

*Homework #10*

*OVERCONSOLIDATED SAND (과압밀 모래)에 대하여 조사하시오.*

Homework #10 모범답안

## Overconsolidated Sand

Sand의 압축성(compressibility)에 영향을 끼치는 요소로는 입도분포, grain size, shape of grain, 표면의 성질이 있다. 먼저 Sand가 같은 상대밀도를 가지고 있다면 well-graded sand의 compressibility가 uniformly graded sand의 compressibility 보다 더 크다. 그리고 compressibility는 grain size에도 영향을 받는다. 그리고 입자의 모난 정도가 커질수록 compressibility 역시 증가한다. 표면이 거친 입자는 부드러운 입자보다 compressibility가 작다. 또한 sand의 변위는 모암석의 compressibility와 직접적인 연관이 있다.

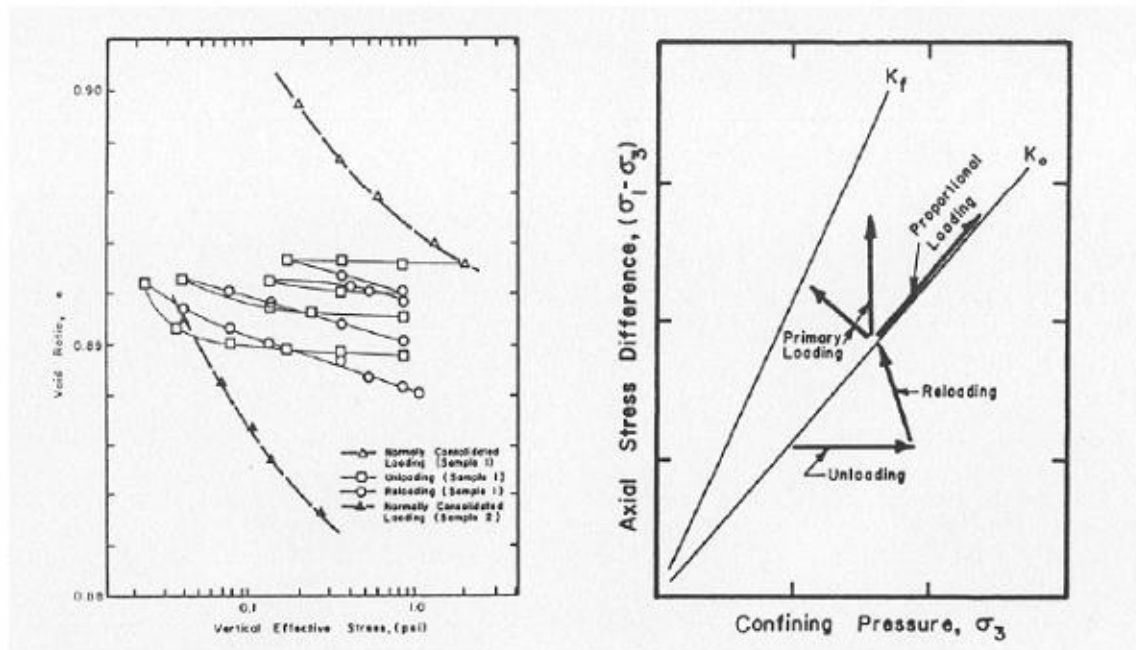


Fig 1 밀도와 stress history에 따른 sand의 compressibility의 변화 / Fig 2 표준 stress path

위의 Fig 1을 보자. 이 그래프에서 포인트들이 하얗게 표시된 것이 sample 1이다. 그리고 이 점들은 sample 1이 초기 하중을 받고난 후 반복적으로 unloaded와 reloaded 되었을 때의 간극비를 나타낸다. 초기 하중을 받았을 때와 재하중을 받았을 때의 compressibility의 차이가 크다는 것을 쉽게 알 수 있다.

또한 그래프 상에 검은 색으로 나타난 점은 바로 sample 2에 의해 측정된 수치이다. sample 2는 sample 1과 간극비가 거의 일정하게 준비되었다. 비록 두 sample의 초기 밀도는 같으나, 초기 하중에 따라 정규 압밀된 sand sample은 초기 sample보다 적어도 6배정도 compressible한 것을 알 수 있다.

이것으로 초기 하중과 재하중을 받았을 때의 compressibility의 변화와 초기 하중에 따른 compressibility의 변화를 알 수 있다.

Fig 2를 보자. Lade와 Duncan은 sand의 응력 변형률 모형에 관한 elastoplastic 이론을 제안

하였다. Fig 2에 보이는 것처럼 stress ratio  $K = \frac{\sigma_1}{\sigma_3}$  이 변위에 대한 표준 형식을 만들기 위한 기초로 사용된다. 'proportional loading'이라면 모든 구간에서 elastic 변화를 보일 것이다. 이것은 stress의 변화가 stress ratio가 일정하게 유지되었을 때 일어난다. 'Unloading' 역시 모든 stress가 증가하더라도, stress ratio가 감소한다면 항상 모든 구간에서 elastic하게 나타난다. 'Reloading'은  $K$ 가 증가하더라도 sand가 경험한 과거의 최고치보다 작다면 totally elastic 하다. Primary 또는 virgin loading이 오로지 stress가 변하여  $K$ 가 이것의 과거치를 초과했을 경우에만 나타난다. Lade와 Duncan의 의해서 제안된 이러한 기준은 주요한 부분이다. 이것은 오로지 virgin loading, unloading 그리고 reloading mode에서만 유용한 원리이다.

- Consolidated Clay와 Consolidated Sand 비교

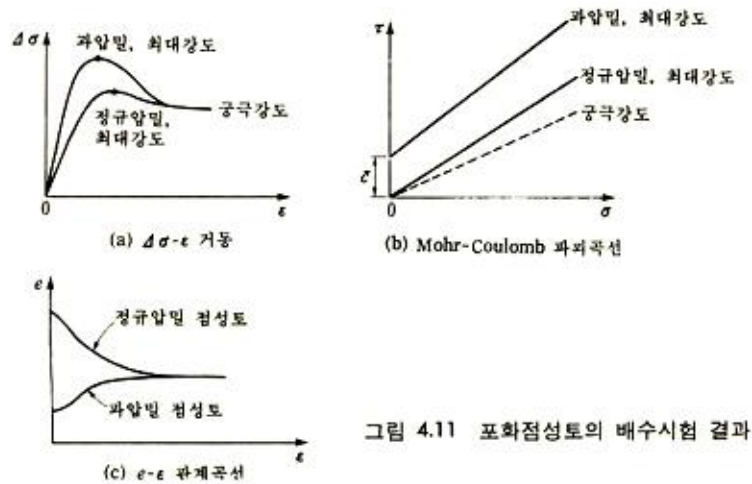


그림 4.11 포화점성토의 배수시험 결과

Fig 3. consolidated clay의 응력-변형률-간극비 사이의 관계

1.  $\Delta\sigma - \epsilon$ 의 거동

1.1  $\Delta\sigma$  와  $\epsilon$ 의 관계 비교

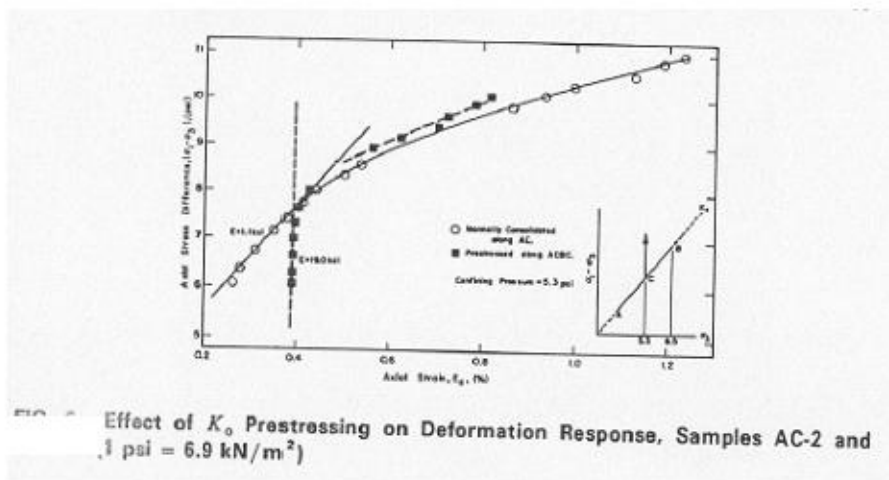


Fig 4. 과압밀 모래의  $\Delta\sigma - \epsilon$ 의 거동(O= 정규압밀모래 거동/ ■= 과압밀모래 거동)

우선 점토의 경우 과압밀 점토가 정규압밀 점토에 비해 특정  $\epsilon$ 까지 더 큰  $\Delta\sigma$ 값을 갖으며  $\epsilon$ 값이 점차 커짐에 따라 모두 궁극강도로 수렴하게 된다. 반면 모래에서는 과압밀 모래의 경우  $\epsilon$ 값이 작은 경우의  $\Delta\sigma$ 의 값이 존재하지 않다가 특정  $\epsilon$ 값에서  $\Delta\sigma$ 값이 급격하게 변한다. 또한  $\epsilon$ 값이 점차 이보다 커지게 되면 정규압밀 모래와 같은 경로로 거동함을 볼 수 있다.

### 1.2 압밀 상태에 따른 압밀모래의 $\Delta\sigma$ 와 $\epsilon$ 의 관계

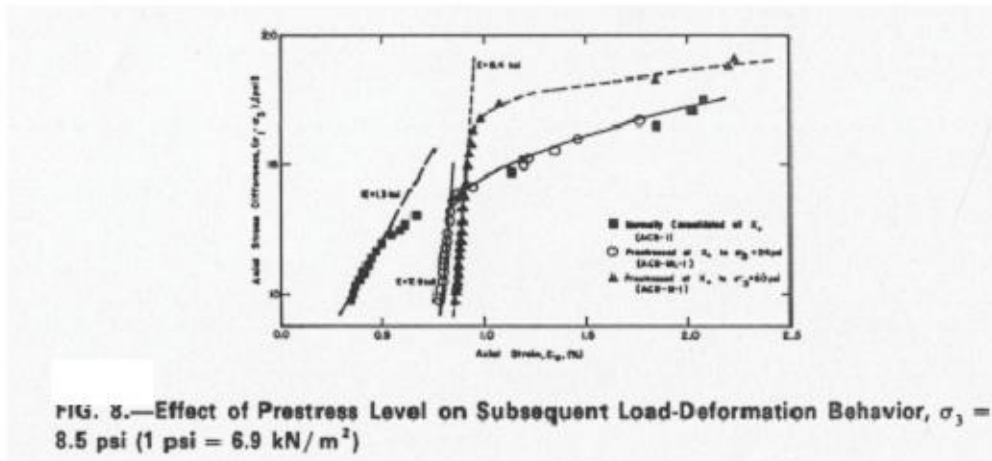


Fig 5. 압밀 모래의  $\Delta\sigma$ - $\epsilon$ 의 거동 : ■ = 정규압밀모래 / ○ = 과압밀모래 ( $\sigma_3 = 24psi$ ) / ▲ = 과압밀모래 ( $\sigma_3 = 60psi$ ) 여기서, ○ 보다 ▲ 그래프가 더 큰 구속압력, 즉 더 큰 과압밀을 받음)

과압밀 모래는 과압밀의 정도가 증가함에 따라 특정  $\epsilon$ 이후에  $\Delta\sigma$ 의 변화량이 커짐을 알 수 있다. 그래프에서 검은 세모꼴의 그래프가 하얀 동근 원해 비해 급격한 기울기를 가지는 것을 볼 수 있을 것이다. 이것은 더 큰 과압밀을 받은 모래의 경우 특정  $\epsilon$ 에서 변하는  $\Delta\sigma$  값이 더 크다는 것을 의미한다. 그러나 점차  $\epsilon$ 값이 커짐에 따라 결국 기울기가 줄어들면서 궁극 강도로 수렴한다.

## 2. 그래프의 파괴곡선과 과압밀 모래의 비교

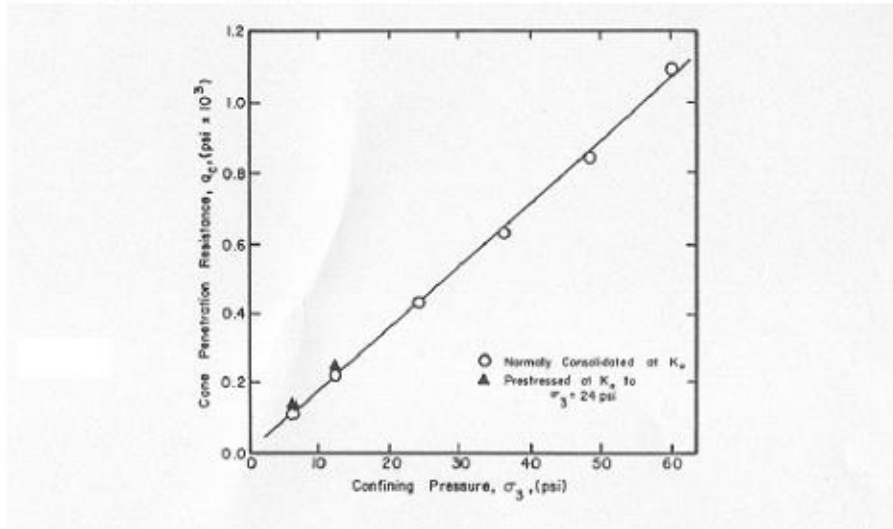


FIG. 12.—Cone Penetration Resistance Versus Confining Pressure (1 psi = 6.9 kN/m<sup>2</sup>)

Fig 6. 압밀모래의 mohr-coulumb 파괴곡선 : ○ = 정규압밀 모래 ▲ = 과압밀 모래

점토의 경우, 정규압밀 점토와 과압밀 점토의 기울기는 같지만, 과압밀 점토의 경우 점착력이 존재하여  $y$  절편값을 갖는다. 반면 모래의 경우에는 과압밀 모래와 정규압밀 모래 모두 점착력(C)값 0이다. 또한 과압밀 모래나 정규압밀 모래나 같은 전단강도를 갖고 같은 파괴 포락선을 갖는다.

## References

- Lambrechts, J.R., Leonards, G.A., "Effects of stress history on deformation of sands", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE
- 김명모(2004), 토질역학, 문운당