

(問) 분사현상, 보일링 및 파이핑 현상

1. 분사현상(quick sand)

일반적으로 분사현상은 기초굴착 공사에서 굴착심도가 깊어짐에 따라 배면의 수두 증가로 인해 굴착 저면의 지반의 저면토가 분출하는 현상을 말하며

1) 모래지반에서 수두차에 의해 상향의 간극 수압이 발생하여 동수경사가 후술하는 한계동수경사에 이르면 흙의 유효응력은 0이 되므로 점착력이 없는 흙은 전단강도를 가질 수 없다. 이러한 상태가 되어 **흙이 위로 솟구쳐 오르려는 현상**을 분사현상이라 한다.

3) 점성토는 유효응력이 0이 되었다 하더라도 점착력이 있으므로 전단강도는 0이 되지 않으므로 분사현상이 잘 일어나지 않는다.

4) 분사현상이 가장 잘 일어나는 흙은 사질토 특히 모래이다

5) 자연적으로 퇴적된 모래의 수중단위중량은 대략 1에 가깝고 물의 단위중량도 1이므로 한계동수경사는 대략 1의 값을 가진다

6) 이러한 분사현상이 일어나게 되면 토류벽 붕괴원인이나 Fill Dam의 누수원인이 될 수 있다.

2. quick sand 현상의 발생 기구

1) 수조에서의 분사현상

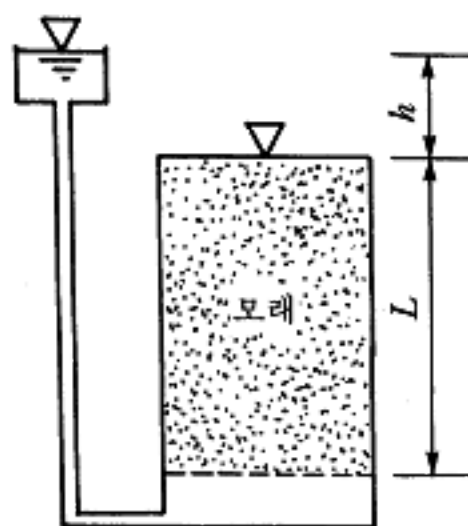


그림. 수조에서의 분사현상

위의 그림에서 수두 h 를 증가시키면, L 이 일정한 상태이므로 동수경사 i 가 점차 커져서 유출량이 증가한다. 이 때, h 가 어느 크기에 이르면 유출수량이 급격하게 증가하면서 모래가 분출한다.

2) 물막이 시트파일에서의 분사 현상

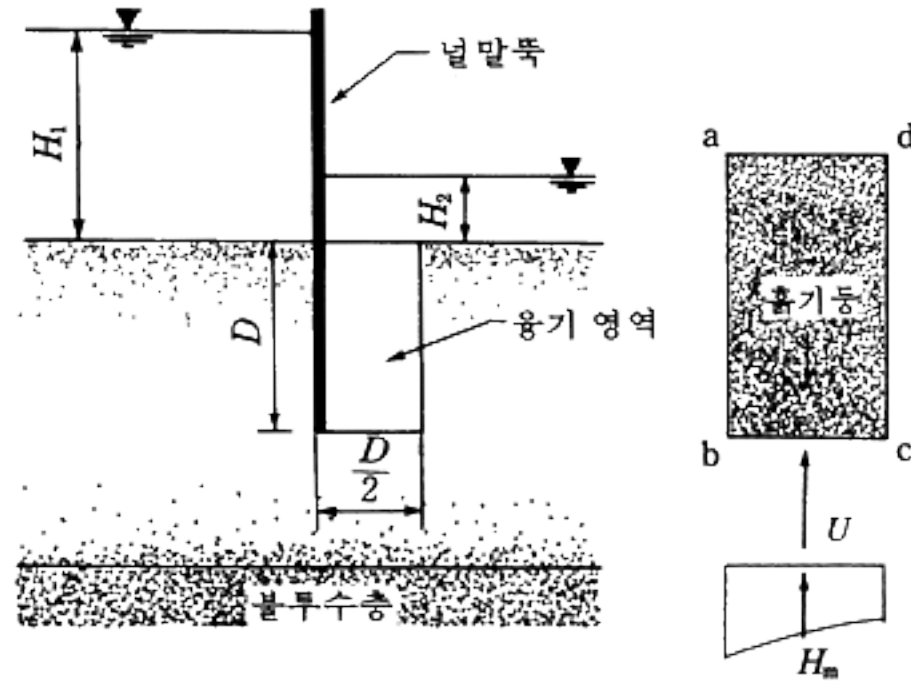


그림 물막이 시트파일에서의 분사현상

- ① 유선이 집중하여 있는 곳에서 침투수의 유속이 빨라지면서 흙 속의 세립자가 유실되어 점차적으로 내부의 토사가 솟아오르는데, 침투력이 모래의 수중 무게보다 클 때 분사현상이 발생한다.
- ② 시트파일 끝에서의 침투력 U와 모래의 수중무게 W가 같을 때 분사현상의 한계점이 된다.
- ③ 분출은 D/2 지역 안에서 발생하므로 침투력 U와 모래의 수중무게 W와의 관계는

$$U = \text{면적} \times \text{침투력}$$

$$= \frac{1}{2} D \times D \times i \cdot \gamma_w = \frac{1}{2} D^2 i \cdot \gamma_w$$

$$W = \text{면적} \times \text{모래의 수중 단위중량} = \frac{1}{2} D \times D \times \gamma_{\text{sub}} = \frac{1}{2} D^2 \gamma_{\text{sub}}$$

- ④ 분사현상이 일어나기 위한 조건

가. $\frac{1}{2} D^2 i \cdot \gamma_w > \frac{1}{2} D^2 \gamma_{\text{sub}}$ 이면 분사가 일어난다. 즉, 침투력 U가 모래의 수중 단위중량 W 보다 클 때 발생한다.

$$i \gamma_w > \gamma_{\text{sub}} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w$$

여기서 양변을 물의 단위중량으로 나누면

$$i = \frac{H_m}{D} > \frac{G_s - 1}{1 + e} \quad (\text{여기서 } i \text{는 동수경사})$$

- ⑤ 분사현상에 대한 고찰

가. 동수경사가 우변보다 크면 분사현상

- 나. 양변이 같을 때 한계동수경사(i_c)라 함
- 다. 투수성이 큰 사질토 지반에서 발생

3. 분사현상의 방지대책

- ① 동수경사를 작게 한다.
- ② 투수거리를 길게 한다.
- ③ 시트파일의 근입심도를 길게 한다.

4. 파이핑(Piping) 현상

널말쪽으로 물막이 시공을 한 경우 분사현상이 일어나면 널말뚝 아래쪽 기초 지반이 부풀어 오르게 되고, 결국 침투력을 견디지 못해 모래 입자는 표면부터 물이 끓는 것처럼 분출(boiling)하게 된다. 이러한 현상이 지속되면 물이 흐르는 통로가 Pipe처럼 생겨서 파괴에 이르게 되는데, 이렇게 모래를 유출시키는 현상을 파이핑이라고 한다.

표. Boiling과 quick sand의 비교

구분	Boiling	Quick sand
발생범위	국부적	전반적
발생원인	수두차	수두차
토립자	분출상태	부유상태