고 나머지 부족토량(83.19-41.31) 41.88㎥ 중 36.40㎥는 BC에서 수급하면 작업량은 36.40㎥ × 30m = 1092.00㎥·*m*가 되고, 나머지 부족토량(83.19-41.31-36.40) 5.48㎥는 No.1과 BP에서 수급한다.

㉢ 이에 대한 운반량을 합계하면 106.99㎥이고, 작업량을 합하면 2867.2㎥·m가 되므로 불도쟈 운반성토량의 가중평균운반거리는 2867.2㎥·*m* ÷ 106.99㎥ = 26.8 ≒ 27*m*가 된다.

㉣ 담프운반은 60*m*초과되는 거리를 기준으로 한다. 본표에서는 작업이 곤란하지만 사토(흙버리기:116.0-106.99=9.01㎥) 처리의 예로서 설명하면 다음과 같다.

사토장을 No.6되는 곳에 설치한다고 가정하면, BP의 잔토량(9.20-0.19)9.01㎥에 대한 작업량은 9.01㎥ × 120*m* = 1081.2㎥·m가 된다.

이외에도 잔토량이 더 있을 경우에는 이와같이 계산하고 합하여 불도쟈 성토량의 평균운반거리와 같이 산출한다.

⑤ 이와 같이 계산하여 불도쟈운반 성토량(106.99) + 담프운반 성토량(0) = 부족토량(106.99㎥)이 되어야 하고, 부족토량(106.99) + 사토운반량(9.01) = 잔토량(116.0㎥)이 되어야 계산이 맞고 그렇지 않을 경우에는 다시 검산한다.

(2) 유토(토량)곡선

(가) 작성방법

① 표 8-3-13과 같이 토적계산표에서 측점, 거리, 총절토량, 총성토량을 이기한다.

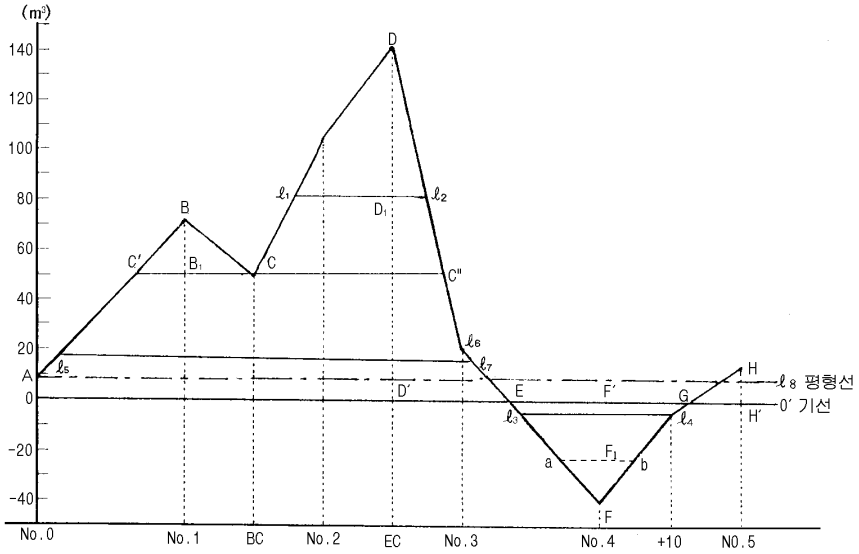
② 토량환산계수를 적용하여 성토량을 실다짐상태에 필요한 자연상태의 토량으로 보정한다.

※ BC에서 성토량 51.40㎥는 다짐상태의 요구토량이지만 절취량은 자연상태의 토량이기 때문에 1㎥를 다지면 0.9㎥가 되므로 1.0 / 0.9 = 1.11㎥ 즉, 11%가 더 많은 57.11㎥의 흙이 필요함을 의미한다.

<표 8-3-13> 토량유용 계산표

측 점	거 리 (m)	절 취 량 (㎥)	성 토 량(㎥)			횡방향토	잔토	부족토	누가토량 (㎥)
			토 량	토량환산 계 수	보정토량				
BP	0.00	9.20					9.2		9.20
No.1	20.00	62.40					62.40		71.60
BC	10.00	36.40	51.40	0.9	57.11	36.40		20.71	50.89
No.2	10.00	67.98	12.76	0.9	14.17	14.17	53.81		104.70
EC	12.00	59.20	21.20	0.9	23.55	23.55	35.65		140.35
No.3	8.00		106.96	0.9	118.84			118.84	21.51
No.4	20.00		54.00	0.9	60.00			60.00	-38.49
No.4+10	10.00	36.20					36.20		-2.29
No.5	10.00	11.30					11.30		9.01
계	100.00	282.68	246.32		273.67	74.12	208.56	199.55	

③ 보정된 성토량을 (-)로 하고 절취량을 (+)로 하여 각 측점마다 누적대수화하여 누가토량을 구한 후 횡축은 종단면도의 축척과 같이 거리별로 측점의 위치를 나타내고 종축은 각 측점까지의 누가토량을 그림 8-3-31과 같이 작도한다. 이 곡선을 유토곡선(mass curve)또는 토량곡선이라고 한다.



<그림 8-3-31> 유토곡선(예)

(나) 유토곡선의 성질과 적용

① 유토곡선이 상향인 구간(AB, CD)은 절토구간이고 하향인 구간(BC, DE)은 성토구간이며, 곡선의 곡점(점C, 점F)은 성토에서 절토로 정점(점B, 점D)은 절토에서 성토로 바뀌는 점이다.

② 곡선과 평행선이 교차하는 점(E, G)은 절토량과 성토량이 거의 같은 평행상태를 나타내고 A~E구간과 E~G구간의 절토량과 성토량은 균형을 이룬다.

③ 평행선에서 곡선의 곡점과 정점까지의 높이(A~E구간은 DD′, E~G구간은 FF′)는 절토에서 성토로 운반되는 전체의 토량을 나타내고 A~H구간에서 사토량(捨土量)은 HH′(9.01㎥)가 되며, 토량과 운반거리는 토량유용계산표에서 직접 인용하고 만약 평형점이 측점과 측점의 중간에 위치할 경우에는 비례보간법에 의하여 토량을 구한다.

④ 절토와 성토의 평균운반거리는 유토곡선 토량의 1/2점(FF′/2)을 통과하는 길이(ab)가 되고, 평균운반거리는 절토의 중심(重心)과 성토의 중심(重心)간의 거리를 의미한다.

※ ㉠ 총토공작업량은 총토량을 평균운반거리 만큼 운반하는 것을 의미하므로

평균운반거리(m) = 총토공작업량(㎥·m)/총토량(㎥)

㉡ 총토공작업량은 유토곡선과 평형선으로 둘러싸인 부분의 면적(프라니미터 또는 삼각형법에 의하여 산출한다)에 해당하며, 총토량은 유토곡선의 최대종거(縱距)를 의미하므로

평균운반거리(m) = 유토곡선과 평형선으로 둘러 쌓인 면적(㎡)/최대종거(m)

⑤ 유토곡선이 평형선 보다 위에 있을 경우에는 절토에서 성토로 운반되는 작업방향은 좌에서 우로 이루어지고 아래에 있을 경우에는 우에서 좌로 이루어진다.

⑥ 평형선은 반드시 1개의 연속된 직선으로 설정할 필요는 없지만 유토곡선과 교차하는 측점에서 다른 평형선을 설정하여야 한다. 이때 2개의 평형선간의 상하간격은 보급토량 또는 사토량을 나타낸다.

※ 그림 8-3-31의 절토구간 1+15~EC와 성토구간 EC~2+15(ℓ_1~ℓ_2 구간의 평행선) 및 절토구간 BC~1+15와 성토구간 2+15~2+18 (c~c″구간의 평행선)

⑦ 절토는 양방향으로 운반될 수 있게 하는 것이 능률적이고 종단구배가 급한 구간에는 배수나 운반을 고려하여 종단곡선을 따라 내리막 구배로 굴착될 수 있도록 평형선을 긋는다.

⑧ 성토구간에 교량 등의 구조물이 있고 그 구조물 넘어로 흙을 운반할 경우는 구

조물까지 토량을 평형시키든지 또는 우회하여 운반계획을 세운다.

(예제) 표 8-3-13과 같은 토량유용계산표로서 유토곡선을 그리고 운반성토량을 산출하여라.

(풀이) : 유토곡선은 그림 8-3-31과 같고 토량의 배분은 표 8-3-14와 같다.

① 유용토량은 운반거리가 20m미만이므로

㉠ ABC구간 : 점 CC′의 평형선을 그으면 절토구간은 No.0 +13.5 ~ No.1, 성토구간은 No.1~BC로서 거리는 (30.0-13.5) 16.5m (평균거리 8.25m)가 되고 토공량은 BB_1 (71.6-50.89)= 20.71㎥이므로 작업량은 20.71㎥ × 8.25m = 170.8㎥·m가 된다.

㉡ CDE구간 : 평형선 $\ell_1\ell_2$, 절토구간 No.1+15 ~ EC, 성토구간은 EC ~ No.2 +15으로서 거리는 20m, 토량 DD_1 = [140.35-{50.89+(104.70-50.89)÷10×5}]62.55㎥, 작업량 62.55㎥ × 10m = 625.5㎥·m.

㉢ EFG구간 : 평형선 $\ell_3\ell_4$, 절토구간 No.4 ~ No.4+9, 성토구간은 No.3+9 ~ No.4로서 거리 20m(평균거리 10.0m), 토량 FF_1 =[38.49-2.29-{(38.49-2.29)÷10×1}] 32.58㎥, 작업량 32.58㎥ × 10m = 325.8㎥·m.

㉣ 이를 정리하면 표 8-3-14와 같다.

② 도쟈운반성토 토량은 운반거리가 60m이하이므로 ①과 같은 방법으로 산출하여 운반토량 71.40㎥, 작업량 2,573.7㎥·m 로서 평균운반거리는 36m이다.

③ 담프운반 성토량은 운반거리가 60m이상이므로 ①과 같은 방법으로 산출하여 운반성토량 12.31㎥, 작업량 769.4㎥·m로서 평균운반거리는 63m이고, 사토량은 2.43㎥이다.

④ 유용토량(115.84㎥), 불도쟈 운반성토량(71.40㎥), 담프운반성토량(12.31㎥)을 합하면 표 8-3-13의 부족토량(199.55㎥)과 같아야 하고, 여기에 사토량(9.01㎥)을 합하면 표 8-3-13의 잔토량(208.56㎥)과 같아야 한다.

<표 8-3-14> 토량배분 산출표

구 분	절토구간	성토구간	토 량 (A)	평균거리 (B)	작업량 (A×B)	비 고
유용토	0+13.5~1	1~BC	20.71	8.25	170.8	71.60-50.89
	1+15~EC	EC~2+15	62.55	10.0	625.5	140.35-50.89-26.91
	4~4+9	3+9~4	32.58	10.0	325.8	38.49-2.29-3.62
	계		115.84		1122.1	9.70 ≒ 10m
불도자 운반 성토	BC~1+15.0	2+15~2+18	26.91	24.00	645.8	140.35-50.89-62.55
	4+9~4+17	3+5~3+9	15.11	26.00	392.8	38.49+9.2-32.58
	0+1.5~0+13.5	2+18~3+1.5	29.38	52.25	1535.1	140.35-62.55-26.91-21.51
	계		71.40		2573.7	36.9 ≒ 37m
담프운 반성토	0~1.5	3+1.5~3+5	12.31	62.50	769.4	140.35-62.55-26.91-29.38-9.2
	계		12.31		769.4	62.5 ≒ 63
사토			9.01			

3.2.4. 공사원가 산출

각 공종별 공사수량산출이 완료되면 공사원가를 계산하기 위하여 각 공종별 단가를 산출한다. 공사원가를 산출할 경우에는 관계규정과 행정지침을 참고하여 지역별 공사여건(자재채취 및 구입, 인력수급, 자재운반, 시공방법 등)에 따라 공사의 진행과정이 가장 합리적·현실적으로 실행될 수 있도록 한다.

3.2.4.1 중기 사용료

① 작업종류에 따라 사용할 건설기계의 종류와 규격을 건설표준품셈을 참고하여 가장 적정한 기종을 먼저 선정한다.

② 공사현장 조건이 할증율을 가산하여야 할 조건인지 아닌지를 검토한다.

③ 건설표준품셈을 참고하여 시간당 손료를 계산하고 중기가격(한화 또는 미화)을 적용하여 시간당 사용료를 산출한다.

(예제) 임도시설공사의 절토에 사용할 굴삭기(유압식 백호0.7)의 사용료를 산출하여라.

(풀이) 가격 60,600천원, 시간당 손료 $2,148 \times 10^{-7}$ 이므로

① 경비 : $60,600,000 \times 2,148 \times 10^{-7} = 13,016$원

② 노무비 17,249원

┌ 조 종 원 1.0인 × 52,927원 × 1/8 × 25/20 × 16/12 = 11,026원
├ 조　　수 0.5인 × 39,004원 × 1/8 × 25/20 × 16/12 = 4,062원
└ 중기조장 0.2인 × 51,867원 × 1/8 × 25/20 × 16/12 = 2,161원

③ 재료비 2,862원

┌ 주 연 료 10.5ℓ × 218.18원 = 2,290원
└ 잡　　품 25% × 2,290.89원 = 572원

④ 계 33,127원/시간/대.

3.2.4.2. 공종별 단가

① 작업조건 및 토양의 종류에 따라 사용할 건설기계의 종류와 규격을 건설표준품셈을 참고하여 선정한다.

② 토사절취와 같이 1공종 1건설기계로 이루어지는 작업도 있지만 성토작업과 같이 2가지 이상의 건설기계가 조합되어 실행할 경우도 있다. 이때에는 기계별로 합리성과 경제성을 검토하여 가장 타당한 조합방법으로 계획한다.(예, 로우더 + 덤프트럭, 굴삭기 + 덤프트럭)

③ 사면 안정처리공사와 같이 여러가지의 공종이 결합되어 실행하거나 또는 동일공종이 기계와 인력이 서로 혼합(또는 비율구분)하여 실행할 경우에는 단계별 순서대로 공종이 서로 연결되도록 계획한다.

④ 구조물 공사와 같이 터파기, 버림콘크리트, 철근조립, 거푸집설치, 기초콘크리트, 구체콘크리트, 되메우기 등 여러개의 공종이 결합되어 공사가 진행되거나 동일공종 안에서도 여러 가지의 자재와 건설기계가 투입될 경우에는 단계별 진행과정별로 공종이 연결되도록 한다.

⑤ 위의 사항을 참고하여 작성한 단가 산출서의 예는 표 8-3-15와 같다.

<표 8-3-15> 단가산출서(예)

공 종	산 출 내 역	계	재료비	노무비	경 비
D00201 사토운반 (토 사)	L = 2㎞(임도) / ㎥ 1. 적사 (백호우 0.7㎥) qo = 0.7, K = 0.9, f = 1/1.325 = 0.75 Eo = 0.65, ㎝ = 21sec(135°) (보통, 흐트러진 상태, 자갈섞인 흙, 점성토 기준) Q = 3600 * qo * K * f * Eo / ㎝ = 52.65㎥/hr 재료비 : 2862.00/Q = 54 노무비 : 17249.00/Q = 327 경 비 : 13016.00/Q = 247 소계	 54 327 247 628	 54 54	 327 327	 247 247
	2. 운반(덤프 10.5 Ton) L = 2.0㎞, E = 0.9, V1 = 7 V2 = 10, q = 10.5 / 1.7 * 1.325 = 8.18 N = q / (qo*K) = 12.98회 T1 = ㎝ * N / (60*Eo) = 6.99 T2 = (L/V1 + L/V2) * 60 = 29.14 T3 = 0.8 T4 = 0.42 ㎝ = T1 + T2 + T3 + T4 = 37.35 Q = 60 * q * f * E / ㎝ = 8.87㎥/hr 재료비 : 5905.00 / Q = 665 노무비 : 8961.00 / Q = 1010 경 비 : 6853.00 / Q = 772 소계	 665 1010 772 2447	 665 665	 1010 1010	 772 772
	3. 사토장 정리(도쟈 19 Ton) L = 2.0 *m*, f = 1/1.325 = 0.75 E = 0.75 (양호, 흐트러진 상태, 자갈섞인 흙, 점성토 기준) V1 = 75, V2 = 98, q = 3.2*0.96 = 3.07 ㎝ = L / V1 + L / V2 + 0.25 = 0.72분 Q = 60*q*f*E / ㎝ = 143.91 ㎥/hr Q1 = Q * 3 = 431.73 ㎥/hr 재료비 : 6593.00 / Q1 = 15 노무비 : 17249.00 / Q1 = 39 경 비 : 17389.00 / Q1 = 40 소계	 15 39 40 94	 15 15	 39 39	 40 40
	계	3,169	734	1,376	1,059

3.2.4.3. 공사비 및 공사원가 계산서

① 공종별 물량과 단가산출이 완료되면 서로 곱하여 합계, 노무비, 재료비, 경비로 구분하는 표 8-3-16과 같은 공사비 내역서를 산출한다. 이때 산출되는 공사비를 순공사비라고 한다.

② 순공사비의 산출이 완료되면 관계규정 및 행정지침에 따라 간접노무비, 산재보험료, 기타경비, 안전관리비, 일반관리비, 수수료(이윤), 사급자재대, 부가가치세를 적용율에 따라 산출하고 관급자재대를 합하여 표 8-3-17과 같은 총공사원가를 산출한다.

③ 공사원가가 산출되면 당해기관의 재무관이 평정하는 평정가에 따라 공사가 발주된다.

<표 8-3-16> 공사비 내역서 (예)

공사명 : 다목적산림경영 시범단지내 임도 실시설계

ITEM NO.	명 칭	규 격	수 량	단위	총 액		재 료 비		노 무 비		경 비		비 고
					단가	금 액	단가	금 액	단가	금 액	단가	금 액	
1.	토 공					1,084,639,755		215,571,814		519,096,394		349,934,047	
1)	잡관목제거		319,242	㎡	79	25,220,118			79	25,220,118			D00024
2)	흙깍기					266,974,149		36,493,858		129,334,586		101,145,705	
	흙깍기(토사)	도쟈	214,297	㎥	879	188,367,063	140	30,001,580	368	78,861,296	371	79,504,187	D00020
	흙깍기(풍화암)	발파+브레카	10,629	㎥	7,234	76,890,186	594	6,313,626	4,638	49,297,302	2,002	21,279,258	D00044
	흙깍기(발파암)	발파+브레카+크롤라	118	㎥	14,550	1,716,900	1,514	178,652	9,966	1,175,988	3070	362,260	D00045
3)	측구터파기					38,121,502		735,722		35,536,358		1,849,422	
	측구터파기	토사	4,008	㎥	3,070	12,304,560	89	356,712	2,669	10,697,352	312	1,250,496	D00165
	측구터파기	풍화암	746	㎥	33,635	25,091,710	493	367,778	32,359	24,139,814	783	584,118	D00033
	측구터파기	발파암	12	㎥	60,436	725,232	936	11,232	58,266	699,192	1,234	14,808	D00115
4)	흙쌓기					24,894,518		3,196,484		12,080,704		9,617,330	
	성토다짐	노상	36,082	㎥	360	12,989,520	47	1,695,854	174	6,278,268	139	5,015,398	D00124
	성토다짐	노체	50,021	㎥	238	11,904,998	30	1,500,630	116	5,802,436	92	4,601,932	D00099
5)	흙운반					718,594,764		174,672,998		306,562,676		237,359,090	
	유용토운반(도쟈)	토사	11,184	㎥	827	9,249,168	132	1,476,288	346	3,869,664	349	3,903,216	D00313
	유용토운반(도쟈)	풍화암	748	㎥	1,391	1,040,468	222	166,056	582	435,336	587	439,076	D00314
	유용토운반(덤프)	토사	2,062	㎥	1,456	3,002,272	293	604,166	672	1,385,664	491	1,012,442	D00315
	유용토운반(덤프)	풍화암	132	㎥	1,792	236,544	192	25,344	911	120,252	689	90,948	D00316
	사토운반(토사)	L=4㎞ (임도)	128,896	㎥	5,082	655,049,472	1,254	161,635,584	2,165	279,059,840	1,663	214,354,048	D00323
	사토운반(리핑암)	L=4㎞ (임도)	8,040	㎥	6,221	50,016,840	1,339	10,765,560	2,698	21,691,920	2,184	17,559,360	D00324
6)	목책		3,216	m	3,369	10,834,704	147	472,752	3,222	10,361,952			D00304

<표 8-3-17> 공사원가 계산서 (예)

공사명 : 다목적산림경영 시범단지내 임도 실시설계

공종	명 칭	규 격	계	재 료 비	노 무 비	경 비
1.	토공		1,467,028,107	226,174,708	890,844,352	350,009,047
2.	배수공		94,490,769	13,240,414	77,167,207	4,083,148
3.	구조물공		63,112,857	8,497,246	52,442,004	2,173,607
4.	부대공		7,311,490	4,505,075	1,806,425	999,990
가.	순공사비계		1,631,943,223	252,417,443	1,022,259,988	357,265,792
	1. 간접노무비		159,472,558	직접노무비×15.6%		
	2. 산재보험료		33,088,511	(직접노무비+간접노무비)×2.8%		
	3. 기타경비		88,917,299	(직접노무비+간접노무비+재료비)×6.2%		
	4. 안전관리비		33,993,906	(직접노무비+재료비+관급자재대)×1.81%+3,294,000		
나.	소계		1,947,415,497			
	5. 일반관리비		107,107,852	나. × 5.5%		
다.	소계		2,054,523,349			
	6. 수수료		270,241,337	(다-재료비) × 15% = 270,315,885		
	7. 사급자재대		6,035,314			
라.	공급가액		2,330,800,000			
	8. 부가가치세		233,080,000	라. 의 10%		
마.	도급공사비		2,563,880,000			
	9. 관급자재대		421,450,000			

3.3. 임도시공

3.3.1. 토공

임도시공에서 토공은 일반적으로 절토공사(Cutting Work)와 성토공사(Banking Work)로 대별한다. 공사의 끝손질면을 시공기면(Formating)이라 하고 시공기면보다 본바닥이 높을 때에는 절토를 하고 낮을 때는 성토를 한다.

토공을 시작하기 전에 대상이 되는 토질이나 지질 기타를 충분히 파악해 놓을 필요가 있다.

<표 8-3-17> 공사원가 계산서 (예)

공사명 : 다목적산림경영 시범단지내 임도 실시설계

공종	명 칭	규 격	계	재 료 비	노 무 비	경 비
1.	토공		1,467,028,107	226,174,708	890,844,352	350,009,047
2.	배수공		94,490,769	13,240,414	77,167,207	4,083,148
3.	구조물공		63,112,857	8,497,246	52,442,004	2,173,607
4.	부대공		7,311,490	4,505,075	1,806,425	999,990
가.	순공사비계		1,631,943,223	252,417,443	1,022,259,988	357,265,792
	1. 간접노무비		159,472,558	직접노무비×15.6%		
	2. 산재보험료		33,088,511	(직접노무비+간접노무비)×2.8%		
	3. 기타경비		88,917,299	(직접노무비+간접노무비+재료비)×6.2%		
	4. 안전관리비		33,993,906	(직접노무비+재료비+관급자재대)×1.81%+3,294,000		
나.	소계		1,947,415,497			
	5. 일반관리비		107,107,852	나. × 5.5%		
다.	소계		2,054,523,349			
	6. 수수료		270,241,337	(다-재료비) × 15% = 270,315,885		
	7. 사급자재대		6,035,314			
라.	공급가액		2,330,800,000			
	8. 부가가치세		233,080,000	라. 의 10%		
마.	도급공사비		2,563,880,000			
	9. 관급자재대		421,450,000			

3.3. 임도시공

3.3.1. 토공

임도시공에서 토공은 일반적으로 절토공사(Cutting Work)와 성토공사(Banking Work)로 대별한다. 공사의 끝손질면을 시공기면(Formating)이라 하고 시공기면보다 본바닥이 높을 때에는 절토를 하고 낮을 때는 성토를 한다.

토공을 시작하기 전에 대상이 되는 토질이나 지질 기타를 충분히 파악해 놓을 필요가 있다.

먼저 계획구역 전체를 알아야 하며 공사에 대한 문제점을 발견하기 위하여 현지의 지형·지질·토질 등을 파악하여 토공의 설계시공상 관계되는 문제점 해결의 구체적 대책수립을 위하여 조사대상은 다음과 같다.

① 토질, 지질의 상태(절토면, 채석장, 산복의 붕괴면)

② 지하수의 상황(우물, 습지대)

③ 지수지대(애추, 선상지, 붕괴, 단층 및 습지, 토질, 지질구조 등)

④ 기존시설의 상황(비탈면이나 침투수의 상태, 침하상태, 배수공, 낙석방지공, 방설책 등의 형식과 효과의 상황 등)

3.3.1.1. 지장목제거

㉮ 절토 및 성토예정지의 초목 및 장애물은 미리 제거한다.

㉯ 벌도한 나무는 공사에 지장이 없도록 공사착공에 집재, 반출한다.

㉰ 산복에 임도를 개설할 경우에는 계곡의 립목은 남긴다.

3.3.1.2. 절토

가. 절토면의 기울기

절토의 기울기는 지질, 토질의 종류는 물론 함유량의 변화 등도 고려하여 설계사면 높이에 대하여 충분히 안전해야 한다. 이 때문에 현지에서 지하수위, 용수의 상황, 풍화정도, 균열의 유무와 방향성층상황, 배수성, 팽창성 등과 강우, 강설, 일조 등의 제조건을 고려하여 경험적으로 정할 때가 많다. 즉 사면의 안정성 계산법도 있으나 자연상태가 성토의 경우에 비하여 대단히 복잡하여 표 8-3-18과 같은 경험적인 값이 사용되고 있다.

<표 8-3-18> 절토의 표준비탈면기울기

본바닥의 토질 및 지질		절토고	기울기(할)
경 암			0.3~0.8
연 암			0.5~1.2
모 래			1.5~
사 질 토	다져진 것	5m이하 5~10 m	0.8~1.0 1.0~1.2
	느슨한 것	5m이하 5~10 m	1.0~1.2 1.2~1.5
력질토, 암괴, 또는 호박돌 섞인 사질토	다져진 것 또는 점도 분포가 좋은 것	5m이하 5~10 m	0.8~1.0 1.0~1.2
	다져지지 않은 것 또는 점도 분포가 나쁜 것	10m이하 10~15 m	1.0~1.2 1.2~1.5
점토, 점질토		10m이하 10~15 m	0.8~1.2
암괴, 또는 호박돌 섞인 점토, 점질토		5m이하 5~10 m	1.0~1.2 1.2~1.5

(주) 위 표는 식생 등의 의한 적절한 보호를 한 경우에 적용한다.

나. 사면 기울기결정시 주의할 사항

우리나라의 실정에 비추어 보통흙의 비탈 기울기를 1할로 하는 것이 보통이며 돌쌓기나 옹벽 등을 하게 되므로 자칫하면 기울기가 급하게 될 우려가 있고 큰 사고가 나는 원인이 된다. 그러므로 될 수 있는 한 완만하고 여유가 있는 기울기로 해야 한다.

부근에 있는 기존 도로나 철도 등의 사면기울기와 그 상황이나 자연상태의 기울기 등을 참작하여 시공할 때가 많다.

암석 절토사면의 설계에는 붕락이나 활동파괴가 생기기 쉽고 붕락에 대해서는 균열, 절리상황, 암층의 거칠음, 풍화에 대한 저항성 등을 조사하여 붕락의 가능성에 대하여 검토한다.

흙의 절토사면의 설계에는 사질토와 모래의 경우 표면수로 침식을 받기 쉽다.

3.3.1.3. 암석굴착

암석굴착에는 도로의 절취, 댐 기타 구조물의 기초사면의 기초암반의 굴착, 원석채

취, 전석의 제거 등 노천공사에 있어서 암석굴착 내외에 터널굴착, 수중굴착 등 목적에 따라 굴착공법이 다르다.

그러나 기본적으로는 화약의 폭파력을 이용한 폭파에 의한 굴착과 화약을 사용하지 않는 기계력, 화력, 열, 기타의 굴착방법으로 대별한다.

대상이 되는 암석이 폭파에 의하지 않으면 굴착할 수 없는가는 암석이 경성, 풍화정도, 균열의 상태 등 암의 성질로서 정하는 경우와 현장조건 즉 진동, 소음, 비산 등의 공해나 안정성 등으로 정하는 경우가 있다.

또 시공에 있어서는 책임기술자, 현장기술자의 기술적 판단과 재해 및 사고방지에 대하여 특히 고려해야 할 문제가 많으므로 신중하게 공사를 진행시켜야 한다.

가. 폭파에 의한 암석굴착

폭파에 의한 암석굴착은 일반적으로 착암기로 암석에 구멍을 뚫고 폭약을 구멍 속에 장약하여 폭파시켜 암석을 파쇄한다. 폭파에 의한 굴착작업에는 위험을 동반하므로 안전조치가 반드시 요구된다.

폭파계획은 우선 부근의 인가, 공공시설 등의 영향유무와 고정을 조사하여 필요에 따라 전석, 비석에 대한 충분한 방호책, 보안망을 설치한다. 또 자격을 가진 화약취급책임자를 두어 화약류단속법 등 법규를 지켜 작업의 안전관리에 대하여 노력하지 않으면 안된다.

(1) 천공

(가) 천공방법

암석을 천공하는 방법으로는 타격에 의한 천공방법, 회전절삭에 의한 천공방법, 회전타격에 의한 천공방법, 수력, 열 등에 의한 천공방법이 있다. 또 착암기의 동력은 압축공기, 전기, 엔진 등이다.

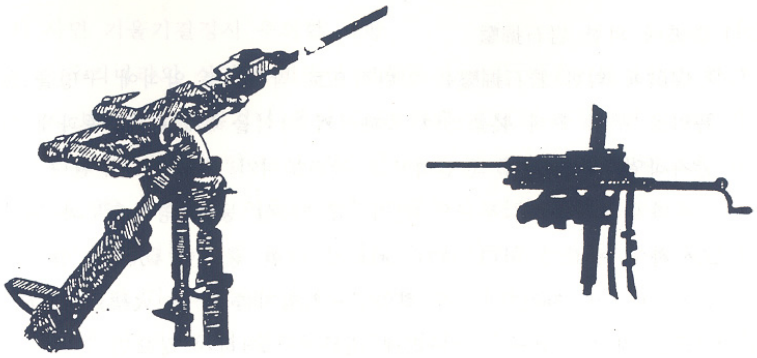
(나) 타격식(piston type)

타격식에 의하여 암석을 파괴하여 천공하는 형식은 옛날부터 사용해 오고 있다. 초경합금의 bit를 rod의 끝에 달아 piston으로 타격력을 준다. 브레이크(braker 소구경, 콘크리트 파괴에 사용)가 이에 속한다.

(다) 회전식 (rotary type)

Rod에 회전력과 압력을 주어 암석을 천공하며 연암에 적합하다. 로타리 드릴(

rotary type, 자주식의 crawler, 대구경천공・원석채취에 사용)이 이에 속한다.

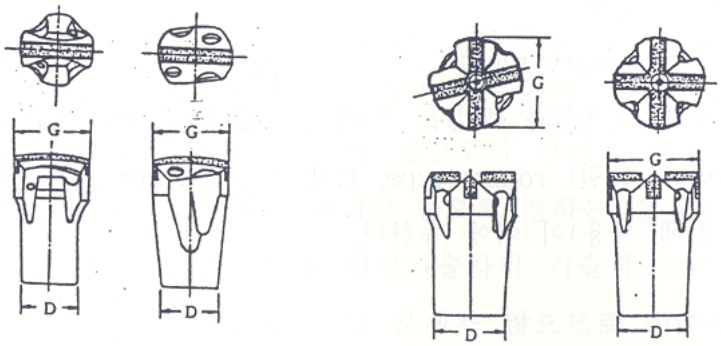


레그드릴　　드리프터 착암기

<그림 8-3-32> 레그드릴과 드리프터 착암기

(라) 타격회전식(hammer type)

암석의 천공용으로 많이 사용한다. rod(중공강)의 끝에 떼어내기가 가능한 디태쳐볼 비트(detachable bit)를 사용한다. 일자 bit는 소구경, 십자 bit는 대구경용이다.



一字비트　　十字비트

<그림 8-3-33> 비트의 형상

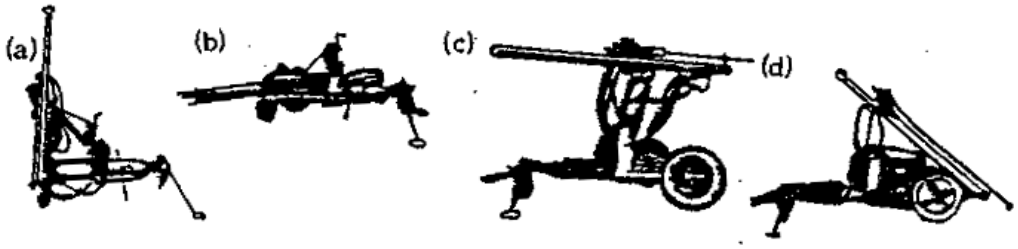
나. 착암기 기종

(1) 재크 해머(jack hammer)

손잡이용 핸드 해머(hand hammer)에 다리(leg)를 장치하여 하향으로 천공하는 것을 싱커(sinker), 상향으로 천공하는 것을 스토프(stoper), 수평방향용 드리프트(drifter)라고 부른다.(그림 8-3-32 참조)

(2) 웨곤 드릴(wagon drill)

대차(고무 타이어 바퀴)에 소형 드리프터(drifter)를 장치하여 이동과 조작하여 다양하게 하며 암반을 천공한다. 그림 8-3-34는 4자세로 천공하는 장면이다.



<그림 8-3-34> 웨곤드릴의 자세

(3) 크로울러 드릴(crawler drill)

대차(캐터필러가 붙음)에 대형 드리프터를 장치하여 천공하는 기계로서 지형에 관계없이 어는 곳이라도 작업을 할 수 있다.

(4) 수력, 열 등에 의한 것

고가로서 실용화되지 않고 있다.

다. 천공능률

① 압축공기를 동력으로 한 착암기는 공기압이 높을수록 타격력, 타격회수, 공기소비량, 기계효율 등이 높아져 천공속도가 향상된다.

② rod의 길이가 길어지면 천공속도가 저하한다.

③ 천공속도는 bit의 경의 2승에 반비례한다.

천공속도를 추정할 때 표준이 되는 암석(화강암)을 천공하는 순천공속도와 대상이 되는 암석의 암석저항계수나 작업조건과의 비교를 고려하여 다음 식이 구해진다.

$$T = L(C1 \times C2) \times D$$

T = 천공속도(㎝/min)

C1 = 표준암에 대한 천공대상암의 암석저항계수

C2 = 암석상태에 의한 작업조건계수

D = 표준암(화강암)을 천공하는 순속도(㎝/min)

L = 순천공시간에 점유하는 비율, 표준치 0.65

<표 8-3-19> 암종별에 의한 C1의 값

암 종 별	C1의 값	암 종 별	C1의 값
극강 인규암	0.45	사 암	1.35
규암, 경화강암	0.75	석 회 암	1.25
경 석 회 암	0.85	안 산 암	1.15
경 사 암	0.95	점 판 암	1.40
화 강 암	1.0	혈 암	2.00
편 마 암	1.0	응 회 암	1.50
경 점 판 암	0.95		

<표 8-3-20> 작업조건에 의한 계수 C2

판정규준	예	C2
매시브한 암반의 경우, 대괴상을 하고 있고 균열의 간격이 크고 연속하여 안정한 것	규암, 각암 등 석영질 암석 및 경사암, 신선하고 견경한 것	1.0
고결정도가 양질이고 균열도 있는 견경한 것	안산암, 화강암, 현무암 등의 화성암류, 중고생층의 사암, 점판암 등 경질, 신삼기층	0.85
고결정도가 비교적 양질이고 보통으로 경하거나 또한 다소 연질인 것, 풍화작용을 받는 연질이고 균열이 많은 박리 (얇은 마디)가 보이는 것	풍화된 중고생층, 화성암류, 제삼기층	0.75
풍화파쇄작용을 받아 연질로 연하고 또는 균열이 극히 많은 것, 파쇄대	연질의 제삼기층, 풍화가 심한 화강암, 점토가 섞인 파쇄암	0.60
토사 및 대단한 파쇄대	표토, 애추 등 점토질 또는 그에 가까운 대단한 파쇄대	0.50

라. 천공기계

전술한 바와 같이 천공방식은 타격식, 회전식, 회전타격식의 3종으로 분류되어 각각의 목적에 채용된다.

천공기계의 동력은 지금까지는 공기로 에어 콤프레서(air compressor)를 사용해 왔

는데 최근에는 유압 착암기의 진보가 대단하고 작업환경면이나 작업능률면에서 대폭 진보되어 왔다. 기계선정에 대해서는 착공하는 암반의 강도, 착공길이, 착공능력을 고려하여 최적의 타격력, 회전력 및 기계의 크기 등을 참고로 결정해야 한다.

3.3.1.4. 토량의 변화

흙은 자연상태에 있을 때와 그것을 굴착 운반시 즉 흐트러졌을 때 흩어진 흙을 다지면서 성토를 축조할 때와는 그 단위체적 중량은 다르다.

토량의 변화는 다음 3상태의 토량으로 구분하여 각각의 상태의 체적비를 다음 식의 L, C로 표시한다. 이들 L, C의 값을 토량의 변화율이라 한다.

$$L = \frac{\text{흐트러진 토량 } (m^3)}{\text{자연상태의 토량}(m^3)}$$

$$C = \frac{\text{다져진 후의 토량}(m^3)}{\text{자연상태의 토량}(m^3)}$$

단, 자연상태의 토량 …… 굴착할 토량
흐트러진 토량 …… 운반중의 토량
다진 후의 토량 …… 만들어진 성토량

토량의 배분계획을 세울 때 이 값을 사용하여 절토, 성토의 토량계산이 시행된다. 토량의 변화율을 정확하게 정하기는 곤란하나 대개의 표준치는 흙의 종류에 따라 표 8-3-21과 같다.

그 적용에 있어서는 복잡한 현장의 토질, 시공법, 시공규격 등을 고려할 필요가 있다. 대규모공사에는 크게 영향을 미치므로 시험굴착, 시험성토를 하여 이들 토량의 변화율을 확인해 본다.

지금 설계에 사용한 C값이 실제의 값보다 작을 때는 잔토가 생기고 클 때는 부족하므로 다른 토취장에서 보급해야 한다. 또 L의 값은 운반차 등의 계획에 지장이 생긴다.

<표 8-3-21> 토량의 변화율

명 칭		L	C
암 또는 돌	경 암	1.65~2.00	1.30~1.50
	중 경 암	1.50~1.70	1.20~1.40
	연 암	1.30~1.70	1.00~1.30
	암 괴 · 옥 석	1.10~1.20	0.95~1.05
력 섞인 흙	력	1.10~1.20	0.85~1.05
	력 질 토	1.10~1.30	0.85~1.00
	고 결 된 력 질 토	1.25~1.45	1.10~1.30
모래	모 래	1.10~1.20	0.85~0.95
	암괴 · 호박돌이 섞인 모래	1.15~1.20	0.90~1.00
보통토	사 질 토	1.20~1.30	0.85~0.90
	암괴 · 호박돌이 섞인 사질토	1.40~1.45	0.90~1.00
점성토 등	점 성 토	1.20~1.45	0.85~0.95
	력 섞 인 점 성 토	1.30~1.40	0.90~1.00
	암괴 · 호박돌이 섞인 점성토	1.40~1.45	0.90~1.00

3.3.1.5. 성 토

가. 기초지반

성토의 기초지반은 성토의 자중을 충분히 하여야 한다. 특히 도로성토같은 경우는 교통 하중에 대한 안전을 고려해야 하며 기타의 하중에 의하여 생기는 지반의 침하가 완성후의 노면에 악영향을 줄 우려가 있으므로 주의해야 한다. 일반적으로 기초지반이 연약지반이 아닌 보통지반의 경우에는 큰 문제가 없다. 그러나 연약지반인 경우에는 성토의 안전과 침하가 문제된다. 이 연약지반으로서 검토가 필요할 때에는 표 8-3-22를 참고한다.

단, 기초지반이 연약지반이 아닌 경우에도 다음과 같은 경우에는 문제가 될 우려가 있으므로 검토를 요한다.

<표 8-3-22> 세립토의 자연함수량에 의한 구분

자연함수비 (%)	일축압축강도 (kg/㎠)	적 용 토	성토의 안정 및 침하
40이하	0.6이하	깊은 위치에 있는 압밀이 진행된 충적점토, 건조한 표토, 홍적점토(화산회토 제외)	침하, 안정에 대하여 거의 문제는 없다.
40~70	0.4~0.6	일반의 충적점토	침하에 대하여 검토가 필요, 성토고가 높아지면 안정성이 문제가 된다.
70~100	0.4이상	비교적 얕은 위치에 있는 충적점토(유기물이 혼입되어 있는 경우가 많다.)	침하대책이 문제가 된다. 안정성에 대해서도 주의가 필요
100~300	0.4이하	유기물이 많은 충적점토	안정대책에는 충분한 검토가 필요하다. 전침하량, 잔유침하량 모두 크다.
300이상	0.3이하	유기토	안정대책에는 충분한 검토가 필요하다. 전침하량, 잔유침하량 모두 대단히 크다.

(1) 성토고가 특히 높은 경우

일반적으로 10m 이상의 성토고는 자중이 대단하여 균일한 기초 지반의 경우를 제외하고 안정성 확인을 조사할 필요가 있다. 또 경사 지반에는 지층의 경계면의 경사, 전단저항, 용수의 유무 등을 조사하면 안정을 위한 대책을 세워야 한다.

(2) 성토고가 특히 낮은 경우

천이나 지표에 얇은 연약층이 있는 지반에서는 지공 당초 중장비 주행시 지지력이 문제가 되므로 배수구계획이 필요하고 투수성이 높은 재료를 깔 필요가 생기게 된다. 또 설계상 성토고 1m이하의 낮은 성토는 도로성토의 경우 자동차 하중이 기초지반에 되풀이 하중에 되어 작용하므로 포장에 악영향을 줄 우려가 있으므로 기초지반의 일부 치환이나 투수성이 높은 양질재를 깔아두면 노면유지에 도움이 된다.

나. 성토의 사면 기울기

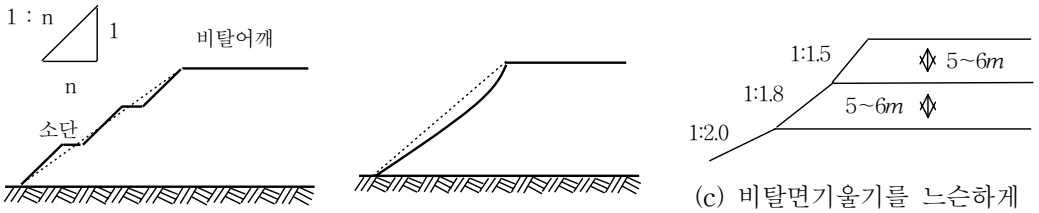
성토사면의 기울기는 현지의 지형, 지질, 지하수의 상태, 관수의 유무, 기상조건, 지공법 등을 고려한 후에 표 8-3-23과 같은 경험적 표준기울기로 정하는 것이 보통이다.

표 8-3-23의 기울기는 그림 8-3-35와 같이 사면 상부와 하부를 평균기울기로 표시한 것이다. 그림 8-3-356(a)와 같이 많은 소단을 가진 경우와 (b), (c)와 같이 오목기울기와 같은 단면으로 할 때가 있다. 소단은 보통 성토가 높아지면 사면에 적절히 설치하나 폭 1~2*m*, 직고 6*m* 정도가 많다. 이것은 성토 사면 기울기가 완화될 뿐만 아니라 긴 사면을 짧게 끊음으로서 사면을 유하하는 우수 등의 유속을 저하시키고 침식이 심해지는 것을 방지하는 효과가 있으나 그 반면 소단 부근에 침식 붕괴가 생기는 예도 있어 식생 등으로 소단면을 보호하거나 배수구 등을 고려해야 한다.

<표 8-3-23> 성토재료 및 표준기울기

성 토 재 료	성토고(*m*)	기울기(립)
점토분포가 좋은 모래 점도분포가 좋은 력질토	0~5 5~15	1.5~1.8 1.8~2.0
점도분포가 나쁜 모래	0~10	1.8~2.0
암괴, 호박돌	0~10 10~20	1.5~1.8 1.8~2.0
사질토 굳은 점질토, 굳은 점토	0~5 5~10	1.5~1.8 1.8~2.0
연한 점질토, 연한 점토	0~5	1.8~2.0

(주) 기초지반의 지지력이 충분한 성토에 적용



(a) 소단을 붙인 비탈면 (b) 오목기울기 (c) 비탈면기울기를 느슨하게 한 비탈면

<그림 8-3-35> 성토 비탈면 기울기

이상과 같이 일반적으로 표준사면기울기가 사용되나 다음과 같은 경우에는 성토사면의 안정을 검토할 필요가 있다.

① 성토고가 10*m* 이상인 경우

② 성토재료가 고함수비인 점토, 점성토 등이 특히 전단강도가 낮은 토질인 경우

③ 연약 지반상의 성토

④ 지골, 산붕 등이 발생할 우려가 있는 불안정한 지반, 급사면에 설치하는 성토인 경우

성토는 재료가 균일한 경우가 많고 절토와 같이 복잡하지 않으므로 안정계산에 의하여 안정을 검토할 수 있다.

다. 성토재료

성토재료로서 요구되는 흙의 성질과 그 구성은 시공의 난이를 좌우할 뿐만 아니라 공사완성 후의 성토의 상태에 미치는 영향이 크다. 따라서 될 수 있으면 양질인 재료를 사용하는 것이 좋다.

① 성토재료로서 사용할 수 있는 흙

㉮ 시공이 용이한 재료

㉯ 성토의 사면안정에 필요한 전단강도를 가진 재료

㉰ 성토의 압축침하가 적은 재료

㉱ 완성후의 재하중에 대한 충분한 지지력을 가진 재료

㉲ 투수성이 낮은 재료

② 사용해서 안될 흙

㉮ 벤토나이트(bentonite), 산성백토, 유기토 등 흡수성이 크고 압축성이 큰 흙

㉯ 동토나 빙설, 초목, 끊어진 나뭇가지 기타 다량의 부식물을 포함한 흙

③ 성토 다짐

㉮ 흙의 공극을 없애고 투수성을 저하시켜 물의 침입에 의한 연화, 팽창을 적게 하여 흙을 가장 안전하게 한다.

㉯ 성토의 사면 안정, 교통하중의 지지 등 토구조물에 필요한 강도특성을 가지게 해야 한다.

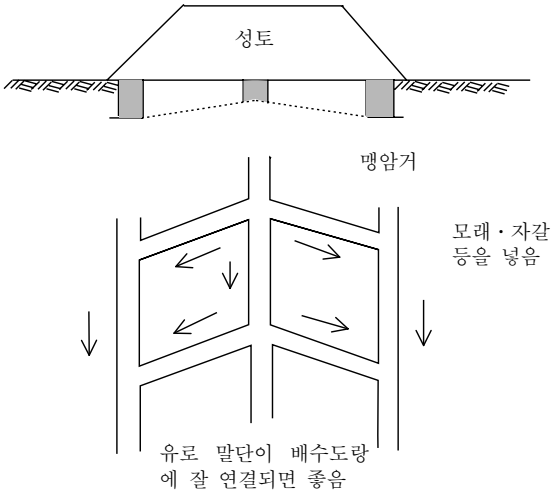
㉰ 도로성토 등은 특히 완성 후의 노면에 악영향을 주는 성토자체의 압축침하를 적게 해야 한다.

3.3.1.6. 성토시공

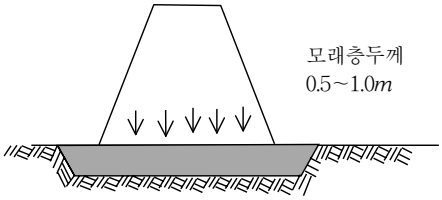
가. 기초지반

성토의 기초지반에 초목이나 나뭇가지가 그대로 남아 있을 경우 성토를 하면 이들

이 장래 부식하였을 때는 이완되는 곳이나 동공이 생겨 침하가 발생할 우려가 있다. 그러므로 먼저 벌개제한작업을 하여야 한다. 이 작업은 성토고 3m 이하에는 반드시 하여야 하나 이보다 높아도 벌개제한을 하는 것이 좋다. 또 논이나 습지에 표층이 얇은 연약층이 존재할 때가 많다. 이와 같은 때는 성토의 제 1층의 다짐이 곤란하거나 지지력 확보가 힘들게 된다. 이 때문에 깊이 0.5~1m 정도의 도랑을 성토 바닥에 적당히 만들어 그림 8-3-36과 같이 굵은 자갈이나 밑넣기 자갈로 되메우기를 하여 배수를 용이케 하고 기초지반을 충분히 건조시켜 강도를 높여 성토를 하거나 0.5~1m두께의 모래나 자갈 밑넣기 등 양질재료를 까는 공법 그림 8-3-37을 취한다.



<그림 8-3-36> 답 등 성토기초지반의 배수

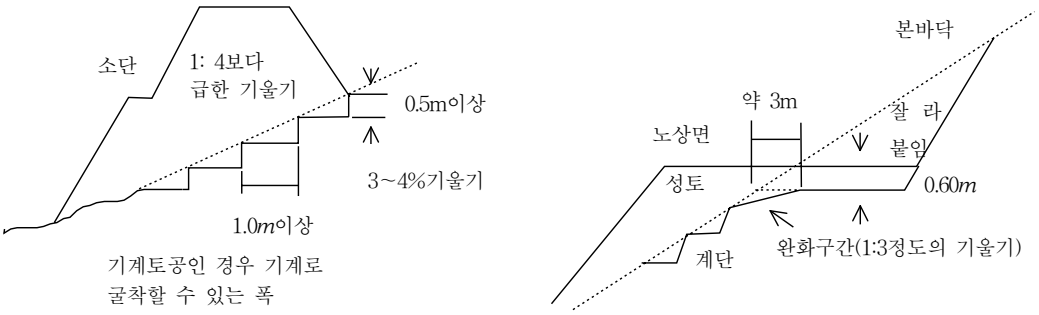


<그림 8-3-37> sand mat 공법

나. 성토 순서

(1) 경사지 성토

경사가 된 성토에는 계단상으로 층깍기를 하여 골동의 저항을 크게 할 필요가 있다. 단절과 한쪽 계단성토부에는 그림 8-3-38(b)와 같이 절취부와 성토의 접속이 잘 되게 하기 위하여 완화구간을 설치한다. 이 때 절취구간에 있어서는 지하수, 표면수가 성토부에 침식되지 않게 처리를 잘 해야 한다. 특히 성토고가 높은 경우, 그림 (a)와 같이 소단을 만들면 압성토의 안정에도 대단히 유리하며, 편책공, 줄떼공 등을 실시할 때에는 발붙임으로 이용할 수도 있다.



(a) 계단깍기 (b) 계단 및 완화구간

<그림 8-3-38> 경사지의 절성토공법

(2) 구조물에 접하는 부분의 성토

구조물 뒷부분의 뒤채움 성토는 일반적으로 구조물을 시공한 후에 짧은 시간 내에 시행하므로 충분한 다지기를 할 수 없어 구조물과 성토 사이에 부등침하가 일어나기 쉽다. 따라서 그 접속부에는 다지기가 가능하도록 충분한 넓이가 필요하다.

(3) 시공 중 배수와 성토작업

성토시공중에는 성토면의 배수처리를 잘 해야 한다. 배수가 양호하지 않으면 강우시 유수가 되고 흙이 연약화되어 불균일한 성토가 될 뿐 아니라 점성토일 경우에는 중장비의 지지력이 약해져 강우 후의 체지일수가 길어져 가동율이 저하된다.

성토시공중 배수를 잘 하기 위해서는 성토면을 평탄하게 할 뿐 아니라 성토중앙부에서 4% 이상의 횡단기울기를 붙이는 것이 좋다. 시공할 현장은 정연하게 정돈하고 성토재료의 펴기층은 될 수 있으면 얇게(20~30㎝) 수평으로 깔아야 하며 50㎝ 이상 깔기 두께는 피해야 한다.

(4) 성토사면의 다짐

성토사면의 세굴, 붕괴를 적게 하자면 노체와 함께 사면도 충분히 다져야 한다. 성토사면은 두 가지 형식이 있다.

① 덧돋움 설치형식 : 재료가 점착성이 없고 씻어 내기 쉬운 토질, 또는 식생생육이 힘든 토질인 경우에는 사면에 별도의 점착성이 좋은 흙으로 피복하는 것을 말한다.

② 덧돋움을 설치하지 않는 형식

성토재료가 점착성이 좋은 흙이라면 피복토를 하지 않아도 된다.

3.3.2. 임도 개설 장비

임도공사에 장비를 도입하게 된 것은 근래의 일이지만 운재용 트럭이 점차 대형화하여 감에 따라 종래 임도에 대한 로폭의 확충을 필요로 하고 또 내구력이 있는 로반이 필요하게 된 것을 그 원인으로 들 수가 있다.

토공의 기계화는 시공기간을 단축하고 시공단가를 절감시키는 것이 목적이지만 임도공사용 장비는 지형과 경제상의 두가지 제약이 있으므로 시공량과 공기에 적합한 시공장비를 사용할 필요가 있다.

현재 임도공사에 사용되고 있는 토공기계는 불도저, 백호우, 덤프트럭이 주종을 이루고 롤러, 머터그레이드 등의 사용은 극히 적다.

종 류 / 구 분	D - 7 트랙타	D - 8 트랙타	TD - 24 트랙타
도 저	12.50 ton	22.50 ton	24.50 ton
트 랙 타	10.50 ton	10.50 ton	20.50 ton
높 이	2.30 *m*	2.30 *m*	2.59 *m*
깊 이	4.12 *m*	4.12 *m*	4.24 *m*
넓 이	259.08 ㎠	243.84 ㎠	350.53 ㎠
제 동 마 력	92.84 HP	160 HP	195 HP

3.3.2.1. 토공기계

가. 도저 (Dozer)

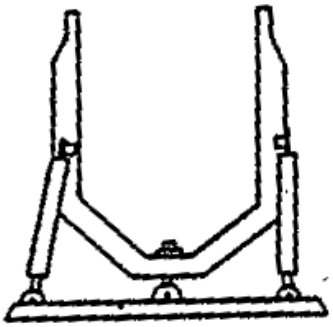
도저란 트랙타 앞에 삽이 장치된 것을 말한다. 삽은 크로라 및 타이어(Taier)식 트랙타에 공히 장치될 수 있으며 유압 또는 케이블(Cable)로 작동된다.

도저는 굴토, 밀기 확토작업에 사용되며 단거리 작업에 적합하다. 경제적인 작업거리는 10*m*~100*m*이며 아래와 같이 3종류로 분류한다.

(1) 불도저(Straight dozer)

불도저는 삽날이 트랙타 전면에 90°로 설치되어 있으며 고정되어 있다. 삽을 상하로 움직일 수 있으며 따라서 삽면을 약간 전후로 움직일 수 있으나 각은 지울 수 없다. 삽에 있는 측판은 많은 흙의 양을 유지하게끔 한다. 이 도저는 직선 송토와 거치

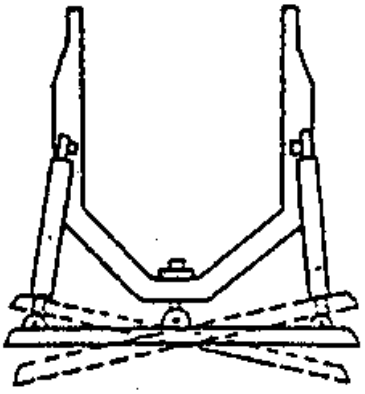
를 배수로 매몰작업이 적합하다. 어떤 형태의 불도저는 삽을 약간 좌우로 경사지울 수 있다. 정확한 삽 조정은 작업량을 상당히 증가시킬 수 있다.



<그림 8-3-39> 불도저

(2) 앵글도저(Angle dozer)

앵글도저는 삽을 트랙타의 긴 축선에 대항 좌우로 30°각을 지울 수 있으며 불도저와 같이 90°로 설비할 수도 있다. 삽날을 각지울 때 최대 30.48㎝까지 좌우로 움직일 수 있으며 따라서 굴토 능력을 증가시킨다. 앵글도저는 불도저, 앵글도저, 틸트(Tilt) 도저로 사용할 수 있다. 이 도저는 측능절단 제설작업 또는 배수로 매몰작업 같은 측면으로 흙을 매몰하는 작업 등에 효과적으로 사용된다.

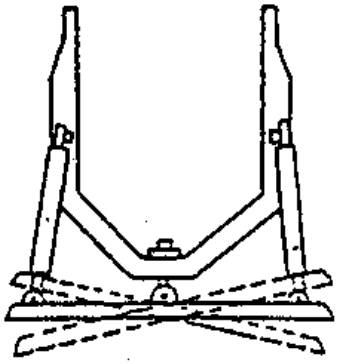


<그림 8-3-40> 앵글 도저

(3) 틸트(Tilt)도저

불도저의 용도를 가지고 있는데 부가해서 틸트조정을 할 수 있다. 틸트조정은 각 푸시빔(Push beam)위치하고 있는 틸트조정 스크류에 의하여 수행된다.(또는 좌우상단의 핸들에서)이 조정을 좌우 15.24㎝씩, 죄다 30.48㎝ 경사지울 수 있으므로 V형

배수로 구축, 동결지면이나 굳은 땅을 파괴 또는 제방 경사작업에 적합하다.



<그림 8-3-41> 틸트도저

(4) 기타 도저

① U도저 (U dozer)

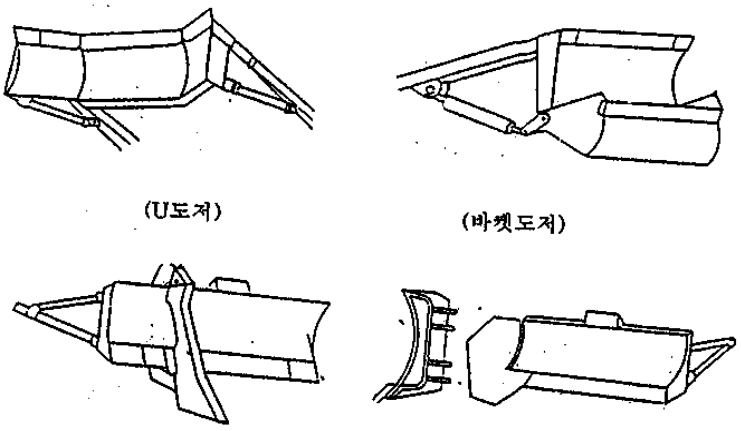
U형의 삽을 장비한 것으로 운토능력이 커서 장거리의 굴삭운토작업에 편리하다.

② 바켓도저 (Bucket dozer)

유압 시린더에 의해 바켓을 개폐할 수 있어서 바켓을 열면 도저와 같은 역할을 하고 닫았을 때는 스크레이프와 같은 운토작업을 할 수 있다.

③ 도저루트와 사이드 디치

도저 루트와 사이드 디처는 삽에 부착시키는 장치로 도저루트는 근주의 제거 및 임도의 측구를 팔 때 이용하고 사이드 디처는 측구를 팔 때 사용한다.



<그림 8-3-42> U도저, 바켓도저, 도저루트와 사이드디치

나. 기타 장비

(1) 견인 스크레이파

트랙타 뒤에 견인되어 동력조정장치(PCV)의 작동으로 흙을 자동적으로 파서 싣고 일정한 거리를 운반 후 살포할 수 있는 장비(1.1㎥ 이상)이다.

(2) 루타(Rotter)

루타는 크로타형 트랙타에 의해 견인되어 PCV의 작동으로 굳은 땅 암석, 나무뿌리 및 포장된 지역을 파헤치는데 사용한다.

(3) 로다(Loader)

타이어(Tire)식 또는 크로타형 트랙타 앞에 바켓트(Bucket)가 설치되어서 덤프 트럭에 토사를 적재하는데 사용한다.

(4) 크레인

트랙타에 견인 또는 설치되어 PCU의 작동으로 중하물을 이동할 수 있는 장비이다.

(5) 백호우

트랙타 후부에 장착한 유압장치로서 트랙타 접지면보다 낮은 위치의 굴삭작업에 적합하다.

(6) 토우인 윈치

트랙타 후부에 장착한 집재용 윈치로서 단동 또는 복동으로 되어 있다.

3.3.2.2. 토공기계의 선정

공사를 실시함에 있어 작업의 종류, 규모, 시공 및 현장조건 등에 의하여 적당한 기계를 선정해야 한다. 작업종별로 그에 적응하는 건설기계의 종류는 아래와 같다.

가. 작업종별로 본 적정기계

<표 8-3-24> 작업종별로 본 적정기계

작업의 종류	적정기계의 종류
벌개	불도저(bulldozer), 레이크 도저(rake dozer)
굴착	파워 쇼벨(power shovel), 백호우(back hoe), 크람셀(clam shell), 트렉터 쇼벨(tractor shovel), 불도저, 리퍼(ripper), 브레이크(braker)
싣기	쇼벨계 굴착기(파워 쇼벨, 백호우, 크람셀), 트렉트 쇼벨, 벨트콘베이어(belt conveyer), 기타 연속식 적입기
굴착・싣기	쇼벨계 굴착기, 트렉터 쇼벨, 준설선(dredger)
굴착・운반	불도저, 스크레이프 도저(scrape dozer), 스크레이퍼(scraper), 트렉터 쇼벨, 준설선
운반	불도저, 덤프트럭(dump truck), 벨트콘베이어, 기개차와 토운차, 가공소도(aerial cableway)
땅끝손질	불도저, 모우터 그레이더(motor grader), 스프레이더
함수비조절	스태비라이저(stabilizer), 프라우(prow), 모우터, 그래이더, 살수차
다지기	로우드 로울러(road roller), 타이어 로울러(tire roller), 템핑로울러(tamping roller), 진동 로울러 콤팩터(compactor), 래머(rammer), 불도저
정지	불도저, 모우터 그레이더
도랑파기	트랜쳐(trencher), 백호우

나. 토질과 지형조건에서 본 다짐기계

<표 8-3-25> 토질과 지형조건에서 본 다짐기계

토질의 명칭 / 기계명	암괴, 호박돌력	력질토	모래	사질토	점토·점질토	돌·섞점인질점토토	대토단·히점경질한토점	대점단토히·굳점은질토	비고
· 로우드로울러	A	A	A	A	B	B	C	C	A : 유효하게 사용할 수 있다. B : 그밖에 적당한 기계가 없을 때는 사용해도 좋다. C : 부적당하다.
· 자주식 타이어로울러	B	A	A	A	A	A	C	B	
· 파견인식 타이어로울러	B	A	A	A	A	A	C	B	
· 탬핑로울러	C	C	B	B	B	B	C	A	
· 진동로울러	A	A	A	C	C	B	C	C	
· 진동컴팩터	B	A	A	C	C	B	C	C	
· 태머	B	A	A	B	B	B	C	B	
· 불도저	A	A	A	B	B	B	C	B	
· 습지불도저	C	C	C	B	B	B	A	C	

(주) 1) 로우드 로울러는 노상면 등의 끝손질에 사용한다.

2) 타이어 로울러에 의한 성토부의 다짐은 일반적으로 자주식을 사용하는 것이 적당하다. 그러나, 공사장소의 지형이 복잡하거나 몇 가지의 field 작업을 받을 때 등에는 파견인식의 사용도 검토할 필요가 있다.

3) 불도저를 성토비탈면의 다짐에 사용할 경우는 비탈면의 기울기가 1:1.8보다 느슨한 편이 능률적이다.

4) 래머, 탬퍼는 구조물 뒤채움 등의 국부적인 장소의 다짐에 사용한다.

5) 습지 불도저를 성토부, 비탈면의 다짐에 사용하는 조건으로서는 qc = 4 이하의 대단히 연한 점질토, 점토 등이라는 점을 들 수 있다.

다. 운반거리에서 본 적정기계의 표준

<표 8-3-26> 운반거리에서 본 적정기계의 표준

구 분	거 리	토 공 기 계 의 종 류
단 거 리	70m 이하	불도저, 트렉터 쇼벨, 스크레이퍼 도저, 버킷도저
중 거 리	70~500m	스크레이퍼 도저, 버킷 도저, 피화인식 스크레이퍼, 모우터 스크레이퍼, 쇼벨계 굴착기와 덤프 트럭과의 조합, 트렉터 쇼벨과 덤프 트럭과의 조합
장 거 리	500m 이상	모우터스크레이퍼 쇼벨계 굴착기와 덤프 트럭과의 조합 트렉터 쇼벨과 덤프 트럭과의 조합

3.3.3. 작업능력 산정과 작업방법

3.3.3.1. 기본능력산정식

토공에 있어서의 작업능력은 1시간당의 작업량으로 표시하는 것이 일반적이고 또 1회당작업량과 1시간에 몇 회 그 작업을 할 수 있는가를 구하여 이들을 곱하면 1 시간당 작업량이 산출된다. 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$Q = \frac{60 \cdot q f \cdot E}{cm}$$

Q : 1시간당 작업량(㎤/h)

q : 1작업 사이클당 표준작업량(㎥/h)

f : 토량환산계수

E : 작업효율

㎝ : 1작업당 사이클 시간 (min)

<표 8-3-27> 토량환산계수 f의 값

구하는 Q / 기준이 되는 q	자연상태의 토 량	흐트러진 상태의 토량	다져진 후의 토 량
자연상태의 토량	1	L	C
흐트러진상태의토량	1/L	1	C/L

(주) 표의 L 및 C는 토량의 변화변임.

또한 사이클 시간(Cycle time)이라 함은 왕복작업하는 작업1순환에 요하는 시간을 말한다. 또 토량환산계수는 Q와 q가 동일한 흙의 상태일 때에는 f = 1로 되나 그 상태가 다를 경우에는 표 8-3-27에 표시된 값이 고려된다.

3.3.3.2. 작업기계별 작업능력 산정

가. 불도저

불도저는 보통 19t, 대형 27t, 소형으로는 11t, 습지용은 15t, 9t이 잘 사용된다.

1시간당 토공량의 산정은 기본능력산정식과 같은 형이다.

단, Q : 1시간당 작업량(㎥/h)

q : 1회의 굴착압토량(㎥)

f : 토량환산계수

E : 작업효율

㎝ : 1회 사이클 시간 (min)

① q : 토공판(blade)으로 1회에 굴착압토되는 토량은 토공판의 치수, 형상, 토질 및 시공에 따라 다르나 보통 토공판의 용량(q°)에 기울기계수(p)를 곱한 것이다. 즉 q = q°×p 로 구한다. 불도저는 그림 8-3-43과 같은 각종 토공판을 가지며 토질과 공종에 따라 적당히 선택 사용되고 있다.

<표 8-3-28> 토공판치수와 용량

기 계 명	규 격 (t)	토공판평균치수 L(m)×H(m)	용 량 q0(㎥)
앵글도저	3	2.28×0.58	0.5
〃	8	3.09×0.71	1.1
〃	11	3.55×0.89	1.9
〃	14	3.94×1.00	2.7
〃	21	4.26×1.06	3.3
〃	27	4.14×1.14	4.2
〃	32	4.75×1.14	4.8
스트레이트도저	32	4.13×1.56	7.0

<표 8-3-29> 압토거리, 운반로 기울기에 관한 계수

기울기(%) \ 운반거리(m)		10까지	20	30	40	50	60	70	80
평탄	0	1.0	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72
하향	5	1.12	1.08	1.03	0.99	0.94	0.90	0.85	0.81
	10	1.28	1.23	1.18	1.13	1.08	1.02	0.97	0.92
	15	1.47	1.41	1.29	1.29	1.23	1.18	1.12	1.06
상향	5	0.89	0.85	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.64
	10	0.80	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58
	15	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53

② cm : 다음 식으로 구한다.

$$cm = \frac{\ell}{V1} + \frac{\ell}{V2} + t$$

cm : 도저의 사이클 시간 (min)

1 : 평균굴착압토거리 (*m*)

V1 : 전진속도 (*m*/min), 1~2 단

V2 : 후진속도 (*m*/min), 2~4 단

t : 기어 바꾸는데 요하는 시간 및 가속시간 (min), 0.25 min 정도

계획에는 많은 실적에서 나온 다음 식으로 구할 때가 많다.

$$cm = 0.037l + 0.25$$

③ E : 표 8-3-30과 같은 값이 사용된다.

불도저는 작업과 구조상으로 앵글 도저(angle dozer)와 틸트 도저(tilt dozer)가 있고 토공판의 움직임으로 측면압토와 측구파기도 할 수 있다. 스트레이트 도저(straight dozer)는 중굴착, 중압토의 굴착에 적합하다.

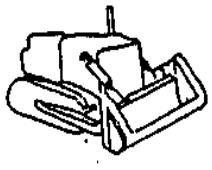
<표 8-3-30> 도저의 작업효율 (E)

흙의 명칭	
모래, 조건이 좋은 보통토	0.8~0.6
력질토, 보통토, 조건이 좋은 돌이 섞인 점질토, 점토	0.7~0.5
조건이 나쁜 보질토, 암괴, 호박돌, 력	0.6~0.4
조건이 나쁜 돌이 섞인 점질토, 점토, 고결된 력질토	0.5~0.3
조건이 나쁜 점질토, 점토	0.4~0.2

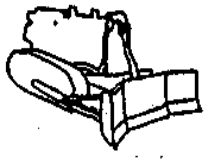
주) ㉮ 반입된 흙의 압토 또는 고르기 작업에는 E = 1.3~0.3 정도로 생각한다. (단, 반입된 전토량을 취급토량으로 하여 산정할 경우)

㉯ 조건이 좋다는 것은 굴착이 용이하고 압토된 흙의 상태가 토공판의 높고 고봉이 되게 할 경우

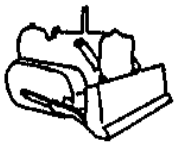
㉰ 조건이 나쁘다는 것은 취급 흙의 함수비가 낮은 반죽이 될 경우, 또는 함수비가 높고 압토작업으로 큰 흙덩어리가 생겨 공극이 많을 경우



버킷도저



U도저



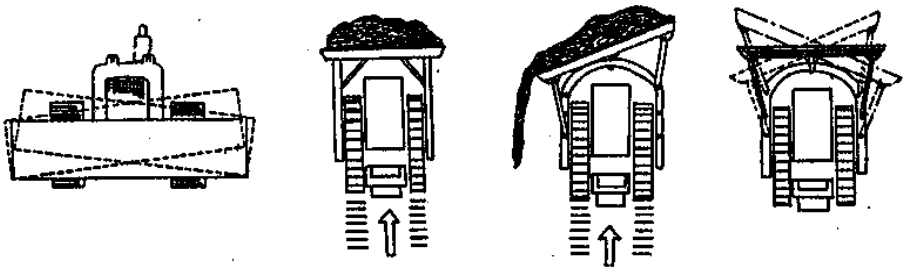
앵글도저

레이크도저

불도저

백도저

<그림 8-3-43> 도저의 토공판



(a) 털트도저 (b) 스트레이트도저 (c) 앵글도저 불도저

<그림 8-3-44> 도저 토공판의 작업자세

나. 유압리퍼

보통 27t, 소형 19t이 사용된다. 1시간당 암석의 파쇄량 산정식은 다음과 같다.

$$Q = 60 \cdot An \cdot l \cdot \frac{f \cdot E}{cm}$$

Q : 1시간당 파쇄량(㎥/h)

An : 리핑 단면적(㎥)

l : 1회 작업거리(*m*)

f : 토량환산계수

E : 리퍼(riffer)의 작업효율

㎝ : 사이클 시간(min)

① An : 트랙터(tractor)의 규격, 리핑, 날의 개수, 암석의 종류 등에 따라 그 평균적 값으로 다음 표가 사용된다.

<표 8-3-31> 리핑단면적 An

규 격	1회당 리핑 단면적(㎡)		
	1개날	2개날	3개날
21t 급	0.14	0.28	0.42
32t 급	0.20	0.40	0.60

② f : 작업량을 자연상태의 토량으로 구할 때 f = 1

파쇄되어 흐트러진 상태의 토량으로 구할 때 f = L

다져진 후의 토량으로 구할 때 f = C

③ cm : 다음 식으로 구한다.

$$cm = \frac{\ell}{V1} + \frac{\ell}{V2} + t$$

cm : 사이클 시간(min)　　l : 1회 작업거리(*m*)

V1 : 리핑 속도(*m*/min), 전진 1단의 0.09~0.6

V2 : 후진속도(*m*/min), 1~2 단

t : 기어 바꾸기, 리퍼승강 등에 요하는 시간(min),

계산할 때는 다음 식으로 구한다.

$$cm = 0.05l + 0.33$$

④ E : 암질과 석질의 탄성파속도에 대응시킨 표에서 E값을 구한다.

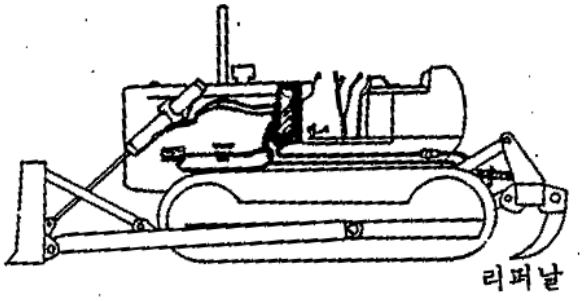
또 리퍼로 암석을 파쇄하면서 도저작업을 할 때 1시간당 토공량은 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{Q1 \times Q2}{Q1 + Q2}$$

Q : 1시간당 리퍼 도저(ripper dozer)의 작업량(m^3/h)

Q1 : 1시간당 리핑작업량(m^3/h, 흐트러진 상태의 토량)

Q2 : 1시간당 도저의 압토작업량(m^3/h)



<그림 8-3-45>　리퍼 도저의 유압시스템

<표 8-3-32> 리퍼 작업효율

구분	날의 개수	탄성파속도(m/sec)		표준작업효율 E	
		32 t급	21 t급	32 t급	21 t급
연	3개	600 800 1,000	500 700 900	0.85 0.65 0.45	0.85 0.65 0.50
중	2개	900 1,200 1,400	700 900 1,200	0.70 0.50 0.40	0.80 0.60 0.40
경	1개	1,200 1,500 1,800	1,000 1,300 1,600	0.80 0.50 0.30	0.90 0.50 0.30

주) 표준작업효율은 암석의 종류 및 기계의 성능에 의하여 20% 정도의 증감이 있다.

암석과 탄성파속도와의 관계는 다음과 같다.

<표 8-3-33> 암질별 탄성파속도

암 질	탄성파속도 (m/sec)		
	연	중	경
사암	~1,000	1,000~1,500	1,500~2,000
점판암	~1,000	1,000~1,500	1,500~2,000
석영반암	~900	900~1,200	1,200~1,500
챠아트	~600	600~1,000	1,000~1,500
석회암	~600	600~1,000	1,000~1,500
화강암	~600	600~1,000	1,000~1,500

다. 쇼벨계 굴착기

1시간당 토공량은 다음 식으로 구한다.

$$Q = 3600 \cdot q \cdot k \cdot \frac{f \cdot E}{cm}$$

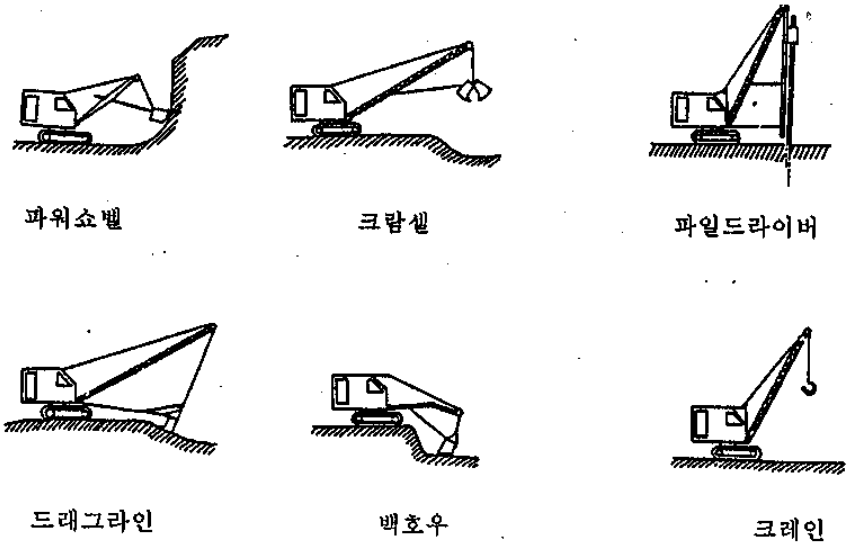
Q : 운전 1시간당 작업량 (㎥/h)

q : 디퍼 (dipper) 또는 바켓의 용량(㎥)

k : 디퍼 또는 바켓계수

E : 작업효율(평균치 E = 0.55 계획에서 적정한 운반차의 배치를 생각할 경우는 E = 0.8~0.6)

cm : 사이클 시간



<그림 8-3-46> 각종 쇼벨과 어태치먼트

라. 트랙터 쇼벨

보통 1.4 ㎥이고 소규모로는 1.0㎥이 사용된다.

1시간당 토공량은 다음 식에서 구한다.

$$Q = 3600 \cdot q \cdot k \cdot \frac{f \cdot E}{cm}$$

Q : 운전 1시간당 작업량 (㎥/h)

q : 바켓의 용량(㎥)

k : 바켓계수

f : 토량환산계수

E : 작업효율(E = 0.8~0.6)

cm : 사이클 시간 (sec)

<표 8-3-34> 디퍼 또는 버킷 계수

굴착의 정도	흙의 명칭 및 상태	파워 쇼벨	백 호 우 드래그라인
용이한 굴착	용이하게 굴착되는 연한 토질로서 버킷에 가득 채워지고 고봉이 되는 일이 많은 것, 예로 조건이 좋은 모래, 보통 흙	1.30~1.10	1.20~1.00
보통의 굴착	위의 것 보다는 다소 경하고 다져진 토질로서 버킷이 대개 가득 채워지는 것, 예로 모래, 보통 흙, 조건이 좋은 점토	1.10~0.80	1.00~0.75
다소 곤란한 굴 착	버킷에 다소 들어가기 힘들고 가득 채울 수 없는 것, 경한 폭파를 필요로 하는 것, 예로 경한 점질토, 점토, 고결된 력질토	0.80~0.70	0.75~0.65
곤란한 굴착	굳어져 버킷에 들어가기 힘들고 불규칙한 공극이 생기는 것, 예로 폭파 또는 ripper에 의하여 절붕된 암괴, 호박돌 막돌(력)	0.70~0.50	0.65~0.45

<표 8-3-35> 파워쇼벨(power shovel)의 사이클 타임(기계로우프식)

규격 (㎥)	시회각도 (。)	사이클 타임 (SEC)				적 요
		용이한 굴 착	보통의 굴 착	다소 곤란한 굴 착	곤란한 굴 착	
0.3	90 135 180	15 18 21	18 21 25	21 25 29	24 29 34	U03, 16 AI, D04, C 350
0.5	90 135 180	16 19 23	19 23 27	22 26 31	25 30 35	205
0.6	90 135 180	16 19 23	19 23 27	23 27 32	26 30 35	U106,315, 24 D, 305, 22Bcm, LS 78, D 107
1.2	90 135 180	18 21 25	21 25 29	24 29 33	27 32 38	U 112 655B 605

주) ① 백호우(back hoe)의 사이클 타임은 파워 쇼벨의 20%증(용이한 굴착)~50% 증(곤란한 굴착) 정도가 된다.

또한 cm는 V형적입방법 그림 8-3-47과 I형적입방법 그림 8-3-48의 2종류의 적입방법이 있는데 1개 사이클 시간은 각각 다르고 다음 식으로 산정한다.

$$cm = m\ell + t1 + t2$$

cm : 트랙터 쇼벨의 사이클 시간 (sec)

ℓ : 운반거리(편도) 특히 거리를 지정하지 않을 때는 $\ell = 8m$정도

m : 계수(sec/m) 리대식(crawle type, 캐터필러가 붙은 것)m=2

차륜식(wheel type, 고무 타이어식) m = 1.8

t1 : 바켓으로 재료를 올리는데 요하는 시간 (sec)

t2 : 기어바꾸기, 위치결정, 적입 및 운반차 도입을 위한 대기시간(sec)

V형적입방법 t2 = 20, I형적입시간 t2 = 12

트랙터 쇼벨은 forkley 또는 payloader라고도 부른다. 이 종류는 굴착기로서 타이어식인 휠-로우더(wheel loader)가 있다. 이것은 기동력이 풍부하여 굴착싣기에 대단히 능률적이다.

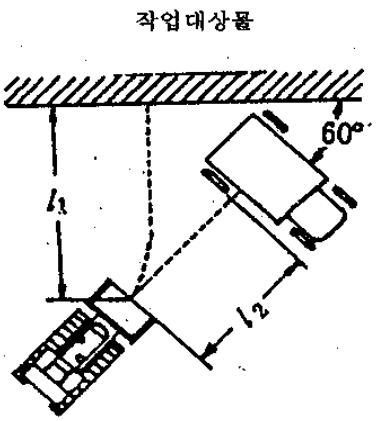
<표 8-3-36> 트랙터 쇼벨의 버킷계수 K

적입의 정도	흙의 명칭 및 상태	계수
용이하게 적입	다른 굴착기로 절붕하고 또는 집적된 산적 상태에서의 적입으로 굴착력을 필요로 하지 않고 버킷에 고봉으로 되는 것. 예로 조건이 좋은 모래, 보통 흙	1.05~0.85
보통의 적입	느슨한 산적상태에서의 적입이나 위의 것보다 다소 넣기 힘든 토질로서 버킷을 가득 채워지게 할 수 있는 것, 예로 모래, 보통흙, 조건이 좋은 점토, 또는 연한 사토를 직접 본바닥의 상태로 적입할 경우	0.85~0.65
다소 곤란하게 적입	버킷을 가득 채울 수 없는 것, 예로 다른 기계로 집적된 산적상태의 가는 쇄석, 경한 점질토, 점토, 고결된 력질토	0.65~0.55
곤란하게 적입	버킷에 넣기 힘들고 겹쳐 불규칙한 공극이 생기는 것, 예로 폭파 또는 ripper에 의하여 절삭된 암괴, 호박돌, 막돌	0.55~0.40

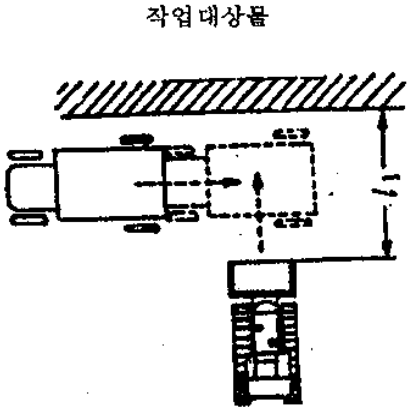
<표 8-3-37> 끌어올리는데 요하는 시간 t1 (sec)

작업의 정도	crawler type		wheel type	
	산적상태에서의 끌어올리기	지면에서의 굴착 집토 끌어올리기	산적상태에서의 끌어올리기	지면에서의 굴착 집토 끌어올리기
용이한 적입	5	22	6	24
보통의 적입	8	32	10	35
다소 곤란한 적입	10	40	15	45
곤란한 적입	12	-	20	-

◇ 작업방법



<그림 8-3-47> V형적입방법



<그림 8-3-48> I형적입방법

마. 덤프트럭

1시간당 1대의 덤프트럭(dump truck)의 운반토량은 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot f \cdot E}{cm} \cdot q = \frac{T}{\gamma_t} \cdot L$$

Q : 운전시간 1시간당 운반토량(m^3/h)

q : 1회 적재토량(m^3)

f : 토량환산계수

γ_t : 자연상태의 토석의 단위 중량(습윤밀도) (t/m^3)

T : 덤프트럭 적재용량(ton)

E : 작업효율(계획의 표준치 = 0.9 정도)

L : 토량환산계수에서의 토량변화율

$$L = \frac{\text{흐트러진 상태의 토량 } (m^3)}{\text{자연상태의 토량 } (m^3)}$$

cm : 1회 사이클 시간(min)

$$cm = t1 + t2 + t3 + t4$$

t1 : 적재방법에 따라 산출

t2 : 왕복시간(분)

$$\text{왕복시간} = \frac{\text{운반시간}}{\text{적재시 평균주행속도}} + \frac{\text{운반거리}}{\text{공차시 평균주행속도}}$$

t3 : 흙을 뿌리는데 요하는 시간(표준치로서 모래, 호박돌 등 점성이 없는 재료일 경우 0.5~1.1 min : 점성토, 점토 등 점성이 있는 재료인 경우 0.6~1.5 min)

t4 : 적입장소에 도착한 다음 적입이 시작될 때까지의 시간 (0.15~0.7 min)

t5 : 적재함 덮개 설치

적재기계를 사용할 경우 사이클 시간의 산정은 다음과 같다.

$$Cmt = \frac{Cms \cdot n}{60 \cdot Es} + (t2 + t3 + t4 + t5)$$

cmt : 덤프트럭의 1회 사이클 시간(min)

cms : 적입기계의 1회 사이클 소요시간(sec)

Es : 적입기계의 작업효율(Es = 0.8~0.6)

n : 덤프트럭 1대에 토사 만재시 요하는 적입기계의 사이클 회수

$$n = \frac{Qt}{q \cdot k}$$

Qt : 덤프트럭 1대의 적재토량(m^3)

q : 적입기계의 디퍼 또는 바켓용량(m^3)

t : 디프 또는 바켓계수

<표 8-3-38> 도로의 상황과 평균차속

도로의 상황		표준평균차속(㎞ /h)	
		적하트럭	공하트럭
3차선이상	완전포장도로	25~35	30~40
	비교적 양호한 도로	20~30	25~35
	노면 상황이 나쁜 도로	20~25	
3차선미만 (비켜나기가능)	노면환경 등의 조건이 좋은 도로	15~25	20~30
	노면환경 등의 조건이 나쁜 도로	10~20	
공사현장내	노폭이 충분하고 유지수선의 정도도 좋고 견고한 운반도로, 비교적 좋은 운반로이나 유지수선이 나쁘다.	15~25	20~30
		10~15	
	노폭이 좁고 나쁜 운반로이고 유지수선도 나쁘다.	5~10	8~13

바. 모우터 그레이더의 작업능력책정

모우터 그레이더(motor grader)는 배수구의 길이에 의해 대형(3.7*m*), 중형(3.1*m*), 소형(2.5m)이 있고 대형을 많이 사용한다.

땅고르기 및 요철의 정정과 함께 운전 1시간당 작업량은 다음 식으로 구한다.

$$A = \frac{VbE}{n}$$

A : 운전 1시간당 작업면적(㎡/h)

V : 작업속도(*m*/h)

E : 작업효율

n : 고르기 회수 또는 긁어내기 회수

- V는 노반재료의 땅고르기 작업은 1,800*m*/h, 불규칙정정작업은 2,500 *m*/h
- b의 표준치는 표 8-3-39와 같다.
- E는 고르기 작업으로 0.35~0.7, 불규칙정정작업으로 0.35~0.85
- n은 노반재료의 고르기로 8회, 불규칙정정의 경우는 긁어내기 2회, 고르기 4회의 계 6회가 표준이다.

<표 8-3-39> 모우터 그레이더의 유효폭 b

기 종	블레이드의 폭	블레이드의 유효폭(b), (*m*)	스케어리파이어의 긁어내기폭(*m*)	스케어리파이어의 유효폭(*m*)
2.5 *m* 급	2.5	1.9	0.90	0.7
3.1 *m* 급	3.1	2.4	1.07	0.9
3.7 *m* 급	3.7	2.9	1.23	1.1

아. 다짐기계의 작업능력의 산정

토공 공사용 다짐기계로서는 타이어 로울러(tier roller), 불도저, 탬핑 로울러(tamping roller), 대형진동 로울러 등이 있고 노반공용으로는 마카담 로울러(macadam roller), 텐덤로울러(tandem roller) 등이 또 좁은 장소에서는 컴팩트(compactor), 래머(rammer) 등이 사용된다.

1시간당 토공량의 산정은 다음 식으로 구한다.

- 토공량을 다짐으로 표시하는 경우

$$Q = 1000 \cdot V \cdot W \cdot \frac{H \cdot f \cdot e}{N}$$

- 토공량을 다짐면적으로 표시하는 경우

$$A = 1000 \cdot V \cdot W \cdot \frac{E}{N}$$

Q : 운전 1시간당 작업량(㎥/h)

V : 작업속도(㎞/h)

W : 로울러의 유효다짐폭(*m*)

H : 펴는 흙의 두께(*m*)

f : 토량환산계수

N : 소요다짐 회수

A : 운전 1시간당 다짐면적(㎡/h)

- V, W : 표준치는 표 8-3-40과 같다.
- E : 성토, 토질조건이 좋고 용이한 작업 0.8~0.6
  성토, 토질조건이 나쁜 경우 0.6~0.4이다.

<표 8-3-40> 다짐 기계의 유효다짐폭과 다짐 속도

기 계 명	규격(t)	유효다짐폭(m)	표준다짐속도 (㎞/h)
마 카 담 로 울 러	6~8 8~10 10~12 12~15	0.7 0.8 0.8 0.9	15~2.0
텐 덤 로 울 러	6~8 8~10 10~13	1.1 1.1 1.2	2.0
타 이 어 로 울 러	5~8 8~15 12~22	1.4 1.8 2.0	2.5
진 동 로 울 러	1.7 2.7 4.5	0.7 0.7 0.8	1.0
진 동 컴 팩 터	1.0	0.4	0.6

다음 충격식 다짐 기계(래머 등)의 1시간당 토공량 산정은 다음 식에서 구한다.

$$Q = \frac{A \cdot N \cdot H \cdot f \cdot E}{P}$$

Q : 운전 1시간당 작업량(㎥/h)

A : 1회의 유효다짐면적(㎡)

N : 1시간당 다짐회수(회/ h)

H : 펴는 흙의 두께(*m*)

f : 토량환산계수

P : 되풀이다짐회수

A, N : 표준적인 것으로 래머(rammer)의 중량은 80~100kg인 것이 많이 사용된다. 1회의 유격다짐면적은 0.034㎡, 타격회수는 3,600회/h로서 계획되는 것이 보통이다.

E : 표준치로서 0.7~0.3

P : 일반적으로 3회 정도이다.

3.3.4. 기계경비

3.3.4.1. 기계경비의 구성

기계화, 성력화가 진행됨에 따라 총공사비에서 기계경비가 차지하는 비율은 매년 증가하고 있다. 따라서 기계경비의 합리적인 중요한 요소가 있다. 기계경비의 구성은 발주자, 또는 수주자의 경우도 기업규모, 경리조직의 상이 등에 의하여 여러 가지 형이 되지만 만약 기계류를 건설회사 자체가 보유할 경우라면 아래와 같은 구성은 하게 된다.

3.3.4.2. 기계손료

기계손료는 수해자의 임대업자로부터 임대료로서 차용하는 경우는 그 실무에 따라 지불하지 않으면 안 된다. 회사 자체가 보유하고 있는 기계의 경우는 다음과 같은 각항의 비용을 합산한 것을 계상해야 한다.

- 기계경비
  - 기계손료
    - 상각비
    - 정기정비비
    - 현장수리비
    - 기계관리비
  - 운전경비
    - 연료, 유지, 전력
    - 운전수,조수의 참여 기타 노무비
    - 소모적 부품비
    - 소모품, 잡품비

  } 직접공사비
  - 조립, 해체비
  - 수송비
  - 수리시설의 설치, 철거비 등

  } 간접공사비

가. 상각비

기계의 사용 또는 경년에 의한 가치의 감가류를 말한다. 즉 기계의 구입 가격과 폐기처분할 때의 가격의 차가 전체의 상각비이고 여기에 의해 내용연수에 달하였을 때 새 기계의 구입으로 바꾸어지게 된다.

어느 방식을 쓰든지 상각비의 누계는 동일하다. 따라서 적산상 편리한 비례법을 채용하고 잔존율은 세법에 맞추어 0.1을 손료의 산정에 채용하고 있다.

나. 정기정비비

정기적으로 시행하는 over holl, 대수리 등의 비용이고 내용시간내에 소요되는 전 정기정비의 비용과 구입가격과의 비율 즉 정기정비율의 유사 기계 등의 data로 산정한다. 기계의 정비에는 대수리공장(motar pull)이 필요하다. 정기정비와 현장수리와는 구별이 곤란하고 양자를 합하여 일반적으로 유지수리라고 부른다. 유지수리에 요하는 비용은 기계의 이미 사용된 시간, 정비의 정도, 유지수리의 능력 및 그 정도, 운전원의 기량, 작업의 부하의 정도, 기계 운영의 적부 등 여러 조건에 따라 다르다. 그러나 현장 수리비는 운전시간에 관한 비례비로서, 정기 정비비는 운전시간에 관하여 증가하는 것으로 기계 종류마다 다음의 이론식을 생각한다.

현장 수리비 $Y = ax \cdot p$

누계 수리비 $Y = mxn \cdot p$

단, Y : 누계 비용, X : 누계 운전시간, P : 구입 가격, a, m, n : 기계에 의하여 정한 정수이고 실적 조사의 해석에서 구한다.

다. 기계관리비

이것은 기계를 소유관리하는데 필요한 경비로서 기계부문의 공통 경비 중 원가성이 있는 것을 말한다. 이 비용은 기계의 가동에 관계없이 필요한 것으로 연간 고정적인 비용이며 대수리공장(motor pull) 또는 여기에 준한 격납소 및 기계부의 일부로 필요한 경비라고 생각할 수 있다. 따라서 비용은 일반 관리비이며, 현장 관리비와는 중복되지 않게 하여야 한다.

3.3.4.3. 기계손료 산정식

기계손료 산정식은 다음의 산정식과 같이 운전시간(또는 운전일)과 공용일수의 합산으로 산정한다. 즉 상각비의 반분과 기계관리비를 연간 고정적 비용으로 생각하여 변동이 적은 표준 공용일수로 배부하고, 후에 상각비의 절반과 정기 정비비, 현장 수리비는 표준의 운전 시간으로 배부한다. 즉 기계손료를 운전시간과 비례시키는 것과 공용일수에 비례시키는 것을 병용하는 것으로 되어 있다.

기계손료=운전시간당손료(a)×운전시간(T)×공용일당손료(b)×공용일수(D)

$$a = \text{구입가격} \times \frac{0.5\times\text{상각비율}+\text{정기정비비율}+\text{현장수리비율}}{\text{비용시간}}$$

$$b = \text{구입가격} \times \frac{0.5\times\text{상각비율}+\text{연간기계관리비율}\times\text{내용연수}}{\text{내용연수}\times\text{연간표준공용일수}}$$

따라서 합산된 1시간당 손료는 1시간당 손료 (C) = $a+\frac{b}{t}$

단, $t = \frac{T}{D}$: 공용일당 운전시간

이 산정식에 의하여 공용일당 운전시간의 대소, 즉 기계 가동의 양부에 동반하여 시간당 손료의 보정이 자동적으로 행해지게 된다.

운전시간이 Zero인 경우라도 기계를 현장에 방치해 두면 표준의 30~40%의 손료가 적산된다.

<표 8-3-41> 기계손료의 개략백분율 (단위 : %)

기 계	상 각 비	정기정비비	현장수리비	기계관리비
토 공 용 기 계	40	34	10	16
포 장 용 기 계	47	23	9	21
기초·터널용기계	45	31	9	15
잡 기 계	43	27	16	14

기계손료의 구성요소에 의한 개략적인 백분율은 표 8-3-41과 같다. 공용 일수라 함은 기계의 반입, 반출을 포함하여 당해공사에서 소요되는 일수이다. 운전시간의 산정이 곤란할 때는 전술의 운전 시간을 운전일과 바꿀 수도 있다. 예비용 기계 등과 같이 시간적으로 불규칙하게 사용되어 운전일의 측정이 곤란할 기계는 다음 산정식에 의해서 공용일수만으로 산정된다.

기계손료 = 공용일당의 손료×공용일수

사용일당의 손료 =

$$\text{구입 가격} \times \frac{\text{상각비율}\times\text{정기정비비율}+\text{현장수리비율}+\text{연간기계관리비율}\times\text{내용연수}}{\text{연간표준공용일수}\times\text{내용연수}}$$

기계의 운전일당의 운전 시간의 표준치는

표준 운전일당의 운전시간 = 연간표준 운전시간 ÷ 연간표준 운전일수 공용일당의 표준 운전 시간은

표준공용일당운전시간 = 연간표준 운전시간 ÷ 연간표준 공용일수

가동일수율의 표준치는

표준의 가동일수율 = 연간 표준 운전일수 ÷ 연간 표준 공용일수로서 계산할 수 있다.

① 정비비율 : 기계의 경제적 내용시간 동안에 소요되는 정비비누계액의 기계취득 가격에 대한 비율

② 연간 관리비율 : 연간 소요되는 기계 관리비의 평균 취득 가격에 대한 비율

③ 평균취득가격 : 취득가격 × $\frac{1+\text{ 경제적내용연수}}{2\times\text{ 경제적내용연수}}$

④ 취득 가격 : 수입 가격에 대하여는 C.I.F.가격에 인정할 수 있는 수입에 따르는 제경비를 포함한 가격으로 하고 국산 기계는 표준 규격에 의한 표준 시가

<표 8-3-42> 기계의 가동실적 (과거 2년간 평균)

기 종	자료수	운전시간	공용일수	운전일수	공용일당 운전시간	운전일당 운전시간	운전일 수 율
불도저	1,355	1,110	235	175	4.8	6.3	0.76
쇼벨계	1,126	1,140	220	185	5.1	6.2	0.83
트랙터쇼벨	936	1,210	250	195	4.8	6.3	0.78
모터그레이더	266	950	225	170	4.2	5.6	0.74
로우드로울러	1,330	730	295	130	3.8	5.6	0.68
타이어로울러	628	830	205	140	4.0	5.9	0.67
아스팔트피니셔	157	620	155	100	4.0	6.2	0.66
아스팔트플랜트	379	660	180	105	3.7	6.3	0.59
덤프트럭	1,597	1,560	265	235	5.9	6.6	0.89

⑤ 잔존율 : 경제적 내용 시간이 끝날 때의 기계 잔존 가치의 취득 가격에 대한 비율을 말하며 0.1로 한다.

⑥ 경제적 내용 시간 : 잔존율이 취득가격의 10%인 경우에 경제적 사용이 가능하다고 인정되는 운전 시간

⑦ 연간 표준 가동시간 : 기계의 연간 운전시 표준이라고 인정되는 시간

⑧ 경제적 내용 연수 : 경제적 내용 시간을 연간 표준 가동 시간으로 나눈 값

⑨ 시간당 손료 : 손료 산정의 시간당 손료 계수의 합계에는 시간당 상각비 계수, 정비 계수 및 평균 취득 가격에 의한 시간당 관리비 계수가 포함된 것으로 시간당 손료는 취득 가격에 시간당 손료 계수의 합계를 곱한 값을 말한다.

3.3.4.4. 운전경비

운전경비는 공사를 하기 위하여 기계를 운전하는데 필요한 경비로서 공사량에 비례하는 변동비이다.

가. 운전노동비

운전수·조수, 잡부의 급료, 임금 기타의 노무비로서 보통 기계에 운전수 1인, 조수 0.5인, 잡부 0.2인을 본다.

나. 연료, 잡유비

기계의 운전시간당의 사용 연료, 유지비를 계상한다. 보통 1시간당의 자연소비량은 가솔린 엔진 0.45ℓ/PS-h로서 대개 일정하다. 디이젤 엔진 0.24/PS-h로서 대개 일정하다. PS는 정격출력이다. 잡유비는 엔진 오일, 기어유, 그리스 등으로서 디이젤 엔진의 경우 필요 연료비는 대개 15~25%정도이다.

다. 소모품, 잡품비

시공량에 비례하여 필요로 하는 pipe, hose 기타의 잡품을 계상한다.

3.4. 임도유지 관리

3.4.1. 배수시설관리

도로는 토사도를 제외한 그 밖의 것은 표층 기층 노반 및 노상으로 되어 있다. 표층은 교통차량의 하중을 받아 이들 하중을 유지할만한 충분한 지지력을 가져야 한다. 노상을 구성하는 흙의 조성이 적합해도 수분이 과다하면 충분한 지지력을 가질 수 없다. 함수량이 과다하면 연약하여 변형하고 이것이 곧 도로파괴의 원인이 된다. 따라서 배수를 원활하게 하고 함수량을 감소시키는 것은 도로의 축조 및 유지에 지

극히 중요한 문제이다.

도로배수에는 표면배수와 지하배수가 있다. 어느쪽이든 강우량에 대하여 유수량을 산정해서 지장없이 통수될 수 있는 구조로 만든다. 그러면 유출량 계산을 할 경우 대개 추정이 불가하기 때문에 실제 단면결정에 있어서는 호우로 인한 토사, 벌근 등이 유출되어 통수단면을 축소, 또는 기타역할에 의해 재해의 기인이 될 경우가 있으므로 근방에 유사한 설비가 있으면 과거에 어떤 경우가 있었든지 또 장래 벌채 등으로 인하여 어떤 영향을 줄 것인가를 신중히 검토한 후에 통수 능력을 가능한 한 여유를 주어 크게 하는 것이 바람직하다.

표면배수는 노면에 내린 우수 및 설빙수가 도로의 노체에 침입하지 않도록 측구나 도랑으로 급속히 유출시키는 것을 말한다. 지하배수는 주로 배수관에 의하나 개거 맹하수관 등으로 집수시켜서 지하수위를 낮추고 함유수분을 감소시키도록 부근의 하천, 또는 수로에 유출시키는 것이다 .그리고 도로가 하천이나 수로를 횡단하는 곳에는 암거나 교량 등의 구조물을 설치하여야 한다.

3.4.1.1. 계획 및 조사

배수공은 도로의 중요성 특히 교통량 및 배수의 목적을 충분히 고려한 후 계획해야 한다.

아무리 좋은 배수설비라도 그것이 배수의 목적에 맞는 것이 아니면 아무 소용없는 유휴시설이 될 우려가 없지 않다. 가령 지하수위가 낮은 지역에 그것을 모르고 노상배수구를 만든다든가 지극히 투수성이 양호한 노상토임에도 불구하고 좋은 노반배수구를 설치하는 것은 종종 있는 일이다.

이러한 실패를 하지 않기 위해서는 설계에 앞서 충분히 조사해두지 않으면 안된다. 배수면의 단면이 부족하거나 배수구의 위치가 부적당한 것은 모두 사전의 조사가 부족하기 때문이다.

배수공을 계획하기 위하여 이루어지는 조사는 다음과 같으며 동일 배수계통의 지역에 있는 기설 배수시설의 단면과 상황(현재까지의 성적과 피해상황) 및 배수계의 구분 등도 잊지 말고 조사해두어야 한다.

(가) 지형 및 지표면의 피복상황

(나) 기상

(다) 토질

(라) 지하수 용수의 상황, 기타

도로의 파괴는 직접 또는 간접적으로 물이 원인이 되어 일어나는 경우가 대단히 많다. 이 때문에 배수공의 계획, 설계에 있어서 지형, 지질, 기상 및 지하수의 상황 등을 충분히 조사한 뒤에 그 위치, 형식, 수량을 결정한다.

3.4.1.2. 유출량의 산정

측구의 유수나 단면적을 결정하려면 유입하는 우수의 유출량을 산정할 필요가 있다. 집수면적에는 도로폭의 절반과 우수가 유입하는 도로에 접하는 면적을 취하는데 전자에는 전강우의 80~90% 후자에는 70~80%가 유입한다고 생각하면 대차없다. 집수면적은 전기한 바와 같이 도로폭 절반의 면적과 도로의 인근지대에서 우수가 유입하는 지역의 면적을 합한 것이다. 이 인접지역의 면적을 1/50,000도상에서 분수령을 찾아서 구한다. 그러나 가장 문제가 되는 것은 강우량 즉 계획우량강도이다. 여기서 시간당 강우량은 매년의 최대것을 취하여 매년 시간당 최대우량이 생기는 것을 하나의 자연현상으로 보고 강우의 빈도를 구한다.

미국의 Public Road Structure Section에서는 중요한 교량설계에는 50년측구 암거 등에서는 10년을 채용하고 있다. 이것은 수십년의 통계로부터 50년 또는 10년에 한번씩 일어날 수 있는 가능성의 최다 시간당 강우량을 의미한다.

일본에서는 도로 법면 하수도의 배수설비에 대해서는 3~5년, 도로 인접지를 대상으로 하는 배수설비에 대해서는 5~10년, 교량 등의 통수단면 결정에 있어서는 그 중요성에 비추어 10년 이상의 빈도로 일어나는 우량을 채용하고 있다.

우리나라 임도의 통수단면적은 최근 50년간의 홍수빈도를 적용하고 있다.

가. 유량계산

야계사방에서 도로의 단면적이나 댐에서 방수로의 크기 등을 결정하려면 그 지점을 통과하는 최고수위 때의 최대유량을 계산하면 된다. 우수량계산은 여러 가지 방법이 고안되어 있지만 그렇게 정도를 필요로 하는 것이 아니기 때문에 다음 계산공식으로 함이 좋다.

일반적으로 사방에서 많이 쓰여지는 식은 시우량법(Lauterburg식)이다.

(1) 시우량법(Lauterburg식)

$$Q = K \times \frac{\frac{A \times m}{1000}}{60 \times 60} (\mathrm{m^2/sec})$$

여기서 Q : 1초 동안의 유량(㎥/sec)

A : 유역면적(㎡)

m : 최대시우량(㎜/hr)

K : 유출계수로서, 임목이 많은 산지에서는 0.35~0.45 임목이 적은 산지에서는 0.55~0.60으로 하며, 황폐류역에서는 0.75~0.85 정도로 한다.

이 식은 최대 시간량과 집수구역 면적에 의한 방법으로 1시간동안 내린비가 1시간 후에 계획시점에 있어서 최고 수위에 달한다고 보고 만든 공식이므로, 비교적 좁은 지역에서 근사값을 준다.

유량 Q(㎥/sec), 유수단면적을 (A(㎡) 평균유속을 V(m/sec)라 하면

$$Q = A \cdot V$$

유속 V는 Manning 공식에 의하여 계산할 수 있다.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} (m/\text{sec})$$

R : 경심(m)

I : 평면기울기

n : 수로의 조도계수

나. 배수계산법

측구, 배수관 등으로 통수에 필요한 강우에 의해 유출량과 배수구조물의 경심기울기, 조도계수를 계산한다.

(1) 유출량

우수량계산은 여러 가지 방법이 고안되어 있지만 그렇게 정도를 필요로 하는 것이 아니기 때문에 다음 계산공식으로 함이 좋다.

유출량 계산공식

$$Q = 0.2778 \cdot f \cdot m \cdot A \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$Q = f \cdot m \cdot A \quad \sqrt[4]{S/A} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

Q : 우수유출량

공식(1) ㎥/sce

공식(2) L/sec(= 0.001 ㎥/sec)

f : 유출계산

m : 강우량

공식 (1)에서 ㎜/h

공식 (2)에서 ℓ/ha/sec (= 0.36 ㎜/h)

A : 집수면적

공식(1) : ㎢ (= 100ha)

공식(2) : ha

S : 지표면의 평균 기울기(연장 1000m에 대한 S)

지표면에 내린 비는 유입구까지 흘러오는 동안 증발 침투 등에 의해서 감소한다. 이 감소량은 지표면의 상태, 경사, 토질 혹은 집수 면적 내의 보수력, 강우시간 등에 의해서 크게 변한다. 강수량에 대해서 유출량의 비를 유출계수라 칭하고 유출계수의 표준치는 표 8-3-43과 같다.

<표 8-3-43> 유출계수 (f)

구 분	지 표 면 종 류	유 출 계 수
노 면	아스팔트포장	0.92 ~ 0.98
	콘크리트포장	0.85 ~ 0.95
	사리도	0.30 ~ 0.70
사 면	토	0.60
	지	0.30
토 지 형 상	급산지	0.75 ~ 0.90
	삼기층산악	0.70 ~ 0.80
	기복토지 및 수림	0.50 ~ 0.75
	평탄경지	0.45 ~ 0.60
	수전 (물 담그는 곳)	0.70 ~ 0.80
	목초지	0.25 ~ 0.35
	산지소하천류역	0.75 ~ 0.85
	평탄소하천류역	0.45 ~ 0.75

<계산 예>

A = 1.5㎢, m = 40 ㎜/h (=111 ℓ/ha/sec), f = 0.7 (기복토지)

S = 50 m 라 하면

①식 $Q = 0.2778 \times 0.7 \times 40 \times 1.5 = 11.7 m^3/sec$

②식 $Q = 0.7 \times 111 \times 150 \times \sqrt[4]{50/100} = 8.9 m^3/sec$

(2) 배수계산법

측구, 배수관 등으로 통수에 필요한 단면은 강우에 의해 유출량과 배수구조물의 경심 기울기, 조도계수를 계산한다.

표면배수유출량이 얻어진다면 배수공의 통수에 필요한 단면은 다음 식에 의해서 얻어진다.

A = Q/V

A : 배수설비의 통수에 필요한 단면(㎡)

Q : 유출량 (㎡/sec)

V : 배수설비에 흐르는 물의 평균유속(*m*/sec), 경심 R(*m*)

R : 경심(*m*), (5) I = 기울기(%), 수 n : 조도계수라 하면

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

배수설비의 경사는 표면의 침식과 토사의 침전에 주의해서 정해야 한다. 기울기가 너무 완만하면 토사의 침전이 생겨나고 너무 급하게 되면 내면이 깍여 나간다. 특히 구멍 뚫린 흄관의 유속을 크게 한다면 휠터재료를 관내에 흡수할 염려가 있다. 일반적으로, 측구, 배수관에서 유속을 0.6~4.0 *m*/sec로 하면 구멍 뚫린 관밑의 유속은 0.3~1.0 *m*/sec로 한다.

<표 8-3-44> 조도 계수치

수 로 종 류	n 치
폐 관 로	
순 시멘트 활면	0.010 ~0.013
콘크리트관	0.012 ~0.016
인 공 수 로	
매끄러운 목재	0.010 ~ 0.014
콘크리트 권	0.012 ~ 0.018
다듬은 돌 + 모르타르	0.013 ~ 0.017
굵은 돌 + 모르타르	0.017 ~ 0.030
막돌쌓기	0.025 ~ 0.035
막파기 수로	
직선상의 단면	0.017 ~ 0.025
사행 둔류	0.023 ~ 0.030
암반에 만든 수로	
매끄러운 경우	0.025 ~ 0.035
거친 경우	0.035 ~ 0.045
자연하천	
선형 단면 모두 규칙적으로 바르게 수심이 깊은 것	0.025 ~ 0.033
위와 같으나 역, 초, 안의 것	0.030 ~ 0.040
사행하고 있는 것	
수심이 얕은 것	0.040 ~ 0.055
수초가 많은 것	0.050 ~ 0.080

<계산 예>

경심 R(m), 윤변장 P(m)라 하면 R = A/P(m) 다음과 같다.

장방형 콘크리트 측구 경사가 0.2%라 하면

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0.015}\left(\frac{BH}{2H+B}\right)^{\frac{2}{3}} \times 0.002^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2.98\left(\frac{BH}{2H}+B\right)^{\frac{2}{3}}$$

B = 0.3 H = 0.5 m 라 한다면

$$V = 2.98 \times \left(\frac{0.3 \times 0.5}{2 \times 0.5 + 0.3} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$= 2.98 \times 0.237$

$= 0.706$ ㎥/sec

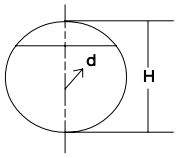
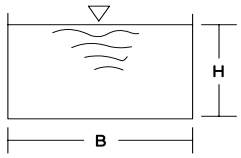
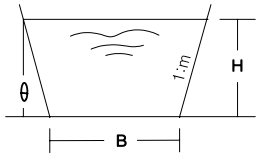
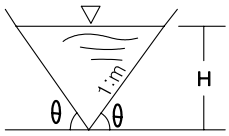
로 되고 축 30 ㎝ 심 50 ㎝ 장방형수로 경사가 0.2%, 콘크리트 측구 0.1 ㎥/sec 정도의 유량이 흘러 내리게 된다.

그러므로 유출량 Q

$Q = A \cdot V = 0.3 \times 0.5 \times 0.706$

$= 0.106$ ㎥/sec

<표 8-3-45> 배수구별 경심계산공식

H = d(1 - cos Φ) A = d2(Φ-SIN Φ · cosΦ) $R = \frac{A}{2d\Phi} = \frac{d}{2}(1 - \sin\Phi \cdot \frac{\cos\Phi}{\Phi})$	원형수로 
$R = \frac{BH}{2H + B}$	장방형수로 
$R = \frac{A \cdot H}{A - H^2(\cot\theta - 2\operatorname{cosec}\theta)} H \frac{\frac{B}{H} + m}{\frac{B}{H} + 2\sqrt{1 + m^2}}$	태형수로 
$R = \frac{1}{2} H \cos\theta = \frac{H}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + m^2}}$	삼각형수로 

3.4.1.3. 표면배수

표면배수란 강우, 눈 등에 의하여 노면에 흘러들거나 근접지에서 임도수지내로 유입하는 물을 처리하는 것을 말한다.

가. 노면

노면배수는 노면상의 물을 노면에서 밖으로 유출시키든지 또는 인접지에서 유출하는 물을 처리하는 것을 말하는데 이에는 노면의 횡단기울기나 종단기울기에 붙여서 노측의 측구로 인도하고 다시 측구 기울기로 직접 또는 집수구를 통해서 자연의 수로 혹은 하수도로 인도 배제한다. 노면수를 종단기울기로 유출할 때는 기슭으로 감에 따라 물이 많아지므로 측구의 세굴과 노면의 파괴가 일어나지 않도록 배수 설치를 해야 한다.

횡단기울기는 토질, 지형, 포장의 종류, 폭원 및 기상, 기후 등에 따라 상이하나 1.5~6.0%정도로 한다. 차량 교통상으로 보면 가급적 기울기를 완화할 것이 요청되므로 배수상 필요한 한도 이상은 둘 필요가 없다.

종단기울기는 배수상 지장이 없는 정도로서는 최저 0.5%로 한다. 측구의 기울기는 이에 일치시키는 것을 원칙으로 하되 부득이한 경우에는 측구 기울기만을 급하게 해서 배수상 지장이 없도록 한다. 노면의 배수시설에는 측구와 횡단거가 있다.

다시 말하여 물이 노반내에 침투하는 것을 막기 위해서 노면은 될 수 있는대로 Camber를 만들 필요가 있다. 그러기 위해서는 노면중심에서 5%내외의 횡단 경사를 만들어 노면상에 물이 고이던가 종방향으로 물이 흐르지 않을 때는 양길섭으로 흐르도록 해야 한다. 중요한 임도가 아닌 경우 측구를 설치하지 않을 때는 절취 비탈밑의 기울기로서 노면밖으로 배수되도록 하든지 50~100m 간격에 횡단배수구를 설치하여 표면수를 종방향으로 흘러보내 횡단면에서 통수하도록 하는 것도 필요하다.

나. 측구

임도의 노측에 따라 설치하게 되는 배수시설(측구)은 개소별 유량, 유속 및 유하품 등을 감안하여 측구의 종류 및 횡단폭 등을 결정해야 하고 측구의 종단기울기는 임도중심선의 기울기와 같게 하는 것이 보통이지만 평탄한 지형에 있어서 측구의 최소 종단기울기는 콘크리트 연결파이프의 경우 0.2% 그 외는 0.5%를 표준으로 한다.

(1) 종류

측구의 형상 구조 등은 도로의 종류, 배수의 목적, 배수량, 공기 등 여러 가지 요소

에 따라 선정되어야 한다.

① 측구의 형상에 의한 분류

㉮ 제형측구

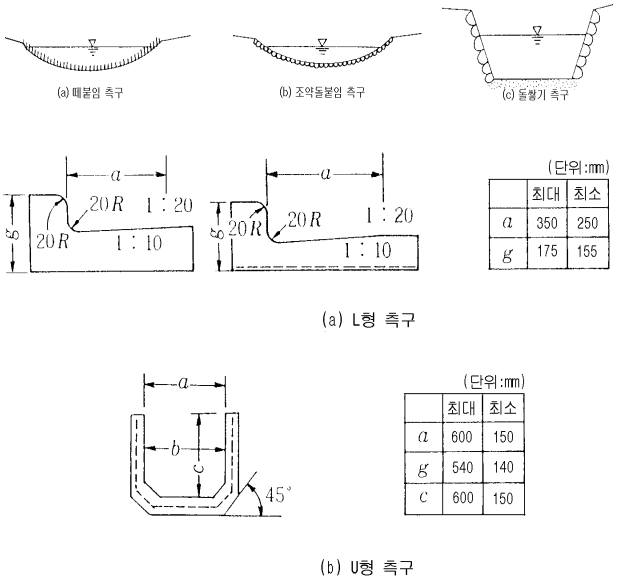
㉯ V형측구

㉰ 평형측구

㉱ 구형측구

㉲ U형측구

㉳ L형측구



<그림 8-3-49> 측구종류

제형측구는 배수용량이 크며 높이 3~40㎝로 하고 배수량이 따라서 저폭을 가감한다.

V형측구나 평형측구는 그래이터를 사용하여 도로를 축조하고 또 그 유지를 할 경우에 만드는 것으로 작업이 용이하고 유지비가 적게 들므로 유리하다. 그런데 평형측구는 V형측구보다 소요지면적이 큰 반면에 배수용량이 적다. 그러나 교통이 대한 위험이 적고 유수에 의한 세굴작업이 적다.

구형측구는 유수로 인한 세굴작업을 받기 쉬운 장소에서 저면을 보호하는 경우에 많이 쓰인다.

U형측구는 제형측구의 비탈면을 만들어 U형으로 한 것인데 수직측 벽으로 용지를 감소할 수 있으므로 L형측구와 같이 가도에 많이 사용한다.

② 측구를 사용재료에 의한 구분

㉮ 막파기 측구

㉯ 돌붙이기 측구

㉰ 돌쌓기 측구

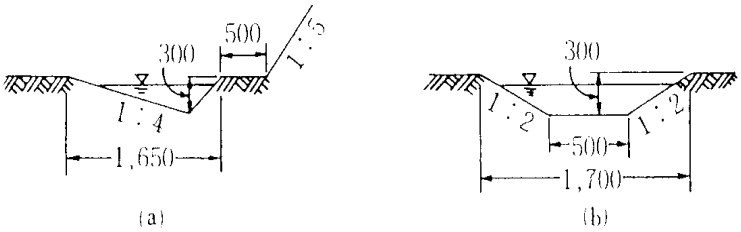
㉱ 콘크리트 및 철근콘크리트 측구

막파기 측구(막파기) 임도에는 토사측구가 대부분이다. 토사 등으로 막혀서 측구로서 역할을 하지 못하는 것을 어디서나 볼 수가 있다.

측구를 시설시 그 성과가 기대되도록 함이 유지관리에 필요하다. 모래미사질 양토 등의 토질에서는 유수에 의한 세굴이 되기 쉽다. 또 사면 붕괴에 의하여 측구가 막히기 쉬운데 세굴되기 쉬운 토질의 개소에는 석재 등을 이용하여 측구저부를 보호하

도록 한다. 붕괴토사 등으로 막힐 염려가 있는 토질개소에선 절취비탈 50㎝ 정도 흙막이를 하든지 혹은 장석, 편책 등을 설치하여 붕토가 측구에 들어가지 않게 하는 것이 좋다.

그러므로 측구는 지표수 또는 노반 배수의 처리를 할 수 있고 노반에 흐르는 물은 기울기를 고려해서 깊이를 정할 필요가 있다.



<그림 8-3-50> 막파기 측구

콘크리트 측구 및 돌붙이기 측구, 형틀측구, 현장타설 혹은 기제품이 사용되든지 임도의 중요도 토질의 형태, 폭원의 크기 등에 의해 현지에 적합한 형태를 채용함이 필요하다.

콘크리트제품을 사용할 경우 주의해야 할 것은 접착부 시공이 나쁘면 누수되고 또 기초가 불균질할 때는 동하중에 의해 첨단되고 혹은 끝의 결함 등으로 피해를 받기 쉬운 것인데, 또한 시공을 하지 않으면 안된다. 그러므로 교통하중의 영향을 받을 염려가 있는 경우에는 현장에서 콘크리트로 보강하든지 측피후, 기초후 등으로 증대하지 않으면 안된다.

다. 횡단배수

횡단구는 표면배수와 지하배수를 칭하는 측구로서 설치된다. 그래서 종으로 흘러오는 표면수를 받음과 함께 노반에 침투한 물을 통수해서 노반의 안정에도 큰 몫을 차지한다.

횡단구에는 조약돌, 자갈에 의한 맹구, 형틀(격자)에 의한 형틀구, 콘크리트구 등이 있다.

맹구는 조약돌, 자갈의 폭 20㎝ 깊이 30~40㎝ 정도에 부설하는 것인데 세립토가 흘러와 막히므로 장기적인 이용의 기대는 안되고 간이설비로서 일시적인 곳에 사용된다.

콘크리트 철근콘크리트, 구는 영구적이지만 경비가 너무 들고 타설기간이 길기 때

문에 공사용기계류 또는 구성재료의 운반을 하지 않으면 안되는 결점이 있다.

라. 집수구

측구와 횡단구의 교차하는 개소 또는 측구 횡단구의 물을 다른 관거 등으로 흘러 보낼 경우 집수구를 설치한다.

집수구는 토석류가 침전해서 다른 재수 시설에 물이 흐르는 단면을 축소할 우려가 있는데 집수구 바닥높이는 다른 배수설비의 높이보다 적어도 20㎝ 이상 낮게 해서 집수정에 토석류가 다른 배수 시설에 유입되지 않도록 유지함과 함께 오물 등이 다른 배수시설에 유입되지 않도록 철망 등으로 유입구에 방재설비를 함이 바람직하다.

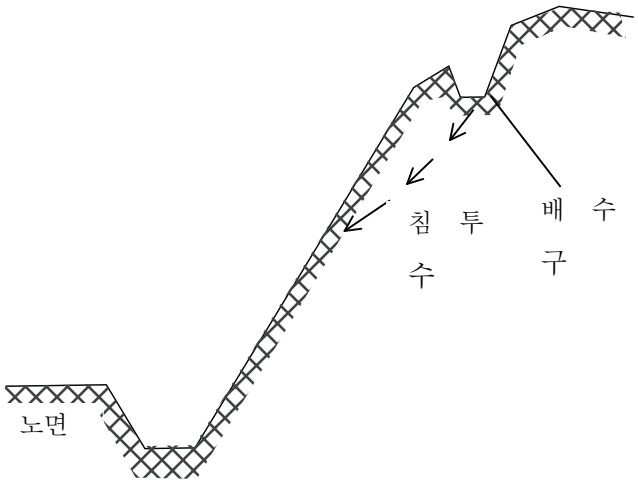
집수구의 형상, 치수 등은 측구 또는 다른 통수단면에 의해서 정해지지만 될 수 있는 한 여유를 가지고 크게 함이 바람직하다.

마. 법면배수

성토의 법면이 길 때는 노견과 법면을 보호하기 위하여 필요에 따라 노견에 측구를 만들어 배수한다.

성토 법면을 흐르는 우수의 유연을 감소하고 세굴로부터 방호하려고 할 때는 소단에 따라 정해지므로 함부로 말할 수는 없지만 대개 성토고가 6~10m를 넘을 때는 노견측구를 설치하는 것이 좋다.

성토의 연장이 길 때는 노견측구에 집수된 노면의 유수를 입구로 방류해야 한다. 이 입구의 설치간격은 노견측구의 통수간격과 도로의 종단기울기와 선형 등을 고려하고 현지의 상황에 따라 적절한 간격을 취해야 한다.



<그림 8-3-51> 법면배수

3.4.1.4. 지하배수

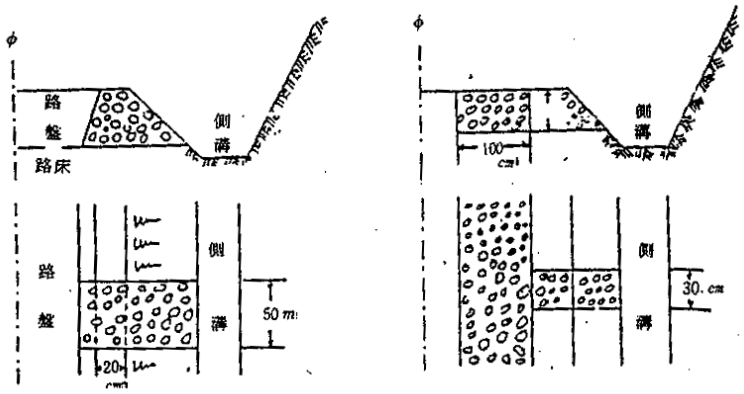
지하배수란 지하수위를 저하시키는 것과 지하에 모인 물을 배수하는 것이다. 임도와 인접한 지대에 로면에서 임도에 침투한 물(용수포함)을 차단해서 배수하는 것을 말한다.

노반의 함수량이 많아지면 지반의 지지력은 저하되고 따라서 노면이 파괴된다. 또 한랭지에 있어서 동토의 원인이 된다. 그러므로 지지력있는 노면을 보지하려면 노체의 함수량을 줄이고 지하수위를 내릴 필요가 있다. 동토 염려가 있는 곳에서는 노상토를 $1m$ 내외로 수성재료를 깔아 배수가 잘 되도록 하여 동토를 방지함이 바람직하다. 지하배수를 노반배수와 노상배수로 구분한다.

가. 노반배수

노반배수는 주로 노면에서 침투한 물을 노반 밖으로 배제하기 위해서인데 노상이 불투수성일 경우에 시설한다.

형식은 전술한 횡단배수구 혹은 구멍이 잇는 격, 형식, 흄관, 자갈 등으로 맹암거가 사용된다. 노상침투속도는 노반보다 적어서 노반내의 침투수는 측방으로 흐르기 시작한다. 측방으로 흐르는데 대해서 저항이 크면 물은 노상면에 고이게 되어 노상토가 연약해져 지지력을 잃는다. 노반의 내구력도 저하한다. 그래서 교통하중에 의해 노반은 파괴된다.

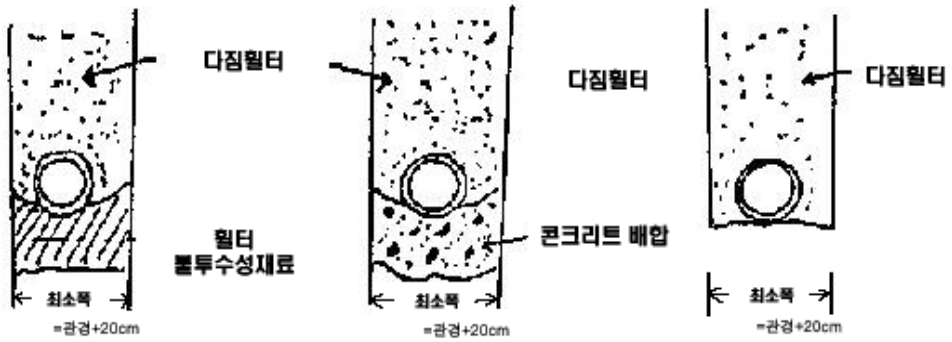


(a) 표석(조약돌) 배수　　(b) 노반기초배수

<그림 8-3-52> 노반 배수 일례

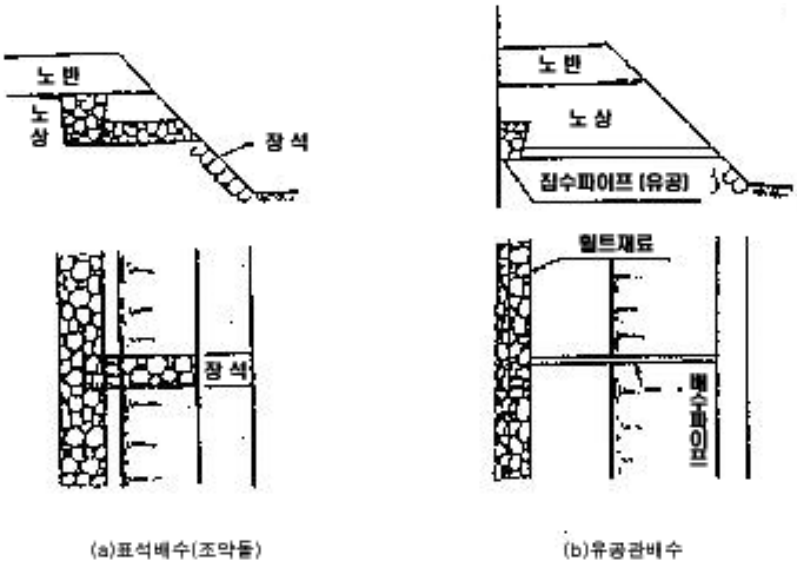
나. 노상배수

배수구의 측구는 일반배수구와 같이 파서 측면에 작은 구멍이 뚫린 관을 충분한 깊이로 매설한다. 투수성재료(휠터)를 이용 수가 되도록 암거를 사용할 경우 상폭 30~60㎝ 하폭 30㎝ 로 파서 상부에는 6~12㎝ 정도 조약돌을 넣어 상부가지 차오를 때 자갈, 모래 혹은 세립토로 막히지 않도록 구멍이 있는 관, 흄관 등을 사용하지만 내경 15~30㎝, 공경 10㎜ 정도로 한다. 구멍이 너무 크면 세립토가 휠타를 통해 구멍에 흡수되어 관이 막힐 염려가 있다. 관경이 너무 적으면 세립토가 흘러들어가 막힐 염려가 있어 지름 10㎝ 이하는 사용하지 않는 것이 좋다. 이와 같이 배수관은 막힐 염려가 있기 때문에 배수구의 매태한 것에 있어서는 물이 잘 통과되고, 세립토가 통과하지 않도록 투수성재료(휠터)를 사용하는 것이 필요하다.



<그림 8-3-53> 노상배수 예

이상의 모든 요구에 맞는 재료가 얻어지지 않을 때는 관 주위의 자갈을 많게 하고 자갈(사리)과 노상토와의 사이에는 모래를 사용해서 휠터를 만들 때도 있다. 불투수성 노상토에 배수관을 설치하는 경우에는 배수관이 설치되는 밑 또는 저부의 1/3 주위에 불투수성재료 또는 빈배합의 콘크리트로 하는 것이 좋다.



<그림 8-3-54> 노상배수구 예

3.4.1.5. 배수구조물

가. 암거

도로의 밑을 횡단하는 수로 통로에 대해 시설하는 구조물로서 지형, 토질, 필요단면적, 수로, 통로, 경제성 등을 고려하여 상형, 문형, 아치형, 교량형, 콘크리트 파이프, 격자파이프 중 사용된다. 특이한 토질에서는 석적아치도 쓰인다.

(1) 단면적 결정

집수면적에서는 유량을 정하고, 배수로에서는 배수량을 산정한다. 암거의 크기를 산정하는 방법은 여러 가지 있으나 횡단면의 형상 및 크기를 가정하고 그의 단면을 통과하는 유량 Q를 산정하여 실제의 유량 Q1과 비교하므로써 가정의 적부를 검정하는 것이 가장 간단한 방법이라고 할 수 있다.

(2) 토질조사

구조물 설계시는 우선 기초사면이 어떠한 토질의 상태로 되어 있는가를 파악하지 않으면 안된다. 조사된 자료에 의하여 연약지반일 경우 그 개소를 피하든지 피하기가 불가능하다면 기초를 함이 좋고 암반일 때엔 풍화의 유무 등을 조사해서 지하에 있는 불투수층을 깍아내어서 함수층이 미끄러운 면이 되어야 시공중 붕괴하는 일이

없다. 시공후에는 암반의 절리나 풍화에 의하여 구제이 생길 수 있으므로 사전에 철저한 조사를 하여 지반의 구조, 지하수의 상태 등을 세밀히 관찰하고 불확실한 곳에서는 보링을 실시하고, 필요하면 압밀시험, 지내력시험을 하고 특히 지하수의 조사는 반드시 실시한다.

(3) 암거종류 및 설계

계곡 및 측구에 흐르는 유수는 점차 그 량이 증가해서 그 수량은 임도를 횡단하여 아래쪽으로 방출시킬 수 있도록 하는 시설물이 필요하게 된다. 그 간격은 지형, 종단기울기 측구의 구조 등에 따라 다르나 기울기 8%의 도로에서는 100m 이내, 5%의 도로에서는 150m 이내로 한다. 천지부의 측구에서는 횡단 배수거를 만들어서 계곡쪽으로 방출한다.

횡단구는 집수면적과 강수량에 의하여 결정되나 토사 기타 침전물에 대한 여유를 예상할 필요가 있다. 횡단거는 일반적으로 단형단면의 개거를 하고 여기에 노면과 일치하는 목제상형구 및 콘크리트U형구, 철격자를 설치하여 노면으로부터 물도 직접 인도하거나 소제에 대해서도 편리하다. 산간도로에 있어서 암거는 원형관인 도관 또는 콘크리트 관 등이 많이 사용되고, 때에 따라서는 함거도 사용된다.

암거는 도로밑을 횡단하는 배수로 또는 통수로서 경간 3m 이하의 소교를 말하는데 상부 구조물과 하부 구조물이 일체로 되어 있는 것이 교량과 다른 점이다.

(가) 종류

① 배수관 암거

② 박스 암거(Box Culvert)

③ 아-치형 암거

(나) 암거의 설계

암거의 설계에 있어서는 배수능력의 산출 수로 및 횡단면적의 결정이 우선 필요하다. 여기에는 그 지점에 일시에 도달하는 최대수량을 알아야 한다.

이 때 다음 여러 사항을 고려하여야 한다.

① 강우량

집수구역의 면적, 최대강우량 토질의 침투성, 임지 피복도 등

② 기울기의 완급 배수구역의 형상

③ 수로상의 상태 및 그 기울기

④ 수로의 지천 혹은 함유점의 위치

⑤ 배수구의 형상, 구조의 형식, 암거 저면의 기울기

이러한 여러 가지 사항에 관하여 세밀하게 조사하면 비교적 정밀하고 합리적인 유량을 산출할 수 있다.

(다) 설계상 고려할 점

① 위치 및 방향

암거의 위치 및 방향은 통수의 원골을 기하고 유수의 장해가 되지 않도록 한다. 축제 도로 등에 직각방향으로 설치하면 공비는 최소가 되지만 급히 굴절하기 때문에 세굴, 누수, 침식을 일으키는 원인이 되기도 한다.

② 암거의 내면

유수저항을 최소로 하기 위하여 내면을 평골하게 한다. 저면을 콘크리트붙임을 하면 세굴을 방지할 수 있고 유수에도 알맞다.

③ 암거의 기초

기초지반이 연약한 곳에는 벽돌, 석재, 콘크리트 등으로는 종방향의 저항력이 작아지므로 구열이 생기기 쉽다. 철근콘크리트에서는 종방향에 철근을 넣어서 보조한다. 일반적으로 부등침하를 방지하기 위하여 연약지반을 피하고 말뚝기초를 하므로써 그 피해를 감소시킬 수 있다.

④ 출입구의 구조

암거가 있는 곳에서 구 전후의 기존수로와 단면의 크기 형상이 다를 때는 입구 출구에서 급하게 변화하지 않도록 서서히 변화시켜서 수유를 유도하도록 한다. 난유가 일어나지 않도록 또 단면을 급히 좁게 하지 않도록 주의한다.

나. 개거

① 지반을 완전히 다진 후 설치한다.

② 장마철에 노면의 물줄기를 잘 관찰하여 적소에 설치한다.

③ 설치거리는 노면의 기울기에 따라 결정한다.

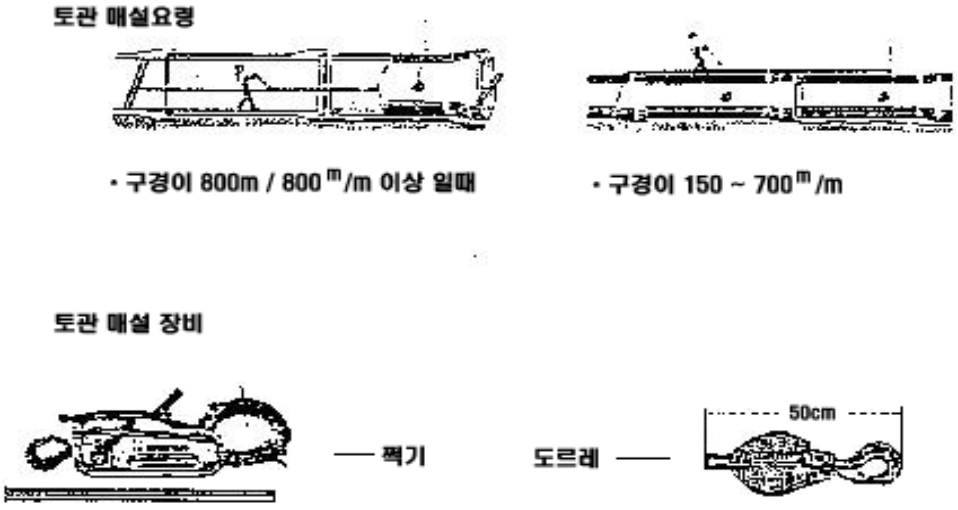
<표 8-3-46> 횡단수구 설치거리 조건표

경 사 도	설 치 거 리
5%	60*m* 마다
6%	55*m* 마다
7%	50*m* 마다
8%	30~45*m* 마다
10%	26~36*m* 마다
12%	22~32*m* 마다
14%	18~28*m* 마다
16%	14~26*m* 마다

재료 : 철재, 시멘트, 원목이용

(단위 : ㎝)

<그림 8-3-55> 횡단수구형



<그림 8-3-56> 공작물 설치 요령

<표 8-3-47> Minning 공식을 이용한 흄, 토관 크기별 유량 조건표

토 관 크 기	유 량
직경 30 ㎝ (r = 15㎝)	Q = 0.278 ㎥/sec
〃 40 〃 (r = 20)	Q = 0.599 〃
〃 50 〃 (r = 25)	Q = 1.087 〃
〃 60 〃 (r = 30)	Q = 1.766 〃
〃 70 〃 (r = 35)	Q = 2.667 〃
〃 80 〃 (r = 40)	Q = 2.806 〃
〃 90 〃 (r = 45)	Q = 5.207 〃
〃 100 〃 (r = 50)	Q = 6.899 〃

<표 8-3-48> 집수유역 크기별 최대유출량

수면적	유출량 (Q)	최대유출량 (Q1)	비 고
(ha)	(㎥/sec)	(㎥/sec)	
0.5	0.048	0.058	
1.0	0.097	0.110	Lauterburg식
1.5	0.146	0.175	
2.0	0.194	0.233	
2.5	0.243	0.292	$Q = K \times \frac{\frac{A \times m}{1000}}{60 \times 60}$ (㎥/sec)
3.0	0.292	0.349	
3.5	0.340	0.408	
4.0	0.389	0.467	K : 유거계수
4.5	0.437	0.524	a : 면적(㎡)
5.0	0.486	0.583	m : 최대 시우량 (㎜/h)
10.0	0.972	1.167	・유출계수 : 0.5
20.0	1.944	2.333	(산지, 경사 10°~30°, 점토토양)
30.0	2.916	3.499	・최대 시우량 : 70 ㎜/hr
40.0	3.888	4.667	
50.0	4.861	5.833	

다. 교량

우리 나라의 산림은 지형이 복잡하고 험준한 산악이 많이 분포되어 있으므로 경신작업이나 임산물 반출작업에 많은 인력과 기계장비가 요구되므로, 도로가 정비되어 있다 하더라도 자주 계곡이나 하천을 가로지르게 되므로 교량이 필요하게 된다.

(1) 교량의 종류

① 재료에 따라 : 나무다리
: 철근콘크리트 다리, 철교 및 돌다리

② 구조형식에 따라 : 단순 빔(beam)교, 연속 빔(beam), 트라스교, 적교, 아치교로 구분한다.

이와 같은 교량들 중 임도교로서 현재 많이 시공하는 것은 자동차수송이 점차 대형화됨에 따라 철근콘크리트 다리이다.

(2) 교량계획시 조사사항

① 토질 및 지형 기상
② 하류의 속도, 수위
③ 홍수위 및 하심의 변동상황
④ 교상 및 교하의 교통량
⑤ 노면과 수위, 교면과의 관계
⑥ 공사용 재료의 공합상태
⑦ 직공, 인부 등의 공합상태

(3) 위치선정 및 기준

① 하류방향이 항상 변동하지 않는 곳
② 하천의 굴곡부는 피하고 물이 직선으로 흐르는 곳
③ 양쪽의 언덕 및 하상의 견고한 곳이나 견고한 기초 시공할 수 있는 곳
④ 가교위치의 전후에 큰 토공작업을 필요로 하지 않는곳
⑤ 교폭이 될 수 있으면 좁고 하천을 직각으로 횡단할 수 있는 곳
⑥ 하중 및 하천의 형상이 바르고 하천너비가 좁은 곳
⑦ 교면을 수면보다 상당히 높일 수 있는 곳

3.4.2. 사면 안정· 녹화시설 관리

3.4.2.1. 사면 안정공종· 공법의 종류

가. 사면 힘줄박기공법

사면 힘줄박기공법(slope stabilizing crib works)은 경량 블록으로 처리하기 곤란한 붕괴위험 사면에서 직접 거푸집을 설치하고 콘크리트치기를 하여 사면 안정을 위한 틀(뼈대)을 만들어 그 안을 작은 돌이나 흙으로 채우고 녹화하는 사면 안정공법이다.

사면 힘줄박기공법은 토질이 복잡하고 마사토로 구성되어 취급이 곤란하며, 지하수가 용출하거나 강우수에 의한 침식이 심한 곳에 적용된다. 힘줄박기의 모양은 사각형모양, 삼각형모양, 계단상 수평띠 모양 등이 있다.

이 공법은 사면에서 바닥파기와 거푸집 설치 및 시공 작업이 용이하지 않고, 시공기간도 오래 걸려 날씨 등을 감안하면 격자 틀 공법에 비해 비능률적인 경우가 많다. 시공 시에는 특히 기초를 튼튼히 하여 콘크리트힘줄이 침하되거나 파괴되지 않도록 주의한다.

나. 사면 격자 틀 붙이기 공법

사면 격자 틀 붙이기 공법(latticed-block pitching works)은 사면에 장방형의 미리 제작된 콘크리트 블록을 사용하여 격자 상으로 조립하고, 그 골조에 의하여 사면을 눌러 안정시키는 사면 안정공법이다.

사면 격자 틀 붙이기는 사면물매가 현저히 급하고 토질조건이 열악하여 사면 격자 블록으로 전면적(全面積)처리를 하여야만 안정 녹화를 이룰 수 있는 사면처리에 적용한다.

또한, 사면 격자 틀 붙이기는 흙으로 된 사면면을 소형의 수로로서 세밀하게 격자 상으로 구획하여 각 구획내의 지표수를 각각의 틀 위의 수로에 집수·유하 시키어 사면 밖으로 배수하는 기능이 있다. 이러한 사면면 분산·집배수 공법은 지표면 침식을 억제하여 사면에 시공된 새로운 식생공사의 유실을 방지한다.

다. 사면 블록붙이기 공법

사면 블록붙이기 공법(block works)은 사면의 안정을 도모하기 위하여 다양한 재질의 쌓기용 블록을 이용하여 사면에 쌓거나 붙여 시공하는 방법이다. 이 방법은 공장에서 미리 제작된 제품을 이용하므로 사면의 토질 및 특성에 따라 알맞은 재질을 선택할 수 있으므로 시공이 간단하고 경제적이다.

블록은 대체로 쌓기 블록, 붙이기 블록, 틀 블록, 연결블록 등의 종류가 있으며, 과거에는 줄로 콘크리트 블록을 이용하였다. 최근에는 합성제품을 이용하여 사례가 늘어나고 있으며, 이 제품은 콘크리트제품보다 시공이 용이하고 내구성은 오래가나 토압이 많이 작용하여 사면에는 붕괴의 위험이 높다.

라. 사면 돌쌓기 공법

돌쌓기(stone masonry)는 석재를 쌓아 올려서 구축물을 만드는 것을 말하여, 돌쌓기에 쓰이는 재료를 석재라 한다. 특히 사면 물매가 1:1보다 완만한 경우를 돌 붙이기라 하고, 그보다 급한 경우를 돌쌓기라 한다.

돌쌓기에 모르타르의 사용여부에 따라 찰쌓기와 메쌓기로 분류하며, 돌을 쌓는 방법에 따라 골쌓기와 겨쌓기가 있다. 찰쌓기(wet-masonry)는 돌을 쌓아 올릴 때 뒷 채움에 콘크리트를 사용하고 줄눈에 모르타르를 사용하는 것으로서 이때 뒷면의 배수에 주의해야 하며, 돌쌓기 2~3㎡ 마다 지름 약 3㎝의 PVC파이프 등으로 물빼기 구멍, 즉 배수구를 설치한다. 메쌓기는 돌을 쌓아 올릴 때 모르타르를 사용하지 않고 쌓는 것으로 뒷면의 침투수(浸透水) 등이 돌 사이로 잘 빠지기 때문에 토압이 증가될 염려는 없지만 쌓는 높이에 제한을 받는다. 골쌓기(uncoursed rubble masonry)에는 가로 골쌓기와 세로 골쌓기가 있는데 일반적으로 가로 골쌓기가 많이 사용되며, 켜쌓기(coursed masonry)는 돌의 면의 높이를 같게하여 가로 줄눈이 일직선이 되도록 쌓는 방법으로 마름돌이나 견치돌이 사용된다. 최근에는 경관을 고려하여 자연석, 조약돌, 호박돌 등을 이용하여 돌쌓기를 많이 하고 있다.

마. 사면 돌망태쌓기 공법

사면 돌망태쌓기 공법(wire cylinder retaining wall works, wire gabion retaining wall works)은 일반적으로 철선으로 짠 망태에 호박돌 또는 잡석을 채워서 사면 안정을 위하여 시공하는 공법이다.

철선 돌망태는 용수처리와 토압의 억제, 호안공사, 기슭막이, 수제, 바닥막이, 골막이공사 등에 널리 쓰인다. 사면 옹벽(擁壁, retaining wall)공법의 한 종류로 토압에 대항하여 땅이 붕괴되는 것을 막기 위한 흙막이 벽으로서 주요한 사면 안정기초공종이며, 주로 전에는 콘크리트 옹벽, 철근콘크리트 옹벽공사를 하였으나 최근에는 주변경관을 고려한 돌망태옹벽을 시공한다. 이 공법의 특징은 일체성과 연속성이 있으며, 보강성이 두드러지고, 유연성이 좋은 점이 있다. 또한 투수성이 좋고, 방음성, 내구성 등이 좋아 최근에 많이 이용한다.

바. 사면 바자얽기 공법

사면 바자자얽기 공법(slope wicker structures)운 절개사면 또는 계단 위에 바자를 설치하고 그 뒷품 안에 흙을 메우고 분을 만들어 식재한 묘목의 환경조건을 개선하며, 묘목의 생육을 촉진하기 위하여 시공하는 안정공종이다.

시공에 사용되는 주재료는 통나무, 판자류, 초두목, 가지 등이며, 이들 재료는 썩기 쉬우므로 속히 식생에 의하여 토양을 고정할 필요가 있다. 그러므로, 비교적 토압이 작고 식갱이 도입도 용이하며 왕성한 생장이 기대되는 토양요건을 지닌 곳에 적당한 공법이다.

사. 사면 지오웨브 공법

사면 지오웨브 공법(groweb measures)은 특수 제작된 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 수지를 이용하여 사면면 다듬기 후 사면을 다진 다음, 지형에 따라 일정규격의 폭, 길이, 두께로 제작된 지오웨브 섹션(geoweb section)울 성부와 하부에 줄을 맞추어 고정시키고 서로 연결하여 성토재를 채우는 공법을 지오웨브 공법이라 한다. 지오웨브 공법은 경사면 뿐만 아니라 배수로, 호안공사, 지반보강재로서도 이용된다.

아. 사면 옹벽공법

옹벽(retaining wall)은 사면 보호나 급경사 혹은 수직으로 성토를 시공하는 경우

등에 구축되는 것으로서 옹벽의 자체 중량이나 옹벽상의 토사 중량에 의한 토압에 저항하기 위한 구조물이다. 옹벽은 도로, 하천, 택지, 철도, 항만 등 대부분의 구조물에 사용되는 상용빈도가 높은 구조물이다.

옹벽은 사용되는 장소에 따라 절취, 성토, 호안옹벽으로 나눌 수 있으며, 톨쌓기 공법도 일종의 옹벽공법이라고 볼 수 있다.

3.4.2.2. 사면녹화 공종・공법

사면 녹화식재 공법에는 초식공법과 pot묘 식재공법, 자폐수벽공법, 소단상 객토식수공법 등이 있다 사면 토식공법은 비교적 완만한 경사도의 절토 및 성토사면면에 시공된다. 기계에 의한 종자분사파종공법 보다는 공사 시기의 제약이 덜받는 장점이 있으나 인력 시공이므로 공사비가 비싸며, 토양경도가 낮은 수준의 토사면에만 시공이 가능하기 때문에 시공 장소가 제약받는 단점이 있다. 다름 식재공법들은 종자파종으로 녹화하는 방법들 보다 빠르게 실물을 키울 수 있는 장점이 잇는 반면 식재구덩이를 조성하기 위한 공간 확보가 필요하며, 부분 녹화이기 때문에 채석장녹화와 같은 특수 목적의 사면녹화공사에 주로 이용되고 있다.

가. 줄떼 공법

(1) 줄떼 다지기 공법

줄떼 다지기 공법(strip-sod tamping works)은 주로 흙쌓기 사면을 일정한 물매로 유지하여, 사면을 보호 녹화하기 위하여 수직 높이 20~30㎝, 간격 및 수평 너비 10~15㎝ 정도의 수평골을 파고, 가급적 흙이 털어지지 않은 반떼(伴떼 : 너비 10~15㎝, 길이 20~30㎝ 정도)를 한줄로 수평으로 놓고 흙덮기(복토)한 후 달구판으로 다지는데 사면 밑에서 사면 어깨 방향으로 공사를 진행한다. 근래에는 쉽게 시공하기 위하여 사면 어깨 윗 부분에서부터 아래로 향하는 편법을 쓰기도 하는데, 이렇게 하면 다지기 공사를 소홀히 할 우려가 높다.

(2) 줄떼 붙이기 공법

줄떼 붙이기 공법(strip-sod pitching works)은 주로 땅깎기 사면에 흙이 털어지지

않은 반떼를 수평 방향으로 줄로 붙여서 활착·녹화시키는 공법으로, 흙쌓기 사면에서는 그다지 사용하지 않는다. 줄떼는 땅깍기 사면의 상부에서부터 하부로 향하여 붙여 내려가면서 시공한 후 떼꽂이로 고정한다.

(3) 줄떼심기 공법

줄떼심기 공법(strip-sod planting works)은 주로 평탄지에서 줄간격 20~30㎝ 정도로 줄띄기를 하고 줄에 따라 골을 판 후 줄떼를 놓고 흙덮기를 한 후 고루 밟아서 마무리 하는 평탄지 전용의 녹화공법이다. 줄떼 심기공사에는 흙이 털어진 떼도 사용할 수 있으나, 떼의 뿌리가 마르거나 노출되지 않도록 주의해야 한다.

나. 평떼 공법

평떼 붙이기 공법(block-sod pitching works)은 주로 사면면 물매가 1:1 보다 완만한 사면에 전면적으로 평떼(block-sod : 조경 공사에서는 가로 30㎝, 세로 30㎝, 흙두께 3㎝를 기준으로 한다)를 붙여서 사면을 일시에 녹화하는 사면 녹화공종·공법이다. 평떼는 흑이 털어지지 않은 온떼를 사용하며, 떼가 사면면에서 이탈되지 않도록 떼 꽂이로 공정하는데 절·성토사면면에 다 사용된다. 평떼 심기 공법은 주로 평탄지에서 평떼를 심어 녹화하는 평탄지 녹화공법으로 줄떼 공법 보다 단위 시공 면적당 떼 사용량이 많다. 평지에 평떼를 깔아 붙이는 경우에는 줄눈을 떼어도 좋지만 사면면에 평떼를 붙일 때 줄눈을 떼어 놓으면 그 곳이 세굴되기 쉬우므로 떼의 긴면을 수평 방향으로 놓고 세로 줄눈이 닿도록 저면 깔기 하는 것이 좋다. 줄눈이 넓으면 세굴되기 쉬울 뿐만 아니라 동상과 융해에 의한 탈락과 지반의 건조에 의한 고사가 일어나기 쉽다.

떼 정하기 위해 대나무나 철선을 사용하기도 하지만, 발근력이 높은 버드나무류의 가지 등을 20~25㎝길이로 전단하여 떼 고정용 나무꽂이로 활용하면 더욱 효과적이다.

다. 선떼 붙이기 공법

선떼 붙이기 공법(terrace-sodding structures)은 사면 다듬기공사를 시행한 산지사면에 수평 계단에 의해서 지표 유하수를 분산하여 사면 침식방지 및 수분보전을 도모하기 위하여 계획 시공하는 사면 녹화공종으로, 1910년경부터 일본에서 민둥산

녹화공사에 널리 활용되어 왔다. 높이 0.8~1.2m 정도마다 수평으로 단 끊기(너비 50~70㎝ 정도)공사를 한 후 계단 위에 일정한 규모의 계단 형태로 되메우기를 하고, 그 앞면에는 흙떼를 세워 붙여 토사를 고정하고, 그 뒤쪽에는 되메우기 흙으로 녹화수종 식재묘목의 생육에 양호한 환경조건을 조성 한다. 일반적으로, 사면 선떼붙이기 공작물은 선떼, 바닥떼, 받침떼, 머리떼로 구성되는데, 모든 떼는 흙이 붙어 있는 흙떼를 사용하여 토층에 밀착시켜야 한다.

라. 새심기 공법

새심기 공사는 새류의 풀포기를 식재하여 사면을 초류로써 녹화하는 초식공법으로 주로 다른 사면녹화공사의 보완녹화 수단으로 계획하여야 한다. 새류의 풀포기를 다량 구득하기가 곤란하므로 대면적 계획은 곤란하고, 주로 결질토 구간이나 석력이 많은 불규칙한 사면 녹화에 부분녹화용으로 사용되어야 하겠다. 새류의 풀포기는 시공지 주변에서 채취한 자연생이 주로 채용되지만 때로는 재배한 풀포기도 사용되수 있다. 새심기 공사는 점심기, 줄심기, 흩어심기, 등이 있으므로 시공지의 조건에 따라서 적절한 방법을 저용해야 한다. 샘심기 작업후에는 시비 또는 관수를 하여 활착을 조장하여 준다.

마. 일반묘 및 포트묘 식재공법

사면 묘식재공법은 종자를 파종하는 공법과는 달리 수목의 유묘 또는 대묘 식재, 초본류의 근주 이식, 수목의 이식 식재, 삽목 등을 하여 사면면 녹화를 하는 공법이다. 일반묘 및 포트(pot)묘 식재공법은 사면에 직접 묘목을 식재하여 식생을 조성하는 식생공종으로서, 식재지의 토양 및 환경조건에 가장 적절한 수종 및 심을 포기수(식재본수)를 결정하여 계획·시공한다. 보통 양묘장에서 양묘한 실생묘 보다는 분묘·용기묘(containerized seedling)를 심는 것이 뿌리내림이 확실하게 된다. 수목식재에 위한 녹화공법은 시공 초기의 피복 효과가 초본류보다 못하지만 근계가 깊어서 사면면의 붕락 방지에 대해서 초본 보다 유효하고 영속적이다.

바. 차폐수벽 공법

차폐수벽공법(screen planting measures)은 가림 나무벽공법이라고도 하며 주로 암

석을 채굴하고 깎아낸 암반 사면이나 절개지 사면 등과 같이 훼손지 사면 모습을 도로 또는 주택 등지에서 직접 보이지 않도록 암반 사면의 앞쪽에 나무를 2~3열로 식재하여 수벽(green wall)을 조성하기 위하여 계획 시공하는 녹화공법이다. 주로 사면면 하단부나 옹벽 등에 격토를 하고 교목성 수목을 식재하며, 남부 지방의 경우 지역적 특성을 살려 대나무를 식재하여 차폐하기도 한다.

사. 소단상 객토식수공법

소단상 객토식수공법은 주로 암석을 채굴하고 깎아낸 암반 사면에 적절한 간격과 너비로 소단을 설치하고, 소단위에 객토와 시비를 하고 녹화용 수종의 묘목을 식재하여 수평선상으로 녹화하고자 계획한다.

소단은 나무를 심고 자랄 수 있는 충분한 너비를 가져야 하며, 소단상 객토는 객토 깊이 0.3m 이상, 객토 너비1.0m 이상을 표준으로 한다. 필요한 경우에는 철사 돌망태로 소단 앞에 흙막이 둑을 설치하여 그 뒤의 객토가 충분히 유지되도록 계획한다.

아. 네트・종자분사파종공법

네트・종자분사파종공법(jute net, coir net 설치 분사파종녹화 공법)은 각종 사면 침식방지망(anti-erosion net: coir mesh, coir net, jute net등)을 사용하여 인공 나지를 피복하여 침식방지 및 발아촉진과 활착을 도모하는 녹화공법이다.

코코넛 열매 껍질에서 추출한 섬유질과 황마를 재료로 만든 천연섬유 네트들은 보온, 보습성을 가지고 있어 한발, 냉해로부터 식물의 발아 및 생장을 보호해 주며 우천시 절・성토사면면의 세굴과 유실, 침식을 막아 준다.

이 공법은 시공이 간편하고 시공비가 저렴한 편이어서 단기간에 많은 면적을 녹화하는데 적합한데, 피복재료인 net나 mesh는 자체가 썩어서 섬유질 비료 역활을 해주어 식물의 발아 및 생장을 원활하게 해준다. 일반토사와 풍화암이 시공 적지이며, 성토사면면에는 코이어 메쉬(coir mesh), 절토사면면에 코이어 네트(coir net)나 쥬트 네트(jute net)를 설치하는 것이 좋다.

자. 볏짚 거적덮기 공법

녹화공사 후 지표 보호의 목적을 달성하기가지는 상당한 기간을 요하므로 기존 종자파종공법만으로는 침식방지에 한계가 잇는 경우가 많았다. 볏짚 거적덮기 공법은 경사지의 절·성토면 등 극도의 척박지에 야생초류를 파종하여 유실이 심한 사면면 지역을 장기적으로 안정되게 보호하여 녹화를 달성하는데 목표를 두고 있다. 사용종자는 향토초목류 위주이며 1차 식생대는 도입종이, 2차 식생대는 향토초목류(새, 참싸리, 비수리, 족제비싸리 등)가 담당하도록 종자를 배합한다. 인력시공이므로 공사비가 네트·종자파종공 보다 비싼 단점이 있지만, 종자를 흑으로 살짝 덮어주기 때문에 향토초목류의 발아에 효과적인 공법이다.

차. 사면 종·비·토뿜어 붙이기 공법

종·비·토뿜어 붙이기(hydro-seeding measures wiht seed-fertilizer-soil materials)는 주로 암반절개지 및 채석장 잔벽의 전면적인 속성 녹화를 목표로 시공하는 암반사면 녹화공종으로서 여러 가지 공법들이 개발되고 잇다. 시공배합의 주요 재료는 물, 초본·목본류 식물종자, 비료, 비토(흙 또는 유기질이 낳은 대용 토양), 섬유류, 색소, 전착제, 양생제, 기타 토양미생물제 등으로 구성되며, 두꺼운 두께로 부착하기 위해 철사망(부착망), 앵커바, 앵커핀(접지핀), 고정 와이어로프(또는 철근) 등이 사용되기도 한다.

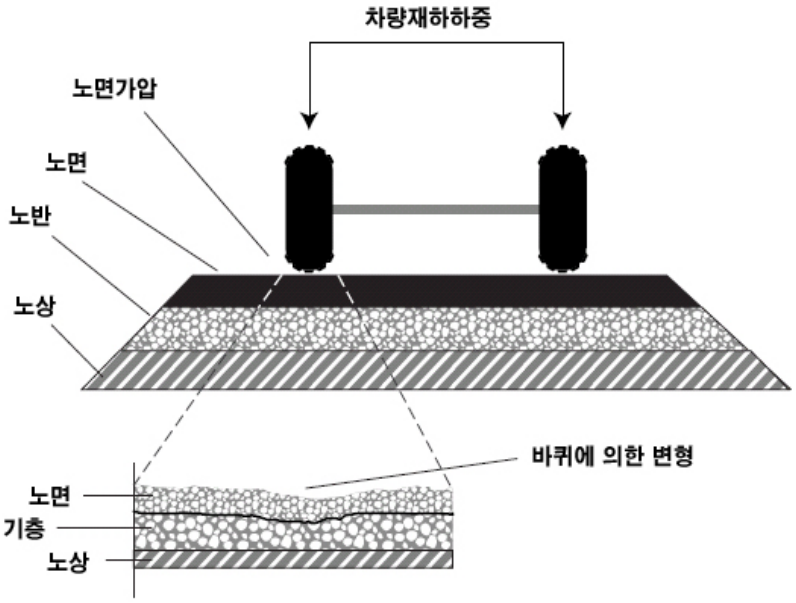
카. 식생자루 공법

『식생자루공법』(vegetation-sack measures)은 종자, 비료, 흙 등을 혼합해서 망대(자루)에 채우는 식생자루를 사면에 판 수평구속에 넣어 붙이는 공법으로, 망대에 파종물을 담아 놓아 놓으므로 종자와 비료의 유실이 적고, 또한 유연성이 있어서 지반에 밀착하기가 용이하다. 즉, 식생자루심기공법은 식생반의 제조재료를 망대에 넣어서 재료의 유실을 방지한 것이다. 식생자루심기 공법에는 현장에서 혼합재료를 망대에 채워 사용하는 것과 공장에서 제조되어 기성제품으로 사용하는 것이 있다.

3.4.3. 노면 시설 관리

3.4.3.1. 노면피해 유형

모든 토사도와 쇄석도는 차량바퀴에 의해 피해를 받게 되어 그림 8-3-57에서 같이 원상태로 완전하게 복원되기 어렵다. 이것은 오랫동안 바퀴자국(rut)이 발생되는 이유이다. 노면은 노상 또는 노면이 부적정하게 시설 또는 유지관리되거나, 임도 노면의 허용지지력보다 큰 작업차량이 통행하게 되면 더욱 빠르게 피해를 발생시킨다.



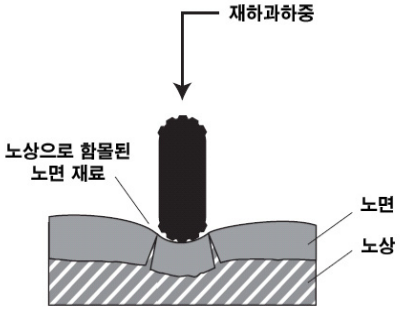
<그림 8-3-57> 쇄석도 노면의 바퀴자국

여러가지 요인이 복합적으로 작용하여 임도 노면 피해를 발생시키기 때문에 쇄석도나 토사도의 피해발생 기준을 마련하기 곤란하다. 노면 답압이 발생되었을 때, 모든 노체(노상, 노반, 노면)는 이미 노면 하부에 보이지 않는 피해가 발생되고 있는 것이다.

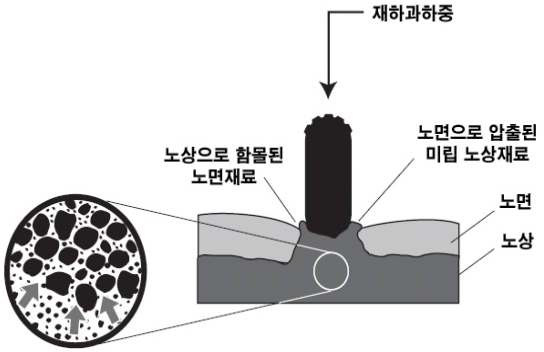
피해의 한 유형은 전단파괴(shear failure)이다. 차량의 답압은 노면이 지지하기에 너무 과중한 무게이거나, 그림 8-3-58과 같이 노상에 노면 재료가 함몰된 형태로 발견된다. 이 같은 형태의 노면 피해는 노면에 작은 바퀴자국이 발생된다면 전단파괴

가 발생되고 있는 것으로 인식하여야 한다. 전단파괴는 적정한 두께의 쇄석을 부설 및 집재작업 시에 과적을 피함으로서 방지할 수 있다. 유수가 침투된 노상은 적재하중으로 인하여 노상의 솟음현상이라 불리는 노면피해의 또 다른 유형의 피해원인을 제공한다. 그림 8-3-59 이러한 문제는 노상이 수평적으로는 막힌 측구로부터 흘러든 물과 수직적으로는 차륜 흔적으로부터 흘러든 물이 노면하부로 침투 될 때에 발생한다.

노상의 침투수로 인한 수분은 노상토가 바퀴로부터의 전압과 습윤상태의 토립자가 더 큰 공극의 노면 입자사이로 이동되어 압축될 때 도로 노면으로 상승한다. 이러한 수분이 많은 미립의 토립자의 윤활작용은 노상과 노면의 강도를 파괴하게 된다. 이 같은 피해를 줄일 수 있는 방법은 토사의 침식으로부터 측구가 막히지 않도록 측구를 항시 청결하게 유지관리 하여야 하고, 임도 노면을 바퀴자국을 없애 평탄하게 해주는 것이다. 다른 방법으로는 매우 습윤한 상태의 노면이 건조해질 때까지 임도를 폐쇄하는 것이다.



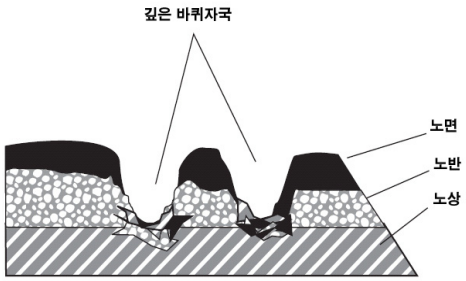
<그림 8-3-58> 노면의 전단파괴



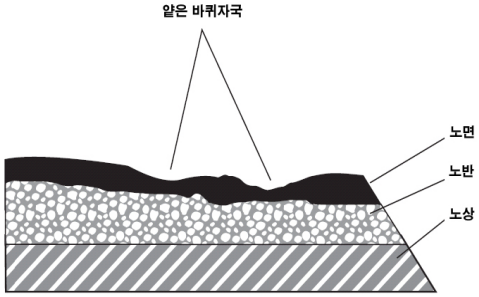
<그림 8-3-59> 노상토의 노면으로 이동 현상

3.4.3.2. 일상적인 노면 변형

노면의 변형 형태는 단지 표층에만 영향을 미친다. 얕은 바퀴자국과 요철의 발생은 노면재료에 따라 제한적으로 발생되고, 노반에는 큰 피해가 없다.



<그림 8-3-60> 노반과 노면의 심한 바퀴자국



<그림 8-3-61> 유지관리 잘된 노면상태

노면 요철은 차량의 제동 및 노면위의 굴곡에 따라 차량이 전·후로 흔들림에 의하여 발생한다. 이러한 현상은 도로방향의 표층위에 작은 수직방향으로 요철을 형성하기 시작한다. 노면의 요철은 쇄석을 평탄하게 처리하여 없앨 수 있다. 이것은 그래이더로 노면을 평탄하게 해줌으로서 없어지며, 그래이더를 전·후로 이동하면서 재다짐을 실시한다. 노면의 요철과 얕은 바퀴자국은 정기적인 유지관리가 필요한 정상적인 변형으로 볼 수 있다.

표층의 정상적 변형은 다음과 같다.

- 평탄작업 이전에 쉽게 관측된다.
- 평탄작업을 통하여 쉽게 교정할 수 있다.
- 15㎝ 깊이 이상의 차륜흔적은 노반과 노상에 심각한 문제를 유발할 수 있고, 노면은 5~15㎝ 사이의 바퀴자국이 발생하면 가능하면 빨리 평탄작업을 실시한다. 5㎝ 정도의 바퀴자국도 쉽게 관찰이 가능하며, 물로 인한 잠재적인 피해를 유발시킬 수 있을 정도로 깊어질 소지가 있기 때문에 주의하여야 한다.

3.4.3.3. 차량통행 피해와 노면 유지관리

노상, 노반, 노면 층의 피해는 일상적인 유지관리로 해결될 수 있다. 예를 들어 쇄석도와 토사도상에서 노반의 피해는 차량의 바퀴자국을 그래이더에 사용하여 잘 정비한다면 줄어든다. 바퀴자국 주변의 재료가 습윤상태의 노상토를 노반이나 노면으로 밀어 올리게 된다면 심각한 피해가 발생된다.

습윤상태의 노반층과 노면의 뒤섞임은 그림 8-3-60에서 보는 바와 같다. 이와 같은 피해형태는 임도가 바퀴자국로 인하여 노면재료의 강도가 떨어짐으로서 연속적인

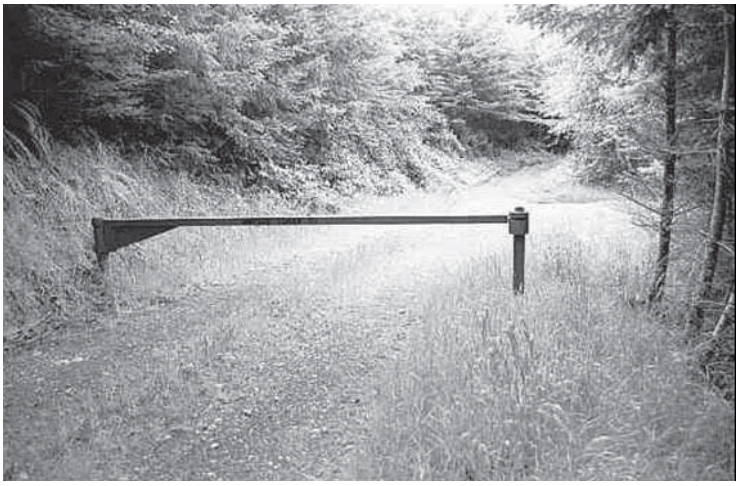
바퀴자국의 발생원인을 제공한다. 심각한 경우에 바퀴자국 부위를 파내어 노반과 노면에 쇄석을 다시 부설하여야 하며, 과다한 비용이 소요된다. 따라서 집중호우 시에는 정기적인 임도 통행도 피해야 하며, 특히 과적차량은 한번의 통행으로도 큰 피해가 발생될 수 있기 때문에 주의하여야 한다.

3.4.4. 교통 통제

노면과 노반이 습윤상태일때 모든 통행차량의 도로차단은 유지관리 비용을 줄이고, 노면 바퀴자국, 지표수, 노면 침식, 계류의 심한 탁도를 줄이는데 효과적이다. 심각한 피해는 우기동안 차량 통행으로 발생될 수 있으며, 깊은 바퀴자국의 발생과 같이 습한 날씨에서의 통행은 임도유지 관리비용을 급격히 증가시킬 수 있다.

임도 차단시설은 임도로의 접근을 방지할 수 있는 효과적인 방법이다. 이 임도 차단시설은 차단시설 주위로 우회하여 통과하지 못하도록 설치하여야 한다. 차단시설 주변으로의 접근을 방지하기 위하여 “tank traps″이라 불리우는 깊은 측구를 만들어 차단할 수 있다. 차단 시설이 외진곳에 위치한다면 그림 8-3-62와 같이 견고하게 시설하여야 한다.

이러한 차단시설은 4륜 구동차량에 대해서 접근을 완전하게 통제하기 어려운 면이 있다. 집중호우가 내리는 우기에는 차량접근의 통제를 더욱 확실하게 실시하여야 하며, 관련 이용자 및 공무원들과의 협력이 필요하다.



<그림 8-3-62> 임도 차단시설

4. 사방

4.1. 산지사방(hillside erosion control works)

4.1.1. 황폐지 유형

4.1.1.1. 의의 및 목적

황폐한 산지 또는 황폐가 예상되는 산지에서 산림식생을 복구 보전하여 산림 황폐로 인한 재해를 방지하기 위하여 산지에 시행하는 사방공사로서 산복공사와 계간공사로 구분된다.

산복공사는 황폐사면에서 생산되는 토사유출을 억제하기 위한 공사이며 계간공사는 황폐계류 바닥의 종횡침식을 방지하고 산각을 고정하여 산복을 보전하며 하류로의 유송토사를 억제하고 조정하는데 그 목적이 있다.

가. 황폐지 유형

황폐지는 산지의 지피식생이 오랫동안에 걸쳐서 소멸되거나 파괴되고 각종 형태의 토양침식이 발생되어 강우시에 토사의 유실이 일어나므로 이것을 복구하고 녹화하기 위한 사방공사가 요구되는 지역으로 그 유형은 분류 목적에 따라, 나라에 따라 차이가 있으나 황폐지의 성인, 형상, 발생장소 등에 따라 다음과 같이 구분한다.

나. 황폐지(荒廢地, denuded land, devastated land)

황폐지는 다시 황폐의 진행상태와 정도에 따라 그 초기 단계로부터 척악임지, 임간나지, 초기황폐지, 황폐이행지, 민둥산, 특수 황폐지등으로 구분된다.

(1) 척악임지(degraded forest land)는 산지 비탈면이 여러해 동안의 표면침식과 토양유실로 인하여 산림토양의 비옥도가 척박한 지역을 말한다.

(2) 임간나지(eroded land under trees)는 비교적 키가 큰 입목들이 숲을 이루고 있지만 지표면(林床)에 지피식물이나 유기물이 적고 때로는 면상, 누구 또는 구곡침식

까지도 발생되고 있으므로 상층 입목이 제거될 시 황폐화가 우려되는 지역을 말한다.

척악임지나 임간나지는 외면상으로는 황폐지처럼 보이지 않지만 그 임지 내에서 보면 그 안에 이미 침식상태가 전개되고 있는 임지이며, 이와 같은 상태가 더욱 악화되면 임상(林相)이나 토양침식으로 보아 외견상으로도 분명히 황폐지라고 인식될 수 있는 상태의 산지를 초기 황폐지라 한다.

⑶ 민둥산(禿裸地, bare mountain, bare hill, bare land)이란 입목이나 지피식생이 거의 없고 지표침식이 비교적 넓은 면적에서 진행되어 裸地상태의 산지를 말하는데, 붕괴지에서처럼 일시에 다량의 土砂礫을 유실하지는 않지만 강우시마다 토사를 유실하여 河床을 높임으로써 이른바 天井川 즉 모래내(elevated stream, bed-up stream)를 형성하여 홍수 범람의 재해를 가속시킨다. 초기 황폐지가 더 악화되어 민둥산이나 붕괴지로 되어가는 단계의 황폐지를 황폐이행지(eroded forest land)라고 한다.

⑷ 특수황폐지(peculiarly denuded land)는 각종침식 및 황폐단계가 복합적으로 작용하여 황폐도가 대단히 격심한 황폐지로서 암석산지, 공해가 발생되는 공단지대에서 볼 수 있다.

다. 무너진땅(붕괴지, 崩壞地, slided land, slipped land)

붕괴지는 무너진땅으로 일시에 발생되는 산사태, 암석낙하, 슬럼프(slump)와 같이 중력에 의하여 빠른 속도로 흘러내리는 매스 무브먼트(mass movement, mass wasting) 현상에 의하여 절개단면을 노출하고 다량의 토석류가 하부에 퇴적된 지역을 말한다.

라. 밀린땅(땅밀림지, 地滑地, creeping land)

밀린땅(地滑地)은 포행(匍行) 또는 암석빙하(rock glacier)현상과 같이 중력에 의하여 사면의 암설(岩屑)이 서서히 아래로 이동하는 느린 속도의 매스 무브먼트 지역을 말한다.

마. 훼손지(毁損地, 形質變更地, damaged land)

훼손지는 인위적으로 토지의 형질에 변화를 가져오게된 곳으로서 땅깎기비탈면(切開斜面, cut-slope)과 흙쌓기비탈면(盛土斜面, banking slope), 채석장(quarry)과 채광지(mining area) 등이 있다.

바. 황폐계류(荒廢溪流, denuded torrential stream)

황폐계류는 溪床浸蝕에 의하여 계상 자체가 황폐되는 것으로 그 위치가 산지 내의 계곡이나 계간에 있을 때는 계간 황폐지(eroded valley) 또는 침식계류라 하고 계곡 밖에서 농경지 등과 접속될 때에는 야계(torrent)라 한다.

4.1.2. 설계

4.1.2.1. 현지조사

현지조사는 크게 시공의 여부를 결정하는 조사, 시공할 경우 어떠한 공법으로 어떤 공작물을 시공할 것인가를 검토하는 조사와 채택되는 공법과 공작물을 시공하는데 필요한 자재, 노동력, 기계, 운반관계 등을 포함하는 각종조건에 대한 조사가 포함된다.

시공여부는 개개의 요사방지에 대하여 검토해야 할 뿐만 아니라 유역전체로 보아서도 그 보전상의 가치를 검토해야 하며 그후에 계획 및 설계단계에 들어간다. 계획조사와 설계조사를 구분하지 않고 설계단계에서 조사하는 경우도 있다.

설계에 필요한 조사항목은 다음과 같다.

가. 지황 : 지형, 모암, 방위, 경사도, 토심, 토성, 토지이용 상황

나. 임황 : 황폐 전의 林種, 임상, 수령, 혼효비율, 피도(林木度), 주립목의 생장상태, 식생상황

다. 기상 : 강우량, 최대 시우량, 강설량, 初霜, 최고 및 최저온도, 호우빈도

라. 황폐원인 : 붕괴원인과 誘因

마. 황폐임지의 현황 : 면적, 집수유역면적과 형상, 붕괴토량, 황폐확대의 위험성, 자연회복의 가능성, 지표수의 유수상황, 지하수의 용수상황

바. 토지이용관계 : 국토이용관리법, 산림법, 도시계획법, 자연환경보전법 등 다른 법상의 제한사항 검토

사. 토지권리관계 : 소유자

아. 공사용자재 및 노무관계 : 공사재료의 유무, 채취장소 및 재취가능량, 공사용자재의 시장가격, 운반시설의 가부, 附帶工事 및 架設공사의 여부, 노무의 공급상황과 賃金의 실태, 기계 임대

자. 시공공종 : 공종 및 공법의 적부・수량의 概算見積, 공종배치의 見取圖작성, 경

비의 개산견적

카. 기타 : 시공기간의 견적과 다른 토목공사의 시공상황

4.1.2.2. 측량

측량은 산복황폐지의 주변을 포함하여 충분한 범위까지 실시해야 한다. 시공지의 면적결정, 비탈다듬기 공사의 토사량 산출, 공작물의 수량산출과 위치결정 등을 위하여 실시한다. 그러므로 이와 같은 목적을 달성할 수 있는 것이라면 지형측량, 종단측량, 횡단측량 등 어떠한 측량방법도 좋은 것이다.

4.1.2.3. 사방공종의 선정 및 배치

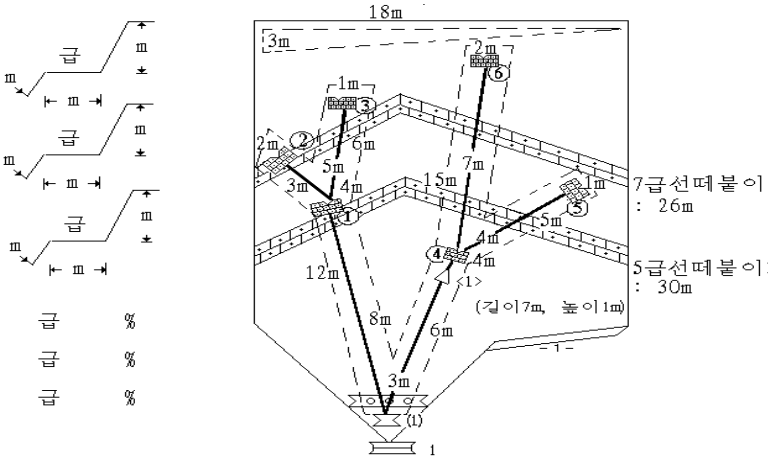
현지조사와 측량자료를 토대로 황폐지를 능선이나 계곡, 임도 등을 경계로 1ha내외의 단지로 구획하여 단지별로 시공면적과 토사량을 계산하여 공작물의 수량과 위치를 결정한다. 동일공종으로 규격이 상이한 것은 공작물 치수조사표에 기재하며 설계단비는 평균치수에 의거 산출한다.

4.1.2.4 설계서 작성

현지조사자료와 측량자료에 기초하여 작성되는 설계서는 산지사방사업 설계설명서, 사방사업 설계내역서, 사방사업 경비내역서, 단가표, 공작물 개소별조서, 임야지적조서, 설계평면도(1:5,000 시공 구역 위치도 첨부) 등의 서류를 작성한다.

설계서 작성시 공작물 배열 순서는 계간공사, 산복공사, 잡공사 순으로 하고 단가표 명세표의 기재순서는 재료를 먼저 기입하고 다음에 인부를, 또 단가는 높은것부터 기입한다.

설계평면도(견취도)는 측량원도(1/3,000또는 1/6,000)를 단지별로 구분견취(見取)하며 설치할 시설물을 적지적공이 되도록 공종부호와 치수를 도시하거나 표시한다. 시공구역경계(굵은실선), 전답(가는실선 가장자리에 엷은 먹칠 또는 평행선), 도로(적색평행선), 하천(가는실선 내부 청착색), 산능선(장파선), 단지경계(소점선 아라비아숫자, 번호기입). 지번계(가는실선)와 산복공사시행지(가는선 내 가장자리에 홍착색)를 표시하며 공작물은 표 8-4-1의 부호에 의하여 적정위치에 표시한다. 설계평면도에는 방위, 축척, 시공년도, 구역번호, 구역면적, 시공면적 등을 기입한다.



<그림 8-4-1> 복구 대상지 평면도

<표 8-4-1> 공작물 부호

공 종 치 수					기 타 공 종
부 호	변 호	윗길이	아랫길이	높이	
	- 1 -	7 m	m	1 m	수로공Y 8 + 3 + 5 + 6 + 4 + 7 = 33m
		5	3	1.20	뭉기기 = 63.8 ㎡
	< 1 >	4	2.80	1.20	2 × 12 × 1 ÷ 2 = 12
	(1)	3	2	1	1 × 6 × 0.8 ÷ 2 = 2.4
	①~③	1.80	1.20	0.80	2 × 15 × 1 ÷ 2 = 15
	④~⑥	1.60	1	0.60	1 × 5 × 0.8 ÷ 2 = 2
		3		0.40	18 × 3 × 1.2 ÷ 2 = 32.4

4.1.3. 복구방법

산지사방은 황폐지의 침식방지와 붕괴 확대를 저지함을 목표로 시공한다.

4.1.3.1. 황폐지

황폐지에서는 표토의 침식을 방지하는 것이 가장 중요하다. 표토 침식력을 약화시키는 방법으로는 비탈면의 경사를 완화시키고 표면을 식생으로 피복하여 우수(雨水)를 분산, 집수, 유하시키는 것이다.

가. 시공요령

① 불규칙한 지반을 정리한다.

② 경사가 완만한 초기 및 중기 황폐지역은 단을 끊지 않고 가급적 표토 이동없이 파종상(播種床)을 만든다.

③ 누로(淚路)나 작은 구곡(溝谷, gully) 수로에는 떼로서 누구막이와 수로를 만들어 침식을 막는다.

④ 경사가 급한 지역은 단을 끊으며 생산된 부토(뜬흙, 浮土)는 선떼붙이기, 흙막이, 산비탈돌쌓기, 땅속흙막이, 골막이 등으로 고정시킨다.

⑤ 작은 수로에서는 윗쪽에 누구막이 아래쪽에 수로를 설치하며, 큰 구곡 수로에는 돌 또는 콘크리트 골막이를 시공하여 산각을 고정시킨다.

⑥ 단간사면에는 초목종자를 직파하고, 단상에는 리기다소나무, 오리나무류, 아까시나무, 상수리나무, 소나무 등을 식재하거나 아까시나무, 싸리류, 새 등과 같은 초목종자를 파종한다.

⑦ 직파로서 성공하기 어려운 급경사 단간사면은 짚 또는 거적덮기공법으로 피복한다.

4.1.3.2. 무너진땅(붕괴지, 산사태지)

산사태는 사면을 형성하고 있는 표토 또는 풍화암층이 평형을 잃고 붕락하는 현상으로 그 원인은 유수의 침투와 지하수면의 상승, 重力作用 등에 의하여 발생된다.

산사태지의 특성은 崩壞源의 상부는 급경사로 되어있고 붕괴원과 침식부의 양사면은 급경사면을 형성하며 이들 지역의 바닥은 미풍화토양 또는 기반암으로 이루어져 있다. 堆積部는 붕괴토사로 이루어져 있어서 이를 복구하기 위해서는 재 붕괴의 우려가 있는 토석의 제거, 견지반의 식생피복, 퇴사지의 식재 및 계통적인 수로의 설치가 문제가 된다.

가. 시공요령

① 산사태지의 상단부 급경사지와 좌우양변에 재 붕괴의 우려가 있는 표토와 돌출 암석을 제거한다

② 급경사면에는 선떼붙이기, 산비탈돌쌓기, 돌 흙막이 또는 축대벽(옹벽)을 설치하여 재 붕괴를 방지한다.

③ 붕괴원과 침식부의 바닥은 경사도에 따라 선떼붙이기(또는 떼단쌓기), 산비탈돌쌓기, 흙포대(흙자루, 마대) 흙막이 등을 시공한다.

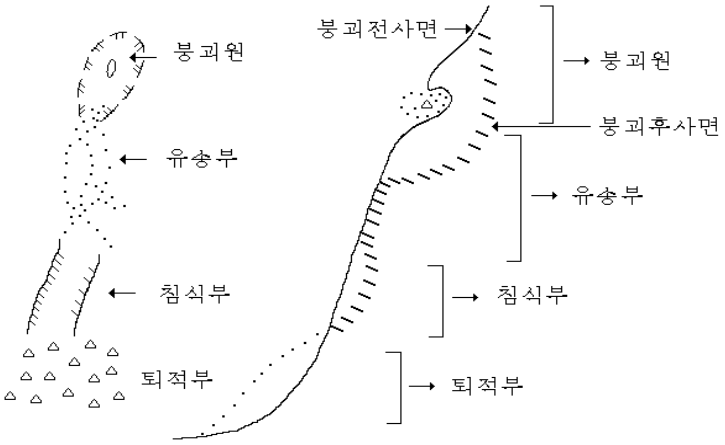
④ 수로는 경사도와 사면길이에 따라 떼수로내기, 돌수로내기를 설치하며 경사의 변환점과 수로방향이 변화되는 개소에 떼누구막이, 돌누구막이, 골막이 등을 설치한다.

⑤ 水가 있는 지역은 보링배수공이나 집수정을 설치하여 지하수를 제거한다.

⑥ 段床에는 식재 또는 파종을 실시하며 단간사면에는 파종 또는 새심기(萱株移植)를 한다. 단간사면이 급경사일 경우에는 짚 또는 거적덮기로 시공한다.

⑦ 붕괴지역이 도로변 또는 계류와 연결된 지역에서는 하단부에 산비탈돌쌓기 또는 옹벽을 설치한다.

⑧ 붕괴지의 유송부와 퇴적부는 식재 또는 파종한다.



<그림 8-4-2> 산사태지의 붕괴 퇴적지 구분

4.1.3.3. 밀린땅

밀린땅은 중력에 의하여 미끄럼면(滑動面)을 따라 표면의 토양이나 암석이 집단적으로 하부로 이동되는 현상이므로 이의 방지를 위해서는 미끄럼면에서 윤활제 역할을 하는 지하수의 배출과 토압을 고정시키는 일이다.

가. 시공요령

① 밀린땅지역의 경계부는 재 붕괴의 우려가 있는 표토와 돌출암석을 제거하거나 약간의 균열부위는 흙으로 메꾸어 유수가 침투되지 못하도록 다져준다.

② 밀린땅 상단부에 돌림수로(迂廻水路)를 설치하여 상류로부터 흘러내리는 지표수를 차단시킨다.

③ 지표면에 종수로, 횡수로를 설치하여 우수의 침투를 최대로 방지한다.

④ 용수(湧水)지역은 배수터널, 집수정, 암거 또는 보링배수공을 시공하여 지하수를 외부로 배출시킨다.

⑤ 토압 고정을 위하여 땅속흙막이, 말뚝박기, 옹벽 등을 요소요소에 시공한다.

⑥ 활동면까지의 깊이가 비교적 낮은 지역은 심근성 수종(상수리나무 등 참나무류)을 식재한다.

4.1.4. 공작물 시공요령

산지사방공사는 기초공사와 녹화공사로 구분되며 공종은 사용재료에 따라 여러 종류로 분류할 수 있으나, 일반적으로 아래 표 8-4-2와 같이 구분할 수 있으며 이들 공종별 시공요령은 다음과 같다.

<표 8-4-2> 산지사방공사 공종구분

- ㅇ 기초공사
  - 비탈다듬기
  - 단끊기
  - 땅속흙막이(무치기) : 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트, 콘크리트블록, 앵글, 크리브망, 흙 땅속흙막이
  - 누구막이(흙막기) : 떼, 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트블록, 앵글크리브망, 흙포대, 통나무 누구막이
  - 산비탈 수로내기 : 떼, 돌, 콘크리트, 콘크리트블록판, 반원관, 파식수로내기
  - 흙막이 : 바자, 통나무, 돌(산비탈돌쌓기 포함), 돌망태, 콘크리트, 콘크리트판, 콘크리트기둥, 폐타이어, 앵글크리브망 흙막이
  - 골막이 : 돌, 흙, 바자, 돌망태, 콘크리트블록, 통나무, PNC판

- ㅇ 녹화공사
  - 바자얽기 : 바자얽기, 통나무울(짱)얽기
  - 선떼붙이기
  - 단쌓기 : 떼, 돌, 돌+떼, 짚망, 흙포대, 합성재 단쌓기
  - 조공 : 떼, 돌, 새, 섶, 인공떼, 흙포대조공
  - 줄떼다지기 : 줄떼다지기, 줄떼붙이기, 줄떼심기
  - 평떼붙이기
  - 등고선구공법
  - 비탈덮기 : 짚, 섶, 거적, 망덮기
  - 새심기
  - 씨뿌리기 : 줄(씨)뿌리기, 흩어(씨)뿌리기, 점(씨)뿌리기, 항공파종
  - 나무심기

4.1.4.1. 비탈다듬기(뭉기기, 整度工, slope grading works)

비탈다듬기는 불규칙한 사면 또는 사면의 불안정한 토석층을 완화하여 안정된 비탈면을 조성할 목적으로 시공하는데 경사가 심한 비탈면을 일정한 경사도로 유지하도록 땅깎기를 하며 깊은 곳은 메우는 공사를 말한다. 일반적으로 비탈다듬기 기울기는 안정물매(土砂의 安息角, angle of repose)를 한계점으로 하는 것이 안전하다.

가. 시공장소

기복이 심한 산복비탈 또는 땅깎기・흙쌓기비탈면(절・성토사면), 암반절개사면

나. 시공요령

① 사면기울기는 대상지의 종 단면도를 작성하여 결정하되 지질, 경사, 주변의 지형과 공법 등에 따라 조화 있게 결정한다.

② 사면기울기가 급한 지역은 선떼 붙이기 및 산비탈 돌쌓기 등으로 조정한다.

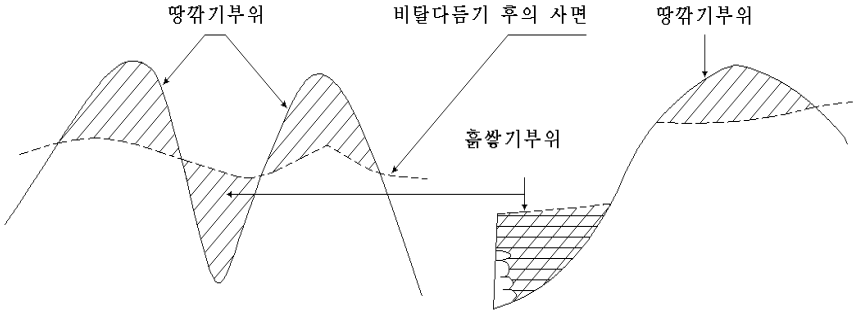
③ 비탈다듬기는 산꼭대기부터 시작하여 산아래로 진행하며 부토가 많은 지역은 속도랑공사 및 땅속흙막이 공사를 시공한 후 비탈다듬기를 하는 것이 효과적이다.

④ 비탈다듬기공사후에는, 뜬 흙이 비탈에 안착할 때까지 일정기간은 비 바람에 노출되어야 하며, 그 후에 다른 공종을 시공한다.

⑤ 비탈다듬기공사에 의해서 잡목이나 그루터기가 매몰되는 경우에는 비탈다듬기공사전에 이것을 미리 정리하여 매몰되지 않도록 시공한다.

⑥ 채석적지 복구공사에서는 채굴공사 마지막 단계에 이를 때에 비탈다듬기공사를 동시에 진행하면서 채굴하여, 채굴작업 이후의 비탈녹화공사를 위한 비탈다듬기 공사가 용이하게 진행될 수 있도록 한다. 채굴면의 요철(凹凸)면에 대개 30㎝ 이내로 비교적 평편하게 다듬는다. 채석지 보전구역과 퇴적장 비탈면에 대해서도 가급적 최대로 안정물매가 되도록 균일하게 다듬고, 수로공사의 위치 등에 대해서는 미리 터파기공사를 한다.

⑦ 기계에 의한 비탈다듬기공사는 토사의 절취량이 많고, 지형적으로도 기계에 의한 시공이 가능한 경우에 채용한다. 주요한 사용기계에는 불도저, 백호우, 트랙터셔블 등이 있으며, 암반에서는 착암기 등으로 다듬어야 한다. 기종 및 규격은 시공지의 지질, 지형에 적합한 것을 선정해야 한다.



<그림 8-4-3> 비탈다듬기 구조도

4.1.4.2. 단끊기(비탈단끊기, 階段工, 段切工, terracing works)

비탈다듬기 공사를 실시한 사면에 수평단을 끊고 초·목본류를 파식하여 황폐된 나지에 식생을 조성하려는 기초공사이다. 산복사면 길이를 줄이고 수평면을 유지케 하므로써 사면에 유하되는 토사를 저지하고 유수를 분산시키므로 침식을 방지하는 동시 식생조성에 필요한 기반조성을 위한 것으로 선떼붙이기나 조공, 흙포대 흙막이 및 파종공을 병행 실시하는 공종이다. 수토보전(水土保全) 공사로서도 계획·시공한다.

가. 시공장소

비탈다듬기 공사가 끝난 비탈사면

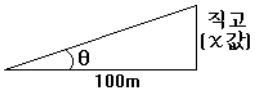
나. 시공요령

① 단끊기는 상부로부터 하부로 향하여 시공하며 단상(段上)에는 될 수 있는대로 원래의 표토를 존치하도록 한다.

② 단끊기는 수평으로 실시하며 단폭(계단나비)은 일반적으로 50~70㎝으로 하지만 비탈면의 기울기가 급할 때에는 계단폭을 좁게하여 상하 계단간의 비탈면 기울기를 완만하게 한다.

③ 단끊기에 의하여 생산되는 토사의 처리는 시공경비와 관계가 많으므로 절취토사의 이동은 최소한도로 한다.

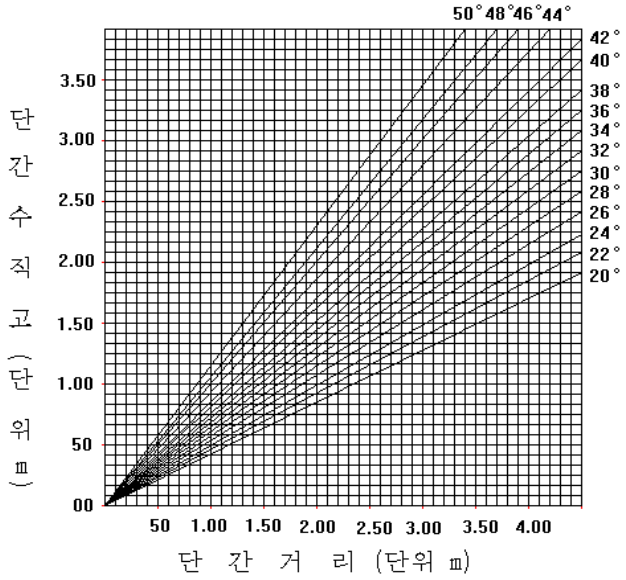
<표 8-4-3> 1㏊당 단끊기 시공연장(*m*)

경사도(Θ)	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
직고(χ) / 단끊기 직고	17.6 *m*	26.8 *m*	36.4 *m*	46.6 *m*	57.7 *m*	70.0 *m*	83.9 *m*	100 *m*
0.6 *m*	2,930	4,460						
0.8 *m*	2,200	3,350	4,550					
1.0 *m*	1,760	2,680	3,640	4,660				
1.2 *m*	1,460	2,230	3,030	3,880	4,800			
1.4 *m*	1,250	1,910	2,600	3,320	4,120	5,000		
1.6 *m*	1,100	1,670	2,270	2,910	3,600	4,370	5,240	
1.8 *m*	970	1,480	2,020	2,580	3,200	3,880	4,660	5,550
2.0 *m*	880	1,340	1,820	2,330	2,880	3,500	4,190	5,000
2.2 *m*	800	1,210	1,650	2,110	2,620	3,180	3,810	4,540
2.4 *m*		1,110	1,510	1,940	2,400	2,910	3,490	4,160
2.6 *m*			1,400	1,790	2,210	2,690	3,220	3,840
2.8 *m*				1,660	2,060	2,500	2,990	3,570
3.0 *m*					1,920	2,330	2,790	3,330
3.2 *m*						2,180	2,620	3,120
3.4 *m*							2,460	2,940

주) 1. 본표의 면적은 1ha(가로100*m*×세로100*m*)를 기준으로 산출한 것임

2. 단끊기 연장 = 단끊기할 대상지의 경사도에 따른 직고 ÷ 단 끊기할 단의 직고 × 연장(가로)

3. 제지 및 계간처리 지역이 있으므로 실제 단끊기는 상기 시공 연장 길이의 30~40%를 감소 실행함.



<그림 8-4-4> 단끊기 공사의 수직고와 수평거리 관계도

4.1.4.3. 땅속흙막이(무치기, 埋設工)

비탈다듬기와 단끊기 등으로 생산되는 뜬흙(浮土)을 산복의 계곡부에 투입 유치하여 이의 유실을 방지하는 한편 산각의 고정을 기하고자 축설하는 공법으로 사용재료에 따라 돌, 바자, 흙, 돌망태, 블록, 콘크리트, 앵글크리브망 땅속흙막이 등이 있다. 이것들은 모두 땅속에 매설하는 공작물로서 외관보다는 강도가 필요하므로 재료의 선택과 시공에 충분한 주의를 요한다.

가. 시공장소

비탈다듬기 토사가 깊이 퇴적한 지역으로 기초가 단단한 지역

나. 시공요령

① 상부의 토압에 충분히 견딜 수 있는 구조물이 되도록 안정된 기반위에 설치하며 바닥파기를 충분히 하고 높이의 2/3 이상이 묻히도록 한다.

② 유치토사가 진흙인 경우는 돌, 콘크리트 또는 블록을, 유치토사가 사질 또는 건조한 지역에서는 석재를, 기타 자재 취득이 곤란한 경우는 땅속흙막이를 하고 심벽(心壁)을 넣는다.

③ 상류를 향하여 직각으로 축설하며 돌쌓기의 비탈은 1 : 0.3, 땅속흙막이의 비탈

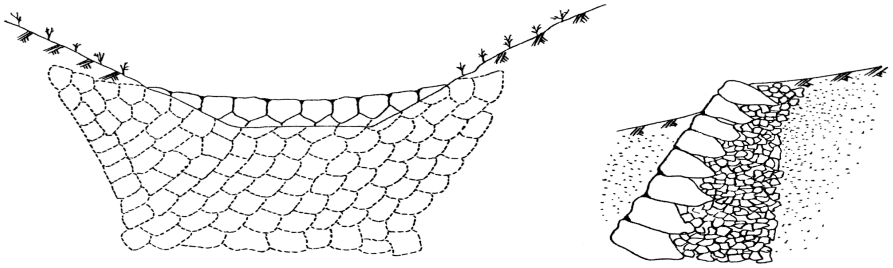
은 1 : 1.0~1.3으로 한다.

④ 현지에 산재된 석재를 충분히 활용하고 큰돌은 밑으로 놓아 축설한다.

⑤ 공작물의 높이와 재료는 토압을 고려하여 축설 선정하는 것이 원칙이나 일반적으로 통용되는 제한높이는 다음 표와 같다.

<표 8-4-4> 사용재료별 땅속흙막이 제한높이

사 용 재 료	공작물 높이(*m*)	비 고
돌	직고 5	경사도 : 25°~30°인 지역
잡석	직고 1~2	
흙(심벽)	직고 3	
흙	직고 1~2	



<정 면 도> <측 면 도>

<그림 8-4-5> 땅속흙막이의 구조도

4.1.4.4. 누구막이(흙매기, 淚溝防止工, 留土工, rill control structures, small check dam)

누구막이는 강우 및 유수에 의한 비탈 침식의 진행으로 발생되는 누구(淚溝, 淚路, rill) 침식의 발달을 방지하기 위하여 누구를 횡단하여 구축하는 비탈 수토보전 공종으로서 산복수로 및 떼단쌓기의 기초로도 사용되며 때로는 토사유치를 목적으로 이용되기도 한다. 기존의 흙매기(留土工)와 동일한 공종이다. 사용재료에 따라 돌, 떼, 돌망태, 바자, 통나무, 콘크리트, 콘크리트블록, 앵글크리브망, 흙포대(흙자루) 누구막이가 있다.

가. 시공장소

누구침식이 발달된 곳 또는 비탈 다듬기 및 단끊기로 생기는 토사가 유치되는곳으

로 뭉긴흙(浮土)이 1m 이상인 퇴적지 또는 수로(누구)의 경사가 급하여 사력유출이 많은 지역

나. 시공요령

① 시공요령은 땅속흙막이나 골막이에 준하나 규모가 작은 것으로 사면적이 3㎡ 이내로 한다. (돌 누구막이 3㎡, 떼 누구막이 2㎡ 내외)

② 누구막이의 높이는 선떼붙이기 하부와 수평이 되도록 설치하되 계간이나 수로상의 뜬흙(浮土) 처리를 감안하여 대략 지상고 60㎝ 내외로 한다.

③ 누구막이 비탈은 1 : 0.3으로 한다.

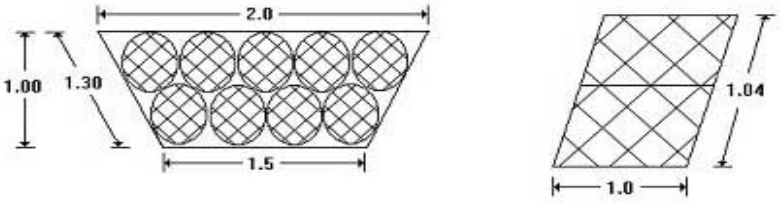
④ 돌 누구막이는 잡활석, 야면석을 이용하며 시공시 충분한 바닥파기를 해야하며 적어도 폭 40㎝의 뒷메꿈을 하여야한다.

⑤ 떼 누구막이는 용수가 없고 토양구조가 양호한 지역에 시공한다.

⑥ 무너진땅의 산복에는 규모가 큰 콘크리트 누구막이를 설치함이 효과적이다.

<정면도> <측면도>

○ 돌 누구막이



<정면도> <측면도>

○ 돌망태 누구막이

<그림 8-4-6> 누구막이 종류별 구조도

4.1.4.5. 산비탈수로내기(산비탈도랑내기, 山腹水路工, channel works)

산비탈수로내기는 빗물에 의한 비탈면 침식을 방지하고 시공공작물이 파괴되지 않도록 일정한 장소에 유수를 모아 배수시키는 공작물로서 사용재료에 따라 떼, 돌, 콘크리트, 블록판, 벤치플륨관, 반원관, 파식수로내기 등이 있다. 수로의 모양은 반달꼴(弧形), U자형과 사다리꼴(梯形)이 있다.

가. 시공장소

- 유수가 집수되는 凹부

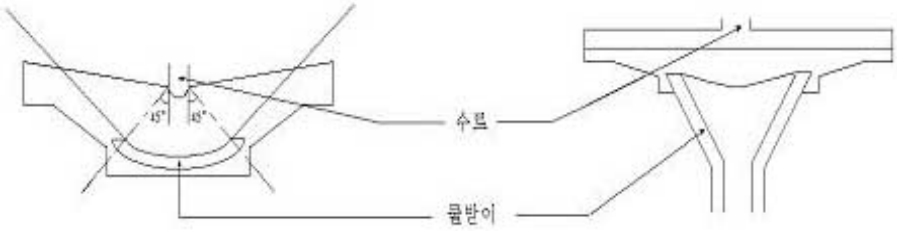
나. 시공요령

① 수로단면은 집수구역면적에 따라 크기를 달리해야 하지만 돌흙막이나 콘크리트 흙막이와 같은 수평대(水平帶)공작물에 의하여 구분되는 구간(span)에서는 같은 크기의 단면을 사용한다.

② 수로의 기울기(물매)는 가급적이면 상부에서 하부에 이르기까지 일정하게 계획하며 적어도 흙막이와 흙막이 사이와 같은 수평대공작물의 구간에서는 일정한 기울기로 시공해야 한다.

③ 수로는 될 수 있는 한 직선적으로 축설해야 한다. 부득이 방향을 바꿀경우에는 반드시 외측을 높게하여 물이 넘치는 것을 방지해야 하며 흙막이 와 수평대공작물에 의하여 낙차를 이루어 수세를 약화시킨 다음 방향을 바꾼다.

④ 비탈면의 기울기를 바꾸거나 수로의 받침공작물로서의 수평대공작물을 축설하는 장소에서는 낙차가 생기므로 그 하부에 물받이(수로받이, 水路受口)를 설치한다. 물받이 크기는 낙차의 유효높이와 수로기울기 등을 고려하여 결정하고 유하수가 직접붕괴면에 비산되지 않는 규모로 해야 한다.



<그림 8-4-7> 물받이(수로받이) 구조도

⑤ 돌 수로내기(돌 붙임수로, 張石水路工, stone pitching channel)

경사가 급하고 유량이 많은 산복수로나 산사태지 등에 설치하는 것으로 경사도와 입지조건에 따라 찰쌓기와 메쌓기로 시공한다.

찰붙임 돌수로(練張水路)는 뒷붙임을 할 때 뒷부분에 콘크리트를 채우고 축설하는 것으로 메붙임수로로서는 위험한 경우에 시공한다.

메붙임 돌수로(空張水路)는 막깬돌, 잡석, 호박돌 등을 붙여 축설하며 유량이 적고 기울기가 비교적 급한 산복에 이용된다. 석재는 돌의 길이면을 유수의 방향에 직각으로 놓고 뒷채움 자갈을 잘 다지기하여 붙임돌이 빠져나오지 않도록 시공해야한다.

⑥ 막논돌 수로내기(捨石水路)는 집수구역이 협소하고 경사가 완만한 곳에 설치하며 수로의 반경은 대체적으로 0.6~1.0*m*, 깊이는 윤변(潤邊)의 1/5~1/10정도로 한다.

⑦ 떼 수로내기(떼붙임수로공, 張芝水路工, sod channel, sod pitching channel)

집수유역이 좁고 경사가 완만하고 수량이 적으며 토사의 유송이 적은 곳에 시공한다.

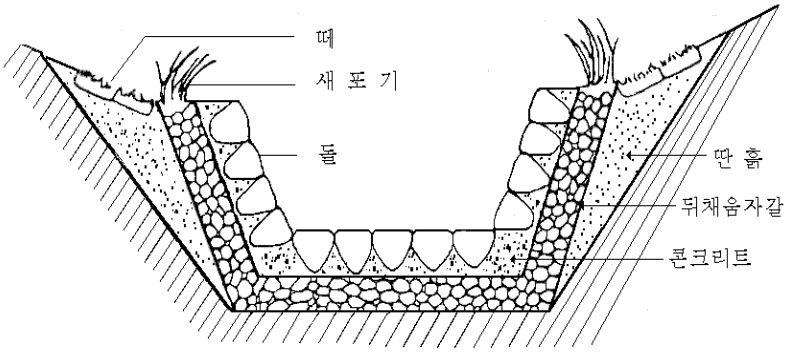
⑧ 콘크리트 수로내기(concrete channel)

찰붙임 돌수로에 비하여 유속이 빠르고 수량이 많은 지역에 설치하며 단면은 일반적으로 사다리꼴 단면을 이용하고 측벽의 앞 기울기는 1 : 0.3~0.5, 뒷 기울기는 수직 또는 역 1:0.1로 한다. 밑 두께를 20~30㎝, 측벽의 두께는 벽마루(天端)에서 20㎝정도의 단면을 사용한다. 콘크리트 수로는 현장치기(打設)를 하는데 반하여 여러가지 단면을 갖도록 미리 만들어진 콘크리트 블록수로(concrete block channel)가 있다.

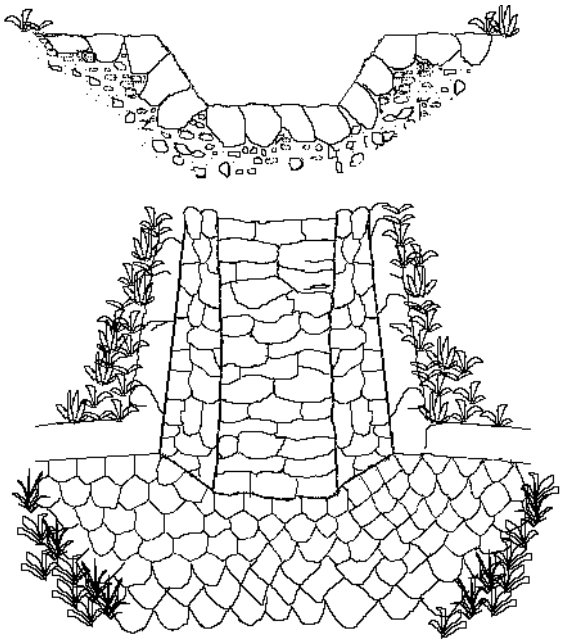
⑨ 파식수로내기는 비용을 절감하기 위하여 집수유역이 협소한 완경사지(경사15° 미만)에서의 간이수로공으로서 凹지에 아까시나무를 식재하고 생장이 빠른 잡초류를 혼파하여 장마기 이전에 수로를 완전녹화 조성한다. 파식종으로는 참싸리, 족제비싸리, 켄터키훼스큐, 오챠드그라스, 새, 솔새, 개솔새, 억새, 비수리등이 있다. 이것을 때로는 초생수로내기(grassed channel)라고도 한다.

<표 8-4-5> 비탈 수로의 종류별 단면의 형상

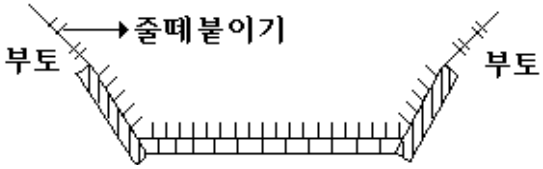
종 별	형 상	적 용
콘크리트 수로	역사다리꼴	유량이 많고 상수가 있는 곳 · 유량이 많은 간선 수로
돌(찰쌓기) 수로	역사다리꼴 반 원 형	유량이 많은 간선 수로 자연유로를 고정하는 곳
돌(메쌓기) 수로	반 원 형	상수가 없고 경사가 급한 곳 지반이 견고하고 집수량이 적은곳
콘크리트 블록 · 콘크리트플륨관 · 파형관 수로		집수량이 많은 간선 도로 비탈어깨 돌림 수로
콘크리트 관수로		집수량이 적은 간선 수로
떼(붙임) 수로	반 원 형	경사가 완하고, 상수가 없으며, 유량이 적고, 토사의 유송이 없는 곳, 떼의 생육에 적당한 토질인 곳
플라스틱 관수로	역사다리꼴	비탈에서 소규모 수로, 비탈어깨 돌림수로



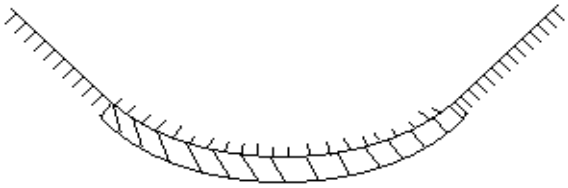
a. 찰붙임 돌수로내기



b. 메붙임 돌수로내기(막논돌수로내기)

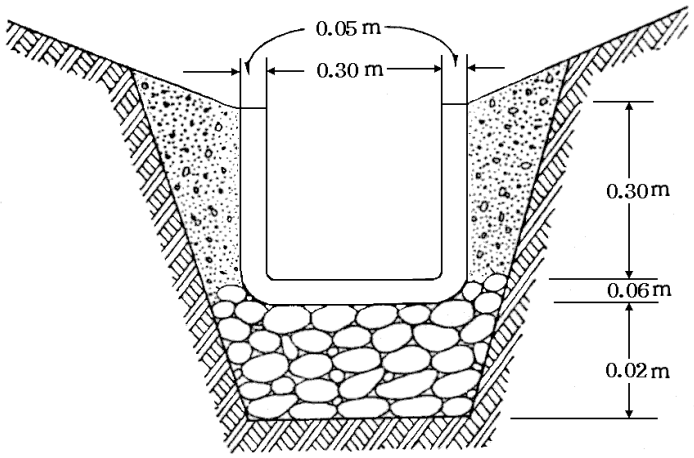


c. 제형수로내기



d. 호형수로내기

떼 수로내기



e. 콘크리트 블록(U자관) 수로내기

<그림 8-4-8> 수로내기 종류별 구조도

4.1.4.6. 흙막이(土留工, 留土工, soil arresting structures)

흙이 무너지거나 흘러내림을 막는 공작물로서 사면기울기의 완화, 표면 유하수의 분산 및 수로공사의 기초 등을 목적으로 구축하는 다 기능적인 비탈안정공종이다.

사용재료에 따라서 콘크리트, 돌, 돌망태, 콘크리트판(PNC판), 흙포대, 통나무, 콘크리트 기둥틀, 폐 타이어, 바자, 앵글클리브망 흙막이등 많은 종류가 있다.

가. 시공장소

사면이 붕괴위험성이 있거나 비탈다듬기 및 단끊기로 생기는 토사가 유치되는 곳

나. 시공요령

① 비탈다듬기와 흙막이 공작물에 대한 시공비의 합계가 최소로 되도록 흙막이의 배치와 구조를 결정한다.

② 비탈다듬기 시공시 매토부분에도 흙막이를 설치하여 비탈면의 안정을 도모하고 흙막이 하부에 땅밀림이 일어나지 않도록 본바닥에 기초를 두고 축설해야한다.

③ 흙막이 공작물의 방향은 원칙적으로 산비탈에 대해서 직각이 되도록 한다.

④ 불투수성의 흙막이 공사는 뒷면에 체수(滯水)되지 않도록 직경 5~10㎝ 정도의 물빼기 구멍을 3㎡당 1개소 정도 설치한다.

⑤ 콘크리트 흙막이(concrete soil arresting structures)는 흙층이 이동할 위험성이

있고 토압이 커서 다른 흙막이 공작물로서는 안정을 기대할 수 없는 경우에 시공하며 높이는 산복기초로서는 4.0*m* 이하, 산비탈면에서는 2.0*m* 내외가 적당하고 천단두께는 배면의 토압이 큰 경우에는 30㎝ 이상, 앞면기울기는 1 : 0.3, 뒷면기울기는 수직으로 하거나 토압에 대응하여 결정한다. 뒷채움돌은 시공의 난이, 배수효과들을 고려하여 아래쪽, 위쪽 모두 30㎝ 이상으로 한다. 또한 표면적 2~3㎡ 당 1개소씩 물빼기 구멍(지름 3㎝)을 설치하며 10~15*m*마다 신축줄눈을 설치하고 견고하지 않은 지반에 시공하는 경우에는 반드시 말뚝기초 등으로 보강해야 한다.

⑥ 돌 흙막이는 찰쌓기와 메쌓기가 있으며 석재를 사용하는 경우와 콘크리트 블록을 사용하는 경우가 있다.

- 석재는 견치돌, 막깬돌, 잡석, 야면석을 사용하며 충분히 바닥파기를 실시하고 축설한다.
- 돌흙막이 높이는 원칙적으로 찰쌓기는 3.0*m*이하, 메쌓기는 2.0m 이하로 하며 기울기는 1 : 0.3으로 한다.
- 블록쌓기 흙막이는 벽면의 안정을 위하여 중량이 무거운 것이 좋으며 일반적으로 ㎡당 300~400㎏의 것이 널리 사용된다. 벽면의 뒷길이는 대체로 30㎝이상이어야 한다.
- 뒷채움자갈은 콘크리트벽 흙막이 공작물에 준하지만 허리채움자갈 등은 돌쌓기와 블록 등을 안정시키기 위하여 돌의 뒷꼬리면까지 완전히 채워야하며 일반적인 사용량은 막깬돌이나 잡석 등의 경우 뒷길이의 1/2, 야면석의 경우 1/3을 돌쌓기의 표면적에 곱하여 산출한다.

⑦ 돌망태흙막이로 사용되는 돌망태의 종류는 둥근돌망태, 방석돌망태, 마름모꼴방석돌망태와 변형돌망태가 있으며 속채움 돌은 지름이 15~30㎝의 잡석이나 호박돌이 좋으며 높이는 2*m*정도로 한다.

⑧ 콘크리트판(PNC판, pipe net concrete) 흙막이는 높이 1.6*m*이하로 하고 반드시 자갈로 뒷채움을 충실하게 해야한다.

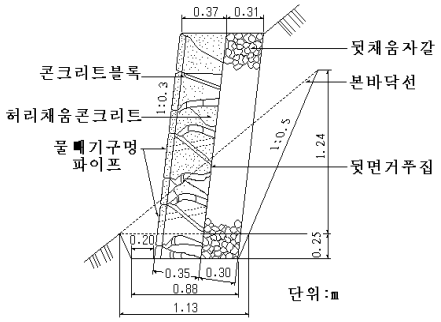
⑨ 흙포대흙막이(soil arresting structures by soil-sacks)는 종이, 피륙등으로 만든 자루(包袋, 負袋, 布袋, 麻袋)에 토사를 담아서 비탈면에 쌓는 공법으로 일시적인 흙막이공사와 流入水의 방지공사 등에 사용된다.

⑩ 통나무쌓기흙막이(timber soil arresting structures)는 기초바닥파기를 하며 그 위에 필요에 따라서 1.0*m*정도의 기초말뚝을 1.0*m*간격으로 박고 이것에 붙여서 횡목을 놓아 그위에 길이 0.7~1.0*m*의 控木을 0.5~1.0*m*간격으로 설치하며 이것을 횡목에 고정시킨다음 그 사이에 토사와 자갈등으로 채우고 다지기를 한다. 공목에 의하여

만들어지는 空隙 부근에는 새심기나 잡초심기 등으로 토사의 유출을 방지하고 埋土의 고정을 조속히 이루도록 해야한다.

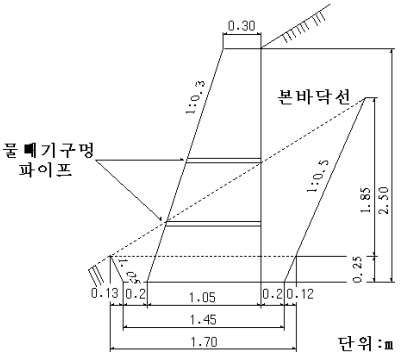
⑪ 콘크리트기둥틀흙막이는 바닥파기를 충분히 하고 자갈이나 호박돌을 평평히 깔고 충분히 다진다음 기초 콘크리트 치기를 한 후 그 위에 콘크리트 기둥을 정사각형, 사다리꼴 또는 삼각형 등의 형상으로 조립용 볼트로서 조립하고 그 속에 호박돌과 자갈 등으로 채운다.

⑫ 폐타이어흙막이는 철사로 견고히 연결하며 속을 흙으로 채워서 이탈되거나 변형되지 않도록 시공하여야 한다.



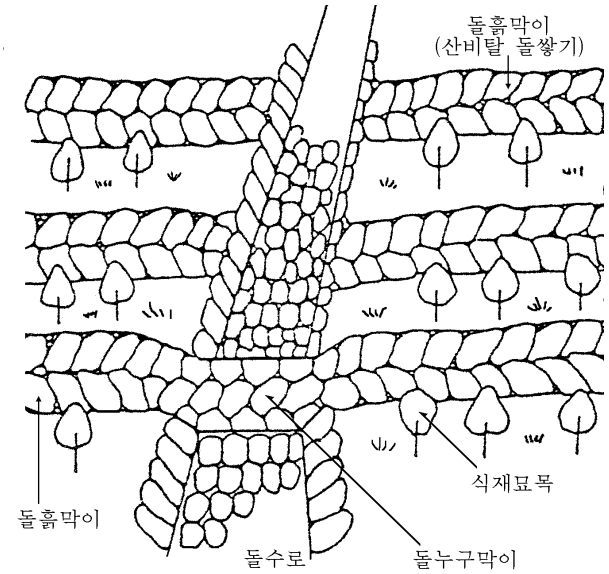
<측면도>

a. 콘크리트 흙막이

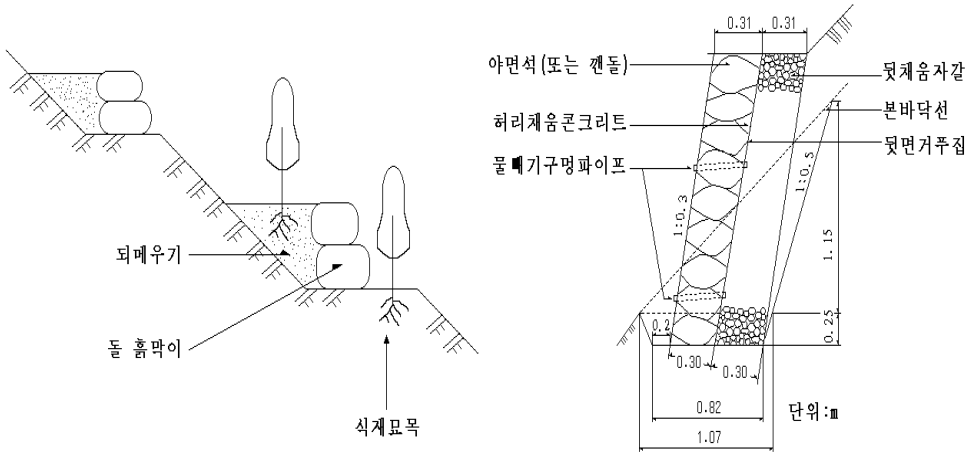


<측면도>

b. 콘크리트 블록쌓기 흙막이

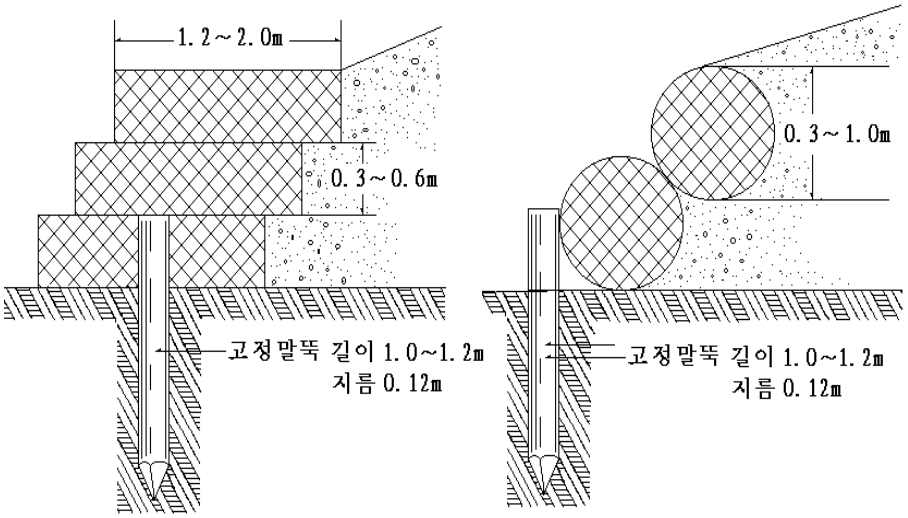


<정면도>



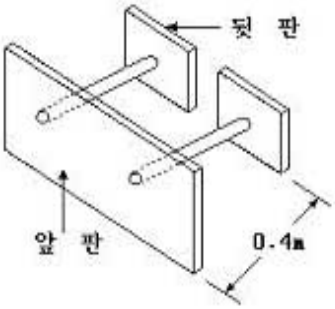
<측면도>

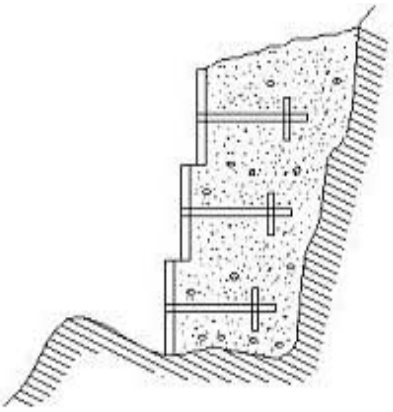
c. 돌(야면석) 흙막이



<세로쌓기> <가로쌓기>

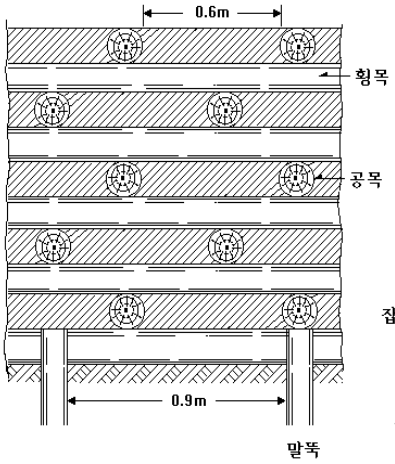
d. 돌망태 흙막이

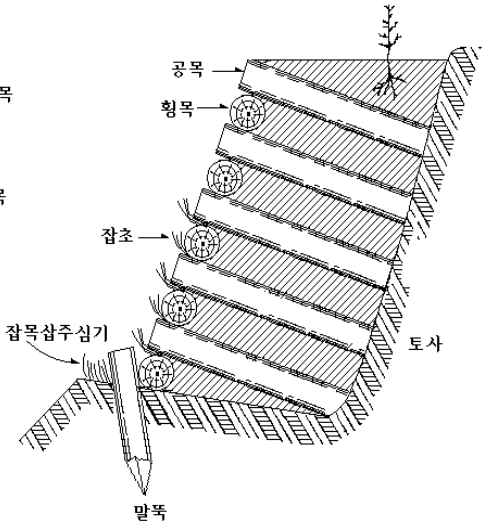




<PNC판> <측면도>

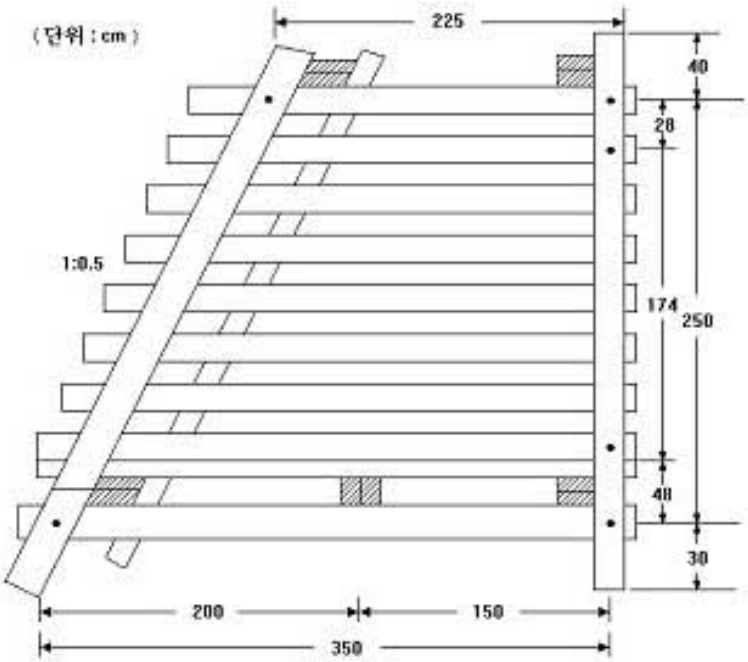
e. PNC판 흙막이





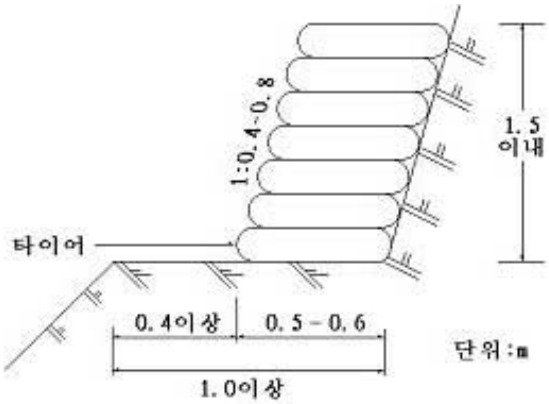
<정면도> <측면도>

f. 통나무 흙막이



<측면도>

g. 콘크리트 기둥틀 흙막이 구조



<측면도>

h. 폐타이어 흙막이

<그림 8-4-9> 흙막이 종류별 구조도

4.1.4.7. 산비탈 돌쌓기(築石工, 積石工, stone masonry works)

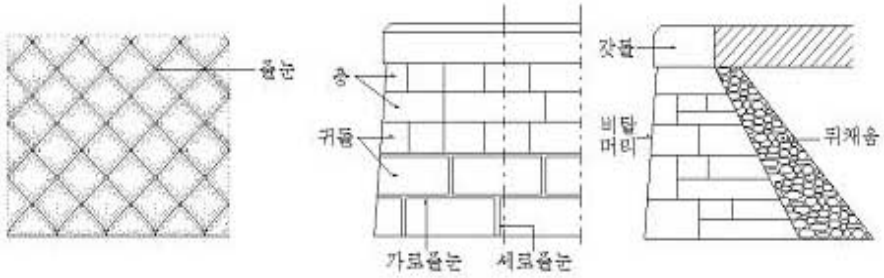
돌쌓기란 돌(石材)을 쌓아올려 자연석쌓기, 돌 흙막이, 돌 누구막이, 돌 골막이, 돌 기슭막이, 돌 바닥막이, 돌 축대벽(옹벽), 산비탈돌쌓기(산돌쌓기) 등과 같은 구축물을 만드는 것을 말하며 특정한 工種名은 아니다. 산지사방에서 돌쌓기라 하면 일반적으로 돌 흙막이(山腹築石工, stone masonry works on hillside)로서 비탈다듬기 등으로 생산된 토사를 유치하거나 붕괴토사를 고정하기 위하여 사면에 설치하는 공작물로서 파종상이나 떼 단쌓기의 기초로도 시공한다. 시공하는 석재의 종류에 따라서 마름돌쌓기, 견치돌쌓기, 전석쌓기, 막깬돌쌓기, 야면석쌓기, 잡석쌓기와 호박돌쌓기 등이 있으며 석재대용으로 최근에는 콘크리트블록쌓기 공사가 널리 활용되고 있다. 비탈면의 기울기가 1 : 1 보다 완만한 경우는 돌 붙이기(張石工) 공사라 하고 1 : 1 보다 급한 경우에는 돌쌓기(築石工)라고 한다.

가. 시공장소

산비탈이나 산각부에 토사의 퇴적이 많고 붕괴토사가 많은 급경사지(경사 45°이상)의 습지 또는 지반이 견고하여 비탈다듬기나 선떼붙이기 시공이 곤란한 기복지

나. 시공요령

① 돌쌓기는 모르타르의 사용여부에 따라 메쌓기(dry masonry)와 찰쌓기(wet masonry)가 있다. 또한 돌을 쌓는 방법에 따라 골쌓기(谷築 또는 谷積)와 켜쌓기(水平築 또는 布積)가 있는데, 골쌓기(uncoursed rubble masonry)는 비교적 안정되고 견치돌이나 큰 들돌을 이용하며 층을 형성하지 않기 때문에 막쌓기(亂層築石)라고도 하며, 켜쌓기(coursed masonry)는 마름돌이나 축댓돌(견치돌)을 이용하여 돌의 면높이를 같게하여 가로줄눈이 일직선이 되도록 쌓기 때문에 바른층쌓기(整層築石)라고도 한다.



<골쌓기> <켜쌓기>

<그림 8-4-10> 돌쌓기 종류

② 기초를 깊이 파고 단단히 다져야하며 큰돌부터 먼저 놓아가면서 차례로 쌓아올린다. 돌을 쌓을 때 튀어나오거나 들어가지 않도록 면을 맞추고 양옆의 면과도 접촉부가 맞도록한다.

③ 시공목적에 알맞는 좋은 석재를 선택하며 특히 귀(모서리)돌이나 갓(머리)돌은 규격에 맞는 좋은 것으로 한다.

④ 돌쌓기의 새로줄눈이 일직선이되는 통줄눈(through joint)을 피하고 파선줄눈(break joint)이 되도록 쌓는다. 줄눈의 두께는 9~12㎜로 하고 모르타르를 충분히 채우도록한다.

⑤ 높은 돌쌓기는 밑으로 내려옴에 따라 돌쌓기 뒷길이를 증대시키는 것이 원칙이다.

<표 8-4-6> 돌쌓기 뒷길이 표준

(단위 : ㎝)

구 분	돌쌓기높이(*m*)					돌붙이기
	~1.5	~3	~5	~7	7이상	
메쌓기	25~35	36~45	36~60	45~75	75이상	25~60
찰쌓기	25~35	30~35	35~45	35~55	45~60	20~40

※ 높이는 천단마루로부터 기준한다.

⑥ 돌쌓기의 표준기울기는 특수한 경우를 제외하고는 쌓기 높이의 최대치를 취하고 표준뒷길이 상부에서부터 적용한다.

<표 8-4-7> 돌쌓기 높이에 따른 표준기울기

직고(直高) (*m*)		~1.5	~3	~5	~7	7이상
메쌓기	성 토	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45	1 : 0.50
	절 토	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45
찰쌓기	성 토	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45
	절 토	1 : 0.20	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40

※ 야면석 쌓기는 높이 3*m*이상이면 전부 또는 하부를 찰쌓기로 한다.

⑦ 산비탈 돌쌓기(산돌쌓기)의 비탈높이는 되도록 2*m*이하로 하되 2*m*이상인 경우에는 2단으로 한다.

⑧ 용수가 있는 곳은 천단에 凹형의 수로를 만들어 물이 흐르도록 한다.

⑨ 줄눈메꿈 모르타르는 ㎡당 0.009㎥를 표준으로 한다.

⑩ 찰쌓기공사

· 찰쌓기 경우 콘크리트 사용량은 ㎡당 0.2~0.3㎥당으로 하고 뒷메꿈 자갈은 ㎡당 0.2~0.3㎥ 보통이나 다습지로서 퇴적토의 붕괴가 예상되는 경우는 ㎡당 0.3~0.5로 시공한다.
· 막깬돌의 찰쌓기공사는 골쌓기(谷築)를 원칙으로 하고, 밑돌은 큰 돌을 사용하여 5각형으로 다듬어 튼튼하게 인접한 돌에 밀착하도록 놓아야 한다.
· 찰쌓기의 석재 및 블록은 쌓기전에 흙이나 부착물을 제거하고 깨끗이 쌓아야 한다.
· 성토지에서는 뒷채움 조약돌의 두께는 직고에 따라 다음 표와 같은 크기로 한다.

<표 8-4-8> 성토의 경우 뒷채움 조약돌의 두께

직고(直高)	~1.5*m*	~3.0*m*	~5.0*m*	~7.0*m*
상부의 두께(㎝) 하부의 두께(㎝)	20~40 30~60	20~40 45~75	20~40 60~100	20~40 80~140

※ 절토의 경우(다져진 상태) 뒷채움 조약돌의 두께는 상하부의 두께를 30~40㎝로 한다.

· 찰쌓기에서는 앞면에서 돌의 이(接觸部)를 맞추고, 허리고임돌로 쌓기돌을 고정시키고, 돌 틈사이에는 채움콘크리트를 채워서 앞면 돌 이까지 충분히 채우고 다져야 한다.
· 찰쌓기공사때의 하루에 쌓는 높이는 1.2*m*를 넘지 않도록 하여야 한다.
· 물빼기구멍의 배치는 어긋나게 하고, 서로의 간격은 2~3㎡ 마다 1개소를 계획하는 것을 표준으로 한다. 바닥지름 3~5㎝ 정도의 염화비닐관 등으로 시공한다.
· 앞면의 줄눈모르타르 시공시에는 줄눈부분을 물로 충분히 적신 후에 시공하여야 한다.
· 찰쌓기의 표면은 시공직후 가마니 등을 덮고 살수하여 10시간 이상 습윤상태를 유지·양생하여야 한다.

⑪ 메쌓기공사

· 메쌓기공사는 규격이 일정한 석재의 줄쌓기(布築)를 원칙으로 한다.
· 메쌓기의 돌 이(接觸部)는 너비가 견치돌일 때 5~10㎝, 막깬돌일 때 3~6㎝가 되도록 돌메로 다듬어서 맞추고, 허리고임돌 및 뒷고임돌을 사용하여 괴어야 하며, 쌓아 올라감에 따라 뒷채움돌을 채워야 한다.

⑫ 골쌓기공사

· 견치돌, 막깬돌 및 깬잡석은 접촉이 좋도록 다듬고, 잡석으로 허리고임, 옆고임, 뒷고임을 하여야 한다. 메쌓기시공시에는 고임돌 틈사이에 채움자갈을 다져 넣는다.

· 밑돌(基石)과 머리돌(天端石)의 앞면은 두 모서리를 따내서 5각형(⛉)으로 다듬고, 좌우의 밑돌과 밀착되도록 놓아야 한다.

⑬ 줄쌓기공사는 비탈면의 높이가 $1m$ 이하일 때, 양질의 규격재인 견치돌이나 막깬돌로 시공한다.

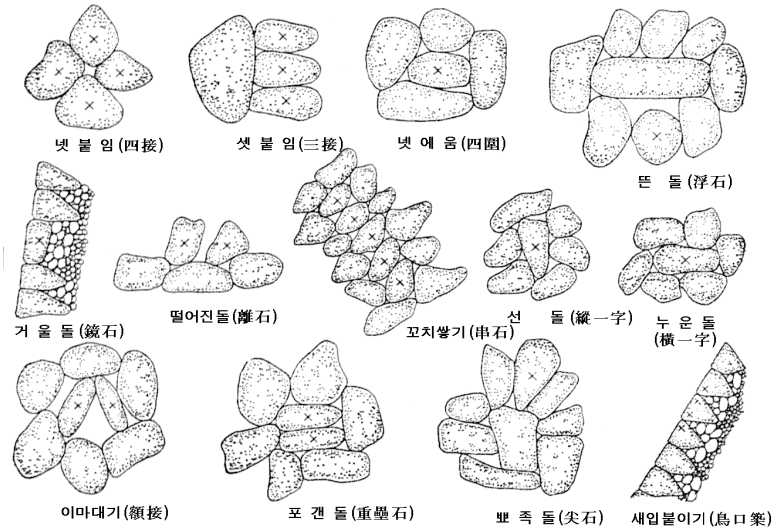
⑭ 호박돌 및 잡석 쌓기공사는 쇠메로 다듬어서 앞면을 맞추며, 좁은 면이 비탈면에 나오도록 마구리쌓기·골쌓기로 한다.

⑮ 돌쌓기공사시의 뒷채움 재료는 조약돌이나 부순돌을 사용하며, 최대지름 15㎝인 돌이 적당한 입도로 혼합된 것이라야 한다. 뒷채움 시공에 있어서 되메우기 재료와 뒷채움 재료가 혼합되지 않도록 하여야 한다. 뒷채움작업중에는 기계의 주행 또는 편심하중에 의하여 구조물에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다.

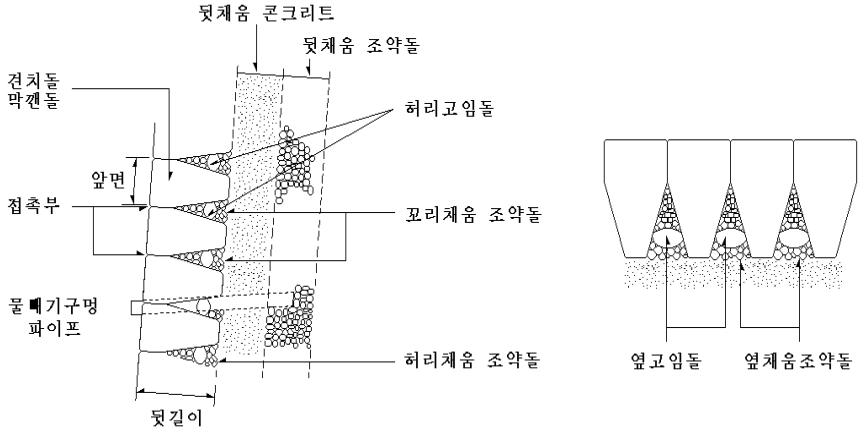
⑯ 돌쌓기공사에서 석축뒤의 되메우기작업은 돌쌓기에 맞추어 뒷채움한 후 층별로 되메우기를 하여야 하며, 높은 돌쌓기에서는 한꺼번에 되메우기를 해서는 안된다.

⑰ 낙석이 예상되는 지역은 천단부를 꺾어 축설한다.

⑱ 돌의 배치에 특히 주의하여 다섯에움 이상 일곱에움 이하가 되도록하며 보통 여섯에움으로 한다.

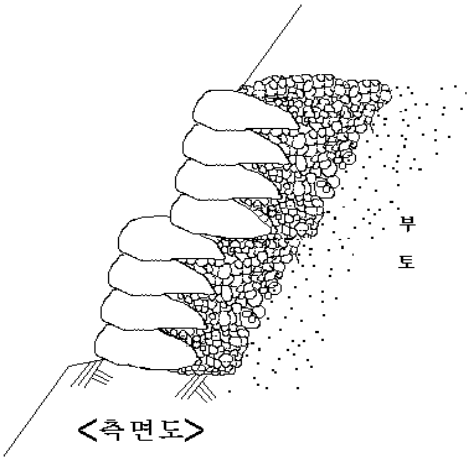


<그림 8-4-11> 잘못된 돌쌓기(禁忌石)

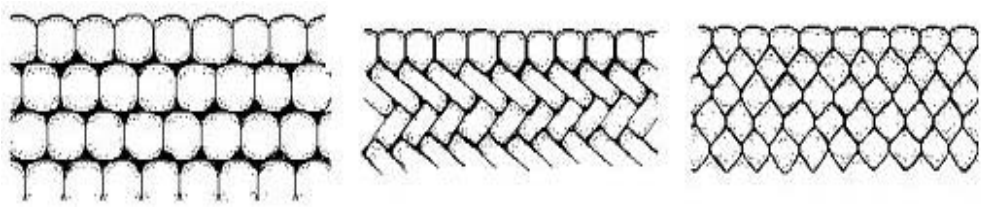


<옆면> <윗면>

<그림 8-4-12> 돌쌓기(築石工) 공사의 단면도(채움돌・고임돌)



<그림 8-4-13> 산비탈 돌쌓기(2단쌓기) 구조도



○ 자연석쌓기 ○ 깬돌쌓기 ○ 축댓돌(견치돌)쌓기

<그림 8-4-14> 돌쌓기 종류별 정면도

4.1.4.8. 골막이(구곡막이, 保谷工, 谷止工, check dam)

황폐소계류(溝谷・gully)를 가로질러 反水面만을 축조하며 개울비탈을 완화시켜 水勢를 줄이므로 산각을 고정하고 토사유출 및 사면붕괴를 방지하기 위하여 시공하는 공작물이다. 사용재료에 따라서 돌, 흙(떼), 바자, 돌망태, 콘크리트 블록, 통나무, PNC(pipe net concrete)판 골막이 등이 있다.

가. 시공장소

溪床과 溪岸의 침식이 활발하고 토사유하량이 많은 장소

나. 시공요령

① 바닥파기는 견지반까지 충분히 하여야 한다.

② 계류의 彎曲部를 가능한 한 피하고 직선부에 설치한다.

③ 축설방향은 유심선에 직각이 되도록 한다.

④ 계상비탈이 급한 곳에서는 계통적으로 축설한다.

⑤ 댐마루부위(堤冠部)는 부득이한 경우 이외에는 방수로를 설치하지 않는 대신 중앙부를 낮게 반달꼴로 만든다.

⑥ 쌓기 비탈은 대체적으로 3부로 하고 견고를 요하는 개소는 돌 또는 콘크리트로 설계 시공한다.

⑦ 물받이는 막논돌로 하고 석재가 귀하고 떼 뜨기가 용이한 곳은 흙을 1.0~1.5할로 쌓아서 댐마루(堤冠)와 반수면에만 떼를 입히고 對水面은 토사로 채운다.

⑧ 석재 또는 떼가 귀한 대신 편책재료가 풍부하고, 토층이 깊고 암반노출이 없는 곳에서는 산복공사 산얽기 요령에 의하여 바자골막이를 설치한다.

⑨ 찰쌓기를 할 때에는 ㎡당 1개 정도의 물구멍을 설치한다.

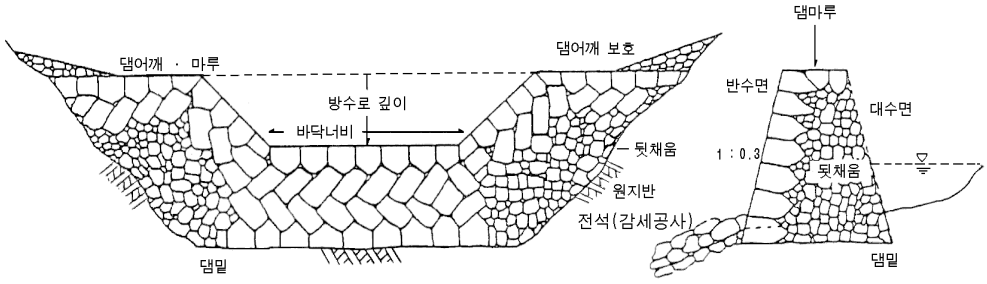
⑩ 돌 골막이(stone check dam)는 길이 4~5*m*, 높이 2*m* 이내로 축설하며 계상기울기가 급한 곳은 계통적으로 축설한다. 뒷채움은 댐마루까지 높이의 1/2에 해당하는 두께로 시공한다.

⑪ 흙 골막이(earth check dam)는 흙으로 구곡막이를 축설하고 댐마루의 반수면에 떼를 입혀 제체를 보호하며 규모가 크고 견고함을 요구할 때는 좋은 점토 또는 石灰二和土의 심벽(impervious core wall)을 설치한다. 흙쌓기 비탈면의 표준기울기는 대수면과 반수면에서 다같이 1:1.5보다 완만하게 한다.

⑫ 바자 골막이(wicker check dam)는 통나무(직경 10㎝내외)로 말뚝을 박고 버들, 사시나무, 기타 맹아력이 강한 지조(枝條)를 엮어서 만드는데 석재가 귀하고 습지로

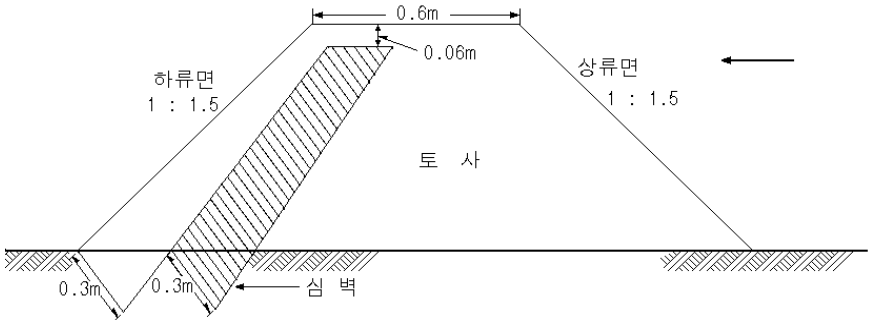
서 토심이 깊고 암반노출이 없는 지역에 축설한다.

⑬ 통나무 골막이(timber check dam)는 먼저 항목을(직경 6㎝)을 3.6*m* 간격으로 계상(터파기 장소)에 상, 하 2줄을 놓은 다음 그 위에 종목(1*m*)을 60~70㎝간격으로 놓은 후 결속선으로 단단히 묶는다. 종목과 횡목이 접하는 곳에 45°방향으로 기초말뚝(말뚝길이 1.8*m*)을 박은 후 구조도와 같이 종, 횡으로 쌓고 공간에 자갈, 돌흙으로 채운 다음 종목을 이용하여 방수로를 만든다.

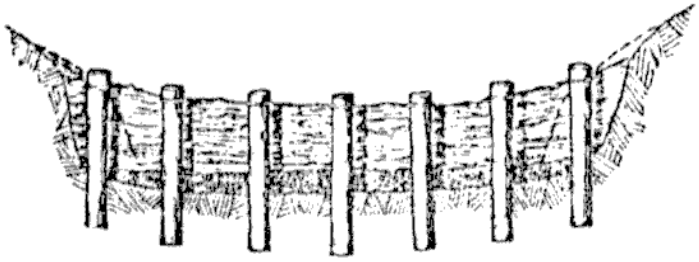


<정 면> <단 면>

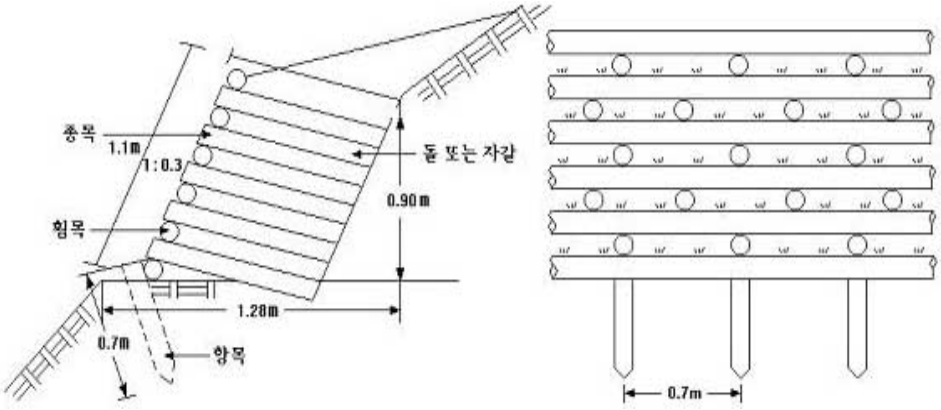
a. 돌 골막이



b. 흙 골막이



c. 바자 골막이



< 정면도 > < 측면도 >

d. 통나무 골막이

<그림 8-4-15> 골막이 종류별 구조도

4.1.4.9. 바자얽기(산얽기, 山腹編柵工, wicker works, wattle works)

산지 사면의 토사 유치와 붕괴방지 및 식생조성을 목적으로 비탈면 또는 계단상에 바자(柵, 編柵)를 설치하고 뒤쪽에 흙을 채워 식생을 조성하는 공작물이다. 사용되는 재료는 바자, 통나무, 판자류, 콘크리트판, 초두목, 가지 등이 있다. 책(바자) 공작물에는 바자얽기(編柵工)와 통나무울(짱)얽기(木柵工)로 구분된다.

가. 시공장소

- 떼 채취가 곤란하고 떼붙임으로 실효를 거둘수 없는 지역
- 토압이 적고 식생의 도입이 용이하며 토양조건이 양호한 지역으로 사용재료를 쉽게 얻을 수 있는 지역

나. 시공요령

① 말구직경 8~10㎝내외, 길이 1.0~1.5*m*의 말뚝을 0.5~1.0*m*간격으로 길이의 1/2 정도 땅에 박고, 초두목이나 가지로 50㎝정도의 바자를 얽어맨다.

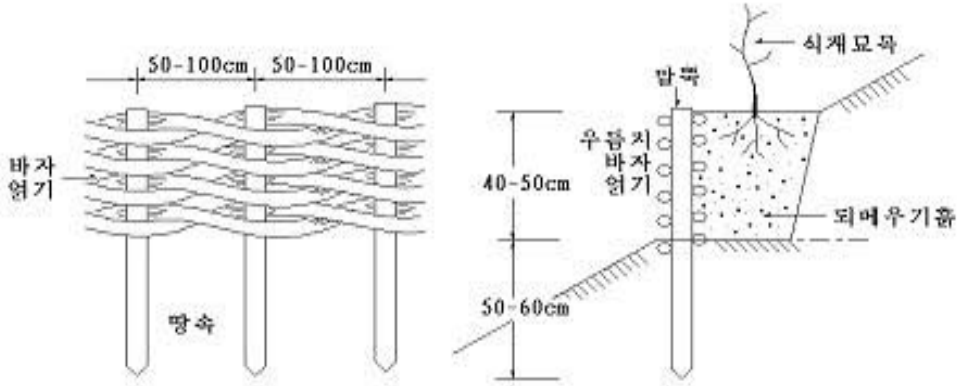
② 말뚝을 박는 각도는 사면에 직각 방향과 수직선과의 이등분선이 되도록 시공함을 원칙으로 하나 경사가 완만한 경우에는 수직으로 하여도 된다.

③ 급경사지에서는 계단을 끊고 사면에 접근하여 편책을 설치한 후 뒤에는 토사로 채운다.

④ 바자를 얽어매는 나뭇가지는 밑부분이 3㎝ 이하, 1m당 0.3~0.5속 (1속:25본)을 사용하며 잘 휘어지는 나무를 사용한다.

⑤ 바자 앞면에 버드나무류의 삽수를 꽂아 토양을 고정토록 한다. 산지붕괴지에서는 밤나무, 참나무류, 버드나무류 등이 사용된다. 산지비탈의 비탈 다듬기 토사의 안정공사로서 뿐만 아니라 산사태지, 붕괴지비탈의 토사안정, 녹화공사, 그리고 채석장을 비롯한 각종 형태의 훼손지비탈의 안정, 녹화공사에 널리 적용된다. 간벌재 통나무 끝단 우듬지 및 큰 가지의 활용으로 현지 주변에서 구득이 용이한 경우에 더욱 효과적이다.

⑥ 얽기 상하 간격은 직고 0.5~1.0m로 한다.



<그림 8-4-16> 바자얽기 구조도

4.1.4.10. 울짱얽기(울얽기, 비탈 울짱얽기, 柵工, plank-board barrier works)

울짱얽기공사(斜面柵工)는 산지비탈 또는 계단위에 울짱(柵)을 설치하여 표토의 유실을 방지하고, 울짱뒷면에 되메우기를 해서 식재한 묘목의 생육에 양호한 환경조건을 조성하기 위하여 계획·시공하는 비탈안정공종으로 사용재료에 따라 목책(통나무, 판자), 콘크리트판, 합성수지, 철망울짱얽기와 각종 매트병용의 울짱얽기가 있다.

가. 시공장소

- 떼채취가 곤란하고 떼 붙임으로 실효를 거둘 수 없는 지역
- 토압이 적고 식생도입이 용이하며 토양조건이 양호한 지역으로 사용재료를 쉽게 얻을 수 있는 지역

나. 시공요령

① 사면에 수평으로 0.5~1.0m 간격으로 말뚝을 박고 말뚝사이를 각종의 재료로 얽거나 조립하여 벽면을 구성하는데 일반적으로 울짱의 벽면높이는 0.5m 정도로 하고 말뚝의 길이는 울짱높이의 1.5~2.0배로 한다.

② 울짱(柵)에 사용하는 말뚝과 울짱벽재는 썩기 쉬운 재료를 사용하는 경우가 많으므로, 식생에 의해서 가급적 뒷면의 되 메우기 흙을 고정하고 계단위와 벽재의 사이에는 반드시 새류(초류)와 잡초포기를 심던가, 초류종자를 파종하여야 한다.

③ 말뚝을 박는 각도는 일반적으로 수직방향으로 하지만, 경사가 급한 비탈에서는 말뚝아래의 흙의 두께가 충분히 말뚝을 지지할 수 없는 경우에는, 비탈의 수직방향과 직각방향과의 2등분선의 방향으로 박는다.

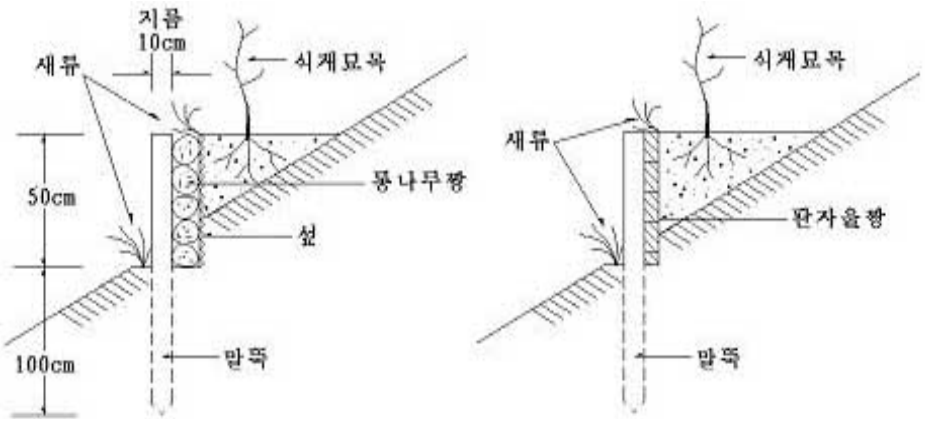
④ 목책얽기공사(木柵工)는 울짱벽재에 板材 또는 통나무를 사용하여, 벽재에 가해지는 토압을 말뚝으로 지지하는 것으로, 흙막이공사까지는 필요하지 않은 정도의 비탈다듬기로 생긴 토사의 고정을 도모할 경우에 계획한다.

일반적으로 끝동부리(末口) 지름 10㎝, 길이 1~1.5m 정도의 말뚝을 대개 1m 간격으로 박고 그 안쪽에 판재(두께 3㎝ 정도) 또는 통나무(지름 10㎝ 정도, 길이 2.0m 정도)를 높이 50㎝ 정도로 나란히 놓고, 다시 되 메우기토사가 유출되지 않도록 섶을 놓고 되메우기를 한다.

벽재에 통나무를 사용하는 것을 “통나무울짱얽기공사(原木柵工)”, 판재를 사용하는 것을 “판재울짱얽기공사(板柵工)”라 하며 간벌재 활용면에서 활용효과가 크게 기대된다.

⑤ 대용재, 합성수지재 울짱얽기공사는 합성수지계 2차 제품을 사용하여 울짱얽기공사를 하는 것으로, 지형, 토질조건 등을 고려하여 가장 적절한 것을 선정하여야 한다. 울짱얽기공사(柵工)중에서는 바자얽기공사가 종래로부터 많이 사용되었지만, 우듬지와 같은 재료를 구득하기가 곤란하고, 또 공사의 성력화 등으로부터, 2차 제품화된 자재를 사용하는 울짱얽기공사를 계획하는 경우가 많아졌다.

2차제품 자재를 사용하는 울짱공사의 구조는 기본적으로는 바자얽기공사와 같지만, 나무 말뚝 대신 철재 파이프와 경질 염화비닐계 파이프를 사용하고, 나무 우듬지 대신에 강판과 엑스팬드 메탈, 혹은 섬유판계의 투수성매트와 철망 등을 사용하거나, 또는 이들 자재를 병용하여 시공한다. 또, 녹화를 촉진하기 위하여 벽재에 종자와 소량의 비료를 첨착한 것 등도 있다.



○ 통나무울짱얽기　　○ 판자울짱얽기

<그림 8-4-17> 울짱얽기 종류별 구조도

4.1.4.11. 선떼붙이기(줄떼공, 立芝工, terrace-sodding works)

비탈다듬기에서 생산된 부토를 고정하고, 식생을 조성하기 위한 播植床을 설치하는데 필요한 기본 공작물로서 산복비탈면에 계단을 끊고 계단전면에 떼를 쌓거나 붙인 후 그 뒷쪽에 흙으로 채우고 樹草를 파식한다. 이 공법은 수평계단에 의해서 지표유하수를 분산하여 침식 방지와 수토보전을 도모하기 위하여 계획시공하는 비탈녹화공종으로 떼 붙이기의 사용매수에 따라 1~9급으로 구분하며 기초에 돌을 쌓아 보강하는 경우에는 밑돌선떼붙이기(臺石立芝工)라 한다.

가. 시공위치

경사가 비교적 급하고 지질이 단단한 지역

나. 시공요령

① 직고 1~2*m*의 간격으로 단(계단)을 끊는데 계단폭은 50~70㎝, 발디딤(踏路, berm)은 10~20㎝, 천단폭(마루나비)은 40㎝를 기준으로 하며 떼붙이기 기울기는 1 : 0.2~0.3으로 한다. 단끊기는 등고선 방향으로 실시하며 산 상부에서 시작하여 하부로 내려오면서 한계단씩 차례로 끊어내린다.

② 부토가 깊은 지역은 산비탈돌쌓기를 실시한 후 선떼붙이기(밑돌선떼붙이기, 臺石立芝工)를 시공한다.

③ 급경사지에서 선떼의 밑부분의 붕괴를 방지하고 작업시 인부들이 밟고서서 작업할수 있으며 선떼의 밑부분과 밑떼(바닥떼, 基芝)의 활착을 조장하기 위하여 바닥떼 앞면부분에 발디딤(踏路, berm)을 설치한다. 발디딤은 가급적 견지반에 설치한다.

④ 선떼붙이기를 할 때 기술적으로 가장 중요한 일은 떼를 붙이는 일로 선떼(立芝), 갓떼(머리떼, 冠芝, 天芝, 耳芝, coping-sod, ear grass), 받침떼(支芝, 控芝, supporting-sod), 바닥떼(敷芝, 基芝, footing sod, base sod, fundation sod)등과 잘 밀착되어야 하며 마루는 항상 수평을 유지하고 토사의 沈下率을 감안하여 5㎝정도 흙을 돋우어 주는 것이 좋다.

⑤ 선떼붙이기의 높이는 경비와 입지조건에 따라 달리하게 되는데 저급(9급에 가까운것)으로 하는 것이 효과적이나 일반적으로 황폐임지 산복공사에 6~7급(높이 40㎝)을 많이 시공하고 있다.

⑥ 표토이동과 강수차단을 목적으로 할 때는 5급 이상으로 하며 사방지 식재 및 파종을 목적으로 할 때는 6급 이하로 한다.

⑦ 떼는 산풀이 섞인 산떼가 활착이 좋다.

⑧ 급별 떼사용 매수, 시공간격과 ha당 시공연장거리는 다음표와 같다.

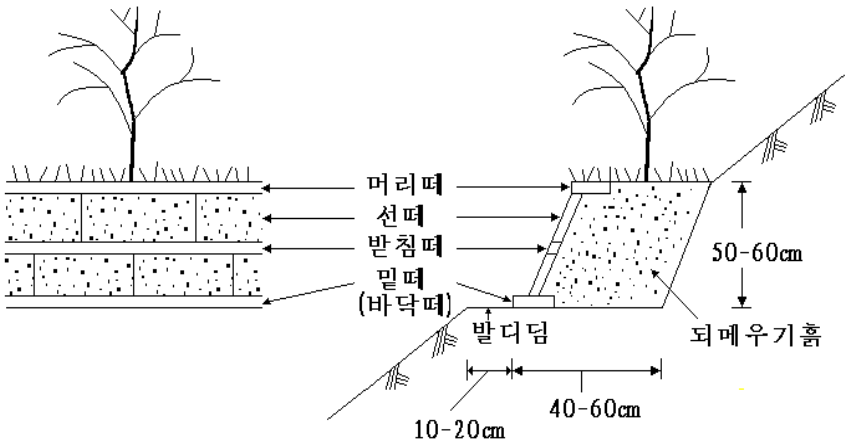
<표 8-4-9> 선떼붙이기 시공기준

구 분	비탈 (°)	1m당 떼사용매수(매)	직 고 (m)	수평거리 (m)	사면거리 (m)	1ha당 시공연장 (m)
1급 선떼붙이기	35~45	12.50	2.80~4.00	4.00	4.94~5.90	2,500
3급 선떼붙이기	35~45	10.00	2.80~4.00	4.00	4.94~5.90	2,500
5급 선떼붙이기	25~35	7.50	1.55~2.33	3.33	3.70~4.11	3,000
6급 선떼붙이기	25~35	6.25	1.55~2.33	3.33	3.70~4.11	3,000
8급 선떼붙이기	15~25	3.75	0.75~1.30	2.79	2.90~3.10	3,500

※ 떼크기 : 길이 40㎝×나비 25㎝

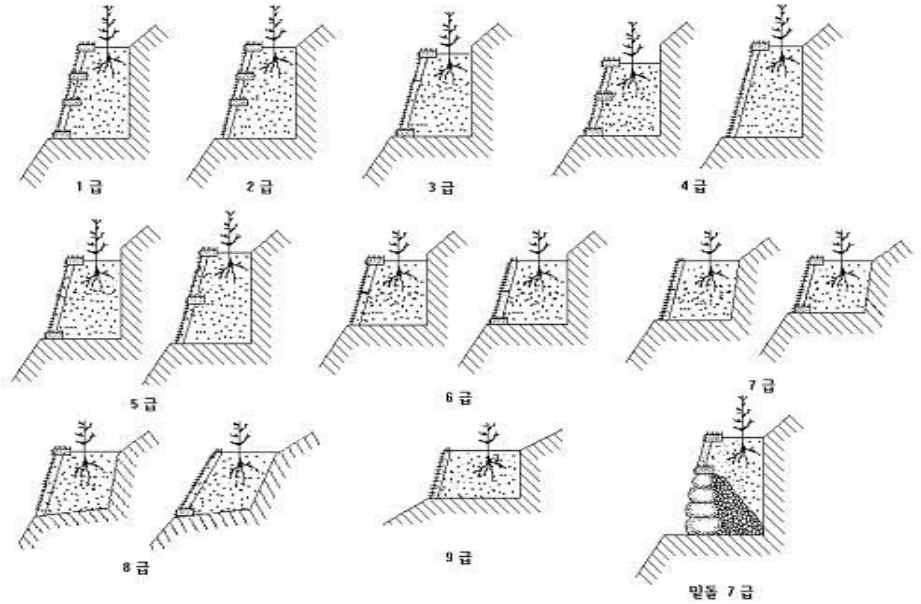
<표 8-4-10> 급별 선떼붙이기 m당 떼사용매수표

떼크기	길이 40, 폭 20㎝		길이 33, 폭 20㎝	
구 분	단면상 매수	연장 1m당 매수	단면상 매수	연장 1m당 매수
1급	5.0	12.50	5.0	15.0
2급	4.5	11.25	4.5	13.5
3급	4.0	10.00	4.0	12.0
4급	3.5	8.75	3.5	10.5
5급	3.0	7.50	3.0	9.0
6급	2.5	6.25	2.5	7.5
7급	2.0	5.00	2.0	6.0
8급	1.5	3.75	1.5	4.5
9급	1.0	2.50	1.0	3.0
1m당 떼사용 매수	단면상 떼매수 × 2.5 매/m		단면상 떼매수 × 3 매/m	



<정면도> <측면도>

<그림 8-4-10> 선떼붙이기 구조도



<그림 8-4-19> 선떼붙이기 급별 시공기준

4.1.4.12. 단쌓기(비탈단쌓기, 段積工, stepped mini-terrace works)

경사가 급한지역에서 비탈다듬기 공사나 단끊기 공사로 생산된 토사가 많은 사면을 조기에 안정, 녹화하기 위하여 높이와 너비가 일정한 계단을 연속적으로 붙여 구축하는 비탈안정 녹화공종으로 사용재료에 따라 떼, 돌, 돌·떼, 짚망, 흙포대, 합성재 단쌓기가 있다.

가. 시공장소

급경사지로 부토(浮土)가 많은 사면

나. 시공요령

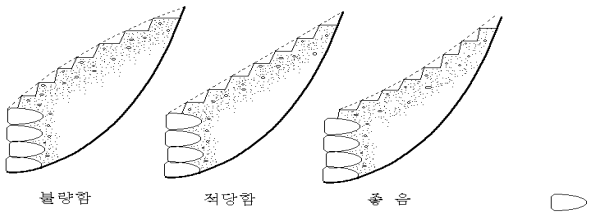
① 용수로 인하여 붕괴위험성이 있는 장소에서는 속도랑내기를, 시공높이가 높은 경우에는 땅속흙막이 또는 흙막이 공작물을 겸하여 시공한다.

② 떼단쌓기(段積立芝工, stepped mini-terrace sodding works)는 단끊기 및 떼붙이는 요령은 선떼붙이기(7급)와 같으며 떼단의 높이와 너비는 30㎝ 정도로 한다.

- 동일 비탈면에 연속적으로 시공하는 떼단의 수는 5단을 초과하지 않도록 해야 하며 5단 이상일 경우에는 5단을 쌓은 후 돌쌓기와 같은 보다 견고한 흙막이 공작물을 시공하고 떼단의 나비보다 더 넓은 작은단(小段)을 설치한 다음 그위

에 떼단쌓기를 계속한다.

· 떼단의 앞모서리 부분을 연결한 선이 직선이거나 줄드리움선이 되도록 시공한다.



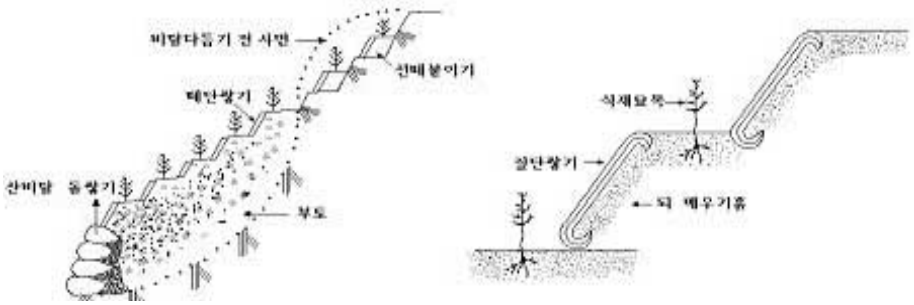
<그림 8-4-20> 떼단쌓기 공작물의 시공적부

· 산비탈의 오목한 곳(凹지)에 시공하는 경우에는 떼단 기초부에 아까시나무, 싸리를 파종하고 떼단위에 사방수종을 식재하는 것이 효과적이다.

③ 돌단쌓기(段積石工, stepped mini-terrace masonry works)는 돌이 많은 지역에서 떼대신 돌(잡석)을 이용하여 시공한다.

④ 돌·떼(혼합)단쌓기(石芝混合段積工, stepped mini-terrace stone-sodding works)는 석재가 많은 지역에서 떼대신 석재로 段을 쌓으면서 돌 사이에 떼를 넣어 돌과 떼가 일체가 되도록 시공하는 공법으로 경제적이나 견고도가 약한 것이 흠이다.

⑤ 볏짚 단쌓기(stepped mini-terrace straw works)는 떼를 구하기 어려운 장소(고산지대)에서 떼 대신 볏짚을 위 아래로 구부려 넣고 단 위에는 묘목을 심고 풀씨를 파종한다. 계단의 나비는 발 디딤을 설치할 경우 60㎝ 정도, 발 디딤이 없을 경우 50㎝ 정도로 하고 그 높이는 30㎝ 정도로 한다.



<측면도> <측면도>

○ 떼단쌓기 ○ 볏짚단쌓기

<그림 8-4-21> 단쌓기 종류별 구조도

4.1.4.13. 조공(條工, 筋工, strip-terracing works)

황폐사면(각종 붕괴지, 절·성토사면)에 나무와 풀을 파식하기 위하여 산복비탈면에 수평으로 계단을 끊고 앞면에는 떼, 새포기, 잡석 등으로 낮게 쌓아 계단을 보호하며 뒷면에는 흙을 채워서 파식상을 조성한 후 파식하는 산복녹화공법이다.

사용재료에 따라서 떼, 돌, 새, 싸리, 통나무, 섶과 그밖에 식생반, 식생자루, 식생대, 식생구멍 및 식생매트 덮기와 같은 인공녹화자재를 이용한 조공법이 있다.

가. 시공장소

비교적 완경사지의 녹화대상지

나. 시공요령

① 계단간 수직높이는 1.0~1.2*m*, 계단 나비는 50~60㎝의 계단을 수평으로 설치한다.

② 떼조공(반떼붙이기, 芝條工, sod strip-terracing works)은 뜬떼(切芝)를 사용하는 경우와 植生盤, 식생자루(植生袋), 植生帶, 그린벨트 등을 이용하는 경우가 있다. 떼 조공은 반떼(가로 40㎝, 세로 12㎝, 두께 5㎝이상)를 붙이고 후면에 묘목을 식재한다. 떼 조공 시공시에 흙떼를 눌러 고정하기 위한 떼 꽂이는 맹아력이 큰 버드나무류 또는 싸리, 족제비싸리 등을 사용한다.

③ 돌조공(줄돌쌓기, 石條工, stone strip-terracing works)는 산복면에 용수가 있는 곳에 시공하며 돌쌓기는 기울기 1 : 0.2~0.3, 계단의 나비는 50㎝, 돌쌓기 높이는 50㎝정도로 시공하며 돌 공작물 상하에 반드시 새, 솔새, 개솔새 등을 심어 서릿발 또는 빗물 등에 의한 침식을 방지한다. 산비탈 돌쌓기 공사보다 소규모이며 완경사 안정녹화에 이용된다. 보통잡석을 이용하며 돌쌓기 요령에 준하여 시공한다.

④ 새조공(萱條工, 萱筋工, grass strip-terracing works)은 새포기(萱株)의 채취가 용이한 경사30°이하의 완경사지에 계단을 설치한후 계단위에 새류포기를 나란히 놓은후 흙으로 덮어준다. 새류줄기의 길이는 30㎝정도의 것을 사용한다. 계단간 사면에는 반드시 파종공법이나, 피복공법으로 처리하며 사면을 보호해야 한다. 새조공은 단독으로 계획할 때에 계단높이는 1.0~1.2*m*를, 계단을 설치하지 않을 때에는 0.5*m* 정도를 표준으로 한다.

⑤ 통나무조공(Log-strip-terracing works)은 말구지름 10㎝정도의 말뚝을 0.7~1.0*m*간격으로 박으며 그 내측에 통나무를 일렬로 포개 쌓은 후 그 뒤에 흙을 채우고

묘목을 심는다.

⑥ 섶조공(비탈섶조공, 粗朶條工, foscine strip-terracing works)은 섶 채취가 용이하고 조공 뒷면의 되메우기흙이 좋은 곳에 시공하는데 섶의 길이를 40㎝정도로 자른 후 지름 10㎝정도의 다발로 묶어서 계단위에 일열로 부설하고 그 위에 흙을 덮고 다진후 그 위에 다시 1-2단을 포개어 쌓는다. 흙덮기(覆土, covering with soil) 부분에는 새나 잡초 등을 이식한다.

⑦ 식생반(植生盤, vegetation block)조공은 비료를 혼합한 흙(유기질이 많은 흙) 또는 泥炭을 盤狀으로 성형(길이 25㎝, 나비 20㎝, 두께 3㎝)하여 그표면에 종자를 고정시킨 것을 사면에 일정한 간격으로 판 수평골에 펴는 공법이다. 식생반을 깔아 붙이는 방법은 평떼붙이기와 같다. 비탈면 상부로부터 순차적으로 하향하여 수평구를 배열한다. 이 경우에 지반과의 간격에 틈이 있으면 건조의 해 등이 생기기 쉬우므로 세토를 채워서 밀착시킨다. 식생반을 붙이기 위한 구는 보통 50~60㎝ 간격이 적당하며, 1m 당 4매(枚) 사용하면 구간격 60㎝에서 1㎡ 당 6.67매, 50㎝라면 1㎡ 당 8매가 소요된다. 발아 전에 호우 또는 旱魃이 계속되면 반(盤)에 점토액을 바르거나 종이로 덮는 것 만으로는 종자의 유실과 건조에 의한 불균질한 발아를 막을 수가 없다. 이런 때에는 침식방지제나 건조방지제를 사용하는 것이 좋다.

⑧ 식생자루(植生袋, vegetation sacks)조공은 종자, 비료, 흙을 혼합하여 망이나 자루(길이 30㎝, 나비 12㎝, 두께 12㎝ 정도)에 채워서 사면에 일정한 간격으로 파 놓은 수평도랑에 펴는 공법이다. 현장에서 망대(망자루)에 넣어서 사용하는 것과 공장에서 제조된 기성제품이 있다. 녹화 효과가 대단히 양호하지만 비용이 많이든다. 식생자루에는 베지타이(vegitai), 녹화대(green belt) 등이 있다.

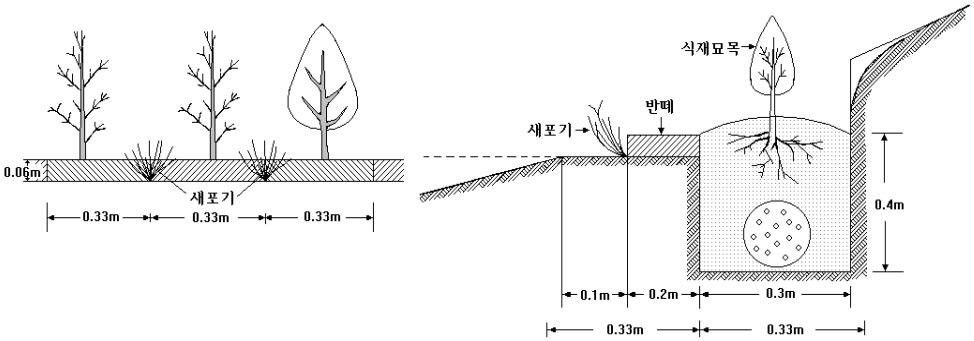
⑨ 식생대(植生帶, vegetation belts)조공은 종자와 비료 등을 부착한 띠모양(帶狀)의 포나 또는 종이(紙類)로 만든 식생대를 비탈면에 수평상으로 일정한 간격으로 시공하는 공법으로 人工線芝工法이라고도 한다. 切芝 대신 종자와 포, 종이, 자른 짚, 합성망 등을 조합한 줄떼(線芝)재료를 사용하는 공법이다. 사용되는 줄떼재료에는

- 직접 기지(基地, Base)에 종자를 풀로 붙인 것.
- 가는 끈 모양의 자루(袋) 속에 종자를 넣고서 기지에 꼬매 붙이는 것.
- 종자가 비료피해를 받지 않도록 하기 위하여 종자와 비료가 따로 따로 있는 것.
- 기지전체에 종자가 부착된 것.
- 비탈면 위치의 제약을 제거한 것.
- 끈 모양의 자루(袋)에 종자와 기재를 주입한 것이 있으며 기지(base)의 너비에

도, 대소가 있고 표층토의 세굴과 미끄럼을 방지하는 효과를 고려한 것도 있다. 이 시공법은 주로 도로의 비탈의 토양이 균일한 흙쌓기비탈에 적당하다.

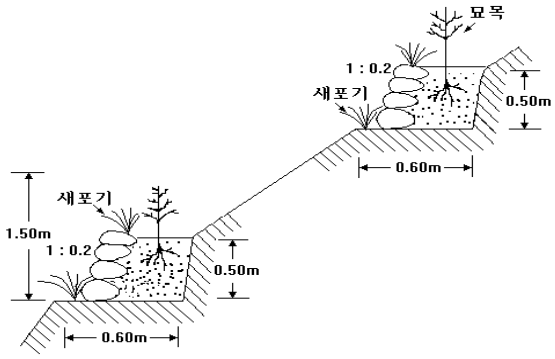
⑩ 식생구멍(植生穴·種子穴, vegetation hole)조공은 비탈면에 일정한 간격으로 전기보오링 등으로 직각으로 구멍을 파고, 종자, 비료, 흙을 섞은 종비토(種·肥·土)를 구멍(穴)에 충진하는 공법으로서, 구멍의 밑바닥에 고형비료를 넣고 다시 그 위에 비료와 첨가제를 혼합한 흙을 충진해서 구멍의 상부에 종자를 넣고 복토한 위에 피복양생하는 공법이다. 다른 공법으로서는 식물의 도입이 곤란한 단단한 점토질, 경질화 산회토와 같은 균일한 절토비탈이나 동상(霜柱에 의한 피해)이 현저한 비탈등지에 적당한 공법이다. 구멍은 지름 6~10㎝, 깊이 15㎝, 가로 간격 20~25㎝, 세로 간격 25~35㎝(표준은 28㎝), 1㎡ 당 15~20개(표준은 18개)의 구멍을 원형이나 정방형으로 배치한다. 이들 구멍에는 종비토를 잘 채워 넣고, 시이트 페이퍼(sheet paper)에 의할 때에는 0.5~1㎝ 정도로 복토하고 아스팔트 유제의 2배 희석액을 1ℓ/㎡ 정도로 산포양생한다. 구멍의 밑에 채워 넣는 지효성 고형비료는 비효가 영속되어서 비료가 없어지는 현상이 적은 것이 특징이다.

⑪ 식생매트(植生매트·種子被覆, vegetation mat) 덮기공법은 종자와 비료 등을 풀로 부착시킨 매트(mat)류(짚, 부직포, 종이, 섬유망 등)로서 비탈면을 전면적으로 피복하는 공법으로 전면장지공법, 종자피복공법이라고 할 때도 있다. 매트는 될 수 있는 대로 지반에 부착되기 쉽고 멀칭(mulching)의 효과가 있어서 식피가 완성하기까지 보습, 보온, 내침식성, 세굴, 풍식 등의 방지효과가 큰 것이 좋다. 시공완료와 동시에 매트류에 의한 침식방지효과가 있게 되므로 뿜어붙이기 등과 같은 시공이 곤란한 동(冬)기와 하(夏)기에 시공이 가능하다. 요철이 있는 사면은 비탈을 다듬어서 매트가 지반에 잘 부착되도록 꼬챙이(버드나무류가 좋음)로 고정시킨다. 이 공법은 객토효과가 없으므로 연암이나 점토와 같이 불량한 토양에서는 적당하지 않고, 그다지 요철이 없는 성토퇴적사면과 같은 표면침식이 일어나기 쉬운 시공지에 적당하다.

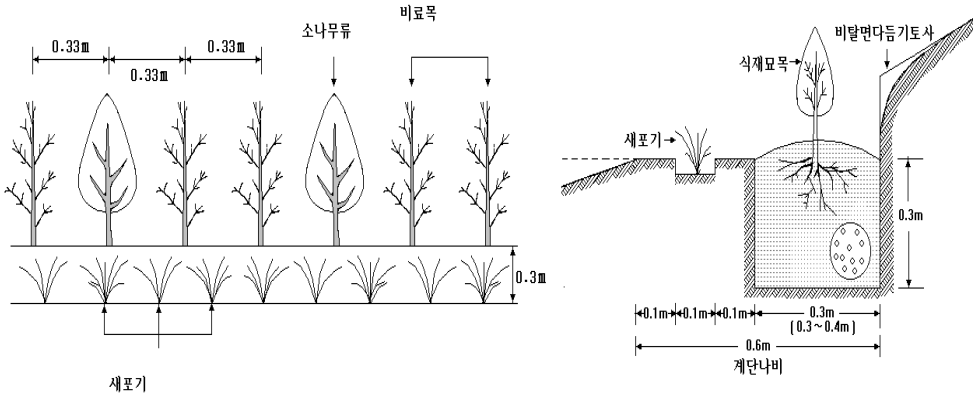


<정면도> <측면도>

a. 떼조공

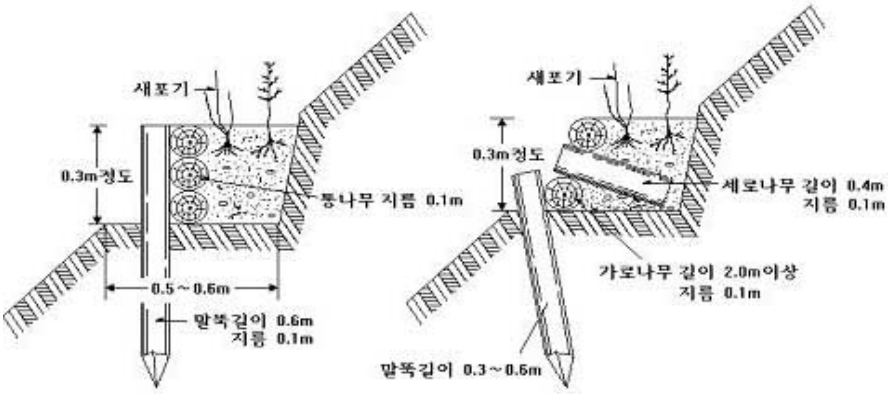


b. 돌조공

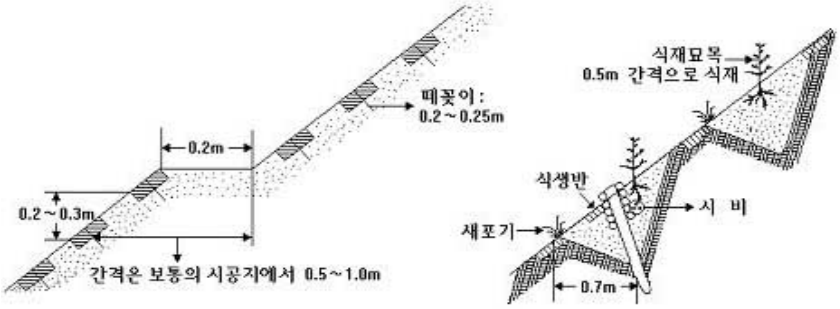


<정면도> <측면도>

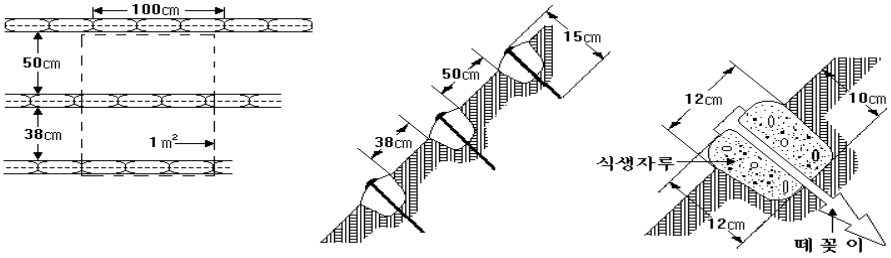
c. 새조공



d. 통나무조공

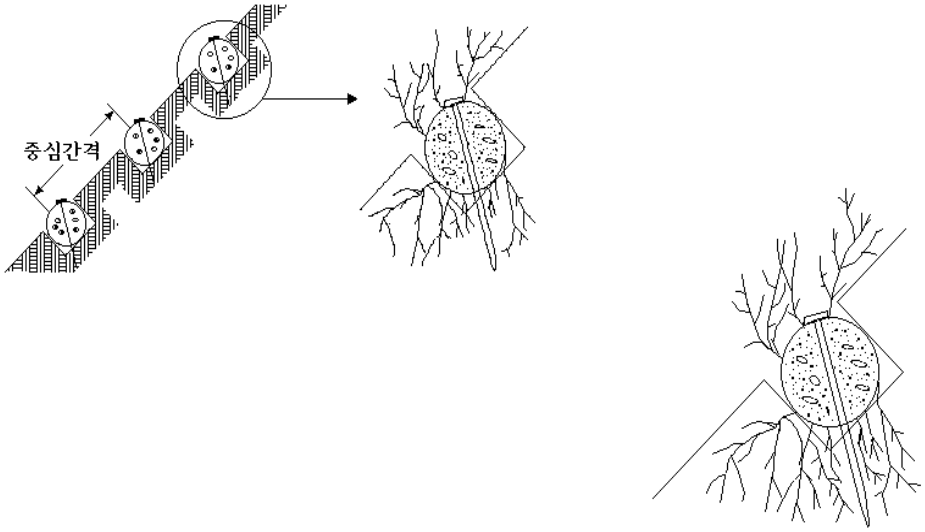


e. 식생반조공

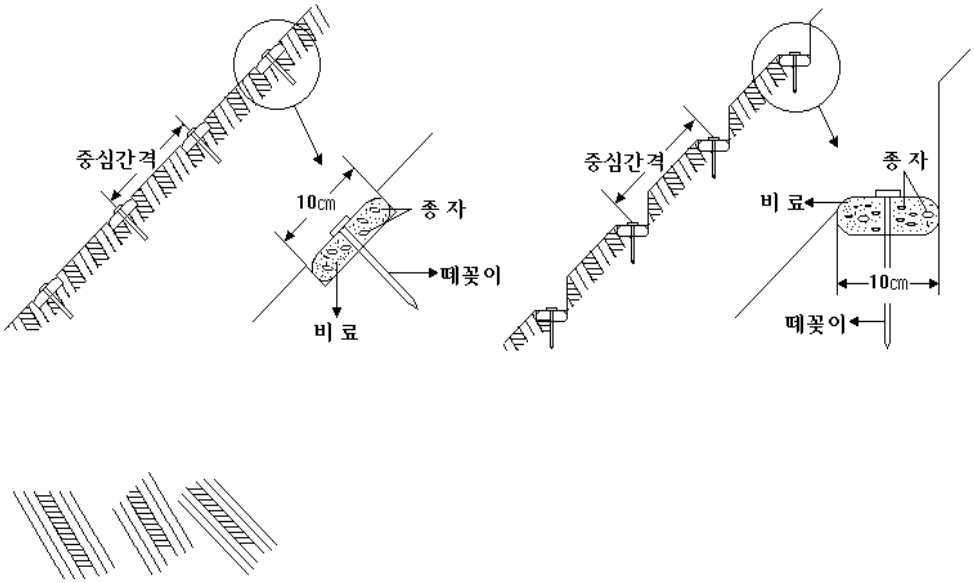


<정면도> <측면도>

f. 식생자루조공



g. 식생대조공



h. 그린벨트 식생대조공

<그림 8-4-22> 조공 종류별 구조도

4.1.4.14. 줄떼다지기(눈썹떼공, 줄떼공, 線芝工, 筋芝工, strip-sod works)

비탈면을 일정한 기울기로 유지하며 보호, 녹화하기 위하여 사면에 20~30㎝간격

으로 반떼를 수평으로 식재하는 공법으로 줄떼다지기, 줄떼붙이기, 줄떼심기 등으로 구분된다.

가. 시공장소

계단간의 사거리가 길고 경사가 급하여 부토의 유실이 예상되는 흙쌓기비탈사면(줄떼다지기), 땅깎기비탈면(줄떼붙이기) 또는 평탄지(줄떼심기)

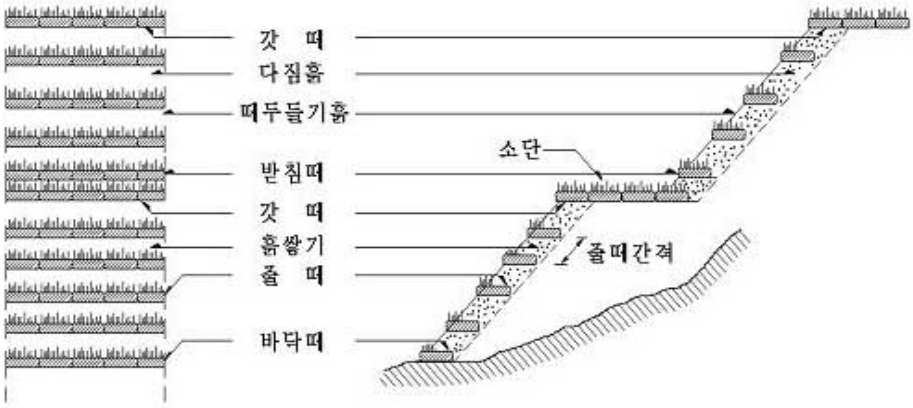
나. 시공요령

① 줄떼다지기(비탈 줄떼다지기, 線芝工, 土羽打工, strip-sod tamping works)는 흙쌓기 비탈면을 보호·녹화하기 위하여 폭 10~15㎝의 수평골을 파고 가급적 흙이 떨어지지 않는 반떼(半芝 ; 줄떼 ; 길이 20~30㎝, 나비 10~15㎝)나 새포기 또는 잡초포기 등을 한줄로 수평으로 놓고 흙덮기 한후 달구판으로 잘 다진다. 비탈면 기울기는 대개 1:1~1.5로 하며 한 층의 높이가 20~30㎝될 때마다 처음과 같은 작업을 반복한다.

② 줄떼붙이기(비탈 줄떼붙이기, 線芝張工, strip-sod pitching works)는 주로 땅깎기비탈에 흙이 떨어지지 않은 반떼를 수평방향으로 줄로 붙여서 활착, 녹화하는 식생공법으로 줄떼는 상부에서 하부로 향하여 내려가면서 시공한후 떼꽂이로 고정한다. 땅깎기비탈에서는 일반적으로 평떼붙이기(張芝工) 공사를 하므로 줄떼붙이기 공사를 채용할 경우는 많지 않다. 줄떼의 줄간격은 20~30㎝로 한다.

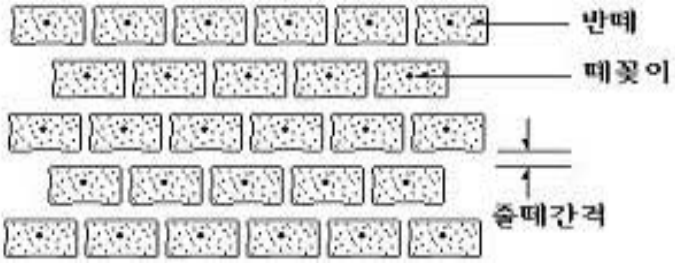
③ 줄떼심기(線芝植栽工, strip-sod planting works)는 주로 평탄지에 줄간격 20~30㎝정도로 줄띄기를 하고 줄을 따라 골을 판후 줄떼를 놓고 흙덮기를 한후 고루 밟아준다.

④ 띠떼심기(띠떼공, 帶芝工, belt sod planting works)는 줄떼심기와 유사공종이며 주로 경질토 땅깎기 비탈에서 수평으로 가늘고 긴 골을 파고 골속에 흙이 떨어지지 않은 반떼·띠떼(帶芝, belt sod : 길이 20~30㎝, 나비 10~15㎝, 두께 5㎝정도)를 끼워넣고 심는 땅깎기 비탈 전용의 녹화공종, 식생공종으로서 비교적 많이 사용되지 않는다. 절개지 비탈 기울기가 1 : 0.7 이상의 급한 경질토 비탈녹화에 효과적이며 채석적지 잔벽 녹화공사로도 활용된다.



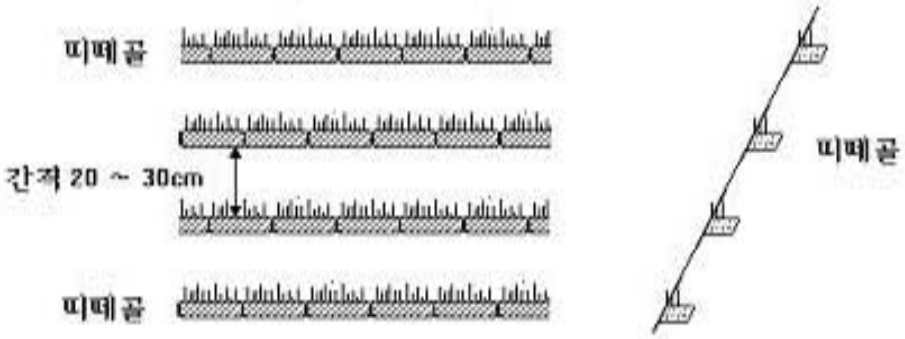
<정면도> <측면도>

a. 줄떼다지기



<정면도>

b. 줄떼붙이기



<정면도> <측면도>

c. 띠떼

<그림 8-4-23> 줄떼따지기 종류별 구조도

4.1.4.15. 평떼붙이기(평떼심기, 張芝工, 芝付工, blocksod pitching works)

전면적에 걸쳐 흙이 털어지지 않은 평떼(張芝, 全芝, 흙떼)를 붙이거나 심어서 비탈을 일시에 녹화하는 비탈녹화공종으로 평떼붙이기와 평떼심기(block-sod planting works)가 있다.

가. 시공장소

경사로 45°이하의 비교적 토양이 좋은 산지사면

나. 시공요령

① 비탈은 떼붙이기에 앞서 표면을 다시 다듬어야 하며, 석력 및 초목 등의 유해물을 완전히 제거한 후 떼붙이기공사를 하여야 한다.

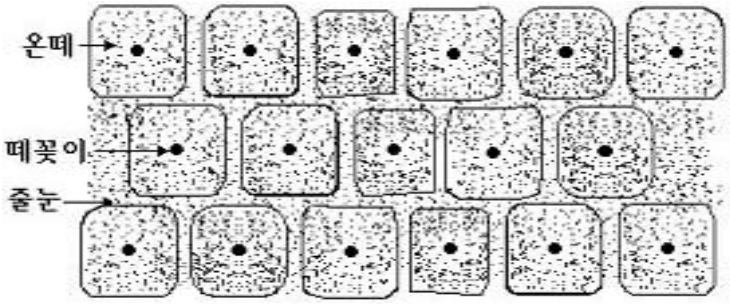
② 지표면을 잘 정리한 후 가급적 모래나 좋은 흙을 깔고 평떼(산지사방 ; 40×25×3㎝, 조경사방 ; 30×30×3㎝)를 일정한 비탈을 유지하도록 붙여야 하며, 붙인 후에도 다시 모래나 흙으로 떼붙임면을 얇게 덮어 주고, 달구판으로 고루 두들겨 주어야 한다. 그리고 평떼는 길이 20㎝ 이상의 떼꽂이로 고정하여 미끄러 내리지 않고 활착이 잘 이루어지도록 해야 한다.

③ 평떼붙이기는 주로 땅깎기 비탈면에서 채용되나 흙쌓기비탈에 평떼붙이기공사를 할 때에는 떼를 붙이기전에 흙다지기를 잘 해야 한다.

④ 평떼심기는 주로 평탄지에 평떼를 심어 사면을 녹화하는 것으로 평떼는 최소한 종횡 15㎝ 이상, 가급적 종횡 30㎝ 이상의 규격 떼를 사용해야 한다.

⑤ 평떼심기공사를 할 땅을 잘 고르고, 자갈이나 초목류 등을 제거한 후에 모래나 좋은 흙을 10㎝ 정도 두께로 깔고 다시 고르기 작업을 한 후에 수평면이 되도록 심는다.

⑥ 심은 후에는 잘 밟아 다지고 뗏밥을 주고 깨끗이 뒷정리를 한다. 필요하면 시비와 관수를 한다.



<그림 8-4-24> 평떼붙이기 구조도

4.2. 야계사방(torrent erosion control works)

4.2.1. 의의 및 야계의 분류

4.2.1.1. 의의 및 목적

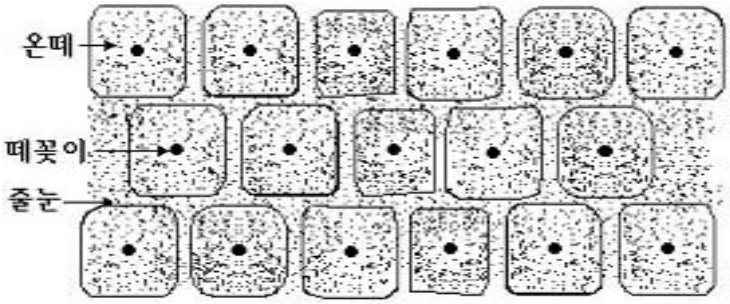
山間이나 산록에 접한 계천으로 평상시에는 유량이 적으나 비가 많이 오면 계천이 범람하여 도로 및 농경지가 유실되는 등 피해가 심한 荒廢性 溪流(wild torrent)에 계상(溪床) 및 溪岸 공작물을 설치하여 계천의 종횡침식을 방지하고 산각(山脚)을 고정하여 계류의 안전유출을 기하는 것을 야계사방이라 한다.

4.2.1.2. 야계의 구분

야계를 구분하는 방법에는 여러 가지가 있지만 주로 유역의 크기 및 支流에 의한 방법이 많이 이용된다.

가. 유역크기에 의한 분류

- 소야계(小野溪) : 유역면적 10～20ha
- 중야계(中野溪) : 유역면적 20～100ha
- 대야계(大野溪) : 유역면적 100ha이상 1000ha내외



<그림 8-4-24> 평떼붙이기 구조도

4.2. 야계사방(torrent erosion control works)

4.2.1. 의의 및 야계의 분류

4.2.1.1. 의의 및 목적

山間이나 산록에 접한 계천으로 평상시에는 유량이 적으나 비가 많이 오면 계천이 범람하여 도로 및 농경지가 유실되는 등 피해가 심한 荒廢性 溪流(wild torrent)에 계상(溪床) 및 溪岸 공작물을 설치하여 계천의 종횡침식을 방지하고 산각(山脚)을 고정하여 계류의 안전유출을 기하는 것을 야계사방이라 한다.

4.2.1.2. 야계의 구분

야계를 구분하는 방법에는 여러 가지가 있지만 주로 유역의 크기 및 支流에 의한 방법이 많이 이용된다.

가. 유역크기에 의한 분류

- 소야계(小野溪) : 유역면적 10～20ha
- 중야계(中野溪) : 유역면적 20～100ha
- 대야계(大野溪) : 유역면적 100ha이상 1000ha내외

나. 지류(支流)의 유무에 의한 분류

· 단일야계 : 지류가 없는 야계
· 복합야계 : 2개 이상의 지류가 있는 야계
· 野溪的 河川 : 계류 바닥의 기울기가 대개 6%정도인 야계

4.2.2. 설계

4.2.2.1. 예정지 선정

야계사방 예정지는 임상이 어느 정도 안정되어 산지사면 상에서의 토사의 유출이 적은 곳을 선정하되 야계는 황폐 계류로서 공사를 하지 않고 방치 할 경우 침식이 심하며 경지매몰과 가옥, 철도, 도로 등에 피해를 끼칠 우려가 많은 지역을 우선적으로 선정한다.

4.2.2.2. 설계자료 준비

가. 기상관측자료

년평균강우량, 월강우량, 최대일우량, 최대시우량, 수해조사기록, 初凍日 등

나. 지질도(1:50,000 또는 1:250,000)

다. 임상도(1:25,000)

라. 지형도(1:25,000 또는 1:50,000)

마. 임야도(1:6,000)

4.2.2.3. 현지조사

가. 집수유역 현황 조사

· 구역면적 및 형상 : 수계별로 실측하거나 임야도, 지적도 또는 지형도(1:25,000 또는 1:50,000)에 의하여 산출한다.
· 임야, 경지면적과의 비율 : 구역면적 조사시에 함께 조사

· 임상구분 : 임상도(1:25,000)에 의하여 구분
· 황폐임야 및 사방시설 면적
· 지형, 지질 수리관계 : 토성, 경사, 암반특성, 지하수위, 표면유수와 침투수, 湧水 상태 등을 조사하여 수문특성을 조사한다.
· 기타 제한사항 : 법정제한사항 및 주변地價조사

나. 측량

야계측량에 의하여 횡단면도 종단면도를 작성한다.

다. 야계의 현황조사

· 계상구성인자의 크기(사력의 크기)
· 황폐의 원인과 특성
· 계상의 토질, 토심과 암반의 노출도와 풍화정도
· 현 계상폭과 홍수위
· 관개(灌漑)용수 및 농로이용 관계
· 기설치 구조물과 유관공사와의 관계
· 기타 공사제한 사항
· 공작물 설치장소의 선정

라. 토공(土工)관계 조사

절·성토량과 현지여건에 따른 중장비 활용가능성 등을 조사한다.

마. 자재관계조사

공사에 소요되는 떼, 골재, 석재, 시멘트 등 모든 자재에 대하여 현지채취 및 구입 여부를 조사 판단한다.

바. 사후 효과 및 기타

· 매몰경지의 복구가능면적(ha)
· 몽리(蒙利) 농경면적(ha)
· 면피해(免被害)시설(가옥, 도로, 기타)
· 주민의 호응도 및 이해관계
· 사후관리대책 및 기타

4.2.2.4. 설계서 작성

현지 조사자료와 측량자료에 의하여 작성되는 설계서는 야계사방설계 설명서, 사방사업설계 내역서, 경비내역서, 단가표, 공작물 개소별조서, 임야지적조서, 설계평면도 (1 : 5,000 시공구역 위치도 첨부) 등의 서류를 작성한다. 설계평면도 작성요령은 산지사방에서와 같다.

4.2.3. 복구방법

야계사방은 계상의 기울기와 만곡부를 완화하고 황폐계류의 종횡침식을 방지함을 목표로 시공한다.

가. 시공요령

① 유역의 각종 상황(유역면적, 지형, 임상, 지피물, 계상구성물의 크기, 강우량, 지질, 투수성 등)을 조사하여 유량을 산정한 후 계폭(계상단면적)을 결정한다.

② 상류부는 산지사방의 계간공사와 연결시켜 일련의 계통적인 시공이 되도록 한다.

③ 상류계곡에는 골막이 또는 사방댐을 설치하여 산각을 고정하고 토사유출을 막아 계간을 안정시킨다.

④ 수로의 굴곡부는 최소 반경이 수로 밑 폭의 10배 이상이 되도록하고 굴곡부 외측은 내측보다 기슭막이나 둑쌓기를 높게 설계 시공한다.

⑤ 계류의 분류점과 합류점은 예각이 되도록 시공한다.

⑥ 굴곡부 외측 등 계안이나 제방을 보호해야 할 곳에는 기슭막이를 시공해야 한다.

⑦ 골막이, 바닥막이, 사방댐 등을 시공하여 계류의 안전비탈을 유지한다.

⑧ 개울바닥의 침식을 예방하고 기슭막이, 돌수로공, 둑쌓기를 보호유지하기 위한 바닥막이 길이는 수로의 폭보다 1.5~2.0m 더 길게하여 둑 안으로 깊게 들어 가도록 시공한다.

⑨ 개울바닥을 평평히 고르게 정리하여 물이 순조롭게 흐르게 한다.

4.2.4. 시공 공법

야계사방은 산지사방에서의 계간사방의 연장이라고도 할 수 있으므로 계간사방에서의 기본 공종인 골막이, 기슭막이, 바닥막이 등과 같은 공종과 사방댐, 수제(水制),

둑쌓기, 밑막이 등의 공종이 있다.

4.2.4.1. 기슭막이(保岸工, 護岸工, revetment)

황폐계천에서 유수에 의한 계안의 횡침식을 방지하고 산각의 안정을 도모하기 위하여 계류흐름방향을 따라서 축설하는 계천 사방공종으로서 사용재료에 따라서 돌, 콘크리트, 콘크리트 블록, 돌망태, 바자, 폐타이어, 통나무 기슭막이 등이 있다.

가. 시공장소

유로의 만곡에 의하여 물의 충격을 받는 수충부(水衝部)나 凹岸 또는 붕괴위험성이 있는 수로변

나. 시공요령

① 침식이 심하고 유수의 충돌이 심한 곳에서는 돌, 콘크리트 블록기슭막이를 채택한다.

② 충분히 바닥파기를 하는 것이 원칙이나 바닥막이의 하부천단보다 다소 낮게 축설하는 것이 안전하며 비탈은 1 : 0.3~0.5로 한다.

③ 계폭이 비교적 넓고 계안(溪岸)비탈이 완하여 유수가 적고 水位가 낮게 흐르는 개소는 1 : 1.0~1.5 정도의 비탈로 돌붙임기슭막이를 시공한다.

④ 모래나 자갈 유출이 적은 소계류에서는 바자기슭막이를 산복공사 바자얽기에 준하여 시공한다.

⑤ 기슭막이 기초부의 세굴을 피하여야 하며, 기슭막이 반대편의 계안에 새로운 세굴이 발생하지 않도록 주의해야 한다.

⑥ 기슭막이 둑마루 두께는 0.3~0.5*m*, 둑마루 기울기는 원칙적으로 계획계상기울기에 일치하도록 한다.

⑦ 기슭막이 높이는 계획홍수위(계획고) 이상으로하여 홍수시에도 넘치지 않도록 해야 한다. 일반적으로 계획홍수위보다 0.5~0.7*m* 높게하며 계류 완곡부에서 凹안은 凸안에 비하여 수위가 상승하므로 높이를 더 높게 시공한다. 사방댐, 골막이 및 바닥막이의 상류에 계획하는 기슭막이 공작물의 마루(천단)는 댐, 골막이 및 바닥막이의 양 안쪽마루와 같은 높이로 하거나 또는 그 이상의 높이로 설정해야 하며 특히 계획기울기에 따라 상류부를 높게 해야 한다.

⑧ 보호하는 구간의 전 길이에 적합하게 충분한 길이를 가져야 하며 공작물 양 끝

의 접속부는 계안의 둑속으로 끼워 들도록 시공한다.

⑨ 기슭막이 뒷채움자갈의 두께는 0.3*m* 정도를 표준으로 한다.

⑩ 기슭막이 기초의『밑넣기(根入)』깊이는 계획계상기울기, 계상의 상황 등을 고려해서 세굴되지 않는 안전한 깊이로 하여야 하며 유수에 의해서 세굴의 위험성이 있는 곳에서는 밑막이(根固工), 바닥막이(保床工), 수제(水制工) 등을 축설하여 피해를 방지하도록 하여야 한다.

⑪ 밑막이는 현지의 상황에 따라서 捨石, 콘크리트, 콘크리트 블록, 沈床 등 가장 적당한 것을 채용하여야 하며 기슭막이 기초지반이 연약한 경우에는, 그 상황에 따라서 말뚝박기공사 등으로 기초처리계획을 세워야 한다.

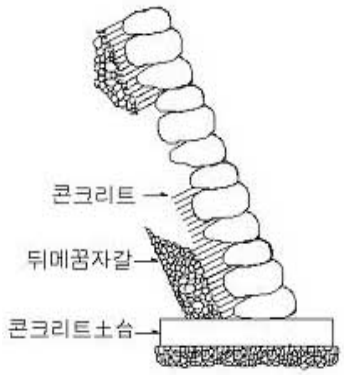
⑫ 돌 기슭막이(stone revetment) 축설시 돌쌓기의 기울기는 찰쌓기인 경우 1:0.3, 메쌓기의 경우는 1:0.5를 표준하며 메쌓기를 할 경우에는 돌쌓기한 틈으로 토사가 새어나오므로 충분한 뒷채움을 해야 한다.

⑬ 콘크리트 기슭막이(concrete revetment)는 둑마루 두께 0.3*m*, 앞면기울기 1:0.3, 뒷면기울기는 토압에 따라 결정하지만 대개 수직으로 한다. 뒷채움자갈의 두께는 0.3m(㎡당 0.2～0.3㎥)를, 물빼기 구멍은 지름을 3㎝정도로 하고 2～3㎡에 1개소를 표준한다. 신축에 의한 균열은 방지하기 위하여 10*m*마다 伸縮줄눈(신축이음, expansion joint)을 설치한다.

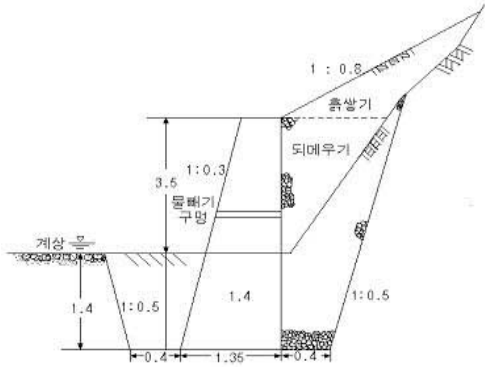
⑭ 돌망태 기슭막이(gabion revetment)의 기울기는 1:0.5이상으로 하며 낮은 기슭막이인 경우는 2단 또는 3단으로 쌓고 말뚝으로 고정하며 높은 경우에는 橫으로 쌓아 견고도를 높인다.

⑮ 바자 기슭막이(wicker revetment)는 계안을 따라 0.6～1.0*m*간격으로 길이 1.2*m* 정도의 말뚝을 단단히 박으며 지상 0.5m정도 되도록 나무섶 등으로 바자를 엮고, 그 뒤에 흙을 채우며 필요한 부위에 떼를 붙여 견고도를 증강시킨다.

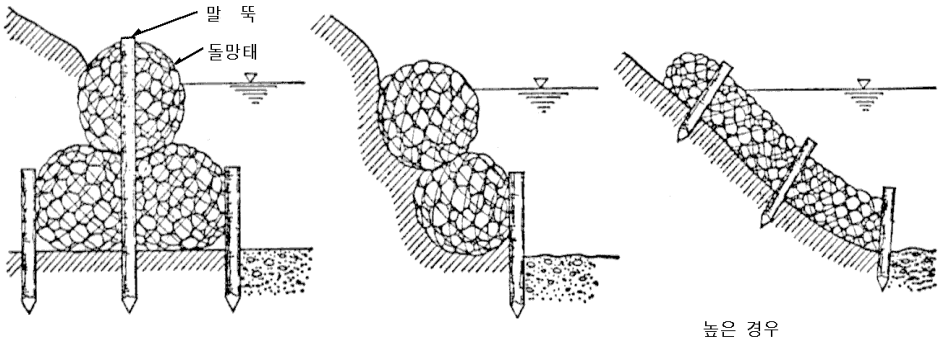
⑯ 타이어 기슭막이(tire revetment)는 터파기를 실시한 후 폐타이어를 일렬(제1열)로 배열한 다음 막자갈 채움작업을 실시한다. 막자갈(직경10㎝ 내외) 채움작업시 능률을 높이기 위하여 타이어 안쪽 테두리에 고임돌을 세우고 채움작업을 한다. 제1열의 채움작업이 완료되면 타이어 뒷쪽에 되메우기를 제1열 선상까지 실시한 후 제2열 타이어 배열작업을 한다. 제2열 배열작업은 제1열과 어긋되도록 배열하고 설계계획 높이까지 제1열과 같은 작업순서로 반복실시한다. 쌓기작업이 완료되면 타이어 열과 열 사이에 복토작업을 실시하여 법면이 피복되도록 하면 효과적이다.



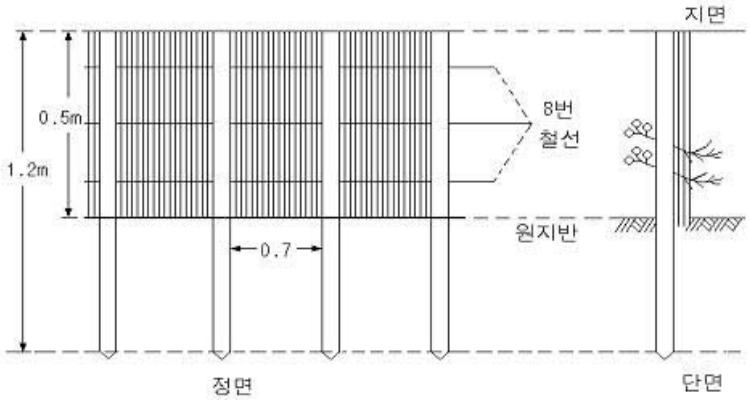
a. 돌 기슭막이



b. 콘크리트 기슭막이



c. 돌망태 기슭막이



d. 바자 기슭막이

<그림 8-4-25> 기슭막이 종류별 구조도

4.2.4.2. 바닥막이(바닥다지기, 保床工, 床固工, stream grade stabilization structures, ground sill works)

황폐된 계천(또는 야계 ; 소하천)바닥의 종침식방지 및 바닥에 퇴적된 불안정한 토사석력의 유실을 방지하기 위하여 계천을 횡단하여 설치하는 계천사방공종으로서 「사방댐」이나 「골막이」시설물보다 높이가 낮으며 사용재료는 주로 콘크리트와 돌을 이용하나 경우에 따라서 콘크리트 블록, 돌망태, 통나무, 바자, PNC판, 섶다발 바닥막이로 시공한다.

바닥막이와 바닥막이 사이에 낮은바닥막이(帶工, 帶床工, stream bed works)을 설치하기도 하는데, 이는 계상의 기울기유지와 침식방지를 위하여 바닥막이 시설물보다 높이가 낮아 계천바닥에 현저히 올라오지 않는 것이 특징이다.

가. 시공장소

① 계상이 낮아질 위험이 있는 지역과 枝流가 합류되는 지역하류

② 종침식과 횡침식이 발생되는 지역하류

③ 계상 굴곡부의 하류

나. 시공요령

① 유수방향에 직각으로 설치하며 만곡부에서는 방수로의 중심점에서 홍수시의 유심선의 접선에 직각방향으로 설치한다.

② 황폐계류에서는 바닥막이 공사를 계통적(계단상)으로 연속해서 설치하는 것이 효과적이다.

③ 바닥파기는 견지반이 나올때까지 충분히 파야하며 계통적일 경우 하류의 바닥막이 천단부 높이까지 파야한다.

④ 계상에 현저히 돌출되지 않도록 하며 목적에 따라 높이 3.0m내외로 하며 물받이(물받침)나 수직벽을 설치할 때에도 총 낙차가 3.0~3.5m를 초과하지 않도록 한다.

⑤ 방수로(水通部)의 폭은 계천폭과 같게 하거나 다소 좁게 한다. 계천 폭과 같게 할 경우에는 바닥막이 공작물의 하류쪽 둑쌓기를 넓게 할 때이며 일반적으로 많이 시공한다.

⑥ 바닥막이 어깨부는 제방의 제내지(堤內地)둑 어깨의 위치까지 들어가도록 시공한다.

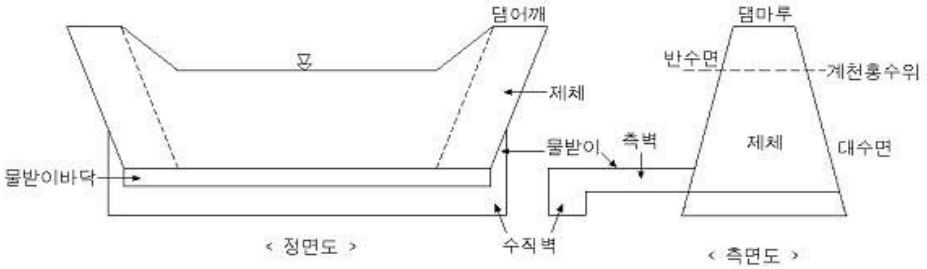
⑦ 流路의 彎曲部에 바닥막이를 설치할 때에는 隆起水平高 산출방식에 의하여 凹안의 어깨높이를 凸안의 어깨높이보다 높게하여야 한다.

⑧ 바닥막이공작물의 댐마루 너비는 최소한 1.0m 이상으로 충분히 넓게 하여야 하며, 대수면과 반수면의 기울기는 거의 수직으로 시공한다.

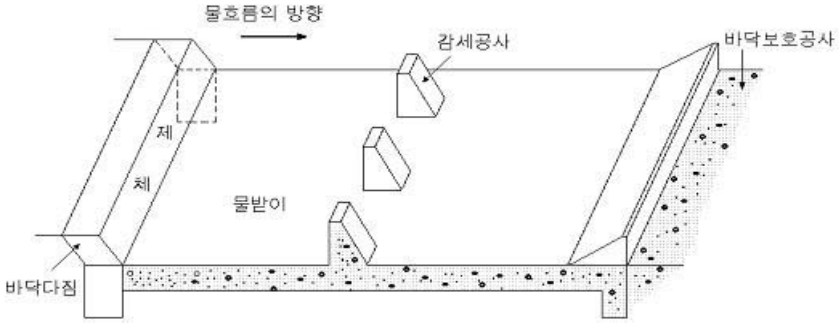
⑨ 물받이는 콘크리트구조물을 표준으로 하며, 본체와는 일체로 하여, 본체를 월류하는 흐름에 의한 침식, 세굴작용 및 하부에서 작용하는 양압력에 견딜 수 있는 구조가 되어야 한다. 물받이의 길이는 낙차고의 2~3배로 하고, 물받침의 두께는 1m 내외로 하며, 최소두께는 35㎝로 해야 한다. 물받침끝에는 수직벽(물받이 끝돌림)을 깊이 1m 이상으로 축설하고 바닥보호공사·감세공사를 해야 한다.

⑩ 낮은 바닥막이(帶工, inter-stream grade stabilization structures)는 황폐한 계류바닥의 세굴을 방지 또는 억제하고, 계상의 안정을 유지하기 위하여 계류를 횡단하여 설치하는 계천(야계) 사방시설물로서, 주로 바닥막이와 바닥막이 공작물 사이의 계상기울기를 유지하기 위하여 시공한다.

※ 하천 또는 계천·야계의 바닥막이, 또는 낮은 바닥막이와 같이 유로·하로의 안정과 계천바닥 기울기의 완화를 목적으로 하는 계천, 계류횡단공사를 총칭하여 낙차공(落差工, fall works, drop works)이라 한다.



a. 콘크리트 바닥막이(保床工)



○ 낮은 바닥막이(帶工)

<그림 8-4-26> 바닥막이 종류별 구조도

4.2.4.3. 수제(制水기슭매기, 制水保岸工, spur, groyne, spur dike)

수제공은 한쪽 또는 양쪽 계안으로부터 유심(流心)을 향하여 적당한 길이의 방향으로 돌출한 공작물을 설치하므로서 유심의 방향을 변경시켜서 계안의 침식을 방지하고 기슭막이 공작물의 세굴을 방지하는 공작물이다. 사용재료에 따라서 돌, 돌망태, 콘크리트 수제공이 있다.

가. 수제의 구분

① 유수에 대한 방향에 따라

- 횡수제 : 돌출방향에 따라
  - 직각수제(垂導型水制, normal spur)
  - 상향수제(擊退型水制, inclined spur)
  - 하향수제(誘導型水制, declined spur)
- 평행수제

② 유수가 수제의 둑마루(crest) 월류여부에 따라

- 월류수제(overflow spur)
- 불월류수제(nonoverflow spur)

③ 물의 흐름의 투과 여부에 따라

- 투과수제(permeable spur)
- 불투과수제(impermeable spur)

④ 형태와 재료에 따라

- 말뚝수제
- 침상수제
- 뼈대수제
- 콘크리트블록수제
- 날개수제
- 흙수제
- 타이어수제
- 철재수제

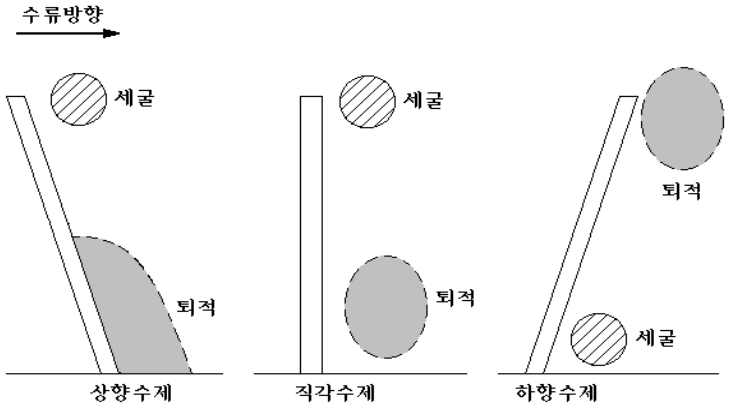
나. 수제의 특징

① 직각수제에서는 수제사이의 중앙에 토사의 퇴적이 생기고 두부에서 계상의 세굴작용이 비교적 약하다.

② 하향수제에서는 사력토사퇴적이 직각수제보다 적고 두부에서 세굴작용이 가장 약하다.

③ 상향수제에서는 사력토사퇴적이 하류계안과 수제에 따라 일어나는데 직각수제나 하향수제의 경우보다 많이 퇴적되고 두부의 세굴작용이 가장 강하다.

④ 유수가 수제를 월류하는 경우에는 직각수제에서 편류(偏流)를 일으키지 않으나 하향수제에서는 계안을 향하여, 상향수제에서는 계류의 중심을 향하여 편류한다.



수제의 방향에 따른 세굴 및 퇴사작용

<그림 8-4-27> 수제의 방향에 따른 세굴 및 퇴사작용

<표 8-4-11> 수제방향의 장단점

	상 향 수 제	직 각 수 제	하 향 수 제
장점	1) 수제의 하류측 하안부에 토사의 퇴적상태가 양호하다. 2) 흐름을 전방으로 밀어내는 힘이 크므로 제방 및 호안보호에 양호하다.	1) 길이가 가장 짧고 공사비가 저렴하다. 2) 완류하천의 감조부등에 양호하다.	1) 수제 앞부분의 흐름에 의한 수충력이 비교적 약하다. 2) 완류부에서 용수취수구의 유지와 선착장의 수심유지에 비교적 효과적이다.
단점	1) 수제 앞부분에서 흐름에 대해 저항하게 되므로 세굴에 의해 손상될 위험이 크다.	1) 하향수제에 비해서 수제하류에 세굴에 대한 영향이 작지만 상향수제에 비해서는 위험이 크다.	1) 월류에 의한 소용돌이가 발생하기 쉽다. 2) 수제 하류에 세굴이 일어나기 쉬우므로 제방에 위험이 크다.

다. 시공장소

계상폭이 넓고 계상기울기가 완만한 황폐계류.

라. 시공요령

① 수제는 흐름에 대한 장애를 될 수 있는 한, 작게하기 위하여 간단하고 유지보수가 쉬운 구조로 한다.

② 불투과수제는 흐름에 대한 저항이 크고 수제의 목적에 어긋나는 일이 많으므로 될 수 있는데로 투과수제를 사용한다.

③ 적은 수의 길고 큰 수제보다 많은 수의 짧은 수제가 효과적이다.

④ 수제군에 있어서는 개개의 수제가 흐름에 대한 저항을 균등하게 받도록 한다.

⑤ 내구성이 큰 재료를 선택한다.

⑥ 조도가 클수록 유속 감소비율은 크게 된다. 따라서 일정구간에 여러 개의 수제가 설치되어 있다면 유속이 점차적으로 감소될 수 있도록 조도가 작은 수제를 상류측에 설계하는 것이 바람직하다.

⑦ 흐름을 크게 교란하지 않도록 하고, 공고한 것보다 유연하게 흐름에 저항하도록 한다.

⑧ 상류층 수제는 투과수제로하여 각 수제가 동일한 수충을 부담하도록 한다.

⑨ 상류의 수충이 심한 부분은 파손되기 쉬우므로 다른 부분에 비하여 낮고 투과성이 높은 구조로 한다.

⑩ 수제에 사용되는 부재가 목재이면 수면위로 노출되거나 또는 노출되는 빈도가 잦으면 썩기 쉬우므로 콘크리트나 철근 콘크리트부재로 한다.

⑪ 수제의 사면경사는 수중부분을 1 : 2.5~3.5, 수면상부는 1 : 1.5~2.5로 한다. 횡수제의 하심측 두부의 경사는 아주 완만하게 한다.(1 : 5~10)

⑫ 수제의 높이는 최고수위로 하고 끝부분을 다소 낮게 설치한다. (유심을 향하여 1/10~1/15의 기울기)

⑬ 수제길이는 보통 계폭의 1/3이하로 하며 수제간의 간격은 수제길이의 1.25~4.5배로 하지만 직류부, 곡류부의 凸부, 직선부, 凹부의 순서로 간격을 작게 한다.

⑭ 상향수제는 직선부에서는 10~15°, 凹안부에서는 5~15°, 凸안부에서는 0~10°로 한다.

⑮ 말뚝수제(Pile spur)는 대표적인 투과수제로서 목재 또는 철근콘크리트말뚝을 하나 또는 여러개의 말뚝묶음을, 한줄 또는 여러 줄로 박고, 말뚝을 종횡 또는 대각

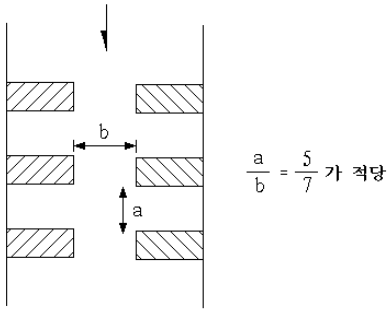
선방향으로 연결하여 일체로 작용하도록 한다.

⑯ 침상수제(沈床水制, mattress spur)는 하상을 덮는 형태의 수제로서 불투과수제로 설치되는 경우가 많다. 사용하는 재료에 따라 (1) 섶침상수제, (2) 섶침상수제 위에 말뚝을 박고 침상위에 돌을 놓는 말뚝상치수제, (3) 사각형목재틀에 돌을 채운 목공침상수제, (4) 사각형 철근콘크리트틀에 돌을 채운 콘크리트방틀수제가 있다.

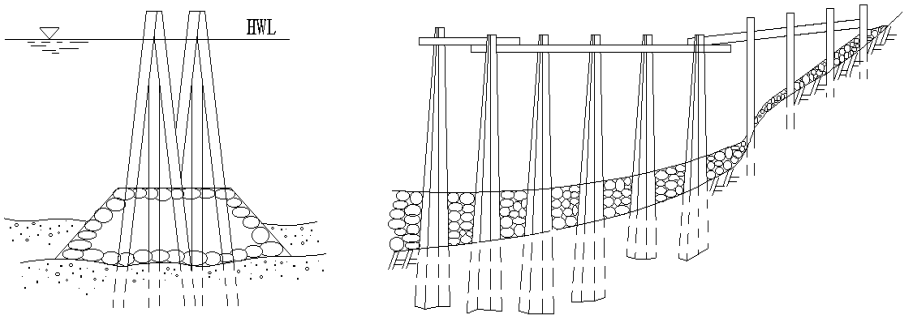
⑰ 뼈대돌방틀(crip works)수제는 목재나 철근콘크리트부재로 만든 삼각형 또는 사각형틀을 여러개 연결하고 그 내부공간을 돌등으로 채운 수제이다.

⑱ 콘크리트블록수제는 콘크리트블록을 조합한 수제로서 모양, 크기 및 투과도는 자유로히 변경할 수 있다.

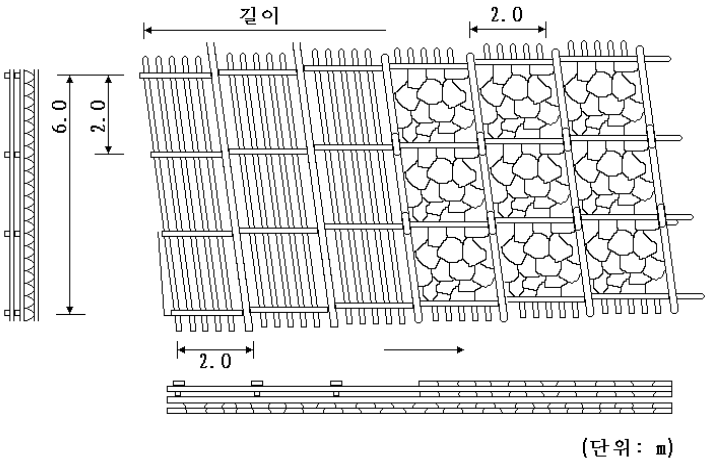
⑲ 날개수제(vane)는 직사각형 판형상의 수제로서 2~4개를 한줄로하여 흐름을 따라 여러줄을 설치한다.



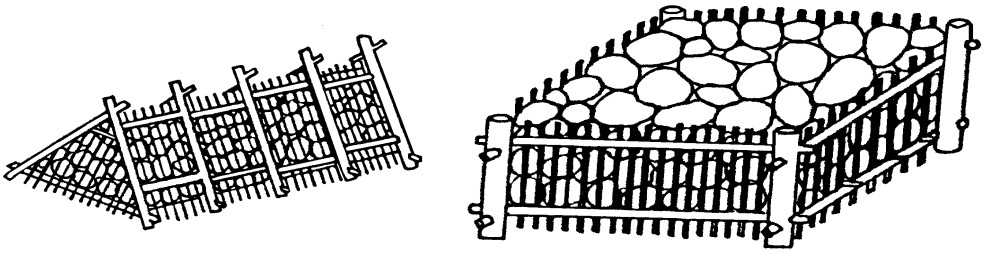
a. 수 제 공



b. 묶음목재말뚝수제

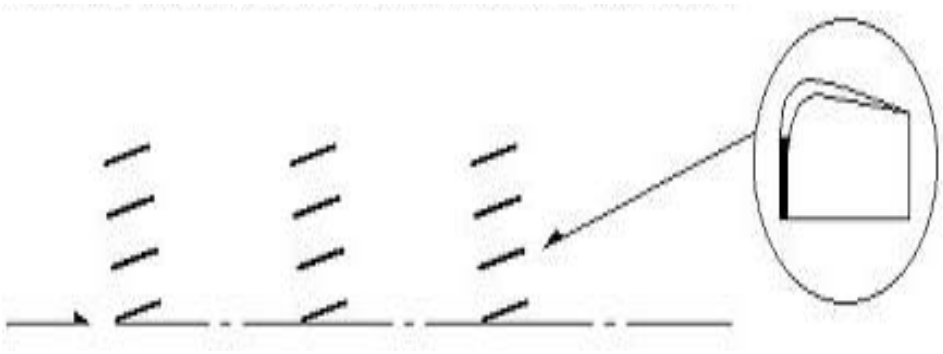


c. 목공침상수제



(a) 삼각방틀 (b) 사각방틀

d. 뼈대수제공



e. 날개수제

<그림 8-4-28> 수제 종류별 구조도

4.2.4.4. 둑쌓기(둑막이, 築堤工, levee, embankment)

유수를 일정한 유로로 안전하게 유출시키고 犯濫을 방지하기 위하여 계류 양안에 흙으로 둑을 만드는 공사를 말한다.

가. 시공장소

일정한 유로가 형성되어 있지 않은 계천

나. 시공요령

① 일반적으로 제방은 흙으로 축조한다. 흙쌓기 용으로 모래와 점토가 약 1:4의 비율로 혼합한 것이 좋으며 흙쌓기 할 곳은 나무뿌리와 같은 것은 제거하고 지반을 파서 둑과 밀착되도록 한다.

② 제방법선은 홍수시의 流況, 하도의 현황, 주변의 토지이용, 자연경관 및 환경, 공사비 등을 고려해 결정하며 될 수있는 한 홍수류의 주방향에 따르는 원활한 곡선으로 한다.

③ 둑높이는 計劃洪水位보다 0.5~1.0*m* 높게 한다. 계획홍수량(計劃洪水量, design flood)이 200㎥/sec 미만인 지역에서는 여유고 0.6*m* 이상, 200~500㎥/sec 인 지역은 0.8*m* 이상, 500~2,000㎥/sec 지역에서는 1.0*m* 이상으로 한다.

④ 둑마루(天端幅)는 용도 및 시공규모에 따라 1~3*m* 폭으로 하고 대수 및 반수면 비탈은 대체로 다음과 같은 기준으로 시공한다.

<표 8-4-12> 둑높이에 따른 비탈기울기

둑높이(*m*)	반수면비탈(할)	대수면비탈(할)	천단폭(*m*)
1.0	1.3	1.0	0.7~1.0
1.1~2.0	1.5	1.3	1.0~1.5
2.1~3.0	2.0	1.5	1.5~2.0
3.1~5.0	2.5	2.0	2.0~3.0

<표 8-4-13> 호안공사에 따른 비탈기울기

호안공사		비탈피복공사의 수직고(*m*)	비탈기울기
돌쌓기 콘크리트 블록 쌓기	찰쌓기	3 이상 5 미만 3 미만	1 : 0.5 1 : 0.3
	메쌓기	3 미만	1 : 1.0
돌 붙이기 콘크리트블록 붙이기	찰쌓기		1 : 1.5
	메쌓기	3 미만	1 : 2.0
콘크리트 피복			1 : 1.5
연결 콘크리트블록 붙이기		3 이상 3 이상	1 : 2.0 1 : 1.5
돌망태 붙이기	KS F 4601		1 : 2.0

⑤ 좌우 양쪽둑은 수평이 되도록 한다.

⑥ 견고한 기존 제방(堤防)이 있으면 가급적 이를 이용한다.

⑦ 바깥비탈면에 기슭막이를 시공하지 않은 경우에는 홍수위 까지 떼붙이기를 하고 여유고(餘裕高, allowable height)부분은 줄떼다지기를 한다.

⑧ 둑쌓기의 흙이 모래, 자갈일 때에는 떼붙이기 전에 객토를 한다.

⑨ 수로단면은 조건이 허락하는 한 넓게 얕게 직선으로 하는 것이 좋으며 곡선일 때는 홍수시 유수의 방향에 따라 완만한 곡선을 채택하는 것이 유리하다.

⑩ 하천의 내수(內水)쪽에서 제방의 직고가 6*m*이상인 경우 둑마루로부터 3~5*m*이하마다, 하천의 외측에서 제방의 직고가 4*m* 이상인 경우 둑마루로부터 2~3*m*이하마다 턱(小段)을 설치하고 그 나비는 0.2~0.3*m*로 한다.

⑪ 흙쌓기 제방의 침하량을 고려하여 흙쌓기할 때 계획높이보다 더 높게 쌓아야하는데 이것을 “더쌓기, 더돋기(餘盛 : extra banking)”라고 하며 여유고에는 포함되지 않는다. 더돋기는 전 단면에 대하여 실시해야하며 제방의 후면은 빗물의 표면배수를 원활히 하기위하여 10%정도의 횡단경사를 두어야 한다.

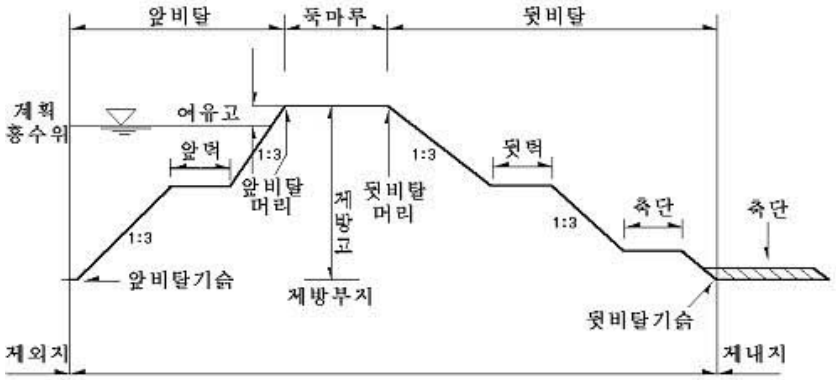
<표 8-4-14> 더쌓기높이의기준

(단위 : ㎝)

제체의 특징		보통흙		모래·자갈	
기초지반의 토질		보통흙	모레섞인자갈, 자갈섞인모래	보통흙	모래섞인자갈, 자갈섞인모래
통일분류법에 의한 기초 지반의 토질		모래	자갈	모래	자갈
제방높이	3 *m* 이하	20	15	15	10
	3 ~ 5 *m*	30	25	25	20
	5 ~ 7 *m*	40	35	35	30
	7 *m* 이상	50	45	45	40

⑫ 둑쌓기 공사를 하고 비탈다지기 공사가 완료된 비탈에는 강우 및 유수에 의한 침식과 붕괴를 방지하기 위하여 둑 바깥비탈(제외지쪽, 물이 흐르는 하도쪽)에는 주로 평떼붙이기 공사를 하지만 때로는 줄떼다지기 공사를 한다. 또한 평수위 아래부분에는 보통 돌 붙이기, 콘크리트블록 붙이기, 돌망태 붙이기, 콘크리트 붙이기 공사로서 보강하는 호안공사를 해야한다. 둑 안비탈(제내지쪽)은 줄떼다지기, 둑마루 부분은 보통 줄떼심기로 피복한다.

⑬ 홍수시 하천수가 제체내로 침투될 때에는 비탈면에 물의 누수현상이 나타나고 심하면 貫孔作用(piping 현상)에 의하여 둑이 붕괴될 위험이 있으므로 둑의 설계시 침윤선(浸潤線, seepage line)이 낮아지도록 제방너비를 넓히거나 제체내에 불침투성의 차수벽(遮水壁, 止水板, 止水壁, water-stop ; 진흙 또는 토목섬유 이용)을 설치해야 한다.



<그림 8-4-29> 둑쌓기단면의 구조와 명칭

4.2.4.5. 밑막이(밑다짐 根固工, toe protection of embankment)

둑쌓기 공사에서 제체 내로 스며드는 浸潤水에 의한 제체의 붕괴를 방지하기 위하여 둑의 안쪽 아래부분에 또는 유수에 의한 洗屈을 방지하기 위하여 둑의 바깥쪽(유로쪽) 아래부분에 구축하는 둑 비탈면 보호공사로 사용재료에 따라 돌, 콘크리트, 콘크리트 블록, 枕床 밑막이가 있다.

가. 시공장소

비탈기울기(물매)가 1:1보다 완하며 유수량이 비교적 적은 둑비탈

나. 시공요령

① 돌 밑막이는 입지조건에 따라 호박돌, 깬돌을 채택하며 시공부위의 중요도에 따라 메쌓기, 찰쌓기로 구분한다.

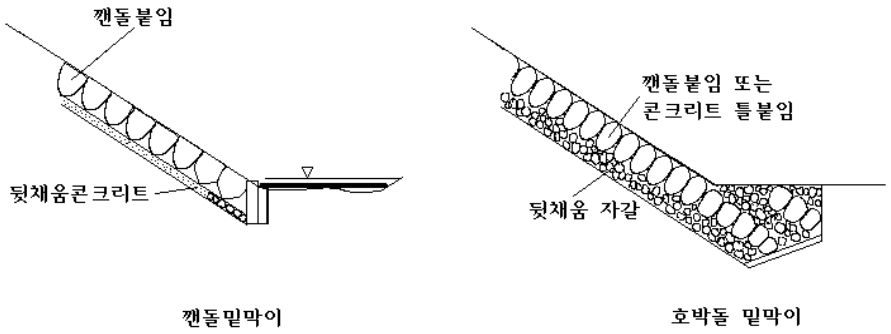
② 호박돌 붙임돌을 반드시 서로가 완전 접촉토록 하여야 하며 호박돌의 장축 방향이 비탈면에 직각되게 하여야 한다.

③ 호박돌 메붙임은 뒷채움 자갈을 깔고 그 위에 호박돌을 깐후 붙임돌 사이에 철봉으로 모래를 채운다.

④ 콘크리트블록 밑막이는 유수의 저항에 충분히 견딜수 있는 중량을 갖추어야 하며 굴요성, 내구성을 증가시키기 위하여 콘크리트블록을 철봉으로 박거나 블록끼리 서로 물리게하여 전체가 일체가 되도록 한다.

⑤ 침상공(mattress works)에는 섶침상(粗朶束沈床, 枝條束沈床, fascine mattress)과 목공침상(wooden mattress)이 있는데 섶침상은 유속이 작은 곳에 목공침상은 유속이 큰 곳에 이용된다.

⑥ 기타 시공지침은 돌쌓기 및 돌붙임에 준한다.



<그림 8-4-30> 밑막이 종류별 구조도

4.2.4.6. 친자연형 야계공법

침식이행되는 황폐계천을 야계사방에 의해 정비할 때에는 그계천이 본래 지닌 자연성을 최대한 살리는 것이 중요하며 돌, 풀, 나무와 같은 자연재료를 최대한 활용하여 수변(水邊)의 동・식물이 서식하기에 유리한 환경을 조성하는 것이다.

가. 시공장소

항시 계류수가 흐르며 어류가 서식하고 있는 계천으로 자연・생태계의 보호가 필요한 계천을 대상으로 한다.

※ 短水蝕溪 및 常水가 없는 野溪的 河川에는 시행하지 않는 것이 경제적임

나. 시공요령

① 돌망태공법

- 사각형・타원형의 돌망태 속에 부순돌을 채워 돌틈에 토사가 채워져 초류의 번식을 유도
- 호안의 침식을 방지시킴과 동시 물속 돌틈사이에 미생물과 어류등이 놀 수 있는 공간제공

② 통나무 수제공법

- 돌, 콘크리트 대신 통나무를 사용하여 수제하류부에 토사가 퇴적되어 수생식물이 쉽게 정착

③ 자연형 기슭막이

- 자연석, 통나무세워붙이기 등으로 계단과 틈새가 있도록 시공하고 근입부근에는 갯버들나무를 심어 활착시키고 토사가 쌓이도록 하여 공작물의 보호와 어류의 서식처 제공

※ 깬돌, 야면석 등에 의한 찰쌓기기슭막이는 자연경관과 조화되지 않고 어류의 서식장소로도 부적당

④ 어도(魚道)

- 횡공작물의 유효고가 30㎝이상이면 대체적으로 어류의 이동이 어렵다고 보고 있으므로 현지실정에 맞는 어도를 시공하는 것이 좋다

※ 횡공작물의 높이를 기준하여 어도의 시공여부를 결정한 문헌은 발견하지 못함

- 어도 시공방법은 갑문식, 계단식, 우회수로식이 있다.

4.3. 해안사방공사(sea coast sanddune fixation works)

4.3.1. 의의 및 모래언덕의 구분

4.3.1.1. 의의 및 목적

해안사방공사는 해안 사구의 이동 및 모래의 飛散으로 인한 가옥이나 농경지 등의 피해를 예방하기 위하여 시행하는 사방공사이다.

해안사방공사의 주목적은 비사와 모래언덕의 이동을 방지하는데 있다.

4.3.1.2. 모래언덕의 구분

모래언덕의 상태는 기상요인(기온, 강수량, 바람), 식생, 해안 및 산지유역 요인 등에 따라 다르게 나타난다.

모래가 바람이나 파도에 의하여 밀어 올려진 치올린 모래언덕(岸堤, lifting dune), 바람에 의하여 혀모양의 모래언덕(舌狀砂丘, tongue-form dune, tongue hill)과 반달모양의 모래언덕(半月砂丘, barchan)이 이루어진다.

또한 모래언덕의 상태에 따라 풍구(風溝, wind-gorge), 풍열(風裂, shake), 풍분(風盆) 또는 풍식凹지(風蝕凹地, wind erosion basin)등으로 구분하기도 한다.

가. 치올린 모래언덕

해안선의 지형조건이 비교적 편평한 지역에서는 바다로부터 밀려오는 파도에 의하여 모래가 해안선에 퇴적되어 얕은 모래 둑을 형성하게 되는 데 이것을 치올린 모래언덕이라고 하며 모래언덕의 시초 단계이다.

나. 혀모양의 모래언덕

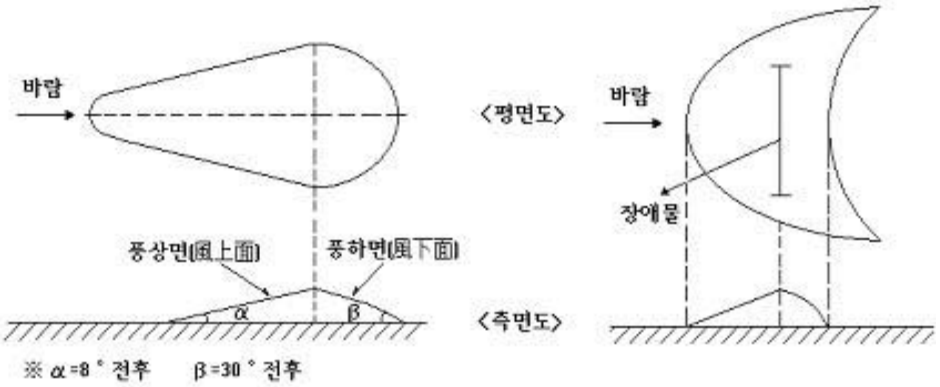
치올려진 모래언덕의 모래(입경은 보통 0.1~0.5㎜인데 지표의 풍속이 5~6*m*/초에 달하면 움직이기 시작)가 비산하여 내륙으로 이동된다. 이때 비사의 진로 상에 수목이나 砂草등이 있으면 풍력이 약화되어 모래가 여기에 퇴적되는데 이때 퇴적되는 모래언덕의 모양은 혀모양을 이루며 장애물(수목 또는 사초)의 휘어짐의 정도(屈撓性), 밀도, 높이, 너비 등에 따라 다르게 나타난다.

다. 반달모양의 모래언덕(반월사구)

혀모양의 모래언덕에 도달한 바람은 그 일부가 사구의 비탈면을 따라 상승하여 모

래를 바람방향쪽(風下面 ; leeward)으로 보내고 일부의 모래는 수평으로 운반하여 바람이 불어가는 양쪽에 반달모양의 날개를 가진 반월사구를 형성한다.

반월사구는 날개 언덕의 발달이 방해받지 않는 장소에서 잘 발달되므로 해안 사지에서보다도 내륙사막에서 많이 볼 수 있다.



○ 혀모양의 모래언덕(천연사구) ○ 반달모양의 모래언덕

<그림 8-4-31> 모래언덕 종류별 형상

4.3.1.3. 모래의 성분

모래언덕을 형성하는 모래는 석영(石英)이 85~90%, 장석(長石)이 3~6%와 기타 각섬석(角閃石), 운모(雲母), 석류석(石榴石), 방해석(方解石), 자철광, 적철광 등으로 되어있다.

모래의 크기는 모암의 종류나 지방에 따라서 다르나 대체적으로 0.05~0.50㎜사이에 있으며 0.25~0.50㎜가 70~95%로 가장 많고, 0.05~0.25㎜가 5~25%를 점유하나 때로는 이것이 70%를 점유할 때도 있다.

모래언덕의 표면은 건조하지만 내부는 습한 편이며 모래입자의 크기가 작을수록 毛細管力이 커서 지하수가 상승한다.

<표 8-4-15> 모래입자 크기별 지하수 상승고

모래입자의 직경(㎜)	60일까지의 상승고(m)	197일까지의 상승고(㎝)
0.25 이하	43.4	60.6
0.25~0.50	33.8	50.2
0.50~1.00	23.8	40.6
1.00~2.00	9.8	21.0

4.3.2. 설계

4.3.2.1. 예정지 선정

해안사방공사 대상지는 해안사구지 모래 이동에 의하여 가옥이나 농경지 피해가 극심한 지역을 대상으로 한다.

4.3.2.2. 현지조사와 설계서 작성

산지사방공사에서와 같으며 설계에 필요한 공종별 부호는 같다.

4.3.3. 복구방법

모래가 내륙으로 이동하는 것을 막고 그 배후에 나무를 심고 해안림을 조성하는 것이 주요 복구 방법이다.

가. 시공요령

① 波浪이 심한 곳은 사구가 침식되지 않도록 사구의 앞에 파도막이(防浪工, tide prevention works)를 축설한다.

② 앞모래 언덕을 쌓기 위하여 퇴사울세우기를 하며 사초로서 피복 고정한다.

③ 모래언덕은 육지 쪽에서부터 착수하여 순차적으로 바다 쪽으로 진행한다.

④ 모래언덕 뒤에는 방풍림을 조성한다.

⑤ 모래이동이 정지된 砂地에는 정사울을 세우고 묘목을 식재한다.

⑥ 비사 이동이 극심한 지역은 정사울세우기와 피복공을 동시에 실시한다.

⑦ 식재시 충분한 비료와 객토를 사용하며 비료목을 혼식한다.

4.3.4. 시공공법

해안사방의 기본공종은 사구를 조성하기 위한 공법과 사지조림을 위한 공법으로 분류된다. 사구 조성 공법에는 퇴사울세우기, 모래덮기, 파도막이 등의 공법이 있으며 사지 조림 공법에는 정사울세우기, 식재공법 등이 있다.

4.3.4.1. 퇴사울세우기(堆砂工, sanddune fixation-hedge works)

퇴사울세우기는 바다 쪽에서 불어오는 바람에 의하여 날리는 모래를 억류하고 퇴적시켜서 사구를 고정하는데 그 목적이 있다.

모래언덕은 보통 바다 쪽에 설치하는 앞모래언덕(前砂丘)과 그 뒷쪽에 설치하는 주사구(主砂丘)로 구분되며 사용재료에 따라서 판자, 섶, 대나무퇴사울세우기로 구분한다.

가. 시공위치

앞모래언덕은 비사의 정도 파랑(波浪)의 강약, 조류(潮流)의 고저, 해안의 경사 등을 고려하여 모래언덕의 앞바닥(前脚)이 피해를 보지 않는 장소에 설치하며 주사구는 앞모래언덕의 위치를 결정한다음 육지쪽의 지형을 고려하여 결정하지만 완전히 발달한 사구를 조성하기 위한 사구간의 간격은 양사구 고저차의 40배 이상으로 한다.

나. 시공요령

① 주풍방향이 해안선과 직교한 경우에 울타리의 방향은 주풍방향에 직각으로 설치하는 것이 원칙이나, 그렇지 못한 경우에는 주울타리(主垣)에 보조울타리(補助垣)를 설치하여 바람받이 쪽의 기울기를 수정한다.

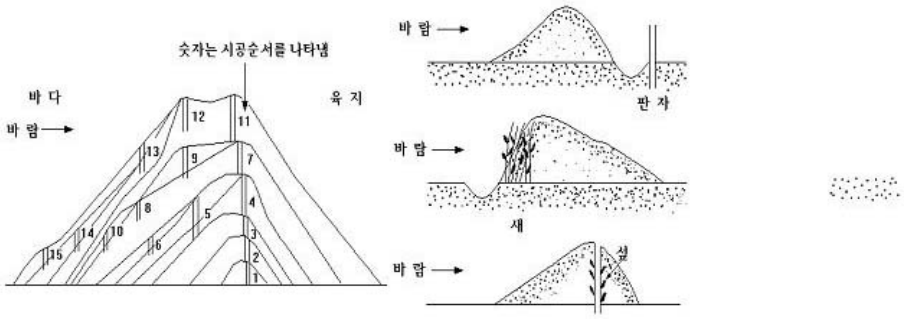
② 울타리의 높이는 보통 0.7m~1.0m으로 하고 頂上은 수평이 되도록 한다.

③ 모래언덕을 몇 열로 배치하는 해안에서는 앞모래언덕(fore dune)의 정상과 육지쪽에 있는 자연사구의 정상과 연결되는 직선상에 주사구(主砂丘)의 정상이 위치하도록 사구의 높이를 결정하는 것이 좋다.

④ 퇴사울타리는 통풍성(通風性, air permeability)은 있어도 굴요성(屈撓性)이 없는 재료가 좋으며 통풍 비율은 보통 1:1정도로 시공한다.

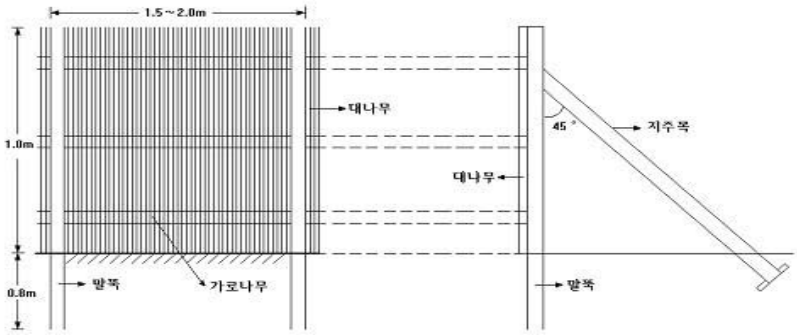
⑤ 참나무, 소나무, 낙엽송 등의 갱목을 땅속에 박고, 횡목이나 죽재를 울타리 높이에 따라 2~3단으로 만들고 섶, 갈대, 참억새, 대나무 등의 재료로 높이 1m정도의 퇴사울타리를 만든다.

⑥ 퇴사울세우기에 의하여 조성된 사구가 바람에 의하여 침식이 우려되는 지역은 사구의 꼭대기에 높이 40~60㎝의 구정바자얽기(丘頂編柵工, wicker works on sanddune)를 축설한다. 구정바자얽기 시공방법은 산지사방에서의 바자얽기 시공요령에 준하나 풍혈(風穴)이 생기지 않도록 20㎝정도를 땅속에 묻어 두어야하며 바자의 꼭대기는 반드시 수평으로 설치해야 한다.



○ 퇴사울타리의 시공순서　　○ 퇴사울타리 재료별 퇴사상태

<그림 8-4-32> 퇴사울타리의 시공순서 및 재료별 퇴사상태



<정 면 도>　　<측 면 도>

<그림 8-4-33> 퇴사울 세우기 구조도

4.3.4.2. 정사울세우기(靜砂울타리, 靜砂工)

앞모래언덕(前砂丘)축설후 그 후방지대에 풍속을 약화시켜서 모래의 이동을 막고 식재목이 잘 자랄수 있도록 환경을 조성하는 목적으로 시행하는 공법이다. 이 공법은 모래덮기공법과 사초(砂草)심기공법을 병용하여 시공한다. 또한 土壤固結劑나 表面處理劑를 사용하여 지표면을 고정하기도 한다. 사용 재료로 볏짚, 보릿짚, 갈대, 섶, 대나무, 억새류 등이 있다.

가. 시공위치

앞모래언덕의 후방

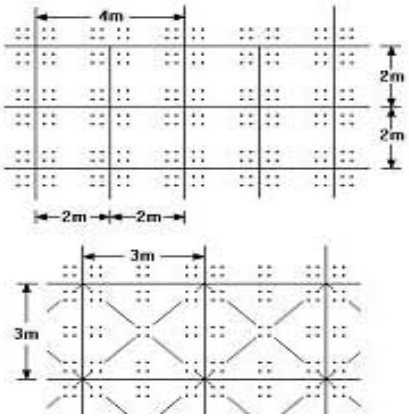
나. 시공요령

① 정사울타리는 한 변이 7~15m의 정사각형이나 직사각형으로 구획하고 그 한변(직사각형의 경우는 긴변)을 주풍향에 직각으로 설치한다.

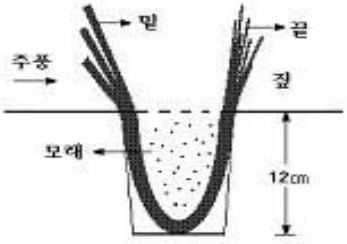
② 정사울타리의 높이는 1.0~1.2m를 표준으로 하고 20㎝정도를 모래에 묻어야 하며 시공구조는 퇴사울타리와 대체로 비슷하다.

③ 정사낮은울 세우기(靜砂立工法)는 정사울타리 공법과 같은 목적으로 정사울타리 내부 구역을 작은 구역(2~4m의 정사각형 또는 직사각형)으로 구획하며 울타리 높이는 30~50㎝, 통풍비는 1:1로 시공한다. 중국 사막지대에서는 길이 1m의 정사각형 낮은울세우기를 흔히 시공하며 사용재료에 따라 짚(草沙障), 진흙(粘土沙障) 낮은울세우기가 있다.

④ 정사울을 설치한 다음에 구획내부에 ha당 10,000본의 묘목을 식재한다.



<평 면 도>



<측 면 도>

<그림 8-4-34> 정사울세우기 구조도

4.3.4.3. 모래덮기(覆砂工, 伏工, sand dune mulching)

퇴사울세우기 또는 인공모래쌓기공법에 의하여 조성된 사구가 식생에 의하여 피복될 때까지 사구의 표면에 갈대발이나 거적, 새, 섶, 짚 등을 깔고 덮어서 수분을 보존하며 비사를 방지하기 위하여 시공되며 사용재료에 따라서 소나무섶, 갈대, 짚모래덮기 공법이 있다.

가. 시공장소

퇴사울 세우기 또는 인공모래쌓기 공법에 의하여 이미 조성된 사구

나. 시공요령

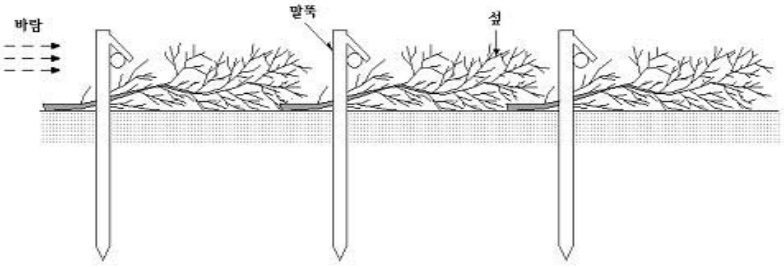
① 사구의 표면을 整地한다.

② 섶이나 짚 또는 갈대를 風下에서 風上쪽으로 표면에 밀착시켜 덮어나가며 그 위에 대나무와 새끼 등으로 견고하게 고정시킨다.

③ 섶의 밑부분 또는 枝條의 밑(根元)은 풍상(바람받이쪽)에, 끝(先端)은 풍하(바람 의지쪽)를 향하게 하며 제1열 지조의 끝이 제2열 지조의 선단에 의해 덮이도록 시공한다.

④ 바람이 강한 지역에서는 각 열을 따라 나무가지 또는 간벌재를 올려놓고 갈고리형의 말뚝을 박아둔다.

⑤ 나무가지의 덮는 밀도는 바람의 강약과 비사의 정도에 따라 가감한다.



<그림 8-4-35> 섶모래덮기 구조도

4.3.4.4. 파도막이(防浪工, tide prevention works)

앞모래언덕의 각부(脚部)가 파도 등에 의하여 파괴되는 것을 방지하기 위하여 설치하며 공작물로는 종래부터 많이 이용되고 있는 파도막이 바자얽기(防浪編柵, wave preventing wickers), 파도막이 울짱얽기, 파도막이 돌망태쌓기와 최근에는 콘크리트판, 콘크리트블럭 등의 2차제품이 많이 사용되고 있다.

가. 시공위치

과거의 최대 파도 도달선보다 육지쪽으로 앞모래언덕 하단부(脚部)

나. 시공요령

① 파도막이 방향은 일반적으로 앞모래언덕에 평행하도록 설치하며 그 정부(頂部)는 수평이 되도록 한다.

② 기타 파도막이 바자얽기 시공요령은 산복 바자얽기 공법과 동일하다.

4.3.4.5. 사구지 녹화

해안사구지 녹화방법으로 모래풀덮기(砂草被覆工)와 모래언덕 조림(砂丘造林)이 있다.

모래풀덮기 공법은 사초파종법과 사초식재법이 있으나 사초파종법은 비용이 적게 드는 장점이 있지만 모래의 이동이 격심한 지역에서는 종자가 노출되거나 깊게 묻힐 때에는 발아가 불능케 되므로 입지조건이 적당치 않으면 절대로 시행하지 않는다.

모래언덕 조림법에도 파종과 식수의 두 방법이 있으나 파종법은 성적이 불량하므로 일반적으로 식수법에 의하여 조림하고 있다.

가. 사초심기(砂草植栽工, sand-grass planting measures)

퇴사울타리와 정사울타리가 부식된 후 이들의 기능을 보충하기 위하여 화본과(禾本科), 사초과(莎草科) 또는 국화과(菊花科) 등에 속하는 초본류 중 내풍성, 내염성이 강하고 퇴사에 의한 매몰, 건조, 더위에 강하여 모래땅에서 잘 생육하는 砂草를 식재하여 사면을 피복 비사를 고정하는 공법이다.

(1) 식재사초

모래의 퇴적으로 말라죽지 않고 기는 줄기나 땅속줄기가 잘 뻗어 많은 가지를 발생하며 모래층을 잘 긴박해야 한다.

① 화본과 : 갯 개고리풀, 갯쇠보리, 새, 솔새

② 사초과 : 보리사초, 통보리사초, 솔보리사초, 행부자(숨복사지)

③ 국화과 : 갯 쑥부장이, 갯쑥, 갯씀바귀, 갯상근, 갯메꽃, 갯질경, 모래지치, 갯보리, 큰개미자리, 자귀풀

④ 콩과 : 갯완두

⑤ 도입 품종 : American beach grass, Weeping love grass, Switch grass

(2) 식재방법

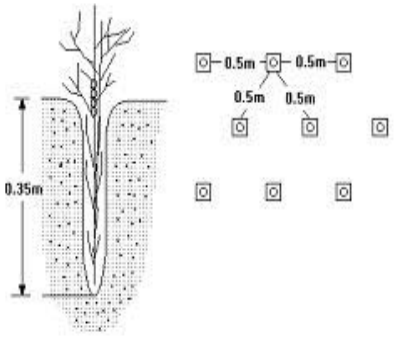
사초를 식재하는 방법에는 다발심기(播植, bundle planting), 줄심기(列植, row

planting)와 망심기(綱植, net planting)등이 있다.

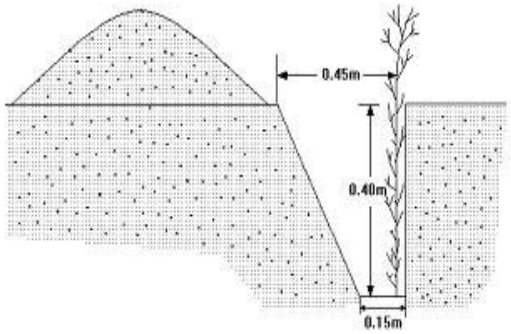
① 다발심기 : 사초를 4~8포기씩 모아 한 다발로 만들고 30~50㎝간격으로 심는다. 심는 묶음 모양을 둥글게 할 경우 둥근다발심기(丸播植)라 하고 편평하게 할 경우 넓적다발심기(平播植)라 한다.

② 심기 : 1~2주씩 1열로, 주(株)간거리 4~5㎝, 열간거리 30~40㎝으로 심는데 줄심기의 줄 방향은 주풍방향에 직각으로 배치한다.

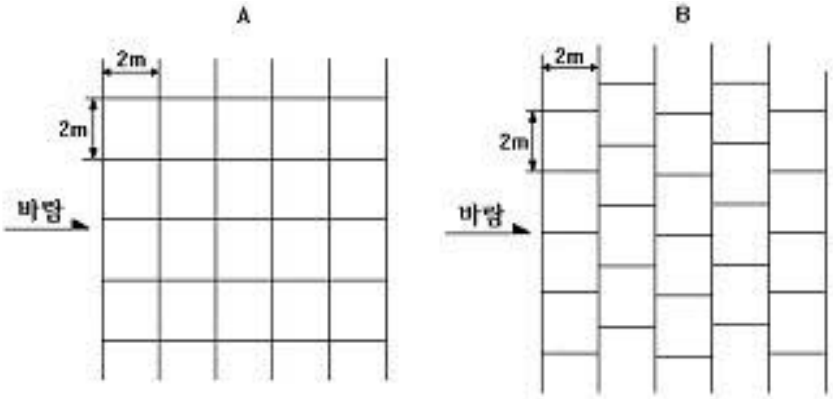
③ 망심기 : 사초를 마치 바둑판의 눈금같이 종횡으로 줄심기하여 모래의 이동을 방지하도록 배치한다. 망구획크기는 $2m \times 2m$로 하고 때로는 망심기 내부에도 사초를 심는다. 이것을 사이심기(間植)라 한다. 일반적으로 바람받이쪽에는 망심기를 하며 바람의지쪽에는 줄심기를 한다.



a. 다발심기



b. 줄심기



c. 망심기

<그림 8-4-36> 사초심기 종류별 구조도

나. 모래언덕 조림(海岸砂地造林)

해안 모래언덕을 조속히 산림으로 조성하기 위해 적정수종을 선정, 조림한다.

(1) 조림수종

모래언덕 조림에 적당한 수종의 특성은 양분과 수분에 대한 요구가 적고 온도의 급격한 변화와 강한 바람에 잘 견디어야 한다. 또한 생장이 왕성하며 낙엽, 낙지 등에 의하여 지력을 증진시킬 수 있는 수종이 적당하다.

일반적으로 식재되는 수종으로는 해송, 소나무, 섬향나무, 노간주나무, 보리장나무, 순비기나무, 자귀나무, 사시나무, 떡갈나무, 해당화, 아까시나무, 팽나무 등이 있는데, 이중에 3~4년생의 해송과 아까시나무 등이 가장 많이 심어지고 있다.

(2) 식재방법

① 식재묘목은 산지사방 조림에서보다 대묘를 사용하는 것이 좋으며 객토(客土, soil dressing, borrow)로 부식토와 같은 비옥한 흙을 한 구덩이당 1~3ℓ씩 넣어 모래와 잘 썩은 후 조림한다.

② 수분증발을 방지하고 토양 양료 공급을 위하여 짚이나 綠肥, 堆肥, 울타리재료의 부스러기 등을 묘목 1본당 400g정도씩을 모래속 깊이 20~30㎝ 깊이에 묻어둔다.

③ 모래의 이동과 수분증발은 방지하기 위하여 식재목의 주위(1본당 300g)나 전면(ha당 6,000~10,000㎏)에 볏짚을 덮어주기도 한다.

④ 바람이 심한지역에는 지주목을 세우거나 보호재를 설치(衝立工法)하여 묘목을 보호한다. 보호재는 묘목에서 15㎝정도의 거리에 세우고 나비 30㎝정도, 높이 40㎝정도 되게 한다.

4.4. 조경사방(landscape erosion control works)

4.4.1. 의의 및 사면의 구분

4.4.1.1. 의의 및 목적

조경사방은 자연사면에서보다 주로 인위적으로 만들어진 땅깎기 비탈면이나 흙쌓기 비탈면과 같은 훼손지(형질변경지)에서 토양침식을 예방하기 위한 사방기술에 경

나. 모래언덕 조림(海岸砂地造林)

해안 모래언덕을 조속히 산림으로 조성하기 위해 적정수종을 선정, 조림한다.

(1) 조림수종

모래언덕 조림에 적당한 수종의 특성은 양분과 수분에 대한 요구가 적고 온도의 급격한 변화와 강한 바람에 잘 견디어야 한다. 또한 생장이 왕성하며 낙엽, 낙지 등에 의하여 지력을 증진시킬 수 있는 수종이 적당하다.

일반적으로 식재되는 수종으로는 해송, 소나무, 섬향나무, 노간주나무, 보리장나무, 순비기나무, 자귀나무, 사시나무, 떡갈나무, 해당화, 아까시나무, 팽나무 등이 있는데, 이중에 3~4년생의 해송과 아까시나무 등이 가장 많이 심어지고 있다.

(2) 식재방법

① 식재묘목은 산지사방 조림에서보다 대묘를 사용하는 것이 좋으며 객토(客土, soil dressing, borrow)로 부식토와 같은 비옥한 흙을 한 구덩이당 1~3ℓ씩 넣어 모래와 잘 썩은 후 조림한다.

② 수분증발을 방지하고 토양 양료 공급을 위하여 짚이나 綠肥, 堆肥, 울타리재료의 부스러기 등을 묘목 1본당 400g정도씩을 모래속 깊이 20~30㎝ 깊이에 묻어둔다.

③ 모래의 이동과 수분증발은 방지하기 위하여 식재목의 주위(1본당 300g)나 전면(ha당 6,000~10,000㎏)에 볏짚을 덮어주기도 한다.

④ 바람이 심한지역에는 지주목을 세우거나 보호재를 설치(衝立工法)하여 묘목을 보호한다. 보호재는 묘목에서 15㎝정도의 거리에 세우고 나비 30㎝정도, 높이 40㎝정도 되게 한다.

4.4. 조경사방(landscape erosion control works)

4.4.1. 의의 및 사면의 구분

4.4.1.1. 의의 및 목적

조경사방은 자연사면에서보다 주로 인위적으로 만들어진 땅깎기 비탈면이나 흙쌓기 비탈면과 같은 훼손지(형질변경지)에서 토양침식을 예방하기 위한 사방기술에 경

관조성 기술을 가미하여 실시하는 공사를 말하며 본 공사의 목적은 국토보전, 환경보전과 경관보호를 자연개발과 최대로 조화시키는데 있다.

4.4.1.2. 사면의 구분

조경사방이 필요한 사면은 자연사면과 인공사면으로 구분되고 인공사면도 단순한 사방공사만으로 처리될수 있는 사면과 조경사방이 필요한 사면으로 구분할 수 있다.

가. 자연사면(자연비탈면)

사방공사가 필요한 관광지, 공원, 주택지 또는 마을입구의 자연사면으로 경관미가 요구되는 사면이다.

나. 인공사면(인위비탈면)

① 땅깎기 비탈면(절개사면, cut-slope)

산지개발시 땅깎기 공사에 의하여 발생되는 절토사면은 사면구성물질에 따라 암석비탈면, 토사비탈면과 토석비탈면으로 구분한다.

암석비탈면은 암석의 풍화정도에 따라 경암, 연암, 풍화암 비탈면으로 구분되며 구성입자 크기에 따라 토사비탈면과 토석비탈면으로 구분하기도 하는데 이들 사면의 종류에 따라 복구공종과 녹화기술이 다르게 된다.

② 흙쌓기비탈면(성토사면, banking slope)

땅깎기, 굴착, 터널공사 등으로 생산되는 잉여 土石을 쌓아 만든 비탈면으로 구성, 토석류에 따라 암석, 砂礫 또는 흙쌓기비탈면으로 구분한다.

도시계획과 도로개설시 발생되는 이들 절·성토사면에서 비탈면의 유형과 특성(구성내용)에 따라 그 시공법이 달라지므로 조경사방계획시 이점에 세심한 주의가 요구된다.

4.4.2. 설계

4.4.2.1. 예정지 선정

조경사방시공 대상지는 주택, 도로, 공원, 관광지, 기타 특수지역 주변의 자연 및 인공사면으로서 경관미가 요구되는 지역을 대상으로 한다.

4.4.2.2. 현지조사와 설계서 작성

산지사방공사에서와 같으며 설계에 필요한 공종·공법의 부호는 표1에 준한다.

4.4.3. 시공기술

조경사방은 사면의 침식을 방지하고 자연사면과 친화적인 경관미를 조성하는 것을 목표로 시공한다.

4.4.3.1. 시공방법

① 인공사면과 자연사면의 두 지형이 연속성을 갖도록 하기 위하여 비탈다듬기(rounding)를 실시한다.

- 큰 비탈면은 비탈면의 직고 7*m*정도마다 또는 적소에 小段을 설치하여 적당히 분할하는 것이 좋다.
- 급경사 절토사면은 상부로 갈수록, 성토사면은 하부로 갈수록 비탈면을 완만하게 한다.
- 대규모 절개사면은 세로 또는 가로방향으로 비탈다듬기를하여 비탈면이 전체적으로 曲面을 형성하도록 시공한다.

② 사면조림을 위해서는 사면기울기를 관목식재인 경우 1:2, 교목인 경우는 1:3 보다 완만하게 해야하며 절개사면상에서는 사면상단부에, 성토사면인 경우에는 사면하부에 식재한다. 비탈면에는 교목식재 또는 대묘이식은 하지 않는 것이 좋다.

③ 사면에 가급적 식생을 도입하고 돌 또는 콘크리트 구조물에는 덩굴식물을 심어 은폐한다.

④ 땅깍기비탈면은 암석의 풍화정도와 구성입자의 크기에 따라 공법을 달리한다.

- 모래층사면은 토양유실을 방지하기 위하여 격자틀을 붙이고 전면객토 후 파식한다.
- 사질토비탈면은 비교적 침식이 약하므로 전면 파식으로 식생을 조성한다.
- 자갈이 많은 사면은 떼 붙이기공법보다는 종비토뿜어붙이기공법이나 격자틀 붙이기 공법이 효과적이다.
- 점토사면은 표면침식보다는 동상, 붕괴현상이 우려되므로 떼붙이기공법이 효과적이다.

· 경암비탈면은 돌출부 제거, 낙석방지망 덮기 또는 새집붙이기공법이 적합하다.
· 연암비탈면은 厚層客土 후 식생을 조성하거나 종비토 뿜어붙이기공법이 효과적이다. 식생으로 재래종과 도입종을 부분 파종하는 것이 효과적이라 하겠다.

⑤ 흙쌓기비탈면은 토질에 따라 공법을 달리한다.

· 모래층 사면 또는 사질토비탈면은 반드시 복토후 식생을 조성해야 하며 붕괴위험이 있으므로 돌 붙이기나 콘크리트 블록붙이기 공법을 적용할 시 축대벽, 산비탈돌쌓기 등의 기초공사를 시공한후 실시해야 한다.
· 점토사면은 점성이 약한 사면에서는 복토없이 식생조성이 가능하나 점성이 강한 사면에서는 부분적으로 복토하거나 콘크리트 블록 붙이기 공법을 적용한다.
· 자갈이 많은 비탈면은 객토 또는 복토후 식생을 조성하거나 돌붙이기 공법이나 콘크리트 블록붙이기 공법을 이용할 수 있다.
· 대규모 비탈면은 격자틀 붙이기 공법이나 힘줄박기 공법을 병용한다.
· 용수가 있는 사면에서는 돌망태공법, 명·암거공이나 보오링 배수공법이 효과적이다.

4.4.4. 시공 공법

조경사방공종의 기술체계는 녹화기초공종과 식생공종으로 구분할 수 있다. 녹화기초공종은 식물생육에 적절한 기반을 조성하고 안정시키는 공사로서 비탈다듬기, 단끊기, 땅속흙막이, 흙막이, 수로내기, 바자얽기, 틀박기, 힘줄박기, 격자틀붙이기, 객토넣기, 새집붙이기, 누구막이, 골막이, 블록쌓기, 돌쌓기, 낙석방지공법 등 여러 가지 공법이 있으며 식생공종으로는 나무심기, 씨뿌리기, 생울타리(樹壁工法, green-wall establishment work)와 암반녹화공법등이 있으나 산지사방공종과 예방사방공종과 중복되는 공종이 있으므로 여기서는 자연석쌓기, 격자틀 붙이기, 힘줄박기, 콘크리트블록쌓기, 돌 붙이기, 콘크리트뿜어붙이기, 생울타리공법(수벽공법)과 암반녹화공법으로 새집공법, 폭파식재공, 분사식씨뿌리기, 종비토뿜어붙이기, 차폐수벽공법, 소단상객토식수공법에 대하여 기술하였다.

4.4.4.1. 자연석쌓기(自然石積, natural-stone masonry)

自然石을 조화있게 축설하여 사면안정과 동시 경관을 조성하는 공법이다.

가. 시공장소

도시의 노면이나 주택, 공원 또는 관광지 주변

나. 시공요령

① 절개지 하부에 산비탈돌쌓기를 시공하고 그 상부에 산비탈돌쌓기와 조화되게 配石하여야 한다.

② 자연석은 古色이 짙고, 운치(韻致)가 있는 것을 사용하여야 효과적이다.

③ 선돌사이에는 회양목, 눈향나무, 진달래, 철쭉꽃 등 관상수를 심어 미관을 높인다.

④ 돌쌓기의 기본은 主石과 副石으로 시작하여 三石, 五石, 七石 등으로 기수(奇數)로 하는 것이 좋다.

<그림 8-4-37> 자연석 쌓기의 종류

4.4.4.2. 격자틀 붙이기(latticed-block pitching works)

경사가 급한 사면에서 침식을 방지하고 사면을 녹화하기 위하여 사면전반에 시공하는 비탈안정 녹화공종으로 사면주변의 지형, 지질, 위치적인 환경 또는 근접 구조물과의 미관적 조화를 고려하여 시공해야 한다. 사용재료에 따라 콘크리트 블록, 합성재블록, 철재와 통나무격자틀 붙이기 공법이 있다.

가. 시공장소

비탈기울기가 급하고 토질이 불량한 사면

나. 시공요령

① 토압과 지형을 고려하여 토목적인 설계를 한다.

② 비탈면이 불규칙하고 요철이 있는 곳에서는 블록이 비탈에 잘 친화되도록 비탈다듬기공사를 실시해야 한다.

③ 붕괴 우려가 있는 성토사면에서는 기초공작물을 견고히 한후 계통적으로 격자틀을 조립한 후 각 格点에는 미끄러지지 않도록 철근핀(완구배사면), 록볼트(암반사면) 또는 앵커(불안정한 심층사면)를 박고 콘크리트로 채운다.

④ 비탈 및 최하단부에는 기초 콘크리트(수평 축대벽 등) 공사를하여 수평의 유지 및 받침이 되도록 하여야 한다. 기초공사의 천단은 원칙적으로 수평이거나 직선이 되도록 시공해야 한다.

⑤ 사면전체에 걸쳐 시공하여야 효과적이며 수평으로 설치하는 것이 원칙이지만 경사면인 경우에는 지형에 따라야 한다. 원지반에 용수가 있거나 집수가 용이한 곳에는 속도랑을 배치해야 한다.

⑥ 틀내 흙의 표면을 보호하기 위하여 비탈면의 특성에 따라 틀안에 식생공, 잡석이나 콘크리트 등의 부착공, 콘크리트 등의 뿜기공 등이 이용된다.

<표 8-4-16> 격자틀공내의 보호공

구 분	공 법	주 요 한 목 적	사 면 구 배	기타의 조건
식생공 (미관 배려)	잔디입히기 · 식생매트공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	안정물매 (기울기)	凹凸사면 가능
	식생객토반공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	1 : 1보다 완만한 사면	凹凸사면 가능
	종자뿜기공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	안정물매 (기울기)	凹凸사면 가능
붙임공	돌 · 블록붙임공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	1 : 1보다 완만한 사면	용수도 가능
	콘크리트치기공	표층붕락 · 박리방지	무근 1 : 1, 철근 1 : 0.5의 사면	-
	낙석방지강공	표층의 낙석방지	제한없음	용수도 가능
뿜기공	모르타르뿜칠공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	제한없음	凹凸사면 가능
	콘크리트뿜칠공	표층붕락 · 풍화 · 침식방지	제한없음	凹凸사면 가능

⑦ 콘크리트 블록 격자틀붙이기 공사는 녹화공사만으로는 비탈의 침식방지가 곤란

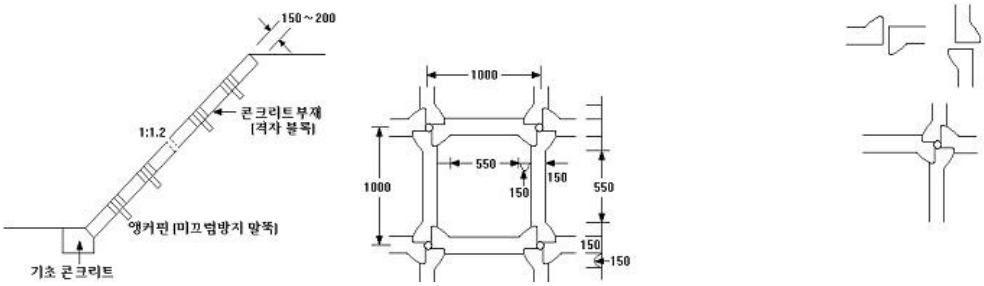
한 급경사면, 특히 무거운 격자틀블록으로 눌러주는 것이 필요한 곳에 계획한다. 비탈 전체의 수직높이는 원칙적으로 5*m* 이하로 한다.

- 일반적으로 철근 콘크리트 격자 블록의 길이는 안채움공사의 안정유지를 도모하는 입장에서 1.0*m*를 표준으로 하고, 너비나 두께를 흙쌓기비탈에서는 10㎝ 이상, 땅깎기비탈에서는 15㎝ 이상을 표준으로 한다. 한 개의 무게는 약 27~30㎏ 정도가 된다.
- 비탈 콘크리트 블록 격자틀붙이기공사의 설치기울기는, 토질에 따라서는 1 : 0.8 정도의 기울기까지 설계되는 것도 있지만, 원칙적으로 1 : 1.0 보다 완만하게 설계한다.
- 일반적으로, 격자블록은 프리캐스트 제품으로서, 시공시에 격자블록의 교차부분에는 미끄럼방지 또는 앵커철근을 박아야 한다.
- 비탈 격자틀 붙이기공사때에 블록틀안의 채움에는, 식생(떼)으로 채우는 것이 가장 바람직하지만, 식생이 부적당한 경우에는 조약돌(栗石)이나 콘크리트 등을 상황에 따라서 채운다. 블록틀안채움은 콘크리트 붙이기, 돌박기 콘크리트공사, 콘크리트 블록 붙이기, 돌 찰붙이기 등으로 계획하는 경우에는 반드시 물빼기구멍(水拔孔)을 설계하여, 비탈 격자틀 뒷부분의 물은 배수하여야 한다. 원칙적으로 물빼기구멍은 비탈면적 2㎡에 1개소 정도로 배치한다. 구멍지름은 50~100㎜ 정도의 것을 사용한다. 용수가 특히 많은 경우에는 맹거(盲渠, 속도랑, mole drain)를 설치하여야 한다.

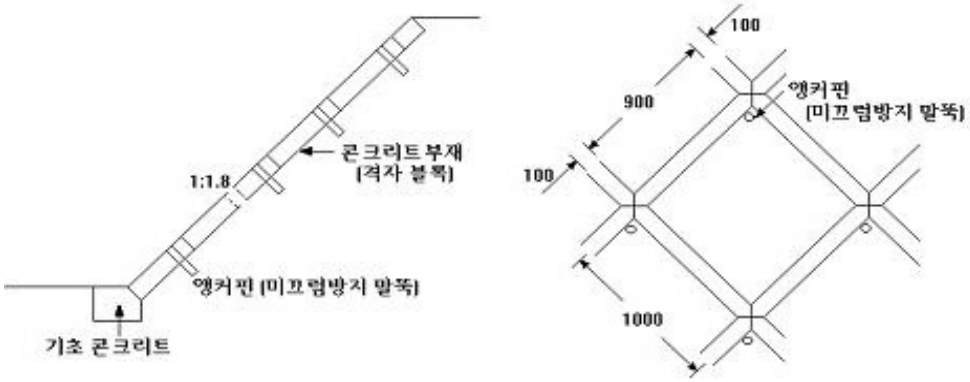
⑧ 경질 염화비닐재 블록 격자틀붙이기 공사는 PE, PY 및 격자블록 등을 이용하여 절・성토비탈면의 안정・녹화공사에 사용하여야 한다.

- 경질 염화비닐재 블록은 콘크리트 격자 블록에 비하여 무게가 가볍기 때문에 시공(윤활성)이 용이하다는 장점이 있는 반면에 무거운 격자 블록으로 눌러주는 것이 필요한 곳에서 시공하기에는 부적합하다는 단점이 있다.
- 기타 시공요령은 콘크리트 블록 격자틀붙이기에 준한다.

⑨ 통나무 격자틀붙이기 공사는, 주로 간벌재 등을 길이 0.6~1.0*m* 정도로 잘라서 임도시공지에서와 같은 절・성토비탈의 안정・녹화공사에 사용하여야 한다.

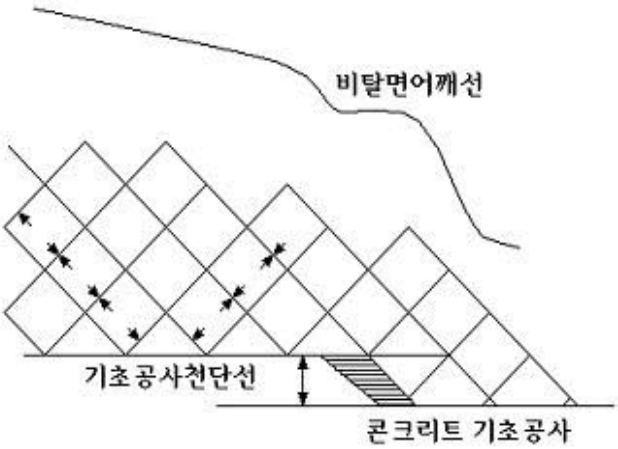


<절토사면의 시공예>



<성토사면의 시공예>

<그림 8-4-38> 콘크리트블록 격자틀 붙이기 배치도



<그림 8-4-39> 격자틀 붙이기 공사계획도

4.4.4.3. 힘줄박기(비탈 힘줄박기)

정상적인 큰크리트 블록으로 된 격자틀 붙이기 공법으로는 처리하기 곤란한 사면에 현장에서 직접 거푸집을 설치하고 콘크리트 치기를 하여 사면안정을 위한 뼈대(힘줄)을 만들어 그 안을 작은 돌이나 흙으로 채우고 녹화하는 비탈면 안정공법이다. 힘줄박기의 시공모양에는 사각형, 삼각형, 계단상수평띠의 모양의 틀이 있다.

가. 시공장소

비탈기울기(1 : 0.8 이상)가 급하고 지질토양구조가 석력이 많은 불안정한 사면이거나 지하수 또는 누수에 의하여 침식이 심한 사면

나. 시공요령

① 기초를 튼튼히 하여 콘크리트 힘줄이 침하되거나 파괴되지 않도록 주의하고 경관미를 위해서는 콘크리트 힘줄간격이 넓어야 한다.

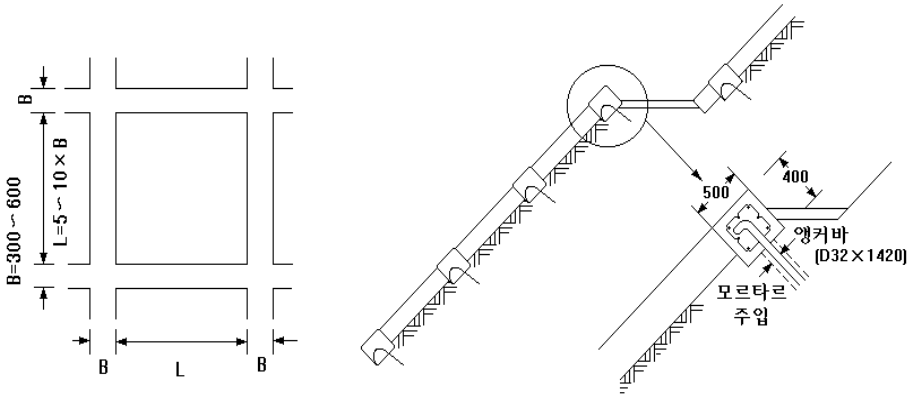
② 부재(部材)의 단면형상은 일반적으로 너비와 두께를 20㎝ 정도로 한다. 틀 길이는 부재너비의 5~10배의 범위의 것이 많으며, 틀의 교차점에는 앵커를 설치하여 고정・보강한다.

③ 틀안의 채움은 현지의 상황에 따라서 결정되지만, 가능한 한 객토공법 등을 써서 식생도입을 도모해야 한다.

④ 비탈 최 하단에는 수평방향으로 콘크리트 옹벽형 기초공사를하여 힘줄박기공작물이 비틀리거나 붕괴되지 않도록 하여야 한다.

⑤ 비탈어깨최상부에는 비탈어깨 돌림수로를 설치하여 상부사면으로부터의 유수의 유입을 방지하여야 하며, 비탈 표면배수로시설에도 유의해야 한다.

⑥ 사면 전 지역에 시공하는 것이 효과적이며 기타 사항은 철근콘크리트 시공요령과 동일하다.



<정면도> <평면도>

<그림 8-4-40> 콘크리트 힘줄박기 구조도

4.4.4.4. 콘크리트블록쌓기(concrete-block masonry works)

비탈면의 안정을 도모하기 위하여 각종 쌓기용 콘크리트 블록을 흙막이공법과 같은 시공요령으로 블록쌓기를 하는 비탈면 안정공법이며 블록의 면모양은 정방형 또는 다각형이다. 길이는 35~45㎝이며 스톤블럭, 킹견치블럭, 게다블럭, IC블럭, 일자블럭 등이 주로 많이 활용되고 있다.

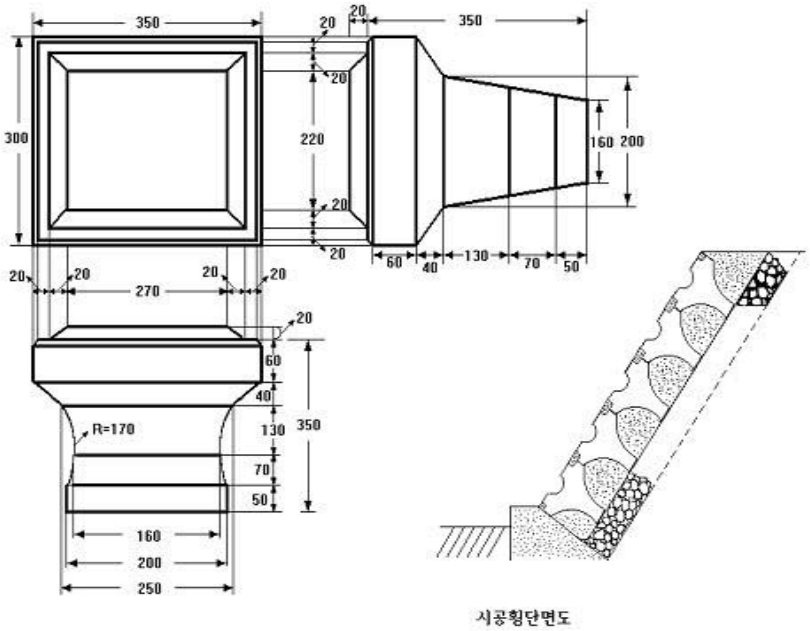
가. 시공장소

기울기가 1 : 0.5 이상인 비탈면

나. 시공요령

① 쌓기높이는 보통 3*m* 이내로 시공하는데 높이가 높은 경우는 벽면의 안정을 위하여 단위면적당 중량이 큰 것과 뒷 길이가 충분한 것을 선택한다.

② 기타 시공요령은 돌쌓기(산비탈돌쌓기)에서와 동일하다.



<그림 8-4-41> 견치블록 구조도

4.4.4.5. 돌 붙이기(비탈돌붙이기. 斜面張石工)

사면이 풍화, 침식, 박리(剝離) 또는 붕괴현상 등이 현저하여 녹화공사가 곤란하고 다른 공법으로서도 안정녹화공사가 부적당한 경우에 시공되는 비탈안정공종으로 사용재료에 따라 돌, 콘크리트블록, 콘크리트 붙이기가 있다.

가. 시공장소

식생조성이 곤란한 기울기 1 : 1(경사 45°)이하의 비탈면

나. 시공요령

① 돌 붙이기 전에 비탈 다듬기 공사로 정지작업을 잘 해야 한다.

② 돌 메붙이기(空張工, dry pitching)공사는 비탈면에 湧水등이 있어 표토가 침식될 위험성이 있는 지역으로, 비탈기울기가 완만한 개소에 계획한다. 메붙이기공사의 높이는 원칙적으로 $3m$ 이하로 한다.

③ 돌 찰붙이기(練張工, wet pitching) 공사는 용수가 없고 균열과 절리가 많은 암반의 붕락 등을 방지할 필요가 있는 경우에 계획한다.

④ 콘크리트붙이기(concrete pitching works)는 풍화하기 쉬운 암반비탈면에는 콘

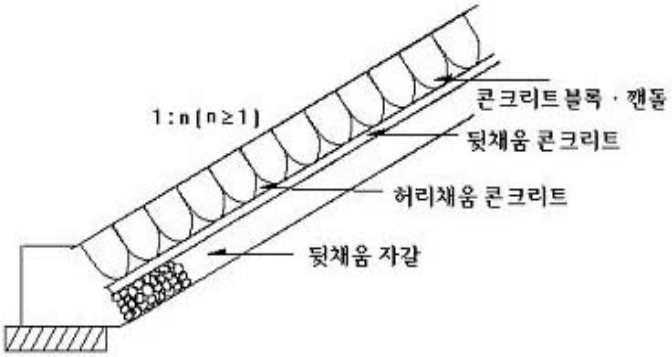
크리트를 발라서 암반의 풍화를 방지하며 두께는 0.15~0.2*m* 정도를 표준으로 하고 凍土가 많은 지대에서는 적절히 두께를 증대시켜야 한다.

⑤ 물빼기구멍(水拔孔)은 지름 3~5㎝ 정도의 PVC 관 등으로 3㎡에 1개소 정도를 표준으로 설치하여야 한다.

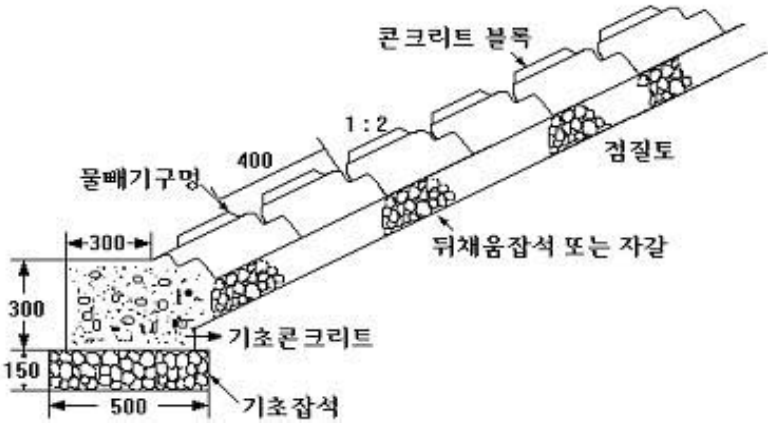
⑥ 신축줄눈은 원칙적으로 5*m* 정도의 간격으로 설치하여야 한다.

⑦ 석재대용으로 콘크리트 블록을 널리 이용한다.

다. 시공도



○ 돌 붙이기



<그림 8-4-42> 콘크리트블록 붙이기 구조도

4.4.4.6. 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트공법, shotcrete measures)

급경사의 대규모 암반사면에서 각종암석이 노출되어 녹화공사가 불가능하거나 비효율적인 경우에 암석의 풍화와 붕락을 방지하기 위하여 시공하는 암반안정공종으로

시멘트 모르타르 뿜어붙이기와 콘크리트 뿜어붙이기 공법이 있다.

가. 시공위치

대규모 급경사 암석노출사면으로 녹화공사가 불가능한 사면

나. 시공요령

① 시공할 장소에서 잡초목등을 제거하고 뿜어붙이기기계로 압력수 및 에어젯트(air jets)로 먼지, 이토 및 뜬돌 등 부착에 장애되는 물질을 완전히 제거한다. 물로 인하여 뿜어붙이기 바닥면이 泥質化 할 우려가 있는 곳은 물을 사용해서는 안된다.

② 지표유하수가 유입될 우려가 있는 경우에는 비탈 상부에 돌림배수로를 설치하여 배수를 해야하며 사면 내부에 지하수가 있을 경우 뿜어붙인 층의 뒷면에 물이 고이지 않도록 물빼기구멍(水拔孔)을 설치하거나 속도랑(암거)내기 공사를하여 용수가 배출될수 있도록 한 후 뿜어붙이기 공사를 해야한다. 물빼기구멍은 지름 5~10㎝의 관을 2㎡ 당 1개 이상을 설치한다.

③ 시멘트 모르타르·콘크리트 뿜어붙이기공사는 일반적으로 급사면에 철사망과 와이어로프 등을 펴 깔고, 이것이 코어(core)가 되도록 일정한 두께로 모르타르 또는 콘크리트를 뿜어붙이는 것으로 철사망과 와이어로프는 본바닥의 凹凸에 맞추어 앵커로서 고정 하거나 상부에 앵커를 박고 와이어로프로 결속, 고정해서 뿜어붙인 모르타르와 콘크리트가 활락하지 않도록 계획해야 한다.

④ 건식 콘크리트 뿜어붙이기공법에서는 골재 최대입경이 25㎜ 이하, 절대세골재율 s/a 60~80%, 시멘트 1 : 세골재 4~5 : 조골재 2~3 으로 한다. 습식에서는 골재 최대입경이 15㎜ 이하, 절대세골재율 s/a 60~80%, 시멘트 1 : 세골재 4~5 : 조골재 1~2 로 한다.

⑤ 일반적으로 보강배근 또는 와이어로프의 철근은 사면상태에 따라 φ9~11㎜의 철근을 사용하고, 50~100㎝ 간격으로 배근위에 앵커바(anchor-bar)로 고정시키는 것을 표준으로 한다. 철근 또는 와이어로프의 간격이 좁은 경우에는 뿜기 작업때에 튕김이 많으므로 보통 50㎝ 이상으로 한다.

⑥ 보강용 철사망[와이어 메쉬(wire mesh)·용접 철망]은 비탈의 상태에 따라서 φ2.0~3.2㎜, 망눈 50~100㎜를 사용하고, 그중 합침 1눈 이상으로 비탈의 요철에 따라 잘 접착시킨다. 철사망은 보강 와이어로프에 결속선으로 연결시킨다.

⑦ 앵커바용 환강은 비탈면의 상태에 따라 사용한다. 보통 φ16~11㎜×50~100㎝의

이형철근을 1㎡마다 1개를 표준으로하여 비탈면에 박아 고정한다.

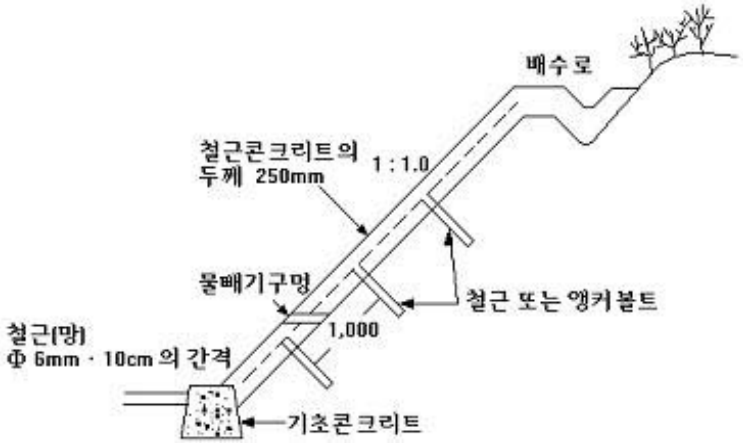
⑧ 비탈의 요철에 따라 철망이 앵커바만으로는 고정이 불충분한 부분을 보조적으로 앵커핀(anchor pin)으로 고정한다. 보통 φ9~13㎜×15~30㎝의 것을 1㎡마다 3~5개를 표준으로하여 철사망에 박아 고정한다.

⑨ 뿜기 노즐은 비탈면에 직각이 되도록하고 붙이기면에서 1.0*m* 정도의 거리를 유지해야 한다. 뿜어붙이기 압력은 4~6㎏/㎡를 표준으로 한다.

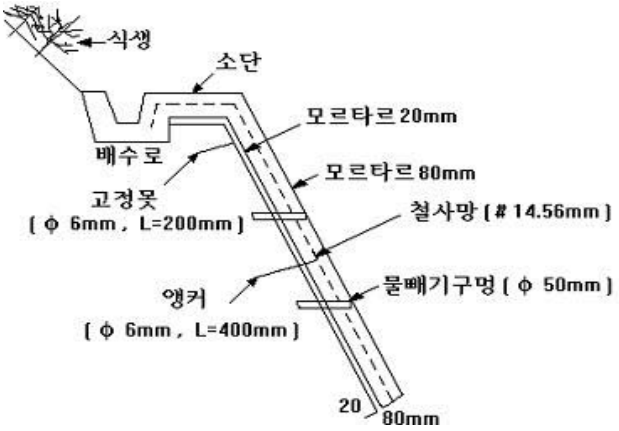
⑩ 시멘트 모르타르 뿜어붙이기의 두께는 원칙적으로 5~10㎝로 하고 동결 융해를 받는 지방에서는 10㎝ 이상으로 한다. 또한 콘크리트의 뿜어붙이기두께는 원칙적으로 10~20㎝로 하고, 동결 융해를 받는 지방에서는 20㎝ 이상으로 한다.

⑪ 시공검측을 위해 측정봉을 가로, 세로 5m 간격으로 설치해야 하며, 최소 뿜어붙이기는 설계두께의 75% 이상이어야 하고, 설계두께에 대한 합격률이 80% 이상이어야 한다.

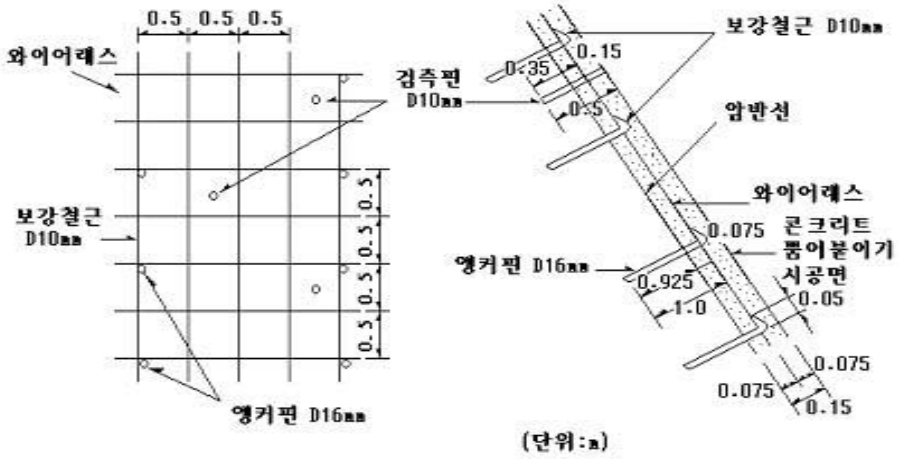
⑫ 비탈안정을 위하여 뿜어붙이기공사후 필요한 강도가 될 때까지 온도는 5℃ 이상으로 유지하고, 습기를 잃지 않도록 하여야 한다.



a. 콘크리트 뿜어붙이기



b. 시멘트・모르타르 뿜어붙이기



c. 암반비탈 콘크리트 뿜어붙이기

<그림 8-4-43> 뿜어붙이기 종류별 구조도

4.4.4.7. 새집(연소공, 巢箱工, nesting gradoni structures)

암반사면에 반달형 제비집 모양으로 잡석을 쌓고 내부를 흙으로 채운 후 식생을 조성하는 암반비탈조성 녹화공종이다. 새집공법은 요철이 심한 암반 사면에 설치하나 요철이 적은 지역에서는 식생상(植生箱, vegetation-box)을 조성하여 녹화한다.

가. 시공장소

요철이 심한 암석절개사면

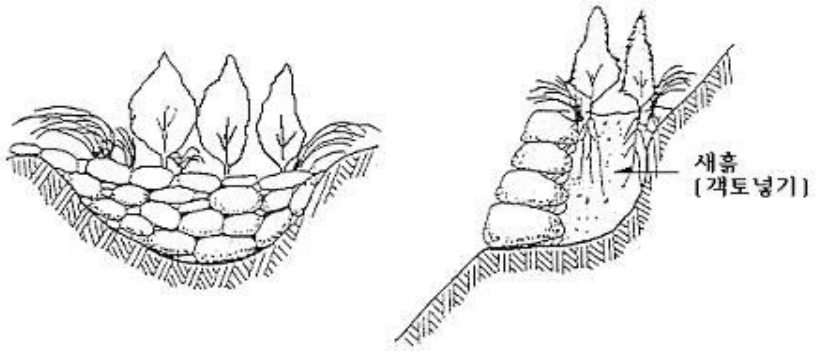
나. 시공요령

① 암반비탈의 凹부를 선정하여 새집공작물을 설치할 터파기, 터 다듬기공사를 하고 주위의 깬 잡석 등을 수집하여 제비집 모양으로 구축하고 그 안에 객토를 한 후 식재한다.

② 제비집 모양의 구축물 크기는 길이 2~3*m*, 폭 0.6~1.0*m*, 높이는 0.5~1.0*m* 를 표준으로 한다.

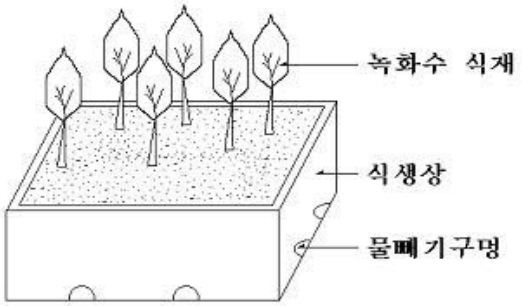
③ 찰쌓기로 새집을 만들 경우 반드시 물빼기 구멍을 설치해야 한다.

④ 식생상은 点狀 또는 線狀인 식생녹화대로 조성하며 주로 콘크리트, 합성수지(FRP, GRP, RPM) 제품, 인조목재, 인조석재 또는 목재등으로 제작한다. 식생상의 크기는 시공장소와 시공여건에 따라 다르지만 안쪽길이 0.8~1.0*m*, 안쪽너비 0.5~0.6*m*를 표준으로 하며 견고하게 제작해야 한다.



<정면도> <측면도>

a. 새집공법



b. 식생상공법

<그림 8-4-44> 새집과 식생상공법의 구조도

4.4.4.8. 폭파식재공(planting measure with explosive site preparation)

화약을 사용하여 기반의 물리성을 개선하고 식재하는 녹화공법이다.

가. 시공장소

풍화암이나 경질의 민둥산으로 붕괴위험성이 없는 사면

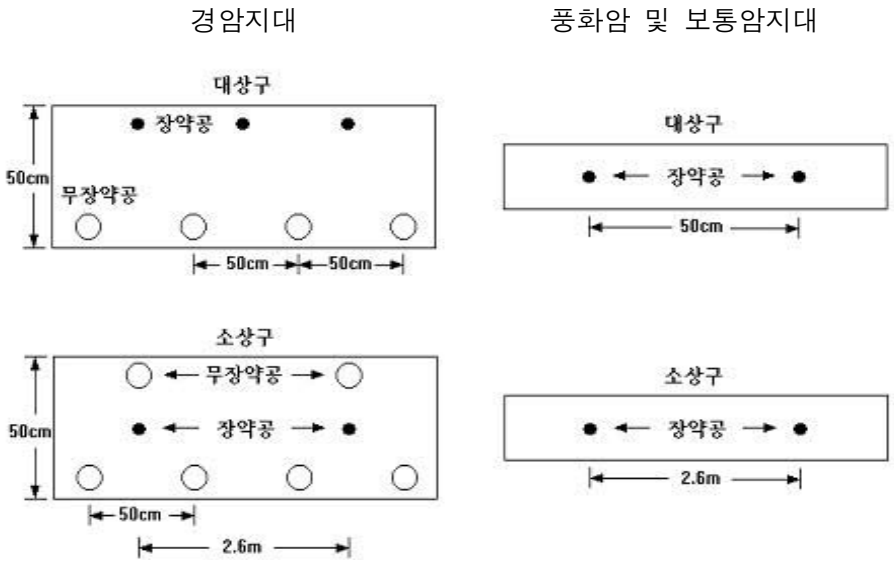
나. 시공요령

① 綠化床은 녹화목적에 따라 대상구(帶狀溝)나 소상구(巢狀溝)로 설치할 수 있으며 경암지역에서는 침투수가 고여있지 않도록 반드시 구(溝) 하단에 배수구를 설치하여야 한다.

② 사면의 경사방향과 암석의 절리방향이 동일한 지역에서는 폭파에 의하여 붕괴위험이 있으므로 시공을 피하여야 하나 부득이한 경우는 폭약의 양, 장약공(裝藥孔)의 배치, 순연발파(시간차발파)의 정도 등에 유의하여야 한다.

③ 암석지에서는 파쇄된 암석을 제거하고 객토후 식재해야 한다.

④ 경암의 천매암 사면에서는 지표면의 고열과 많은 철분함량에 의하여 식생활착이 어려우므로 시공을 피하여야 한다.



<그림 8-4-45> 풍화정도별 녹화상별 천공배치도

<표 8-4-17> 모암별 처리별 녹화상 조성 수량표

모 암	석 류 석 편 마 암 지 대						천 매 암 과 세 일 지 대						화강암 지대
처리 / 구분	연 암		보 통 암		경 암		연 암		보 통 암		경 암		보통암
	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)	대상 (m)	소상 (구덩이)
다이나마이트약량 (g)	50	100	60	120	70	140	20	40	20-30	40 -60	80	160	30-40
천공 깊이 (㎝)	80 -100	80 -100	80 -100	80 -100	80 -100	80 -100	70	70	70	70	70	70	80
천공수	4	4	4	4	4	4	1	2	1	2	1	2	1
천공 시간 (초)	292	292	320	320	400	400	20 -30	40 -60	90 -420	180 -840	120 -480	240 -960	20 -30
뇌관수	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
녹화상 크기 (㎝)	직경× 깊이 60 ×80	폭× 깊이 60 ×80	직경× 깊이 60 ×80	폭× 깊이 60 ×80	직경× 깊이 60 ×80	폭× 깊이 60 ×80	직경× 깊이 50 ×50	폭× 깊이 50 ×50	직경× 깊이 50 ×50	폭× 깊이 50 ×50	직경× 깊이 50 ×50	폭× 깊이 50 ×50	직경× 깊이 50 ×50

4.4.4.9. 분사식 씨뿌리기(種子吹付工, seed spray measures)

비탈경사가 급하고 대면적으로 다른 공법으로는 파종이 부적당한 토사비탈면 또는 토양조건이 열악한 사면에서 종자, 비료, 전착제(展著劑)와 양생제를 기계로 뿜어붙여 조기에 전면녹화를 목적으로 계획·시공한다. 생육기반재를 두꺼운 층으로 뿜어붙이는 경우(厚層基材吹付工法, thick layer spraying measures)에는 특수분사식 씨뿌리기공법이라 한다. 보통 분사식 씨뿌리기공법은 토양조건이 비교적 좋은 급경사지에서, 특수분사식 씨뿌리기공법은 균열이 많은 암석, 석력이 많은 급경사지에서 이용된다.

가. 시공장소

토양조건이 열악한 급경사지

나. 시공요령

① 비탈 상부로부터의 유수와 지하수의 분출 등이 있는 경우에는 산지비탈 안정공사의 기초공사로서 필요한 비탈 흙막이공사, 속도랑내기공사, 수로내기공사 등을 미리 시공해서, 강우 등에 의한 붕락을 방지하여야 한다.

② 시공시에는 먼저 시공지 비탈 다듬기공사를 한다음, 건조시에는 종자의 발아를 촉진하고 분사부착물의 침투를 좋게 하기 위하여 비탈 1㎡ 당 1~3ℓ의 물을 미리 살포하여야 한다. 또한, 추운 겨울이나 무더운 여름·건조시기 등을 피해야 한다.

③ 종자살포는 재료들을 물과 혼합하여 "수압 분사식 파종기(hydro seeder)"에 의하여 시공지에 골고루 살포해야 한다. 분사식 파종기를 사용할 때에는 ① 물 + ② 종자 + ③ 비료 + ④ 화이버 + ⑤ 혼합양생제의 순서로 투입하고 10분 이상 잘 혼합해야 한다.

④ 파종 2개월 이내에 발아가 고루 되지 않거나 일부만 발아되었을 때에는 재 파종을 해야 한다.

⑤ 분사식 씨뿌리기공법으로 시공한후에 발아생립 초목본수는 초본 2,000본/㎡과 목본 100본/㎡을 표준으로하여 모두 2,100본/㎡을 표준으로 한다.

⑥ 현지의 토양조건 및 시공시기 또는 시공기술의 필요에 따라서 양생제의 뿜어붙이기를 병용하도록 계획하여 건조해 등을 방지하도록 하여야 한다. 특수 분사식 씨뿌리기공법에 있어서는 필요에 따라서 철사 또는 화학 섬유의 래스(lath)를 비탈면에 덮고, 객토재의 고정을 도모하여야 한다.

⑦ 뿜어붙인 흙층 위에 화이버(fiber)류와 시트(sheet)류를 덮고 고정하여, 강우수에 의한 침식을 방지하는 경우도 있으나, 뿜어붙인 층의 두께와 양생제의 질 및 밀도는 많으면 많을수록, 강하면 강할수록 높지만, 목적으로 하는 녹화수준이 달성됨에 필요한 최소한도의 적절한 공법 및 자재의 선택을 계획하여야 한다.

⑧ 분사식 씨뿌리기공법에 사용하는 종자의 선택 및 파종량은 일반파종공법에서와 같이 하지만, 특수 분사식 씨뿌리기공법에서와 같이 일정한 두께의 층을 조성하는 경우에는 그 층속에 묻혀서 발아되지 못하는 손실종자가 많이 생기므로 보통 분사식 씨뿌리기공법에서 보다도 더 많은 종자를 넣어야 한다.

4.4.4.10. 차폐수벽공법(수벽심기, 遮蔽樹壁工, screen planting measures)

차폐수벽공법은 주로 암석을 채굴하고 깎아낸 암반비탈이나 채석장, 또는 절개지

비탈 등 도로 또는 주택 등지에서 직접 보이지 않도록 암반비탈의 앞쪽에 나무를 2~3열로 식재하여 수벽(樹壁, green wall)을 조성하기 위하여 계획한다.

가. 시공장소

가시권내의 채석장, 도로절개사면 등 훼손된 절개사면 앞쪽

나. 시공요령

① 수벽을 조성할 때에는 대상 비탈의 적당한 앞쪽에 가급적이면 둑을 쌓고 둑에 식재하는 것이 차폐효과가 커서 효과적이다.

② 식재수종은 가급적 속성수종의 대묘식재가 좋으며, 심을 곳에 좋은 흙으로 객토와 시비를 하여 활착과 생육을 촉진해야 한다.

③ 차폐수벽조성용 식재수종으로는 속성수종인 이태리포플러와 은수원사시나무, 내건성 수종으로 가중나무, 버즘나무와 아까시나무, 침엽수로서 리기다소나무, 해송(곰솔), 편백나무, 측백나무, 화백나무, 연필향나무, 관목류의 하층 보완수종으로 족제비싸리, 개나리, 사철나무, 쥐똥나무, 무궁화, 노간주나무 그리고 남해안 지방에서는 상록인 아왜나무 등이 적당하다.

④ 수벽을 3열로 식재조성할 때에는 중앙에 활엽수교목을 1열로 식재하고, 그 앞뒤에 침엽수 또는 관목으로 열식하거나, 또는 중앙에 교목을 2열로 열식하고, 앞뒤에 관목을 열식할 수도 있다.

4.4.4.11. 소단상 객토(식수공법, soil-dressed planting measures on berm)

소단상 객토식수공법은 주로 암석을 채굴하고 깎아낸 암반비탈에 적절한 간격과 너비로 소단(小段)을 설치하고, 소단위에 객토와 시비를 한후 녹화용수종의 묘목을 식재하여 수평선상으로 녹화하고자 계획·시공하는 암반녹화공법이다.

가. 시공장소

암반절개사면 또는 석회석 채취적지

나. 시공요령

① 소단상 객토는 객토깊이 0.3m 이상, 객토너비 1.0m 이상을 표준으로하며, 필요한 경우에는 철사 돌망태로 소단앞에 흙막이 둑을 설치한 후, 그 뒷품안의 객토가

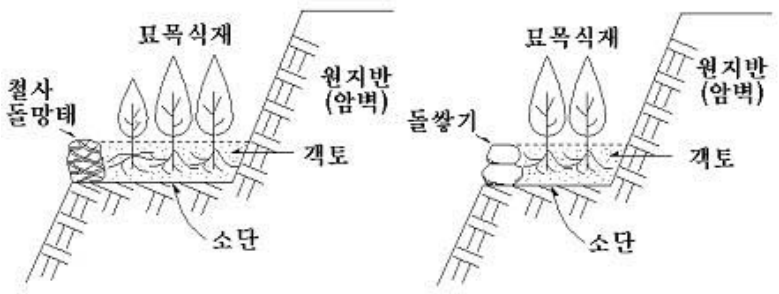
충분히 유지되도록 계획한다.

② 소단상 객토는 가급적 넓고 두꺼운 흙층으로 설치해야 수목의 생장에 유리하나, 객토운반이 곤란 하므로 적정한 수준으로 결정한다.

③ 철사 돌망태는 KS 규격에 맞는 둥글고 긴 자루모양(지름 40㎝)으로 잡석을 채운후에 소단에서 객토가 유실되지 않도록 시공한다.

④ 객토는 시공지 현장 부근에서 채취한 겉흙이거나, 또는 채석장에서는 표토제거 작업으로 퇴적, 보존해 두었던 표토를 사용한다.

⑤ 소단상 객토식수공법에 적당한 수종은 싸리류, 족제비싸리, 쥐똥나무, 개나리, 병꽃나무, 조팝나무, 회양목, 눈향나무, 노간주나무, 보리장나무, 줄 사철나무, 리기다소나무, 산(물)오리나무, 사방오리나무, 둥, 송악, 칡, 마삭줄, 담쟁이덩굴 등이다. 암반비탈은 특히 햇볕이 강하게 쐬여서 건조하고 뜨거우므로 내건성수종이 적당하다.



<그림 8-4-46> 소단상 객토식수공법 구조도

4.4.4.12. 생울타리(樹壁, green-wall establishments)

불완전하고 황폐된 곳의 경관미를 조성하기 위하여 수목을 심어 울타리를 만드는 공법으로 주택 주위에 조성하는 울타리용 수벽과 도로변 또는 암반사면에 조성하는 차폐수벽공법(가림나무벽공법, 遮蔽樹壁工法, screen planting measures)이 있다

가. 시공장소

도로의 굴곡부, 터널 출입구, 도로와 병행되는 로면과 철로변

나. 시공요령

① 수종은 가지가 밀생되고 병충해에 강한 실생묘로서 리기다소나무, 방크스소나

무, 향나무, 노간주나무, 사철나무, 비자나무, 개비자나무, 회양목, 무궁화, 진달래, 개나리, 산철쭉, 싸리류, 보리수나무, 쥐똥나무, 조팝나무, 갈기조팝나무, 산호수와 같은 조경수종이 효과적이다.

② 묘목은 30~100㎝간격으로 2~3열 식재함이 보통이며 키가 작은 수종은 15㎝정도로 밀식하여야 한다.

③ 울타리의 길이와 높이는 입지조건에 조화되도록 정하여야 한다.

④ 식재 당년에는 가지치기를 하지 않는 것이 좋으며 수형을 잡기 위하여 도장된 가지만 솎아준다.

⑤ 식재 다음 해에는 곁가지를 다듬어 주는 동시에 생장점을 다듬어 지엽의 밀생을 촉진시킨다.

⑥ 생육중 일부가지가 말라 죽어 공간이 생겼을 경우에는 새끼로 부근의 가지를 유인하여 메운다.

4.5. 예방사방(preventive erosion control works)

4.5.1. 의의 및 산사태 유형

4.5.1.1. 의의 및 목적

예방사방이란 침식이나 산사태 피해가 우려되는 산복사면이나 계류에 흙막이, 축대벽(옹벽), 기슭막이 및 사방댐과 같은 공작물을 설치하여 산림의 황폐화를 사전에 방지하는 공사이다

토사유출에 의한 피해를 방지하거나 최소화하는데 그 목적이 있으며 지형, 지질특성, 보전대상과의 관계를 충분히 조사하여 가장 효과적인 공종과 공법을 계획하여야 한다.

4.5.1.2. 산사태 유형

산사태 유형은 발생위치와 형태, 외형 등에 의하여 다음과 같이 구분한다.

무, 향나무, 노간주나무, 사철나무, 비자나무, 개비자나무, 회양목, 무궁화, 진달래, 개나리, 산철쭉, 싸리류, 보리수나무, 쥐똥나무, 조팝나무, 갈기조팝나무, 산호수와 같은 조경수종이 효과적이다.

② 묘목은 30~100㎝간격으로 2~3열 식재함이 보통이며 키가 작은 수종은 15㎝정도로 밀식하여야 한다.

③ 울타리의 길이와 높이는 입지조건에 조화되도록 정하여야 한다.

④ 식재 당년에는 가지치기를 하지 않는 것이 좋으며 수형을 잡기 위하여 도장된 가지만 솎아준다.

⑤ 식재 다음 해에는 곁가지를 다듬어 주는 동시에 생장점을 다듬어 지엽의 밀생을 촉진시킨다.

⑥ 생육중 일부가지가 말라 죽어 공간이 생겼을 경우에는 새끼로 부근의 가지를 유인하여 메운다.

4.5. 예방사방(preventive erosion control works)

4.5.1. 의의 및 산사태 유형

4.5.1.1. 의의 및 목적

예방사방이란 침식이나 산사태 피해가 우려되는 산복사면이나 계류에 흙막이, 축대벽(옹벽), 기슭막이 및 사방댐과 같은 공작물을 설치하여 산림의 황폐화를 사전에 방지하는 공사이다

토사유출에 의한 피해를 방지하거나 최소화하는데 그 목적이 있으며 지형, 지질특성, 보전대상과의 관계를 충분히 조사하여 가장 효과적인 공종과 공법을 계획하여야 한다.

4.5.1.2. 산사태 유형

산사태 유형은 발생위치와 형태, 외형 등에 의하여 다음과 같이 구분한다.

가. 발생위치에 의한 구분

· 산복붕괴(山腹崩壞) : 지표면의 불연속 또는 토양단면상의 불연속이 원인이 되어 일어나는 산사태로 산복부에서 발생한다.

· 계안붕괴(溪岸崩壞) : 계류의 종·횡침식작용에 의하여 발생되는 산사태로 溪岸에서 발생한다.

· 와지붕괴(窪地崩壞) : 集水가 원인이 되어 발생되는 산사태로 산복과 계안사이의 토심이 비교적 깊은 와지(窪地)에서 발생한다.

나. 외형에 의한 구분

(1) A형( )

- 발생위치 : 지형이 복잡하고 유수가 모여드는 下降 및 평형사면의 산복유로에서 발생된다. 수지상(樹枝狀)이 이에 해당된다.
- 주요공종 : 배수공(암거, 명거), 땅속흙막이, 흙막이, 수로내기, 골막이, 산비탈돌쌓기 등이 있다.

(2) B형( )

- 발생위치 : 경사길이가 짧고 경사가 급한사면, 경사길이가 길고 變角点이 있는 사면(강수가 집수되는 凹형 사면)에서 발생되며 계안에서 발생되는 여상(慮狀), 설상(楔狀), 안상(岸狀)과 와지붕괴의 패각상(貝殼狀), 표자상(杓子狀)이 이에 해당된다.
- 주요공종 : 배수공(암거,명거) 땅속흙막이, 산비탈돌쌓기, 누구막이, 수로내기, 기슭막이, 골막이 등이 있다.

(3) C형( )

- 발생위치 : 지형이 단순하며 유로가 비교적 좁고 경사길이가 긴 하강사면이나 평형사면의 유로변에서 발생하며 선상(線狀)이 이에 해당 된다.
- 주요공종 : 배수공(암거, 명거), 누구막이, 골막이, 산비탈돌쌓기

(4) D형( )

- 발생위치 : 표토밑에 단단한 암반층이거나 불침투성 모재(母材)층이 있는 지역에

서 발생되며 판상(板狀)이 이에 해당된다.

- 주요공종 : 수로내기, 심근성 수종 식재

산사태의 유형은 모암의 특성과 지형에 관계가 깊으며 유형에 따라 복구공법이 다르듯이 붕괴위험 대상지에서 붕괴가 발생하였을 경우 붕괴유형을 예측함은 그 지역 예방사방 설계에 큰 도움이 되므로 주위 입지조건을 감안하여 붕괴유형을 알아낼 수 있는 훈련이 필요하다.

4.5.2. 설계

4.5.2.1. 예정지 선정

예방사방 시공대상지는 산사태 피해 감수성이 높은 지역으로서 시·군에서 기 조사된 1급지 산사태 위험지이거나 예비조사에 의하여 위험도가 높은 개소부터 순차적으로 채택한다.

예비조사는 그 지역에 대한 자료조사, 지형조사, 야외개략조사 등에 의하여 수행되는데 대상지역의 역사적 사실들은 문헌, 기록물에 의한 자료조사가 필요하며 지형상태는 지형도(1 : 50,000 또는 1 : 25,000)와 항공사진 등에 의한 지형조사에 의한다. 현지의 지상물질과 붕괴의 움직임등 붕괴추이상황은 야외개략조사에 의하여 예방사방 대상지를 선정한다.

가. 산사태 피해 감수성(被害 感受性) 등급구분

항공사진이나 각종지도를 참작하여 피해 감수성을 다음과 같이 등급을 구분한다.

· 1급지 : 가옥, 학교등 인명피해 예상지역

· 2급지 : 수리시설, 제방, 도로, 철도등 공공시설 피해 예상지역

· 3급지 : 농경지등 기타 피해 예상지역

나. 산사태발생 위험도 구분

산사태발생시 被害感受性이 높은 지역으로 산사태 발생이 우려되는 지역에 대하여 산사태발생 위험도를 구분하기 위하여 현지개략조사를 통하여 산사태 발생에 영향력이 큰 다음사항을 조사한다.

① 모암 : 1 : 50,000지질도에 의하여 岩石成因별로 모암을 조사한다.

② 사면형 : 사면의 종단면형(수직적인 형태)으로 다음과 같이 구분 조사한다.

· 상승사면( ) : 凸형 사면으로 올라갈수록 경사가 완만해지는 사면

· 평형사면( ) : 경사가 일정한 사면

· 하강사면( ) : 凹형 사면으로 올라갈수록 경사가 급해지는 사면

· 복합사면( ) : 상기 사면형 중 2종 이상이 존재하는 사면

③ 경사도 : 사면의 기울기를 (°) 단위로 조사한다.

④ 임상 및 경급 : 주임분의 임상과 흉고부위 경급을 조사한다. 임상은 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 구분하며 임분경급은 흉고직경으로 치수림, 소경목, 중경목, 대경목으로 구분 조사한다.

⑤ 경사길이(*m*) : 그 사면에 집수될 수 있는 최상지점까지의 거리를 지형도에 의하여 산출한다.

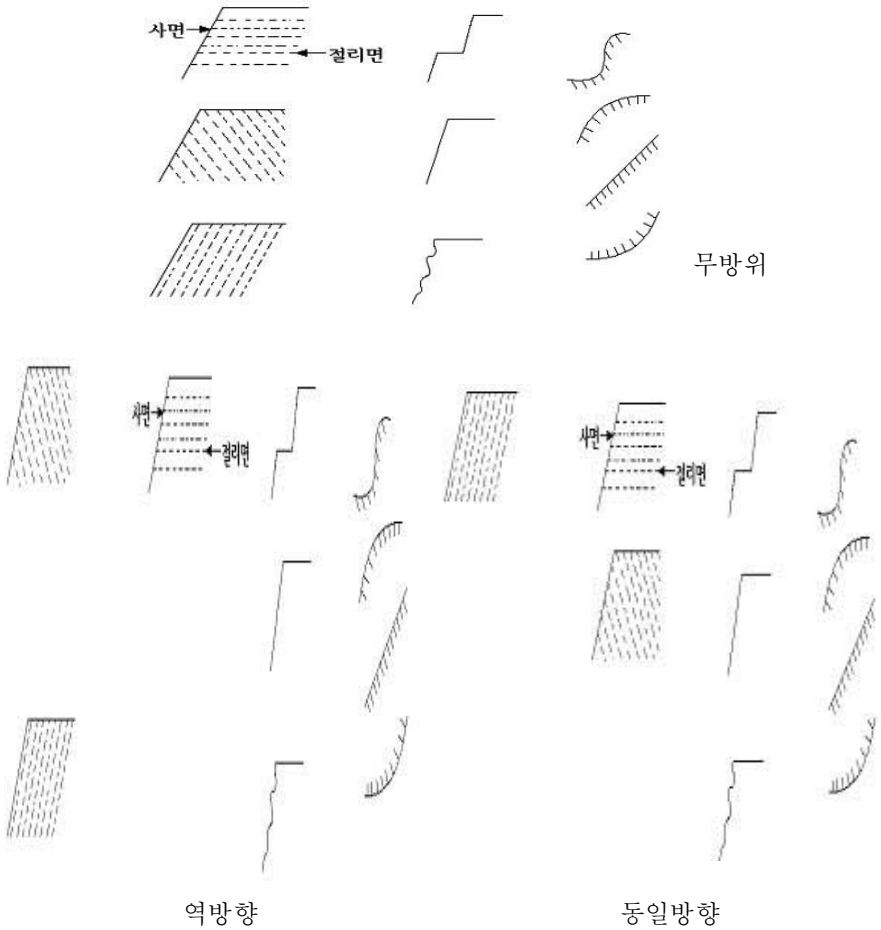
⑥ 경사위치 : 그 사면의 수직적인 계곡과 능선과의 10분비로 지형도 상에서 조사한다.

⑦ 토심(㎝) : 수목의 뿌리가 비교적 용이하게 침투할 수 있는 깊이(토양경도지수 15㎜까지의 깊이)까지의 길이를 조사한다.

⑧ 붕괴방지 시공기술수준 : 사면안정을 위하여 이미 시공된 공작물의 질과 양 등 시공기술수준 상태로 공작물의 적정배치상태, 내구성, 안정성 등을 고려하여 만족, 불만족, 무시공(방치사면)으로 구분한다.

⑨ 돌출부의 유무 : 사면상에 돌출부의 유무를 조사한다.

⑩ 불연속면의 경사방향 : 불연속면이란 암석의 층리, 절리, 균열부등 암석의 결을 말하며 노두암(露頭岩)에 의하여 그면의 방향과 사면경사방향과의 상태를 무방위(수평인 경우), 경사(사면)방향과 역방향, 경사방향과 동일방향, 토양 또는 식별곤란(노두암이 없는 지역)으로 구분한다.

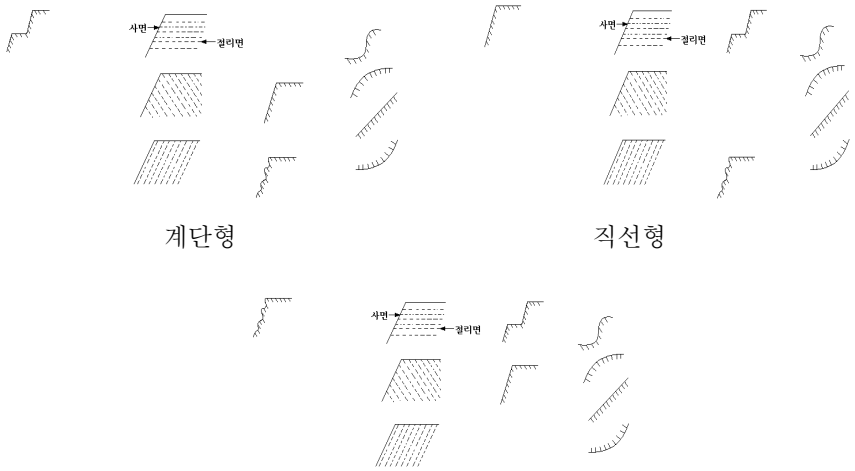


<그림 8-4-47> 경사방향의 종류

⑪ 사면구성물(모암)의 풍화정도 : 구성암석의 풍화정도로서 다음과 같이 구분한다.

- 풍화암 : 미풍화토양으로 岩構造가 남아 있으며 岩片이 산재해 있다. 화강암의 경우 마사토가 이에 해당된다.
- 연암 : 구성광물이 변색되거나 착색되어 있다. 암구조가 뚜렷하며 강한 암편이 약간 남아 있다. 물속에서 시료가 파쇄되지 않는다.
- 보통암 : 암석의 일부분이 풍화흔적이 있다. 햄머로 두드리면 무딘 소리가 난다.
- 경암 : 암석이 신선하여 햄머로 두드리면 쇳 소리가 난다.

⑫ 사면형태 : 사면의 형태로서 계단형, 직선형, 톱니형으로 구분한다.



계단형 직선형

톱니형

<그림 8-4-48> 사면형태의 종류

⑬ 용수의 유무 : 사면상에서 常時 또는 降雨時의 용출수 존재여부로 주위의 식생, 토색 등에 의하여 구분한다.

⑭ 사면높이 : 사면의 수직적인 높이를 m단위로 조사한다.

⑮ 붕괴이력 : 조사대상사면 및 주위사면에서의 붕괴경력을 청취조사 또는 주변 환경으로 미루어 판단한다.

이밖에 다음과 같은 붕괴위험사면조건을 참고하여 붕괴위험도를 구분한다.

⑯ 붕괴위험사면

- 훼손지로 방치되었거나 불안전한 방재 시설지(철도, 도로, 군사시설, 묘지, 채석장 등 산지 이용에 따른 절토, 성토, 굴취토)
- 초지 개간 및 과수원, 유실수 조림지등 지피식생이 불안전한 산림
- 사면상의 지상물이 급변하는 지역(경사도, 임상, 암석노출도 등)
- 토양 층위가 급변하는 지역
  - 토양내 자갈층이 있는 지역
  - 토양층 바로밑에 암반이 깔려 있는 지역
  - 표토는 공극이 많은 풍화토이고 하층은 견고한 미풍화토인 지역
  - 토양밑에 점토층이 있는 지역
  - 낙석, 토사유출, 붕괴우려지
  - 사면에 용수가 있는곳
  - 산복에 지혈(地穴)이나 균열이 있는곳

4.5.2.2. 시공대상지 정밀조사

정밀조사는 예방사방공사를 실시할 경우 어떠한 방법으로 어떤 공작물을 얼마만큼 시공할 것인가를 알기 위하여 실시하는 조사로서 기반암까지의 깊이(토심), 기반암의 절리방향과 균열부위, 지하수 배치상태 등을 포함하는 붕괴위험요인이 정확하게 조사되어야 하며, 설계에 필요한 조사항목은 다음과 같다.

① 시공대상범위(면적) : 붕괴발생원(崩壞發生源)과 잠재적인 붕괴가능지의 면적을 지형, 지질, 지표면의 변위상태 등 주변 입지조건을 고려하여 조사한다.

② 지질구조 : 기반암의 절리방향, 풍화정도, 균열상태, 단층의 유무 등을 조사한다. 조사방법은 주변의 노두암(露頭岩), 물리탐사(drilling survey) 탄성파탐사에 의한다.

③ 활동면(滑動面) : 활동면의 위치와 형세(기복상태)를 물리탐사(boring core)에 의하여 조사한다.

④ 지하수위 : 지하수의 배치상태, 지하수위, 지하수면과 붕괴와의 관련성, 地下水源과 흐름상태 등을 전기탐사에 의하여 조사한다.

⑤ 토양시료 분석 : 활동면에 따른 점토(clay)분의 물리성과 역학적 특성(전단시험)을 조사한다.

⑥ 수문(水文)조사 : 강우 또는 지하수와 붕괴와의 관련성을 조사한다.

4.5.2.3. 설계서 작성

현지 정밀조사 자료와 측량결과에 의하여 사방공종을 선정 배치하며 설계서 작성요령은 산지사방공사 설계요령에 준하며 설계에 필요한 공종, 공법별 부호는 표1과 같다.

4.5.3. 시공방법

예방사방은 붕괴로 인한 피해를 방지 또는 극소화함을 목표로 시공하는데 피해 감수성이 높은 지역에서는 위험사면 개소별로 시공되나 피해액보다 시공비가 많이 드는 피해감수성이 낮은 지역에 대해서는 소유역 단위로 사방댐을 계통적으로 설치하는 것이 바람직하다.

4.5.4. 주요공법

산사태 방지를 위한 예방사방 공법은 그 분류방법에 따라 여러 가지로 구분할 수 있으나 여기서는 지표수배제공, 지하수배제공, 토압처리공, 암괴처리공으로 구분하였으며 산지사방, 야계사방, 조경사방 공작물과 중복되는 공법에 대한 기술(記述)은 피하였다. 예방사방에서 중요한 공종은 지표수 처리공으로 돌림수로내기, 침투수방지공, 주입공사, 지하수처리공으로 속도랑내기, 보링속도랑내기, 터널속도랑내기, 집수정공, 지하수차단공, 토압처리공으로 배토공, 누름흙쌓기공, 축대벽, 말뚝박기, 샤프트공법과 암괴처리공으로 폭파공, 팽창성파쇄공, 앵커박기, 낙석방지망덮기와 낙석저지책세우기 등이 있으며 이들 공종별 시공요령은 다음과 같다.

4.5.4.1. 지표수 배제공(地表水 排除工, surface drain works)

사면상의 강우나 주변부에서 유입되는 표면수를 배수하므로서 지표수의 사면침투를 억제하여 사면을 안정시키는데 목적이 있다.

가. 돌림수로내기(돌림도랑내기, 비탈어깨 돌림배수로내기, 산마루측구, 法肩排水溝工, 迂廻水路工, diversion drain at top of slope)

산사태 및 붕괴위험지역으로 흐르는 지표수를 외곽지대로 안전하게 배수시키기 위하여 시공하며 시공재료에 따라서 콘크리트 또는 합성수지 반원관(半圓管)과 콘크리트수로공이 있다.

(1) 시공장소

지표수가 사면상부 및 주위로부터 유입되는 사면 상단부

(2) 시공요령

① 균열이 있는 위험사면으로부터 약간(5*m*) 떨어진 외곽부위에 설치한다.

② 가급적 깊게 설치하여 유수가 지층사이로 스며들지 않게 한다.

③ 위험사면이 넓고 용수가 있는 곳이나 비탈이 급하고 유량이 많은 곳은 콘크리트 수로공을 시공한다.

④ 집수유량이 많고 지반이 불안정한 곳에서는 모르타르 기초반원관수로를 설치하고 기타지역은 반원관 수로공을 시공한다.

⑤ 시공후 수로 가장자리를 잘 정리하여 다진다.

⑥ 기초침하로 관(管)이음매가 턱이 지지 않도록 유의 시공한다.

⑦ 비탈이 급하거나 굴곡이 심한 지형에서는 계단식으로 수로를 설치하여 수세를 줄인다.

⑧ 수로 양측은 떼 붙임을 하거나 파종하여 안정시킨다.

⑨ 돌림수로 하측은 방수처리(시멘트와 벤트나이트를 혼합 주입)하여 누수를 방지한다.

나. 침투수방지공(preventing measures of surface water penetration)

침투수방지공은 지표수가 붕괴위험사면의 땅속으로 침투되는 것을 방지하기 위하여 시공하는 공법으로 붕괴초기단계에서 응급적으로 시공하는 경우가 많다. 주요공법으로는 점토충진공법, 비닐피복공법, 아스팔트판공법등이 있다.

(1) 시공장소

사면균열부위, 지표수가 체류하는 凹지, 습지

(2) 시공요령

① 공법채택은 시공지의 상황, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 하며 재료는 수밀성(水密性)을 가지고 지표에 밀착하는 유연성이 있는 것을 사용해야 한다.

② 점토충진공은 균열부에 점토를 충진하거나 점토대신 점성토 또는 벤트 나이트를 충진하여 강수가 침투되지 않도록 단단히 다진다.

③ 비닐피복공법은 균열부위를 빗물이 잘 흘러가도록 다듬은 후 비닐을 피복한다. 응급대책으로 시공하는 경우가 많으며 장기적인 대책으로 시공하는 경우에는 내구성이 높고 두꺼운 고무시트를 사용해야 한다.

④ 아스팔트판공법은 샘물이 고이는 곳이나 습지와 같이 비교적 면적이 넓은 곳에서 활용되며 시공시 시공구역내 초목을 완전히 제거하고 비탈다듬기 공사를 실시한 후 땅위에 20㎝정도로 깬자갈 또는 깬돌을 깔고 아스팔트판(두께 5~15㎜)을 깐다.

다. 주입공사(약액주입공법, grouting works)

붕괴위험사면 땅속에 약액을 주입하여 土粒子간의 전단강도를 증가하고 또 불침투수층을 형성케하여 지하수의 유입을 처리하기 위한 공법으로 약액으로는 시멘트 또는 시멘트에 벤트나이트를 혼합해서 사용한다.

(1) 시공장소

땅깎기, 흙쌓기비탈면 붕괴위험지 또는 암반 균열지

(2) 시공요령

① 주입공사 계획시 현지의 각 지층의 주 수압, 투수량, 공극상태(空洞 등)균열상태를 조사하여 그라우트(grout)의 종류, 주입압, 주입량 및 시공법을 선정한다.

② 주입방법은 그 대상이 되는 지반의 형상 및 시공목적에 따라 다르며 반복주입, 段階注入, 誘導注入 방법과 1쇼트주입방식(주입재를 1액으로 주입) 및 1.5쇼트(shot)주입(주입재를 2액으로 나누어 Y字管에서 합치시켜 주입) 및 2 쇼트주입(주입재를 2액으로 나누어 1개 또는 인접되는 2개의 주입관에서 교호로 주입) 방법등이 있다.

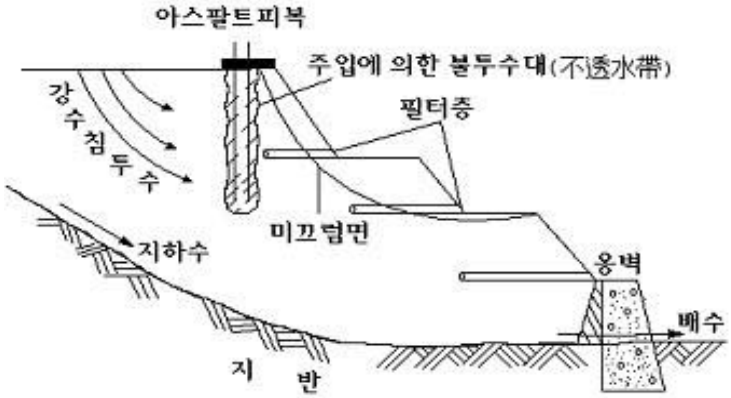
③ 주입구멍은 그라우트의 침투범위가 서로 겹치도록 배치되나 특히 지수를 목적으로 하는 경우에는 2줄이상의 배치로 주입하는 것이 효과적이며 주입순서는 교호로 행하던가 또는 순차구속성이 강하도록 결정한다.

④ 비탈안정 공법의 하나로서 시멘트와 약액을 주입하는 주입공법, 전기화학적 에너지를 주어서 안정화하는 전기화학적 고결법, 점질토를 가열처리하여 강화하는 소결공법(燒結工法), 석회를 넣어서 흙의 물리적 공학적 성질을 개량하는 석회처리공법 등 고결공법(固結工法, consolidation process measures)이 있다.

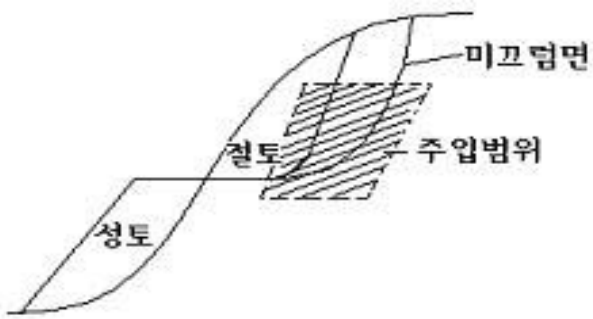
⑤ 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 규격품 및 동등이상의 것을 사용하여야 한다. 잔골재 입도는 2.36㎜(No 8)체를 100% 통과하고, 조립율이 1.3~2.3의 범위이며, 입도가 고른 것을 사용하여야 한다. 큰 자갈은 지름이 2.5~5.0㎜의 범위이고 입도가 고른 것을 사용해야 한다. 혼화재료는 KS 규격품을 사용한다.

⑥ 그라우트에는 현탁액성의 시멘트, 점토, 벤트나이트, 역청 및 용액상의 물유리, 고분자재료 등을 주성분으로 하는 것이 있으나 주입목적에 잘 적합되며 대상지반의 상태에 따른 그라우트를 선정한다.

⑦ 겔타임은 현장주입시험 등에 따라 알게 된 그라우트의 침투소요시간과 시험시의 재조사에 따른 그라우트의 침투범위 등에서 그라우트가 주입계통 내에서 겔화되지 않고 침투예정 범위 밖으로 일실되지 않는 시간 이내가 되도록 결정된다.



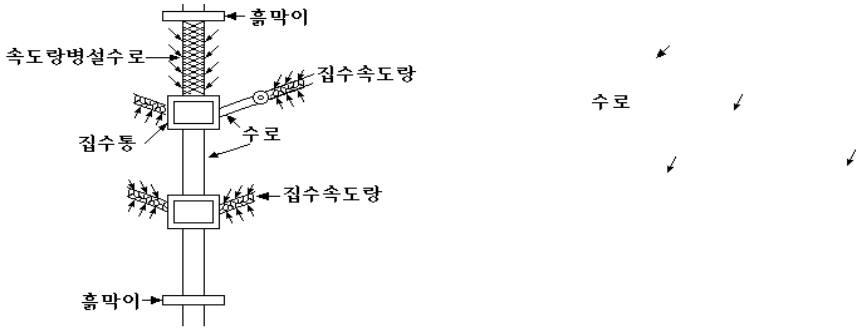
<그림 8-4-49> 주입에 의한 불투수층 형성



<그림 8-4-50> 주입에 의한 절토사면의 붕괴방지

4.5.4.2. 지하수배제공(地下水排除工, ground water drain works)

지하수배제공사는 땅 밀림 붕괴에 영향을 주는 지하수를 배제하거나 땅 밀림지 내로 유입되는 지하수를 차단하여 위험사면내 토양의 간극수압을 저하시키기 위하여 시공하며 주요한 공종에는 속도랑내기(암거공), 보링속도랑내기, 터널속도랑내기, 집수정공, 지하수차단공등이 있다. 지하수배제 공사에 의하여 집수된 지하수는 땅 속에 재 침투되지 않고 안전지대까지 유하시키기 위하여 계통적으로 수로망을 배치하여야 한다.



<그림 8-4-51> 계통적 지하수배제공사

가. 속도랑내기(暗渠工, under drain works)

붕괴위험사면 주위로부터 유입되는 얕은 층의 지하수를 배제하거나 강우 및 융설수의 침투에 의한 심층지하수의 증가를 방지하기 위하여 시공하며 주로 자갈속도랑, 돌망태 속도랑, 집수관(有孔管)속도랑 공사를 한다.

(1) 시공장소

얕은층 지하수를 효율적으로 배제할 수 있는 凹지(사면경사변환점)

(2) 시공요령

① 속도랑의 깊이는 깊을수록 효과적이지만 굴착으로 토괴가 이동할 위험이 있으므로 2m 이내로 하는 것이 일반적이다.

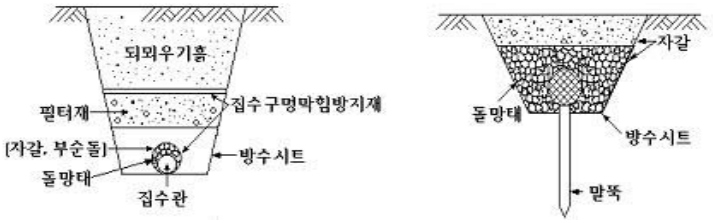
② 속도랑관의 재료는 땅밀림 이동에 의한 지반변동으로 절손되지 않아야 하며 만일 절손되어도 집수된 물이 재차 지층에 침투되지 않도록 속도랑 밑 부위에 방수시트를 깔아주어야 한다.

③ 지표수도 흡수할 수 있도록 시공하는 경우에는 지표까지 자갈이나 조약돌 등으로 채우며 지표수가 많은 지역에서는 속도랑병설 배수공(明·暗渠工)을 시공한다.

④ 속도랑의 흐름끝 부위는 집수통에 연결하여 지표수로를 통하여 유하시킨다.

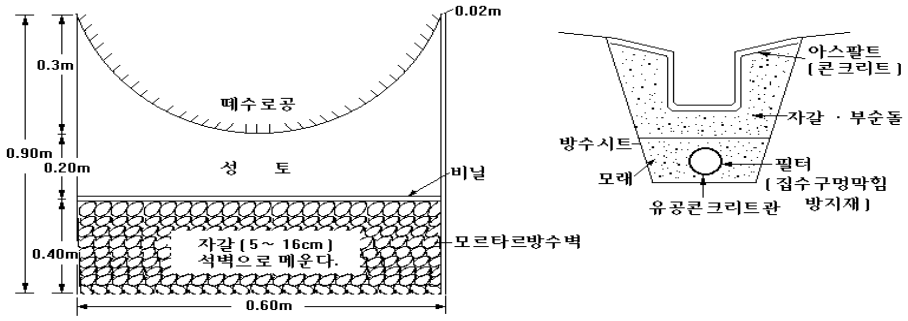
⑤ 땅밀림 지대와 같이 지반이 불안정한 곳이나 급경사지에서는 외력으로부터 속도랑을 보호하기 위하여 돌망태 속도랑을 시공한다.

⑥ 집수관 속도랑은 배수관(管)에 집수될수 있는 구멍을 뚫어서 묻는다.



속도랑내기　　지표수를 흡수하는 속도랑

<그림 8-4-52> 속도랑내기 구조도



<그림 8-4-53> 속도랑 병설배수공사(명・암거공)

나. 보링 속도랑내기(보링수로공, boring closed-conduit drain works)

지상에서 보링(boing)에 의하여 붕괴위험지내에 분포하고 있는 지하수를 배제시키는 공법이다.

(1) 시공장소

굴착에 의한 속도랑내기 공사로는 배제할 수 없는 지하수(帶水層)가 넓게, 얕게 분포되어 있거나 깊은 지하수(피압지하수)가 있는 지역

(2) 시공요령

① 속도랑 공구(孔口)의 위치는 지하수의 위치와 압력수두(壓力水頭)의 저항량을 감안하여 굴진길이가 가장 짧도록 해야 한다.

② 굴진방향(穿空角度)과 보링의 口徑은 대수층의 분포 및 지하수의 유동방향, 굴진의 난이도를 감안하여 가장 효과적으로 집수될 수 있도록 결정한다.

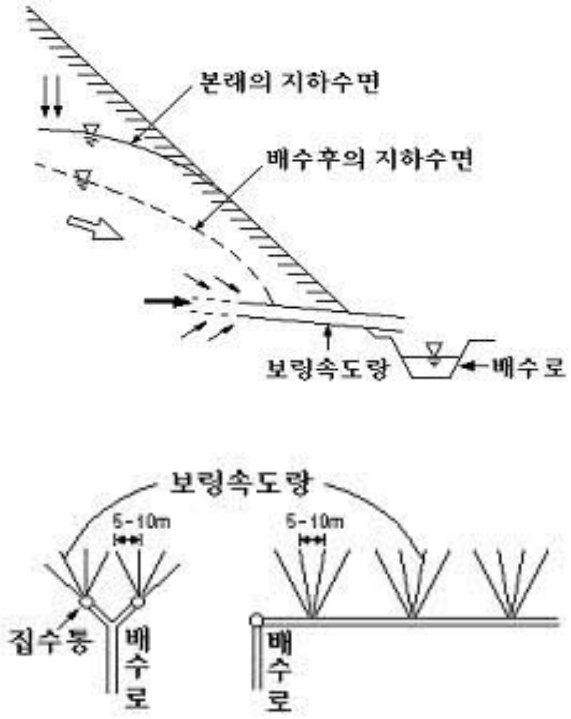
③ 보링의 口徑은 일반적으로 66~100㎜를 많이 이용하며 길이는 땅밀림지역에서

는 50~60m가 적당하다.

④ 보링공(孔)은 경질 염화비닐관 또는 가스관을 삽입하여 보호하며 보공관(保孔管)의 집수구관에 해당하는 부분은 여과가 될 수 있도록 가공해야 한다.

⑤ 보링속도랑의 공구(孔口)는 주위의 토사가 붕괴되지 않도록 조치하여야 하며 흐름끝부분에는 배수관 지하수가 지중에 재침투되지 않도록 수로에 연결시켜야 한다.

⑥ 굴진기울기는 원칙적으로 앙각(仰角) 5°이상으로 하며 지하수대를 관통하여 집수구간이 가급적 길게 되도록 계획하여야 한다. 높은 수압을 가진 지하수일 경우에는 굴진기울기를 부각(俯角)으로 천공할수도 있다.



<그림 8-4-54> 보링속도랑내기의 배치도 및 단면도

다. 터널 속도랑내기(터널수로공, tunnel closed-conduit drain works)

땅밀림을 방지하기 위하여 집수정(集水井)공사로는 배제되지 않는 심층의 지하수를 배제하기 위하여 시공하는 공작물이다. 사용재료로 라이너 프레이트(liner plate), 콜루게이트 파이프(corrugate pipe), 나무틀 등이 있다.

(1) 시공장소

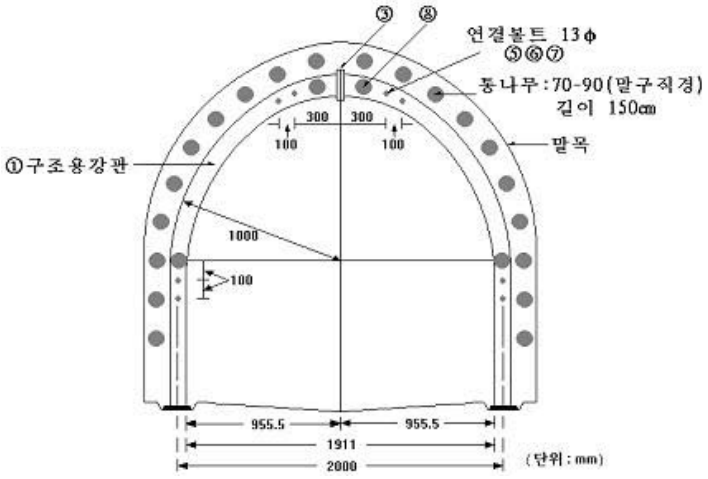
땅밀림의 규모가 대단히 크고 지하수가 많아서 보링 속도랑내기 또는 집수정만으로는 지하수 배제가 불충분한 지역

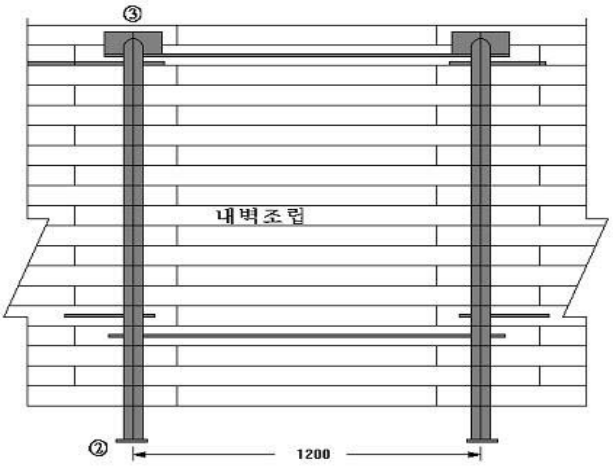
(2) 시공요령

① 지하수를 가장 효과적으로 集排水할 수 있는 안전지반에 설치한다.

② 위험지구(땅밀림지구) 외에서 위험지구로 향하여 굴착하여 하부에 수로를 만들고 내부는 자갈로 메우기도 한다.

③ 자연배수가 가능하도록 터널 기울기는 1~2%로 한다.





<그림 8-4-55> 터널 속도랑의 정면도 및 측면도

<표 8-4-18> 1틀당 터널 속도랑내기 1개소당 재료표

명 칭	치 수	수 량	단 위	비 고
① 구조용 강관	8.91×3.5	36.60kg	2개	
② 후트 프레이트	PL9×150×150	3.18kg	2매	
③ 크라운 프레이트	PL9×150×220	4.66kg	1매	
④ 볼트·너트	19Φ×50		2세트	
⑤ 타이롯드	13Φ×1400	6.64kg	4개	
⑥ 육각너트			8개	
⑦ 평 좌 금			8매	
⑧ 내 벽	말구직경 70~90 L=1110	0.028㎥	4개	
⑨ 통 나 무	말구직경 70~90 L=1500	0.202㎥	21개	

라. 집수정공(集水井工, water collecting well works)

땅밀림 방지를 위하여 보링속도랑내기 공사로는 배제되지 않는 비교적 깊은 층의 지하수를 배제하기 위하여 시공하며 재료로는 라이너 프레이트(liner plate)와 콘크리트 틀이 있다.

(1) 시공장소

지하수맥이 분포하고 있는 집수가 용이한 지역(凹지형)

(2) 시공요령

① 집수정의 크기(직경)는 벽면으로부터 용수(湧水)만을 모을 경우는 집수할 수 있는 最少徑으로 하고 집수정 내에 보링집수할 경우에는 가능한 한 크게 한다. 일반적으로 집수정의 지름은 3~3.5*m*를 표준으로 한다.

② 집수정의 깊이는 滑面의 밑부위까지를 원칙으로 한다.

③ 배수방법은 揚水 또는 자연배수방법으로 한다.

④ 집수지구 導水路는 집수정보다 먼저 시공한다.

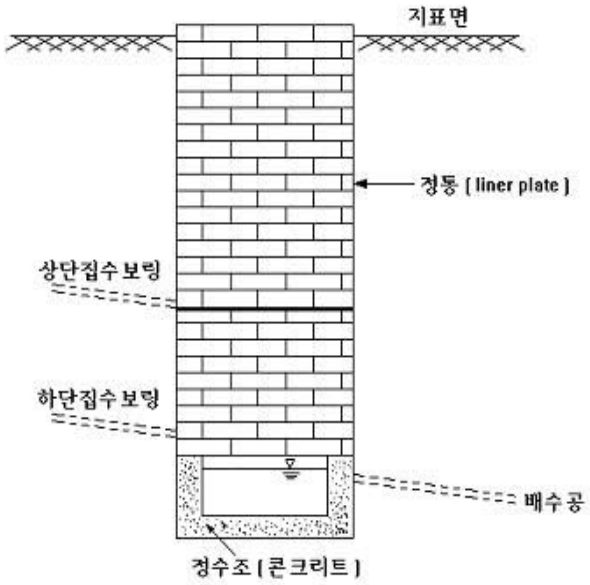
⑤ 지하수가 광범위하게 분포하는 지역은 집수정을 2개이상 설치해야 하며 집수정의 간격은 목적으로 하는 지하수를 가장 효과적으로 배제할 수 있도록 결정할 필요가 있지만 최대간격은 주로 배수보링의 시공성에 의해서 제한되므로 일반적으로 70~80*m*정도로 한다.

⑥ 집수정의 정벽(井壁, 井筒)에 사용되는 재료는 일반적으로 시공이 용이한 라이너 프레이트(시공길이 50㎝)가 많이 쓰이며 비교적 균질인 지반에서 정통(井筒)의 침하가 용이한 지역, 다량의 지하수로 보링이 발생되기 쉬운 사질지반이거나 히빙(heaving)이 일어나기 쉬운 연점토질지반의 경우에는 콘크리트 틀이 적당하다.

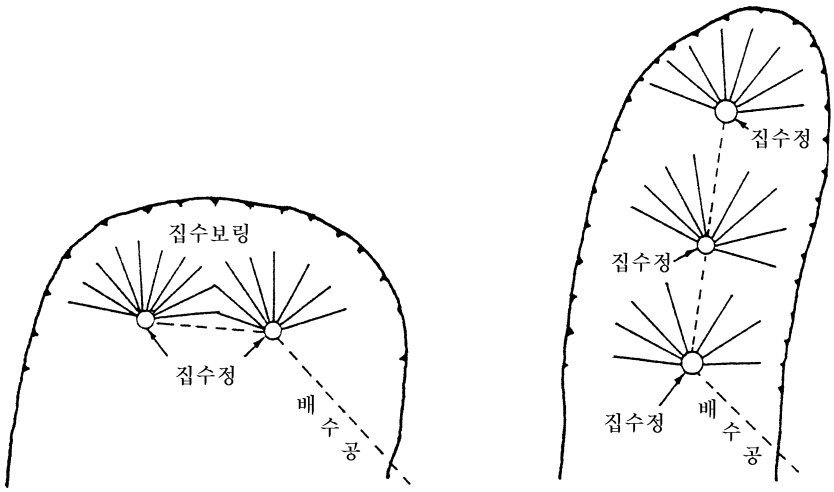
⑦ 집수정의 구조는 토질, 시공성 등을 고려하여 안전한 구조로 하여야 하며 기초부는 수밀성의 정수조(靜水槽)구조로 시공해야 한다.

⑧ 주위의 지하수를 집수정 내로 유도하기 위하여 집수보링을 하며 집수보링은 지하수의 압력수두를 계획수두까지 저하하도록 시공깊이, 시공각도, 시공본수와 연장을 결정한다. 집수보링의 방향, 길이, 본수, 구조 및 기울기 등 설계에 관한 사항은「보링 속도랑내기공」에 준한다.

⑨ 물빼기구멍(排水孔)은 원칙적으로 자연유하가 가능한 기울기로서 연장이 가장 짧은 방향으로 설계한다. 일반적으로 물빼기구멍의 기울기는 3~5°정도의 내림기울기로 하며 지름은 100㎜, 길이는 70~80m정도로 한다.



a. 집수정공(集水井工)단면도



<횡방향으로 배열한 집수정> <종방향으로 배열한 집수정>

b. 집수정의 배열

<그림 8-4-56> 집수정공 단면도 및 집수정의 배열

마. 지하수 차단공(地下水 遮斷工, underground water interception works)

땅밀림을 방지하기 위하여 땅밀림 발생지 내에 유입하는 지하수를 차단·배제하는 공법으로 속도랑내기 공사와 지중벽공사가 있다.

(1) 시공장소

지하수를 가장 효과적으로 차단할 수 있는 지역

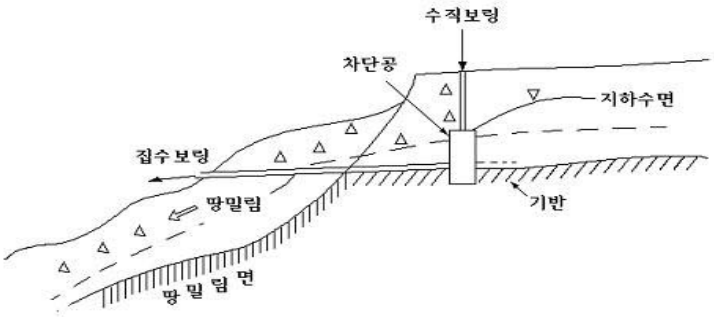
(2) 시공요령

① 땅밀림발생지 밖으로부터 땅밀림 발생지 안으로 유입하는 겉층의 지하수를 유입경로에서 횡단적으로 차단하여 속도랑으로서 지표로 유도 배수시킨다.

② 속도랑내기 공사에 의한 차단공사는 지표면에 가까운 비교적 얕은 층의 지하수를 대상으로 시공한다.

③ 지하수가 비교적 깊어서 속도랑내기 공사로 지하수 배제가 어려운 지역에서는 지중에 遮水壁을 설치하여 지하수를 차단하는데 비탈속 흙막이(埋設土留工), 시이트 파일공(矢板工, sheet pile works), 주입공법이 있다.

④ 배수는 자연배수가 되게끔 기울기를 결정한다.



<그림 8-4-57> 지하수 차단공 단면도

4.5.4.3. 토압처리공

붕괴위험지내에 토압을 지탱하기 위하여 시공하는 공법으로 땅깎기(排土工), 누름흙쌓기(押盛土工), 산비탈돌쌓기, 땅속흙막이, 심줄박기, 샤프트공법, 축대벽, 나무심기 등이 있다.

가. 배토공사(땅깎기공, unstable soil removal works)

땅밀림을 방지하기 위해 땅밀림이 발생하는 비탈머리부위의 토괴를 제거하는 공법이다.

(1) 시공장소

땅밀림의 규모가 비교적 작고, 상부가 평탄하거나 완경사인 지역

(2) 시공요령

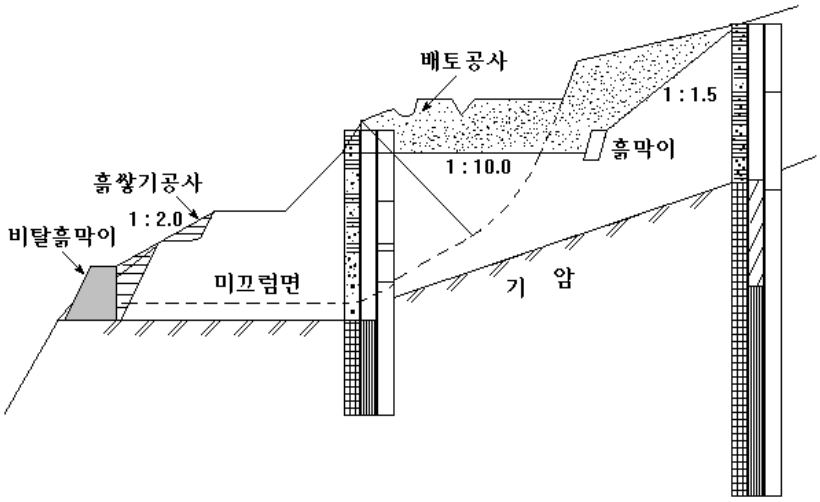
① 땅깎기(배토)후 절취 비탈은 장대한 단일사면이 되지 않도록 적당한 간격으로 계단을 설치해야 하며 계단간의 비탈경사각은 사면붕괴가 발생되지 않도록 결정한다.

사면의 기울기와 계단의 간격은 일반적으로 다음과 같은 정도로 시공한다.

- 연암지역 : 기울기 1 : 0.5~1 : 1.2, 계단간 직고 7*m*
- 토사지역 : 기울기 1 : 1.0~1 : 1.5, 계단간 직고 5*m*

② 배토후의 절취비탈은 녹화공사를 해야하며 필요에 따라서 흙막이 수로공사 등을 해야한다.

③ 절취한 흙은 땅밀림구역 밖으로 사토(捨土)해야 하며 절취토사가 붕괴 또는 유실되지 않도록 조치해야 한다.



<그림 8-4-58> 배토공사 종단면도

나. 누름 흙쌓기공(押盛土工, earth buttress loaded berm works)

땅밀림을 방지하기 위하여 땅밀림 비탈의 말단부에 흙쌓기를하여 땅밀림 추력(推力)을 경감함을 목적으로 시공한다.

(1) 시공장소

땅밀림구역 하단부

(2) 시공요령

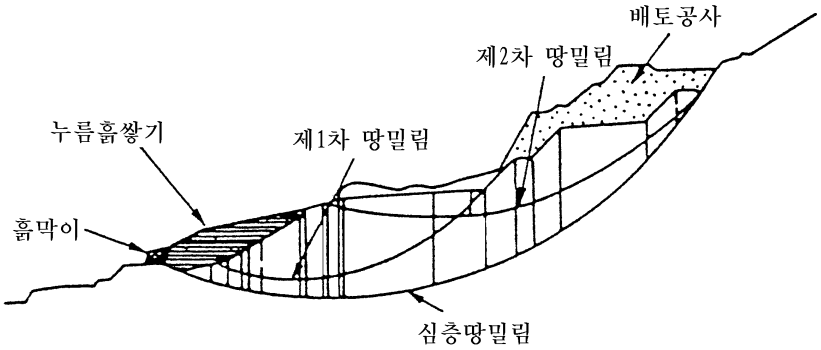
① 땅밀림 말단부에 흙막이를 시공한 후 이것을 기초하여 배토공으로부터 생산된 토사로 흙쌓기 공사를 한다.

② 흙쌓기 구역 및 두께는 가장 효과적으로 땅밀림 추력을 경감하고 흙쌓기 하부의 비탈이 흙쌓기의 영향에 의해서 땅밀림을 발생하지 않도록 결정해야 한다.

③ 흙쌓기 기울기는 1 : 1.8~1 : 2.0을 표준으로하며 원칙적으로 흙쌓기의 직고 5m마다 너비 1~2m의 계단을 설치해야 한다.

④ 흙쌓기 비탈면에는 녹화공사를 한다.

⑤ 배토공 및 누름 흙쌓기공사는 산사태(땅밀림)위험성이 연속적인 지역에서는 새로운 산사태를 유발할 우려가 있으므로 시공시 주의를 요한다.



<그림 8-4-59> 누름 흙쌓기공사(押盛土工) 단면도

다. 축대벽(擁壁, retaining wall works)

땅밀림지역이나 붕괴우려지역에 토압을 고정하여 붕괴를 방지하기 위하여 시공하는 공작물이다. 사용재료에 따라 돌, 콘크리트, 콘크리트블록, 지오웨브, 돌망태 축대벽 등이 있다.

(1) 시공장소

붕괴위험지 하부등 토압이 커서 다른 공작물로서 안정을 기대할 수 없는 지역

(2) 시공요령

① 축대벽은 전도(轉倒)와 미끄러짐에 안전하고 기초지반에 작용하는 최대압력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

② 기초지반이 연약하여 부등침하가 예상되는 경우에는 말뚝기초나 콘크리트기초 등의 방법으로 보강해야 한다.

③ 축대벽의 높이는 토심에 따라 다르나 통상 4m(산복기부)이하로 하고 산복사면에 시공할 경우에는 2m 내외로 시공한다.

④ 콘크리트치기를 한후 충분히 다져서 콘크리트가 철근의 주위와 거푸집의 구석구석까지 들어가도록 하여야 한다.

⑤ 수축이음과 신축이음을 두어야 한다. 축대벽의 표면에는 연직방향으로 수축이음을 두어야 하고, 그 간격은 9*m* 이하로 하며, 이곳에는 철근이 그대로 연결되어야 한다.

⑥ 물빼기구멍은 PVC 관으로, 크기는 안지름 3~10㎝ 정도로 하고, 수평방향으로는 2~3*m* 이하의 간격, 연직방향으로는 1.5*m* 이하의 간격으로 설치하고, 최하단의 물빼기구멍은 기초지표면에서 30㎝ 위에 설치하여야 한다.

⑦ 축대벽 뒷채움용 돌은 조약돌 또는 깬잡석을 채우도록하여 배수가 잘 되도록 한다.

⑧ 콘크리트를 친후, 직사일광, 건조, 풍우 등을 피하고, 콘크리트의 수화작용을 돕기 위하여 콘크리트의 노출면에는 거적 또는 이와 유사한 것으로 덮고 양생하여야 한다.

⑨ 되 메우기는 축대벽의 몸체가 완전히 양생된 후 시행해야 하며 뒷채움 흙은 배수가 양호한 토양으로 충분히 다짐을 실시하여 침하를 방지해야 한다.

⑩ 돌 축대벽과 콘크리트 축대벽의 기타 시공방법은 각각 돌, 콘크리트기슭막이 시공기준에 준한다.

⑪ 중력식 축대벽은 축대벽자체의 自重이 크므로 기초지반이 비교적 단단한 경우에 시공하며 벽체의 자중에 의하여 전도에 견딘다.

⑫ 반 중력식 축대벽은 중력식 축대벽에서 콘크리트 사용량을 적게하기 위하여 철근을 사용한다.

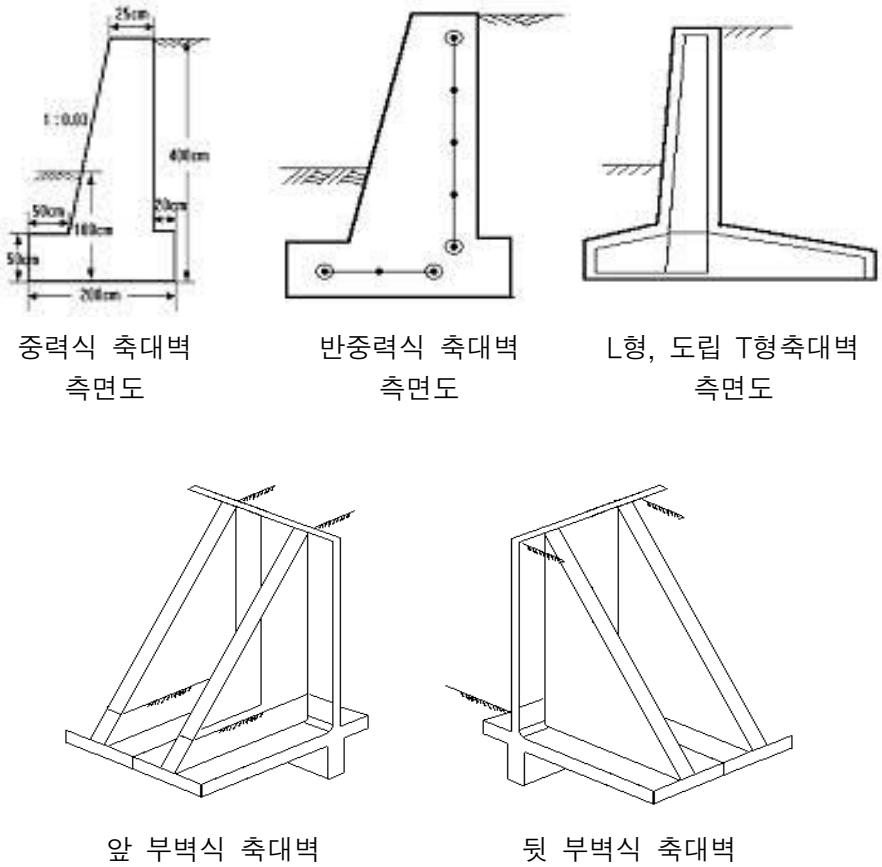
⑬ L형, 도립T형 축대벽은 축대벽의 자중과 뒷채움 흙에 의해서 전도에 견디며 밑바닥 반력(低面反力)을 적게 하려는 경우 골재가 비싸서 콘크리트형을 감소시킬 필요가 있는 경우 시공한다.

⑭ 부벽식(扶壁式) 축대벽(buttress retaining wall)은 앞 부벽식 축대벽(토압을 받지 않는 벽쪽에 지지벽을 설치)과 뒷부벽식 축대벽(토압을 받는 벽쪽에 버팀벽을 설치)이 있다.

⑮ 지오웨브(geoweb) 축대벽은 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 띠로 제작하여 일정한 간격으로 초음파 용접하여 벌집모양의 구조체로 만듦으로서 3차원적인 토양억제 시스템을 구성하는 공법으로 초경량으로 시공성이 탁월하고 경제적이다. 그러나 땅깎기사면에 적용시 높이는 6*m* 이하 기울기는 45°이하의 지역에 시공해야 한다.

⑯ 돌망태 축대벽은 아연도금 철선을 꼬아서 6각형망(網)형태로 만들어 일정규격

의 상자형이 되게하여 그 속에 조약돌(직경 10㎝ 내외) 또는 깬돌 등을 채우고 다져서 용도에 맞게 조립한 구축물로서 조약돌이 풍부한 지역에서는 경제적이며 시공이 간편하다. 그러나 높이 6*m* 이상되면 시공능률이 저하된다.



중력식 축대벽 측면도

반중력식 축대벽 측면도

L형, 도립 T형축대벽 측면도

앞 부벽식 축대벽

뒷 부벽식 축대벽

<그림 8-4-60> 축대벽 종류별 구조도

라. 말뚝박기(杭打工, pile driving, piling works)

땅밀림을 억지하기 위하여 땅밀림 비탈에 부동층(不動層)까지 말뚝을 박아서 땅밀림 추력(推力)을 저하시킴을 목적으로 계획·시공한다. 항타기(杭打機)에 의해서 말뚝을 때려박는 방법과 대 구경보링머신에 의해서 천공하고 말뚝(鋼管杭, 철근콘크리트杭, H型鋼杭, 나무말뚝)을 삽입하는 방법이 있다.

(1) 시공장소

땅밀림 사면으로 하부지반이 단단하며 미끄러움면이 수평에 가까운 부분

(2) 시공요령

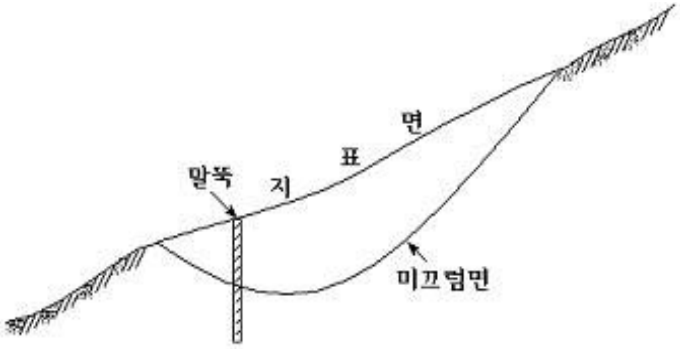
① 말뚝의 규격과 간격은 안정조건 및 시공성을 검토하여 결정해야하며 말뚝의 배열은 대체적으로 땅밀림 이동방향에 직각(수평면에 직각)되게 하며 일정한 간격(일반적으로 1.5~4.0m간격)으로 설치하여야 한다.

② 땅밀림의 형태, 지질상황 및 말뚝의 타설위치에 따라 말뚝을 전단저항 말뚝으로 생각할 수가 있는 경우에는 말뚝의 밑넣기 깊이는 기초지반의 강도에 따라 말뚝 전장의 1/3~1/4로 한다.

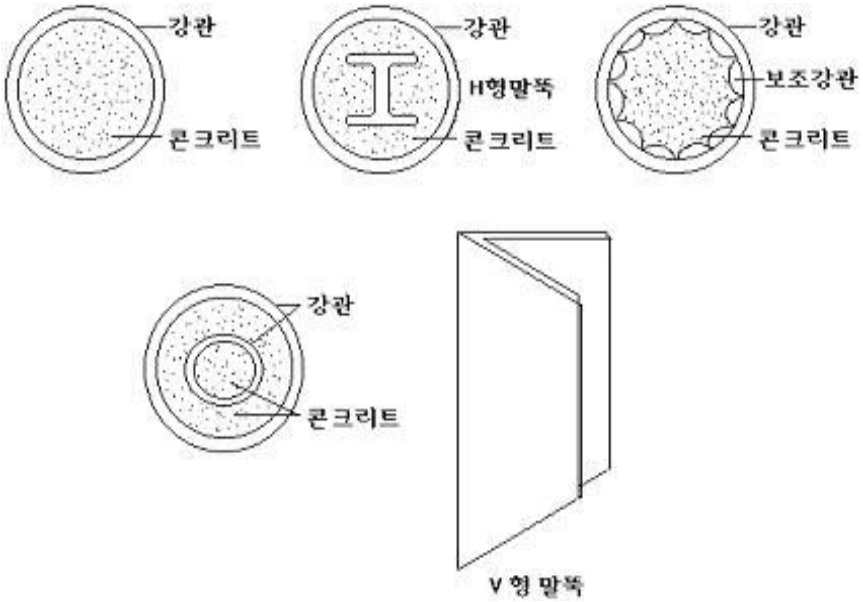
③ 비탈말뚝박기 공법의 안정조건은 말뚝이 땅밀림 모든 단면에 있어서 전단력과 땅밀림 추력에 의한 휨 모멘트에 의해서 파괴되지 않아야 한다.

④ 말뚝아래쪽 비탈과 말뚝주변 토층이 안정되어야 하며 말뚝의 밑끝 부분은 말뚝의 뽑힘 및 지반의 파괴 등에 대해서 안전한 깊이를 가져야 한다. 또한 말뚝의 내부 및 말뚝의 공벽과의 공간은 원칙적으로 콘크리트 또는 모르타르 등으로 충진하여 보강하여야 한다.

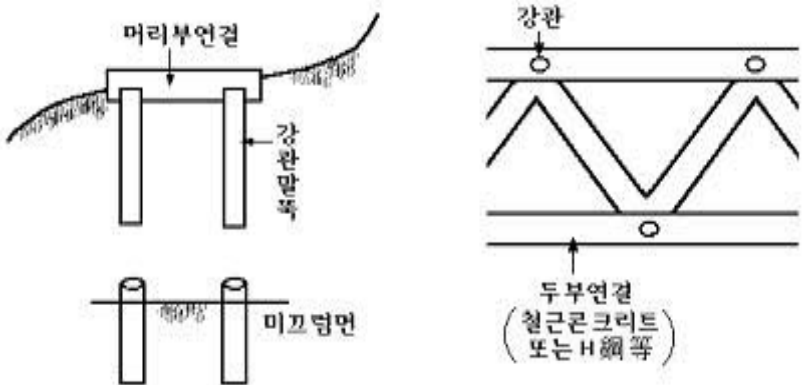
⑤ 강성을 높이기 위하여 말뚝의 머리부위를 철근 콘크리트나 H형강(鋼)등으로 연결하여 머리부 연결구조로 하던가 말뚝머리부에 앵커타이를 장치하여 활동력에 대한 내력을 증가시켜서 미끄럼방지 말뚝과 앵커공법과의 병용하기도 한다.



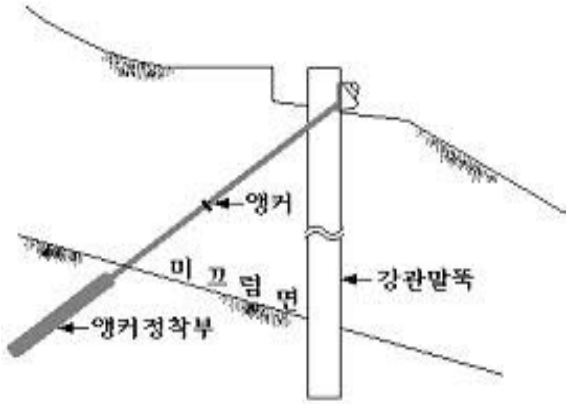
<그림 8-4-61> 말뚝박기 단면도



<그림 8-4-62> 말뚝의 종류



<그림 8-4-63> 머리부 연결구조



<그림 8-4-64> 앵커공과의 병용공법

마. 샤프트공법(深礎工, shaft works)

지리적인 제약으로 말뚝박기 기계가 반입되지 않거나 구경이 큰 보링으로 인하여 땅속으로 송수되어 땅밀림을 조장할 우려가 있는 경우와 일반 말뚝박기 공법으로는 목표안전률이 확보되지 않는 경우에 땅밀림을 억지하기 위하여 땅밀림면에 口徑이 큰 말뚝을 설치하여 땅밀림 推力에 저항함을 목적으로 계획, 시공한다. 샤프트공법의 종별은 원칙적으로 라이너 프레이트로하며 땅밀림상황에 따라서 철근콘크리트 블럭을 선정하기도 한다.

(1) 시공장소

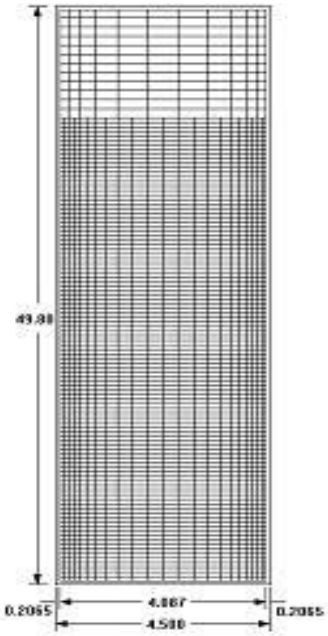
다른 억제 및 억지공법으로는 처리할 수 없는 규모가 큰 땅밀림지역

(2) 시공요령

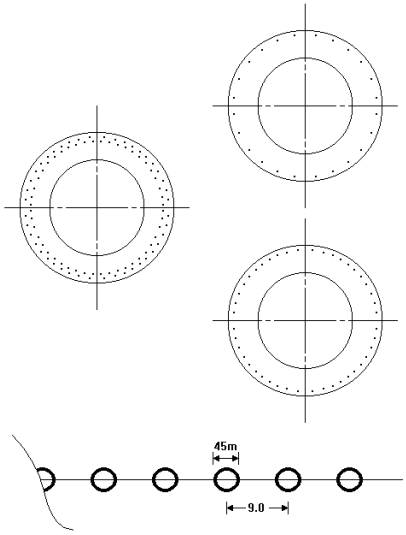
① 시공법은 집수정공법과 유사하며 원형으로 굴착하고 라이너 프레이트(liner plate)등으로 공벽을 막으면서 파내려가며 굴착 후에 철근콘크리트를 충진하여 샤프트 말뚝(大口徑杭, shaft pile)을 축설한다. 경우에 따라서는 공안으로부터 집수보링 및 배수보링을 시공하여 집수정으로서의 기능을 병용하기도 한다.

② 샤프트말뚝의 단면 및 간격은 안정조건 및 시공성을 검토하여 결정해야하며 말뚝의 배열은 땅밀림 이동방향에 대해 대개 수직으로 등간격으로 설치한다.

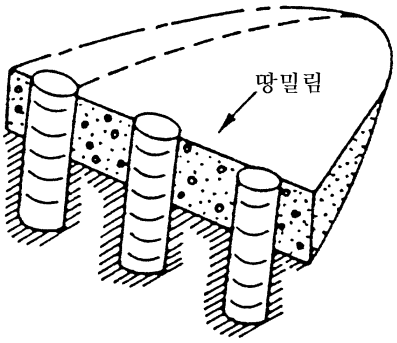
③ 샤프트 말뚝의 내부는 철근콘크리트 또는 철골 콘크리트를 타설하여 외력에 대해서 샤프트 말뚝의 모든 단면이 유효하게 작용할 수 있도록 해야한다.



a. 구조도



b. 샤프트공 평면도



c. 샤프트공 시공도

<그림 8-4-65> 샤프트공의 구조도・평면도 및 시공도

<표 8-4-19> 샤프트공 1기당 (길이 60m)수량표

명 칭	형 상	수 량	단 위	비 고
스틸 시그멘트 (steel segment)	4,500㎜×750㎜	60.0	㎥	직 경 4.5m
이입그라우트	모르타르 1 : 3	43.8	㎥	
철 근 조 립 〃	D - 51 D - 22	110.836 21.964	ton ton	
네 지	D - 51 용속수	672.0	조	
본체콘크리트	240 - 8 - 25	953.8	㎥	
강 제 형 틀		847.8	㎡	4.5 × 3.14 × 60
연암(Ⅰ)굴삭 연암(Ⅱ)굴삭		40.0 8.5	m m	
중경암 굴삭		11.5	m	
운반절토(연암1) 운반절토(연암2) 운반절토(중경암)		693.6 147.4 199.4	㎥ ㎥ ㎥	

4.5.4.4. 암괴처리공

급경사 및 절개사면 상에 붕괴·붕락의 위험이 있는 岩塊를 처리하기 위하여 시공되는 공법으로 폭파공, 팽창성파쇄공, 앵커박기, 말뚝박기, 전석정리공(낙석저지책 세우기 참조), 낙석방지망덮기, 낙석저지책 세우기 등이 있다.

가. 폭파공

사면상에 뜬돌(浮石)이나 轉落할 우려가 있을 때 미리 폭파하여 제거하는 공법이다.

(1) 시공장소

사면상에 돌출부위나 낙석의 우려가 있는 사면으로 폭파로 인한 피해가 적은 지역

(2) 시공요령

① 부근 인가나 공공시설에 폭파로 인한 피해 우려가 있는 지역은 피하거나 폭파전에 飛石에 대한 방호책 또는 보호망을 설치한 후 시공한다.

② 자격을 가진 화약취급업자가 관계법규에 따라 작업토록한다.

나. 팽창성 파쇄공

제거코자하는 암괴에 천공을 한 후 팽창제(膨脹劑)를 주입하여 파쇄 제거하는 공법이다.

(1) 시공장소

폭파공에 의할 경우 피해가 우려되는 암반사면

(2) 시공요령

<표 8-4-20> 팽창제의 종류별 표준공경(孔徑) 적용조건

종 류	적용표준공경	피파쇄체의 온도 (적용조건)
(S - Mite) S 형	30㎜Φ~ 50㎜Φ (최적공경) 40㎜Φ	10℃ 이하 동기용
(S - Mite) A 형		10℃~20℃ 춘기용
(S - Mite) B 형		20℃~35℃ 하기용
(S - Mite) V_1형	50㎜Φ이상 (최적공경) 65㎜Φ	10℃ 이하
V_2형		10℃~18℃
V_3형		18℃~26℃
V_4형		26℃ 이상

다. 앵커박기(앵커공, anchor works)

땅밀림의 기반암 속에 앵커체를 埋設 설치하여 引張材로서 지표에 설치한 受壓部에 연결하고 그 인장력에 의해서 땅밀림을 방지하기 위하여 기획, 시공한다. 앵커공법은 앵커몸체의 형성방식에 따라서, 앵커몸체를 지상에서 작성하여 기반에 매입하는 방식(mechanical anchor)과, 기반내에 보링(boring)을 하고 시멘트 모르타르를 주입하여 앵커몸체를 형성하는 그라우트방식(grout anchor)이 있는데 자연비탈의 안정을 위해서 일반적으로 그라우트식 앵커가 많이 쓰인다. 그라우트식 앵커는, 시멘트풀 혹은 모르타르의 주입 등에 의해서 땅속에 매입된 인장재의 선단부에 앵커몸체가 고착되고, 여기에 인장재와 앵커두부를 통해서 구조물과 역학적으로 동결되며 앵커의 인장재에 가하는 힘은 앵커몸체 전체를 통하여 땅속에 전달된다. 사면안정에 사용되는 앵커로는 록볼트(rock bolt)와 어스앵커(earth anchor)로 대별된다.

(1) 시공장소

땅밀림이나 암석붕괴가 예상되는 지역

(2) 시공요령

① 내부의 안정된 암반층에 천공한 후 앵커를 삽입하고 콘크리트를 주입, 양생시키고 연결시킨다.

② 앵커에 부식이 생길 우려가 있는 경우에는 적당한 방식(防蝕) 조치를 한다.

③ 앵커의 간격 및 길이는 앵커로 고정되는 구조물의 주변을 포함한 전체적인 안정성의 확인을 해서 결정한다.

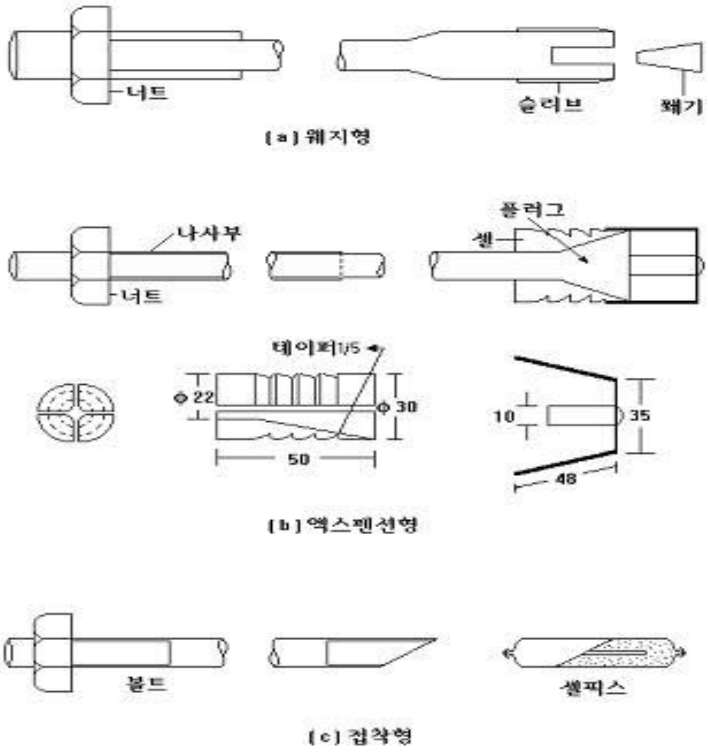
④ 천공의 위치, 천공지름, 길이, 방향은 주위에 지반을 흐트려 뜨리는 일이 없도록 선정 실시한다.

⑤ 콘크리트 축대벽이나 콘크리트판공등과 같이 다른 공법과 병용하여 안전성을 높이기도 한다.

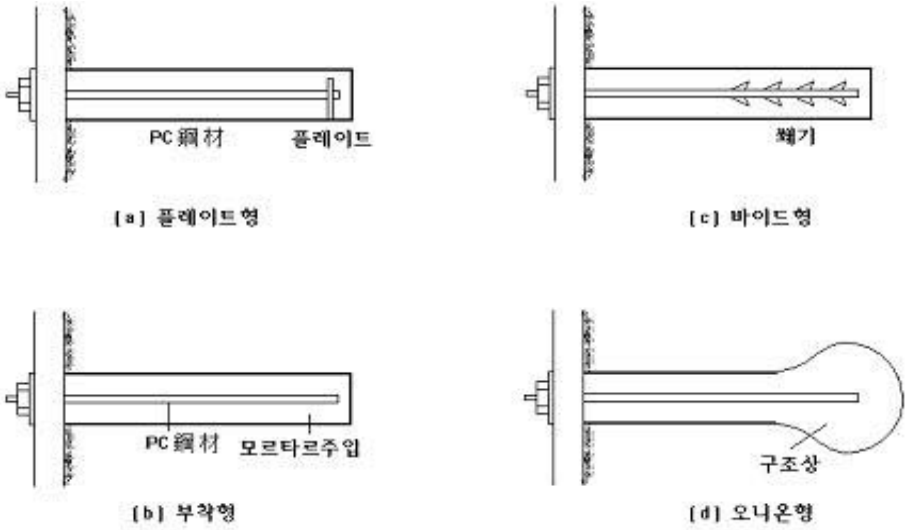
⑥ 사면 상, 하부에 인가가 있어 절토공, 축대벽 등을 시공할 수 없는 경우에 주로 시공한다.

⑦ 록볼트(rock bolt)공은 낙석의 위험이 있는 절개지 암반에 천공하고 이 속에 록볼트를 조립 打込하여 너트조임으로 표면부석(浮石)의 전석을 방지하는 공법으로 쐐기부분이 암석에서 밀착되도록 햄머를 하고 잡아당긴 후 암석 천공틈새에 시멘트를 주입시키고 너트를 조인다. 록볼트의 길이는 삽입간격의 2배이상을 표준으로 하고 간격은 최대 1.5m를 초과하지 않도록 한다.

⑧ 어스앵커공은 보링구멍에 플레이트 부착 PC강봉을 삽입하거나 또는 PC강재를 삽입한 후 모르타르를 주입하거나 쐐기를 장치해서 인장력에 대항시키는 공법으로 보링공 → 강재삽입 → 케이싱 인발 → 그라우트공 → 긴장공 순으로 시공한다.

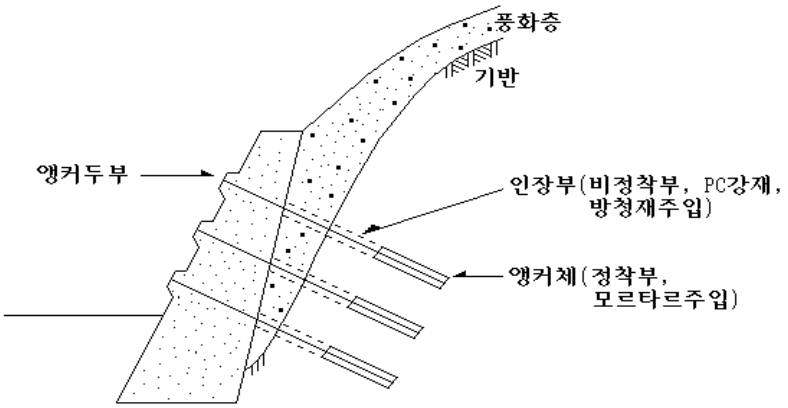


a. 록볼트

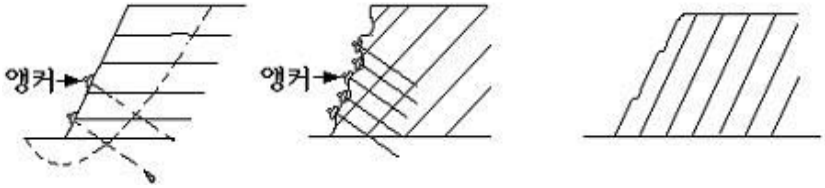


b. 어스앵커

<그림 8-4-66> 록볼트와 어스앵커 구조도



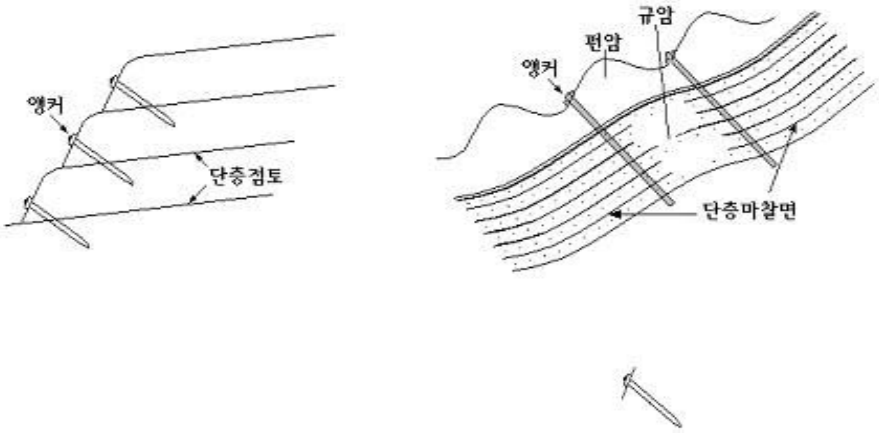
<그림 8-4-67> 앵커공법의 시공단면(축대벽의 보강공사)



수평층 퇴적암
또는 화산 응회암

경사진 퇴적암이나
변성암에서 불연속적
으로 침하

급경사진 성층의
침하지에서는 앵커가
불필요



쐐기형의 성층고정 강한 화성암

약한 암과 강한 암사이에 접촉 또는
불연속 풍화지대

<그림 8-4-68> 암질별 앵커박기 시공예

라. 낙석방지망덮기(落石防止網覆工, falling-stone netting works)

낙석발생원에서 轉石이나 암괴등을 철사망이나 합성섬유제, 비닐제망등으로 덮어서 낙석이 되어도 비탈면과 철사망 사이를 따라서 미끄러져 구르도록 하거나 또는 浮石을 눌러주도록 하기 위하여 계획·시공하는 암반안정공종, 보호공종이다.

(1) 시공장소

낙석이 우려되는 절개사면

(2) 시공요령

① 철망(네트)은 사면의 뜬돌등을 제거한다음 시공한다.

② 철망에서는 앵커를 세우고 이것에 종 로프를 고정한다. 다음에 최상단 횡 로프를 같은 방법으로 앵커에 고정하고 다시 이것을 종 로프에 철물을 써서 결합한다. 철망(폭 4~5*m*, 길이 3~5*m*)을 꿰메서 최상단 횡 로프까지 끌어올리고 이것에 결속선 등으로 고정한다. 다음에 중간부 이하의 횡 로프를 치고 앵커에 고정한 다음 종 로프와 결합한다.

③ 네트의 하단은 사면끝에서 1*m*정도가 되도록 설치하며 네트설치는 윗쪽에서 내리게한다.

④ 네트의 여분은 가급적 제거하며 앵커는 지질, 토질에 따라서 적합하도록 작성되기 때문에 그 선정에 유의해야한다.

⑤ 비탈면에 망을 깐 후에 가로, 세로 양쪽방향으로 굵고 튼튼한 와이어 로우프(wire rope)로 망을 잡아끌어서 그 끝부분을 앵커에 고정시킨다. 와이어 로우프의 간격은 가로와 세로 모두 4~5*m*로 한다.

⑥ 망눈의 크기는 50×50㎜ 정도이며 철사망은 1ton정도의 돌을, 합성섬유망은 100㎏ 이내의 돌을 대상으로 시공한다.

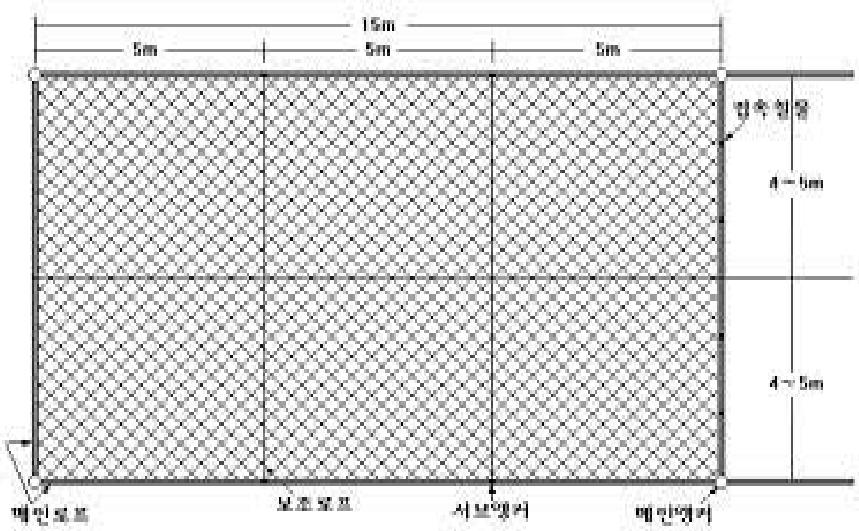
<표 8-4-21> 낙석의 크기별 네트별 시공조건

- 철망

낙석의크기	낙차 (落差)	기울기 (傾斜度)	망눈	철망 굵기 (線徑)	와이어 지름	앵커볼트	
						지름	길이
500㎏까지	20m	60°	50㎜	3.2㎜	12㎜	22㎜	80～120㎝
500～750㎏	20m	60°	50㎜	3.2㎜	14㎜	22㎜	80～120㎝
750～1,500㎏	20m	60°	50㎜	4.0㎜	16㎜	22㎜	80～120㎝

- 합성섬유(폴리에틸렌・나이론・비니론 등)

낙석의 크기	낙차(落差)	기울기 (傾斜度)	망눈	실지름	로-프 지름	앵 커	
						지름	길이
60㎏ 까지	특히 고려치 않음	63°	37.5㎜	2.4㎜	8㎜	12㎜	50㎝
60～100㎏전후	15*m*	63°	30.0㎜	2.4㎜	12㎜	19㎜	50㎝



<그림 8-4-69> 낙석방지망 공법 평면도

마. 낙석저지책세우기(落石沮止柵工)

낙석발생원의 하부에 콘크리트 흙막이 공사와 병용하여 강철재 낙석저지책을 세워서 낙석을 차단시키는 공법이다.

(1) 시공장소

낙석에 의한 파괴력이 비교적 작은 암석절개 사면

(2) 시공요령

① 지주를 고정시킬수 있는 콘크리트 흙막이나 축대벽(옹벽) 위에 지주를 설치한다.

② 지주의 높이는 강재로서 1~2*m*가 많이쓰이며 상단부의 일정길이가 도로쪽으로 휘도록 제작하고 지주에 고정된 와이어 로프, 철망, 강재등으로 연결시킨다.

③ 철망의 재질은 KS D3522 (철선)의 규격에 적합한 소선에 경질 염화비닐로 피복한 것이어야 한다.

④ 낙석저지책의 상부로부터 낙석발생원까지의 간격이 급경사면으로 상당한 거리가 있고, 낙하물이 沮止柵을 넘어서 튀어나갈 위험성이 있는 곳에서는 몇단으로 시공하여 간격을 좁히던가, 튀어 넘지 못하도록 높게 시공하여야 한다.

⑤ 낙석저지책 공작물의 낙석충돌면에 헌 타이어(tire)를 부착하여 낙하에너지를 분산 또는 감쇄하여 받아 막도록 시공하기도 한다. 또한, 헌 타이어 대신에 흙자루 등을 사용하는 샌드쿠션(sand cushion) 공법도 있다.

⑥ 책(柵)과 비탈면과의 사이에 나비 1*m*의 빈터가 필요하며 중간지주는 I字網, H字網 등을 사용한다.

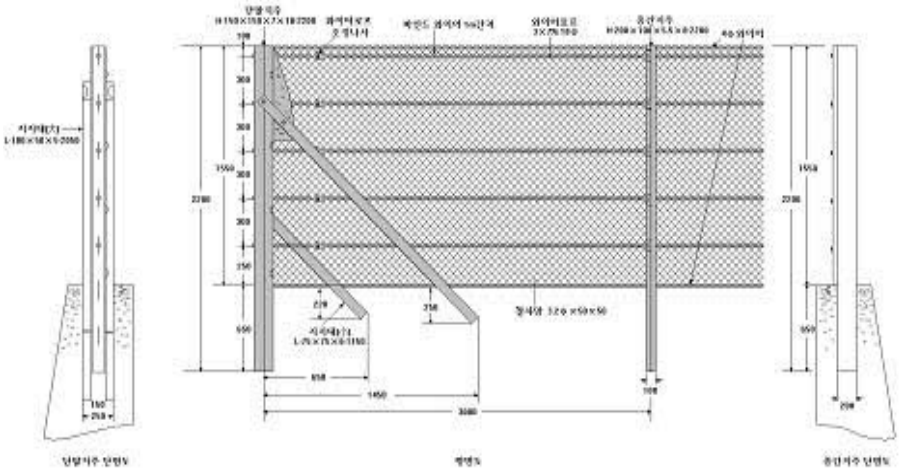
⑦ 지주의 간격은 2~3*m*정도로 한다.

⑧ 와이어로프는 지름 18㎜이상을 사용하되 철망의 망눈은 암괴폭 지름보다 적어야한다.

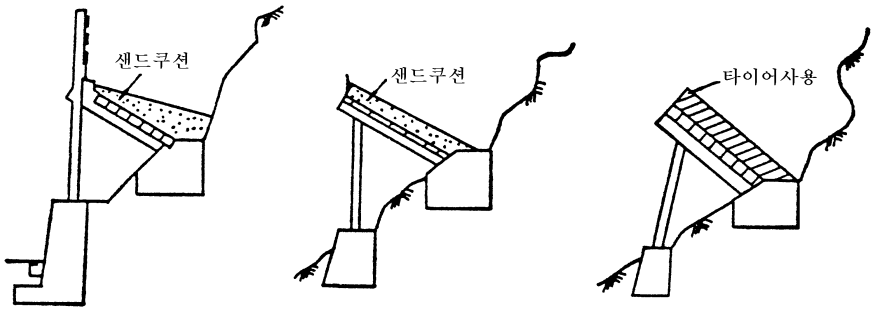
⑨ 토사를 수반하여 낙하가 예상되는 경우에는 아래쪽에 콘크리트축대벽을 반드시 설치한후 그위에 저지책을 세운다.

⑩ 산악지에서는 눈사태방지와 병용하는 경우도 있다.

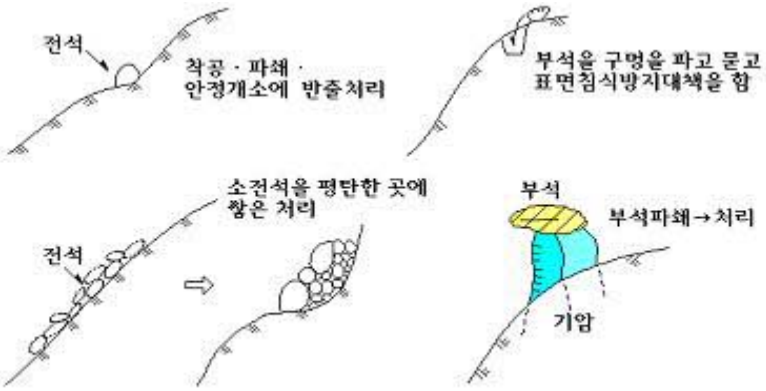
※ 낙석에 의한 피해를 방지하기 위하여 낙석방지망 덮기와 낙석저지책 세우기 이외에 보전대상지 상부에 방호시설로서 전석정리공사, 비탈고정공사와 낙석저지공사 등과 같은 낙석방지공법(falling-stone control works)이 있다.



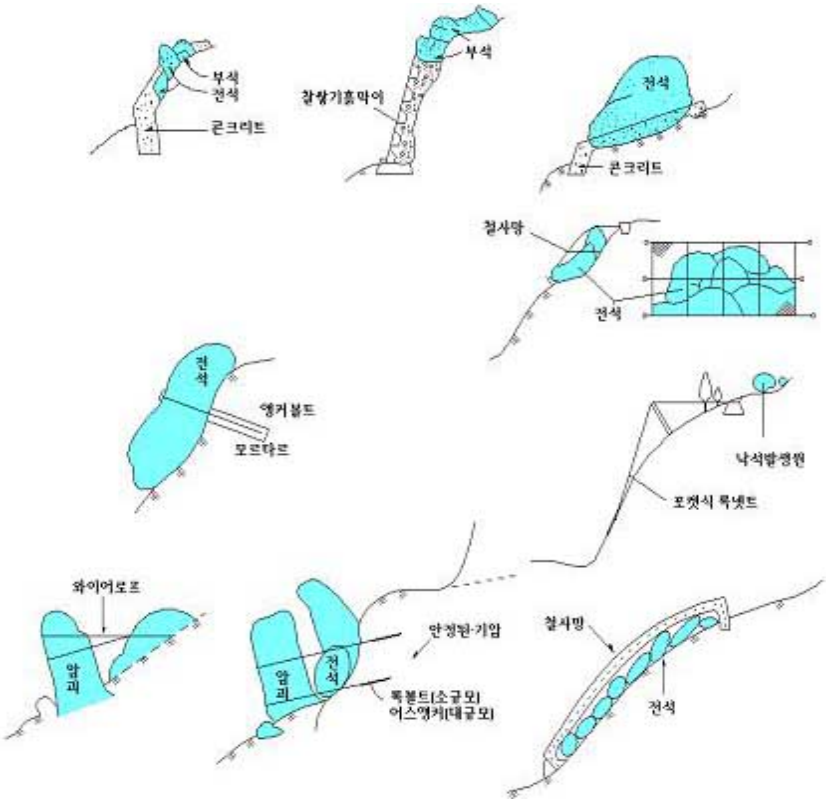
<그림 8-4-70> 낙석저지책 세우기공사(落石沮止柵工)시공도



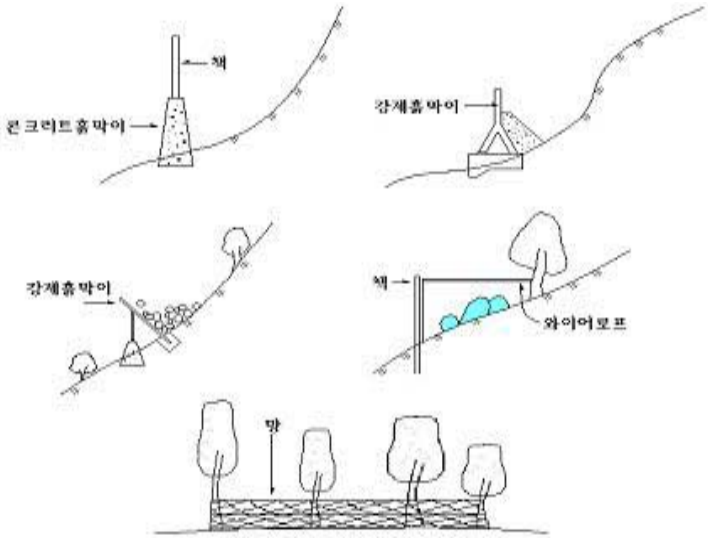
<그림 8-4-71> 특수한 형태의 낙석저지책



<그림 8-4-72> 전석정리공사의 유형



<그림 8-4-73> 전석의 비탈 고정공사의 유형



<그림 8-4-74> 낙석저지공사의 유형

4.6. 사방댐 및 수질정화 댐

4.6.1. 의의 및 목적

사방댐이란 골막이, 바닥막이와 같은 횡공작물을 대표하는 계간처리 공작물로 상류지역의 계상이 고정되지 않은 황폐계류(野溪)에 시공하여 산지와 하류지역의 保全을 위하여, 水質淨化施設 공사는 상류에서 오염된 수질을 정화하여 하류지역에 맑은 물을 공급하는데 그 목적이 있다.

최근에 사방댐은 貯砂貯水 겸용의 다목적 댐(산불진화 취수용, 농업용수 공급원)으로 활용할 수 있도록 설치하고 있으며 그 규모도 폭 50m 까지 크게 하고 있다. 또한 수질정화시설 공사도 質 좋은 물을 공급하기 위하여 시공방법이 다양해지고 시설량도 점차 증가 추세에 있다.

4.6.2. 설계

4.6.2.1. 예정지 선정

사방댐은 산사태 발생이 우려되는 지역으로 인명피해 또는 주요 공공시설의 피해가 예상되는 지역과 저사저수 겸용 목적으로 시공할 수 있는 지역을 우선적으로 시공대상지로 선정하며, 수질정화시설은 야계사방공사, 사방댐 시공대상지 중에서 산지 또는 계류가 황폐되어 호우시 汚濁度가 높은 물이 흐를 우려가 있거나 상류의 광산, 휴양시설 또는 마을 등으로부터 汚廢水가 유입되는 하천을 우선적으로 선정한다.

4.6.2.2. 설계자료 준비 및 현지조사(야계사방 공사에 준함)

4.6.2.3. 설계순서

가. 사방댐

① 지형 및 지질조사

② 측량 및 위치선정

③ 댐 방향과 높이의 결정
④ 댐 형식 및 계획기울기(구배) 결정
⑤ 방수로 및 기타 부분의 설계
⑥ 콘크리트 배합 설계
⑦ 댐 단면 및 물빼기 구멍의 설계
⑧ 물받이 부위의 보호공법여부 및 설계
⑨ 가배수로 및 물받이공법 설계
⑩ 부대공사 설계
⑪ 설계서 작성

나. 수질정화시설

① 지형 및 지질조사
② 축설예정지 측량 및 위치선정
③ 방수로 결정
④ 계상 및 계안 굴착 토적량 설계
⑤ 철골제 조립 설계(주 철골 프레임, 바닥 및 상하면, 측면 스크린)
⑥ 정화필터 설계
⑦ 부대공사[스크린댐(screen dam) 또는 슬릿트댐(slit dam), 바닥막이 등] 설계
⑧ 설계서 작성

4.6.2.4. 설계서 작성

현지조사자료와 측량자료에 의하여 작성되는 설계서는 사방댐사업 설계서(서식 11호), 사방댐사업 설계설명서(서식 12호), 사방댐 설계설명서(서식 13호)와 사방댐 설계설명서(방수로 결정 ; 서식 15호)를 작성하며 그 외 서류는 야계사방공사에서와 같다. 수질정화댐 설계서는 사방댐 공사에 준한다.

4.6.3. 시공공법

사방댐은 그 구축재료에 따라서 돌, 콘크리트, 철근콘크리트, 鋼製, 흙 댐 등 많은 종류가 있으며 수질정화시설로는 수질정화댐, 스크린 댐과 슬릿트 댐 등이 있으나 본 교재에서는 사방댐과 수질정화댐에서 총괄적으로 기술하였다.

4.6.3.1. 사방댐(治山댐, 堰堤工)

사방댐은 황폐계류상에서 종횡침식으로 인한 돌, 자갈, 모래, 흙 등과 같은 침식 및 붕괴물질을 억제하여 산사태로 인한 토석류 피해를 저지하기 위하여 계류를 횡단하여 설치하는 공작물이다. 사방댐은 계상기울기를 완화하고 종침식을 방지하는 작용, 산각을 고정하여 붕괴를 방지하는 작용과 계상이 퇴적한 불안정한 토사의 유동을 방지하여 양안의 산각을 고정하는 작용 등 3가지의 기능을 지니고 있다.

구축재료에 따라 돌댐(stone dam), 콘크리트댐(soncrete dam), 철근콘크리트댐(reinforced concrete dam), 鋼製댐(steel dam), 돌망태댐(gabion dam), 통나무댐(timber dam), 흙댐(earth dam), 혼합쌓기댐(mixed masonry dam) 등이 있다.

돌댐은 콘크리트나 모르타르(mortar)를 사용하느냐 않느냐에 따라 메쌓기댐(dry masonry dam)과 찰쌓기댐(wet-masonry dam)으로 구분되며 轉石을 이용하였을 경우에는 전석댐이라고 한다.

사방댐의 형식은 직선중력댐(gravity dam), 아치댐(arch dam), 3차원댐(three-dimensional dam), 扶壁댐(buttress dam) 등으로 구분한다. 사방댐 중에서 가장 많이 이용되고 있는 것은 중력식 콘크리트댐이나 근래에는 환경친화적인 전석댐과 흙댐을 시공하는 추세에 있다.

가. 시공장소

상류유역의 산지가 안정되었거나 계간과 산각이 불안정하여 호우시마다 풍화토층의 침식붕괴와 산사태 등의 발생으로 토사, 석력이 流下堆積함으로써 하류의 전, 답, 가옥, 타 산업시설 등에 피해가 있거나 예상되는 황폐계간을 대상으로 한다.

① 계상의 양안에 암반이 있는 지역

② 상류부의 계폭이 넓고 경사가 완만하여 貯砂 효과가 큰 장소

③ 支流의 합류점 부근에서는 합류점의 하류부

나. 시공요령

① 바닥파기는 견지반이 나올 때까지 충분히 판다.

② 댐의 방향은 일반적으로 퇴사나 토사력을 유치, 고정코자 하는 횡 공작물은 상류의 유심선(퇴사된 후의 가정 유심선)에 직각방향으로 하나 부득이 곡선부의 설치 경우는 홍수시 유심선의 접선에 직각방향으로 한다. 댐의 계획지점에서 상·하류의 한쪽 계안이 유수의 충격에 의하여 침식을 받을 우려가 있는 때에는 댐 방향이나 방

수로의 위치변경 또는 기슭막이공사로 보강한다.

③ 댐의 종류 및 형식은 일반적으로 직선중력식을 채용하되 축설코자 하는 입지환경조건을 감안하여 양질의 기암노출지로서 폭이 좁은 지역은 높은 콘크리트로 설계하고 常水가 거의 없고 계상에 토사가 많이 퇴적되어 토층이 깊고 석재가 적은 계천에서는 흙댐을, 상수가 적고 석재공급이 어려운 암반노출 계천에서는 돌·흙 혼합쌓기댐을 설치한다.

④ 찰쌓기를 할 때에는 3㎡당 1개의 排水口를 설치한다.

⑤ 대수면의 비탈은 돌, 콘크리트댐에서는 수직으로 하거나 1 : 0.1~0.2로 하고 흙 또는 혼합쌓기댐에서는 1 : 0.1~0.15로 한다.

⑥ 반수면의 비탈은 돌, 콘크리트댐에서는 1 : 0.2~0.3, 흙댐에서는 1 : 0.1~0.15로 한다.

⑦ 댐의 높이는 시공목적, 地盤의 상황, 계획기울기, 시공지점의 상태 등을 고려하여 결정한다.

- 규모가 큰 붕괴지에서 산각의 침식방지를 목적으로 할 경우에는 비교적 높게하며 계안붕괴지(溪岸崩壞地)에서 산지의 침식방지를 목적으로 할 경우에는 일반적으로 낮게 한다.
- 토석류 방지용 댐은 충분한 여유를 갖는 높이로 하고 貯砂를 목적으로 할 경우에는 가급적 높게 정한다.

⑧ 계획기울기(계획물매, planning gradient)는 현 계상기울기(계상물매, channel bed gradient)의 1/2~2/3을 표준으로 하나 유역인자에 의한 계획기울기 추정표(표26)를 이용하는 것이 좋겠다.

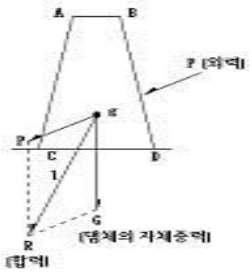
⑨ 방수로의 위치는 댐 반수면의 끝부분, 물받침부위와 암반의 지질, 댐 축설지점의 상하류 양안의 상태 등을 고려하여 결정하는데, 축설지점의 암반인 쪽에 설치하며 암반이 없는 경우는 중앙부에 설치한다.

⑩ 방수로의 형상은 일반적으로 역사다리꼴을 많이 이용하며 방수로 양옆의 기울기는 1:1 즉 45°를 표준으로 한다.

⑪ 홍수후의 유수에는 토석을 함유되어 있어 청수의 경우에 비하면 유속이 떨어지고 수위가 높아질 뿐만 아니라 집중호우시에 유출되는 流木과 토석류 등 장애요인으로 방수로는 물론 어깨부를 월수하여 댐 시설을 파괴하는 결과를 초래하게 되므로 방수로의 크기는 가능한 한 200~500%로 충분히 여유를 갖도록 설계한다. 방수로의 크기는 시우량법, 합리식법, 홍수위흔적법 등에 의하여 산출할 수 있으나 일반적으

로 최대홍수유량(합리식)에 의하여 결정하며 될수있는한 해당되는 계류의 홍수위 흔적을 대조하여 결정한다. 그러나 규모가 작은 댐에서는 비류량(比流量, specific discharge)에 의하여 측정하는 것이 편리하다. 시공후 바로 퇴사가 예상될 경우는 開水路(open channel)로 유량을 계산하며 시공후 2~3회의 대 홍수후에도 쉽게 퇴적이 예상되지 아니하는 특수한 경우는 縮流웨어(contracted weir)로 계산한다. 단, 어떠한 경우라도 방수로단면의 일류심(h_1)은 1*m* 이상으로 하고, 방수로 하장은 최소한 3*m* 이상으로 하는 것이 안전하다.

Q = 0.002778C · I · A(㎥/sec) 합리식에서
0.002778C · I 값은 비류량이라 함.
여기서 Q : 최대홍수유량, C : 유출계수,
I : 최대시우량, (㎜/hr), A : 유역면적(ha)



· 합리식에 적용되는 유출계수

구 분	험준한 산지	제3기층 산악	기복이 있는 토지와 수림	산지천	평지 소하천	유역의 반이상이 평탄한 대하천
유출계수 (C)	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.75~0.85	0.45~0.85	0.50~0.75

※ 우리나라 황폐계류에서는
· 사력생산지 : 0.9이상
· 사력유과지 : 0.8이상
· 사력퇴적지 : 0.7이상 되도록 함

⑫ 댐어깨부분은 월류되지 않는 것을 원칙으로하여 계획홍수위(計劃高水位, design high water level) 이상의 안전한 높이로 한다. 댐 어깨 부분은 암반인 경우 1~2m, 토사인 경우에는 2~3*m*를 양안에 넣어야한다.

⑬ 중력식 사방 댐의 댐마루(天端)두께는 유속, 사력의 크기, 월류수심, 상류쪽의 기울기 등을 고려하여 결정하여야 하며, 대체로 다음 두께를 표준으로 한다.
· 유출사력의 입경이 작은 황폐소계류에서는 0.8*m*
· 일반 황폐계류에서는 1.5*m*
· 홍수에 의해서 큰 전석의 유하위험성이 있는 곳에서는 2.0*m*
· 대규모 토석류발생 위험성이 있거나, 산사태로 측압을 받게 되는 위험성이 있는

곳에서는 2.0~3.0m

⑭ 중력식 콘크리트 사방댐의 댐 길이가 25m 정도를 초과할 경우에는 원칙적으로 수직 줄눈을 설치해야 한다.

⑮ 중력식 사방댐의 안정을 위한 단면은 다음과 같은 조건을 만족하지 않으면 안된다

- 중력댐의 轉倒에 대한 안정조건은 합력(R)작용선이 堤底(CD)의 중앙 1/3보다 하류측을 통과하면 댐몸체의 상류측에 張力이 생기므로 합력작용선이 제저의 1/3내를 통과해야 한다.
- 滑動에 대한 안정조건은 활동에 대한 저항력의 총화가 원칙적으로 수평외력의 총화 이상으로 되어야 한다.
- 堤體의 파괴에 대한 안정조건은 제체 각부에 작용하는 응력도는 제체 각부를 구성하는 재료의 허용응력도를 초과하지 않아야 한다.
- 기초지반의 지지력에 대한 안정조건은 댐밑(堤底)에 발생하는 최대응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

⑯ 물빼기구멍(排水孔, 水拔口, drip hole)의 크기·수 및 설치위치는 설치목적에 따라 결정하지만 좁은 계곡에서는 댐 아래쪽의 계상선(溪床線)에 1개만을 설치하고 계폭이 넓을 때에는 주류(主流)가 변화하므로 몇 개소에 설치하는 것이 좋다. 크기는 20~40㎝정도로서 직사각형 또는 정방형이 바람직하나 시공편의상 P.V.C관도 무방하다.

- 하류댐의 물빼기 구멍은 상류댐의 기초보다 낮은 위치에 설치한다.
- 여러 개를 설치할 때는 하단의 물빼기 구멍은 溪床線, 또는 댐 높이의 1/3되는 곳에 설치하고 상부에 설치하는 물빼기 구멍은 몇 개를 수평으로 배치하도록 한다.
- 큰 댐에서 최상단의 물빼기 구멍은 토석류가 격돌할 때, 상부의 파괴원인이 되기 쉬우므로 방수로 바닥에서부터 1.5m이하에 설치한다.

⑰ 댐의 반수면 하단의 세굴은 방지하기 위하여 물받이(水卵工), 앞댐(副댐), 막돌놓기(拓石, energy dissipators by stone) 공사를 해야 한다.

- 물받침(물받이, 水卵工, apron) 길이(L)는 일반적으로 다음 공식에 의하여 산출한다.

$$L = (1.5 \sim 2.0)(H + t) - nH$$

여기서 H : 사방댐의 높이, t : 방수로 깊이(일류심), n : 반수면 비탈

상식에서 1.5는 높은 댐에서, 2.0은 낮은 댐에서 이용한다.

※ 일반적으로 간이 설계는

H+t 가 6*m* 이하 경우……2배

H+t 가 6*m* 이상 경우……1.5배

유효고가 3*m* 이하 경우……2.5~3배로 한다.

· 물받이 공사의 기울기는 계상기울기에 준하며 물받이의 끝돌림(수직벽)의 밑넣기(根入)깊이는 물받이보다 적어도 1.0*m*이상 깊게 하여야 한다.

· 물받이 두께는 보통 0.5~1.5*m*로서 댐의 높이가 5*m*일때는 0.5~1.0*m*, 댐의 높이가 10*m*일때는 1.5*m*로 하며 두께가 1.25*m*이상일 경우에는 물방석(水褥工, water cushion)을 설치한다. 물방석의 깊이는 보통 0.3~1.0*m*를 표준으로 하고 높은 댐에서는 2.0*m*내외로 한다.

※ 물받이 두께 결정공식

$$DW = \alpha(0.6H + 3t - 1.0)$$

α = 0.2 (경험수치)를 이용하기도 한다.

· 댐의 측벽은 방수로 어깨의 수직선보다도 외측 0.5~1.0*m* 이상의 후방에 기초를 두어야 하며 측변 하류단(下流端)의 천단고를 원칙적으로 부(副)댐(앞댐)의 어깨높이와 같게하며 천단 두께는 0.3~0.5*m*를 표준으로 한다.

· 본댐(本댐, main dam)과 앞댐(副댐, counter dam)은 縱斷的으로 중복되어야 하며 중복높이는 본댐높이의 1/3~1/4 정도를 표준으로 하며 다음 식에 의하여 구하기도 한다.

- 가끼(姉)의 실험식

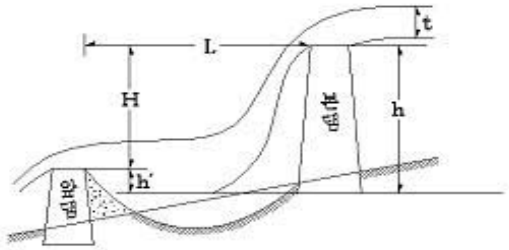
$h' = 0.6H + 3t - 1.0 - 4d$

※ h′=중복높이(*m*), H : 유효낙차(*m*),

t : 월류수심(*m*), d : 계상석력의 유수방향 길이(*m*)

- 가마의 경험식

$$h' = \frac{H+t}{6}$$



<그림 8-4-75> 본댐과 앞댐과의 관계

- 물방석의 경우

$$h' = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}\right)H$$

· 본댐과 앞댐과의 간격은 L≧(1.5~2.0)(H+t)식에 의하여 결정한다.

댐이 높은 경우 1.5, 낮은 댐인 경우는 2.0을 적용한다.

⑱ 사방 댐의 기초지반은, 충분한 지지력과 마찰저항력을 가지고, 댐하류면의 세굴 및 파이핑 등에 의한 파괴에 대해서도 안전하지 않으면 안된다.

· 측벽은 물받이의 양쪽이 월류수로 침식될 경우에 설치하며 기초바닥을 물받이를 시공하는 경우에는 기초바닥과 같은 높이로 하고 물받이를 시공하지 않을 경우에는 측벽의 상류단은 주댐의 기초저면을 한도로 하며, 하류단은 부댐의 방수로의 천단보다 1*m*정도 근입시킨다.

· 사방 댐의 기초의 밑넣기(根入) 및 양안에 있어서 댐어깨의 추가넣기(突入)의 깊이는, 지반의 불균질성과 풍화의 속도 등을 고려해서, 안전한 깊이가 되도록 하지 않으면 안된다.

· 사방 댐의 堤體와 굴착면 사이에 콘크리트 등으로 사이채움을하여 제체와 현지반을 밀착시켜서, 굴착면 풍화와 붕괴를 방지하지 않으면 안된다. 또, 제체어깨 부분의 양안의 굴착면에는 댐어깨 보강시설(석재 찰쌓기 등) 등을 설치해서 그 붕락을 방지하여야 한다.

· 사방 댐의 기초지반이 충분한 강도를 갖지 못한 곳에서는 그 상황에 따라서 기초말뚝박기공사 등의 기초처리를 하지 않으면 안된다.

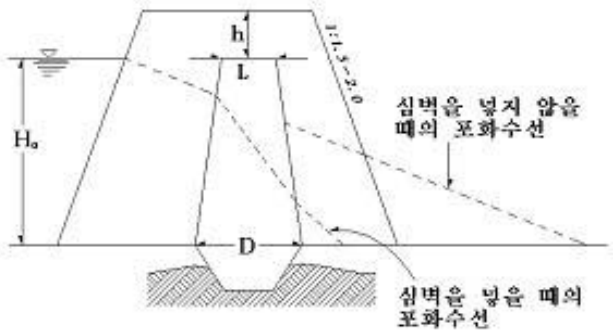
⑲ 메쌓기댐 높이는 4*m*를 최대로 하며 둑마루나비(천단폭)는 댐높이의 1/2정도로 하고 기울기는 1 : 0.3~0.5로 한다.

⑳ 혼합쌓기댐(mixed masonry dam)을 설치할 때에는 석축은 메쌓기로 하고 둑마루(堤冠) 및 반수면 방수로 부분만은 찰쌓기로 해야한다. 댐높이는 5*m*전후로 하고

댐마루나비는 0.5~3.0m, 기울기는 1 : 0.3~0.5로 하는 것이 좋다.

○ 흙댐은 石灰二和土 또는 점토로 내심벽(心壁, core wall) 또는 방수로 부분에 외심벽을 반든다. 내심벽은 방수로까지 들어가도록하고 위 넓이는 둑마루넓이의 1/2로, 외심벽의 기초로 돌 또는 콘크리트로 축조한다.

· 흙댐의 심벽은 점토의 경우 비탈기울기는 1/12~1/8, $h \geq 1.0 \sim 1.5m$, L(심벽의 상단부 두께) $\geq 1.2 \sim 2.5m$, $D \geq (1/3)H_0$로 하며, 콘크리트의 경우는 $L = 70 - 200$㎝, $D = (1/7 \sim 1/6)H_0$로 한다



<그림 8-4-76> 흙댐의 심벽과 포화수선의 위치

· 흙댐의 높이는 보통 높이 2~5m, 반수면 기울기는 1 : 2, 대수면 기울기는 1 : 1~2, 댐마루나비는 $\frac{\text{댐높이}}{5} + 1.5m$로 한다.

· 방수로는 돌붙이기나 콘크리트붙이기를 하며 때로는 댐 밑부분을 보호하기 위하여 물받침을 설치하기도 한다.

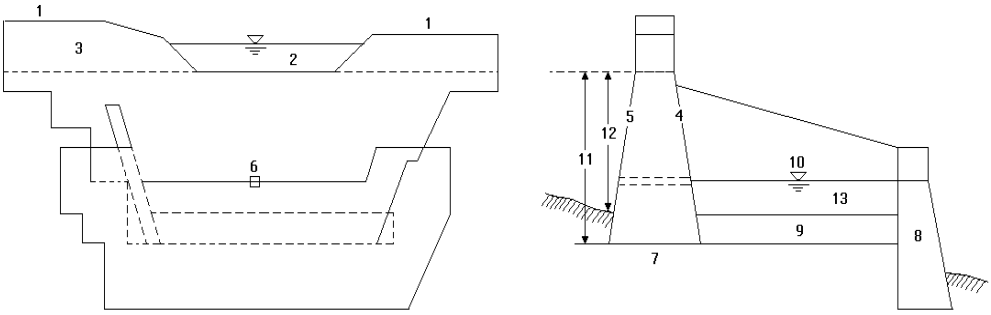
○ 통나무댐은 질이 좋은 석재가 없고 운반이 불편한 곳에서 적당하지만 안정도가 낮고 부패하기 쉬우므로 별로 시공하지 않는다. 높이는 4m이하로 한다.

○ 돌망태댐은 돌망태의 유연성을 이용하여 돌망태를 조립하고 축설하는 댐으로 땅밀림지대, 산사태지 등 연약지반에 설치하면 효과적이다. 터파기는 1m정도로 하고 말뚝으로 제체를 유지해야 하며 높이는 3m이하로 한다. 철선등이 부패하기 쉬워 내구성이 낮으므로 지반이 안정되면 콘크리트로 피복하는 것이 좋다.

○ 콘크리트 틀댐(concrete crib dam)은 콘크리트블록으로 틀을 만들고 내부에 호박돌을 채워 축설하는 댐으로 모래와 자갈이 많은 야계에서 이용된다. 댐의 높이는 3~5m로 한다.

○ 호박돌 콘크리트댐은 거푸집을 사용하여 내부에 호박돌 콘크리트를 채워 축설하는 댐으로 상하류면과 댐마루(천단)를 표면콘크리트로 10㎝정도 바르고 기초바닥에도 15~20㎝의 기초 콘크리트 치기를 한다.

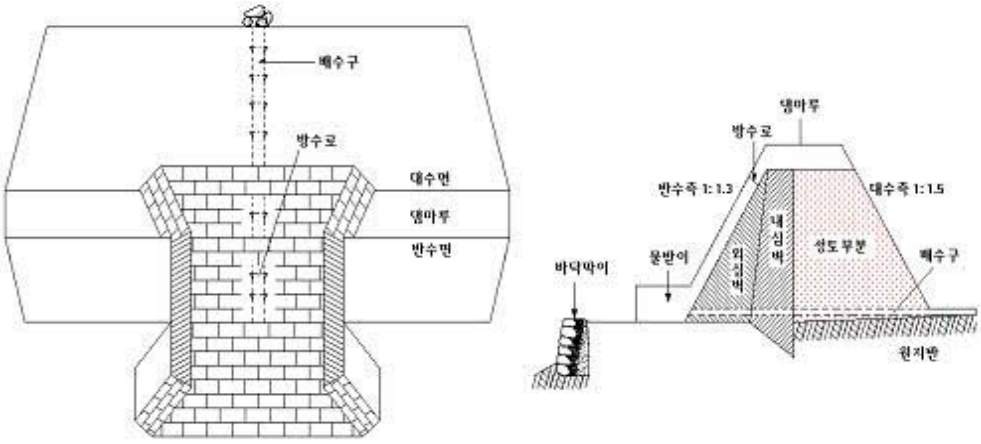
○ 鐵鋼製 틀댐은 종래의 틀구조(기성 콘크리트 틀)에서 나타나는 탄력성의 부족을 탄성이 큰 강제를 이용하고 연결부분을 핀구조로 함으로써 구조물의 탄력성을 개선하려는 공법이다. 시공이 용이하고 工期가 단축되며 경제적이다.



< 정면도 > < 측면도 >

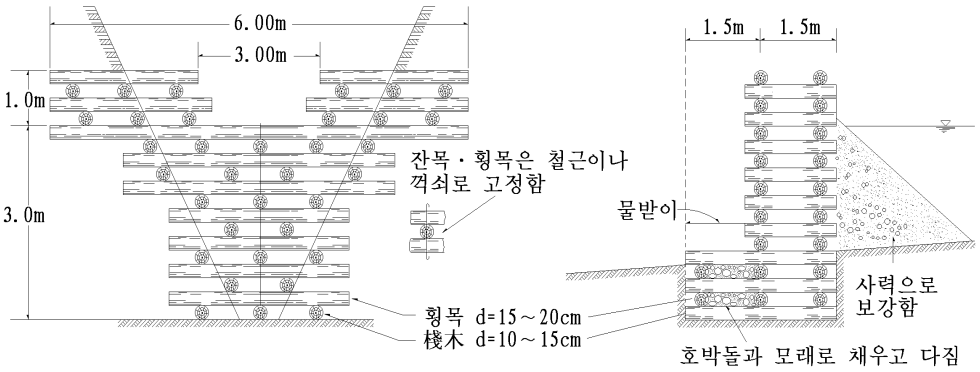
1. 댐둑마루 2. 방수로 3. 댐둑어깨 4. 반수면 5. 대수면 6. 물빼기구멍 7. 댐둑밑
8. 앞댐 9. 물받이 10. 측벽 11. 댐높이 12. 댐유효높이 13. 물방석(water cushion)

a. 콘크리트 사방댐



< 정면도 > < 측면도 >

b. 흙댐



c. 통나무댐

<그림 8-4-77> 사방댐의 종류별 구조도

4.6.3.2. 수질정화댐(水質淨化댐, water turbidity control dam)

水源貯水池, 水源溪流의 取水施設지로 유입되는 탁수(濁水), 산간 소계류 주변의 산업시설, 휴양시설 등지에서 배출되는 오폐수의 수질을 정화하기 위하여 설치하는 시설물로서 鋼製틀댐, 스크린(screen)댐, 슬릿트(slit)댐 등이 있다.

가. 시공장소

- 산지 또는 계류가 황폐되어 호우시 汚濁度가 높은 물이 흐를 우려가 있는 계천
- 광산, 공장, 골프장, 휴양시설 등이 있는 하류계천
- 마을 등으로부터 汚廢水가 유입되는 계천

나. 시공요령

① 제틀댐(steel crib dam)은 鐵鋼製틀(길이 20*m* 이상)에 정화매체인 자갈(호박돌), 숯, 활성탄을 채워 계류에 축설하는 수질정화공법으로 시공지에 강제틀 설치장소를 충분히 굴착한후 철강제틀 조립(주철골 골격조립, 바닥스크린 조립, 상·하면 철사각봉 조립, 측면 철사각봉 조립, 볼트의 점검 및 완전조이기), 철강제틀 속에 돌(호박돌) 채우기, 정화필터 채우기(활성탄, 목탄), 덮개스크린 조립, 도장 및 보수, 토사 되메우기 순으로 작업을 실시한다.

- 야계사방의 바닥막이 및 사방댐 공작물과 정화시설은 병행시공을 원칙으로 하고 여건에 따라서는 정화시설을 따로 시공할 수 있다.
- 정화시설의 구조물은 철강제틀을 사용하고, 유실토사 또는 낙엽, 낙지, 流木에

의하여 정화시설이 매몰되지않게 하기위하여 그 상류에 스크린댐(screen dam) 또는 슬릿트댐(slit dam)을 콘크리트 혹은 철강으로 설치하여 정화시설의 기능이 지속적으로 유지되도록 한다.

· 정화시설 규모 중 폭은 계폭에 의하고, 길이가 길수록 효과적이므로 20m 이상으로 하며 철강제틀 중앙의 높이는 홍수시 수위로 한다.

· 정화필터(활성탄과 목탄)를 넣는 폭은 0.5m 정도가 적당하나 토사유입이 많은 계류의 경우에는 메워진 토사를 파낼 수 있도록 폭을 넓게 할 수도 있다.

· 유수량이 적은 계류에는 정화시설(철강제틀) 하류에 바닥막이를 설치하여 유수가 바닥막이의 방수로를 월류하도록 시공하여야 한다.

· 철강제틀에 채움돌은 원칙적으로 직경 15㎝~30㎝의 자갈, 호박돌, 막돌, 깬돌을 사용한다. 직경이 작은돌을 혼입하는 경우에는 채움돌이 틀밖으로 빠질 수 있으므로 다음과 같이 시공하여야 한다.

- 철강제틀 전면에 눈금이 촘촘한 철망을 부친다.
- 직경이 큰 돌을 철강제틀의 바깥쪽으로 채운다.

· 계류수가 누수되지 않고 수질정화시설(철강제틀) 내부로 유출되도록 계상의 바닥과 측벽을 콘크리트 또는 점토치기를 하여야 한다.

· 중기를 사용하여 자갈, 호박돌, 깬돌을 철강제틀 속에 채울때에는 중기가 철강제틀에 충격을 주지 않도록 주의하여야 한다.

· 되메우기, 다지기 등 작업을 할 때에 중기가 철강제틀에 올라가지 않도록 하여야 한다.

· 되메우기 돌 또는 흙은 다짐기구 등을 사용하여 충분히 다지기를 실시하여야 하나 이때 철강제틀에 지나친 압박을 가하지 않도록 하여야 한다.

· 철강제틀을 구성하는 자재는 볼트, 넛트로 조립하기 때문에 안전사고에 주의하고, 특히 넘어짐의 방지를 위하여 돌채움 전에 버팀강을 틀의 전면에 대야 한다.

② 스크린 댐(screen dam)은 투수형으로 철강제 스크린과 철강판을 사람 “人字形”으로 조립한 것을 H형강으로 지탱케 하는 부벽(扶壁)댐을 말하며 기초부 및 양안의 접속부분은 침식방지를 위하여 콘크리트 구조물로 시공한다.

산사태지 등에서 떠내려오는 모래자갈의 크기가 작은 계류에 있어서는 야계정화시설이 스크린 효과로 토사에 의해 매몰되지 않도록 상류부에 토사퇴적을 충진시킬 필요가 있는 경우에 시공한다.

이 댐은 스크린 효과에 의하여 벌채적지 등 임지등에서 지조, 낙엽, 지피물 등의 유출방지를 목적으로 할 경우 적합하며 단기간에 시공할 때 유리하나, 큰돌의 충격이나 측방으로부터 압력을 받을 위험성이 있는 장소는 피하는 것이 좋다.

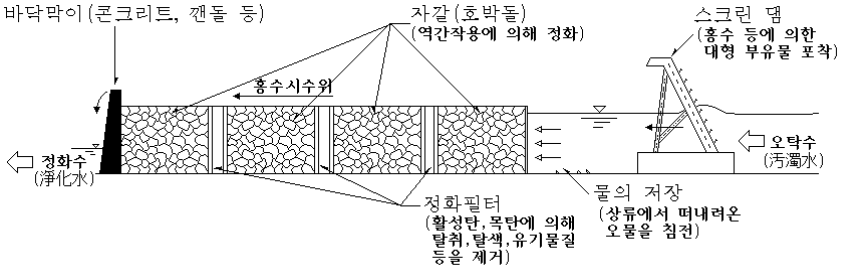
③ 슬릿트 댐(slit dam)은 철근 콘크리트 또는 원통형 철강제 기둥을 빗살 모양으로 세워 홍수시 급격한 流木 및 토사의 유출을 방지하고 평상시에는 퇴적된 토사를 서서히 유하시키는 기능을 갖고 있다.

황폐산지에서 유출되는 토사와 굴러내려온 돌이 혼입되어 있을 경우에는 토사를 서서히 유출시킴으로써 전석에 의한 재해를 방지하기 위하여 시공하는 경우가 많다.

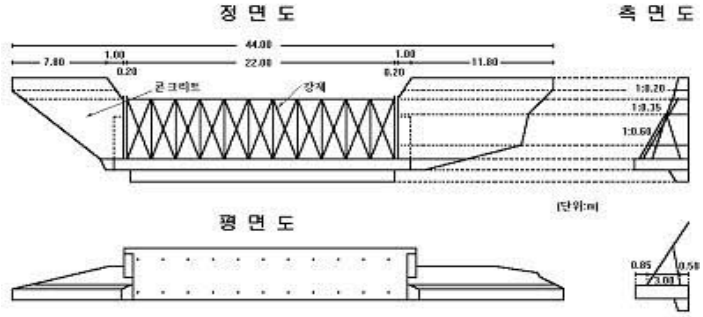
이 댐은 토사 및 전석의 급격한 유출을 고려하여 댐체 파괴에 대한 안정에 충분한 주의를 하여야 한다.

※ 淨化媒體의 정화기능

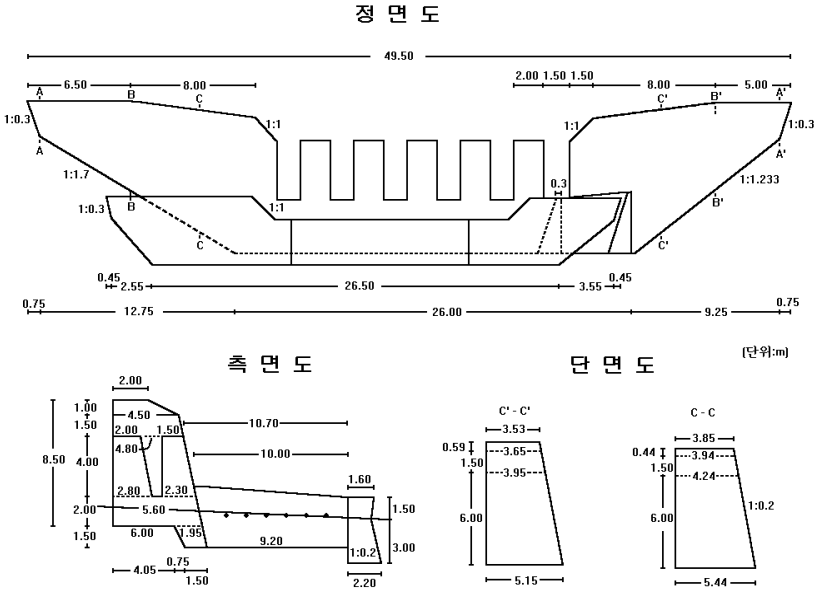
- 자갈의 礫間作用 : 호박돌에 부착하는 미생물에 의한 유기물의 분해(水質淨化)가 이루어진다. 하천의 자정작용(自淨作用, self purification, natural purification)도 같은 원리인데, 이 경우에는 부착미생물막(付着微生物膜)이 河床에 하나의 층(層)으로 존재하나 본 공법은 수질정화기능을 높이기 위해서 철강제틀에 채운 호박돌에 형성되는 多層의 부착미생물막에 의해 정화기능을 증대시키는 것을 목적으로 한다.
- 活性炭 : 활성탄은 탄소를 다량 함유하고 있으며, 대단히 강력한 흡착성을 가지고 있다. 일반가정에서는 냉장고의 脫臭材 등으로 널리 이용되고 있다. 수질정화재로서는 냄새, 색, ABS(세제 등), 농약, 기름 등의 흡착에 효과가 있다. 상수도, 하수도, 공장폐수, 생활폐수 등의 수질정화에 광범위하게 이용되고 있다.
- 목탄 : 목탄은 목재를 태우거나 탄화한 것으로 태우는 단계에 수분 등이 증발되면서 微細空間이 만들어 지는데 목탄 1그람당 孔隙表面積은 200~300평방미터이다. 이와 같은 미세한 공간은 각종 물질을 흡착하는 효과가 있다. 또한, 목탄은 화학적 및 생물학적 작용을 받지 않는 대단히 안정되어 있기 때문에 미생물의 서식처로 아주 알맞다. 미생물은 목탄에 의하여 흡착되는 오염물질을 營養源으로하여 繁殖하며 분해(淨化)된다.



a. 수질정화댐(강제틀댐)



b. 스크린 댐



c. 슬릿트

<그림 8-4-78> 수질댐의 종류별 구조도

4.7. 설계 검토 및 검사

4.7.1. 설계내역 검토

사방사업 설계서는 실무에서 두가지로 분류된다. 국가가 시행하는 사방사업 설계서와 국가외의 자가 시행하는 사방사업 설계서로 구분된다.

국가시책 사방사업은 사방사업법에 의한 사업종별 구분에 따라 산림청기준사업비와 실시요령에 의거 사방사업 시행청에서 설계하여 자체설계점검으로 시행하게 되나, 지방자치단체, 공공단체, 기타 국가이외의 자가 재해예방, 산림형질변경허가지복구, 토석채취적지복구등의 목적으로 사방사업을 시행하고자 할 때에는 원인자가 설계하여 담당공무원의 승인을 득하여 시행하도록 규정하고 있다.

따라서 설계내역 검토사항도 사방사업 목적에 따라 구분될 수 있으나 일반적인 검토사항과 특수목적에 대한 검토유의 사항은 다음과 같다.

4.7.1.1. 사방사업설계서 일반적인 검토사항

가. 기초조사의 정확도 여부

현지를 점검하여 시공면적과 설계설명서 내용의 타당여부를 검토

나. 적지 적공법 적용 여부

설계기초조사야장(복구견취도), 구조도와 현지를 대조하여 현장조건에 부합되는 공종과 규격이 적용되었는지를 검토

다. 공종별 적정수량 반영여부

전반적으로 완벽하게 복구될 공종별 적정수량이 반영되었는지를 산림청 기준을 참조하여 현장과 적합여부를 검토

라. 정부 표준품셈 적용여부

작업종별 품셈적용이 과다 또는 과소 적용되었는지를 검토

마. 각종자재의 적정설계 여부

현지 구득 가능 자재의 활용, 친환경 자재활용, 견고도, 단가 등을 적정하게 반영

하였는지 검토

바. 적산 방법 및 정확성 여부

산출공식적용과 계산방식이 정확한지, 이중계산 또는 계산누락 등을 검토

사. 각종 도면 작성의 적정여부

측량결과에 따른 도면의 정확도, 축척 등을 검토

아. 규정양식 사용 및 편철순서 적정여부

법령에 규정된 양식에 맞는 용지를 사용하였는지, 편철순서와 누락 된 것은 없는지를 검토

4.7.1.2. 산림형질 변경허가지 복구설계서 검토사항

가. 절토. 성토면의 경사도가 토사정지각을 유지하고 있는지 여부 및 단(段) 설치가 적정한지 여부

○ 토질별 토사정지각 불일치시 비탈면고루기 설계검토

○ 경사도별 계단폭과 단연장 검토

나. 토사의 유출, 무너짐을 방지하기 위한 시설이 적정한지 여부

○ 흙막이, 골막이, 보막이, 기슭막이, 옹벽, 파일박기등의 적정설계 검토

○ 호우시 토사유출로 인한 하류 피해우려지의 사방댐 검토

다. 배수시설이 적정한지 여부

○ 돌림수로 설치 여부

○ 수량에 적당한 수로공종 선택여부 : 떼, 돌, 콘크리트, 흄관 등

○ 용출수에 대한 배수처리 적정여부 : 암거배수공

라. 절토. 성토사면의 녹화를 위한 공법이 적정한지 여부

○ 사방공법에 의한 조기녹화 가능여부 검토

마. 특수공법이 필요한 지역은 특수공법의 추가여부와 조경수 식재, 건물철거, 방재 시설 등이 적정한지 여부

○ 경관저해가 우려되는 지역(절토・성토면등)에는 차폐조림, 조경수식재, 네트, 론생, 피아그린, 녹생토 등 특수녹화 공법 검토

바. 기타 설계내역이 적정한지 여부(일반검토사항)

※ 건축을 위한 대지조성 목적으로 산림형질변경허가를 받은 경우에는 복구설계서

에 건축법령(건축법 제30조, 제72조. 동법 시행령 제118조. 동법 시행규칙 제 25조, 제41조등)에 정하고 있는 대지의 안전을 고려한 내용이 포함되어 있는지를 검토하여야 한다.

4.7.2. 준 공 검 사

4.7.2.1. 준공검사 규정

가. 법령근거 : 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 제14조. 동법 시행령 제55, 56, 57조. 동법 시행규칙 제68조.

나. 검사기간 : 계약상대자로부터 당해계약의 이행을 완료한 사실을 통지받은 날부터 14일 이내(단, 재정경재부원장관이 정하는 경우 7일 범위내 연장가능)

※ 천재 지변등 불가항력적인 사유로 인하여 규정기간 내에 검사를 완료하지 못한 경우에는 당해사유가 소멸한 날로부터 3일 이내에 검사를 완료하여야 한다.

다. 계약 상대자의 계약 이행내용의 전부 또는 일부가 계약에 위반되거나 부당함을 발견한 때에는 지체없이 필요한 시정조치를 하여야 한다.

※ 계약 상대자로부터 그 시정을 완료한 사실을 통지받은 날부터 14일 이내 준공검사 하여야 한다.

라. 검수자는 검사조서를 작성하여야 한다.(단. 계약금액 2천만원 이하인 경우 생략할 수 있다.)

마. 감독의 직무와 검수의 직무는 겸 할 수 없다.

4.7.2.2. 준공검사 요령

가. 준공검사를 담당하는 공무원은 현장감독관 및 계약자 또는 그 대리인의 입회하에 다음 사항을 검사하여야 한다.

① 설계서・설계도에 적합하게(수량, 치수) 시공되었는지 여부

② 사용된 자재의 규격, 품질에 대한 시험을 실시하였는지의 여부

③ 관급자재의 수불실태 및 처리의 적정 여부

④ 지하 또는 기초부분의 시공확인과 시공과정을 촬영한 사진의 확인

⑤ 공사시 공사 현장감독관이 작성한 제반기록에 대한 검토

⑥ 설비의 제거 및 현지정리 상황(토취장 등 자재채취지 포함)

나. 수중, 지하 또는 구조물의 내부, 저부 또는 시공 후 매몰되어 사후검사가 곤란한 부분에 관한 검사는 현장감독관이 작성한 제반기록, 사진, 검수확인서류 등을 근거로 하여 검사를 행한다.

다. 준공검사를 담당한 공무원은 소정서식에 의한 검사조서를 작성하여 계약담당관에게 제출하여야 한다. 이 경우 검사조서에는 감독조서와 공사기록사진(착공전 전경, 중요한 부분의 시공광경 또는 준공후의 전경을 수록한 것)을 첨부하여야 한다.

연구신서 제 14 호

숲가꾸기 표준 교재 전자책

- Ⅷ. 산림토목 -

2007 년 5 월 일 인쇄
2007 년 5 월 일 발행

발 행 인 : 정 광 수
제 작 처 : 고객지원과

발 행 처 : **국립산림과학원**
서울특별시 동대문구 청량리2동 207
전 화 : (02) 9612-592
F A X : (02) 967-5101
인 쇄 : **웃고문화사** ☎ (02)2267-3956

■ 종이도 나무에서 나옵니다 <비매품>

ISBN 89-8176-250-3 93520
ISBN 89-8176-243-6 (전8권)