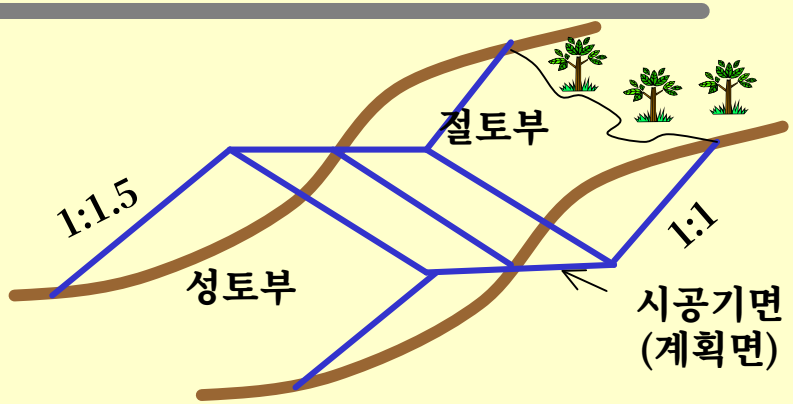
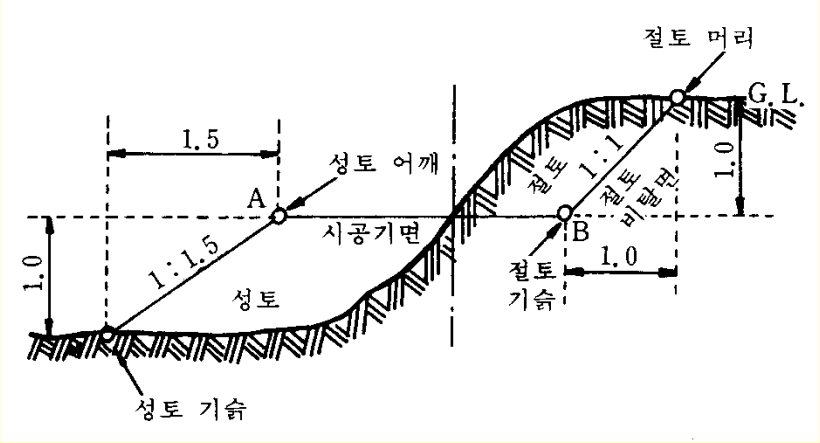
토공 일반(1)

● 토공용어



1. 절토 : 지반의 흙 굴착작업
2. 성토 : 흙 쌓기
3. 축제 : 제방, 도로, 철도에서와 같이 기준지면 보다 높게 쌓는 작업(노선성토)
4. 정지 : 넓은 부지의 절토, 성토 ← 운동장, 택지개발지구
5. 준설 : 수중에서의 절토작업
6. 매립 : 굴착한 곳을 되메우거나 어느 기준보다 낮은 지반을 기준면까지 쌓아 올리는 작업
7. 유용토 : 절토한 토량을 현장 및 인근에서 바로 사용하는 경우 이용되는 토사
8. 토취장 : 성토용 토사를 채취하는 곳(성토재가 부족하거나, 부족한 경우)
9. 토사장 : 절토한 토사를 처리하는 곳(토공재료로 부적합하거나, 토량이 과잉인 경우)
10. 시공기면 : 공사 후 얻고자 하는 목표가 되는 기준면
11. 소단 : 사면에 계단형으로 만든 턱(토압 경감, 식생보호, 사면유지관리, 배수, 유수의 유하속도를 늦춤)
12. 노리 : 사면의 경사를 의미
13. 비탈머리 : 비탈면의 상단
14. 비탈기슭 : 비탈의 하단
15. 비탈경사 : 일반적으로 절토부의 경사>성토부의 경사
16. 다짐 : 성토한 흙을 다져서 견고한 지반으로 만드는 작업



토공 일반(2)

● 토공작업(Earth Work)의 작업 사이클

절토 → 싣기 → 운반 → 성토 → 다짐

● 토공의 종류

1. 선토공(one dimension) : 노선토공(도로, 철도, 제방, 운하)
2. 면토공(two dimension) : 택지개발, 단지개발, 매립지, 공항 등
3. 집중토공 : earth dam, 방조제

● 시공기면(Formation Level) 결정시 고려사항

1. 토공량이 최소가 되도록 하고 절성토량을 균형시킬 것
2. 절토 및 성토량을 유용할 수 있는 경우에는 가까운 곳에 토취장 또는 토사장을 두고 가능한 운반거리를 짧게 할 것
3. 연약지반, Land Slide, 낙석의 위험이 있는 지역을 피할 것
4. 3과 같은 장소를 시공기면으로 정해야만 하는 경우에는 반드시 적절한 대책을 세울 것
5. 절성토시 흙의 팽창, 다짐에 의한 흙의 압축성, 성토무게에 의한 기초지반의 침하를 고려할 것
6. 비탈면 등은 흙의 안정성을 고려할 것
7. 암석굴착은 비용이 많이 들게 되므로 가능한 한 피할 것
8. 교통기관과의 관련을 고려할 것

토질조사

● 토질조사의 목적

- 토질조사는 토층의 구성, 두께, 상태 및 흙의 성질을 알기위한 조사로서 설계를 위한 가장 기본적인 업무임.
- 계획된 구조물의 기초와 사면의 안정, 지하터파기의 설계 및 시공이 안전하고 경제적으로 이루어지도록 하는데 필요한 흙에 관한 모든 정보를 얻는 것이 목적이다.

● 토질조사의 필요성

- 구조물의 기초형식, 크기 선택
- 기초의 지지력산정
- 구조물의 예상침하량 산정
- 지하수위의 확인
- 지층의 심도와 지반상태에 따른 시공법 결정
- 토공량의 산정(암 시공량, 토사 시공량, 리핑의 필요여부 판단)

● 토질조사의 순서

1. 사전조사

- 지형도 수집
- 항공사진 수집
- 과거 공사기록 수집

2. 예비조사

현장답사 등을 통하여 현장의 개황을 파악하고 요구되는 제반사항을 파악하기 위한 조사

- 용출수 유무 조사
- 지하수 상태 조사
- 하천수 상태 조사
- 지하구조물 현황 조사

3. 본조사

개략적인 지층의 구성을 파악하고 예상되는 지질 및 토질공학적 문제점을 도출하여 이에 대한 조사방법 위치,등을 계획하고 실시함

- 원위치 시험
- 실내시험

4. 추가조사

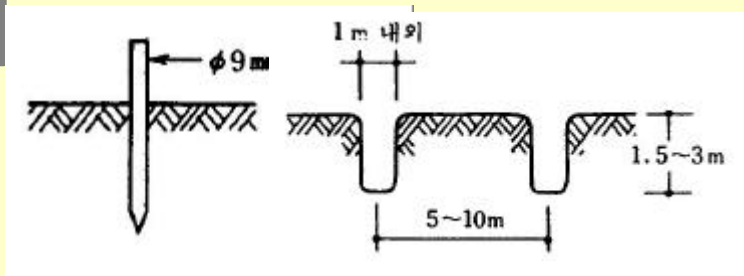
본 조사후 필요한 경우에 추가로 조사하여 조사자료의 보완 및 보강을 목적으로 함.

토질조사의 종류(1) - 지하탐사

1. 지하탐사
- 탐침법
- 시굴법(Trial Pit)
- 물리탐사법

2. 원위치시험
- 보링(Boring)
- 사운딩(Sounding)
- 표준관입시험(SPT)
- 들밀도시험
- 평판재하시험(PBT)
- 지지력 시험(CBR)

3. 실내시험
- Atterberg한계시험
- 체분석
- 침강시험
- 역학적 강도시험



● 지하탐사

1. 탐치법 – 지반의 연경을 파악
2. 시굴법(Trial Pit) – 직접 지반을 굴착해서 관측함.
3. 물리탐사 – 지하구조의 조사가 목적임.
   1) 해상탐사 : 반사법 탄성파 탐사 – 석유자원 탐사에 이용
   2) 공중탐사 : 리모트센싱 – 활단층, 산사태 지역의 파악
      공중전자탐사 – 자원탐사(지하수, 지열, 온천)
   3) 지표면탐사 : 굴절법 탄성파 탐사 – 암반분류, 지하구조 파악
      반사법 탄성파 탐사 – 석유자원탐사
      비저항 전기탐사 – 단층, 지하수맥 검층 등 지하구조 파악
      전자탐사법 – 지하의 비저항 구조 파악
   4) 보오링탐사 : PS검층- 대규모 암반공동의 파악
      Geotomography – 단층, 변질대 검출, 지반개량효과의 판정

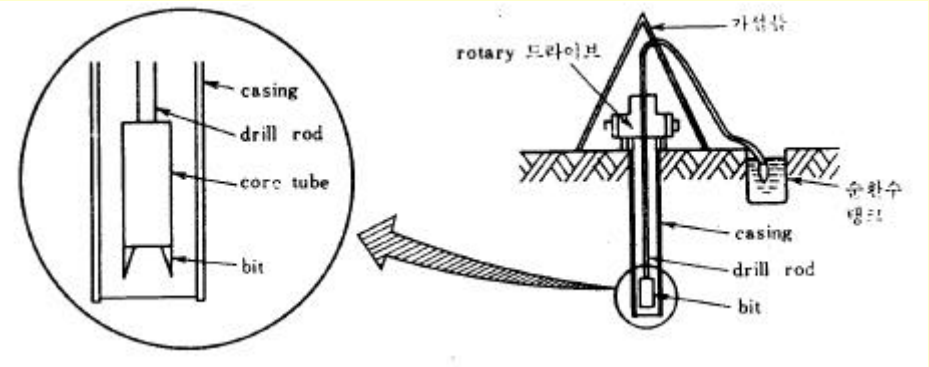
토질조사의 종류(2) – 원위치 시험

※ 굴절법 탄성파 탐사 슬라이드 참조

● 보오링(Boring) 탐사

지중에 보링기계를 이용하여 천공하여 토사의 채취, 관찰 및 지중의 토질분포, 흙의 층상 및 지층의 구성 등을 알 수 있으며, 표준관입시험(SPT)과 Vane test 등과 같은 다른 지반 조사법과 병용하기도 함.

1. Hand Auger Boring
   - 나선형으로 된 오거를 인력으로 지중에 박아 지층을 알아보는 방법
   - 깊이 4m내지 6m정도, 최고 10m정도의 얕은 점토층에 사용
2. Wash Boring
   - 충격에 의해 케이싱을 먼저 박고 비트 회전에 의해 굴착하면서 고압의 물을 분사하여 굴착토사와 물을 함께 배출시킨 후, 흙탕물을 침전시켜 지층의 토질을 판별함.
3. Percussion Boring
   - 와이어로프 끝에 달린 충격날(Percussion bit)를 60 70cm 자유낙하시켜 토사와 암석을 파쇄하면서 천공하여 파쇄된 토사를 배출함.
   - 공벽의 붕괴를 방지할 목적으로 벤토나이트 등의 안정액을 사용함.
4. Rotary Boring(Core Boring)
   - 드릴로드의 선단에 첨부한 날(Bit)을 회전시켜 천공하는 방법
   - 안정액은 드릴로드를 통하여 안정액 펌프로 송수하고, 슬라임을 세굴하여 지상으로 배출시킴
   - 토사를 분쇄하지 않고 연속적으로 채취하므로 비교란시료를 얻을 수 있고 거의 모든 지반에 적용가능
   - 비트의 종류는 주로 Fish Tail bit, Crown bit, Short Crown bit, Cutter Crown bit, Sampling Auger 등이 주로 이용됨.

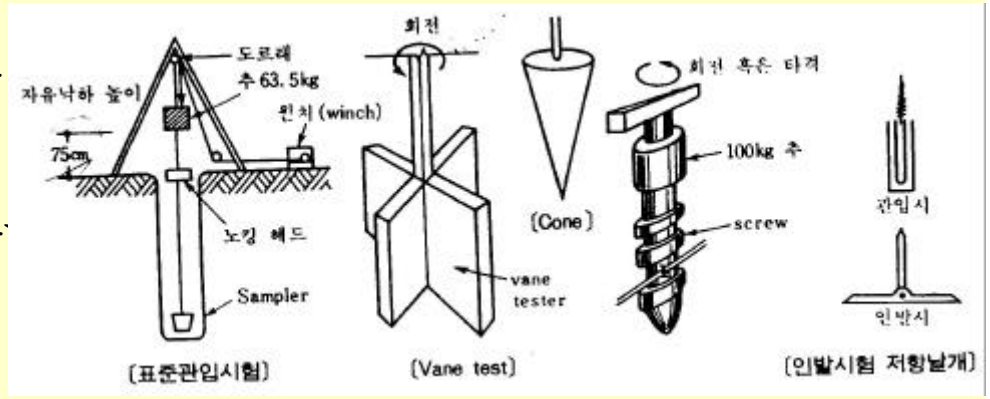


토질조사의 종류(3) – 원위치 시험

● 사운딩(Sounding)

로드 선단에 부착한 저항체를 흙속에 관입시켜 관입·회전·인발 등의 저항정도로 지반의 상태를 파악하며, 보통 보링방법과 병행하여 실시한다.

1. 표준관입시험(Standard Penetration Test)
   - 직경 6.5 15cm 정도의 보링공을 굴착하고 보통 지표면에서부터 1.5m 간격으로 표준관입시험을 실시한다.
   - Split Spoon Sampler를 드릴로드에 장착하고 63.5kg의 햄머를 75cm높이에서 자유낙하시켰을 때 샘플러가 30cm 관입될 때까지 요구되는 타격횟수 N값을 구하는 시험
2. Vane Test
   - 로드 선단에 장착된 십자형 날개를 보링공 아래 지중에 압입한 후 회전시켜 원위치 점토의 전단강도를 추정
   - 연약 점토지반에 주로 이용
   - $C= M/\pi D^2(H/2+D/6)$
3. Cone Test
   - 강봉 선단의 원추체를 땅속에 관입시킬태 정적인 관입저항치를 측정하는 방법
   - 사질토와 점성토에 모두 적용 가능
4. 스웨덴식 사운딩
   - 선단에 Screw Point 를 달아 중추(약 100kg)의 무게와 회전력에 의해 관입저항을 측정하는 방법
   - 관입량과 회전수로 토층의 상황을 판단
   - 연약지반에서 굳은 지반까지 모든 토질에 적용이 가능
5. 인발시험
   - 지반에 뚫어놓은 보링공에 접혀진 날개를 와이어에 의해 묶어 집어넣은 다음 저항날개를 펴고 와이어로프 감아 올리면서 이때의 인발력을 연속적으로 측정함.



토질조사의 종류(4) – 원위치 시험

● 평판재하시험(PBT: Plate Bearing Test)

평판을 지반위에 놓고 일정한 속도로 하중을 가하여 작용하중과 침하량의 관계를 구하여 지반의 지지력을 추정하는 방법

1. 재하평판의 규격 : 30cm×30cm 사각형, 또는 지름 30cm원형판, 두께 25mm이상의 철판
2. 하중은 실물재하 방법과 반력을 이용하는 방법이 있다.
3. 현장에서 평판재하시험을 실시하는 경우에는 현장내의 시공기계(불도저, 백호, 덤프 등)를 반력으로 이용 (슬라이드 참조)
4. 지지력 계수 = $\dfrac{\text{하중강도}(kg/cm^2)}{\text{침하량}(cm)}$

● CBR 시험(CBR: California Bearing Ratio)

노상토의 지지력비 결정방법으로서 도로나 활주로의 포장두께 산정에 주로 쓰임.

1. 지지력비 – 노상토의 지지력비란 어떤 관입깊이에서 시험단위하중의 표준단위하중에 대한 비를 백분율로 나타낸 것

$$CBR = \frac{\text{시험하중}}{\text{표준하중}} \times 100(\%)$$

2. 표준하중

관입량(mm)	표준단위하중(kg/cm^2)	표준하중(kg)
2.5	70	1370
5	105	2030

토질조사의 종류(5) – 실내 시험

● 실내시험을 위한 샘플채취(Sampling)

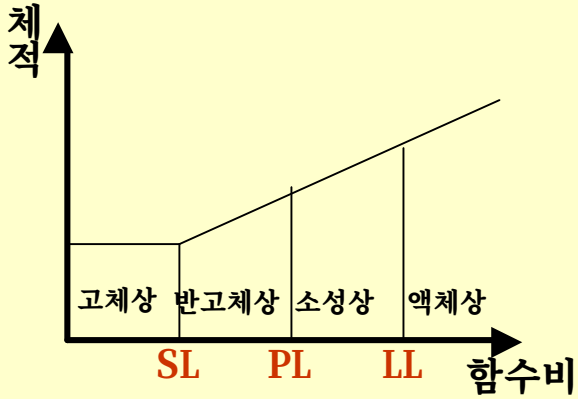
1.교란 시료의 샘플링(Disturbed Sampling)
- 리몰드 샘플링 - 표준관입시험용 오거에 의한 연속적인 샘플채취

2. 비교란 시료의 샘플링(Undisturbed Sampling)
- Thin Wall Sampling - Composit Sampling - Denision Sampling - Foil Sampling

● 실내시험

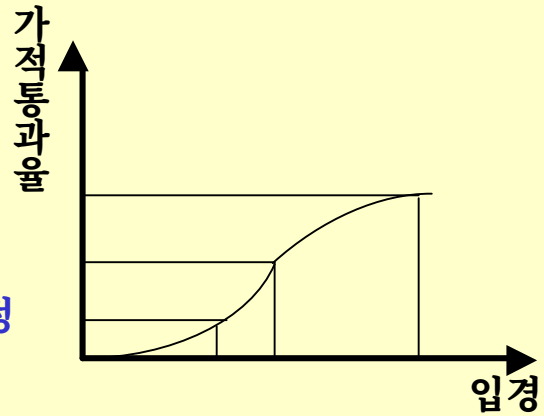
1. 액성한계(LL; Liquid Limit) 시험 – KS F 2303
   - 홈파기날, 25회, 1cm 자유낙하, 1.5cm접착
2. 소성한계(PL; Plastic Limit) 시험 - KS F 2304
   - 직경 3mm 시료 손바닥체온으로 수분증발
3. 수축한계(SL; Shrinkage Limit) 시험 – KS F 2305
   - 공기건조 후 함수비측정

Atterberg Limit



4. 체분석
   - 조립토
5. 침강분석(비중계 분석)
   - 세립토

입경가적곡선
균등계수(Cu) 및
곡률계수(Cg)로
입도의 양부 판정



6. 강도시험(역학적 시험)
   - 직접전단시험 : 사질토의 c, ??구함
   - 1축 압축시험 : 내부마찰각이 극히 적은 점성토의 일축압축강도 산정
   - 3축 압축시험 : 성토시공의 c, ??구함

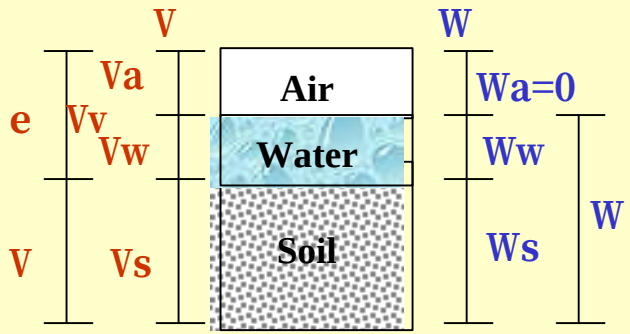
흙의 기본적 성질

● 흙과 암의 구별?

지반은 경성지반(암반)과 연성지반(흙지반)으로 분류하며 대체로 물에 용해되지는 않으나 수중에서 연화되어 풀어지는 현상의 유무에 따라 연성지반(흙지반)과 경성지반(암반)으로 구분한다.

● 흙의 구성상태

- 부피기준 : 간극비, 간극율, 포화도
- 무게기준 : 함수비
- 무게와 부피 : 밀도, 단위중량, 비중



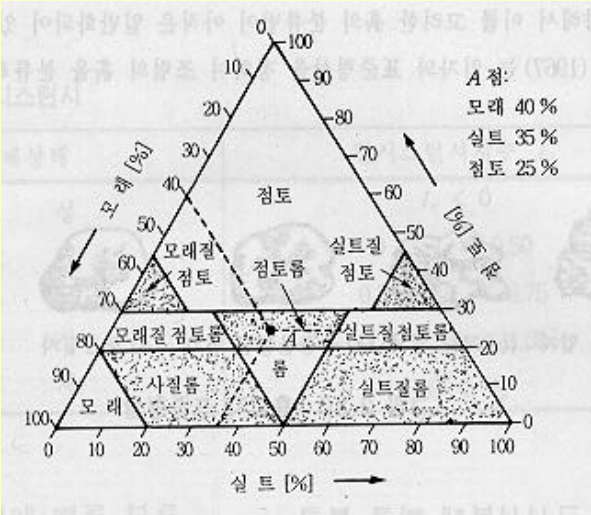
● 기본공식의 정리

1. 간극비(Void Ratio)
2. 간극률(Porosity)
3. 포화도(Degree of Saturation)
4. 함수비(Water Content)
5. 함수율
6. 비중(Specific Gravity)
7. 단위중량
8. 상대밀도(Relative Density)
9. 액성한계
10. 소성한계
11. 수축한계
12. 소성지수
13. 액성지수
14. 연경지수

흙의 분류

● 흙의 분류방법

1. 입도에 의한 분류
   - 입경 분류법 : 조립토, 세립토, 유기질 실트
   - 삼각좌표분류법 : 흙을 모래, 실트, 절토의 혼합비로 분류
2. 공학적 분류법
   - 통일분류법(USCS; Unified Soil Classification System)
   - AASHTO 분류법 : 도로공학에서 주로 이용



● 통일분류법(USCS) -교재 P.44참조

	제1문자		제2문자	
	기호	설명	기호	설명
조립토	G S	자갈 모래	W P M C	입도가 양호하고 깨끗 입도가 나쁘고 깨끗 실트질 함유, 세립분이 12% 이상 점토질 함유, 세립분이 12% 이상
세립토	M C O	실트 점토 유기질토	L H	LL이 50% 이하 LL이 50% 이상
고유기질토	Pt	토탄		

암반의 분류(1)

● 암의 분류방법

1. 절리간격에 의한 분류 2. 풍화도에 의한 분류 3. Muller에 의한 분류 4. RQD에 의한 분류
5. 균열계수에 의한 분류 6. 암반평점(RMR)에 의한 분류 7. 리핑가능성에 의한 분류

1. 절리간격에 의한 분류 방법 – 절리간격을 mm단위로 분류하여 평가한다.

등급	절리	간격(mm)
A	극도로 좁다(Extremely Close)	20 이하
B	매우 좁다(Very Close)	20-60
C	좁다 (Close)	60-200
D	보통(Moderate)	200-600
E	넓다(Wide)	600-2000
F	매우 넓다(Very Wide)	2000-6000
G	극도로 넓다 (Extremely Wide)	6000 이상

2. 풍화도에 의한 분류 방법 – 암석의 풍화와 변질의 정도를 풍화도 k값으로 나타낸다.

$$\text{풍화도}(k) = \frac{V_0 - V_p}{V_0}$$

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{e} \times \frac{1-L}{(1+L)\times(1-2L)}}$$

V_0 : 신선암의 탄성파속도 e : 암석의 밀도
V_p : 풍화암의 탄성파속도 L : poisson비
E : 암석의 탄성계수

풍화 및 변질의 정도	풍화도(k)
신선한 암	0
약간 풍화된 암	0-0.2
중정도로 풍화된 암	0.2-0.4
상당히 풍화된 암	0.4-0.6
현저히 풍화된 암	0.6-1.0

암반의 분류(2)

3. Muller법 – 절리간격에 의한 방법과 풍화도에 의한 분류 방법을 병용하여 적요.

4. RQD(Rock Quality Designation)에 의한 분류방법

$$RQD = \frac{\text{10cm 이상되는 Core길이의 합계}}{\text{보링공의 길이}} \times 100\%$$

$$\text{회수율(Core Recovery)} = \frac{\text{실제로 채취된 코어 연장}}{\text{조사대상의 보링공 연장}} \times 100\%$$

암질상태	RQD
매우 나쁜	0-25
나쁜	25-50
대체로 좋은	50-75
좋은	75-90
매우 좋은	90-100

5. 균열계수에 의한 분류방법

$$\text{균열계수}(C_r) = 1 - \frac{E_d(F)}{E_d(L)} \text{ 또는 } 1 - \frac{V_p(F)}{V_p(L)}$$

$E_d(F), V_p(F)$: 현장암의 동탄성계수, 탄성파속도
$E_d(L), V_p(L)$: 신선암의 동탄성계수, 탄성파속도

등급	암질상태	균열계수
A	매우 좋은	0.25 이하
B	좋은	0.25-0.50
C	중간 정도	0.50-0.65
D	약간 나쁜	0.65-0.80
E	나쁜	0.80이상

6. RMR(암반평점; Rock Mass Rating) 분류방법

암석의 일축압축강도, RQD, 절리상태, 절리내부의 지하수 상태, 절리의 방위 등의 상태를 개별채점하여 합산점수로 암반평점을 산정하여 암반을 분류하는 방법
– 실무에 다방면으로 이용되고 있음.

7. Ripping가능성에 의한 암반분류

탄성파 속도에 의해 리핑가능성을 판단함. 대체적으로 탄성파속도가 1800 m/s 이하의 암반은 리핑이 가능함.(P.116 표3.9 참조)

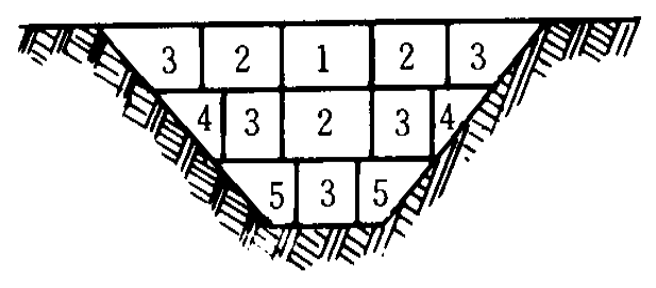
절토공(Cutting Work)

절토란 원지반의 토사를 굴착하는 작업으로서 공사의 효율적 진행을 위해서는 적절한 사전계획이 필요함.
절토시 비탈면의 기울기는 현장의 토질과 비탈면의 높이에 따라 선정되어야 한다.

1. 순절토 – 토취장에서 성토용 재료를 확보하기 위하여 토사를 굴착하는 작업
2. 유용 절토 – 굴착한 토사를 현장내에서 성토재로 바로 이용하는 경우의 절토작업

● 인력굴착

1. 작업면적을 확보하여 여러 사람이 동시에 작업을 할 수 있도록 함
2. 굴착은 위험이 수반되지 않는 범위내에서 가능한 중력을 이용
3. 적재에 편리한 높이를 고려하여 작업한다.
4. 굴착이 완료된 후 배수에 특히 주의함



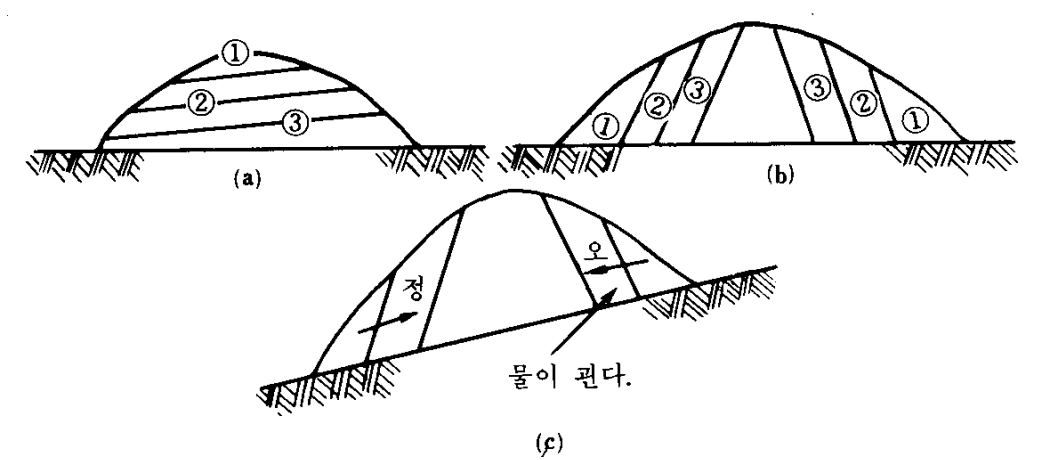
● 시공요령

● 절토용 기계

1. 굴삭기계 – backhoe, bulldozer
2. Ripper – 연암의 절취
3. Rock breaker - 보통암

● 절토 비탈면 구배

교재 P.72 절토비탈면 구배기준 참조

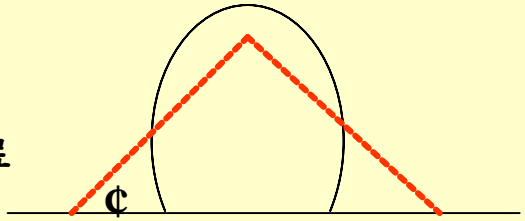


성토공(Banking Work) – (1)

도로, 하천의 제방, 저수용 흙 댐, 옹벽, 토언제 등을 쌓아 올리거나 구조물을 축조하기 위해 지반을 다듬는 작업으로서 매립이나 시간에 따른 지반 침하가 최소화 되도록 시공한다.

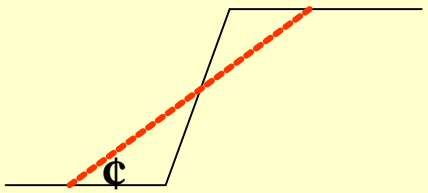
● 성토재료의 요구성질

1. 성토기계의 Trafficability가 확보되고 시공이 용이한 재료
2. 비탈면 안정에 필요한 전단강도를 가지고 있어야 함
3. 성토의 압축침하가 노면에 나쁜 영향을 미치지 않도록 압축성이 적은 재료
4. 완성 후 교통하중에 대한 큰 변형이 없고 소정의 지지력을 가진 재료
5. 투수성이 낮은 재료(하천제방, 어스댐의 코어부)
6. 수중 매립은 사질토, 모래, 모래섞인 자갈, 기타 수중에서 안전한 토사



● 성토재료로서 부적합한 흙

1. 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기초 등 흡수성이 크고 압축성이 큰 흙
2. 동토 또는 빙설, 초목, 기타 다량의 부식성을 함유한 흙
3. 함수비가 액성한계를 넘는 흙



● 성토 비탈면의 구배(P85 Table2.20 참조)

절토 비탈면의 구배와 마찬가지로 성토고와 토질등의 특성에 따라 기준이 마련되어 있음

※ 흙의 안식각

: 흙을 쌓아올려 자연상태로 방치해 두면 급한 경사면이 차츰 무너져 안정된 비탈면을 형성하게 됨.
이 때 안정된 비탈면과 원지반이 이루는 각을 안식각 또는 자연 경사각이라 한다.
흙의 안식각은 흙의 종류, 마찰계수, 함수비 등에 따라 다르며 보통 30-35도 정도

안식각 > 사면의 구배 = 안정

성토공(Banking Work) – (2)

● 성토의 시공법

1. 수평층 쌓기

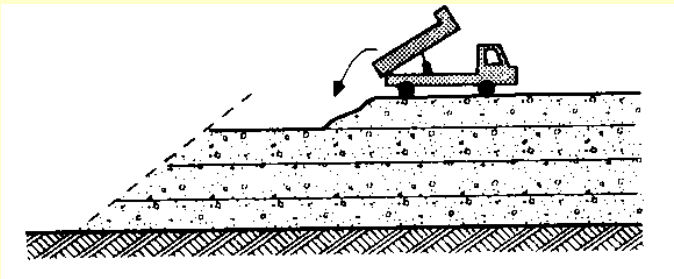
   1) 박층법 : 한층 두께 20-30cm, 공사기간이 길어짐, 물의 투수를 방지하는 중요공사에 쓰임

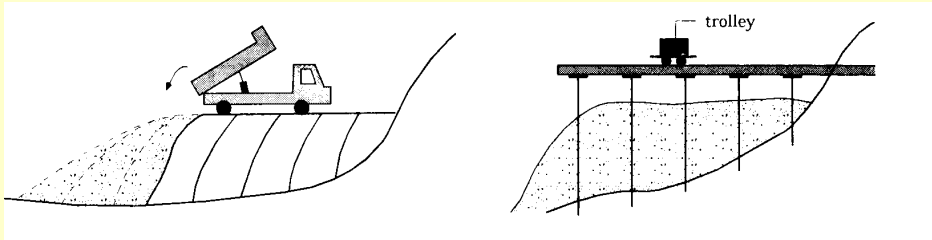
   2) 후층법 : 한층 두께 80-100cm, 두껍게 깔고, 자연침하를 유도함. 중요도가 높지 않은 공사에 채택

2. 전방층 쌓기 – 완성 후 침하가 크지만 공사기간이 빠름

3. 비계층 쌓기 – 높은 성토의 동시 시공

4. 물다짐 공법(Sand Pump공법)





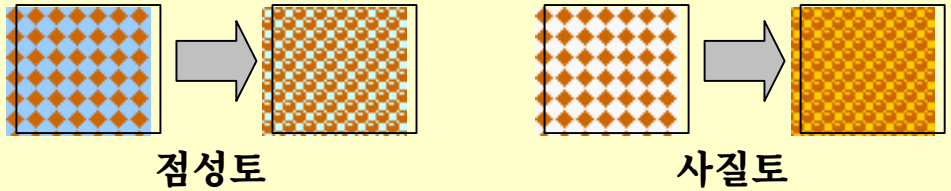
성토시공의 다짐(1)

● 다짐이란?

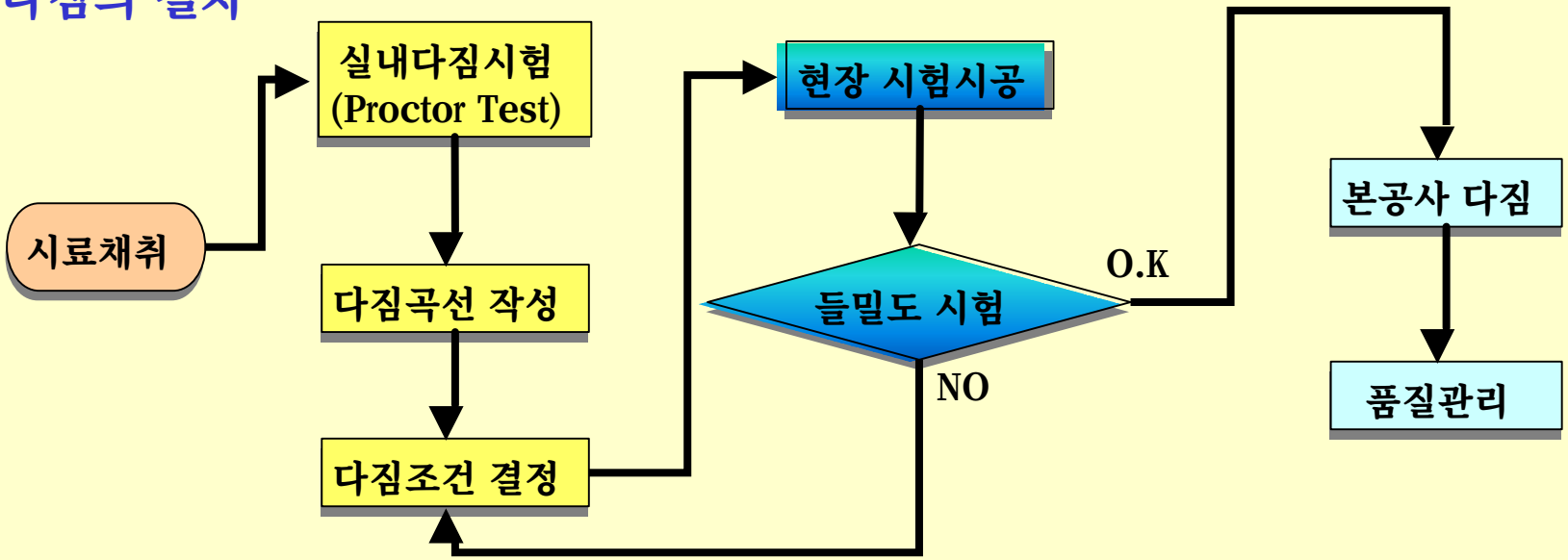
다짐작업이란 지반에 인위적인 에너지를 가하여 흙의 공학적 성질을 개선시키는 행위를 의미하며, 사질지반의 다짐작업과 점성토 지반의 다짐작업으로 구분할 수 있음

● 다짐의 목적

1. 지반의 지지력 증대
2. 투수성 감소
3. 압축성 최소화
4. 전단강도 증대
   - 점성토 : 물을 배제, 점착력(C)을 크게 함. 주로 진동이용
   - 사질토 : 공극 배제, 내부마찰각(¢)을 크게함, 중량 또는 교반이용



● 다짐의 절차

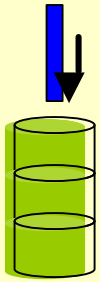


성토시공의 다짐(2)

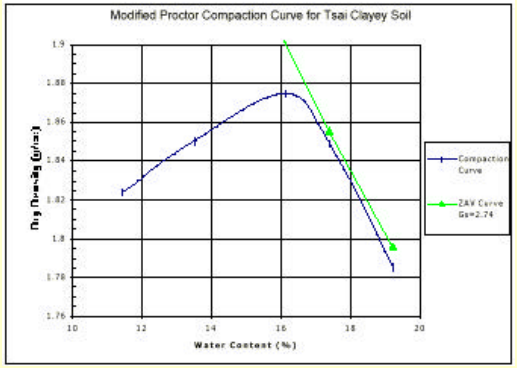
● 실내 다짐시험(Standard Proctor Test)

현장에서 성토될 재료를 함수비를 바꾸어가며 실내다짐시험을 하게 되면
함수비와 건조밀도의 관계를 알 수 있는 다짐곡선을 얻을 수 있음.

- 램머무게 : 2.5kg
- 낙하고 : 30cm
- 층수 : 3층
- 층당다짐회수 : 25회



● 다짐곡선



1. 최대건조밀도

함수비를 변화시켜 가면서 다짐시험을 실시할 때 어느 일정 함수비에서 최대의 건조밀도가 얻어지나 ,그 이상으로 함수비가 증가하면 건조밀도가 오히려 감소됨.

2. 최적함수비(OMC; Optimum Moisture Content)

흙이 가장 잘 다져지는 함수비가 존재하는데 이 함수비를 최적함수비라 하며, 최대 건조밀도는 최적 함수비에서 얻어진다.

3. 영공기 간극곡선(Zero Air Void Curve)

임의의 함수비에서 공기량이 없다는 가정에서 이론적으로 구할 수 있는 최대 건조밀도를 이은 곡선으로서 포화도 100%일 때, 즉, 공기량이 0인 상태에서 함수비와 건조밀도의 관계를 나타낸다.

※ 흙을 아무리 잘 다진다 하더라도 공기를 완전히 배출시킬 수 없으므로 다짐곡선은 반드시 이 곡선 왼쪽에 그려진다.

성토시공의 다짐(3)

● 다짐조건의 결정

1. 다짐장비(다짐기중) 2. 다짐속도 3. 다짐횟수 4. 포설두께 5. 함수비 조절방법 등

● 현장 시험시공

1. 본 다짐에 앞서 설정된 다짐계획 및 결정사항이 적정한지의 여부를 판단하고 소요의 다짐도를 얻을 수 있는가를 확인하기 위하여 정해진 다짐기준에 의해 시험다짐을 실시함.
2. 시험다짐으로 다져진 현장의 흙에 대한 건조 밀도를 측정하기 위하여 들밀도시험을 실시함.
3. 상대 다짐도의 판정

$$\text{상대 다짐도} = \frac{\text{현장의 건조밀도}}{\text{실내 다짐시험에 의한 최대 건조밀도}} \times 100$$

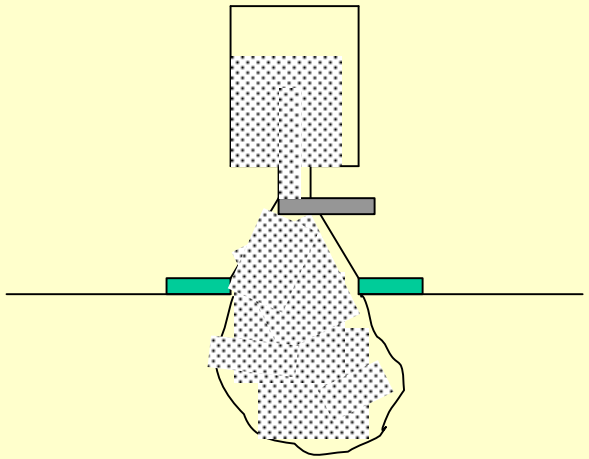
4. 상대 다짐도가 시방규정이상이면 본공사의 다짐을 실시하고 시방규정이하이면 다짐조건을 다시 수정하여 시방규정이상이 될 때까지 재시험

● 들밀도 시험

다짐된 현장지반의 건조밀도를 측정하기 위해 실시함.

$$\text{현장의 건조밀도} = \frac{\text{현장시료의 건조중량}}{\text{현장시료의 부피}}$$

방법 : 모래치환법, 물치환법, 기름치환법 등



$$V = \frac{\text{전체 모래무게} - \text{콘속의 잔여모래무게}}{\text{모래의 건조밀도}}$$

성토시공의 다짐(4)

● 본공사 다짐

1. 전압식 다짐

로울러(Roller)의 자체 중량을 이용하여 다지는 원리

점성토나 고함수비 지반의 다짐에 이용

1) Road Roller – Macadam, Tandem
2) Tire Roller
3) Tamping Roller
4) Bulldozer

2. 진동식 다짐

기계의 자중과 진동을 이용

사질토에 적용

1) Vibro Roller
2) Vibro Tire Roller
3) Vibro Compctor

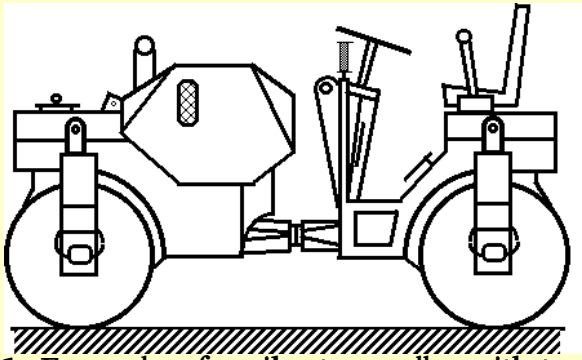


Figure 1: Example of a vibratory roller with two drums

3. 충격식 다짐

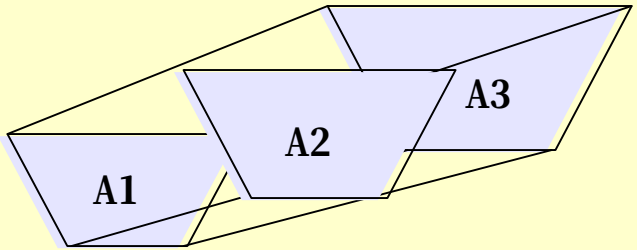
기계의 충격하중을 다짐에 이용하는 원리

소규모 성토부에 적합

1) Rammer
2) Tamper

토량의 산정

1. 노선 성토에서의 토량산정
   1) 양단면 평균법
   2) 중앙단면법
   3) 주상체의 공식
2. 넓은 토지의 토량계산
   1) 사각 각주법
   2) 삼각 각주법
3. 지형도(등고선)을 이용한 토량산정



※ 교재 참조

토량 변화율

● 토량 변화율이란?

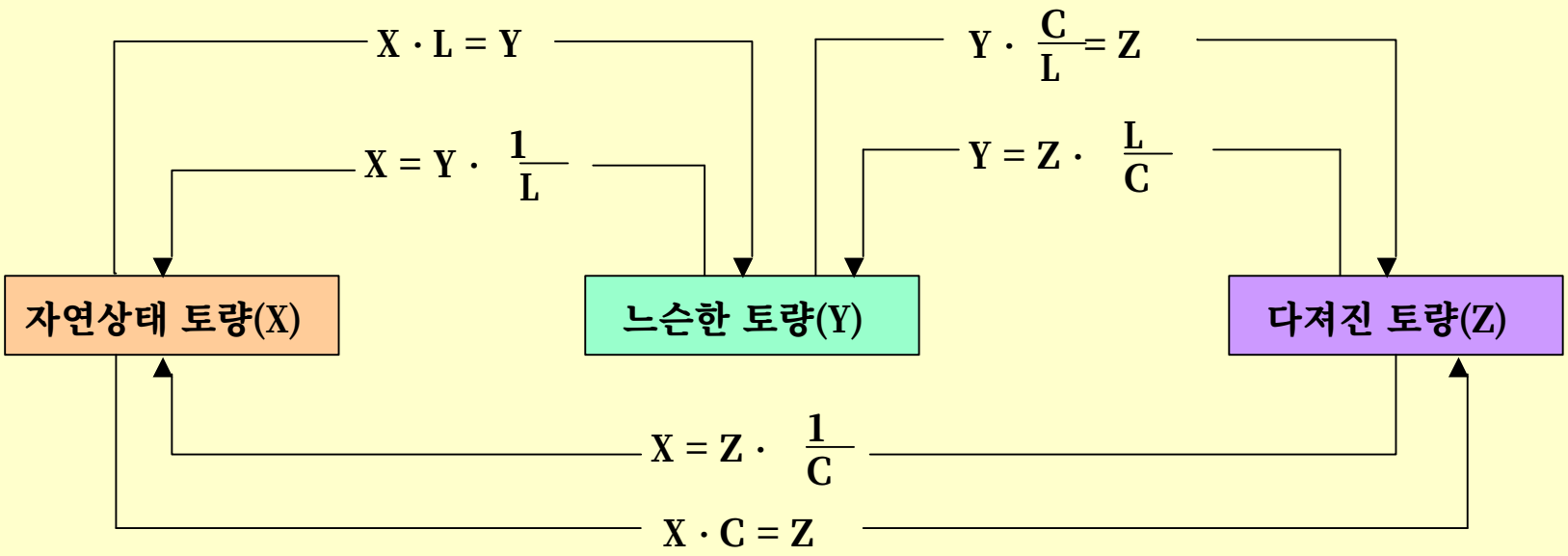
자연상태의 흙을 굴착하게 되면 원래의 부피보다 증가한 상태가 되며, 굴착한 토사를 포설하여 다짐장비로 다지게 되면 굴착토사의 부피가 원래의 흙의 부피보다 다소 감소하게 된다. 이러한 단계를 토량변화라 하며 흙의 부피가 증가하는 변화율을 토량의 증가변화율(L), 흙의 부피가 감소하는 감소변화율(C)로 나타낸다.

● 토사의 상태

1. 본바닥토량(자연상태의 토량) : 굴착할 토량을 나타냄
2. 느슨한 토량(흐트러진 토량) : 운반할 토량을 나타냄
3. 다져진 토량(완성 토량) : 다져진 후의 성토량을 나타냄

※ 토량의 변화율은 토사의 종류에 따라 틀려지나, 입형에 의해서도 크게 좌우된다.

$$L = \frac{\text{느슨한 토량}}{\text{본바닥 토량}} \qquad C = \frac{\text{다져진 토량}}{\text{본바닥 토량}}$$



Trafficability

● Trafficability의 정의

토사의 상태에 따라서 건설기계의 주행통과 가능성을 표시하는 지표로서 연약지반상에서 장비의 주행 난이도를 콘지수로서 나타낸 값이다.

● Trafficability의 용도

1. 장비의 선정 – 작업장에서 장비의 구륜방법 결정(타이어, 궤도)
2. 지반상태의 확인 – 작업착수전에 장비의 운용을 위한 지반상태의 확인
3. 작업능률의 파악 – 대상지반에서 작업능률을 파악하는데 이용됨
4. 공법의 선정 – 지반의 연약정도에 따라 작업공법을 선정하는데 참고의 척도가 됨
5. 장비조합의 결정 – 토공작업시 조합되는 장비의 종류 및 소요대수를 결정하는데 이용됨.

● 장비별 적용 Cone 지수

습지 도우저 : 4이하　　중형도우저 : 5-7　　대형도우저 : 7-10　　피견인식 스크레이퍼 : 7-10
자주식 스크레이퍼 : 10-13　　덤프트럭 : 15이상
* 교재 P.48 표2.2 참고

※ Ripperbility : 리퍼로 단단한 흙 또는 암석을 굴착할 수 있는 능력을 말하는 지수로서 보통 탄성파 속도치로 판정하며, 탄성파속도 1.5km/sec이하의 암석은 리핑이 가능함.

유토곡선(토적곡선; Mass Curve) – (1)

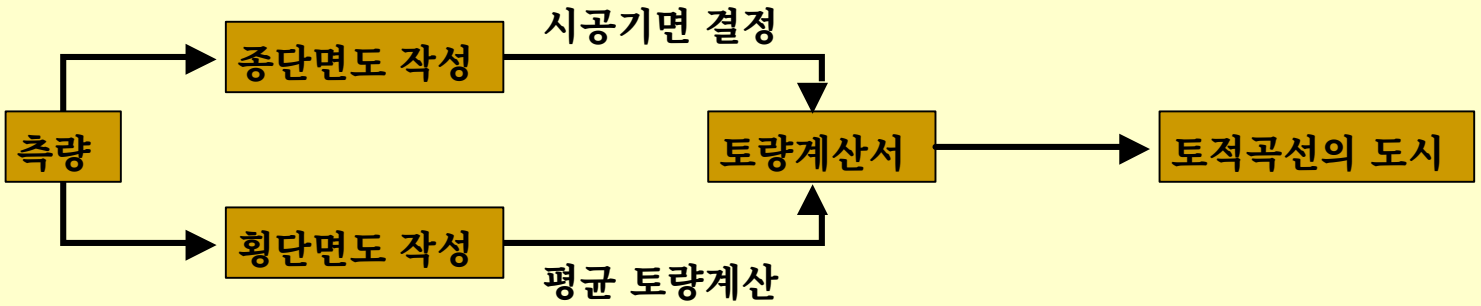
● 유토곡선이란?

토공에 있어서 절토와 성토로 발생하는 토량을 사전에 계획하여 운반거리 등을 결정하는 것을 토량배분이라 하며, 주로 노선 토공에서는 유토곡선(토적곡선)을 이용하여 토량배분을 실시한다. 유토곡선은 종축을 누적 토량, 횡축을 현장의 측점(Station)으로 토량의 누계가 잘 나타나게 된다.

● 유토곡선의 작성목적

1. 토량의 효율적인 배분 2. 운반거리에 따른 작비의 선정 3. 사토장 및 토취장의 선정

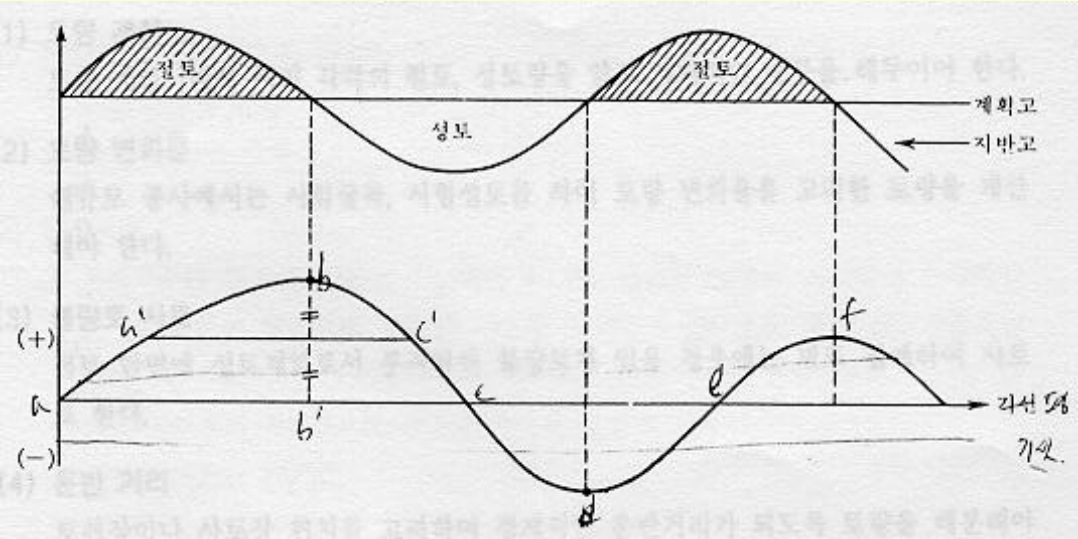
● 유토곡선의 작성순서



측점	거리 (m)	절토(+)			성토(-)					차인 토량	누가 토량
		단면적	평균 단면적	토량	단면적	평균 단면적	토량	토량 변화율	보정 토량		

유토곡선(토적곡선; Mass Curve) – (2)

● 유토곡선의 성질



1. 절성토구간

절토 : a-b, d-f　성토 : b-d

2. 극대점과 극소점

극대점 : b, 절토 → 성토 경계

극소점 : d, 성토 → 절토 경계

3. 산모양과 골모양

산모양 : a-b-c, 굴착토가 왼쪽 →오른쪽

골모양 : c-d-e, 굴착토가 오른쪽 →왼쪽

4. 토량의 과잉과 부족

토량과일 : 유토곡선이 기선 위쪽에서 종료

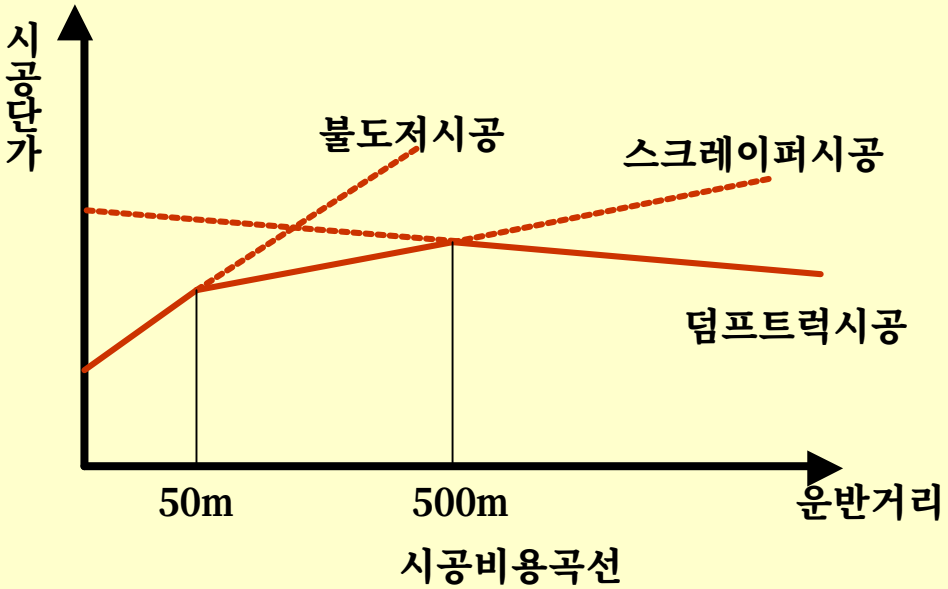
토량부족 : 유토곡선이 기선 아래쪽에서 종료

5. 평균운반거리

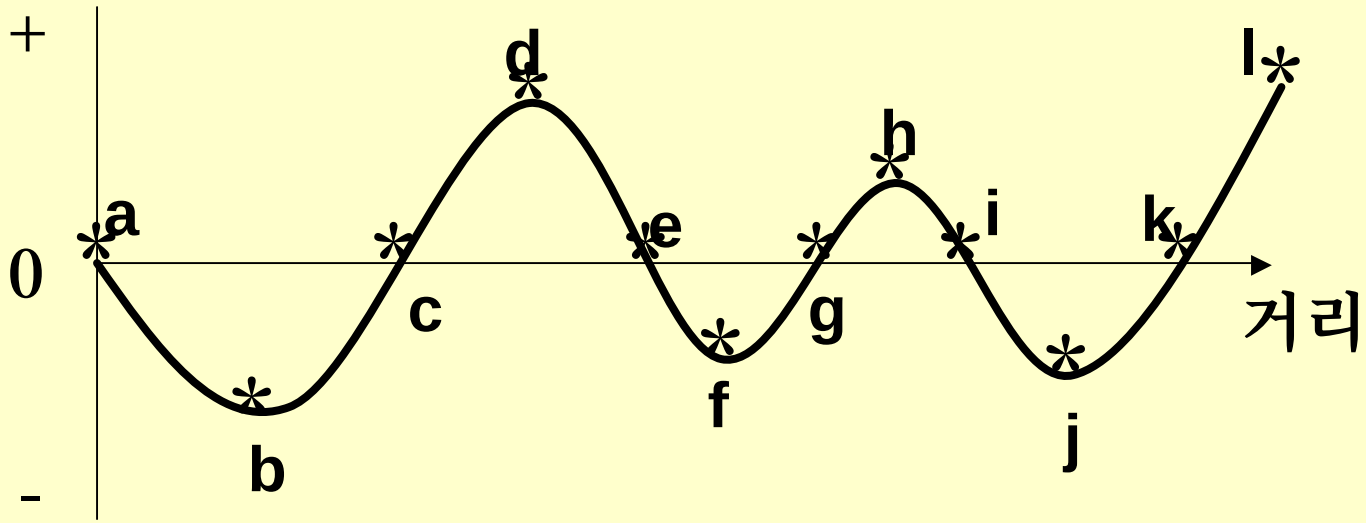
절토의 무게중심에서 성토의 무게중심간 거리

● 장비의 기종선정

1. Bulldozer : 50m 이하
2. Scraper　: 50-500m
3. Dump Truck : 500m 이상



유토곡선(토적곡선; Mass Curve) – (3)



흙의 동상

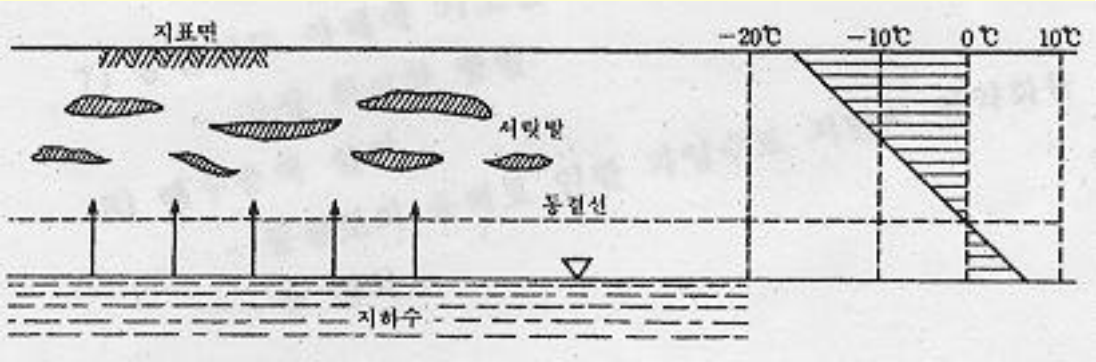
● 흙의 동상이란?

흙의 동상현상이란 흙속의 공극수가 동결하여 토중에 빙층을 형성하여 지표면을 들어올리는 현상임. 실트와 같은 세립구조의 흙에서 Ice Lense가 만들어져 동상현상이 발생하므로 공극수가 얼지 못하도록 하는 단열 또는 보온조치나 공극수의 유입을 차단할 수 있는 대책이 필요하다.

● 동상 발생의 3요소

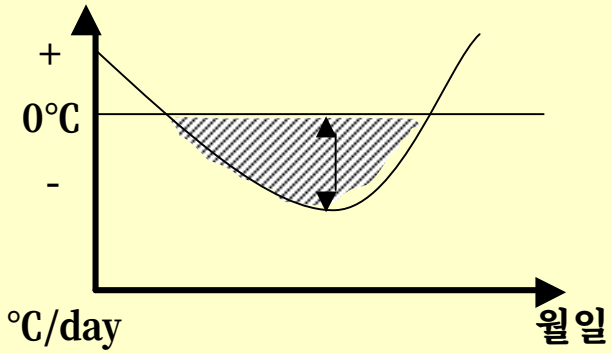
1. 세립토 : 자갈(×), 실트(0)
2. 온도
3. 모관수

세가지 조건이 만족될 때 동상이 발생함



● 동결심도

1. 현장조사
   1) 사전에 설치한 동결심도계 이용
   2) Test Pit에서 관찰
2. 동결지수
   1) $Z = C\sqrt{F}$ (Z: 동결심도, C:정수(3-5) F:동결지수 (℃day)
3. 열전도율
   1) $z = \sqrt{48 \cdot k \cdot F/(L)}$ (k:열전도율, F: 동결지수(℃/day) L:융해잠열



● 동상방지대책

1. 치환방법 – 동결심도 상부의 흙 치환
2. 차수 – 모관수의 상승차단
3. 단열 – 지표부에 단열재료 매입하여 보온 처리
4. 안정처리 – 화학약액 사용하여 흙의 동결온도 저하
5. 지하수위 저하 – 배수구 설치
6. 선택층 설치 – 모관수의 상승방지
7. 동결심도 아래에 기초를 설치