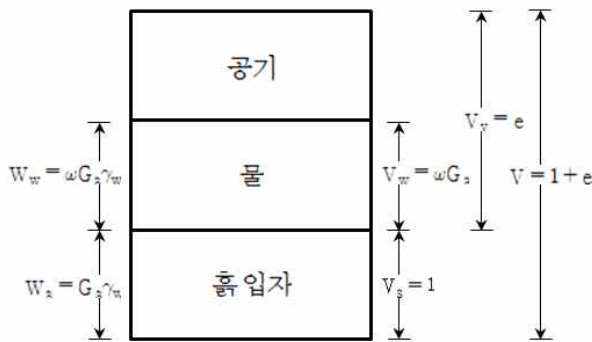


토질역학 -탈탈토목-

1	④	2	②	3	③	4	②	5	③
6	①	7	①	8	③	9	①	10	①
11	①	12	③	13	④	14	②	15	④
16	③	17	③	18	②	19	②	20	④

1. [출제의도] $V_s = 1$ 법을 이용하여 삼상관계 표현하기

$V_s = 1$ 을 이용하여 흙의 삼상관계를 표현하면 다음과 같다.
그림을 반드시 암기해야 한다.



$$\therefore V_v = e, W_w = \omega G_s \gamma_w, W_s = G_s \gamma_s$$

2. [출제의도] 흙 입자의 평면응력 해석하기

토질역학과 응용역학은 수직응력의 부호가 반대이다. 그러나 두 가지 부호기준을 각각에 적용하면 많은 실수를 유발하게 되므로 응용역학 부호 기준을 그대로 이용한 후 결과 값만 바꾸어 표현하는 것이 유용하다. 평면응력을 응용역학 부호기준을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$\langle \sigma_x = -300 \text{Mpa}, \sigma_y = -100 \text{Mpa}, \tau_{xy} = 100 \text{Mpa} \rangle$$

위 값들을 응용역학 주응력 공식에 대입하여 계산한다.

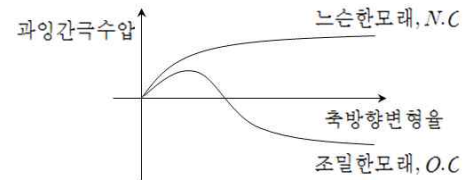
$$\begin{aligned} \sigma_{1,2} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \\ &= \frac{-300 - 100}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-300 - (-100)}{2}\right)^2 + (100)^2} \\ &= -200 \pm 100\sqrt{2} \text{Mpa} \end{aligned}$$

계산된 σ 의 부호만 반대로 표현한다.

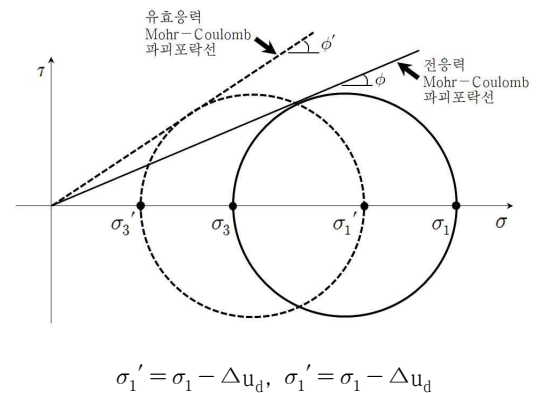
$$\therefore \sigma_{1,2} = 200 \mp 100\sqrt{2} \text{Mpa}$$

3. [출제의도] 압밀 비배수 삼축압축시험에 대한 일반적인 특성 파악하기

① CU 시험에서는 축차응력 단계에서 다음과 같이 과잉간극수압(Δu_d)이 발생한다.



전응력 σ_1, σ_3 는 축차응력 단계에서 발생한 과잉간극수압의 크기만큼 평행이동하게 되므로 유효응력에 대한 파괴포락선과 전응력경로에 대한 파괴포락선은 동일하지 않다.



② 축차응력 단계가 비배수 상태로 진행되므로 과잉간극수압이 발생하며 파괴 시 이를 측정할 수 있다.

③ 전단과정은 축차응력 단계에서 발생하며 비배수 상태에서 진행되기 때문에 체적변화는 불가능하다.

④ σ_1, σ_3 이 동일한 과잉간극수압 크기 만큼 평행이동 하므로 전응력 모어원과 유효응력 모어원의 크기는 같다. ①번 그림에서 확인할 수 있다.

4. [출제의도] Terzaghi 1차원 압밀이론 가정 파악하기

Terzaghi 1차원 압밀이론에 이용된 가정들을 암기해야 한다.

- 흙은 균질하고 균등하다.
- 흙은 완전히 포화되어 있다.
- 흙 입자와 물은 비압축성이다.
- 물은 연직 방향으로 흐르며 물이 흐르는 방향으로 압밀이 발생한다.

- Darcy의 법칙을 따른다.
- 미소변위 이론을 따른다.
- 투수계수는 일정하다.

5. [출제의도] 압밀도와 시간계수의 관계 파악하기

1) 실내압밀시험 결과 해석하기(일면 배수)

상재압 20kN/m^2 작용시 발생하는 초기 과잉간극 수압(u_0)은 20kN/m^2 이다. 10분 경과 후 평균 과잉간극 수압(u_1)이 12kN/m^2 이 되었으므로 평균 압밀도는 다음과 같다.

$$U = \frac{u_0 - u_1}{u_0} = \frac{20\text{kN/m}^2 - 12\text{kN/m}^2}{20\text{kN/m}^2} = 0.4$$

10분 경과 후 평균 압밀도는 40%이다. 이에 대응되는 시간계수는 문제에서 주어졌다.

$$U = 0.4 \Rightarrow T_v = 0.13$$

$$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2} = \frac{C_v (10\text{min})}{(2\text{cm})^2} = 0.13 \dots ①$$

2) 현장 지반 해석하기(양면 배수)

현장 지반도 40%의 압밀이 요구되므로 이때 시간계수는 0.13 이다.

$$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2} = \frac{C_v (t)}{(\frac{4\text{m}}{2})^2} = 0.13 \dots ②$$

$$① = ② ;$$

$$\therefore T_v = 0.13 = \frac{C_v (10\text{min})}{(2\text{cm})^2} = \frac{C_v t}{(2\text{m})^2}$$

$$\Rightarrow t = 100,000\text{min}$$

6. [출제의도] 지반의 유출량 계산하기

$$q = kiA = k \left(\frac{\Delta h}{L} \right) A$$

강과 관개용수로의 수위는 일정하게 유지되므로 전수두차 Δh

는 강과 관개용수로의 자유수면 차이 $70\text{m} - 50\text{m} = 20\text{m}$ 이다.

$$\begin{aligned} \therefore q &= (80\text{m/day}) \left(\frac{20\text{m}}{100\text{m}} \right) (100\text{mm} \times 1\text{m}) / (1\text{m}) \\ &= 1.6\text{m}^3/\text{day/m} \end{aligned}$$

7. [출제의도] 직접전단시험 결과 해석하기

$$\tau_f = \sigma_n \tan \phi + c$$

$$\text{시험 1 : } 60\text{kN/m}^2 = (100\text{kN/m}^2) \tan \phi + c \dots ①$$

$$\text{시험 2 : } 100\text{kN/m}^2 = (200\text{kN/m}^2) \tan \phi + c \dots ②$$

$$② - ① ;$$

$$40\text{kN/m}^2 = (100\text{kN/m}^2) \tan \phi$$

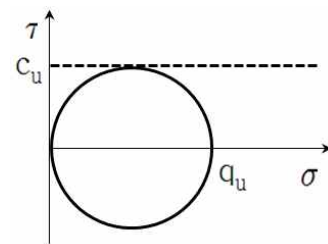
$$\Rightarrow \tan \phi = \frac{40\text{kN/m}^2}{100\text{kN/m}^2} = 0.4 \dots ③$$

③을 ①에 재대입한다.

$$60\text{kN/m}^2 = (100\text{kN/m}^2)(0.4) + c$$

$$\therefore c = 20\text{kN/m}^2$$

8. [출제의도] 안전율을 고려하여 무지보 굴착깊이 계산하기



일축압축강도 $q_u = 90\text{kN/m}^2$ 이므로 $c_u = \frac{q_u}{2} = 45\text{kN/m}^2$

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - 0}{1 + 0} = 1$$

인장 균열 깊이는 다음과 같다.

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} = \frac{2(45\text{kN/m}^2)}{(20\text{kN/m}^3)(\sqrt{1})} = 4.5\text{m}$$

무지보 굴착깊이는 이론상 인장 균열 깊이의 2배로 하므로 9m 이다. 설계 안전율을 1.5로 할 경우 설계 굴착깊이는 다음과 같다.

$$FS = \frac{\text{이론 굴착깊이}}{\text{설계 굴착깊이}}$$

$$\therefore \text{설계굴착깊이} = \frac{\text{이론굴착깊이}}{FS} = \frac{9\text{m}}{1.5} = 6\text{m}$$

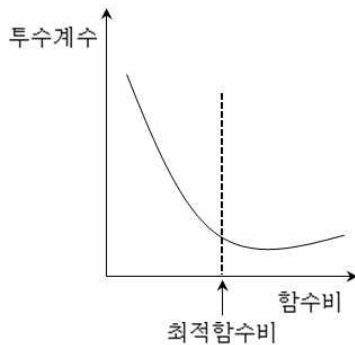
9. [출제의도] 흙의 다짐특성에 대한 일반적인 특성 파악하기

① 소성성이 큰 세립토란 점토 함유량이 많은 세립토로 세립분이 증가함을 의미한다. 다짐곡선은 세립분이 증가할수록 우-하 방향으로 이동하므로 소성성이 작은 세립토가 좌-상향에 위치하여 최적 함수비는 작고 최대 건조단위중량은 크다.

② 입도분포가 좋을수록 다짐곡선은 좌-상향으로 이동한다. 따라서 입도분포가 좋은 흙이 최적함수비는 작고 최대 건조단위중량은 크다.

③ 다짐에너지가 클수록 다짐곡선은 좌-상향으로 이동한다. 따라서 다짐에너지가 큰 흙이 최적함수비는 작고 최대 건조단위중량은 크다.

④ 습윤측 다짐할 경우 절대수량이 충분해 이종층수가 잘 형성되므로 점토 입자간 반력이 면과 모의 인력보다 커서 이산구조가 형성된다. 이산구조는 면모구조보다 투수계수가 작아 차수목적에는 습윤측 다짐이 유리하다.



10. [출제의도] Terzaghi 극한 지지력 공식을 이용하여 극한지지력 산정하기

Terzaghi 극한 지지력 공식은 다음과 같다.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

기초가 띠기초 형상이며 지하수의 영향이 없으므로 일반식을 그대로 이용한다.

$$\begin{aligned} \therefore q_u &= (10\text{kN/m}^2)(18) + (18\text{kN/m}^3 \times 1.5\text{m})(7) \\ &\quad + \frac{1}{2}(18\text{kN/m}^3)(2\text{m})(5) \\ &= 459\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

11. [출제의도] 평판재하시험 결과를 해석하여 실제 기초의 극한 지지력 산정하기

1) 평판재하시험 결과 해석하기

Terzaghi 극한 지지력 공식은 다음과 같다.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

① 점성토($\phi = 0$)

점성토는 $\phi = 0$ 이므로 지지력 계수는 다음과 같다.

$$\text{Terzaghi : } N_c = 5.7, N_q = 1, N_\gamma = 0$$

$$\text{Meyerhof : } N_c = 5.14, N_q = 1, N_\gamma = 0$$

둘 중 어떤 것을 가정하여도 $N_\gamma = 0$ 이므로 Terzaghi 극한 지지력 공식은 다음과 같다.

$$q_u = cN_c + 0 + 0 (\because \text{평판 재하시험은 } D_f = 0)$$

$$\Rightarrow q_u = cN_c = 150\text{kN/m}^2$$

② 사질토($c = 0$)

$$q_u = 0 + 0 + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma (\because \text{평판 재하시험은 } D_f = 0)$$

$$\Rightarrow q_u = \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma = 150\text{kN/m}^2$$

2) 실제 기초의 극한지지력 산정하기

① 점성토

점성토의 극한 지지력은 $q_u = cN_c$ 로 기초 폭에 영향을 받지 않는다.

$$\therefore q_u = cN_c = 150\text{kN/m}^2$$

① 사질토

사질토의 극한 지지력은 $q_u = \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$ 로 기초 폭에 비례한다.

$$\begin{aligned} \therefore q_u &= (150\text{kN/m}^2)\left(\frac{B}{B_0}\right) = (150\text{kN/m}^2)\left(\frac{1.5\text{m}}{30\text{cm}}\right) \\ &= 750\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

12. [출제의도] 지반의 수평토압에 대한 일반적인 특성 파악하기

①, ② 벽체의 변형이 없을 때 수평 토압을 정지 토압이라고 하며, 옹벽이 흙의 구속이 줄어드는 방향으로 변형되어 인장 파괴될 때 수평토압을 주동토압, 옹벽이 흙의 구속을 증가시키는 방향으로 변형되어 압축 파괴될 때 수평토압을 수동토압이라 한다.

③ 횡압력을 크게 받아 생성된 변형암은 정지토압이 '1' 보다 클 수 있으며 이를 'tectonic stress' 라 한다.

④ 실내 삼축압축시험시 축차응력을 가하면서 횡방향 변위가 발생

하지 않도록 수평응력을 가하게 되면 이 수평응력이 정지토압이므로 실험을 통해 계산할 수 있다.

13. [출제의도] 토질 시험 파악하기

④ 입도분포 곡선 작성 시 입자 직경 0.075 mm 이상 조립토에 대해서는 체분석을 이용하여 흙 입자의 직경을 파악하나, 0.075mm 이하 세립토는 직경이 너무 작아 체분석을 실시할 수 없으므로 비중계분석법을 이용한다. 비중계분석은 토립자의 침강속도는 흙 입자 직경의 제곱에 비례한다는 Stokes 의 법칙을 이용한다.

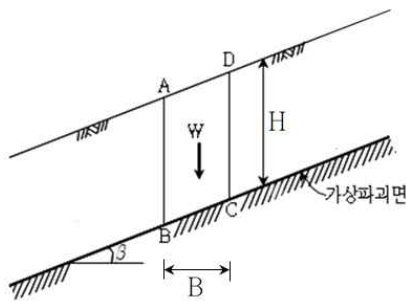
$$V \propto \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18 \times \eta} \times D^2$$

V : 흙 입자의 침강 속도, η : 물의 점성 계수

D : 흙 입자의 직경

즉, 비중계시험은 실내 시험으로 현장 시험이 아니다.

14. [출제의도] 무한사면의 안전율에 대한 일반적인 특성 파악하기



무한사면 안전율은 매우 빈번하게 출제되는 문제로 다음과 같은 일반식의 암기가 필요하다.

$$FS = \frac{\gamma H \cos^2 \beta \tan \phi + c}{\gamma H \cos \beta \sin \beta}$$

문제에서 $c=0$ 이므로 위 식은 다음과 같다.

$$FS = \frac{\gamma \tan \phi}{\gamma \tan \beta}$$

단, 분모, 분자에 있는 단위중량은 무한사면의 조건에 따라 아래 표의 값을 이용한다.

	건조, 습윤 사면	수중 사면	물이 사면을 따라 흐르는 경우
분자 γ	γ_d or γ_t	γ'	γ'
분모 γ	γ_d or γ_t	γ'	γ_{sat}

①, ④ 사면의 안전율은 토층 두께와 무관하다.

②, ③ 지하수위가 지표와 일치하는 경우 안전율은 다음과 같다.

$$FS = \frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \beta}$$

지하수가 없을 경우 안전율은 다음과 같다.

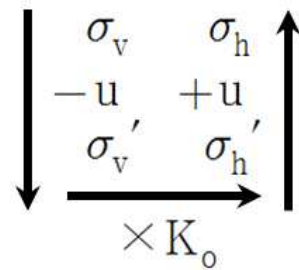
$$FS = \frac{\gamma_t \tan \phi}{\gamma_t \tan \beta} = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

$$\frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \beta} < \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

따라서 지하수위가 있을경우가 지하수가 없을 경우보다 안전율이 작다.

15. [출제의도] 수평 전응력 계산하기

화살표를 따라 다음과 같은 흐름으로 수평전응력이 계산된다는 사실을 알아두자.



주의할 점은 상재압 q 가 점토지반에 작용할 경우 연직 전응력 (σ_v)이 q 와 동일한 크기만큼 증가하게 되나 투수계수가 매우 작아 재하 직후에는 이를 모두 물이 과잉간극수압으로 부담하게 된다는 것이다. 따라서 수압(u_1)은 초기 정수압(u_0)에 상재압 q 와 동일한 크기의 과잉간극수압만큼 증가하게 된다.

$$\sigma_{v0} = 200 \text{ kN/m}^2, u_0 = (10 \text{ kN/m}^3)(10 \text{ m}) = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v1} = \sigma_{v0} + q = 300 \text{ kN/m}^2, u_1 = u_0 + q = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{v1} = 300 \text{ kN/m}^2$$

$$u_1 = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_{v1} = \sigma_{v1} - u_1 = 300 \text{ kN/m}^2 - 200 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_{h1} = K_0 \sigma'_{v1} = 0.5 \times 100 \text{ kN/m}^2 = 50 \text{ kN/m}^2$$

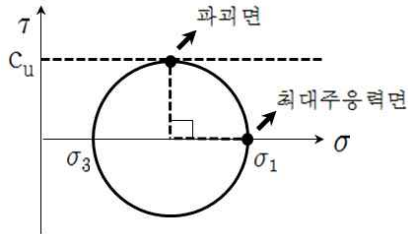
$$u_1 = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$\therefore \sigma_{h1} = \sigma'_{h1} + u_1 = 50 \text{ kN/m}^2 + 200 \text{ kN/m}^2 = 250 \text{ kN/m}^2$$

16. [출제의도] 점성토 지반에서 말뚝 기초의 극한 선단지지력 산정하기

1) UU 시험 결과 해석하기

비압밀비배수 삼축압축시험 결과는 다음과 같다.



따라서 UU 시험의 축차응력 40kN/m^2 의 절반이 비배수 전단 강도가 되므로 $c_u = \frac{40\text{kN/m}^2}{2} = 20\text{kN/m}^2$ 이다.

2) 점성토의 선단지지력 계산하기

점성토는 비배수 상태가 일반적이므로 $\phi = 0$ 이다. 이때 N_c^* 는 '9' 이므로 선단 지지력은 다음과 같다. 점착력 c 는 비배수 전단 강도 c_u 를 이용한다.

$$q_p = cN_c^* \Rightarrow q_p = 9c_u$$

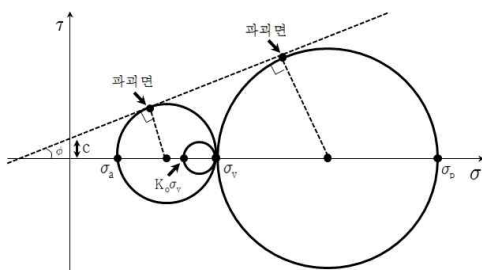
단, 선단 지지력은 하중의 형태로 표현하기 위해 계산된 선단 지지력에 선단의 면적을 곱하여 표현한다.

$$Q_p = q_p A_p$$

$$\therefore Q_p = (9 \times 20\text{kN/m}^2)(2\text{m}^2) = 360\text{kN}$$

17. [출제의도] 정지, 주동, 수동 토압의 모어원 이해하기

벽체의 변형이 없을 때 수평 토압을 정지 토압이라고 하며, 옹벽이 흙의 구속이 줄어드는 방향으로 변형되어 인장 파괴될 때 수평 토압을 주동토압, 옹벽이 흙의 구속을 증가시키는 방향으로 변형되어 압축 파괴될 때 수평토압을 수동토압이라 한다. 정지, 주동, 수동 토압일 때 모어원을 한번에 그리면 다음과 같다.



그림에서 가장 작은 원(㉠)이 흙 변위가 없을 때 응력 상태를 의미하며, 파괴포락선에 접하는 왼쪽 원(㉡)이 주동상태, 파괴

포락선에 접하는 오른쪽 원(㉢)이 수동 상태를 의미한다.

문제에서 '+' 방향이란 구속이 줄어드는 방향으로 주동상태(㉠)를, '-' 방향이란 구속이 증가하는 방향으로 수동상태(㉢)를 의미한다.

$\therefore$ '정지 $\rightarrow$ (+)회전 $\rightarrow$ 정지 $\rightarrow$ (-)회전'

$\Rightarrow$ '㉠ $\rightarrow$ ㉡ $\rightarrow$ ㉢ $\rightarrow$ ㉣'

18. [출제의도] 유선망 해석하기

하류 자유수면을 기준으로 잡으면 상류 자유수면과의 위치수두 차이 5m 가 하류와 상류의 전수두 차이와 같다. $N_d = 10$ 이고, A점은 하류측에서 8번째에 위치한다.

$$A\text{점 전수두} = \frac{8}{N_d} \times \Delta H = \frac{8}{10} \times 5\text{m} = 4\text{m}$$

$$A\text{점 위치수두} = -(8\text{m} - 5\text{m}) = -3\text{m}$$

전수두 = 위치수두 + 압력수두 ;

$$\Rightarrow \text{압력수두} = \text{전수두} - \text{위치수두} = 4\text{m} - (-3\text{m}) = 7\text{m}$$

A점 수압 = 압력수두 $\times$ 물의 단위 중량

$$= (7\text{m})(10\text{kN/m}^3) = 70\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_A = \gamma_{\text{sat}} \times 8\text{m} = (20\text{kN/m}^3)(8\text{m}) = 160\text{kN/m}^2$$

$$u_A = 70\text{kN/m}^2$$

$$\therefore \sigma_A' = \sigma_A - u_A = 160\text{kN/m}^2 - 70\text{kN/m}^2 = 90\text{kN/m}^2$$

19. [출제의도] 피에조미터 높이와 압밀도의 관계 파악하기

1) 하중재하 직후

점성토는 투수계수가 작아 하중 재하 직후 응력의 증가분을 물이 과잉간극수압으로 부담한다. 따라서 과잉간극수압 증가량은 무한 등분포하중의 크기 150kN/m^2 과 동일하다.

$$h_0 = \frac{\Delta\sigma}{\gamma_w} = \frac{q}{\gamma_w} = \frac{150\text{kN/m}^2}{10\text{kN/m}^3} = 15\text{m}$$

2) 피에조미터 수위 9m 감소 후 압밀도 계산

$$h_1 = h_0 - 9\text{m} = 15\text{m} - 9\text{m} = 6\text{m}$$

$$\therefore U = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = \frac{15\text{m} - 6\text{m}}{15\text{m}} = 0.6$$

20. [출제의도] 유선망 해석하기

1) B점의 간극수압이 A점의 간극수압의 2배 이하 조건

하류 자유수면을 기준면으로 잡으면 상류 자유수면의 위치수두 $30m$ 가 하류와 상류의 전수두 차이와 같다. A, B점은 총수두 차의 50% 가 손실되는 등수두 선이므로 A, B의 전수두는 다음과 같다.

$$A, B \text{ 전수두} = \frac{30m}{2} = 15m$$

$$A \text{ 점 위치수두} = -(D + 6m)$$

$$\begin{aligned} A \text{ 점 압력수두} &= \text{전수두} - \text{위치수두} \\ &= 15m + (D + 6m) = 21m + D \end{aligned}$$

$$B \text{ 점 위치수두} = -66m$$

$$\begin{aligned} B \text{ 점 압력수두} &= \text{전수두} - \text{위치수두} \\ &= 15m - (-66m) = 81m \end{aligned}$$

$$2(21m + D) \geq 81m$$

$$\Rightarrow D \geq 19.5m$$

2) 히빙에 대한 안전율 2.0 이상조건

$$FS = \frac{i_{\sigma}}{i} = \frac{\left(\frac{\gamma'}{\gamma_w}\right) \left(\frac{20kN/m^3 - 10kN/m^3}{10kN/m^3}\right)}{\left(\frac{h_m}{D}\right) \left(\frac{12m}{D}\right)} \geq 2$$

$$\Rightarrow D \geq 24m$$

$\therefore$ 최소 근입깊이 $D=24m$ 이다.