

# 사 방 공 학

## ● 사방사업 [제1장. 토양과 침식]

황폐지를 복구하거나 산지 기타 토지의 붕괴, 토사의 유출 또는 모래 날림 등을 방지 또는 예방하기 위하여 공작물을 설치하거나 식물을 파종·식재하는 사업 또는 이에 부수되는 경관의 조성, 수원의 함양을 위한 사업  
 \* 산림청장 : 5년마다, 사방사업기본계획 수립.시행

## ● 사방사업의 구분

- ◇ 산지사방사업 : 산지에 대하여 시행하는 사방사업(산사태예방/산사태복구/산지보전.복원 사업)
- ◇ 해안사방사업 : 해안 모래언덕에 대하여 시행하는 사방사업(해안방제림조성/해안침식방지 사업)
- ◇ 야계사방사업 : 산지의 계곡, 산지에 접속된 시내 또는 하천에 대하여 시행하는 사방사업 (계류보전.복원/사방댐설치 사업)

## ● 사방사업의 효과

직접적 효과	간접적 효과	공익적 효과
산지침식 및 토사유출방지	하천공작물의 보호	재해방지 - 국토보전
산복붕괴 방지	각종 용수의 보전	수원함양
홍수조절 및 수원함양	자연환경의 보전	생활환경 보전
하상 물때 완화 및 계류 보전	경지 및 택지의 조성	- 대기정화/기상완화
비사의 고정	정책상의 효과	- 방음.방풍.방조(防潮)
경지 매몰 방지		

\*\* 정책상의 효과는 공익적 효과로 분류하기도 함

## ● 물의 순환

- ◇ 수류 : 수면에 경사가 있을 때 중력에 의해 물의 입자가 연속적으로 움직이는 상태  
 수류는 시간과 장소를 기준으로 정류와 부정류, 정류는 다시 등류와 부등류로 나눈다
  - 정류 : 유적, 유속, 흐름의 방향이 시간에 따라 변화하지 않음 (일반 하천)
    - \* 등류 : 수류의 어느 단면이나 '유적, 유속, 흐름의 방향'이 같은 하천(자연하천은 엄밀한 의미의 등류구간 없음)
    - \* 부등류 : 수류의 단면에 따라 '유적, 유속, 흐름의 방향'이 변화하는 하천
  - 부정류 : 유적, 유속, 흐름의 방향이 시간에 따라 변화함 (홍수 하천)
    - \*\*\* 수류는 물 분자의 운동상황에 따라 층류(層流)와 난류(亂流)로 구분한다.
- ◇ 침투 : 물이 지면으로부터 땅 속으로 스며드는 것(관수형/살수형/유수형 침투계로 측정)
- ◇ 투수 : 땅속에서의 물의 이동
- ◇ 침윤 : 투수된 물이 중력의 영향으로 지하수면에 도달하는 현상
- ◇ 저류 : 어떤 공간에 물이 존재하는 현상 또는 그 물의 양
- \* 유출 : 강우의 일부분이 지표상의 각종 수로에 도달하여 하천의 물을 형성하는 현상

- 강우의 특성
  - ◇ 홍수 발생의 우려 : 1일 강우량이 80mm 이상, 시우량이 30mm 이상일 경우
  - ◇ 산사태 및 홍수의 재해 : 연속 강우량이 200mm 이상일 경우

- 강우강도 : 단위시간에 내리는 강우량(mm/hr)의 척도. 지속시간은 강우가 계속되는 시간의 길이  
 \*\*\* 토양침식면에서의 위험강우 : 10분간에 2mm를 초과하는 때

- 강수량 : 어느 유역에 공급되는 물의 양 : 강수량(P) = 증발량(RO) + 증산량(E) + 유출량(T)  
 P: 강수량 RO: 증발량 E: 증산량 T: 유출량  
 \* 유역의 평균강수량 : 평균강수량(Pm) = 관측지점별 강수량합계(P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>+P<sub>3</sub>...+P<sub>n</sub>) / 관측지점 수(N)  
 Pm: 평균강수량 P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>...+P<sub>n</sub>: 관측지점별 강수량합계 N: 관측지점의 수  
 \*\*\* 각 관측지점의 면적은 서로 다른 경우에도 고려하지 않음

\*\*\* 강수량 산정법 : 산술평균법(강우분포 균일)/등우선법(강우량에 산악의 영향 고려)  
 Thiessen법(강우량에 산악효과 무시. 강우량 불균일. 우량계 분포상태 불균등)  
 ⇒ 산술평균법보다 정확하여 가장 널리 이용

\*\*\* 소실수량(증발산량과 같음) = 강수량 - 유출량  
 \*\*\* 임내 강수량 구성요소 : 수관 적하우량 + 수관 통과우량 + 수간 유하우량

- 유속(m/s) : 물 흐름의 속도, 평균속도 V로 표시 \*  $유속(V) = \frac{유량(Q)}{단면적(A)}$   
 \*\* 유속이 두 배가 되면, 토양운반력은 2<sup>5</sup>인 32배, 토양침식력은 4배가 된다.
- 유적(m<sup>2</sup>) : 물 흐름을 직각으로 자른 횡단면적, A로 표시  
유로단면적, 폭X깊이
- 유량(m<sup>3</sup>/s) : 단위시간에 유적을 통과하는 물의 용량, Q로 표시 \*  $유량(Q) = 단면적(A) \times \text{평균유속}(V)$

- 평균유속 \*\*\* Manning 공식에서 R이 무엇인지 출제하기도!! \* Basin, Kutter 공식도 있다.  
 \* Chezy공식 :  $V=c\sqrt{RI}$  \* Manning 공식 :  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$   
 V : 평균유속(m/s) c : 유속계수 R : 경심(A/P) A : 수로의 횡단면적(유적, m<sup>2</sup>) P : 윤변=윤주(m)  
 I : 수로의 기울기=배수관 물때(%) n : 유로조도계수(1.130보통하천~0.055황폐계천)

\*\*\* 경심(유수의 평균깊이, 동수반지름) = 유적 / 윤변  
 \*\*\* 윤변 = 윤주 : 배수로의 횡단면에서 물과 접촉하는 배수로 주변 길이

- 임계유속 : 층류에서 난류로 변화할 때의 유속. 계상에서 침식을 일으키지 않는 경우의 최대유속  
 \*\*\* 평균유속과 임계유속이 같을 경우 : 유수가 사력으로 포화된 상태임

- 시우량(hourly rainfall, 時雨量 : 1시간 동안 내린 강우량)  
 \* 최대시우량이란 최고 수위 때의 최대홍수유량을 말한다

- ◇ 유역면적에 의한 최대시우량(시우량법, Lautterburg공식)  

$$Q = K \times \frac{a \times m}{1,000 \times 60 \times 60}$$
 Q : 1초 동안의 유량(유출수량, m<sup>3</sup>/s) K : 유거계수 또는 유출계수  
 a : 유역면적(m<sup>2</sup>) // m : 최대시우량(mm/h)  
 \*\* 축약공식 :  $Q = Kam / 360만(3,600 \times 1,000)$

- ◇ 유역면적의 단위가 km<sup>2</sup>일 때(합리식법) :  $Q = 0.2778 CIA$  C:유거계수 I:강우강도(mm/h) A:유역면적(ha)

- ◇ 유역면적의 단위가 ha일 때(합리식법) :  $Q = \frac{1}{360} \times CIA = 0.002778 CIA$  \*\*\* 0.2778CI : 비유량

[ K : 유거계수 0.35~0.45 임상이 좋은 산지유역 // 0.55~0.60 임상이 좋지 않은 산지유역  
 0.75~0.85 황폐가 심한 유역 // 1.0 황폐가 심한 민둥산 유역 ]

● 산지침식과 형태구분

◇ 산지침식의 구분

- 정상침식 : 토양형성 작용으로 인한 자연침식을 말하며, 지질학적 침식이라 한다
- 가속침식=이상침식 : 정상침식보다 더 빠른 침식으로, 주로 사람에 의한 지피식생의 파괴와 물이나 바람 등의 작용에 의하여 이루어진다.

- \* 수식(물에 의한 침식) : 우수(빗물)침식, 하천침식, 지중침식, 바다침식
- \* 풍식(바람에 의한 침식) : 내륙사구침식, 해안사구침식
- \* 중력침식 : 붕괴형 침식, 지활형 침식, 유동형 침식, 사태형 침식

◇ 수식(물에 의한 침식)의 유형

- 빗물침식 : 빗물에 의한 침식은 빗방울침식, 면상침식, 누구침식, 구곡침식의 순으로 이루어진다  
흐르는 물에 의한 침식 X
- \* 우격침식(빗방울침식, 타격침식) : 빗방울이 땅 표면의 토양입자를 타격하여 분산 및 비산시키는 것
- \* 면상침식(평면침식, 층상침식) : 침식의 초기유형으로 토양표면 전면이 얇게 유실됨
- \* 누구침식(우열침식) : 침식의 중기 유형으로 토양표면에 잔 도랑이 불규칙하게 생기면서 깎이는 현상
- \* 구곡침식(세류침식) : 침식이 가장 심할 때 생기는 유형으로 도랑이 커지면서 표토와 심토까지 심하게 깎이는 현상
- \* 야계침식(계천침식, 계간침식) : 자연계천이나 하천에 의한 침식 \*\* 계간(溪澗) : 시내 溪, 계곡의 시내 澗
- 하천침식 : 하천제방으로부터 토사의 제거 또는 하천 내 흙의 이동 \*\* 야계(野溪) : 산지에 접속된 시내 또는 하천
- 지중침식 : 지표면 밑에서 물이 땅속을 통과할 경우, 그 통로에 있는 흙을 침식하고 운반
- 바다침식 : 바닷물에 의해 바다 바닥이나 연안에서 일어나는 침식

\*\*\* 침식의 종류별 특성 : 교재 395~396 \*\*\* 경사도 15% 이하 : 등고선재배, 등고선-대상재배  
 15~25% : 초생대재배, 배수로설치재배  
 25% 이상 : 계단식재배

\*\*\* 토양 침식에 관여하는 인자 : 강우량, 경사도, 토양의 성질, 지형, 기상조건, 식생, 지표면의 피복상태 등

\*\*\* 토양의 내식성 : 점토 및 교질함량, 수분함량, 팽윤도, 가소성이 적을수록 내식성이 크다.

● **침식 붕괴의 유형(중력에 의한 침식) : 중력의 영향으로 비탈면에서 토사력의 지괴가 이동하는 침식의 특수형태**

- ◇ 붕괴형침식 : 급경사지 또는 흩비탈면에 깊은 토층이 강우때 물로 포화되어 응집력을 잃어 무너져내리는 형태
  - 산사태 : 호우로 **산정부에서 가까운 산복부**의 흩층이 물로 포화 팽창되어 계류를 향해 연속적으로 길게 붕괴되는 현상
  - 산붕 : 산사태와 같은 원인으로 발생하지만 규모가 작고 산허리 이하인 **산록부**에서 많이 발생
  - 붕락 : 인위적인 흩비탈면에서 장기간의 강우나 융설수 등으로 토층이 포화되어 균형이 무너져내리고 무너진 토층이 주름이 잡힌 상태로 정지하는 현상
  - 포락 : 계천의 흐름(유수)에 의한 가로침식작용으로 침식된 토사가 무너지는 현상(계천의 유수와 밀접한 관계)
  - 암설붕락 : 돌부스러기로 구성된 비탈면에서 중력의 작용으로 밀려내리는 침식현상

◇ 동상(凍上)침식 : 비탈면 위에 과습한 토양이나 기타 다른 포화된 입상물질이 서서히 밀려 내리는 침식현상

◇ **지활형(땅밀림) 침식** : 땅 속의 점착력·전단력이 약한 부분에서 점차 비탈면 아래로 미끄러져 밀려내리는 현상. 5~20°의 완경사지에서 발생. 침식이동속도 0.01~10m/day로 느림. 재발 가능성 큼 침식규모 1~100ha로 넓다. 토괴의 흐트러짐이 적고 원형을 보존하며 이동. 주로 점질토로 된 곳에서 많이 발생하며, 지하수의 영향이 크다.

\* 전단(剪斷) : 벨, 자를, 가위 剪 // 끊을 斷

◇ 유동형 침식 : 붕괴형·지활형 침식의 결과로서 그 유동물에 의해 침식이 일어남

\*\*\* 붕괴의 3요소 : (붕괴)평균경사각/(붕괴)면적/(붕괴)평균깊이 (**붕괴방향·붕괴위치 X**)

※ 산사태의 유형 \*\*\* 산사태 우려지역 : 경사의 변환점 / 산지의 상부가 급경사인 곳 / 하강사면 / 토층이 미풍화토양 또는 기반암인 곳/토층바닥에 암반이 깔려있는 곳

◇ 발생위치에 따라

- 산복붕괴 : 지표면 또는 토양단면상의 불연속이 원인이 되어 산복부에서 발생
- 계안붕괴 : 계류의 중형침식작용에 의하여 계안에서 발생 \* 계안(溪岸) : 계곡의 기슭, 비탈진 곳의 아랫부분
- 와지붕괴 : 집수가 원인이 되어 산복과 계안사이의 토심이 비교적 깊은 웅덩이에서 발생  
\* 와지(窪地) : 움푹 패어 웅덩이가 된 땅

◇ 평면형에 따라

- 수지상 : 지형이 복잡하고 유수가 모여드는 하강 및 평형사면의 산복유로에서 발생한다
- 패각상 : 경사가 짧고 급한 사면, 경사가 길고 변곡점이 있는 사면(강수가 집수되는 凹형 사면)에서 발생한다
- 선상 : 지형이 단순하며 유로가 좁고 경사가 긴 하강사면이나 평형사면의 유로변에서 발생한다
- 판상 : 표토 밑에 단단한 암반층이나 불침투성 모재층이 있는 지역에서 발생한다

※ 산지 침식의 지배요인 : 기상요인(강우량 등), 지형요인(경사도 등), 지질· 토양요인, 식생요인, 산지관리요인,

- Musgrave 방정식 :  $E = T \times S \times L \times P \times M \times R$

E:토양의 침식, T:토양의 종류, S:경사도, L:비탈면의 길이, P:토지관리방법, M:침식방지시설 R:강우량

- 만능토양유실방정식 :  $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$  A:토양유실량 R:강우의 침식성지수, K:토양의 침식요인, L:비탈면의 길이요인, S:경사도요인, C: 물지배요인 P: 양보전공법요인

● **제2장. 비탈면 안정 · 녹화**

◇ 인공비탈면 : 훼손지[흩갯기 비탈면(절토사면, 절개사면), 흩쌓기 비탈면(성토사면), 취토·사토장, 채석·채광지]

◇ 비탈면 붕괴원인 : 자연적 요인 : 강우, 침식, 지형, 지질, 토질, 지하수(수위상승), 지진 등

인위적 요인 : 흩갯기, 흩쌓기, 댐, 임도 등

\*\*\* 안식각(安息角) : 안정된 비탈면이 수평면과 이루는 각도. 비탈의 안정을 위해서는 비탈면의 기울기를 안식각보다 작게 한다.

\*\*\* 비탈면 안정해석 : 안정률 사용(안정률 : 비탈의 활동면에 대해 흩의 전단강도를 현재의 전단응력으로 나눈 값)

\* 응력[應力] : 물체가 밖으로부터 가해지는 힘에 저항하여 본디 모양을 그대로 지키려는 힘

\* 전단(剪斷)강도가 낮을수록 붕괴되기 쉽다.(예 : 전단강도는 흩의 가장 중요한 성질로, 기초의 하중이 전단강도 이상이면 흩이 붕괴,전도된다.)

\* 전단(剪斷) : 벨 剪, 끊을 斷

● **비탈면 기울기의 표준**

구 분	기 울 기	비 고	
토사지역	1 : 0.8 ~ 1.5	토사지역은 절토면의 높이에 따라 <small>큰 비탈면</small> 소단(높이 2~3/3~5/5~7m)마다, <b>폭 50~100cm</b> 설치	
암석지	경암		1 : 0.3 ~ 0.8
	연암		1 : 0.5 ~ 1.2

● 비탈면 안정공법 : 보강공법+지반개량공법

1. 비탈면 보강공법 \* 비탈다듬기공법이 비탈면안정공법 중 보강공법인지 녹화공법인지?

- \* 비탈다듬기공법 : 경사를 완화시켜 비탈면의 안정성을 증대시키는 공법, 흙비탈면.암반비탈면에 적용
- \* 철근삽입공법(마이크로파일공법) : 천공 후 땅속에 강관을 삽입하고 시멘트 밀크를 주입하여 소구경 파일을 형성하는 공법, 흙비탈면에 적용
- \* 록볼트공법 : 암블럭과 기반암을 록볼트로 연결시켜 암반을 안정화 시키는 공법, 암반비탈면에 적용
- \* 록앵커공법 : 앵커의 인장력으로 암반블럭의 전단 저항력을 증가시켜 암반을 안정화시키는 공법, 암반비탈면에 적용. 추가적인 토지확보 필요
- \* 소일네일링공법: 천공 후 땅속에 철근이나 록볼트를 삽입하고 시멘트로 고결시키는 공법, 흙비탈면에 적용. 추가적인 토지확보 필요
- \* 옹벽공법 : 옹벽구조물을 설치하여 옹벽이 배면토압을 부담함으로써 비탈면을 안정화시키는 공법, 흙비탈면에 적용(구조 : T형 / 부벽식 / 중력식 옹벽 등)
- \* 다웰바공법 : 국부적인 탈락이 예상되는 암블럭에 다웰바를 설치하여 블럭의 탈락을 방지시키는 공법, 암반비탈면에 적용

2. 비탈면 지반개량공법

- \* 주입공법 : 시멘트나 약액을 주입하여 지반을 강화시킴, 토사에서 경암까지 범위가 넓음
- \* 기 타 : 이온교환공법, 전기화학적 공법, 시멘트안정처리공법, 석회안정처리공법, 소결(가열)공법

● 비탈면 녹화공법 : 주로 인위적으로 만들어진 비탈면과 같은 훼손지(형질변경지)에서 토양침식을 예방하기 위한 사방기술에 경관조성 기술을 가미(국토보전, 환경보전, 경관보호)

◇ 절개지 비탈면(절개지 사면, 흙깎기 사면)의 안정과 녹화

- 모래층 비탈면 : 물의 침식에 약해서 표층**객토**작업 후 **식생**(분사식 파종공법으로 파종 후 거적피복망 덮기로 **보호**)  
-> **전면적 객토.식생공법**
- 사질토 비탈면 : 침식에 약하므로 식생공법으로 묘목을 심거나 분사식 파종공법을 사용(**전면적 식생공법**)
- 자갈이 많은 비탈면 : 강우로 인한 유실과 요철이 생기기 쉬워 **객토** 후 분사식 **파종**공법을 사용,
- 점질성 흙 비탈면 : 표면침식에 약하여 전면적 **떼붙이기**와 부분객토 식생공법을 병용함
- 경암 비탈면 : 풍화나석의 위험이 적어 암반원형을 노출시키거나 나석저지책 또는 **나석방지망덮기**로 시공하고 덩굴식물로 **피복 녹화**한다
- 연암 비탈면 : **객토**를 두껍게 하고 수평방향으로 작은 골을 파서 흙을 채우고 **콘크리트 블록격자**를 붙인다

◇ 흙쌓기 비탈면(성토사면)의 안정과 녹화

- 모래층 비탈면 : 피복토를 **객토**한 후 **식생녹화공법**으로 보호
- 사질토 비탈면 : **객토** 후 **식생녹화공법**을 도입하고 표면침식방지에 주의하며 호우시에는 임시로 비닐을 덮는다
- 점토성 비탈면 : **객토하지 않고 식생녹화공법**을 채용할 수 있다
- 자갈이 많은 비탈면 : **객토**와 **콘크리트블록 격자틀붙이기** 공법을 병행하여 **식생공법**을 채용한다
- 큰 비탈면 : 특별히 큰 비탈면에서는 **소단** 설치 후 **격자틀 붙이기**와 **힘줄박기** 공법을 병행한다
- 용수 비탈면 : **돌망태, 암거, 물빼기구멍(배수구)** 설치공법 등으로 보호한다.

\*\*\* 식생공법 : 나무심기, 풀심기, 씨뿌리기, 떼붙이기 등의 식물적 공법. 파종공법과 식재공법으로 대별

\*\*\* 토목적 공법 : 나석방지망덮기, 돌쌓기, 돌채우기, 콘크리트 옹벽 등

\*\*\* 식생공법은 자연경관의 조성(조화)에 중점, 토목공법은 비탈면 안정에 중점

\*\*\* 큰 비탈면의 경관조성 방법 : 418쪽 참조(큰 비탈면 기울기는 관목=1:2, 교목=1:3 정도로 완만하게 시공)

(큰 비탈면에는 가급적 단순화하여 식재하되, 교목이나 대묘를 식재하지 않는 것이 원칙)

◇ 녹화조경공법의 종류

1. 식생공법 : 인위비탈면을 식물로 피복 녹화하여 토양침식을 방지하고 지표면의 온도를 완화 조절하며 식물체에 의한 표토의 입자에 대한 동상붕락의 억제 및 녹화에 의한 경관조성 효과를 목적으로 시공한다

- \* 유의사항
  - 빠르고 확실히 식물피복을 완성하기 위하여 식물이 생육할 수 있는 기반을 확보한다
  - 환경에 적합한 식물을 선택하고 경관을 고려하여 사용한다.
  - 수분을 확보하고 양분을 보급해야 한다.
  - 비탈면이 연암일 경우 1:1.2보다 급해지면 식생공만으로 비탈면의 안정유지가 어려우므로, 식생공 이외의 비탈면보호(안정)공법을 검토해야 한다.

※ 식생화 공사 : 비탈면을 식생으로 피복하는 것(선베블이기, 줄베베베 다지기, 식생공, 식수공)

- 파종공법 : 씨앗뿌리기공법, 식생매트공, 식생반공, 식생근공, 식생대공, 식생혈공, 객토식생 등
- 식재공법 : 여러 수종의 혼효림 조성, 하층에 초본류를 식재하여 안정도가 높은 복층림을 유도

\* 비탈파종공법의 파종량 : 초본종자의 발생기대본수는  $4,000 \sim 5,000 \text{본/m}^2$ , 목본종자의 발생기대본수는  $1,000 \sim 2,000 \text{본/m}^2$ 이며,  
 한 종의 발생기대본수는 총발생기대본수의 **5%(5~10%)** 이하가 되도록 파종량 산출

\* 산지사방 녹화공사를 위한 묘목심기의 1ha당 식재본수 : 4,000~6,000본

2. 구조물 녹화공법 (비탈면 조경.사방공법)(비탈면 안정공법)

- 격자틀붙이기공법 : 표면정리 후 블록으로 격자를 만들고 앵커핀으로 고정시켜 격자 안에 흙채움 등을 하여 표면을 보호(모래층 비탈면에 적용)

- 채움재료 : 콘크리트(큰 힘이 필요한 곳), 조약돌 및 호박돌, 자갈(용수가 스며나오는 곳), 때(경관 고려), 흙 등

- 뿔어붙이기공법 : 분상 혹은 입상의 재료를 압축공기의 압력으로 비탈면에 뿔어붙이는 공법

- 힘줄박기공법 : 직접 거푸집을 설치하여 콘크리트를 쳐 비탈면의 안정을 위한 뼈대인 힘줄을 만들고 흙이나 돌로 채워 녹화. 혼효성 토질, 마사토질, 지하수 용출, 누수에 의한 침식이 있는 곳 등에 시공 시공작업이 용이하지 않고 시공기간이 길어 격자틀공법에 비해 비능률적

- 낙석방지공법 : 암반 비탈면에 풍화의 진행, 강우, 암반의 동결.용해, 침식, 발파 등에 의해 낙석의 위험이 있는 곳에 설치

- \* 낙석방지망공 : 코팅한 철선 또는 합성섬유로 짠 망(가로.세로 모두 4~5cm)을 비탈면에 덮고 굵은 와이어로프로 가로, 세로 방향으로 잡아끌어 앵커에 고정(합성섬유망은 100kg 이하의 돌을 대상으로 함)
- \* 낙석방지책(울타리)공 : 낙석이 도로로 유입되는 것을 차단하기 위해 울타리를 설치, 낙석방지망공만으로 낙석의 위험이 있는 곳에 설치
- \* 낙석방지옹벽공 : 낙석이 도로로 유입되는 것을 차단하기 위해 도로의 가장자리에 옹벽을 설치

- 돌망태공법 : 일정 규격의 직사각형 아연도금 철망상자 속에 돌채움을 한 돌망태를 벽돌쌓는 방법으로 쌓아 올리는 공법. 배수성.신축성.보강성.유연성.투수성.방음성 우수. 채움재료로는 쉽게 풍화되지 않고 내구성이 큰 암석을 사용(일반적으로 하천석재, 깬 잡석, 현장에서 생산되는 부순 돌 등 사용) 용수가 있는 비탈면에 적합. 작용토압이 (특별히) 큰 비탈면에는 적용 불가

- 차폐수벽공법 : 암석을 채굴하고 깎아낸 암반비탈이나 채석장 또는 절개지비탈 등이 직접 보이지 않도록 암반비탈의 앞쪽에 나무를 2~3열로 식재하여 수벽(나무벽)을 조성하는 공법

- \* 3열 식재 : 1) 중앙에 활엽수교목 1열, 그 앞뒤에 침엽수 또는 관목으로 열식
- 2) 중앙에 교목을 2열로 열식하고 앞뒤에 관목을 열식
- \* 식재 수종 : 이태리포플러, 은수원사시나무 등 속성수종 / 가중나무, 버즘나무 등의 내건성 수종 리기다소나무, 해송(곰솔), 편백나무, 측백나무 등의 침엽수

- 기타 공법

- \* 새집공법 : 암반사면에 제비집모양으로 잡석을 쌓아 내부를 흙으로 채운 후 식생을 조성하는 공법
- \* 암벽녹화 : 흙이 없는 암석 비탈을 식물로 피복하는 것
- \* 기타공법 : 평베블이기, 평베심기, 띠베심기, 분사식파종공법, 종자·비료·토양 뿔어붙이기, 비탈면 녹화식재공법 등

3. 비탈면 안정재료 : 코어넷, 침식방지제, Ep대용자재(천연토목섬유), 네일(전단강도를 높이는 보강재), 슛크리트(표면보호제), 녹생토 등

- \* 코어넷 : 코코넛 열매에서 추출한 섬유질을 5mm로 메시(mesh.網)한 제품(코코넛 섬유질 매트)으로 비탈면을 피복한 후 씨앗과 혼합된 사질토를 뿔어 표면을 보호
- \* 녹생토 : 점토질 토양개량제와 잔디씨.보습제 등을 혼합한 것으로, 단단한 암석이나 경사면에 풀이 자랄 수 있도록 뿔어서 표면을 보호

### [제3장. 계천 사방공작물의 종류와 기능]

#### ● 황폐(산)지의 발생원인과 유형분류

황폐(산)지 : 자연적 · 인위적 원인으로 인해 산지 기타 토지가 붕괴되거나 토사의 유출 또는 모래의 날림 등이 발생하는 지역

- ◇ 황폐지의 발생원인
  - 자연적 원인 : 지질, 지형, 토양, 기상, 병해충, 산지붕괴
  - 인위적 원인 : 도남벌, 낙엽 및 근주의 채취, 산불, 화전, 개간, 채광, 토석채취
    - \* 나무의 벌채는 보통 지상 0.2m를 벌채점으로 한다. 이와 같이 벌채 후 남겨진 부위를 근주(根株.stump)라고 하는데, 벌채점인 지상 0.2m 부위의 직경을 근주직경이라고 한다.
- ◇ 진행 정도에 따른 구분 \* 황폐순서 : 척악임지 → 임간나지 → 초기황폐지 → 황폐이행지 → 민둥산
  - 척악임지 : 산지 비탈면이 오랫동안의 표면침식과 토양유실로 산림토양의 비옥도가 척박한 지역
  - 임간나지 : 키 큰 입목이 숲을 이루고 있으나 지피식물이나 유기물이 적어 우수침식(누구 또는 구곡침식)이 발생되고 있어, 상층 입목이 제거될 때 황폐화가 우려되는 지역
  - 초기황폐지 : 산지의 임상이나 산지의 표면침식으로 외견상 분명히 황폐지라 인식할 수 있는 상태의 임지
  - 황폐이행지 : 초기황폐지가 급속히 악화되어 곧 민둥산이나 붕괴지로 될 위험성이 있는 임지
  - 민둥산 : 입목 · 지피식생이 거의 없어 지피침식이 비교적 넓은 면적에서 진행되어 나지상태를 이룬 산지
  - 특수황폐지 : 침식 및 황폐단계가 복합적으로 작용하여 황폐도가 격심한 황폐지
- ◇ 붕괴지 : 붕괴형 침식에 의하여 발생된 모든 침식지를 말함
  - \* 침식현상별 구분 : 산사태지, 산붕지, 봉락지, 포락지 등 \*\* 포락 : 반드시 계천의 우수와 밀접한 관계
  - \* 발생위치별 구분 : 산복붕괴지, 계안붕괴지 등 \* 산붕 : 산사태와 원인은 같으나, 규모가 작고 산록부에서 발생
  - \* 붕괴의 3요소 : 붕괴평균경사각, 붕괴면적, 붕괴평균길이 등
  - \* 점토가 20%이하인 토양은 토양응집력이 약하지만 그 이상이 되면 응집력이 증가한다
- ◇ 지활지(밀린 땅) : 땅밀림 침식에 의해 사면의 암설(돌 부스러기)이 서서히 아래로 이동하는 느린 속도의 황폐지
- ◇ 훼손지 : 인위적으로 토지의 형질에 변화를 가져오게 된 곳, 절취사면, 성토사면, 채석장, 채광지 등이 있다
- ◇ 해안사지 : 이동사구로 구성되는 모래언덕 즉 해안사구와, 비사현상이 심한 해안비사지가 문제가 된다
- ◇ 황폐계류 : 토석류 등으로 계상 자체가 황폐되는 것으로, 그 위치가 산지내의 계곡이나 계간에 있을 때에는 계간 황폐지 & 침식계류라 하고, 계곡 밖에서 농경지 등과 접촉될 때에는 야계라 한다.  
우리나라 사방공사에서 역점을 두고 취급해야 함

\*\*\*\*\* 위의 모든 것이 요사방지(要砂防地)임

#### ● 황폐계류(매우 중요)

- ◇ 황폐계류란? : 평상시에는 유량이 적으나 비가 많이 오면 계천이 범람하여 도로 및 농경지가 유실되고 계상침식에 의한 토석류 등으로 계상 자체가 황폐화되는 것을 말한다
- ◇ 황폐계류의 특성
  - 유로의 연장이 비교적 짧고, 계상물매가 급하다
  - 유량은 강우나 융설 등에 의해 급격히 증가하거나 감소한다.
  - 유수는 계안과 계상을 침식하고, 입자가 큰 사력을 생산하여 하류부에 유출한다
  - 호우시 다량의 유수 및 사력이 단시간에 유하한다
  - 호우가 끝나면 유량은 격감되고, 사력의 유송은 완전히 중지되며, 경우에 따라서는 유수도 중지된다.
- ◇ 황폐계류의 구역 : 토사생산구역(최상류) -> 토사유과구역(사방댐 시공지) -> 토사퇴적구역(최하류)
  - 토사생산구역 : 황폐계류의 최상류부로 계안, 계상의 침식에 의해 토사의 생산이 왕성하며 계상의 기울기는 저하됨
  - 토사유과구역 : 토사생산구역에서 생산된 토사를 이동시키는 구역으로 침식 및 퇴적이 적으며 협곡을 이룬다.  
(사방댐 시공지)
  - 토사퇴적구역 : 토사가 퇴적되는 황폐계류의 최하류부로 기울기는 완만하고 계폭이 넓다

● 계간사방

◇ 계간사방의 의의

계류에 있어서 유속에 의한 사력의 침식, 운반, 퇴적 등의 작용으로 발생하는 재해를 미연에 방지하거나 또는 확대를 억제하며, 황폐를 복구하는 공사를 말함. 계류의 **중·횡침식을 방지**하고, **산각을 고정**하여 황폐계류와 계간을 안정상태로 유도하여 산지의 보전을 도모하며, 하류의 유송토사를 억지하고 조정함에 그 목적을 둔다.

\* 산각(山角)<sup>1</sup> : 산봉우리 \* 산각(山脚)<sup>2</sup> : 산기슭(산의 비탈이 끝나는 아랫부분) ⇒ 사방에서는 주로 2의 뜻으로 쓰이는 듯

\*\* 계간(溪澗) : 시내 溪, 계곡의 시내 澗

◇ 계간사방(공사)의 구분

- 침식방지 공사 : 중침식에는 <sup>중·횡침식 방지</sup> **사방댐, 골막이, 바다막이, 포장수로** 등을 축조  
                                 횡침식에는 **사방댐, 골막이, 기슭막이, 수제** 등을 축조
- 유송토사의 저사조절공사                      - 토석류의 억지공사                      - 홍수조절을 겸용한 공사

◇ 계간사방 계획

- 경상계획 : 일정한 계획 하에서 황폐계류를 처리하는 계획
- 응급계획 : 재해가 발생했을 때 하류의 가옥과 경지 등을 복구하기 위한 계획
- 예방계획 : 아직 황폐되지 않았지만 가능성이 매우 높은 계류에 대하여 이행하는 계획

● 사방댐 : 황폐계류 상에서 돌, 자갈, 모래, 흙 및 그 밖에 다른 침식물들을 억제하기 위해 계류를 횡단하여 설치하는 장벽

◇ 사방댐의 기능(시설목적)

- 계상물매를 완화하고 중·횡침식을 방지하는 작용
- 산각을 고정하여 붕괴를 방지하는 작용
- 계상에 퇴적한 불안정한 토사의 유동을 방지하여 양안의 산각을 고정
- 산불진화용수, 농업용수 및 야생동물의 음용수를 공급

◇ 사방댐의 형식

- 직선중력댐=중력(식)댐 : 댐의 자중에 의해 외력에 저항하도록 한 것(가장 많이 사용)
- 아치댐 : 아치 작용에 의해 외력에 저항하도록 설계된 원호상의 댐
- 3차원댐 : 댐 본체를 양안 및 계상에 고정된 '판'으로 간주하여 **탄성해석법**으로 설계한 **반(半)중력식** 댐
- 부벽식댐 : 공사 기간의 단축과 겨울철에도 시공이 가능하며 **강재(鋼材)**를 재료로 사용한 댐
- 투과식댐 : 토석류에 대응하여 물과 토석의 분리를 목적으로 하는 다양한 형태의 댐

◇ 사방댐의 종류

- 돌댐 : 석재를 구하기 쉽고 상수가 흐르는 계류에 적합한 댐, 마름돌이나 견치돌을 주로 사용  
                         메쌓기 댐, 깔쌓기 댐, 전석이용시 전석댐이 있음
- \* 메쌓기댐 : 콘크리트, **모르타르를 사용하지 않고** 석재 또는 콘크리트블록으로 축조한 것. 댐의 높이는 4m 정도를  
                         최대함으로써 정하고 **둑마루 너비는 댐 높이의 1/2** 정도로 하며, 물매는 **1 : 0.3~0.5**로 한다
- \* 깔쌓기댐 : 표면은 돌쌓기를 하고 내부는 호박돌 콘크리트치기를 하는 댐, 시공비가 저렴한 경우에 이용
- \* 혼합쌓기댐 : 표면에 돌쌓기나 블록쌓기 또는 콘크리트치기를 하고, 내부는 자갈, 호박돌 또는 모래로 채우는 댐
- \* 돌망태댐 : 소계류에서 지반이 불안정한 경우에 효과적
- 강제(鋼製)댐 : 비교적 짧은 기간에 시공할 필요가 있거나 또는 자재운반의 반입에 많은 경비가 소요될 경우 유리
- 콘크리트댐 : 거푸집을 설치하여 내부에 콘크리트를 채워 축설하며  
                         콘크리트의 강도, 신축 줄눈 및 물빠지기구멍의 배치에 유의, 자연경관과의 조화를 이루게 한다
- 철근콘크리트댐 : 철근을 배치하고 콘크리트를 채우는 것, 체제의 균열은 방지되나 시공비가 많이 듦
- 물층계식댐 : 댐 반수면의 물받이 구조를 물 층계식으로 3~4단 낙차공, 물방석 구조로 하여 토석이 단계적으로  
                         저지 및 퇴사되도록 하고 콘크리트댐 상류부에 강관을 사용하여 전석 저지책을 설치한다.
- 포석 콘크리트댐 : 자연휴양림 시설지의 계곡에 적합, 야면석·큰 호박돌이 산재한 곳에 시공하면 효과적
- 통나무댐 : 질이 좋은 석재가 없고 운반이 불편한 곳에서 사용
- 흙댐 : 댐 높이 5m일 때, **댐마루 너비는 2.5m** \* **흙댐의 댐마루 너비 = (댐높이 / 5) + 1.5**  
                         \* 흙댐의 포화수선은 댐 밑 내부에 있고 심벽은 포화수선 아래로 내려줘야 댐이 안전하다.

◇ 사방댐의 시공장소(위치 선정의 원칙)

- 계안(계곡의 기슭, 비탈진 곳의 아랫부분)과 계상(계천 바닥)에 암반이 노출(존재)되어 침식이 방지되고 댐이 견고하게 자리잡을 수 있는 곳
- 댐 부분은 좁고 상류부분은 넓어 많은 퇴사량을 간직할 수 있는 곳
- 상류 계류바닥의 기울기가 완만하고 지계의 합류점 부근에서는 합류점의 하류부에 시공
- 붕괴지의 하부, 다량의 계상 퇴적물이 존재하는 지역의 하류부
- 구역이 긴 구간은 계단상의 댐을 계획
- 계단상 댐을 계획하는 경우에는 첫 번째 댐의 추정퇴사선이 구舊 계상물매를 자르는 점을 상류댐의 계획위치로 한다

◇ 사방댐의 시설목적 : 상류계상의 물매 완화 / 중형침식 방지 / 산각 교정 / 산복붕괴 방지

흐르는 물의 배수 및 토사.자갈의 퇴적 / 산불 진화용수.농업용수.야생동물의 음용수 제공

◇ 사방댐의 설계요건

위치, 방향, 높이, 계획물매(안정물매. 현재 계상물매의 1/2~2/3를 표준으로 함)

반수면의 기울기(댐이 높아질수록 반수면의 기울기는 급해지며, 높이가 6m 미만인 댐에서는 1: 0.3을 표준으로 한다)

방수로(댐의 유지면에서 매우 중요. 집수면적.강수량.산림의 상태.산복의 경사 등에 의해 결정, 양 옆의 기울기 1:1, 45도),

물빼기구멍(댐 아래쪽의 계상선이나 댐 높이의 1/3 지점에 설치), 중력댐의 안정조건 : 아래 참조

물받이=물받침(길이는 6m 미만의 보통댐은 물높이의 2배, 그보다 높을 때는 1.5배 ⇒ 댐높이와 월류수심의 1.5~2.0배)

물방석 : 낙수의 충격을 완화하기 위해 본댐(상류)과 앞댐(하류) 사이에 설치하며, 잘 파괴되므로 견고하게 시공

◇ 사방댐의 물빼기구멍 설치목적

- 댐의 시공 중에 배수를 하며 유수를 통과시킨다
- 댐의 시공 후에 대수면(댐의 상류측 사면)에 가해지는 수압의 감소 및 퇴사 후의 침투수압을 경감시킨다
- 사력기초 위에 축설한 댐에 있어서는 그 기초 아래의 잠류의 속도를 감소시킨다.

◇ 사방댐의 물받이 설치목적 : 방수로에서 떨어지는 유수에 의해 댐의 앞부분이 패이는 것을 방지

◇ (직선)중력댐의 안정조건 : 전도 / 활동 / 제체의 파괴 / 기초지반의 지지력에 대한 안정

\*\*\* 전도에 대한 안정 : 협력작용선이 제저(밀너비)의 중앙 1/3 이내를 통과해야 함

\*\*\* 활동에 대한 안정 : 협력의 수평분력의 총합과 수직분력의 총합의 비가, 제저와 기초지반과의 마찰계수보다 작아야 함

\*\*\* 제체의 파괴에 대한 안정 : 제체에서 임의개소의 최대압축력 및 인장응력은 그 허용압축 및 인장강도를 초과하지 않을 것

\*\*\* 기초지반의 지지력에 대한 안정 : 최대압력강도가 지반의 지지력강도보다 작을 것

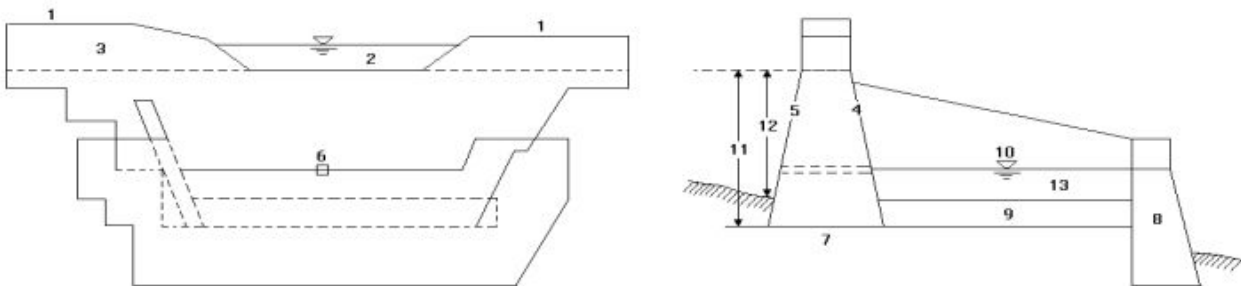
◇ 사방댐의 설계순서 : 지형 및 지질조사 → 측량 및 위치 선정 → 댐 방향과 높이의 결정

→ 댐 형식 및 계획기울기 결정 → 방수로 및 기타 부분의 설계 → 콘크리트 배합 설계

→ 댐 단면 및 물빼기구멍의 설계 → 물받이 부위의 보호공법 여부 및 설계

→ 가배수로 및 물받이공법 설계 → 부대공사 설계 → 설계서 작성

◇ 사방댐의 구조도



< 정면도 >

< 측면도 >

- 1. 댐둑마루    2. 방수로    3. 댐둑어깨    4. 반수면    5. 대수면    6. 물빼기구멍    7. 댐둑받
- 8. 앞댐    9. 물받이    10. 측벽    11. 댐높이    12. 댐유효높이    13. 물방석(water cushion)

※ 앞댐 : 본댐의 하류에 설치하여 본댐과 앞댐 사이에 물방석을 설치함으로써 낙수의 충격력을 약화시키고 세굴을 방지



● **골막이(구곡막이)** --> 구곡침식 방지 \* 구곡(溝谷.골.걸리) : 산비탈이 빗물에 의해 파인 골짜기 침식성 구곡의 유속을 완화하여 **중·형 침식**을 방지, 수세를 줄여 산각을 고정하고 토사유출 및 사면붕괴를 방지 시공위치는 사방댐에 비해 계류 상의 위쪽이며, 사방댐은 대수면(對水面)과 반수면(反水面)을 모두 축조하지만 골막이는 반수면만을 축조, 방수로로 따로 만들지 않고 중앙부를 낮게 하여 물이 흐르게 한다.

축설방향은 상류의 유심에 대하여 직각이 되도록 한다. 시공목적은 사방댐과 유사하나, 규모는 사방댐보다 작다.

\*\*\*\* 대수면 : 댐의 상류측 사면(기울기 1:1~2) // 반수면 : 댐의 하류측 사면(기울기 1: 2)(8쪽. 구조도 참조)

◇ 종류

- 돌 골막이 : 석재를 구하기 쉬운 곳, 침식이 활성적이고 토사의 유하량이 많은 곳이 적합  
     **길이 4~5m, 높이 2m, 돌쌓기의 기울기 1 : 0.3, 자갈로 뒷채움(댐마루 높이의 1/2두께) 찰쌓기를 할 때는 2~3m<sup>2</sup>당 1개 정도의 물빼기구멍(직경 3~4cm) 설치**
- 콘크리트 골막이 : 석재를 구하기 어렵고 견고한 구조물을 시공할 때 유리  
     시공이 곤란한 곳은 콘크리트블록, 인공자재를 사용
- 흙 골막이 : 흙으로 골막이를 축설하고 댐마루의 반수면에 떼를 입혀 체체를 보호하며 흙쌓기 비탈면의 표준기울기는 대수면과 반수면에서 다 같이 1 : 1.5보다 완만하게 한다
- 바자 골막이 : 통나무(직경 10cm 내외)로 말뚝을 박는 것, 토심이 깊고 암반 노출이 없는 습한 지역에 축설
- 통나무 골막이 : 횡목을 3.6m 간격으로 터파기 장소에 상,하 2줄로 놓고 그 위에 종목을 60~70cm 간격으로 놓은 후 결속선으로 단단히 묶고 공간에 자갈 및 돌흙으로 채우고 종목을 이용하여 방수로를 만들

● **바닥막이(바닥매기/바닥다짐공/바닥다지기)** -> 계상침식의 방지 및 계상의 보호(계상에 현저히 노출 안 됨)

황폐계류나 야계바닥의 **중침식** 방지 및 바닥에 퇴적된 불안정한 토사력의 유실 방지와 계류를 안정적으로 보전하기 위하여 시공한다, 3m이상인 사방댐보다 낮은 1~1.5m 정도로 시공, 물받이 길이는 바닥막이 높이의 1.5~2배로 한다.

◇ 시공위치 : 계류바닥에 암반이 노출된 지점, 계류바닥이 침식으로 저하될 위험이 큰 지점,

지류가 합류되는 지점의 바로 아래(분지 합류지 하류), 중형침식 하류, 곡선(굴곡부)도 가능

◇ 바닥막이의 종류 : 돌 바닥막이(가장 많이 사용), 콘크리트 바닥막이, 콘크리트블록 바닥막이, 돌망태 바닥막이 등

● **기슭막이(기슭매기)** -> 산각이나 계류양안을 유수의 침식(계안침식)작용으로부터 보호, 계안의 안정을 위해 설치 황폐계류에 의한 계안 및 야계의 **형침식**을 방지하고 산각의 안정을 도모하기 위해 계류의 흐름방향에 따라 축설 축석의 기울기는 1 : 0.3~0.5로 하고 물빼기구멍을 배치하여 뒷면으로부터의 수압에 의해 붕괴되지 않도록 한다

◇ 시공위치

계류에 있어서 수류 · 유로의 만곡에 의하여 물의 충격을 받는 수충부, 요철계안이나 산복의 위험성이 있는 곳에는 그 전방에 시공한다. 유로변경공법은 구간이 짧은 경우에 적합

◇ 시공시 주의사항

- 기초의 세굴을 피하도록 한다
- 유수에 의하여 기슭막이 공작물의 뒷부분이 세굴되지 않도록 한다
- 한편에 기슭막이공사를 함으로써 다른 편이 계안으로 새로운 세굴이 발생하지 않도록 한다

◇ 종류

- 돌 기슭막이(가장 많이 시공) : 기울기는 찰쌓기 1 : 0.3, 메쌓기 1 : 0.5로 한다
- 콘크리트 기슭막이 : 독마루 두께 0.3m, 앞면기울기 1:0.3, 뒷면기울기는 수직이며, 신축에 의한 균열방지를 위해 10m마다 신축줄눈을 설치
- 돌망태 기슭막이 : 기울기 1:0.5 이상으로 말뚝으로 고정하며 높은 경우에는 가로로 쌓아 견고도를 높인다
- 바자 기슭막이 : 계안을 따라 길이 1.2m 정도의 말뚝을 0.6~1m 간격으로 박고, 나무설 등으로 바자를 엮어 흙을 채우며 떼를 붙여 견고도를 증가시킨다.  
     \* 바자(bazar) : 대, 갈대, 수수깡, 싸리 따위를 엮어 울타리를 만드는 물건
- 타이어 기슭막이 : 터파기한 후 페타이어를 놓고 막자갈로 채운 후 타이어 뒷쪽에 되메우기

● 수제(水制, 水制保岸工)

계류의 유심(유속과 흐름방향)을 변경시켜 계안의 침식(횡침식)과 기슭막이 공작물의 세굴을 방지하기 위해 독이나 계안으로부터 돌출하여 설치하는 계간사방 공작물, 간격은 수제길이의 1.25~4.5배, 수제의 길이는 짧은 것을 많이 설치하는 것이 효과적이고 계폭의 1/3 이내가 적당하다

◇ 종류

- 투과 여부에 따라 : 투과수제, 불투과수제
- 물의 월류상태에 따라 : 월류수제, 불월류수제
- 돌출각도에 따라 상향/직각/하향수제로 구분
  - \* 상향수제(격퇴형 수제) : 수제 사이의 사력토사 퇴적이 가장 많고 두부의 세굴작용이 가장 강하다.  
계류의 중심을 향하여 편류
  - \* 직각수제(수도垂導형 수제) : 수제 사이의 사력토사 퇴적이 가장 적고 두부의 세굴작용이 가장 약하다  
편류를 일으키지 않음. 길이가 가장 짧고 공사비가 저렴하다.
  - \* 하향수제(유인형 수제) : 수제 사이의 중앙에 토사의 퇴적이 생기고 두부의 세굴작용이 비교적 약하다  
계안을 향하여 편류
- 축설 재료에 따라 : 돌수제, 콘크리트블록 수제, 통나무수제, 돌망태수제, 바자수제
- 설치방법에 따라 : 말뚝수제, 날개수제

● 계간수로 : 황폐된 계천의 구불구불한 유로를 정리하여 안정시키는 것

- ◇ 종류
  - 수로변경공사(물줄기 바로잡기 공사), 수로정리공사(넙바닥 치우기 공사),
  - 호안공사(수로 양안을 보호하는 공사), 사석공사(세굴방지를 위해 잡석을 깔아놓은 공사)
  - \*\*\* 일반적인 수로 단면의 형태로 가장 적당한 형태 : 사다리꼴
  - \*\*\* 소형수로는 직사각형 형태가 적합 // 속도랑(암거)은 활꼴형태가 적합

● 모래막이 \*\*\* 모래막이 공작물의 형태 : 반주격형, 주격형, 자루형, 위형

유출 토사량이 많은 상류지역이나 호우 등에 따른 과도한 토사유출에 의한 재해 예방의 목적으로 유로의 일부를 확대하여 토사류를 저류하기 위해 설치한다, 토사반출을 고려하여 선상지대에 시공  
※ 모래막이의 용량결정 인자 : 강우량, 유역면적, 지형, 지질, 황폐정도 등

● 야계사방

- ※ 야계(野溪) : 황폐계류가 계곡 밖에서 농경지 등과 접속된 침식성이 높은 자연계천을 말함
- ※ 야계사방공사 : 황폐계류의 계상 및 계안에 공작물을 설치하여 계천의 중.형 침식을 방지하고 산각을 고정하여, 계류의 안전유출을 목적으로 하는 사방공사를 말한다.

◇ 야계의 구분

유역의 크기에 의한 분류		지류의 유무에 의한 분류	
소야계	유역면적 10~20ha 이내	단일야계	지류가 없는 야계
중야계	유역면적 20~100ha 정도	복합야계	2개 이상의 지류가 있는 야계
대야계	유역면적 100ha 이상 1,000ha 내외	야계적 하천	계류 바닥의 기울기가 대개 6% 정도인 야계

- \*\*\* 야계 계류바닥의 계획구배는 현 계상의 1/2~2/3 정도가 적당,  
보정기울기(=평균사도.자연사도.안정구배) : 계천바닥을 침식하지 않는 최대의 기울기로, 대략 3% 내외
- \*\*\* 계간공사에서 계류 바닥의 기울기를 완화하려는 곳에는 사방댐 또는 바닥막이를 연속적으로 설치
- \*\*\* 야계사방에서 독쌓기의 비탈기울기 표준 : 바깥 비탈기울기는 1:1.5, 안쪽 비탈기울기는 1:1.3  
- 기타 야계사방의 설계 및 시공 : 교재 441쪽 반드시 참조

## 제4장. 산지 사방공사

### ● 황폐(산)지의 발생원인과 유형분류

황폐(산)지 : 자연적 · 인위적 원인으로 인해 산지 기타 토지가 붕괴되거나 토사의 유출 또는 모래의 날림 등이 발생하는 지역

- ◇ 황폐지의 발생원인
  - 자연적 원인 : 지질, 지형, 토양, 기상, 병해충, 산지붕괴
  - 인위적 원인 : 도남벌, 낙엽 및 근주의 채취, 산불, 화전, 개간, 채광, 토석채취
    - \* 나무의 벌채는 보통 지상 0.2m를 벌채점으로 한다. 이와 같이 벌채 후 남겨진 부위를 근주(根株.stump)라고 하는데, 벌채점인 지상 0.2m 부위의 직경을 근주직경이라고 한다.
- ◇ 진행 정도에 따른 구분 \* 황폐순서 : 척악임지 → 임간나지 → 초기황폐지 → 황폐이행지 → 민둥산
  - 척악임지 : 산지 비탈면이 오랫동안의 표면침식과 토양유실로 산림토양의 비옥도가 척박한 지역
  - 임간나지 : 키 큰 입목이 숲을 이루고 있으나 지피식물이나 유기물이 적어 우수침식이 발생되고 있어 상층 입목이 제거될 때 황폐화가 우려되는 지역
  - 초기황폐지 : 산지의 임상이나 산지의 표면침식으로 외견상 분명히 황폐지라 인식할 수 있는 상태의 임지
  - 황폐이행지 : 초기황폐지가 급속히 악화되어 곧 민둥산이나 붕괴지로 될 위험성이 있는 임지
  - 민둥산 : 입목 · 지피식생이 거의 없어 지표침식이 비교적 넓은 면적에서 진행되어 나지상태를 이룬 산지
  - 특수황폐지 : 침식 및 황폐단계가 복합적으로 작용하여 황폐도가 격심한 황폐지
- ◇ 붕괴지 : 붕괴형 침식에 의하여 발생된 모든 침식지를 말함
  - \* 침식현상별 구분 : 산사태지, 산붕지, 봉락지, 포락지 등 \*\* 포락 : 반드시 계천의 유수와 밀접한 관계
  - \* 발생위치별 구분 : 산복붕괴지, 계안붕괴지 등 \* 산붕 : 산사태와 원인은 같으나, 규모가 작고 산록부에서 발생
  - \* 붕괴의 3요소 : 붕괴평균경사각, 붕괴면적, 붕괴평균길이 등
  - \* 점토가 20%이하인 토양은 토양응집력이 약하지만 그 이상이 되면 응집력이 증가한다
- ◇ 지활지(밀린 땅) : 땅밀림 침식에 의해 사면의 암설(돌 부스러기)이 서서히 아래로 이동하는 느린 속도의 황폐지
- ◇ 훼손지 : 인위적으로 토지의 형질에 변화를 가져오게 될 곳, 절취사면, 성토사면, 채석장, 채광지 등이 있다
- ◇ 해안산지 : 이동사구로 구성되는 모래언덕 즉 해안사구와, 비사현상이 심한 해안비사지가 문제가 된다
- ◇ 황폐계류 : 토석류 등으로 계상 자체가 황폐되는 것으로 그 위치가 산지내의 계곡이나, 계간에 있을 때에는 계간 황폐지 & 침식계류라 하고 계곡 밖에서 농경지 등과 접촉될 때에는 야계라 한다.  
우리나라 사방공사에서 역점을 두고 취급해야 함

### ● 산지(복) 사방 : 황폐한 산지 또는 황폐지가 예상되는 산지에서 산림식생을 복구 보전하여 산림황폐로 인한 재해를 방지하기 위하여 산지(복)에 시행하는 사방공사이다

\* 산복사방의 비탈다듬기공사의 토사량 계산

- 구형주체법(직사각형주체법)  $V = A/4(\sum h + 2\sum h + 3\sum h + 4\sum h_4)$

- 삼각주체법  $V = A/6(\sum h + 2\sum h + 3\sum h + 4\sum h + 5\sum h_5 + 6\sum h_6 + 7\sum h_7)$

- 평균단면적법  $V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times (\text{양 단면 사이의 거리})$

### ● 산복(산지) 사방공종의 분류 및 배치 \* 산복사방공종과 계간사방공종의 유형을 구분하는 문제 다수 출제

- ◇ 기초공사 : 황폐된 산복비탈면을 안정시키고 침식을 억제하는 토목적 사방공사이다
  - 비탈다듬기 · 단끊기 \*\* 비탈다듬기 : 비탈면 안정공법 중 보강공법에 해당
  - 땅속흙막이 : 흙, 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트블록
  - 누구막이 : 떼, 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트블록, 흙포대
  - 산비탈 배수로 : 떼, 돌, 콘크리트, 콘크리트블록판, 반원관, 파식수로 내기
  - 산비탈흙막이 : 바자, 통나무, 돌망태, 콘크리트벽, 콘크리트판, 콘크리트기둥, 페타이어

- ◇ 녹화공사 : 비탈면을 식생으로 피복하여 토양침식을 방지하고 산림으로 복귀시키기 위한 사방공사
  - 바자엮기 : 바자, 통나무울
  - 선땀붙이기, 평땀붙이기, 줄땀다지기
  - 단쌓기 : 땀, 돌, 돌+ 땀, 짚망, 흙포대, 합성재 단쌓기
  - 조공 : 땀, 돌, 새, 쇠, 인공땀, 흙포대 조공
  - 비탈덮기 : 짚, 쇠, 거적, 망
  - 씨뿌리기 : 줄(씨)뿌리기(조파), 흙(씨)뿌리기(산파), 점(씨)뿌리기(점파), 항공파종(산파)
  - 사방 식재공법 (나무심기)

● 산지사방(공작물의 기능 및 시공)

- ◇ 비탈다듬기 : 불규칙한 사면 또는 사면의 불안정한 토석층을 완화하여 안정된 비탈면을 조성할 목적으로 경사가 심한 비탈면은 일정한 경사도를 유지하도록 땅깍기하고 깊은 곳은 메우는 공사이다
  - 시공장소 : 기복이 심한 산복비탈 또는 흙깍기·흙쌓기비탈면, 암반절개사면 등
  - \* 사면기울기가 급한 곳에서는 선땀붙이거나 산비탈돌쌓기로 조성한다
  - \* 비탈다듬기는 산정부에서 시작하여 산 아래로 진행한다. 수정물때는 최대 35도 전후로 한다.
  - \* 부토(浮土. 뜯흙=푸석흙)가 많은 지역은 속도랑공사 및 땅속흙막이 공사를 시공한 후 시공한다
  - \* 토양퇴적층의 두께가 3m 이상일 때는 땅속흙막이를 설계한다.

◇ 단끊기

비탈다듬기 공사를 실시한 사면에 수평단을 끊고 초·목본류를 파식하여 황폐된 나지에 식생을 조성하는 기초공사

- 시공장소 : 비탈다듬기 공사가 끝난 비탈사면
- \* 단끊기는 수평으로 실시하며 단폭은 50~70cm 정도이나 비탈면의 기울기가 급할 때에는 계단폭을 좁게 하여 상하 계단 간의 비탈면 기울기를 완만하게 한다
- \* 단끊기에 의하여 생산되는 절취토사의 이동은 최소한도로 한다
- \* 단끊기는 상부로부터 하부로 향하여 시공하며, 단상에는 가능한 한 원래의 표토를 존치하도록 한다.
- \* 단끊기작업은 비탈다듬기 공사 후 1~2회 정도 비를 맞은 다음에 실시하는 것이 좋다.

- ◇ 산비탈흙막이 : 산복경사의 완화, 붕괴의 위험성이 있는 비탈면의 유지, 매토층 밑부분의 지지 또는 수로의 지지 등을 목적으로 산복 비탈면에 설치하는 구조물

- 배치원칙

어떠한 경우에도 비탈면의 평형을 유지하도록 하여 지표침식과 붕락, 땅밀림운동 등이 일어나지 않도록 고정

- 종류 : 콘크리트벽 흙막이(높이 4m), 돌흙막이(높이는 찰쌓기3m, 메쌓기2m, 기울기는 1: 0.3)  
 돌망대흙막이, 통나무쌓기 흙막이(높이 1.5m 이하), 콘크리트판 흙막이

- ◇ 땅속흙막이(물히기) ---> **비탈다듬기로 생긴 토사의 활동을 방지하기 위해 시공(땅속에 매설하는 공작물)**

비탈다듬기와 단끊기 등으로 생산되는 뜯흙을 산비탈의 계곡부에 투입하여 유실을 방지, 산각의 고정을 위해 축설

- 시공장소 : 비탈다듬기 토사가 깊이 퇴적한 지역으로 기초가 단단한 지역
- \* 안정된 기반 위에 설치하며 바닥파기를 충분히 하고 높이의 2/3 이상이 물히도록 한다
- \* 상류를 향하여 직각으로 축설, 돌땅속흙막이의 비탈은 1:0.3, 흙땅속흙막이의 비탈은 1:1.0~1.3으로 한다
- \* 현지에 산재된 석재를 충분히 활용하고 큰 돌은 밑으로 놓아 축설한다

- ◇ 누구막이(비탈 수토 보전공법) \* 누구(淚溝)=누로 : 경사지에 빗물에 의해 작은 물길이 만들어진 것

강우·유수에 의한 비탈침식의 진행으로 발생하는 누구침식을 방지하기 위해 누구를 횡단하여 구축하는 공법

- 시공장소 : 누구침식이 발달된 곳, 비탈다듬기 및 단끊기로 생기는 토사가 유치되는 곳, 뜯흙이 1m 이상인 퇴적지
- 시공요령 \* 상류를 향해 중심선과 직각으로 설치. 땀 누구막이는 용수가 없고 토양구조가 양호한 곳에 시공
- \* 무너진 땅의 산복에는 규모가 큰 콘크리트 누구막이를 설치한다.

◇ 산비탈수로내기(산복수로공)

- 시공 목적

- \* 빗물에 의한 비탈면 침식을 방지하고 시공 공작물이 파괴되지 않도록 유수를 일정한 장소에 모아 배수한다
- \* 산복 공사의 속도랑에 의하여 배수된 물을 지표에 돌출하고 안전하게 배수한다
- \* 붕괴 비탈면을 자유롭게 유하하는 자연유로의 고정을 도모하기 위하여 축설한다

- 종류 : 떼, 돌, 콘크리트, 블록판, 벤치플롭관, 반원관, 파식수로내기 등이 있다. 수로의 모양은 U자형과 사다리꼴 등

<산비탈면배수로의 종류>

종 별	형 상	적 용
콘크리트 수로	역사다리꼴	유량이 많고 상수가 있는 곳, 유량이 많은 간선 수로
돌(찰붙임) 수로	역사다리꼴 반원형	유량이 많은 간선 수로, 자연유로를 고정하는 곳 메블입수로로는 위험한 경우에 시공
돌(메블입) 수로	반원형	상수가 없고 경사가 급한 곳. 지반이 견고하고 집수량이 적은 곳
콘크리트블록 수로 콘크리트플롭관 수로 파형관 수로		집수량이 많은 간선 도로, 비탈어깨 돌림 수로
콘크리트관 수로		집수량이 적은 간선 수로
떼(붙임) 수로	반원형	경사가 완하고, 상수가 없으며, 유량이 적고, 토사의 유송이 없는 곳, 떼의 생육에 적당한 토질인 곳
플라스틱관 수로	역사다리꼴	비탈에서 소규모 수로, 비탈어깨 돌림수로

\*\*\* 산비탈수로의 길이 : 쌓기공작물 높이와 수로 깊이를 더한 값의 1.5~2.0배

- 시공장소 : 유수가 집수되는凹부

- 시공요령

- \* 수로의 기울기는 가급적 상부에서 하부에 이르기까지 일정하게 한다
- \* 직선으로 축설해야 하며 부득이 방향을 바꿀 경우 반드시 외측을 높게 하여 물이 넘치는 것을 방지한다

◇ 속도랑 배수구 \*\*\* 속도랑에서 가장 많이 쓰는 수로 횡단면형은 활꼴형

산복비탈면에서 호우시 지하수 분출에 기인되어 산복붕괴가 많이 발생하는 지대에서 또는 현재의 산복붕괴면에서 강우시 상당한 용수를 볼 수 있는 곳에서 지하수를 속히 지표에 도출시켜 지하수의 분출에 의한 산복의 붕괴를 방지하지 않으면 안되는 목적으로 설치하는 배수 공작물

- 종류 : 자갈속도랑 배수구, 돌망태속도랑 배수구, 콘크리트관속도랑 배수구

● 녹화공사

◇ 바자엷기

산지 사면의 토사 유치와 붕괴방지 및 식생조성을 목적으로 비탈면 또는 계단상에 바자를 설치하고 뒤쪽에 흙을 채워 식생을 조성하는 공작물이다

- 종류 : 바자, 통나무, 판자류, 콘크리트판, 초두목, 가지 등이 있다, (바자엷기와 통나무울짱엷기로 구분함)
- 시공장소 : 떼 채취가 곤란하고 떼붙임으로 실효를 거둘 수 없는 지역  
토압이 적어 식생의 도입이 용이해 토양조건이 양호한 지역으로 사용재료를 쉽게 얻을 수 있는 지역

◇ 선패붙이기

비탈다듬기에서 생산된 부토를 고정하고, 식생을 조성하기 위한 파식상을 설치하는 데 필요한 기본 공작물로서 산복비탈면에 계단을 끊고 계단 전면에 떼를 쌓거나 붙인 후 그 뒷쪽에 흙으로 채우고 묘목 등을 심는다. 이 공법은 수평계단에 의해서 지표유하수를 분산하여 침식방지와 수토보전을 도모하기 위하여 계획시공하는 비탈녹화공종으로 수평단길이 1m당 떼 붙이기의 사용매수에 따라 1~9급으로 구분하며 기초에 돌을 쌓아 보장하는 경우에는 밀돌선패붙이기라 한다.

\* 떼 사용 매수 - 1급: 12.5매, 3급: 10매, 5급: 7.5매, 6급: 6.25매 8급: 3.75매(한 등급당 1.25매 차이)

\*\*\* 황폐임지 산복공사에서 가장 많이 사용하는 급수 : 6~7급

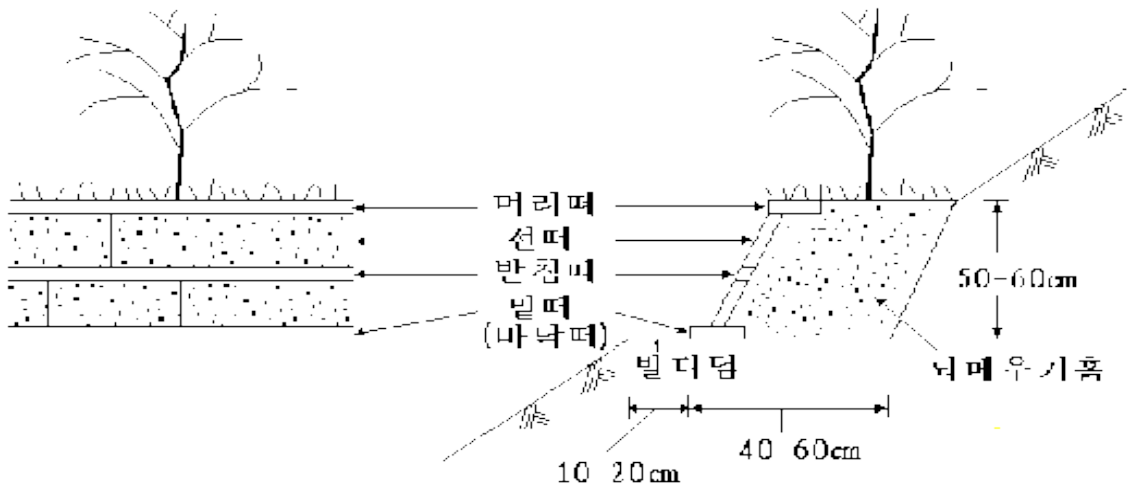
- 시공장소 : 경사가 비교적 급하고 지질이 단단한 지역

\* 직고 1~2m의 간격으로 단을 끊는데 계단폭은 50~70cm, 발디딤은 10~20cm, 천단폭(마루너비)은 40cm를 기준으로 하며, 선패붙이기 기울기는 1 : 0.2~0.3으로 한다.

- 발디딤 설치 목적 : 공작물의 파괴 방지 / 바닥떼의 활착 조장 / 작업자들이 밟고 서서 작업

- \* 단끊기는 등고선 방향으로 실시하며 산 상부에서 시작하여 하부로 내려오면서 한 계단씩 차례로 끊어내린다.
- \* 부토가 깊은 지역은 산비탈돌쌓기를 실시한 후 선떼붙이기(밀돌선떼붙이기)를 시공한다
- \* 선떼붙이기를 할 때 기술적으로 가장 중요한 일은 떼를 붙이는 일로 선떼가 갖떼(머리떼), 받침떼, 바닥떼 등과 잘 밀착되어야 하며 마루는 항상 수평을 유지, 토사의 침하율을 감안하여 5cm정도 흙을 돋우어 주는 것이 좋다.

<구조도 : 5급 선떼>



◇ 줄떼다지기

비탈면을 일정한 기울기로 유지하며 보호, 녹화하기 위하여 사면에 20~30cm간격으로 반떼를 수평으로 식재하는 공법으로 줄떼다지기, 줄떼붙이기, 줄떼심기 등으로 구분된다

- 시공장소 : 계단간 사거리가 길고 경사가 급하여 부토의 유실이 예상되는 곳
- \* 줄떼다지기는 흙쌓기 비탈면에 폭 10~15cm의 수평골을 파고 가급적 흙이 떨어지지 않는 반떼로 시공
- \* 줄떼붙이기는 땅깍기비탈에 흙이 떨어지지 않은 반떼를 수평방향으로 줄로 붙여서 활착, 녹화하는 식생공법이다
- \* 줄떼심기는 평탄지에 줄간격 20~30cm정도로 줄띄기를 하고 줄을 따라 골을 판 후 줄떼를 놓고 흙덮기를 한 후 고루 밟아준다

◇ 평떼붙이기/평떼심기

전면적에 걸쳐 흙이 떨어지지 않은 평떼(흙떼)를 붙이거나 심어서 비탈을 일시에 녹화하는 비탈녹화공종으로 평떼붙이기와 평떼심기가 있다

- 시공장소 : 경사도 45°이하(기울기 1:1 이하)의 비교적 토양이 좋은 산지사면이 적합
- \* 비탈은 표면을 다시 다듬어야 하며, 석력 및 초목 등의 유해물을 완전히 제거한 후 떼붙이기공사를 하여야 한다
- \* 땅깍기 비탈면에서 채용되나 흙쌓기비탈에 평떼붙이기공사를 할 때에는 떼를 붙이기 전에 흙다지기를 잘해야 하며, 붙인 떼는 떼꽃이로 고정하여 활착이 잘 되도록 한다.
- \* 평떼심기는 평탄지에 평떼를 심어 사면을 녹화하는 것으로 평떼는 최소한 중형 15cm 이상, 가급적 중형 30cm 이상의 규격떼를 사용해야 하며, 심은 후에는 잘 밟아서 다져주고 뗏밥을 준 뒤 깨끗이 뒷정리를 한다.

◇ 단쌓기 : 경사가 급한 지역에서 비탈다듬기 공사나 단끊기 공사로 생산된 토사가 많은 사면을 조기에 안정, 녹화하기 위하여 높이와 너비가 일정한 계단을 연속적으로 붙여 구축하는 비탈안정 녹화공종

- 종류 : 떼, 돌, 짚망, 흙포대, 합성재 단쌓기가 있다
- 시공장소 : 급경사지로 부토(浮土, 뜬흙, 푸석흙)가 많은 사면
- \* 용수로 인하여 붕괴위험성이 있는 장소에서는 속도랑내기를, 시공높이가 높은 경우에는 땅속흙막이 또는 흙막이 공작물을 겸하여 시공한다.
- \* 떼단의 앞모서리 부분을 연결한 선이 직선이거나 줄드리움선이 되도록 시공한다
- \* 돌단쌓기는 돌이 많은 지역에서 떼 대신 돌(잡석)을 이용하여 시공한다.

◇ 조공(條工, 筋工)

황폐사면에 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.

- 종류 : 떼, 돌, 새, 싸리, 통나무, 쇠과 그밖에 식생반, 식생자루, 식생대, 식생구멍 및 식생매트 덮기와 같은 인공녹화자재를 이용한 조공법이 있다.(돌조공쌓기가 가장 많이 사용됨)
- 시공장소 : 비교적 환경사지의 녹화대상지
- 시공요령 : 계단간 수직높이는 1.0~1.2m, 계단 나비는 50~60cm의 계단을 수평으로 설치한다

◇ 비탈덮기

계단 사이와 급경사 사면을 피복하여 강수에 의한 표토의 유출방지 및 식생을 조성 녹화하고자 시공

- 종류 : 짚, 거적, 쇠, 망, 합성재 덮기가 있다
- 시공장소  
물과 서릿발 등에 의하여 사면 침식이 우려되는 급경사면 또는 하부가 노출된 급경사면으로 종자유실이 우려되는 사면

◇ 등고선 구공법

토양침식을 방지하고 강수를 저수시켜 산지의 이수과 토사간지기능을 높여 식물 생육에 필요한 수분의 보급원으로 만들기 위한 수토보전 공법이다. 유사한 공법으로 확산구공법, 보수구공법, 계단식집수구공법 등이 있다.

- 시공장소 : 토양유실이 예상되고 수분이 부족한 사면
- 시공요령
  - \* 비탈 30°이하의 산복에 등고선을 따라 수평으로 물고랑을 판다.
  - \* 등고선구의 길이 8~10m, 구와 구의 좌우간격 6~10m, 상하 구간의 수평거리는 10~15m를 기준한다.
  - \* 물고랑은 짧은 것은 어긋나게 파며, 긴 것은 중간에 고랑 높이보다 10cm정도 낮게 칸막이를 설치한다.
  - \* 흙 깊이가 얇은 곳은 설치하지 않으며 고랑의 크기는 일반적으로 밑나비 0.3m, 윗나비 1.1m, 깊이 0.36m, 양쪽물매 1 : 1.2를 표준으로 하나 집수면적에 따라 적절히 조절한다.
  - \* 부토(튼 흙)에는 줄떼공이나 씨뿌리기로 녹화한다.

◇ 사방파종공법 : 초본류와 목본류의 종자를 산복비탈면과 계단에 직접 파종하는 것

※ 파종량의 산출 ; 파종량 = 발생기대본수 / 순량률 x 발아율 x 평균입수(W = G / P×B×S)

W:파종중량(g/m<sup>2</sup>), G:발생기대본수(본/m<sup>2</sup>), P:순량률(%), B: 발아율(%), S: g당 평균(종자)입수

- 사방파종공법의 종류 : 줄뿌리기(조파공), 흩어뿌리기(산파공.혼파공), 점뿌리기(점파공), 분사식씨뿌리기
  - \* 조공식 파종공법(조파공=줄뿌리기) : 비탈다듬기 후 비탈면이나 계단간 비탈에 30~50cm의 직고마다 너비 15~20cm의 수평계단을 설치하여 너비 10cm 정도의 파종구를 파고 그 골에 시비와 객토를 한 후 그 위에 파종하는 공법
  - \* 사면혼파공법 : 임목이 자라기 곤란한 지역에 식생연속의 법칙에 따라 주로 초본류의 식생을 성립시키는 공법
  - \* 분사식파종공법 : 종자, 시료, 첨가기재를 물과 혼합하여 모르타르상이나 수용액상의 재료를 압축공기로 뿜어 비탈면에 고착시킴
- \*\*\*\* 인력파종/항공파종

◇ 산복사방용 수종으로 요구되는 조건

- 성장력이 왕성하여 잘 번식할 것
- 뿌리의 자람이 좋으며 토양의 긴박력이 클 것
- 척약지, 한해, 풍해, 건조 등에 적응력이 클 것
- 갱신이 용이하며 가급적 경제적 가치가 높을 것
- 묘목의 생산비용이 저렴하며 대량 생산이 잘될 것
- 토양개량효과가 기대될 것
- 피음(被陰)에도 어느 정도 잘 견디어 낼 것(어느 정도의 내음성이 있을 것)

※ 수종 : 리기다소나무,해송(곰솔),물(산)오리나무,아까시나무,회양목,병꽃나무,노간주나무,눈향나무,싸리류,줄참나무 등

- 우리나라의 3대 사방녹화 수종 : 리기다소나무, (사방)오리나무, 아까시나무

### ● 사방공사 재료

- ◇ 목재 : 목재의 사용량은 적은 편이다. 통나무 바자엮기 및 말뚝 등 용도(소나무, 밤나무, 참나무류의 줄기 사용)
- ◇ 석재 : 좋은 석재의 비중은 2.50~2.65
  - \* 원석 : 모암에서 1차 파쇄된 암석
  - \* 마름돌 : 석재 중 가장 고급으로 일정한 규격으로 다듬어진 석재로 미관을 요하는 돌쌓기 공사에 메쌓기로 이용. 보통 가로30cm × 세로30cm × 길이50~60cm 정도이다
  - \* 견치돌 : 견고도가 요구되는 사방공사에 사용, 돌을 뜯 때 치수를 특별한 규격에 맞도록 지정하여 깨낸 돌 앞면 25cm×25cm~40cm×40cm, 뒷길이 35~60cm, 1개의 무게는 약 70~100kg이다.
    - 뒷길이 : 1.5배 이상 // 접촉부 너비 : 1/5이상 // 뒷면 : 1/3정도(공통 : 앞길이를 기준으로)
  - \* 막갯돌 : 엄격한 규격치수는 없으나 면의 모양이 직사각형에 가깝고(길이는 면의 1.5배 이상) 1개의 무게는 60kg 정도
  - \* 전 석 : 자연의 계천바닥돌. 1개의 무게는 100kg이상 크기는 0.5㎡이상이다, (찰쌓기, 메쌓기, 콘크리트 포석용) 야면석이라고도 한다.
  - \* 호박돌 : 지름 20~30cm 정도의 호박모양의 둥글고 긴 천연석재. 기초공사, 기초바닥용, 붕괴의 위험이 높음
  - \* 잡 석, 뒷채움돌, 킴돌(돌쌓기 시공시 움직이지 않도록 꺾어주는 돌)
  - 0 금기돌 : 돌쌓기공법에 어긋나는 것으로 돌의 접촉부가 맞지 않거나 힘을 받지 못하는 불안정한 돌 (즉시 들어내야 함) - 거울돌, 뜯돌, 포갯돌, 새입붙이기(조구축.鳥口築) 등(킴돌은 금기돌 아님)
- ◇ 흙 : 토성, 밀도, 함수량, 입도 등이 시공목적에 적합하며 불순물이 없고 식물생육에 적합해야 한다
- ◇ 석회 : 혼화토로 2화토(석회+모래), 3화토(석회+점토+모래)를 만들어 흙 사방댐, 흙 골막이, 흙 땅속막이 등의 심벽에 사용
- ◇ 화약 : 채석용 및 계간공작물의 바닥용으로 암석을 폭발하기 위하여 사용
- ◇ 골재 : 콘크리트·모르타르를 만들 때 시멘트와 물을 혼합하는 모래, 자갈, 부순자갈 등의 재료를 말한다. 콘크리트 전 체적의 65~80%(70%) 차지
  - 골재의 크기(입도)에 따른 구분 \*\* 콘크리트 시공시 시멘트 양을 줄이려면, 골재의 입도가 적당해야 함  
체규격 5mm 체에서 중량비로 85%이상 통과하는 골재는 잔골재, 85%이상 남으면 굵은골재
  - 생산수단에 의한 구분  
천연골재 : 강(하천)모래, 강(하천)자갈, 산모래, 산자갈 등      가공골재 : 부순돌, 부순모래, 인공경량골재
  - 공극률에 의한 구분(작은 것이 좋다) : 잔골재 : 공극률 30~45%,      굵은골재 : 공극률 35~45%
  - 골재의 최대크기  
댐콘크리트용 : 150mm 이하, 무근콘크리트용 : 100mm 이하, 철근콘크리트용 : 50mm 이하가 표준
  - 비중에 의한 구분 \*\*\* 콘크리트 공사용 골재는 비중 2.60이상을 표준으로 한다.  
경량골재 : 비중 2.50이하,      보통골재 : 비중 2.50~2.65      중량골재 : 비중 2.70 이상
  - 무게에 의한 구분 : 잔골재(모래) : 1,450(1,500)~1,700kg/㎡      굵은골재(자갈) : 1,550~1,850kg/㎡  
잔골재와 굵은골재 혼합 : 1,760~2,000kg/㎡
- ◇ 시멘트 : 광의의 무기질 접착제로 포틀랜드시멘트를 약칭한 것, 주원료는 석회석, 점토, 슬래그이다
  - 특성
    - \* 비중 : 3.10 ~3.15, 단위무게는 약 1,500kg/㎡ 으로 간주
    - \* 분말도 : 분말도가 높으면 수화작용이 빨라 초기강도가 높고 강도증진도는 빠르나 수축률이 커지며 내구성이 약해짐
    - \* 수축 : 경화, 건조, 탄산화 등에 의해 수축한다. 주로 건조에 의한 수축이 많다
    - \* 팽화 : 시멘트는 저장 중에 공기와 접촉하면 수분을 흡수하여 경미한 수화작용을 일으키거나 이산화탄소를 흡수하여 응결이 늦어지고 강도가 저하되는데 이러한 현상을 말함, 3개월 이상 저장하면 굳어서 사용할 수 없다
  - 응결과 경화  
시멘트에 적당한 물을 가하여 혼합한 시멘트페이스트는 시간이 경과함에 따라 응결과 경화과정으로 발전
    - \* 응결 : 시멘트페이스트가 액체상태에서 소성상태가 되었을 때(KS표준 : 초결은 1시간 이후, 종결은 10시간 이내)
    - \* 경화 : 응결 이후 시멘트페이스트가 고체화되는 과정
  - 완결성과 급결성      - 완결성 : 석고를 넣으면.. //      - 급결성 : 탄산칼슘, 탄산나트륨을 넣으면..  
[내 친구 **완석**이가 **탄** 급행열차]
  - (양생에 의한) 압축강도 : 보통 1주일 후 150kg/㎡, 4주일 후 245kg/㎡



- 보관방법

- \* 창고의 바닥높이는 지면에서 30cm 이상
- \* 지붕은 비가 새지 않는 구조로 하고, 벽이나 천장은 기밀하게 한다
- \* 창고주위는 우수의 침입을 방지
- \* 출입구 채광창 이외의 환기창은 두지 않는다
- \* 반입구와 반출구를 따로 두고, 먼저 쌓은 것부터 사용한다
- \* 시멘트 저장시 1㎡당 30~35포대 정도로 함. 쌓기의 높이는 13포(1.5m) 이내, 장기간 보관시 7포 이내

- 시멘트의 종류

- \* 포틀랜드시멘트 : 수경성이며 강도가 크다, 토목건축의 구조물, 콘크리트제품 등 모든 방면에 사용
  - 주성분 : 철규알습( $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO_3$ )
- \* 조강 포틀랜드시멘트 : 물속이나 추울 때도 공사 가능(급경성으로 초기강도 높고, 급속공사에 적합)
  - 장기강도 높고, 해수.하수 등에 대한 내식성이 커서 수리구조물에 적합
- \* <sup>2종</sup>중용열 포틀랜드시멘트 : 댐·터널 공사에 적합(발열량이 많은 보통과 발열량이 적은 조강의 중간 성질)
- \* 백색 포틀랜드시멘트 :  $Fe_2O_3$  함량이 적다.
- \* 혼합시멘트 : 고로시멘트(slag ce.), 실리카시멘트, 플라이애쉬시멘트 등이 있다

- 혼화재료(혼화재+ 혼화제=혼합제) : 시멘트, 모래, 자갈, 물 이외에 콘크리트의 질을 개선하기 위해 첨가하는 것.

- \* 혼화재 : 사용량이 많아 부피가 콘크리트 배합계산에 관계된다
  - 포졸란 : 수밀성, 내구성, 강도를 높이고 수화열을 저하 시킨다, 응결경화는 느리지만 장기강도는 증가함 시멘트 절약을 목적으로 하는 감수제.
  - 플라이애쉬 : 응결시간이 길고 초기강도는 낮으나 수화열이 감소되어 장기강도와 수밀성이 커지고 단위수량도 줄임
  - 고로 슬래그, 소성점토 등
- \* 혼화제(혼합제) ---> 시멘트 사용량 절약, 시멘트 분리 방지, 콘크리트 질(성상) 개선, 사용량이 적어 배합계산에 무시된다. 보통 콘크리트에 넣어 동결·용해·내구성 등을 좋게 하므로 혼합제라고도 한다
  - AE제 : 미소하고 독립된 공기포를 콘크리트 속에 균등하게 분포시켜 콘크리트의 작업능률을 향상시켜 재료의 분리가 감소되고, 내구성과 수밀성을 증진시킨다. 기포 크기 0.02~0.05mm
  - 응결경화촉진제 : 수화열 발생으로 수화반응을 촉진해 조기에 강도를 내는 역할을 함. (염화칼슘, 염화알루미늄, 규산나트륨 이용)
  - 지연제 : 수화반응을 지연시켜 응결시간을 길게 함.(운반시간이 길 때, 콘크리트를 장시간 칠 때, 콘크리트가 고온일 때)
  - 방수제 : 콘크리트의 흡수성과 투수성을 감소시켜 방수성을 증가시키는 역할

◇ 콘크리트

시멘트, 모래, 자갈, 또는 부순돌 등을 골고루 섞어 물로 개어 균한 인조석을 말하며, 내구성.내수성이 크다

- 장점

- \* 크기나 모양의 제한이 없고 구조물을 만들기 용이하다
- \* 압축강도가 크며, 임의의 강도를 자유롭게 얻을 수 있다
- \* 내화성, 차음성, 내구성, 내진성 등이 양호하다
- \* 특별한 숙련이 없어도 되고, 경제적이며 유지비가 거의 들지 않는다
- \* 역학적인 결점은 다른 재료를 사용하여 보충 또는 개선이 가능하다

- 단점

- \* 무겁고 건조수축성이 있어 균열이 생기기 쉽다
  - \* 압축강도에 비해 인장강도와 휨강도가 작다(인장강도와 전단강도는 압축강도의 10%)
  - \* 재생이 어렵고 개수나 철거시 파괴가 곤란하다
  - \* 시공일수가 길며, 품질관리 면에서 불확실성이 많아 신뢰도가 결여되어 있다

- 배합비

- \* 보통(무근)콘크리트 배합비(1 : 3 : 6) : 크지 않은 응력을 받는 다소 낮은 구조물에 많이 사용
  - 응력[應力] : 물체가 밖으로부터 가해지는 힘에 저항하여 본디 모양을 그대로 지키려는 힘
- \* 철근콘크리트 배합비(1 : 2 : 4) : 표준배합이라 하며, 진동을 받는 기초 등에 사용 (콘크리트 1m³ ⇔ 시멘트 8포(320kg) : 모래 0.45m³ : 자갈 0.90m³)
- \*\*\* 공사규모별 배합방법 : 소규모공사 - 용적비 배합 // 대규모 공사 - 무게(중량)비 배합 <sup>근래 주로 사용</sup>

- 양생 : 콘크리트에 충분한 습도와 적당한 온도를 주어  
유해한 응력을 가하지 않는 것 또는 수화작용이 충분히 계속되도록 보전하는 것
  - \* 목적 : 응결, 경화 촉진, 건조수축에 의한 균열방지, 하중·진동·충격으로부터 보호한다
  - \* 효과 : 7일 정도면 나타나고, 콘크리트 온도를 20°C 정도로 28일 정도면 충분히 강도를 지닌다  
가끔 물을 뿌려 습윤양생을 한다. 일정범위(4~40도)에서는 양생온도가 높을수록 강도가 커짐.
    - \* 습윤양생 : 조기건조 방지를 위해 젖은 모래 등으로 콘크리트 노출면에 물을 뿌려 음습한 상태를 유지시킨다
      - 보통시멘트(포틀랜드시멘트)는 7일, 조강포틀랜드시멘트는 3일
    - \* 보온양생 : 동절기 보온을 위해 짚 등으로 노출부를 덮는다
    - \* 정치양생 : 경화할 때까지 하중·충격에 대하여 보호한다
  - \* 물 - 시멘트 비(%) = (단위수량 / 단위시멘트량) × 100
    - \*\*\* 콘크리트 강도를 좌우하는 가장 큰 요인, 65% 이하로 해야 강도저하 방지
    - \*\*\* 잘 비벼진 콘크리트 강도는 200~250kg/cm³이고, 허용강도는 60~80kg/cm³
- 시멘트 및 콘크리트 제품 : 콘크리트 관, 콘크리트 말뚝, 콘크리트 블록, 콘크리트 의목(擬木.인조목)

● 사방공사의 식생재료

◇ 초본류

- \* 재래 초종 : 김의털 + 콩과로 비수리, 쑥, 매듭풀 + 새류(새, 솔새, 개솔새, 참억새, 기름새) + 잔디 등
- \* 도입 초종 : 붉은겨이삭, 다년생호밀풀, 왕포아풀, 켄터키개미털, 능수귀엽풀, 큰조아재비, 오리새 등
  - 도입초종의 특징 : 초기발아 우수, 토양의 긴박력이 큼 여름철 고온과 병해충에 약함, 주변식생과 이질적

◇ 목본류

- \* 교목 및 관목 : 리기다소나무, 해송(곰솔), 물(산)오리나무, 아까시나무, 회양목, 병꽃나무, 싸리류, 졸참나무, 노간주나무, 눈향나무 등
- \* 덩굴식물 : 담쟁이덩굴, 쑥, 등, 줄사철나무, 마삭줄, 인동덩굴 등

◇ 때

- 산비탈면의 안정과 녹화를 위한 사방공사용 녹화재로 과거에는 들때.산때를 사용, 요즘은 인공적으로 때밭을 조성
- \* 때의 크기의 분류 : 대형때(40cm×25cm×두께 5cm) // 보통때(30cm×30cm×5cm)  
소형때(33cm×20cm×두께 5cm)
- \* 흙때 : 흙이 붙어있는 때 // 턴때 : 때를 뜯 후에 흙을 털어버린 때  
온때(30cm×30cm×3cm) // 반때(30cm×15cm×3cm)
- 튼때 : 온때라 하여, 평때붙이기에 이용 // 반때 : 뜯때를 둘로 나눈 것을 말하며, 줄때붙이기에 이용

● 해안사방공법 : 정사울, 퇴사울, 해안사구조림, 사초심기, 모래덮기, 파도막이

\* 정사울(靜砂울)

- 사구에 조립할 경우, 모래의 이동을 방지하고 강풍으로 인한 모래날림의 피해로부터 묘목을 보호하기 위해 설치하는 울타리. 전사구의 후방 모래를 고정하여 그 표면을 안정시키고 식재목이 잘 생육할 수 있도록 환경을 조성하기 위해 실시하는 공법(식재조림이 주목적)으로, 모래덮기공법과 사초심기공법을 함께 시행.
- 주풍 방향에 직각으로 설치
- 짚, 갈대, 솔새 등으로 엮어서 만든다.
- 높이는 1.0~1.2m, 간격은 7~15m, 20cm 정도를 모래 속에 묻는다.

\* 퇴사울(堆砂울) : 해안 사구에서 바람으로 이동되는 불안정한 모래를 고착하여 퇴적 및 안정시키는 공법  
나무판자, 쑥, 갈대, 참억새 등을 이용한다.(식재조림 불포함)

\* 해안사구 조립수종 : 곰솔(해송), 섬행나무, 사시나무류, 아까시나무, 보리수나무, 순비기나무, 팽나무 등(주로 곰솔)

\* 사초심기 : 갯보리, 갯보리사초, 갯쇠보리, 갯쑥부쟁이 등 해안 사구의 모래에서 잘 자랄 수 있는 사초류를 심어 모래의 날림을 막는 공법

- 사초 식재방법 : 줄심기, 망심기, 다발심기(사초 5~6포기를 한 주로 삼아 열간 거리 30~40cm로 심는다.)

\* 해안사구 : 전사구 -> 주사구 -> 자연사구 순으로 해안에 가깝다. \*\*\* 사구의 간격 : 양 사구 고저차의 40배 이상

\* 해안사구의 형성 순서 : 치울린 모래언덕(얇은 모래둑) -> 설상사구 -> 반월사구

● 폐광지 복구 사방공법 : 속성수 차폐식재, 기초옹벽식 돌쌓기, 편책공법, 파종공법, 마자엮기, 돌조공법 등

- \* 1마력 = 0.746kw(약 0.75kw)

## 사방공학 숫자표

구 분	메쌓기	찰쌓기	기울기	길이	간격	나비(폭)	높이	
돌쌓기 표준기울기	1 : 0.3	1 : 0.2				사방댐 → 흙댐의 독마루너비 : (댐높이/5) + 1.5		
사방댐	메쌓기 기울기 1 : 0.3 ~ 0.5			길이) 현 계상물매의 1/2 ~ 2/3		메쌓기댐의 독마루너비 : 댐높이의 1/2	메쌓기높이 : 최대 4m	
대수면			기울기) 1 : 1~2					
반수면			기울기) 1 : 2 * 댐높이 6m 미만 1 : 0.3(?)					
성토면(임도)			기울기) 1 : 1.2~2.0 // 길이) 5m 이내					
방수로			기울기) 1 : 1(=45도)					
물받이 (물받침)				길이) 댐높이 또는 월류수심의 1.5~2.0배(사방댐) - 6m 미만 : 2.0배 - 6m 이상 : 1.5배 * 바닥막이에서 물받이의 길이 : 바닥막이 높이의 1.5~2.0배				
골막이	돌		기울기) 1 : 0.3	길이) 4~5m		높이) 2m		
	흙		기울기) 대수면.반수면 모두 1 : 1.5보다 완만해야					
기슭 막이	돌	1 : 0.5	1 : 0.3	기울기) 1 : 0.3~0.5				
	돌 망태			기울기) 1 : 0.5이상				
	콘크 리트			기울기) - 앞면 1 : 0.3 - 뒷면은 수직	독마루 두께) 3m			
산비탈 흙막이						높이) - 콘크리트 4m - 돌(찰) 3m - 돌(떼) 2m		
땅속흙막이			기울기) - 돌 땅속흙막이 1 : 0.3 - 흙 땅속흙막이 1 : 1.0~1.5					
선땀붙이기			기울기) 1 : 0.2~0.3	계단폭 50~70 // 발디딤 10~20 천단폭(마루너비) 40cm				
비탈다듬기 수정물매			기울기) 최대 35도 전후					
야계계류바닥 보정물매			기울기) 3% 내외					
야계사방 독쌓기			기울기) - 바깥 비탈 1 : 1.5 - 안쪽 비탈 1 : 1.3					
조공						나비) 50~60cm	높이) 1.0~1.2m	
소단						폭) 50~100cm	높이) 2~3/3~5/ 5~7m마다	
단끊기						단폭) 50~70cm		
큰비탈면 수제			기울기) 관목 1 : 2 / 교목 1 : 3					
도면 축척 (잡탕밥)	간격 : 수제 길이의 1.25~4.5배, 계폭의 1/3이내(긴 것 보다는 짧은 것 많이 설치)							
	* 산림측량 기본지형도 1 : 5,000 / 1 : 25,000 / 1 : 50,000 * 임도 설계도 1) 평면도 1 : 1,200                      2) 횡단면도 1 : 100 3) 종단면도 - 수평(횡) 1 : 1,000 // 수직(종) 1 : 200 * 산림경영계획도의 기본도(산림구획.산림조사 도면) - 1 : 5,000 또는 1 : 6,000							