

# 제 110회 토질 및 기초 기술사 기출문제 해설

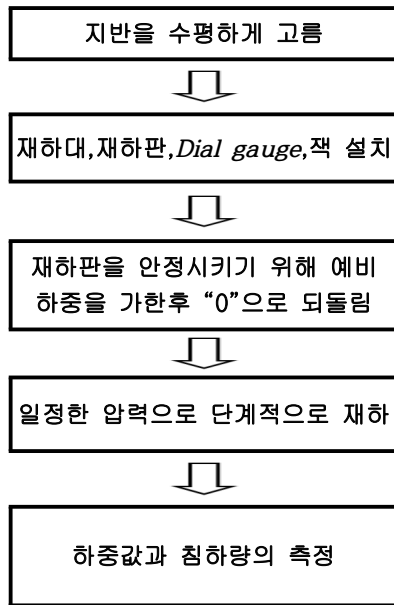
## 1교시

### 문제 1. 기초의 지지력 확인을 위한 평판재하시험결과 적용시 유의사항

#### 1. 정 의

아래 그림처럼 침하판에 하중을 가하여 하중-침하관계로부터 지반의 파괴형태, 지반반력계수, 지반 변형계수, 지반의 허용지지력, 콘크리트 포장두께를 결정하기 위한 원위치 시험임

#### 2. 시 험 방 법



· 필요시 모래포설

· 재하판과 하중 지지점은 1.5m이상 이격

· 1회의 재하 압력(단계하중)은 10t/㎡이하 또는 예상지지력의 1/5이하로 한다.

※ 도로 : 0.35kg/cm<sup>2</sup>씩 하중을 늘린다.

· 하중으로 인한 침하의 진행이 정지되었을 때

하중값과 침하량 측정→다음단계 하중재하

- 15분에 1/100mm이하가 되면 정지된 것으로 봄

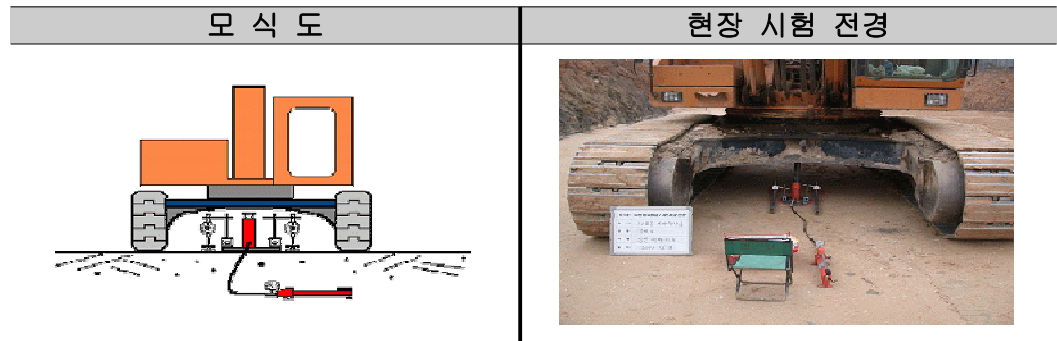
※ 도로 : 침하량이 15mm, 항복하중이상이면 시험종료

· 시험의 종료

- 극한 지지력의 거동을 보일 때까지(원칙)

- 항복 지지력을 보일 때

- 재하판 직경의 10%가 침하될 때



· 재하판 : 지름(30, 40, 75cm) 두께 2.2cm. 모양(정방형, 원형)

· 1회 재하시 단계하중 : 0.35kg/cm<sup>2</sup>씩 증가하여 침하량이 그 단계하중의 총 침하량의 1%이하가 될 때까지 기다려 그 때의 하중과 침하량을 읽는다.

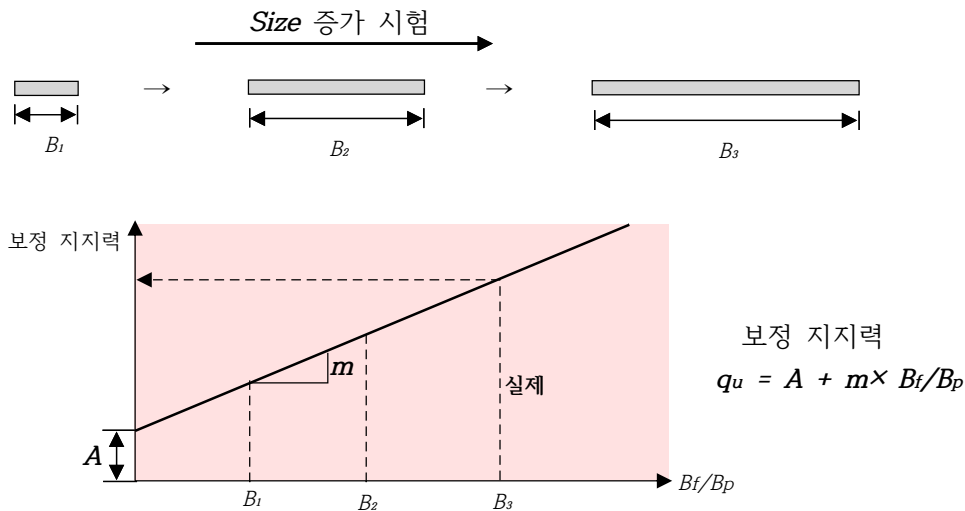
#### 3. 시험결과 적용시 유의사항

① Scale effect 고려, 시추조사를 통한 지층상태와 지하수위를 파악해야 함.

② 침하와 지지력 보정

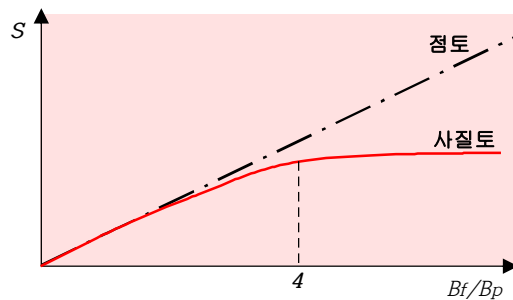
① 압밀침하에 대하여는 별도로 산출한다.

② 시험에 의한 Scale effect 고려 방법



③ 경험적 공식에 의한 보정

구분	지지력	즉시 침하량
점토	$q_u(\text{기초}) = q_u(\text{재하})$	$S(\text{기초}) = S(\text{재하}) \cdot \frac{B(\text{기초})}{B(\text{재하})}$
사질토	$q_u(\text{기초}) = q_u(\text{재하}) \cdot \frac{B(\text{기초})}{B(\text{재하})}$	$S(\text{기초}) = S(\text{재하}) \left[ \frac{2B(\text{기초})}{B(\text{기초}) + B(\text{재하})} \right]^2$
평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>점토지반은 기초판 폭에 무관</li> <li>모래지반은 기초판 폭에 비례</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>점토지반은 기초판 폭에 비례한다.</li> <li>모래지반은 기초판 커지면 처음에는 커지나 재하판의 4배 이상 커지면 더 이상 침하하지 않는다.</li> </ul>



④ 근입깊이 고려 지지력 보정

장기 허용 지지력 :  $q_a = q_t + \frac{1}{3} \gamma \cdot D_f \cdot N_q$

단기 허용 지지력 :  $q_a = 2 \cdot q_t + \frac{1}{3} \gamma \cdot D_f \cdot N_q$

※ 여기서  $q_t$ :  $q_y/2$ ,  $q_u/3$  중 작은 값이며 위 식의 제 2항은 근입심도 고려

⑤ 계산식에 의한 지지력 보정

재하판 2개를 이용하여 점착력과 전단저항각을 구해 테르자기 극한 지지력공식 대입하여 이론적으로 구함.

1재하판  $q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B_1 N_\gamma$  ----- ①

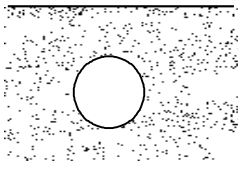
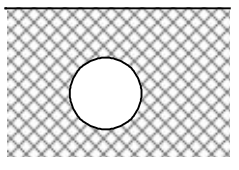
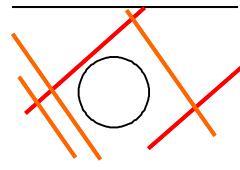
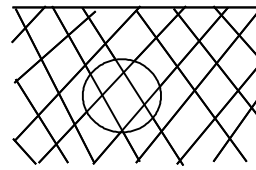
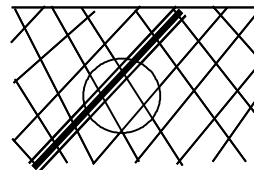
2재하판  $q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B_2 N_\gamma$  ----- ②

## 문제 2. 암반사면의 파괴형태

### 1. 개요

사면의 파괴는 중력에 의해 아래방향으로 향하는 힘에 의해 발생되며 토사사면의 경우는 지반의 강도 정수에, 암반사면의 경우에는 불연속의 특성에 따라 원호파괴외에도 평면파괴, 썩기파괴, 전도파괴등 거동을 달리한다.

### 2. 해석모델 취급면

구분	단면		
연속체	 <p>토사</p>	 <p>심한 파쇄층</p>	 <p>불연속면 영향없음</p>
	<p>▲ 파쇄가 심한 암은 토사로 취급 ▲ 불연속면 특성보다 입자간 결합력에 영향이 큼</p>		
불연속체	 <p>절리</p>	 <p>단층</p>	
	<p>▲ 불연속면의 특성에 따라 파괴형태가 달라짐</p>		

### 3. 암반사면 파괴형태

#### ① 원형파괴

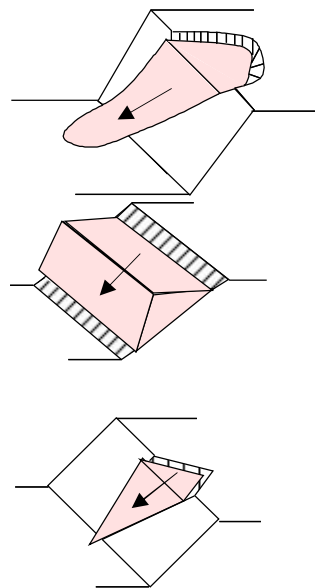
- ① 풍화가 심해 강도가 매우 약한 암반인 경우
- ② 불연속면이 불규칙적으로 매우 발달된 경우
- ③ 마찰원법이나 절편법에 의한 사면안정해석 시행

#### ② 평면파괴

- ① 절취면과 불연속면의 경사방향이 같음
- ② 불연속면이 한방향으로 발달된 경우
- ③ 불연속면과 절취면의 주향차가  $\pm 20^\circ$ 이내인 경우
- ④ 절취경사 > 불연속면 경사 > 전단저항각

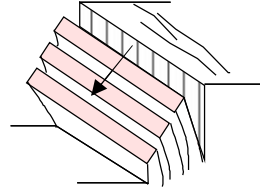
#### ③ 썩기파괴

- ① 불연속면이 교차하여 발달된 경우
- ② 교선이 daylight할때
- ③ 절취경사 > 교선경사 > 전단저항각



**4 전도파괴**

- ① 절취면 경사와 불연속면 경사방향이 반대
- ② 불연속면과 절취면의 주향차가  $\pm 20^\circ$ 이내인 경우



**4. 사면안정해석**

구 분	사면안정 해석		
토사 사면	한계평형 해석		기 타
	중량법 (사면내 흙 균질)	절편법 (사면내 흙 불 균질)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <math>\phi=0</math>해석</li> <li>◦ 마찰원법</li> <li>◦ Coshin법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Fellenius방법</li> <li>◦ Bishop방법</li> <li>◦ Janbu방법</li> <li>◦ Morgenstern &amp; price</li> <li>◦ spencer 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 일반한계 평형법</li> <li>◦ 수치해석</li> </ul>
암반 사면	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 평사투영해석 (3차원 → 2차원 평면 도시)</li> <li>- 절리면 주향, 경사</li> <li>- 절취면 주향, 경사</li> <li>- 절리면 전단강도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 한계 평형법 (평사투영결과 위험성이 판단되는 경우)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 수치해석 FLAC(연속체 해석) UDEC(불연속체 해석)</li> </ul>

### 문제 3. 압밀과 다짐의 차이

#### 1. 다짐의 정의

- ① 다짐이란 흙의 함수비를 변화 시키지 않고 흙에 인위적인 압력을 가하여 간극속에 있는 공기만을 배출함으로써 입자간 결합을 치밀하게 하고 단위중량을 증가시키는 과정이다.
- ② 다짐은 전압뿐 아니라 충격과 진동으로도 이루어지며 결과적으로 공기의 부피가 감소하여 투수성이 저하되고 흙의 밀도의 증가로 인해 전단강도의 증가를 위해 시행한다.

#### 2. 압밀과 다짐의 차이

구 분	다 짐	압 밀
과잉간극수압/함수비	- 변화 없음.	- 변화됨
시 간	- 단기	- 장기
목 적	- 전단강도 증가 - 압축성 감소 - 투수성 감소	- 침하축진 - 기타 다짐과 유사

#### 3. 흙의 다짐에 영향을 주는 요소

- ① 최적함수비
- ② 토질의 종류
- ③ 다짐 에너지
- ④ 다짐횟수
- ⑤ 유기불순물 함유량
- ⑥ 토질에 따른 다짐장비의 선택

# 문제 4. 연약점성토지반에서 실측침하량이 설계침하량과 차이가 나는 이유

## 1. 침하량 산정법

### ① 예측 침하량(계산)

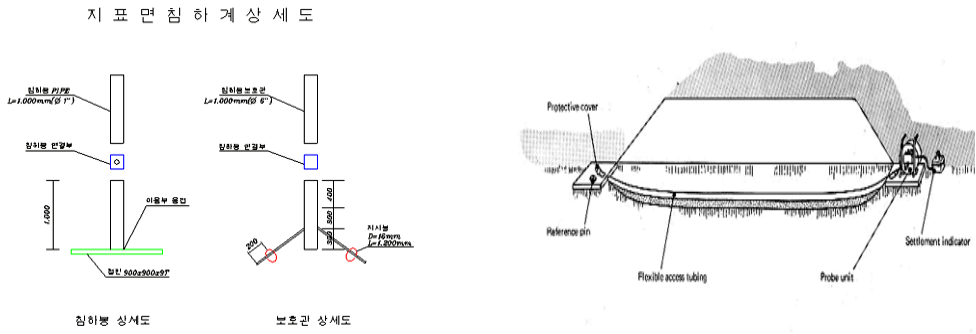
- ① 지반조사 / 물성시험
  - : Sounding( SPT, CPT)시험 → 시추 → 층두께, 층 구성,  $\gamma^d, \gamma^t$  산정
- ② 압밀시험
  - ㉠ 압축계수                      ㉡ 체적변화계수                      ㉢ 압축지수
  - ㉣ 압밀계수                      ㉤ 투수계수 산정                      ㉥ 선행압밀하중 결정
- ③ 압밀 침하량 계산

$$\Delta H = S = \frac{H}{1+e_0} \Delta e = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

$$\Delta H = S_{\text{sed}} = m_v \cdot \Delta P \cdot H$$

### ② 실측 침하량 산정

- ① 침하판                      ② 층별 침하계                      ③ Profile gage(전단면 침하계)



## 2. 예측치가 실제 침하량보다 큰 경우

- ① 지반조사 / 물성시험 : 연약부분만 채취 시험
- ② 압밀시험 : 과압밀 점토를 정규압밀 점토로 판단
  - ① 실제 채취심도와 시험기록지의 오류로 인한 현재의 유효하중의 과소판단
  - ② 상부층 건조점토를 무시
  - ③ 지하수위 변화, 경시효과 무시

### ③ Sane seam 과대평가

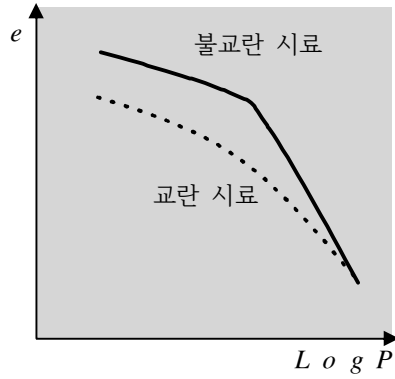
### ④ 다차원 압밀조건을 1차원으로 계산

2, 3차원의 경우  $A_f < 1$ 이 되어 침하량이 1차원 보다 작음

$$S_c = Mv \cdot \Delta u \cdot H = Mv \cdot \Delta \sigma_1 \left( A + \frac{\Delta \sigma_3}{\Delta \sigma_1} (1 - A) \right) H$$

⑤ 교란영향 무시

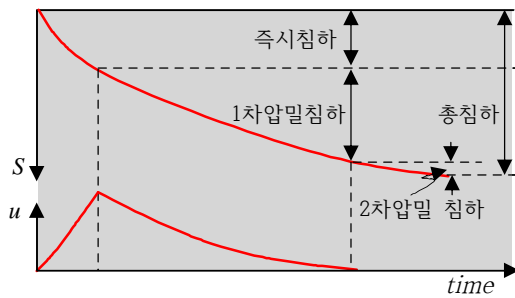
- ① 과압밀 구간 :  $C_r$  과대평가
- ② 정규압밀 구간 :  $C_c$  과소평가
- ③ 과압밀 구간에서 예측침하량이 과대 평가됨



3. 실측치가 예측치보다 큰 경우

① 침하 무시

즉시 및 2차 압밀침하의 영향을 무시한 경우



② 압밀층 과소 평가

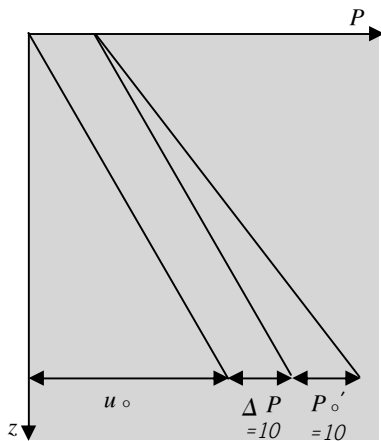
- ① 압밀하중 및 체적압축계수가 깊이에 따라 변화하기 때문에 점성토층을 몇 개의 분할토층으로 나누어 계산.
- ② 층별 압밀계수를 각각 구해서 환산 압밀층 두께를 적용해야함.

③ 급속성토

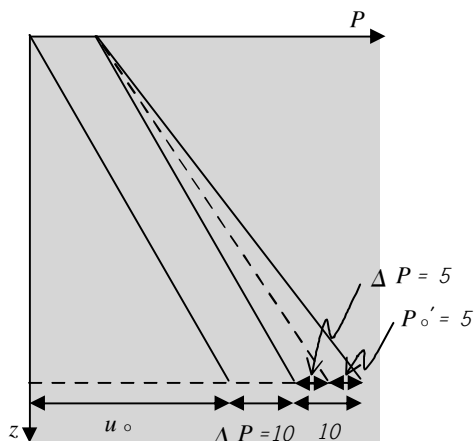
급속성토시 즉시침하량 증가  
(이유 : 강제치환, 측방유동 발생)

④ 피압 무시

$E X) P_o = 10\text{tonf/m}^2 \quad \Delta P = 10\text{tonf/m}^2 \quad C_c = 0.5 \quad e_o = 1.0 \quad H = 100\text{cm}$



피압무시



피압고려

$$\textcircled{1} \text{ 피압 무시 : } S = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} = \frac{0.5}{1+1} 100 \log \frac{10+10}{10} = 7.52 \text{ cm}$$

$$\textcircled{2} \text{ 피압 고려 : } S = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} = \frac{0.5}{1+1} 100 \log \frac{5+10}{5} = 15.05 \text{ cm}$$

※ 피압시는 유효상재압이 감소하고 압밀하중의 증가는 없으므로 침하량 증가 따라서 피압을 제거하고 지반을 개량한다면 오히려 비경제적일 수 있음.

## 4. 평 가

- ① 침하량을 정확히 예측하기에는 지반의 변동요인이 매우 많음  
(압밀상태(이력), 지반구조, 시험오류등 )
- ② 따라서 침하예측은 수계산과 수치해석을 병행하여 상호 검증하는 것이 매우 중요함.
- ③ 현장에서의 시공은 점증재하이므로 이에 대한 보정이 필요함
- ④ 연직배수공법의 경우 Smear effect, well 저항, mat resistance, 측압 등 을 고려해야 함.
- ⑤ 특히, 예측치와 실측치를 비교하기 위한 침하측정용 계측기기를 설치하여 역 계산을 통한 침하관리에 안전을 기하여야 할 것이다. (EX : 층별 침하계, 간극수압계등 )



## 문제 5. 터널 라이닝 배면의 잔류수압

### 1. 지하수위에 따른 터널설계

지하수의 영향을 받는 터널설계에 있어 물과 관련하여 다음 두가지의 문제가 고려되어야 한다. 그 첫째는 터널내로 유입되는 물을 처리 혹은 배제할 수 있어야 하며 둘째는 터널라이닝에 작용하는 수압을 지지할 수 있도록 라이닝을 설계함으로써 구조물의 안정성을 확보하여야 한다.

이러한 두가지는 상호 연관성을 갖기 때문에 터널 설계를 함에 있어 동시에 고려가 되어야 하는 문제이다.

### 2. 터널 라이닝에 작용하는 잔류수압 적용

① 일반적인 잔류수압의 적용 공식 : 경험적 공식으로 정확한 수압에 대한 근거 불충분

$$P_w = 0 \sim (1/2 \sim 1/3) H_t \times \gamma_w$$

여기서, 보통 암반층에서 1/3, 토사층에서는 1/2 적용  $\gamma_w$  : 물의 단위중량

$H_t$  : 터널 단면의 높이

② 잔류수압 적용 형태

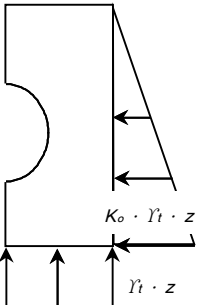
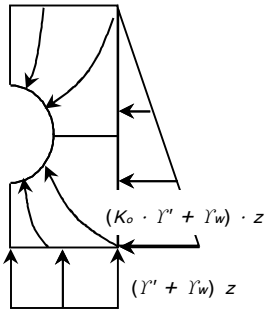
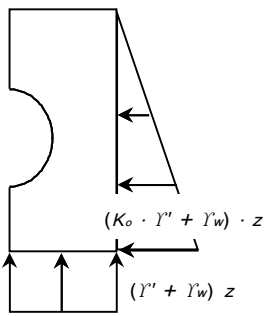
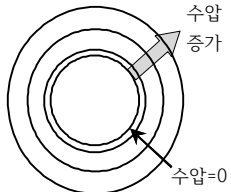
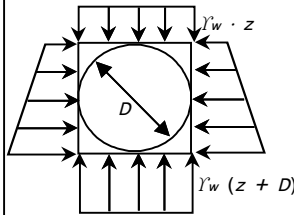
구분	경험적 방법	기타 수압모델 I	기타 수압모델 II
잔류수압 분포			
해석	2차원 침투해석에 의해 산정된 경험적 수압분포모델	지하수위가 터널 천단부에 위치하고 측면배수기능이 원활한 경우의 모델	경험적인 방법에서 연직수압 모델을 고려하지 않은 모델

### 3. 배수조건에 따른 라이닝에 작용하는 수압

① 배수형 · 비배수형 터널의 해석개념

구분	배수 터널		비배수 터널 (완전방수 개념)	
	완전배수	침투고려		
개념				
지하수위 침투	배수에 의한 강하 발생	변동 없음 발생	변동 없음 발생 없음	
해석	경계부	전응력 = 유효응력	유효응력 + 정수압	
	지중응력	유효응력 = 전응력	유효응력 + 침투압	
조건	라이닝에 작용하는 수압	0	0	정수압

② 경계부 응력과 라이닝에 작용하는 수압

구 분	배수 터널		비배수 터널 (완전방수 개념)
	완전배수	침투고려	
경계부 응력	$\gamma_t$ : 습윤단위중량  <p><math>K_o \cdot \gamma_t \cdot z</math></p> <p><math>\gamma_t \cdot z</math></p>	 <p><math>(K_o \cdot \gamma'' + \gamma_w) \cdot z</math></p> <p><math>(\gamma'' + \gamma_w) z</math></p>	 <p><math>(K_o \cdot \gamma'' + \gamma_w) \cdot z</math></p> <p><math>(\gamma'' + \gamma_w) z</math></p>
라이닝에 작용하는 수압	0	 <p>수압 증가</p> <p>수압=0</p>	 <p><math>\gamma_w \cdot z</math></p> <p><math>D</math></p> <p><math>\gamma_w (z + D)</math></p>

## 문제 6. 사운딩(sounding)의 의미와 종류에 따른 시험결과 이용

### 1. 사운딩(Sounding)의 의미

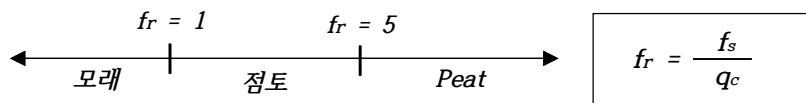
Rod선단에 부착된 저항체를 지중에 삽입하여 관입, 회전, 인발 등 에너지를 가할 때 지반의 저항정도에 따라 토층의 성상을 파악하는 것을 사운딩이라 한다.

### 2. 사운딩(Sounding)의 종류

정적 사운딩	동적 사운딩
① 휴대용 원추관입 시험기 (Portable Cone Penetrometer) ② 화란식 원추관입시험기 (Dutch Cone Penetrometer) ③ 스웨덴식 관입시험기 (Swedish Penetrometer) ④ 이스키 메터(Iskymeter) ⑤ 베인 시험기(Vane shear test)	① 동적 콘 관입 시험기 (Dynamic Cone Penetrometer) ② 표준 관입 시험기 (Standard Penetration tester)

### 3. 결과의 이용

① 토층성상의 개략적 판단 → 마찰비 이용



② Consistency 파악

③ 점 척력

$$q_c = 5q_u \quad q_c = 10C \rightarrow C = q_c / 10$$

④ Trafficability : 휴대용 CPT (전차진입여부 판단목적 개발)

⑤ 얇은 기초의 허용 지지력

$$B = 1.2m \text{ 이하} \quad q_a = q_c / 30$$

$$B = 1.2m \text{ 이상} \quad q_a = \frac{q_c}{50} \left( \frac{B+0.3}{B} \right)^2$$

⑥ 즉시 침하량

$$S_i = 1.53 \frac{P_o}{q_c} H \cdot \text{Log} \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

⑦ 극한 지지력

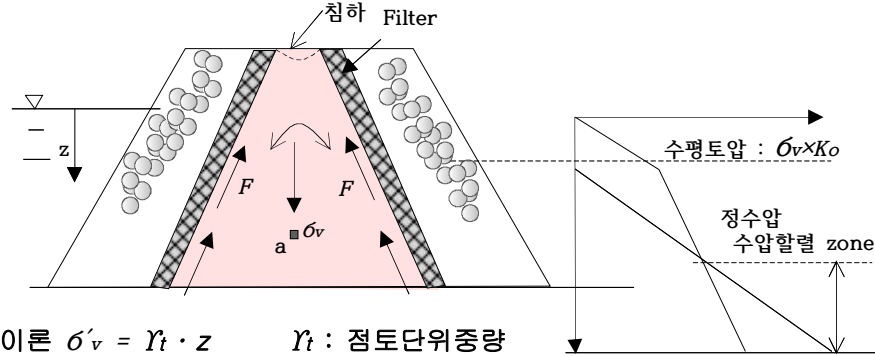
$$q_{ult} = q_p \cdot A_p + q_s \cdot A_s \quad q_p = q_c \quad q_s = \bar{q}_c / 200$$

⑧ 개량효과 확인 : Vertical Drain 및 SCP에서 개량효과(강도증가)확인

# 문제 7. 심벽형 댐에서의 수압파쇄 발생원인 및 방지대책

## 1. 수압파쇄 정의

심벽형 댐시공시 강성이 서로 다른 재료의 사용과 깊은 계곡의 凹형 지형 등의 이유로 응력전이와 부등침하가 발생한 상태에서 담수로 수위가 상승하면 아칭 효과로 감소된 최소주응력(수평토압)이 정수압보다 작아지는 곳에서 댐축에 수직한 균열이 발생하는 현상



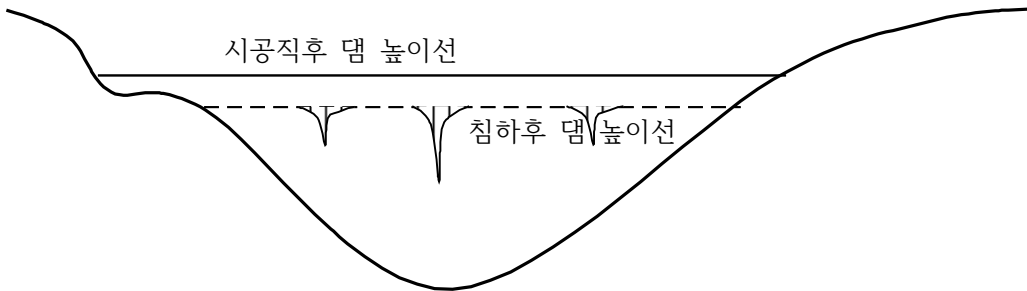
이론  $\sigma'_v = \gamma_t \cdot z$        $\gamma_t$  : 점토단위중량  
 실제  $\sigma_v = \sigma'_v - 2F$   
 $F$  : Friction 에 의한 응력 전이량

## 2. 발생원인

수압파쇄가 발생하는 원인은 부등침하와 응력전이의 두가지로 생각할 수 있으며 실제에는 복합적인 경우가 많다.

### 1) 부등침하

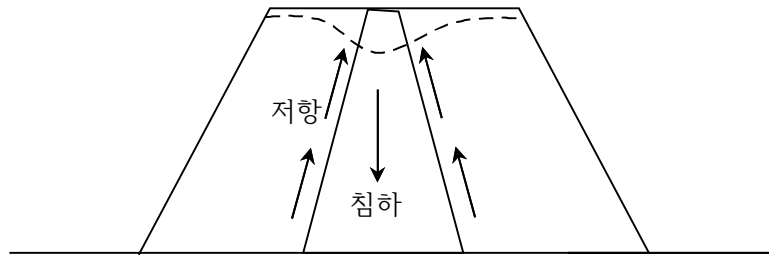
- ① 댐은 축방향의 종단을 그리게 되면 중앙부근에서 댐 높이가 높고 양안으로 갈수록 작아지므로 다짐을 잘하더라도 다소간의 부등침하가 생기게 되며 이 양은 재료, 댐높이, 댐하부의 침하물질이 있는 경우는 더 크게 부등침하가 생기게 된다.



- ② 댐 상부에 균열이 생기거나 나타나지 않을 수도 있지만 수평방향의 응력이 정지토압에 비해 감소하거나 인장력이 생기게 되어 균열이 수평방향으로 생겨 담수시 이 균열로 물이 침수하게 된다.

### 2) 응력전이

심벽과 필터층 또는 와곽재와의 강성이 달라 그림과 같이 심벽의 무게 일부가 인근의 재료로 옮겨지게 된다. 이를 응력전이라 하며 심벽의 무게가 상당히 감소하는 경우 담수시 수압이 커져 균열이 심벽에 생기게 된다.



### 3. 방지대책

- ① 심벽폭을 넓게 하여 응력전이를 줄인다.
- ② 필터를 효과적으로 설계, 시공하면 침식을 방지하며 수압할렬이 생기더라도 균열이 발전되지 않는다.
- ③ 심벽재료는 가능한 습윤측으로 다지는 것이 요망되며 필터의 D15는 0.7mm이하되는 재료를 사용
- ④ 응력전이가 생기더라도 수압파쇄는 재료의 불연속적인 결함이 중요한바 신구다짐층 사이이가 밀착 되도록 다짐관리가 요구된다.

## 문제 8. Henkel의 간극수압계수(CHAPTER 05 전단강도 P354)

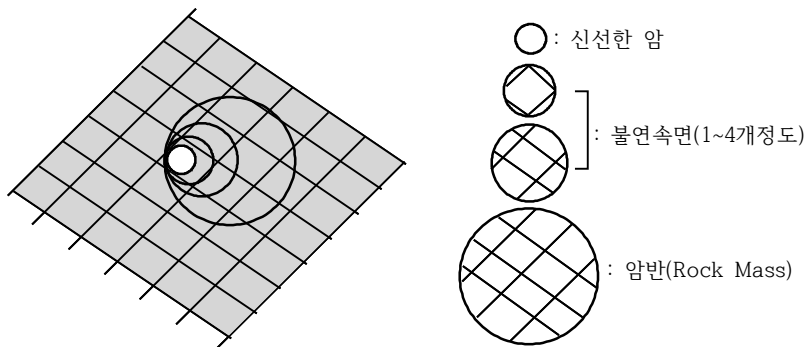
### 문제 9. 암석의 원위치강도와 실내시험강도가 상이한 이유

#### 1. 개요

- ① 암석과 암반은 Size에 따른 불연속면 유무에 따라 구분되며
- ② 따라서 암석의 원위치시험이란 암반의 불연속면이 포함된 시험을 의미하여 실내시험강도란 불연속면을 배제한 암석의 역학적 특성을 나타내므로 암석 시험편의 크기나 형상에 따라 역학적 성질을 달리한다.
- ③ 토질역학에서 취급하는 암은 암석을 포함한 암반에 대한 역학적 특성을 규명하는 분야이므로 암석 자체의 특성보다는 암반에 포함된 불연속면에 대한 역학적 거동을 고려하여야 한다.

#### 2. 암석과 암반의 비교

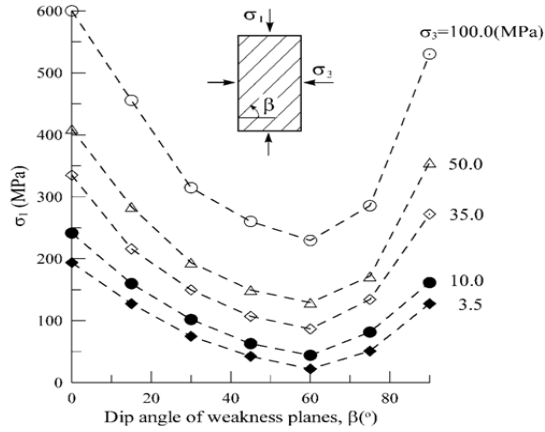
구분	암석	암반
미세균열	존재	존재
시험	실내시험	현장 원위치 시험
불연속면	없음	존재
규모	적다	크다
강도특성	풍화에 좌우	절리면에 좌우
등방여부	등방성	이방성
분류	화성암, 퇴적암, 변성암	RQD, RMR, 풍화도 Q System, SMR Riffability (발파암, 리핑암, 토사)



#### 3. 암석의 원위치 시험과 실내시험의 강도가 상이한 이유(암반의 공학적 특성)

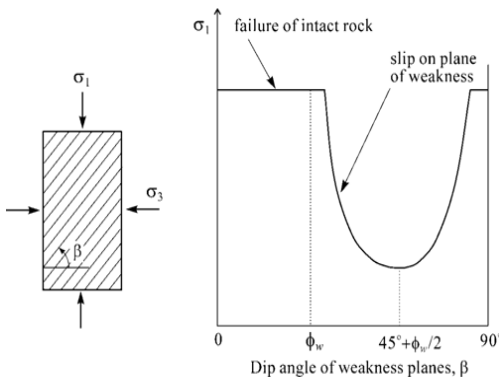
- ① 강도 이방성 : 암석의 성질이 방향에 따라서 다르게 나타나는 것  
암석이 구성입자들의 배열, 결합형태들과 같은 광물학적 요인과 미세균열 등 암석자체의 요인과 층리, 엽리, 벽개 등과 같은 불연속면등 복합적인 요인에 의해 작용방향에 따른 역학적 특징이 상이함을 일컬음

① 연약면의 경사각의 변화에 따른 강도변화



압력의 방향과 하중 작용 방향이 같거나 직각인 경우 강도가 가장 크고 β가 60° 일때 최소의 강도가 나타남

② 횡방향 등방성 암석에 대한 Jaeger의 제안식



$$\tau = \sigma_n \tan \phi_w + c_w$$

$$\sigma_1 = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \sigma_3 + \frac{2c \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

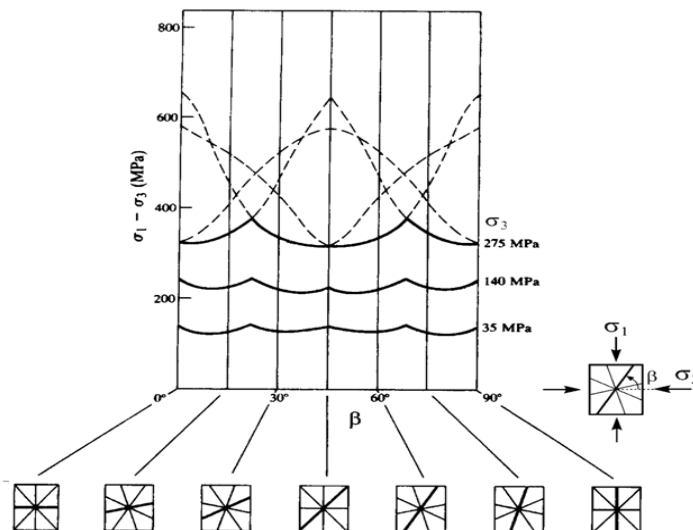
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{2(c_w + \sigma_3 \tan \phi_w)}{(1 - \tan \phi_w \cot \beta) \sin 2\beta}$$

$$\beta = 45^\circ + \frac{\phi_w}{2} \text{ (최소강도나타냄)}$$

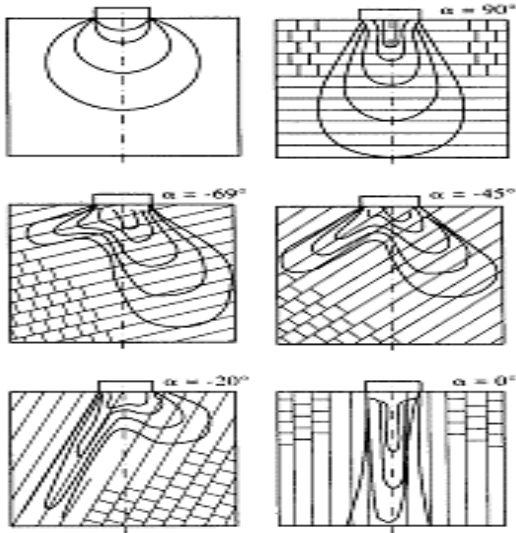
※ 연약면과 무결암질에 각기 다른 Mohr-Coulomb 파괴조건식 적용하여 두가지 시험중 먼저 파괴되는 경우를 파괴조건으로 가정한다.  
β가 φ<sub>w</sub>에 접근하거나 90°에 접근하면 미끄러짐이 발생하지 않고 무결암의 파괴로 전환됨을 알 수 있음

③ 여러 개의 연약면을 갖는 암석의 강도

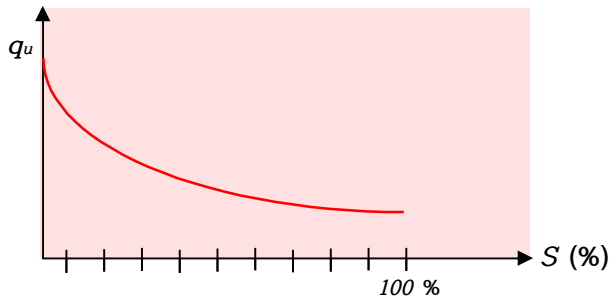
대략적으로 등방성 강도의 특성을 보임, 따라서 연약면의 강도 특성이 유사하다면 다수의 절리면을 포함한 암반은 등방체로 가정할 수 있음



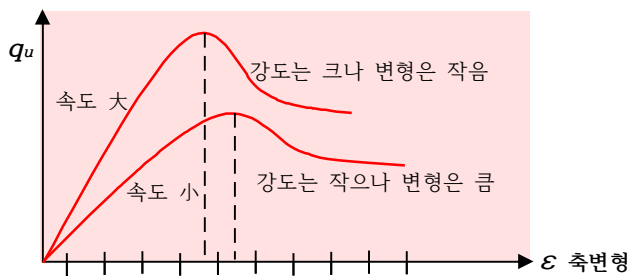
② 절리형태에 따른 응력분포 (무절리, 수평절리, 傾斜절리, 연직절리)



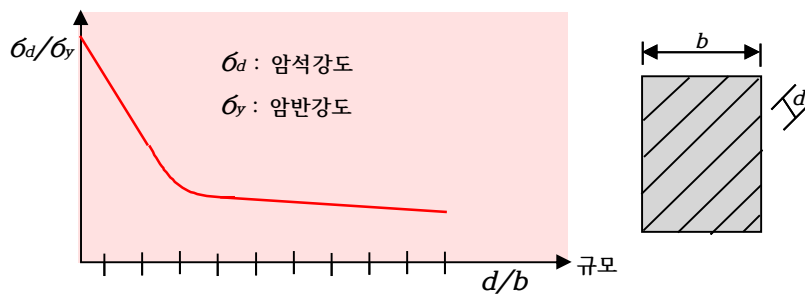
③ 함수율 영향



④ 응력재하속도



⑤ Scale Effect : Size 크면 불연속면 함유율이 큰 것 을 의미함





# 문제 10. 모래의 전단강도에 영향을 주는 요소 중 중간주응력(intermediate principal stress, $\sigma_2$ )

## 1. 모래의 전단저항 원리

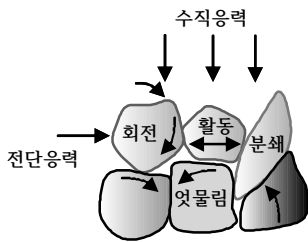
① 마찰저항 : 회전마찰, 활동에 의한 마찰

① Interlocking : 엇물림

• 느슨할때 : 활동

• 조밀할때 : 회전, 엇물림

② 중력거동



② 전단강도 :  $\tau = \sigma \tan \phi \rightarrow$  유효수직응력에 크게 좌우됨

## 2. 모래의 전단강도에 영향을 미치는 인자

① 상대밀도

② 입자의 크기

③ 입도와 입형

④ 물의 영향

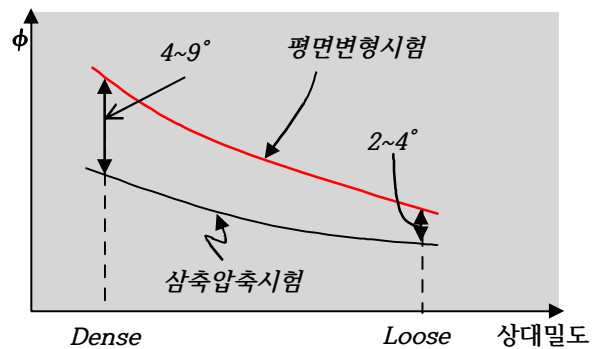
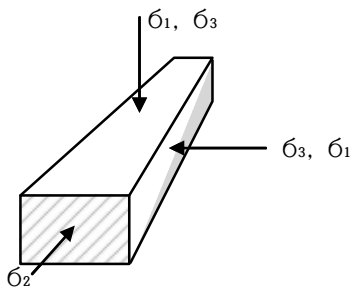
⑤ 중간주응력

⑦ 구속압력

## 3. 중간주응력으로 모래의 전단강도 특성

① 중간 주응력을 고려하여 평면변형전단시험으로 시험한  $\phi$  값은 구속조건의 차이로 인해 표준 삼축압축시험으로 구한  $\phi$  값보다 큼

② 평면변형조건인 옹벽, 줄기초계산에 전단시험값은 1.1  $\phi$  로 사용함.



## 문제 11. 토류벽 소단(berm)

### 1. 개요

도심지 근접 굴착 시 과도한 굴착으로 인하여 지반 및 흙막이 구조물에 발생하는 과도한 변형을 억제하기 위해 굴착 측에 어느 정도의 소단(berm)을 두어 시공하는 것은 매우 유용한 방법이 될 수 있다. 그러나 굴착 현장에서는 시공의 편의상 소단을 두지 않거나, 기존 연구 결과의 부족 등으로 인하여 현장 임의의 판단에 의해 소단의 크기와 형상을 설정하는 것이 일반적이다.

향후 현장 계측결과와 수치해석적인 방법을 활용하여, 굴착 시 지반 및 흙막이 구조물의 과도한 변형을 억제하기 위한 효율적인 소단설치 기준을 마련하여야 하겠다.

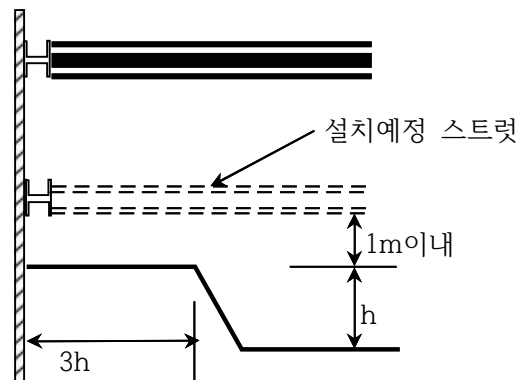
### 2. 소단의 설치

#### ① 소단을 설치하지 않고 굴착을 실시할 경우

일반적으로 버팀보 설치예정 지점으로 부터 0.5m정도 굴착하는 것이 일반적이거나 시공의 편의성과 공기단축의 이유로 버팀보 설치 예정지점으로 부터 1.5m~2.0m 이상 깊게 굴착하는 경우가 있다. 이처럼 단계별로 정해진 깊이 이상 굴착할 경우 흙막이 구조물의 과도한 변형과 응력을 유발시켜 흙막이 벽의 붕괴되는 사례가 많으므로 유의하여야 한다.

#### ② 스트럿트 설치구간 소단 설치

: 아래 그림과 같이 설치하며 절토사면의 안정을 유지하여야 한다.



소단 설치단면(한국지반공학회, 1995)

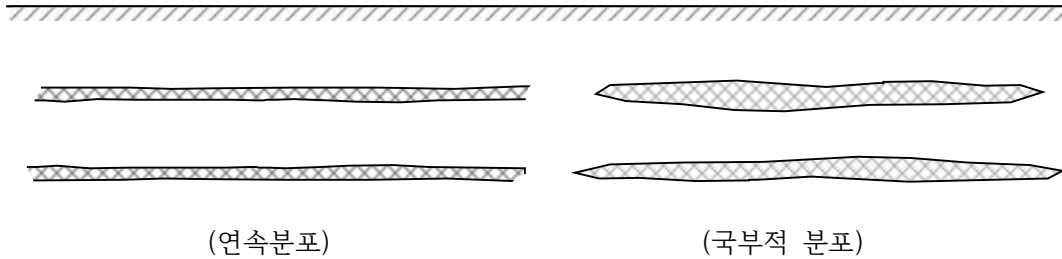
## 문제 12. 터널굴착에서 연성파괴조건과 취성파괴조건

: 교재 2권 암반 및 터널 O4 암반파괴기준 참조(동영상해설포함)

## 문제 13. 점토지반의 sand seam

### 1. 정 의

점토지반에 박층 또는 Lense형태로 모래입자가 퇴적 형성된 층으로 국내의 경우 서해안에 분포가 많이 되어 있음.



### 2. Sand Seam의 영향

- ① Sand Seam이 있으면 점토보다 침하량이 적으므로 예측침하량보다 실제 적게 발생할 수 있음.
- ② Sand Seam이 배수층 역할을 하는 경우 압밀침하속도는 배수거리 단축에 의해 빨라질수 있음.

### 3. Sand Seam의 조사

Piezo Cone 관입시험(CPTU)의 연속적 시험, Foil Sample에 의한 연속시료채취로 분포두께, 평면적 분포를 알 수 있음.

### 4. 평 가

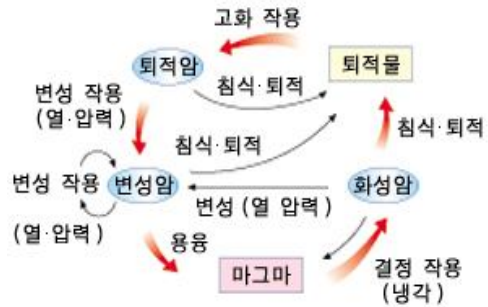
- ① Sand Seam은 연속적 분포여부와 투수성이 매우 중요함.
- ② Sand Seam을 인위적으로 조성하여 압밀배수 촉진하는 Sand Jet공법이 있음.

## 2교시

### 문제 1. 흙의 생성기원에 따라 토층을 분류하고 공학적 특성을 설명하시오.

#### 1. 흙의 생성기원

- (1) 흙은 암석이 풍화되어 생성되었기 때문에 모암에 따라 성질을 달리한다.
- (2) 지각으로 둘러싸인 지구 표면에 형성된 암석은 크게 **화성암, 퇴적암, 변성암**으로 구별되며
- (3) 여기서 암은 그림과 같이 순환작용에 의해 변화가 된다.
- (4) 우리가 보는 흙은 암석이 **물리적 풍화, 화학적 풍화, 용해작용(Solution)**에 의해 미세한 조각으로 쪼개진 것을 말한다.



※ **풍화결과** 자갈, 모래, 실트는 주로 물리적 풍화작용에 의해 생성되고 점토의 경우는 암반의 화학적 작용에 의해 생성된다.

#### 3. 생성기원에 따른 토층분류

##### (1) 잔적토(Residual soil)

: 풍화작용으로 쪼개진 흙이 운반되지 않고 그 자리에 남은 흙

- ① 잔류토(풍화토)
- ② 유기질토

##### (2) 운적토(퇴적토)

: 풍화작용으로 쪼개진 흙이 물, 빙하, 바람, 중력 등에 의해 다른 장소로 운반된 흙

- ① 충적토
- ② 풍적토
- ③ 빙적토
- ④ 해성퇴적토
- ⑤ 봉적토
- ⑥ 화산토

##### (3) 매립토

##### (4) 특수토

- ① 유기질토
- ② 붕괴토
- ③ 팽창토
- ④ Quick Clay
- ⑤ 폐기물 지반

#### 4. 잔류토의 공학적 성질

##### (1) 공학적 특성

- ① 강도정수  $\Phi$  는  $20^\circ \sim 30^\circ$  정도이며  $C$  는  $0.1 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$  의 범위를 가짐
- ② 투수계수는  $\alpha \times 10^{-3} \sim \alpha \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$  로서 보통의 투수성을 가짐
- ③ 경우에 따라 다짐시 파쇄로 인한 강도저하 현상인 **Over compaction**에 유의

##### (2) 물리적 특성

- ① 통일분류상 대체로 SM, SC로 분류되며  $75 \mu\text{m}$  체 통과율은 15~40%가 우세함
- ② 소성은 비소성(NP)에서 소성지수 20%이하로 사질토와 점성토의 성질을 나타냄
- ③ 풍화도 표현: 화학적 풍화지수(CWI : Chemical weathering index)로 나타냄

$$CWI = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2 + H_2O}{\text{모든 화학성분}} \times 100\%$$

- ④ 입도와 소성으로 부터 잔류토는 모래와 점토의 중간형태로서 취급상 불편함으로 Headche soil로 부름

## 5. 유기질토의 공학적 성질

### (1) 공학적 특성

- ① 함수비가 200~300%로 고함수비임
- ② 압축성이 크나 투수성은 낮다
- ③ 2차 압밀침하량이 크다

### (2) 판 정

- ① 냄새나 색깔로 판정 ② 유기물 함유량50%를 기준으로 많으면 강열감량법, 작으면 중크롬산법산법

## 7. 풍적토의 공학적 성질

- (1) 주로 황색을 띠고 있으며 점성이 없기 때문에 물에 포화되면 쉽게 붕괴됨
- (2) 봉소구조이며 연직방향으로 균열이 생기고 연직방향 투수계수가 수평방향 투수계수 보다 크다.
- (3) 간극비가 크고 단위중량이 작으며 0.01~0.05mm의 일정한 입경을 가짐
- (4) 이러한 흙 구조는 물이 공급되어 포화 될 경우 기초부에 큰 침하가 발생한다.

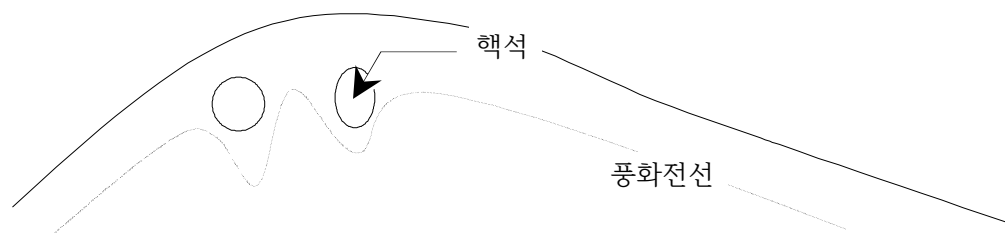
## 8. 해성점토의 공학적 성질

- (1) 통일 분류상 흙의 종류는 CL, ML, CH가 주로 많으며 간혹 MH도 발견된다.
- (2) 군산 이북쪽으로는 CL, ML이 우세하나 남해안 동해안은 CH가 우세하고 CL이 혼재한다
- (3) 물리적 성질로서 점착력  $C = 0.2 \sim 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ , 함수비는 30%~50%, 간극비는 0.8~1.2, 압축지수는 0.2~0.3, 압밀계수는  $\alpha \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 으로 대체적으로 연약지반에 해당된다.

## 9. 국내에서 가장 흔한 풍화 잔류토에 대한 실무취급시 유의사항

### (1) 절토

- ① 절토시 구배는 1:1~1:1.5정도가 요구되며 강우시 사면붕괴가 발생되기 쉬우므로 표면보호, 표면보강, 지표수배제, 지하수배제 등 조치가 필요함.
- ② 차별풍화(Differential weathering)지역은 조사빈도를 조밀하게 하여야 하며 부분적으로 핵석(Core stone)이 분포 가능함에 따라 유의해야함



### (2) 성토

- ① 대체로 성토재료로 양호하나 75 $\mu\text{m}$ 체 통과율이 클 경우 부적합 할 수 있으므로 유의
- ② 다짐시 과다짐에 유의
- ③ 법면은 절토와 같이 우수침식으로 인한 세굴에 대비하여 표면보호공이 필요

### (3) 기초지반

- ① 교란으로 인한 강도와 침하가 크게 발생할 수 있으므로 유의
- ② 깊은 기초의 경우에도 프리보링의 경우 지반교란으로 인한 강도저하에 유의

### (4) 터널

- ① 갱구부에 주로 분포되므로 Ground arch형성이 곤란하며
- ② 지하수유출로 인한 시공시 붕괴가 우려되므로 강도 및 차수보강이 요구됨
- ③ 굴착공법 적용시 전단면은 위험하므로 Ring cut, 상하반 분할, 중벽분할, 측벽선진도갱, Short bench에 의한 조기 폐합관리가 되도록 요구됨

문제 2. 다음과 같은 조건의 층상토지반 등가투수계수를 구하는 방법에 대하여 설명하시오.

1) 수평방향 흐름시

2) 연직방향 흐름시

→ 교재 1권 CHAPTER 02 흙속의 물 03 비균질 토층에서의 평균투수계수 (동영상 해설)

문제 3. 사면안정해석시 전응력해석법과 유효응력해석법을 비교 설명하시오

→ 교재 1권 CHAPTER 08 사면안정 07 전응력해석과 유효응력해석 (동영상 해설)

문제 4. 연직말뚝에서 두부구속조건에 따른 횡방향지지력을 구하는 방법에 대하여 설명하시오

→ 교재 2권 CHAPTER 13 깊은기초 22 말뚝의 횡방향 지지력(동영상 해설)

**문제 5. 가설토류벽에서 인접구조물의 하중에 의하여 가설토류벽에 추가로 발생되는 수평토압과 토압의 전이(apparent earth pressure)에 대하여 설명하시오**

**1. 개요**

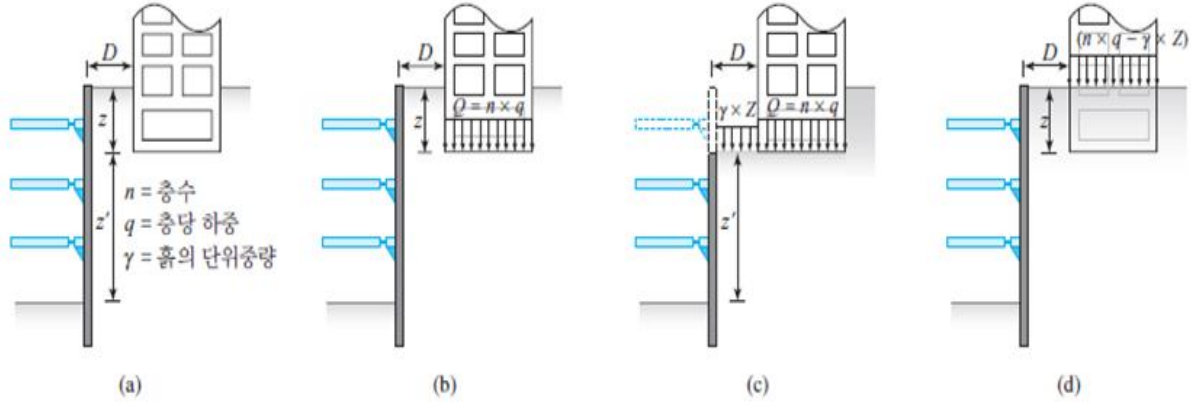
- ① 가설토류벽에서 인접구조물의 하중에 의하여 가설토류벽에 추가로 발생하는 수평토압은 탄성론적 방법을 적용하여 지반탄성계수가 깊이에 따라 선형적으로 증가하는 개념으로 판단하며 Boussinesq(1883)가 시험에 의해 도표로 제시한것을 이용하고 있는 실정임.
- ② 가설 토류벽에서의 토압의 전이란 토체의 일부분에 전단항복이 일어나고 인접한 흙은 원위치에 있을 때 항복이 일어난 쪽의 흙은 일어나지 않는 쪽과 경계면에서 상대적으로 움직이려고 함.
- ③ 이 토체내의 상대적 이동은 경계면 사이의 전단저항에 의하여 억제되는데, 이 전단저항이 항복 쪽의 흙을 원위치에 유지시키려 하기 때문에 항복이 일어나는 쪽의 압력은 감소하고 원위치에 있는 흙에서의 압력은 증가함. 이와 같은 변형되려는 부분의 토압이 인접부의 흙으로 압력이 전환되는 현상을 아칭현상(효과)=토압의 전이(apparent earth pressure)라고 함.

**2. 집중하중 및 선하중에 의한 토압증가량 산정(Terzaghi, 1954)**

	집중하중	선하중
토압증가 분포		
토압증가량 및 작용위치		
토압증가량 산정식	$m \leq 0.4 \text{인 경우}$ $\Delta\sigma_a = \frac{0.28n^2}{(0.16 + n^2)^3} \times \left(\frac{Q_p}{H^2}\right)$ $m > 0.4 \text{인 경우}$ $\Delta\sigma_a = \frac{1.77m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3} \times \left(\frac{Q_p}{H^2}\right)$	$m \leq 0.4 \text{인 경우}$ $\Delta\sigma_a = \frac{0.20n}{(0.16 + n^2)^2} \times \left(\frac{Q_L}{H}\right)$ $m > 0.4 \text{인 경우}$ $\Delta\sigma_a = \frac{1.28m^2 n}{(m^2 + n^2)^2} \times \left(\frac{Q_L}{H}\right)$

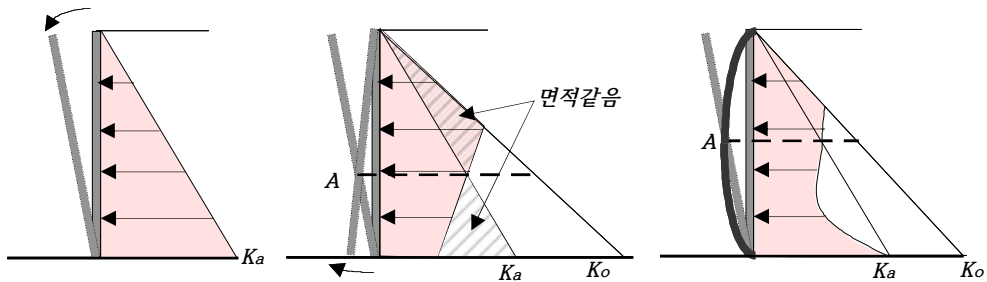
### 3. 인접구조물의 하중에 의한 가설토류벽의 추가발생 수평토압

- ① 그림 (a)와 같이 인접한 구조물로 인한 토류벽의 추가하중은 그림(b)와 같이 적용
- ② 그림(c)와 같이 인접건물의 기초심도를 지표로 고려하여 상부 흙 하중 및 건물하중을 상재하중으로 적용하여 안전하게 설계



### 4. 변위에 따른 토압의 전이(apparent earth pressure)

- ① 응 벽
  - ① 변위와 토압



강성벽체 : 상부변위

강성벽체 : 하부변위

연성벽체 : 중간변위

- ② 평가

상부변위와 중·하부 변위를 비교하면 A점을 기준으로 상부는 횡방향 변위가 구속되므로 토압이 증가하고 A점 하부에서는 토압이 재분배되면서 감소하게 된다. 그러나 전체토압의 합은 동일하다.

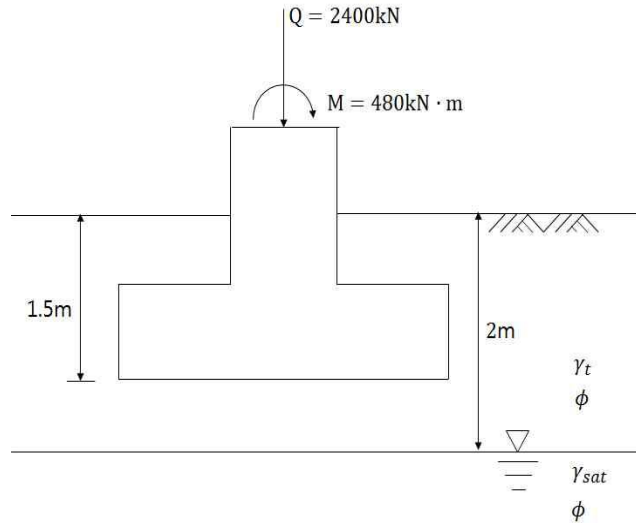


문제 6. 유한요소법해석에 의한 지반모델링에서 초기지중응력(initial stress condition)의 설정방법에 대하여 설명하시오.

→ 교재 2권 CHAPTER 15 암반 및 터널 암반의 초기지반응력 18  
+ 터널굴착에 따른 주변지압 19 (동영상 해설)

### 3교시

**문제 1.** 다음과 같은 조건에 직사각형(2m×4m) 얽은기초를 설계하려고 한다. 기초의 전체하중  $Q = 2,400 \text{ kN}$ , 한방향모멘트  $480 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 가 작용할 경우 아래에 주어진 계수를 이용하여 Meyerhof 공식으로 허용지지력( $q_u$ )을 구하고, 기초의 안정을 검토하시오.



기초의 근입깊이  $D_f = 1.5\text{m}$ , 지하수위는 지표면으로부터  $2.0\text{m}$ 아래  
 지하수위 상부지반은  $\gamma_t = 18.0 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 34^\circ$ ,  $c = 0$ ,  
 지하수위 하부지반은  $\gamma_{sat} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 34^\circ$ ,  $c = 0$   
 형상계수  $F_{cs} = 1 + 0.2K_P B/L$ ,  $F_{qs} = F_{\gamma_s} = 1 + 0.1K_P B/L$   
 깊이계수  $F_{cd} = 1 + 0.2\sqrt{K_P} D_f/B$ ,  $F_{qd} = F_{\gamma_d} = 1 + 0.1\sqrt{K_P} D_f/B$   
 (단,  $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 34^\circ$  일 때  $N_c = 42.16$ ,  $N_q = 29.40$ ,  $N_\gamma = 31.15$ )

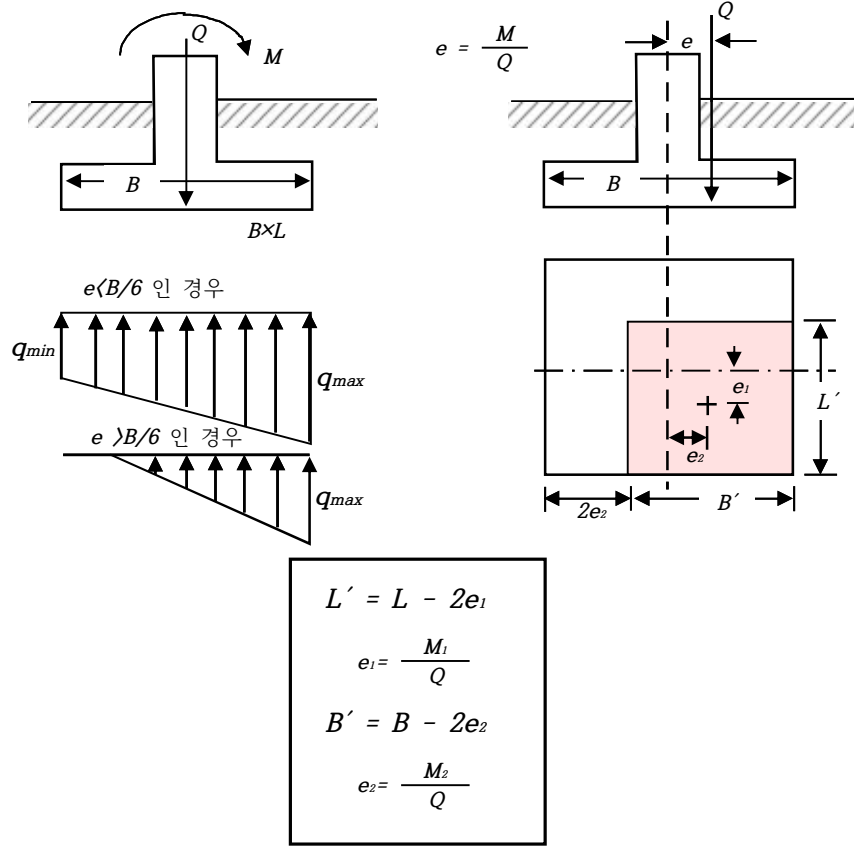
→ 교재 2권 CHAPTER 12 얽은기초 04 지지 메카니즘과 편심하중 고려방법  
 (동영상 해설)

#### 1. 유효 단면적법에 의한 기초의 안전율 산출

- ① 문제에서 주어진 단면의 폭이 정하여 지지 않았으므로 폭  $B=4$ ,  $L=2\text{M}$  가정
- ② 편심거리  $e$  산출
  - ①  $e = M/Q = 480/2400 = 0.2\text{m}$
- ③ 기초의 유효폭
  - ①  $B' = B - 2e = 4 - 2 \times 0.2 = 3.6\text{m}$
  - ②  $L' = 2\text{m}$
- ④ 유효단면적에 의한 기초가 받는 단위면적당 하중  
 $Q = P \div (B' \times L') = 2400 \div (3.6 \times 2) = 333.3\text{KN/m}^2$
- ⑤ 편심하중을 유효면적으로 고려한 극한 지지력 공식(Meyerhof)
  - ① 아래 지지력 공식에서  $B$ 와  $L$ 대신에  $B'$ ,  $L'$  적용한 극한 지지력을 구한다.

$$q_u = c N_c S_c d_c i_c + 0.5 \gamma_1 B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma + \gamma_2 D_f N_q S_q d_q i_q$$

앞 페이지 공식과 유효면적에 작용하는 지반반력과의 관계를 통하여 지반파괴 여부 확인



② 형상계수  $F_{cs} = 1 + 0.2K_P B/L$  ,  $F_{qs} = F_{\gamma s} = 1 + 0.1K_P B/L$

여기서,  $K_P = 1 + \sin\Phi / 1 - \sin\Phi = 1 + \sin 34^\circ / 1 - \sin 34^\circ = 1 + 0.529 / 1 - 0.529 = 3.247$

**B와 L대신에 B', L' 적용을 적용하면**

$$F_{cs} = 1 + 0.2 \times 3.247 \times 3.6 / 2 = 2.168$$

$$F_{qs} = F_{\gamma s} = 1 + 0.1 \times 3.247 \times 3.6 / 2 = 1.584$$

③ 깊이계수  $F_{cd} = 1 + 0.2 \sqrt{K_P} D_f / B$  ,  $F_{qd} = F_{\gamma d} = 1 + 0.1 \sqrt{K_P} D_f / B$

여기서, 근입깊이  $D_f = 1.5$  , 기초폭 B는 그대로 사용하여 4.0M를 사용

$$F_{cd} = 1 + 0.2 \times \sqrt{3.247} \times 1.5 / 4 = 0.5$$

$$F_{qd} = F_{\gamma d} = 1 + 0.1 \sqrt{3.247} \times 1.5 / 4 = 0.44$$

④ **지하수위가 기초 바닥 아래에 위치하는 경우**

$$q_u = c N_c S_c d_c i_c + 0.5 \gamma_1 B N_r S_r d_r i_r + \gamma_2 D_f N_q S_q d_q i_q \text{ 에서}$$

$$D > B \text{ 이므로 } \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_t = 18 \text{KN/m}^3$$

⑤ 경사관련계수는 1로 처리하여 극한지지력을 정리하면

$$\begin{aligned}
 q_u &= c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + 0.5 \gamma_1 B N_r F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \gamma_2 D_f N_q F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \\
 &= 0 + 0.5 \times 18 \times 3.6 \times 32.15 \times 1.584 \times 0.44 \times 1.0 + 18 \times 1.5 \times 29.40 \times 1.584 \times 0.44 \times 1.0 \\
 &= 725 + 553.3 = 1278.3 \text{KN/m}^2
 \end{aligned}$$

⑥ 허용지지력  $q_a = q_u / F_s = 1278.3 / 3 = 426 \text{KN/m}^2$

⑦ 기초의 안정검토

$$F_s = q_u / Q = 1278.3 / 333.3 = 3.83 \geq 3.0$$

∴ 기초의 파괴에 대하여는 안전하다.

문제 2. 보강토공법의 역학적 개념에 대하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 보강(강도증가)개념
- 2) 응력전달기구

→ 교재 1권 CHAPTER 06 토압 31 보강토 공법 (동영상 해설)

문제 3. 수치해석을 이용한 사면안정해석에서 강도감소법(strength reduction method)에 대하여 설명하시오.

→ 교재 1권 CHAPTER 08 사면안정 33 전단강도 감소기법(동영상 해설)

문제 4. NATM터널에서 지반반응곡선 및 지보재 특성곡선을 이용하여 지보재 압력작용의 원리에 대하여 설명하시오.

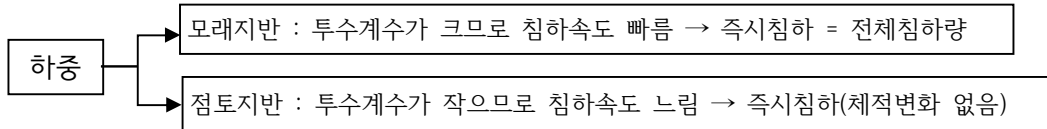
→ 교재 2권 CHAPTER 15 암반및터널 23~24(동영상 해설)

문제 5. 포화점토지반에서 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 무한등분포하중 작용시 즉시침하가 발생되지 않는 이유
- 2) 유한면적하중 작용시 즉시침하가 발생하는 이유

### 1. 개요

- ① 즉시침하는 외부하중이 가해지자마자 토립자의 재배열로 인한 전단변형으로 발생하는 침하이다.
- ② 지반의 종류별 즉시침하 양상

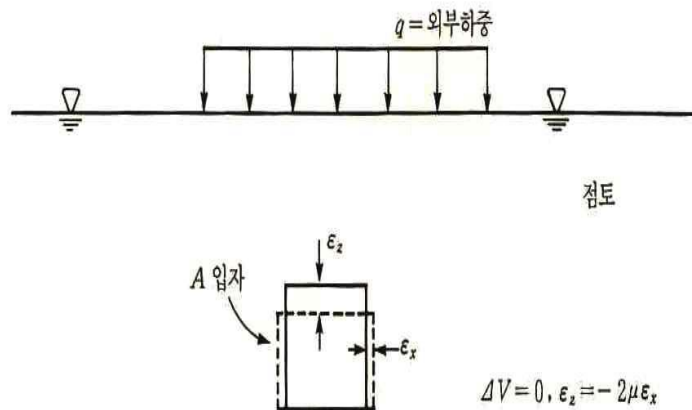


### 2. 무한등분포하중 작용시 즉시침하가 발생되지 않는 이유

- ① 포화된 점토지반의 경우 즉시침하란? => “체적변화가 없는 상태에서의 침하”
- ② 그러나 무한등분포하중이 작용할 경우에는 횡방향으로의 체적변형이 구속되어 변위가 발생하지 않으므로 즉시침하가 발생하지 않게 된다.

### 3. 유한면적하중 작용시 즉시침하가 발생하는 이유

- ① 포화된 점토지반의 경우 즉시침하란? => “체적변화가 없는 상태에서의 침하”
- ② 즉, 그림과 같이 유한면적이 작용한다면 하중방향으로 찌그러진 흙의 체적만큼 수평으로 체적 증가



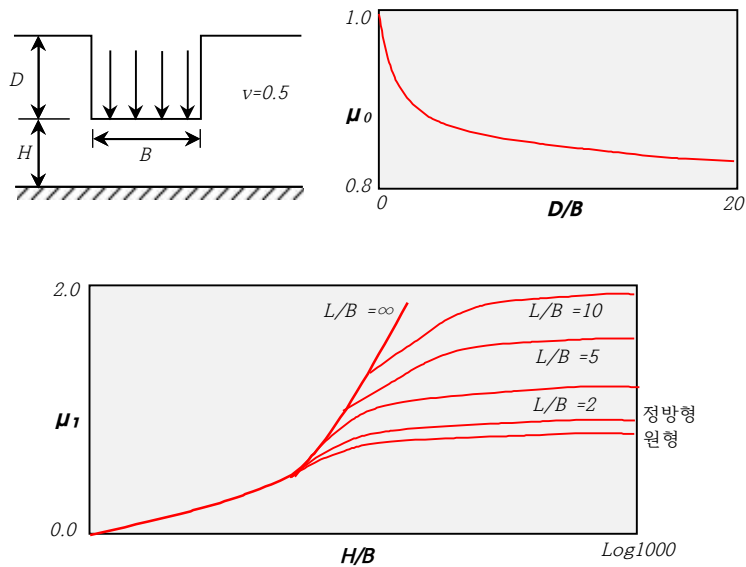
- ③ 이때 체적변형  $\Delta V = 0$  이므로  
 $\epsilon_x = -1/2 \times \epsilon_z$

### 4. 유한면적하중 작용시 즉시침하량 산정

① Janbu 식

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_0 \cdot \frac{B \cdot q_0}{E_u}$$

여기서,  $\mu_1$ : H/B의 함수인 계수,  
 $\mu_0$ : D/B의 함수인 계수       $E_u$ : 비 배수조건으로 얻어진 탄성계수



포화점토지반에서의 탄성침하량을 구하는데 사용되는 계수  $\mu_0$ ,  $\mu_1$ 을 구하는 도표

② 이론식

$$S_i = q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} \cdot I_s$$

③ 평판재하시험에 의한 방법

구분	지 지 력	즉 시 침 하 량
점 토	$q_u$ (기초) = $q_u$ (재하)	$S$ (기초) = $S$ (재하) $\cdot \frac{B$ (기초)}{B (재하)}

문제 5. 암석의 강도특성에 영향을 주는 다음 사항에 대하여 설명하시오.

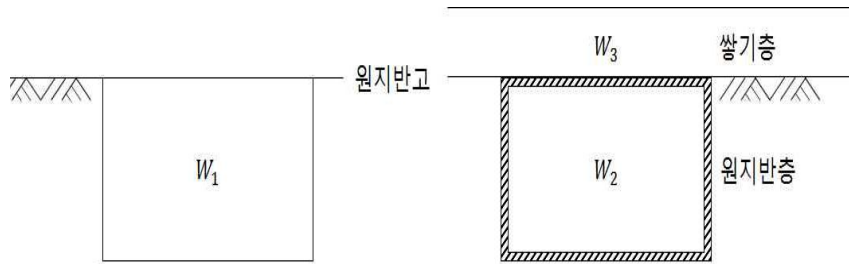
- 1) 구속압에 의한 영향
- 2) 재하속도에 의한 영향
- 3) 공시체 치수에 의한 영향

→ 교재 2권 CHAPTER 15 암반 및 터널 11 암석과 암반의 공학적 특성 비교 (동영상 해설)

#### 4교시

문제 1. 연약점성토 지반상에 공동구 박스구조물 시공 후 단지부지정지를 실시할 예정이다. 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 부분보상기초(partially compensated foundation) 의미
- 2) 부분보상기초를 이용한 구조물의 지지력
- 3) 박스구조물 하부의 침하량 산정



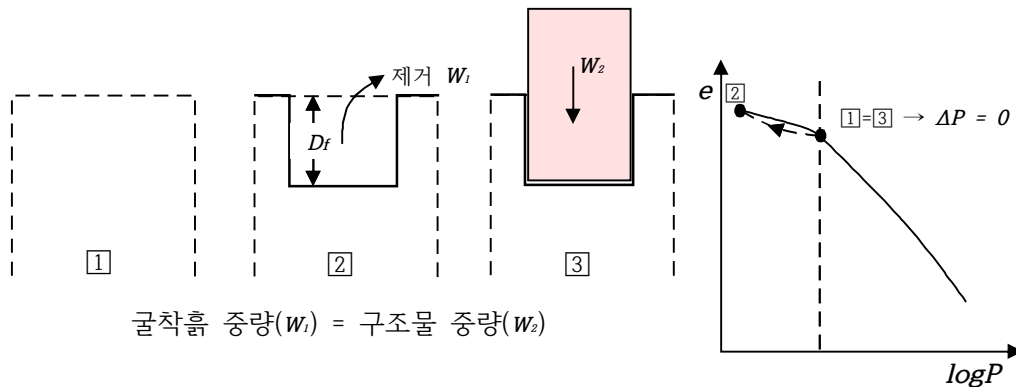
여기서, 굴착시 제거될 흙의 중량 : W1

신설구조물의 중량 : W2

성토 중량 : W3

### 1. 부분보상기초(partially compensated foundation) 의미

부분보상기초는 지지층이 깊을 경우 기초가 설치되는 지반을 굴착하여 구조물로 인한 하중증가를 감소하는 형식의 기초형태로 지중응력의 증가를 최소화 시켜 침하를 경감시키는 순하중 개념의 얇은기초의 일종이다.



굴착흙 중량( $w_1$ ) = 구조물 중량( $w_2$ )

$$\Delta H = S = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad \text{에서 } \Delta P = 0 \quad \text{므로 } S = 0$$

### 2. 부분보상기초를 이용한 구조물의 지지력

① 총 지지력은 테르자기의 극한지지력 공식중 제 3항인 기초깊이에 대한 지지력을 포함하는 지지력임

$$q_{ult} = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

② 순 지지력은 총 지지력에서 기초깊이의 상재하중을 제외한 지지력임

$$q_{net} = q_{ult} - \gamma_2 \cdot D_f$$

③ 부분보상기초는 순지지력 개념으로 지지력을 검토함



- ④ 따라서 굴착후 가해지는 순하중(  $P_{net} = W2/A + W3/A - W1/A$  )은 안전율을 고려한 순 지지력 보다 커서는 안된다.

$$\frac{q_{net}}{F_s} = \frac{q_{ult} - \gamma_2 \cdot D_f}{F_s} > P_{net}$$

여기서, A: 신설구조물의 바닥면적

굴착시 제거될 흙의 중량 : W1

신설구조물의 중량 : W2

성토 중량 : W3

### 3. 박스구조물 하부의 침하량

침하량의 산정은 순하중에 의해 발생하는 침하량을 검토함.

$$\Delta H = S = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad \text{에서 } \Delta P = W3 + W2 - W1$$

### 4. 평 가

- ① 부력기초는 전면기초, 전면기초와 유사한 지중구조물과 같이 비교적 근입깊이가 큰 경우에 해당되며 이때는 순 지지력을 적용하여야 한다.
- ② 총 지지력은 총 하중에 대한 검토이며 독립기초, 연속기초와 같이 비교적 근입깊이가 작은 기초에 적용한다.
- ③ 총지지력이든 순지지력이든 적정 안전율이 확보되어야 하며 침하량이 허용기준에 부합되도록 설계하여야 한다.
- ③ 향후 양호한 지반인 경우 대심도 경량 구조물의 기초공법으로 부력기초, *Pile Raft* 기초, 마찰말뚝 등 공사비의 절감이 가능하고 지지력과 침하를 만족시킬수 있는 공법중 하나로서 설계적용이 더욱 많아 질것으로 기대됨.

**문제 2. 흙의 다짐과 관련하여 다음 사항을 설명하시오.**

1) 다짐에너지-다짐곡선

2) 다짐에너지-건조단위중량

→ 교재 1권 CHAPTER 09 흙의 다짐 02 다짐의 성질 (동영상 해설)

**문제 3. 정규압밀점토와 과압밀점토의 차이점에 대하여 아래내용을 설명하시오.**

1) 물리적성질

2) 축차응력-변형률곡선 및 간극수압-변형률곡선

1. 과압밀 점토와 정규압밀 점토

㉠ 과 압밀 점토

과거에 받아온 최대의 유효상재압력이 현재의 유효상재압력 보다 큰 경우로서 주요 원인은 다음과 같다.

- ① 전응력의 변화 : 토피하중의 제거(굴착),구조물의 제거, 빙하의 이동
- ② 간극수압의 변화 : 피압, 지하수위 저하, 건조에 의한 증발산, 식물에 의한 증발산
- ③ 기타 : 2차 압밀, 화학적 원인에 의한 지반변화 등

㉡ 정규압밀 점토

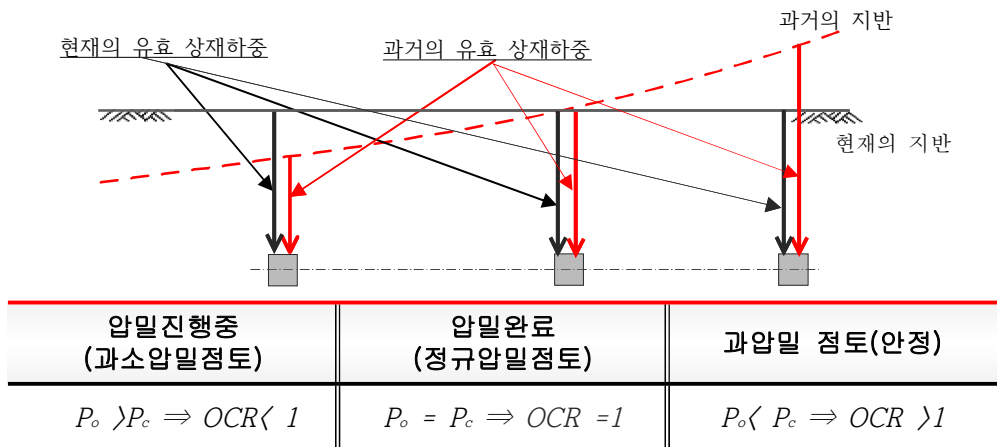
점토층이 퇴적 이후 지층이나 지하수위의 변화가 없는 경우에는 그 토층의 임의 깊이에서의 유효연직응력은 그 깊이에서 시료를 채취하여 얻어진 압밀곡선에서 구한 선형압밀압력과 동일하다. 즉, 현재의 유효상재하중과 과거에 최대로 받았던 유효상재하중과 동일한 상태를 정규압밀점토라고 한다.

이러한 점토는 자연적으로 퇴적된 상재토압에 의해 압밀이 완료된 지반으로 우리나라 연약지반의 대부분이 정규압밀 점토이다.

㉢ 과 압밀비의 결정(Over consolidation ratio, OCR)

$$OCR = P_c / P_o$$

여기서,  $P_c$  : 선형압밀하중  $P_o$  : 현재 유효하중



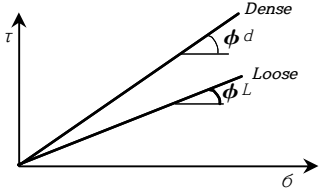
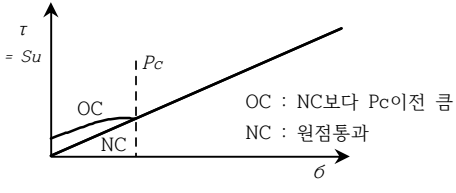
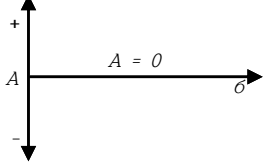
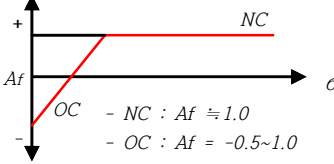
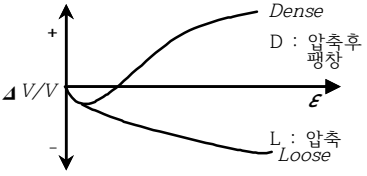
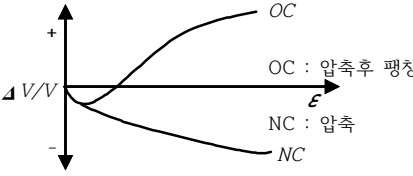
※ 과압밀비는 흙의 이력상태를 파악하는데 이용.

## 2. 정규압밀점토와 과압밀 점토의 물리적 성질

구 분		정규압밀 점토	과압밀 점토	비 고
물리적 특 성	액성지수	$LI \approx 1.0$	$LI \approx 0$	
	간극수압계수	$A_v \approx 1.0$	1.0이하	$\overline{CU}$ 시험
	정지토압계수	$K_s = 0.4 \sim 0.6$	$K_s = 0.5 \sim 1.0$	
	체적변화	압축	팽창	CD시험
	간극수압변화	증가	감소	$\overline{CU}$ 시험
공학적 특 성	전단강도	작다	크다	
	투수성	작다	작다	
	압축성	크다	작다	
	밀 도	작다	크다	
	변 형	크다	작다	

## 3. 축차응력-변형률곡선 및 간극수압-변형률곡선

구 분	모 래(Dense & Loose 특성)	점 토(NC & OC 특성)
축차응력 - 변형률		
변형률 - 간극수압 간극수압 계수		
수직응력 - 간극비		

<p>수직응력 - (비배수) 전단강도</p>		
<p>수직응력 - 간극수압 계수</p>		
<p>변형을 - 체적변화</p>		

#### 4. 점성토지반의 전단강도에 영향을 미치는 요소

- ① 함수비 : Consistency에 따라 강도변화  
(액체 → 소성 → 반고체 → 고체순 강도증가)
- ② 선행압밀압력  
:  $P_c$ 를 기준으로 과 압밀의 경우 정규압밀보다 강도가 크나  $P_c$ 이후는 동일
- ③ 압밀압력 = 구속압력 증대 ⇨ **CU-test**에서는 전단강도 증가
- ④ 전단속도 : 규정 속도 이상 전단 시 과도한 전단강도 측정
  - ㉠ UU, CU-test ( 0.5%~1%/분)
  - ㉡ CD-test : 05%/분 ⇨ 권장 0.1%/분
- ⑤ 기타 : 중간 주응력, 압밀시간

**문제 4. 폐광산 채굴적에의한 지반침하 피해를 방지하기 위하여 사용되는 보강공법중 충전법에 대하여 설명하시오**

→ 교재 2권 CHAPTER 12 얽은기초 23 공동기초 처리대책(동영상 해설)

**문제 5. 암각기 비탈면의 발파설계 절차를 설명하시오**

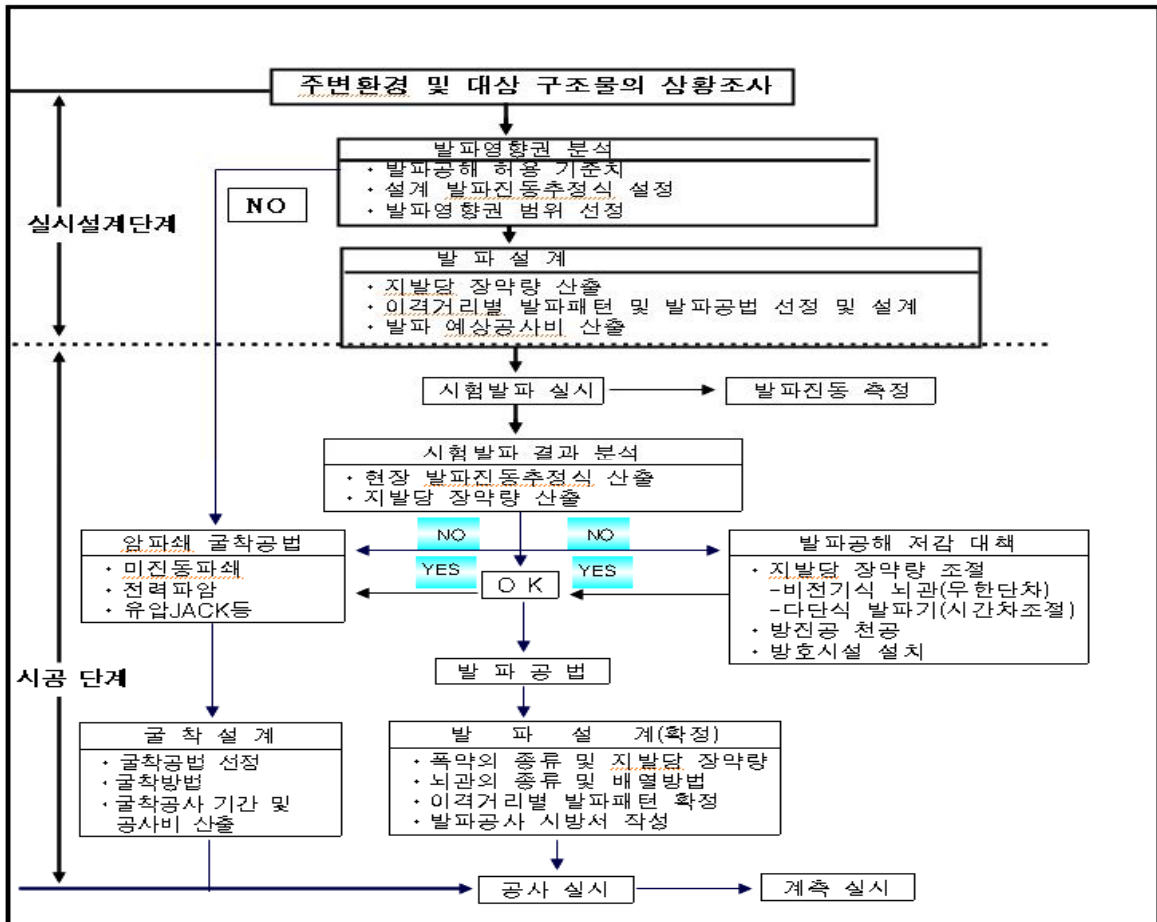
**1. 개 요**

현행 발파설계시 발파원과 보안물건간의 이격거리로만 구분하여 적용하던 암발파공법을 지발당장약량 등을 기준으로 하여 6가지 Type으로 표준화하고, 보안물건의 허용진동규제기준과 이격거리에 따라 적용되도록 『거리~지발당장약량 조건표』에 의거 설계자가 쉽게 현지에 맞는 적정 발파공법을 선정할 수 있도록 한다.

건설공사에 있어 불가피하게 수행되어지는 발파작업은 발파의 영향으로 폭음, 진동, 비석 등 환경피해가 발생함에 따라 각종 민원이 발생하고 있는 점을 감안하여, 환경피해를 저감시킬 수 있는 적정 발파공법의 적용기준을 설정하고 효율적인 설계 및 공사추진을 도모하여 민원발생을 사전에 예방하고, 적정 발파공법을 적용함으로써 예산을 절감할 수 있다.

발파공사 시행 전에는 반드시 시험발파를 통하여 발파 진동추정식을 구하고, 시공성과 경제성 및 인근 보안물건의 안전성 등을 종합적으로 검토하여 적정발파공법을 적용해야 한다.

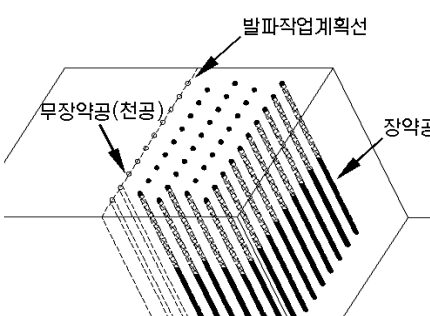
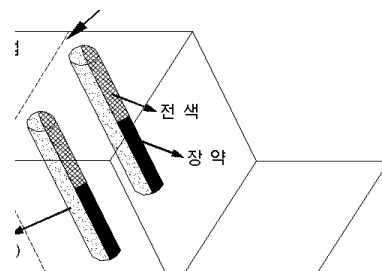
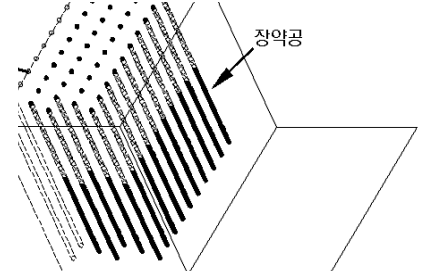
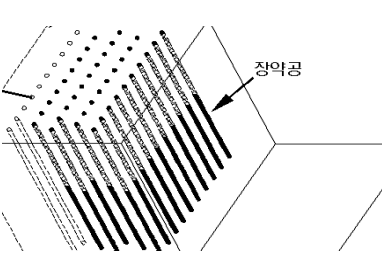
**2. 암발파 설계 흐름도**



### 3. 발파공법 설계절차

- ① 현장조사를 거쳐 보안물건(가옥, 상가, 축사, APT 등)에 대한 허용 폭음·진동 규제기준을 정한다.
- ② 이격거리는 발파원으로부터 보안물건까지의 사거리를 기준으로 측정하여 적용한다.
- ③ 설계 발파진동추정식  $V = 160 \left( \frac{D}{W^{1/2}} \right)^{-1.6}$  을 이용한 「거리~지발당 장약량 조건표」를 참고하여 보안물건의 진동기준 및 이격거리에 맞는 지발당장약량을 구하고, 이에 적합한 발파공법을 선정한다.
- ④ 선정된 발파공법은 해당 TYPE(6가지유형)별 표준발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시하며, 발파공법별 수량산출은 IV.수량산출기준을 참고하여 공법별로 각각 발파수량을 산출하고, 단가적용은 표준폼셈에 따라 계상한다.
- ⑤ 발파공사 시행 전에는 반드시 설계에 적용된 표준발파패턴 및 공법을 기준으로 하여 시험발파를 시행하여야 하며, 그 결과에 따라 현지 암반별 발파진동추정식(K, n)을 구하여 발파설계를 수정·보완하여 변경한다.
- ⑥ 시험발파 적용대상은 일반발파, 대발파를 제외한 암파쇄굴착, 정밀진동제어, 진동제어(소규모, 중규모)를 적용한다.
- ⑦ 시험발파는 보안물건이 있는 경우 4km 범위내에서 1회를 적용하되, 암반특성 및 현장여건에 따라 조정 적용할 수 있다.

### 4. 여굴 최소화를 위한 외곽공 제어발파 공법

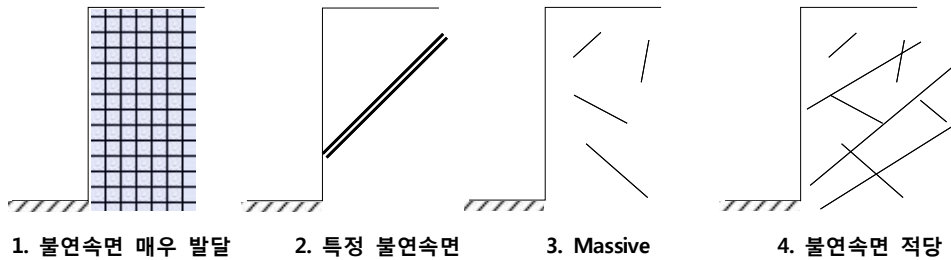
라인드릴링(Line Drilling)	쿠션 블라스팅(Cushion Blasting)
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>발파작업계획선에 천공경의 2~4배 간격으로 천공만하고 장약하지 않음으로써 발파진동 전파를 차단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하나의 발파공에 대하여 앞쪽만 장약하고 뒤쪽은 완충재(전색을 위한 모래, 톱밥 등)를 넣어 발파진동 전파를 차단</li> </ul>
프리스플리팅(Pre-Splitting)	스무스 블라스팅(Smooth Blasting)
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>라인드릴링과 개념이 비슷하나 발파작업계획선의 공에 대하여 약장약하여 미리 발파한 후 앞쪽의 장약공을 발파함으로써 발파진동 전파 차단 및 발파효과 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발파작업계획선이 아닌 최외곽 발파공에 대하여 약장약(디커플링 장약)을 하여 발파진동을 최소화하며 여굴발생을 최소화 (터널발파시에는 외곽공을 디커플링 장약)</li> </ul>

문제 6. 암반층을 포함한 대심도 굴착시 가시설벽체(연성벽체)에 작용하는 토압과 관련하여 경험토압의 암반층 적용상 문제점 및 적용방법을 설명하시오.

→ 교재 1권 CHAPTER 06 토압 25 암지반 흙막이 벽체의 수평토압 (동영상 해설)

### 1. 암지반의 경험토압적용상 문제점

토사지반	암지반의 경험토압 적용상 문제점
① 경험토압, 탄소성법 + Rankine-Resal 토압 ② 지반을 연속체 Model 로 구함	① 불연속면(절리, 층리), 풍화정도, 초기 지중응력 상태, 지하수 용출등에 영향 ② 불연속면의 규모나 거동에 따라 토사 지반보다 큰 수평토압고려



### 2. 불연속면에 따른 암지반 토압 적용방법(4가지)

#### ① 불연속면이 매우 발달한 경우 ( 그림 1)

- ① 평사투영 → 원형파괴 : RQD가 거의 “0”인 상태로 연속체 모델로 평가
- ② 토사에서 견고한 지반, 자갈지반으로 평가하여 수평토압 산정

#### ② 특정 불연속면 존재 (뚜렷한 방향성)하는 경우 (그림 2)

- ① 매우 위험한 경우이며 수평방향 토압도 상당히 커져 대부분의 붕괴사고가 이런경우 발생함.
- ② 전 단 강 도 :  $c = 0$

$$\tau = \sigma \tan(\phi_b + i) \quad i = JRC \cdot \text{Log} \frac{JCS}{\sigma}$$

$$\tau = \sigma \tan(\phi_b + JRC \cdot \text{Log} \frac{JCS}{\sigma} )$$

- 여기서,  $\sigma$  : 수직응력     $\phi_b$  : 기본 마찰각
- $i$  : 불연속면의 거칠기에 따른 전단저항각 증가량
- JRC : 절리면 거칠기 계수
- JCS : 절리면 압축강도

- ③ 위 식으로 암반의 절리면 전단강도를 구하며 이를 평가하기 위한 절리면 전단강도 시험을 시행한다.

③ 불연속면이 거의 없고 특정 불연속면의 뚜렷한 방향성도 없는 경우 (그림 3)

- ① 횡토압에 대한 고려가 불필요
- ② 부분적인 안정성 증대를 위해 록볼트 시공가능

④ 불연속면이 적당히 있고 특정 방향성이 없는 경우 (그림 4)

- ① 전단강도 : 절리면 전단강도 < 전단강도 < 암석강도
- ② 강도정수 적용  
 $RMR$  ( *Rock mass rating* ) 을 이용하여  $c$  ,  $\phi$  값 추정
- ③ 암석강도시험에서 얻은 압축강도에 감소비를 적용하여 전단강도를 추정 할 수 있음.
- ④ 공내재하시험,  $RMR \rightarrow$  변형계수, 수평방향 지반반력 계수 산출