

수정압밀이론을 이용한 연약지반의 압밀해석

Consolidation Analysis of Soft Clay by Using Modified Consolidation Theory

김수일* · 이준환** · 이승래*** · 정상섭****

Kim, Soo Il · Lee, Jun Hwan · Lee, Seung Rae · Jeong, Sang Seom

Abstract

Consolidation behavior on soft clay was investigated by using one- and two-dimensional analysis based on original and modified one dimensional consolidation theory. For the analytical model, the embankment was simulated by applying single- or multi-surcharge loading to the surface of soft clay. Based on the results obtained, it was found that the predicted settlement by one dimensional consolidation theory was most of the time higher than the observed one at the mid- and especially lateral-zone of embankment. When compared with two dimensional analysis, the result of modified one dimensional consolidation analysis showed almost similar trend to the observed one. Therefore even in case where proper selection of soil parameters, one dimensional consolidation theory like as modified one dimensional consolidation theory could be suggested due to its convenience.

요 지

본 연구에서는 Terzaghi의 1차원 압밀이론 및 이를 수정한 수정 압밀이론과 성토하중에 의한 측방향으로의 하중감소를 고려하여 연약지반상에서의 압밀거동을 1차원 및 2차원 해석을 통하여 비교 분석하였다. 분석결과 1차원 압밀이론을 이용한 성토측면 부근에서의 압밀해석에서는 실측치보다 과다추정하고 있었으며 Terzaghi의 1차원 압밀이론보다는 간극비 및 투수계수의 변화를 고려한 수정 압밀이론이 보다 실측치에 근접한 방법임을 알 수 있었다. 1차원 압밀이론 및 지중응력 분포이론을 이용한 각 지점별 압밀해석결과와 2차원 압밀이론으로 해석한 결과를 비교해 보았을 때, 특히 성토측면부에서는 2차원 해석결과보다 1차원 해석결과가 더 크게 과다추정하는 결과를 나타내고 있었으나 시간별 침하의 추세는 거의 차이가 없었으며 물성치의 정확한 선정이 가능하다면 1차원 이론에 의한 해석도 간편하고 합리적인 방법임을 알 수 있었다.

* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 석사과정

*** 정회원 · 한국과학기술원 토목공학과 교수

**** 정회원 · 연세대학교 산업기술연구소 선임연구원

1. 서 론

최근 국내에서 연약지반과 관련된 문제들 중에 가장 빈번한 과제는 연약지반상의 성토하중에 의한 연약층 자체의 압밀침하와 성토층의 한계고 산정등이며 이에 관한 정확한 해석 및 수반되는 지반 공학적인 문제에 대한 해결책이 요구되는 추세이다.

연약 지반위에 구조물을 설계하고자 할 때 가장 중요한 사항은 구조물의 안정성과 시간에 따른 침하량이다. 연약 점토지반의 침하량은 주로 압밀과 creep 효과에^(1,2) 기인한 것이며 침하량을 비교적 정확하게 계산하기 위해서는 지반의 복잡한 거동특성을 표현할 수 있는 해석 모델과 정확한 수치 해석기법을 사용한 전산 프로그램을 사용해야 한다. 간극수압의 소산으로 인한 실제적인 연약지반의 압밀거동은 3차원적으로 일어나며, 이의 해석을 위해서는 3차원 압밀해석방법이 요구된다. 그러나 아무리 정확한 해석방법이 적용된다 하더라도 설계 당시에 예측된 거동은 실제 현장지반에서 관측된 거동과는 매우 다른 경우가 대부분이며, 이는 실제 지반의 거동에 관련된 물성치들을 정확히 추정하는 것이 불가능하기 때문이다. 따라서 근래에 와서 활발히 진행되고 있는 정보화 시공이나, 실제 관측된 값들에 의한 역해석을 위해서는 보다 간편하면서도 효율적인 압밀해석 방법이 필요하다. 특히 연약지반상의 성토문제에 있어서 기존의 1차원 압밀이론에 의해서는 실질적으로 성토중양부에서의 적용이 일반화되어 있고, 실제 현장에서 문제시 되고 있는 성토 측면 부근의 압밀해석은 이론적용이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 Terzaghi의 1차원 압밀이론 및 기존 이론이 가지고 있는 비현실적인 가정사항들을 수정한 수정압밀이론과 성토하중에 의한 측방향으로의 하중감소를 고려하여, 연약지반상에서의 압밀거동을 1차원 및 2차원 해석을 통하여 비교분석하고자 한다.

이와 같은 배경에서 본 연구에서는 연약지반상에서 강도증가 및 구조물 축조를 위해 많이 시공되고 있는 성토하중에 의한 압밀해석 모델을 대상으로 초기성토시에는 단일성토 해석방법을 그리고 초기 성토후 재성토시에는 다단성토 해석방법을 적용하여 압밀해석을 실시하였다. 또한 성토 중양부에서는 1차원 압밀이론이 성립한다고 가정하여 실제 성토시

공 및 계측된 자료를 이용하여 해석결과와 비교하였다.

2. 응력이력 및 간극비의 변화를 고려한 수정 압밀이론

Terzaghi의 압밀이론은 공학적 측면에서의 비현실적인 가정을 포함하고 있으므로, 실제 거동과 알맞은 압밀이론들이 여러 지반공학자들에 의해 제안되어 왔다. 이들 중 Mesri와 Rokhsar^(3,4) 투수계수의 변화를 고려할 수 있을 뿐만 아니라 과압밀상태와 정규압밀상태의 거동을 구분하며 점토층의 압밀현상에서 일반적으로 나타나는 2차압밀의 효과를 고려할 수 있도록 Terzaghi의 고전적인 압밀이론을 확장발전시켰다. 지배 방정식은 식 (1)로서 표현되는 연속방정식과 식 (2),(3)과 같이 표현되는 간극비-유효응력-시간의 관계로서 나타난다.

$$\left[\frac{\partial \beta}{\partial T} \right]_p = D \frac{(1+e_0)}{(1+e)} b^\beta \left[\left(\ln b + \frac{(e_0 - e_p)}{(1+e)} \right) \frac{\partial \beta}{\partial \lambda} \frac{\partial \mu}{\partial \lambda} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial \lambda^2} \right]$$

$$D = \frac{0.434}{E} \left[1 - \frac{\sigma_f}{\sigma_0} \right]$$

$$E = \frac{C_r}{C_c} \log \frac{\sigma_c}{\sigma_0} + \log \frac{\sigma_f}{\sigma_c} \tag{1}$$

($\sigma \leq \sigma_c$ 인 경우)

$$\frac{\partial \mu}{\partial T} = \frac{C_c}{DC_r} \left[\mu + \frac{\sigma_f}{\sigma_c} (1-\mu) \right] \left[\frac{\partial \beta}{\partial T} - \frac{0.434 C_a}{EC_c} \frac{\beta}{T} \right] \tag{2}$$

($\sigma \geq \sigma_c$ 인 경우)

$$\frac{\partial \mu}{\partial T} = \frac{1}{D} \left[\mu + \frac{\sigma_f}{\sigma_c} (1-\mu) \right] \left[\frac{\partial \beta}{\partial T} - \frac{0.434 C_a}{EC_c} \frac{\beta}{T} \right] \tag{3}$$

여기서, k_0 : 초기 투수계수, e_0 : 초기 간극비
 $b = k_p/k_0$, $k = k_0 b^\beta$
 $\beta = (e_0 - e)/(e_0 - e_p)$: 압밀도
 $\mu = u/\Delta p$: 무차원 간극수압

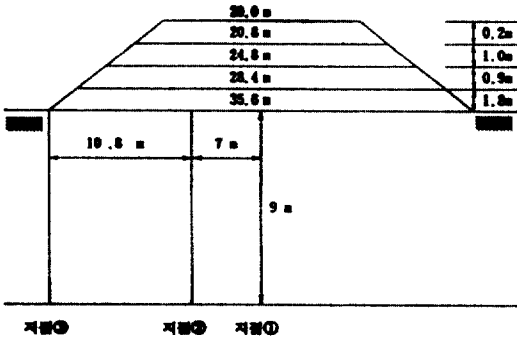


그림 1. 성토고 3m인 경우의 단계별 성토형상.

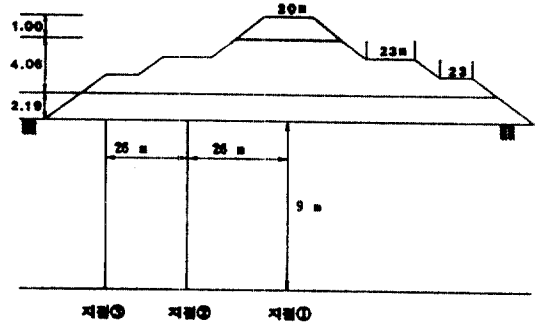


그림 2. 성토고 6m인 경우의 단계별 성토형상.

$\lambda = z/H_0$: 무차원 깊이

H_0 = 연약 점토층깊이

$\Delta P = \sigma_f - \sigma_0$: 상재 하중

$T = \frac{k_0(1+e_0)\sigma_0 t}{0.434\gamma_w C_v H_0}$: 무차원 시간계수

3. 성토하중에 의한 압밀해석

성토하중은 일반적으로 소단(berm)이 설치된 것과 설치되지 않고 시공된 경우로 구분되며 각각의 경우, 성토중양부 뿐만 아니라 측면부에서의 압밀 해석을 실시하기 위해서는 성토형상에 따른 하중분포를 산정하고 이를 압밀하중으로 환산하여야 한다. 성토하중에 의한 지중응력분포의 산정은 주로 등분포 대상하중과 삼각형하중의 조합에 의하여 가능하며,⁽⁵⁾ 산정된 지중응력은 하중재하 직후의 상태이므로 초기 비배수상태에서의 과잉 간극수압과 상응하다고 가정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 주어진 성토형상에 따라 성토중양부에서는 무한하중이 작용한다고 가정하는 1차원 압밀이론을 그대로 적용하였고 성토측면부에서는 산정된 지중응력을 압밀하중으로 사용하였다. 해석치와 실측치의 비교분석을 위해서는 Malaysia Muar 지방에서 실시된 시험성토자료를 이용하였으며⁽⁶⁾ 이곳은 대부분 해성 점토로 구성되어 있고, 최대 30m까지 매우 폭넓게 분포되어 있다. 시험성토를 위해서 Malaysia 고속도로협회 주관아래 많은 회사에서 시험성토에 참여했고 지반의 물성치 및 지반조건들이 각종 실험들을 통하여 조사되어 있다. 최종성토고를 3m 조절한 경우와 6m로 조절한 경우를 해석대상으로 하였으며 2차원 압밀이론으로 해석된 결과와 비교하였다. 그림

표 1. 압밀해석에 사용된 지반물성치

초기 하중(σ_0)	60.000 kN/m ²
선행 압밀하중(σ_c)	60.000 kN/m ²
초기 간극비(e_0)	2.000
초기 투수계수(k_0)	2.130×10^{-4} m/day
압축지수(C_c)	1.300
투수계수의 변화율(C_k)	3.120
압밀계수(C_v)	0.014 m ² /day
2차 압밀계수(C_a)	0.012
연약 점토층의 깊이(H)	18 m
포아송 비(ν)	0.100
탄성계수(E); 상부 점토층	1380×10^3 N/m ²
; 하부 점토층	2835×10^3 N/m ²
밀도(ρ); 상부 점토층	1551 kg/m ³
; 하부 점토층	1581 kg/m ³

1과 그림 2는 성토고 3m의 경우와 6m 경우의 성토형상을 나타내며 성토고 6m의 경우 소단(berm)이 설치되어 시공되었다. 각각의 경우 지점 1은 성토중양부를 나타내고 있으며 지점 2와 3은 계측치가 존재하는 성토측면부의 지점을 나타내고 있다. 표 1은 압밀해석에 필요한 지반물성치를 나타내고 있으며, 자료의 선정은 주로 압밀층 중양부분에서의 값을 위주로 하여 시험 성토지반의 해성점토층을 잘 대변하는 값들로 선택하였다.

표 1에서 시간별 간극비에 다른 투수계수의 변화를 고려하기 위한 계수 C_k 는 실내 압밀시험으로부터 얻어진 자료를 바탕으로 간극비의 변화에 따른 투수계수의 변화를 반대수(semi-log)용지상에서 선형적으로 변환한다고 가정하여 산출하였다.⁽⁷⁾ 또한 탄성계수 및 포아송비는 2차원 압밀이론에 의한 해

표 2. 성토고 3m인 경우의 단계별 성토고

성토단계	누적 성토고 (m)	성토시기 (day)	재하기간 (days)
1단계 성토 (단일성토)	1.8	0	0~35
2단계 성토	2.7	36	36~140
3단계 성토	3.7	141	141~280
4단계 성토	3.9	281	281~400

표 3. 성토고 6m인 경우의 단계별 성토고

성토단계	누적 성토고 (m)	성토시기 (day)	재하기간 (days)
1단계 성토 (단일성토)	2.19	0	0~108
2단계 성토	6.25	109	109~220
3단계 성토	7.25	221	221~400

석에 필요한 물성치이다. 2차원 압밀해석을 위해서는 Biot의 2차원 압밀방정식을 사용한 2차원 범용프로그램인 FLAC을 사용하였으며 탄성모델을 적용하여 시간에 따른 간극수압의 소산에 의한 압밀해석을 실시하였다.⁽⁸⁾ 경계조건으로는 연약층 밑의 사질토층을 배수층으로 하였으며 2차원 모델구성시 성토형상이 대칭이므로 성토중앙부에서는 y축의 변위만을 고려하였으며 지지층에서는 y축의 변위를 구속하였다. 또한 측방경계는 하중의 영향이 미치지 않는다고 판단되는 성토폭의 2.5배까지 고려하였다. FLAC을 이용한 압밀해석과정은 다음과 같다. 첫번째 지반 모델을 결정하고 Geometry의 설정 및 요소를 구성한다. 두번째 압밀해석에 필요한 지반물성치를 입력한다. 세번째 성토형상을 고려하여 초기하중을 재하하고 2차원 압밀해석을 실시한다. 네번째 재성토시, 입력된 성토하중에 의한 압밀해석을 실시하고 마지막 성토에 의한 해석이 끝나면 종료한다. 표 2와 표 3은 성토고 3m인 경우와 성토고 6m인 경우의 단계별 성토고 및 성토시기를 나타내고 있다.

3.1 1차원 및 2차원 압밀이론에 의한 지점별 압밀해석

그림 3~그림 8은 성토고 3m인 경우와 성토고 6m인 경우의 1차원 압밀이론에 의한 해석치와 2차원 압밀이론에 의한 해석치 및 계측치를 지점별로 나타내고 있는 그림이며, 굴곡점이 나타나고 있는 것은 재성토시점을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 성토중앙부인 지점 1에서는 Terzaghi의

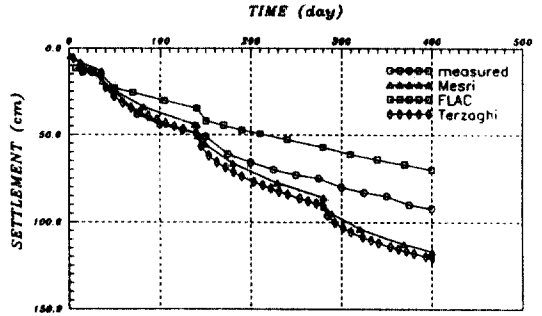


그림 3. 지점 1의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

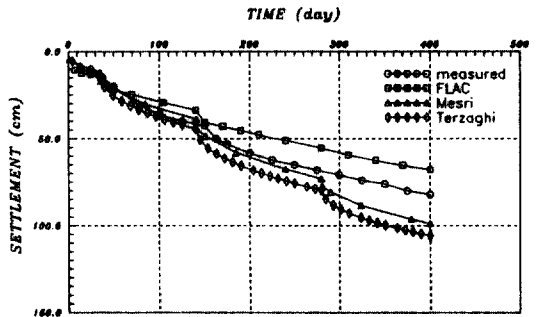


그림 4. 지점 2의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

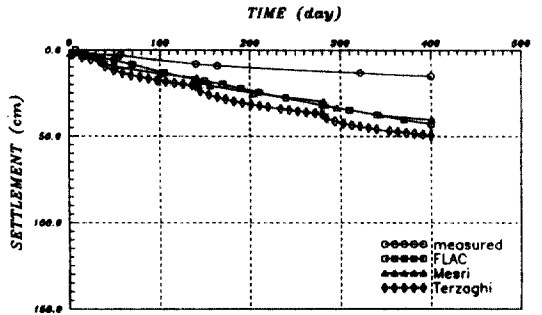


그림 5. 지점 3의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

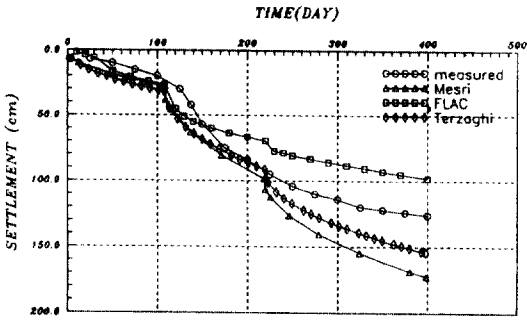


그림 6. 지점 1의 시간-침하량 곡선(성토고 6 m인 경우).

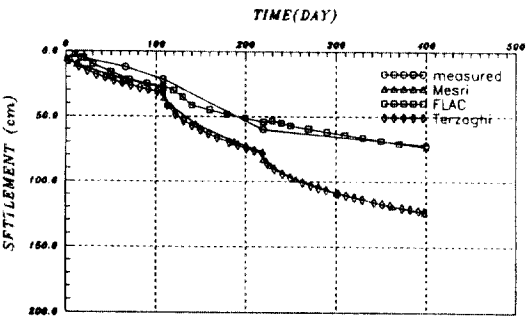


그림 7. 지점 2의 시간-침하량 곡선(성토고 6 m인 경우).

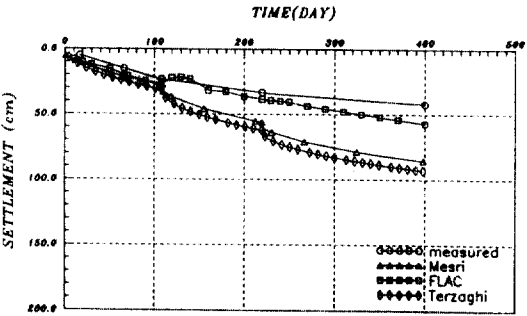


그림 8. 지점 3의 시간-침하량 곡선(성토고 6 m인 경우).

1차원 압밀이론에 의한 해석치의 경우, 성토후 초기에는 비교적 실측치와 일치하는 경향을 보이거나 추가성토가 진행되고 시간이 지남에 따라 실측치에 비해 과다하게 추정함을 알 수 있다. 이는 초기물성치로 사용된 값들은 비교적 정확하게 추정되었으나 상당히 많은량의 침하가 발생되면서 투수계수 및

표 4. 성토고 3 m인 경우의 단계별 압밀도

	지점 1	지점 2	지점 3
1단계 성토	8.1%	7.9%	7.3%
2단계 성토	15.2%	14.7%	12.8%
3단계 성토	18.9%	17.9%	14.9%

표 5. 성토고 6 m인 경우의 단계별 압밀도

	지점 1	지점 2	지점 3
1단계 성토	14.7%	14.7%	14.6%
2단계 성토	20.1%	17.8%	15.5%

간극비의 변화가 예상되며 그에 따른 압밀계수의 감소가 발생하게 되는데 Terzaghi의 1차원 압밀이론에 근거한 해석에서는 이를 고려할 수 없으므로 나타난 결과라 판단된다. 지점 2에서도 지점 1에서와 유사한 경향을 보이고 있으며 성토끝단부분인 지점 3에서는 초기시점부터 계측치에 비해 상당히 과다하게 추정함을 알 수 있다. 이러한 경향은 성토고 6 m인 경우에서도 유사하게 나타나고 있으며 하중크기가 커짐에 따라 해석치도 더 크게 과다추정하는 것으로 나타나고 있다. 2차원 압밀이론에 의한 해석치는 Terzaghi의 1차원 압밀이론에 의한 해석치보다는 실측치에 근접하고 있으나 특히 성토중양부에서는 상당히 과소하게 추정하는 결과를 보이고 있다. 수정압밀이론에 의한 해석치는 성토고 3 m인 경우 비교적 실측치에 유사한 경향을 보이고 있으나 성토끝단부분인 지점 3과 성토고 6 m인 경우의 각 지점에서는 상당한 과다추정의 결과를 보이고 있다. 표 4와 표 5는 수정압밀이론에 의해 해석된 단계별 성토에 의해 진행된 압밀도를 나타내고 있다.

3.2 C_k 가 압밀도에 미치는 영향

본 압밀해석을 위해 사용된 물성치중 C_k 는 간극비와 투수계수의 변화를 나타내는 계수로서, 하중의 크기에 따른 압밀도와 밀접한 관련이 있는 계수이다. 수정압밀이론에서는 상수로 가정하는 압밀계수대신 압밀과정동안 변화하는 투수계수와 하중증가량에 따라 정해지는 압밀계수가 사용되며 식 (4)¹⁰로 나타난다.

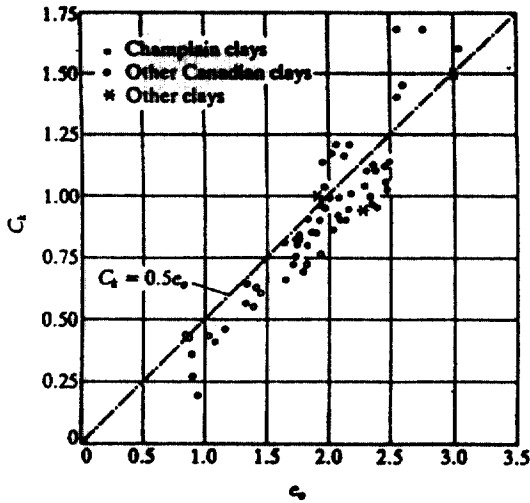


그림 9. 간극비에 따른 C_r 의 관계.

$$C_v = \frac{K_o \cdot (1 + e_o) \cdot \sigma}{0.434 \cdot C_c \cdot \gamma_w \cdot (\sigma / \sigma_o)^{C_r / C_c}} \quad (4)$$

식 (1)에서 보는 바와 같이 C_c 와 C_r 의 비에 따라 압밀계수의 크기가 달라지게 되며 같은 지반이라 할지라도 재하하중의 크기에 따라 시간별 압밀도의 크기가 달라지게 되는 것을 의미한다. 본 해석을 위해 사용된 C_r 값은 3.1이고 C_c 값은 1.3이므로 C_r / C_c 의 값은 1보다 작은 값을 나타내게 되므로 재하하중의 크기가 커질수록 시간별 압밀도 및 이에 상응하는 압밀침하량은 증가하게 될 것으로 판단된다. 나타난 결과도 성토고 3m인 경우보다도 성토고 6m인 경우는 각 지점별로 적용된 하중의 크기가 성토고에 비해 훨씬 크게 산정되었으므로 해석된 압밀침하량도 성토고 3m인 경우보다도 더 크게 과다추정되었음을 알 수 있다. 그림 9는 일반적인 점토질 흙에서 초기간극비에 따른 C_r 값을 나타낸 그림으로서⁽⁹⁾ 초기간극비와 C_r 는 근사적으로 $C_r = 0.5 \cdot e_o$ 의 관계를 이루고 있으며 본 연구에서도 e_o 가 2.0이므로 C_r 를 $0.5e_o$ 에 해당하는 1.0을 써서 해석을 실시하고 각각 $C_r = 1.3, 2.0$ 일 때의 해석결과와 비교하였다. 그림 10~그림 15는 C_r 의 변화에 따른 각 지점별 시간-침하량곡선이다. 그림에 나타난 결과와 같이 C_r 의 값이 감소할수록 압밀침하량도 감소하는 경향을 보이고 있으며, 재하하중의 크기가 가장 큰 지점 1에서 그 영향이 가장 크게 나타나고

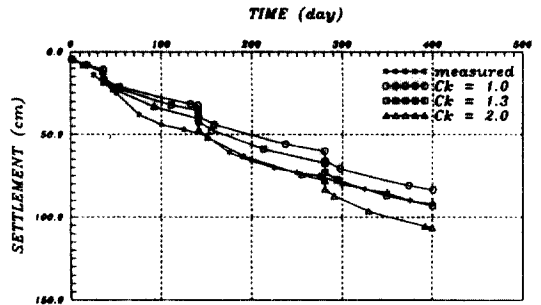


그림 10. C_r 값의 변화에 따른 지점 1의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

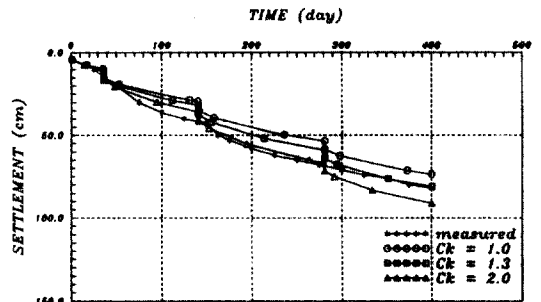


그림 11. C_r 값의 변화에 따른 지점 2의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

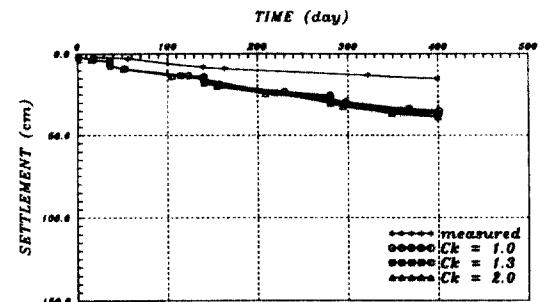


그림 12. C_r 값의 변화에 따른 지점 3의 시간-침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

있다. 재하하중의 크기가 지점 1에 비해 작게 작용하는 지점 2와 지점 3에서는 C_r 의 변화에 따른 압밀침하량의 변화도 비교적 둔감하게 나타나고 있다. 따라서 성토하중에 의한 압밀해석을 실시할 때 특히 재하하중의 크기가 커질수록 해석에 필요한 C_r 의 적용은 보다 더 정확한 실험을 통하여 결정하는 것이 바람직하며 일반적 범위를 크게 벗어날 때는 자료의 선정에 더욱 신중을 기울여야 될 것으로 판단된다.

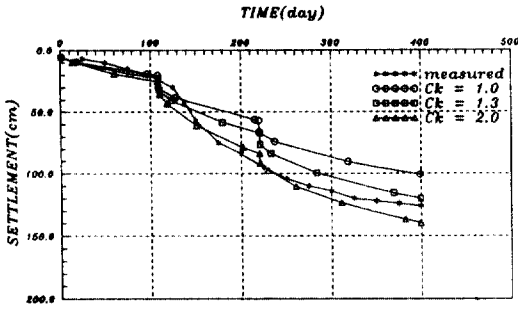


그림 13. C_k 값의 변화에 따른 지점 1의 시간-침하량 곡선(성토고 6m인 경우).

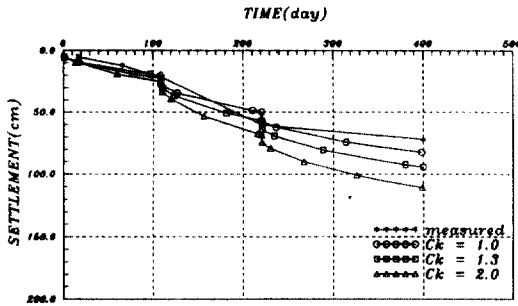


그림 14. C_k 값의 변화에 따른 지점 2의 시간-침하량 곡선(성토고 6m인 경우).

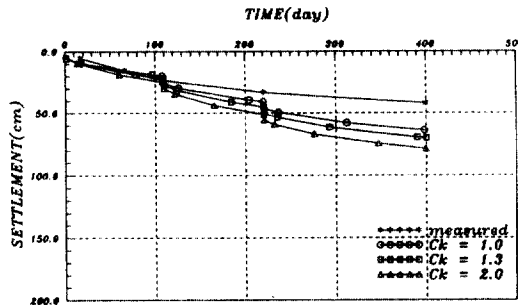


그림 15. C_k 값의 변화에 따른 지점 3의 시간-침하량 곡선(성토고 6m인 경우).

4. 1차원 해석결과와 2차원 해석결과의 비교 분석

본 연구에서 해석대상으로 선정한 성토고 3m의 경우와 소단이 설치되어 시공된 성토고 6m의 경우, 성토중앙부 및 측면부근에서의 1차원 압밀이론에 의한 해석결과와 2차원 압밀이론에 의한 해석결과에 의하면, 성토 중앙부에서는 1차원 압밀이론에 의한

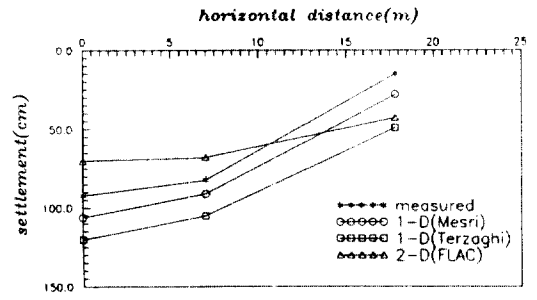


그림 16. 수평거리에 따른 침하량 곡선(성토고 3m인 경우).

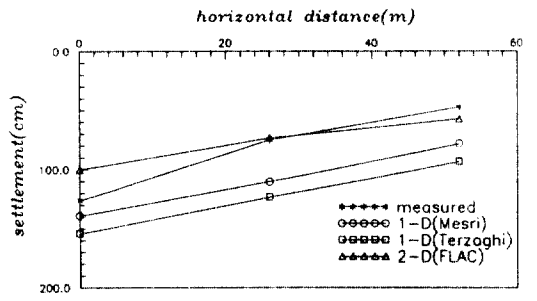


그림 17. 수평거리에 따른 침하량 곡선(성토고 6m인 경우).

해석치가 2차원 압밀이론에 의한 해석치보다 실측치에 더 근접한 결과를 나타내고 있었다. 특히 압밀과정중 발생하는 지반물성치의 변화를 고려할 수 있는 수정 압밀이론이 Terzaghi의 1차원 압밀이론보다는 합리적인 해석방법이었으며 3.2절에 나타난 바와 같이 C_k 값의 적절한 선정에 따라 실측치에 보다 더 근접한 결과를 나타낼 수 있음을 알 수 있었다. 성토측면부근에서의 압밀해석에서는 2차원 압밀이론에 의한 해석치가 실측치에 비교적 근접한 결과를 보이고 있었으며 1차원 압밀이론에 의한 측면부의 해석치는 성토형상에 따른 지중응력분포를 산정하고 산정된 지중응력으로 압밀하중을 산정하였음에도 불구하고 전반적으로 과다추정의 결과를 나타내고 있었다. 이러한 결과는 측방향으로의 흐름과 수평변위를 무시한 1차원 압밀이론의 기본가정에 기인한다고 판단되며, 그 영향이 가장 크게 미칠 것으로 예상되는 성토 끝단부근에서의 해석결과는 2차원 해석결과와 비교해 볼 때 비교적 과다추정의 결과를 나타내고 있었다. 그림 16과 그림 17은 초기성토후 400일 경과후의 성토단면아래의 침하량을 나타내고

있는 그림이다. 그림에서 x 축은 성토 중앙부로부터의 수평거리를 나타내며 y 축은 침하량의 크기를 나타내고 있으며 수정압밀이론을 위한 C_k 값은 2.0을 사용하였다. 그림에서 나타난 바와 같이 1차원 압밀이론에 의한 해석치는 성토 측면부로 갈수록 과다추정의 결과를 보이고 있으나, 전반적인 침하의 추세는 실측치와 유사하며, 수평거리에 따른 침하형상에 있어서는 2차원 압밀해석결과보다도 실측치에 근접하고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 Terzaghi의 1차원 압밀이론과 이를 수정한 수정압밀이론 그리고 하중형상에 따른 지중응력 분포이론을 통하여 해석한 결과와 2차원 압밀이론에 의한 결과를 비교분석하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) Terzaghi의 1차원 압밀이론보다는 간극비 및 투수계수의 변화를 고려한 수정 압밀이론이 보다 실측치에 근접한 방법임을 알 수 있었다.

(2) 1차원 압밀이론에 의한 성토측면 부근에서의 압밀해석에서는 성토형상에 따른 지중응력분포를 고려하여 압밀하중을 산정하였음에도 불구하고 해석결과는 실측치에 비해 과다추정함을 알 수 있었다.

(3) 수정 압밀이론을 이용한 해석에 쓰인 계수중 C_k 값은 시간에 따른 압밀도의 크기에 영향을 미치는 계수로서, C_c/C_k 의 값에 따라 같은 지반일지라도 시간별 압밀도가 달라지게 되며, 재하하중의 크기가 커짐에 따라 그 영향은 더 크게 미치게 되므로 C_k 값의 선정은 별도의 실험등을 통하여 선정함이 바람직함을 알 수 있었다.

(4) 1차원 압밀이론과 2차원 압밀이론에 의한 지점별 해석결과를 비교해 보았을 때 측면부의 해석

결과는 2차원 해석결과보다는 1차원 해석결과가 더 크게 과다추정하고 있으나 시간별 침하의 추세는 거의 차이가 없었으며 물성치의 정확한 선정이 가능하다면 1차원 이론에 의한 해석도 간편하고 합리적인 방법임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Thomas, H.R. and Harb, H.M., "Analysis of Normal Consolidation of Viscous Clay", *Journal of Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol. 116, No. 9, 1990, pp. 2035-2053.
2. Booker, J.R. and Poulos, H.G., "Analysis of Creep Settlement of Pile Foundation", *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 102, No. GT1, 1976, pp. 1-13.
3. Mesri, G. and Choi, Y.K., "Settlement Analysis of Embankment on Soft Clays", *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 111, No. 4, 1985, pp. 441-464.
4. Mesri, G. and Rokhsar, A., "Theory of Consolidation for Clays", *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 100, No. GT8, 1974, pp. 889-904.
5. Das, B.M., *Advanced Soil Mechanics*, Hemisphere Publishing Corporation, 1983, pp. 319-331.
6. Hudson, R.R., Toh, C. T. and Chan, S.F., "Trail Embankments on Malaysian Marine Clays", *Proceeding of the International Symposium*, Kuala Lumpur, 1989.
7. Lamb, T.W. and Whitman, R.V., *Soil Mechanics-SI Version*, John Wiley and Sons Inc, New York, 1986, pp. 97-115.
8. Mark, B., *FLAC - User Manual*, Itasca Consulting Group, 1989.
9. Das, B.M., *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS-KENT Publishing Company, United States, 1990, pp. 93-121.

(接受: 1994. 1. 17)