

급속퇴적지반의 자중압밀해석

Self-weight Consolidation Analysis of Rapid Deposited Ground

*김현태 · 김석열 · 노종구 · 홍병만(농업기반공사)

*Kim, Hyun-Tae · Kim, Seog-Yeol · Ro, Jong-Koo · Hong, Byung-Man

Abstract

This paper reviews depositional environments, consolidation characteristic of marine deposits along the Nam-Yang river mouth and then analytical solution of self-weight consolidation is made to find consolidated state. This area has been deposited through the short geological age(22year). It's deposition rate is as high as 70cm/year and the height of deposition may be 3~12m. It's known that this area is in the under-consolidated state from OCR and analytical solution. It is conclude that the under-consolidated state should be considered in prediction of consolidation settlement.

I. 서론

서남해안에는 간척지를 조성하기 위하여 건설된 방조제가 많다. 방조제 앞에는 빠른 속도로 퇴적되는 경우가 많다. 이 경우 퇴적속도가 크기 때문에 미압밀상태에 있을 가능성이 높다. 이러한 미압밀상태에 있는 연약지반을 매립하는 경우 압밀상태를 고려하지 않고 해석을 할 경우 실제의 침하량이 예상보다 훨씬 크게 발생하는 문제가 있다. 이를 방지하기 위하여 퇴적지반의 미압밀상태 여부를 확인하고 이를 고려한 압밀해석이 필요하다.

본 연구에서는 퇴적속도, 지층변화 등의 실제 퇴적환경을 고려할 수 있는 자중압밀해석방법을 이용한 급속퇴적지반의 자중압밀해석을 통하여 미압밀상태를 확인하는 방법을 제시하였다. 또한 압밀해석 실예를 통하여 미압밀상태의 평가와 이를 고려한 검토가 필요함을 확인하였다.

II. 퇴적속도와 자중압밀특성

2.1 퇴적속도에 대한 문헌고찰

세계 중요 강의 삼각주에서 퇴적속도는 평균 30-100mm/yr이며, Mississippi 삼각주의 퇴적속도는 150mm/yr로 매우 높게 발생하고 있다고 한다. Cox(1968)는 동남아시아지역의 대표적인 삼각주와 해안평야의 현세 퇴적속도를 Chao Phraya(Thailand) 24~50mm/yr, Irawaddy(Burma) 100mm/yr 이라고 하였다. 백경종(1998)은 점토층의 ^{14}C 연대측정결과의 분석으로부터 낙동강하구의 퇴적속도는 1.9~9.1mm/yr(평균 2.9mm/yr)이라고 하였다.

2.2 퇴적속도와 압밀상태

빠른 퇴적속도에서는 점토 퇴적층 내에 과잉간극수압이 발달한다. 과잉간극수압의 발생속도가 소산속도보다 큰 퇴적속도에서는 압밀이 완료된 상태가 아닌 부분압밀(Partially consolidated) 상태 또는 미압밀(Under consolidated)상태가 된다(Brand & Brenner, 1981). Gibson(1958)은 시간에 비례하는 퇴적속도의 관계에 대한 제한적 해를 제시한 바 있으며, Sangrey(1977)는 미압밀상태에 영향을 미치는 퇴적환경중 퇴적속도가 주 요인이 되며, 부가하여 흙 내부의 Gas, 피압대 및 파력의 반복 등 3가지 요인이 해당된다고 하였다(Nakase, 1984).

2.3 Gibson(1958)의 자중압밀해석결과

Gibson(1958)은 퇴적속도가 일정한 조건에 대하여 퇴적지반바닥이 대수층인 경우와 불투성인 경우에 대한 퇴적토층내 심도별 과잉간극수압비($u/r/h$)의 분포를 Fig 1. 과 같이 제시하였다.

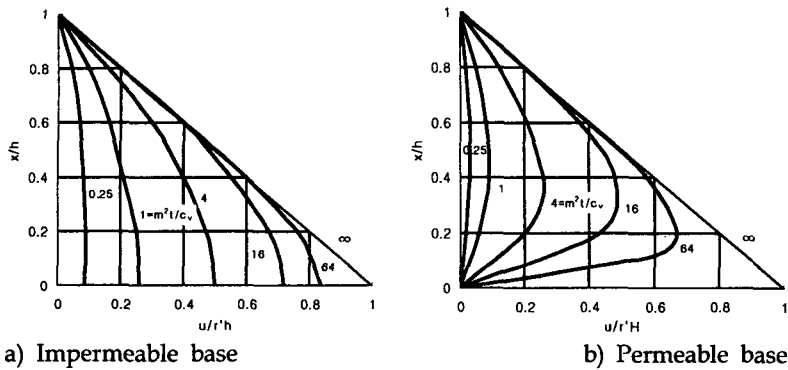


Fig 1. Relation between $u/r/h$ and x/h for $h=mt$

III. 아산만 인근해안의 급속퇴적지반 예

3.1 퇴적속도

국부적인 현상이지만 남양방조제 해측에 인접한 간사지를 보면 방조제의 축조 후에 매우 빠른 퇴적속도를 보이고 있다. 방조제 축조 직후인 1978년의 해도와 2000년 현재의 지형측량결과를 보면 Fig 2. 와 같이 5~12m가 22년동안 퇴적되어 있음을 알 수 있다. 방조제 인접부외에 기타지역도 지반고가 남양방조제 축조후에 크게 상승한 것으로 볼 때 약 3~5m정도가 방조제 축조후에 퇴적된 것으로 확인되며, 이 퇴적토층은 퇴적기간이 적어 자중압밀 진행중에 있는 것으로 예측되므로, 호안제체 및 준설매립구역의 압밀침하해석 시 미압밀상태의 영향을 고려한 압밀 해석이 필요하다고 판단된다.

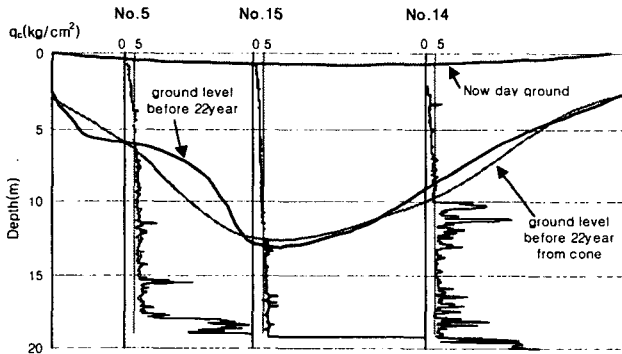


Fig 2. Variation of ground level

1.76g/cm³이고, 압축지수와 압밀계수는 Fig 3. 및 Fig 4.와 같다. 선형압밀압력과 정수압조건의 유효연직응력을 비교하면 Fig 5와 같이 과압밀비가 0.8~1로 미압밀상태에 있음을 알 수 있다.

3.2 퇴적토층의 공학적 특성

방조제 건설 후 방조제 앞에 퇴적된 퇴적토의 흙은 해성점토(CL)로 현장함수비 45~81.3%, 단위중량은 1.528~

IV. 지층과 퇴적속도를 고려한 자중압밀해석결과

4.1 입력자료

퇴적속도가 $v_s=70\text{cm/yr}$ 일 때 압밀상태가 어느상태에 있으며, 흙속에 과잉간극수압이 얼마나 존재하고 있는지 알아보기 위하여 Table 1.과 같은 지층조건에 대하여 퇴적속도를 고려한 자중압밀해석을 실시하였다.

4.2 해석결과

1) 균일토층 조건(Table 1의 single layer)

Fig 6.a)의 퇴적속도에 대한 자중압밀해석결과 Fig 6.b)와 같이 과잉간극수압 0.32kg/cm²이

소산되지 않고 남아 있는 미압밀상태에 있음을 보여주고 있다.

2) 실제(2층) 토층 조건(Table 1의 double layers)

Fig 7.a)의 퇴적속도에 대한 자중압밀해석결과 Fig 7.b)와 같이 과잉간극수압 0.21kg/cm^2 이 소산되지 않고 남아 있는 미압밀상태에 있음을 보여주고 있다.

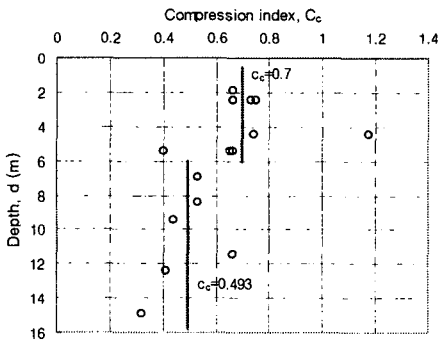


Fig 3. Compression index

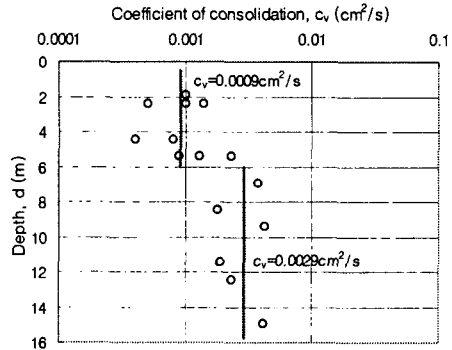


Fig 4. Coefficient of consolidation

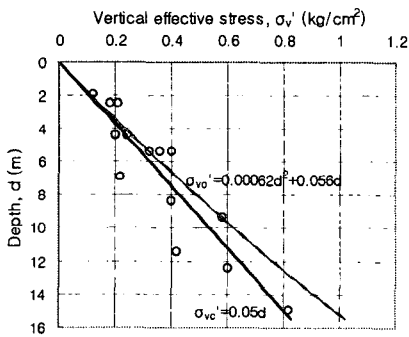
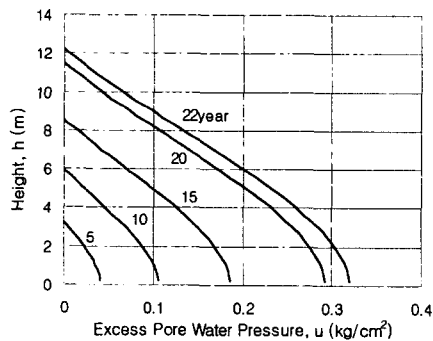
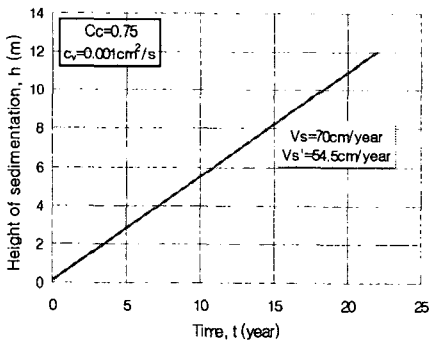


Fig 5. $\sigma'_{vc} - \sigma'_{vo}$

Table 1. Soil Property(assumption)

| Section | Soil parameter | |
|--------------------------------|----------------|---|
| | single layer | double layers |
| Height of sedimentation(h) | 12 m | 12 m |
| Velocity of sedimen. (v_s) | 70cm/yr | 70 |
| Compression index (C_c) | depth 0~6m | 0.75 |
| | 6~12m | 0.493 |
| Coef. of consol. (c_v) | 0~6m | 1×10^{-3} cm^2/s |
| | 6~12m | 2.9×10^{-3} cm^2/s |
| Void ratio (e_0) | 2 | 2 |

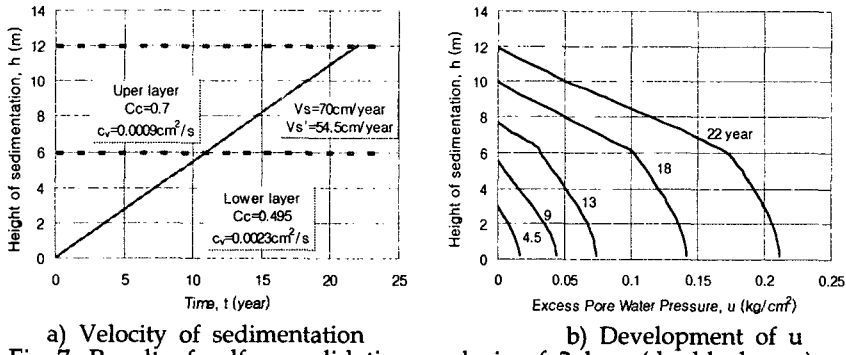


a) Velocity of sedimentation b) Development of u
Fig 6. Result of self consolidation analysis of homogeneous layer(single layer)

V. 매립성토 시 미압밀을 고려한 압밀침하예측

Fig 7.b)의 과잉간극수압이 존재하는 미압밀상태의 지반위에 2m의 매립성토를 할 경우 압밀

침하량을 계산한 결과, Fig 8. 과 같이 미압밀을 고려하지 않은 경우에는 113.5cm의 침하가 발생되는 것으로 예측되는데 비해 미압밀을 고려하는 경우에는 침하량이 181.1cm 정도 발생되는 것으로 예측되었다. 이러한 차이는 허용잔유침하량(10cm)을 훨씬 초과하는 것으로 미압밀을 고려하지 않을 경우 실제 시공에 있어서도 공사관리에 큰 차질을 가져올 뿐만 아니라 완공 후 추가 침하량에 의한 시설물의 파손 등의 문제점이 대두될 수 있을 것으로 판단된다.



a) Velocity of sedimentation
b) Development of u
Fig 7. Result of self consolidation analysis of 2 layer(double layers)

VI. 결론

- 1) 남양만 인근 방조제 앞 퇴적지반은 최대 70cm/yr로 22년동안 두께 4~12m가 급속히 퇴적되었으며, 압밀시험결과 과압밀비가 0.8~1로 미압밀상태에 있는 것으로 분석되었다.
- 2) 70cm/yr로 두께 12m가 급속히 퇴적된 압밀계수 $c_v=1 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ 지반은 잔유과잉간극수압이 0.21~0.32 kg/cm^2 이 존재하는 미압밀상태에 있다는 결과를 얻었다.
- 3) 미압밀상태에 있는 퇴적지반을 매립성토할 때 압밀침하검토 시 미압밀상태의 고려 여부에 따라 압밀침하량이 크게 차이가 있으므로 미압밀상태 여부의 판정과 이를 고려한 압밀해석이 필요하다는 결론을 얻었다.

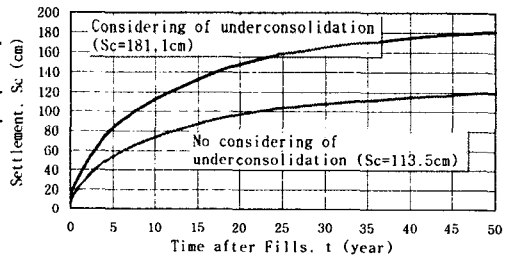


Fig 8. Result of consolidation analysis

참고문헌

1. Baek, K. J. (1998), "Effect of depositional environments on engineering characteristics of marine deposits in the Nakdong river mouth and its neighboring coast", Ph.D. Dissertation, Dongkuk University, Seoul, Korea, pp.38~58.
2. Brand, E.W. and Brenner, R.P.(1981), "Soft Clay Engineering", Elsevier Scientific Publishing Company, pp.159~238, 311~317, 537~544.
3. Cox, J.B.(1968), "A Review of the Engineering Characteristics of the Recent Marine Clays in South East Asia", Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, Research Report NO.6, pp.20~146.
4. Gibson, R.E.(1958), "The Progress of Consolidation in a Clay Layer Increasing in Thickness with Time", *Geotechnique*, Vol.8, pp.171~182.
5. Nakase, A.(1984), "海洋土質", 日本土木學會, pp.11~12, 119~142.