

해석기법에 따른 압밀거동 변화에 관한 연구

정연인* · 김민중**

* 계명대학교 공과대학 토목공학과, ** 계명대학교 토목공학과 대학원

A study for Variation of Consolidation Behavior by Analysis Method

Youn-In Chung* · Min-Jung Kim**

* Dept. of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

** Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

요 약 : 본 연구에서는 연약지반을 개량하기 위해 제한성을 가지고 있으나 연약지반 침하예측에 사용되고 있는 미소 변형률기법과 보다 연약지반의 실제 압밀거동에 부합하는 것으로 알려진 유한 변형률기법을 이용하여 배수재가 타설된 연약지반의 압밀거동에 대한 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석은 지반조건, 하중재하조건 등 여러 조건별로 연약지반의 압밀거동에 대하여 수행하였으며 그 결과를 비교·분석하여 수치해석 기법에 따른 그 영향을 파악하고자 하였다.

핵심어 : 연약지반, 압밀거동, 미소변형률, 유한변형률, 유한요소기법

Abstract : In this study, finite element analysis is performed for consolidation behavior prediction of drainage-installed soft deposits. Finite element analysis is performed under the two strain conditions as small strain with limited application and large strain for relatively thick layers, large deformation and non-linear material properties. The analysis conditions such as layer depth, loading conditions, smear effects are also changed and variation of consolidation behavior for each condition is estimated from ABAQUS program.

Key Words : Soft deposits, Consolidation behavior, Small strain, Large strain, Finite element analysis

1. 서 론

산업의 발전과 정보화 사회의 진전으로 산업용 부지의 개발을 위하여 서·남해안지역을 중심으로 준설패립공사가 활발히 진행되고 있다. 준설패립된 지역은 대부분 연약한 점성토 지반이므로 구조물을 시공할 경우 지지력 부족으로 인한 지반 안정성 문제와 시간 의존적인 압밀현상에 기인한 지반침하 문제가 심각하게 대두된다. 적정 압밀현상 예측에 관해 많은 연구자들이 연약지반의 특성 및 거동에 대한 연구를 수행하여 국내외적으로 합리적인 해석과 예측방법들이 발전되어 왔다. 일반적인 연약지반 개량공법으로는 성토하중 제하에 의해 압밀현상을 촉진시키는 프리로딩 공법이 있으며, 이때의 압밀현상 예측에 사용되어온 이론으로 Terzaghi에 의해 발표된 압밀이론이 있다. 그러나 이 이론은 압밀진행과정에 걸쳐 일정한 압축성 및 투수성을 가지며 압밀전후의 토층의 깊이를 동일하게 간주한 미소변형률 이론으로, 실제 비선형적인 투수성이나 압밀과정에서 큰 침하가 발생하는 연약지반의 압밀거동을 나타내기에는 상당한 모순점을 내포하고 있다고 할 수 있다. Terzaghi의 미소변형률 압밀이론 이후 국외에서는 압밀해석에

대한 가정상의 모순을 수정하기 위하여 많은 이론식이 제안되어져 왔으나 국내 해성점토의 침하해석에서는 이론적인 모순에 의한 설계오차를 인식하면서도 편리성과 간편성으로 인하여 아직까지 Terzaghi의 압밀이론을 적용하고 있다.

연약지반의 초기상태는 매우 큰 간극비와 초기 함수비를 가진 상부에서 유효응력이 거의 발휘되지 않는 상태이다. 이러한 상태에서 상부 성토하중은 유효응력과 지반의 압축성, 투수성을 매우 크게 변화시킨다(전, 2000). 결국 압축성과 투수성의 비선형성, 지반의 큰 변형을 무시한 고전 압밀이론으로 연약지반의 압밀거동을 예측한다는 것은 실제 현상에 비추어 볼 때 많은 오차를 내포할 수밖에 없는 것이다(김, 1997; Davies, 1965). 이러한 선형적이고 미소변형률의 고전 압밀이론의 모순을 극복하고 좀 더 실제 현상에 부합하는 압밀예측을 위해, Gibson et al.(1967; 1981)은 일차원 비선형 유한 변형률 압밀이론을 발표하였다. 이 이론은 유효응력-간극비-투수계수의 구성관계의 비선형 거동과 압밀에 따른 변형률의 영향이 고려되어 실제 현상에 더욱 부합하는 예측을 할 수 있는 유한 변형률 압밀이론이다(이, 2000; Cargill, 1984).

본 연구에서는 연약지반을 개량하기 위해 많은 모순점을 가정하고 있으나 연약지반 침하예측에 사용되고 있는 미소변형

* 대표저자 : 종신회원, cyi@kmu.ac.kr, 053-580-5705

를 이론과 연약지반의 실제 압밀거동에 부합하는 것으로 알려진 유한변형률 이론에 대하여 프리로딩 공법 및 배수재를 통한 연직배수공법을 적용한 경우에 지반조건, 하중재하조건 등 여러 조건별 연약지반의 압밀거동에 대하여 유한 요소해석을 수행하고 결과를 비교·분석하여 해석기법에 따른 압밀거동의 차이를 파악하고자 한다.

2. 유한요소해석 기법

본 연구에서는 미소 변형률과 유한 변형률에 따른 압밀거동 해석을 위해 비선형 해석이 가능한 유한요소 프로그램 ABAQUS를 사용하였다. ABAQUS 프로그램에서는 지반해석을 위하여 지반은 세 가지 기본적인 요소, 즉 흙 입자, 물 및 가스로 이루어져 있으며 이들의 지중 응력 상태(Geostatic stress state)나 외적하중에 의한 이들의 거동을 설명하기 위하여 유효응력 개념이 도입되었다(김, 1997). 흙 입자에 의한 유효응력과 간극수에 의한 내부응력이 경계에 가해지는 외부 응력에 의해 평형을 이룬다는 개념 하에 평형방정식을 유도하였으며 이때 유체의 흐름은 질량보존의 법칙으로부터 유도된 연속방정식에 Darcy법칙이 적용되었다. 또한, 비선형적이고 연계(Coupled)된 평형방정식과 연속방정식을 해결하기 위해서 Newton 방법 등이 사용된다. 대변형 효과와 간극비 변화에 따른 투수계수의 변화, 하중의 점증재하를 반영함으로써 연약지반의 비선형압밀해석 및 유한변형률 이론에 따른 압밀해석을 실시할 수 있다.

3. 배수재가 타입된 연약지반 압밀해석

3.1 원통형 실린더지반의 축대칭 모델

본 연구에서는 연직배수재(PBD)가 장방형으로 타설된 원통형 실린더지반을 미소·유한변형률 조건아래 여러 압밀조건을 달리하며 연약지반의 압밀거동을 해석하기 위하여 Fig. 1과 같은 유한 요소망을 작성하여 축대칭 해석을 수행하였다. 수치해석에 사용된 요소는 8개의 변위절점과 4개의 간극수압절점을 가지는 사각형 격자요소를 사용하였으며 요소의 총 수는 130개이고 총 절점수는 437개이다. 축대칭 압밀해석에 대한 경계조건은 Fig. 1과 같이 좌·우측부에서는 수평변위를 구속하고 하부단면에서는 수평, 수직변위를 구속하였으며 배수는 배수재와 상부표면에서 유발되고 상부표면의 과잉간극수압은 영으로 모델링하였다. 배수재는 탄성모델로 연약지반은 탄소성모델인 수정 Cam-Clay모델을 사용하였으며 배수재의 타입시 교란효과를 고려하였다(Biot, 1941). 장방형 배치로 타설된 지반에서 하나의 배수재가 영향을 미칠 수 있는 배수재 영향원의 직경은 $d_e=1.128S$ 이므로 배수재 타설간격 $S=1.1m$ 를 적용하여 $d_e=1.24m$ 로 하였다.

배수재의 모델계수 값은 Table 1에 나타나 있으며 배수재의 등가 환산직경(dw)은 일반적으로 폭 10cm, 두께 3~5mm 정

도의 판형제품에 대해 안전한 값인 5cm를 적용하였다.

Table 1. Modulus of Drainage

E	V	k_w	a (Width)	b (Thickness)	d_w	S	L
100 kN/m ²	0.3	17.28 m/day	10 cm	0.3 cm	0.05 m	1.1 m	Fully penetrated

배수재 타설시 발생하는 교란영역(Smear zone)은 원지반 투수계수가 교란에 의해 현저히 감소하는데 본 연구에서의 교란영역 범위(ds)는 Hansbo(1981)이 제안한 맨드릴 직경(dm=16cm)의 2배인 ds=36cm를 적용하였으며 투수계수는 원지반 수평투수계수 k_h 의 1/2값인 $k_s=1/2 k_h$ 를 적용하였다. 원지반의 간극비에 따른 투수계수는 Table 2에 주어진 값을 사용하였다.

Table 2. Permeability of soil

e	k_h (m/day)	e	k_h (m/day)	e	k_h (m/day)
0.76	5.80E-06	1.74	2.15E-04	2.75	8.60E-04
0.95	1.13E-05	2.03	4.46E-04	2.91	1.06E-03
1.17	2.37E-05	2.28	5.86E-04	3.18	1.62E-03
1.41	5.63E-05	2.57	7.62E-04	3.40	2.13E-03

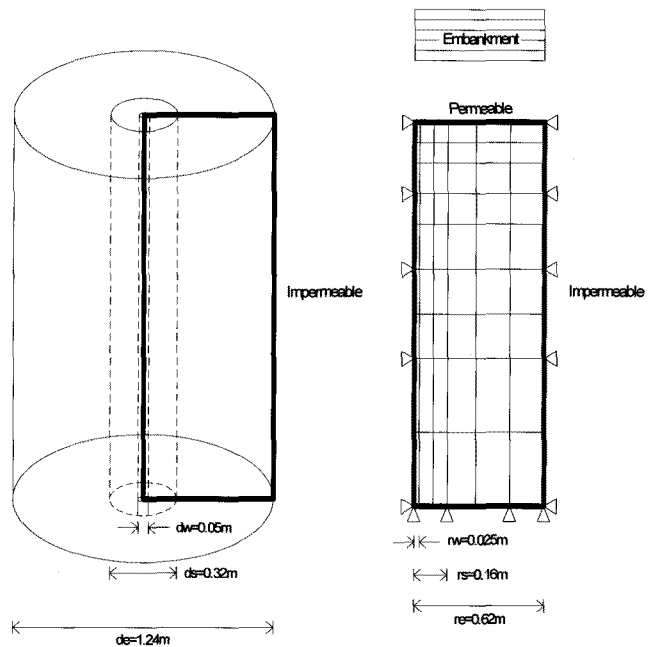


Fig. 1. Mesh for the analysis of axisymmetric consolidation.

3.2 지반조건에 따른 압밀해석

압밀과정 중 압밀토층의 두께가 일정하다고 가정한 미소변형률과 재료 좌표계를 도입하여 대변형을 고려한 유한변형률 이론으로 압밀거동을 해석하여 변형률에 따른 압밀거동의 차이를 비교·분석하였다. 토층이 얇고 함수비가 미소한 지반에 제한적으로 사용되는 미소변형률의 제한성을 고려하여 함수비와 토층 그리고 하중을 변화시키며 해석을 수행함으로써 두 변형률에 따른 해석의 차이를 검토하였다.

함수비(Wn)가 50%, 130%인 지반에 대하여 토층의 두께가 비교적 얇은 6m와 상대적으로 깊은 18m 그리고 재하하중의 크기가 비교적 작은 30kPa과 상대적으로 큰 60kPa인 경우에 대하여 해석을 수행하였으며 각 함수비에 따른 설계정수는 Table 3에 나타나있다. 하중은 30일 동안 점증재하 하였다.

Table 3. Design parameters according to water content

Gs=2.667 V=0.35 S=1			Case	Case1	Case2	Case3	Case4
			Depth	6m	6m	18m	18m
Wn	50%	130%	Load	30kPa	60kPa	30kPa	60kPa
e ₀	1.334	3.467	$Se = G_s W_n$				
γ _b	0.714	0.3732	$\gamma_b = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w$				
C _c	0.5665	1.605	$Cc = 0.013(w_n - 6.5)$ $Cc = 0.5(e_0 - 0.2)$				
C _s	0.0566	0.1605	$Cs = 1/5 \sim 1/10 Cc$ $Cs = 1/10 Cc$ 적용				
λ	0.246	0.697	$\lambda = \frac{C_c}{2.303}$				
κ	0.025	0.07	$\kappa = \frac{C_s}{2.303}$				

1) 토층두께 6m, 재하하중 30 kPa

토층두께 6m인 지반에 30일간 30kPa의 하중을 점증재하하여 10000일간의 압밀거동을 해석하였다. 유한변형률(Large Strain, LS)과 미소변형률(Small Strain, SS) 해석에 따른 각 함수비에 대한 토층 상단부의 침하량은 Table 4와 Fig. 2에 나타나있다.

Table 4. Settlement of case 1

		Wn	50%	130%
Settlement(m)	LS		0.58	1.36
	SS		0.65	1.69
Difference(m)			0.08	0.33

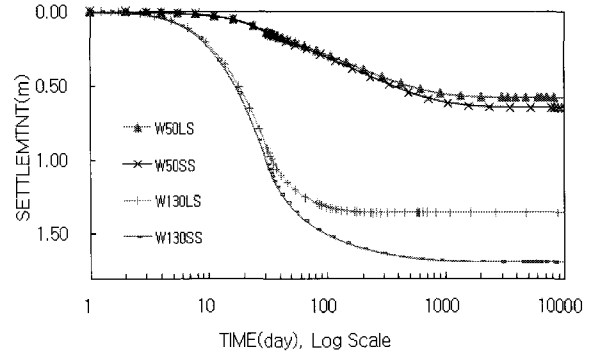


Fig. 2. Comparison - large Strain and small strain analysis for case 1.

Table 4와 Fig. 2에 나타난 바와 같이 토층두께 6m, 재하하중 30 kPa, 함수비 50%인 경우 유한변형률과 미소변형률에 의한 침하량은 각각 0.58 m, 0.65 m이다. 두 이론에 의한 침하량의 차이는 0.08 m로 매우 미미하다. 그러나 함수비 130%인 경우는 각각 1.36 m와 1.69 m로서 침하량의 차이는 0.33 m이다. 이는 함수비 50% 경우와 비교하여 4.13배의 차이를 나타내므로 함수비가 커짐에 따라 두 해석기법에 의한 침하량의 차이는 커짐을 알 수 있다.

2) 토층두께 6m, 재하하중 60 kPa

토층두께 6m인 지반에 30일간 60 kPa의 하중을 점증재하하여 10000일간의 압밀거동을 해석하였다. 유한변형률과 미소변형률 해석에 따른 각 함수비에 대한 토층 상단부의 침하량은 Table 5과 Fig. 3에 나타나있다.

Table 5. Settlement of case 2

		Wn	50%	130%
Settlement(m)	LS		0.97	1.93
	SS		1.11	2.54
Difference(m)			0.14	0.61

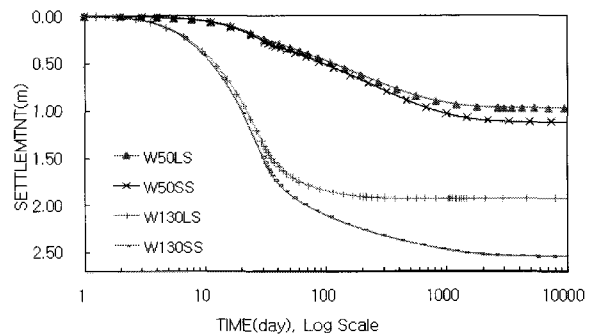


Fig. 3. Comparison - large strain and small strain analysis for case 2.

Table 5와 Fig. 3에서 토층두께 6m, 재하하중 60 kPa 함수비 50%인 경우 유한변형률과 미소변형률에 의한 침하량은 각각 0.97m, 1.11m로서 침하량의 차이는 0.14m이다. 이는 재하하중 30 kPa의 경우인 0.08m와 비교하여 1.75 배의 차이를 보이고 있다. 함수비 130% 경우는 각각 1.93m와 2.54m로서 침하량의 차이는 0.61m이다. 함수비 50%경우와 비교하여 4.36 배 차이를 나타낸다. 이 결과는 재하하중 30 kPa 경우와 유사하다.

3) 토층두께 18 m, 재하하중 30 kPa

토층두께 18m인 지반에 30일간 30 kPa의 하중을 점증재하하여 10000일간의 압밀거동을 해석하였다. 유한변형률과 미소변형률 해석에 따른 각 함수비에 대한 토층 상단부의 침하량은 Table 6과 Fig. 4에 나타나있다.

Table 6. Settlement of case 3

		Wn	
		50 %	130 %
Settlement(m)	LS	0.99	2.22
	SS	1.17	2.85
Difference(m)		0.18	0.63

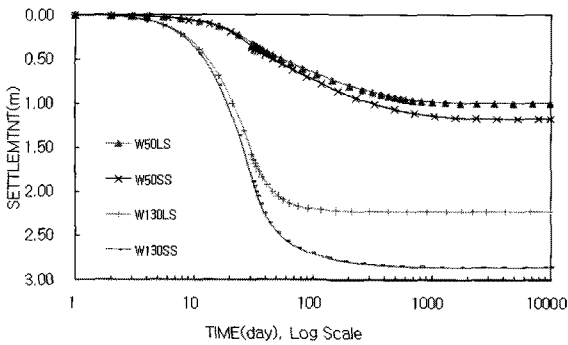


Fig. 4. Comparison - large strain and small strain analysis for case 3.

Table 6과 Fig. 4에서 토층두께 18m, 재하하중 30 kPa, 함수비 50%인 경우 유한변형률과 미소변형률에 의한 침하량은 각각 0.99m, 1.17m로서 침하량의 차이는 0.18m이다. 이는 토층두께 6m인 case 1과 비교하여 2.25배 차이를 나타내어 토층두께가 두꺼울수록 두 압밀이론에 따른 침하량의 차이가 커짐을 알수 있다. 함수비 130%인 경우는 각각 2.22m와 2.85m로서 침하량의 차이는 0.63m이다. 이는 함수비 50%의 경우와 비교하여 3.5 배의 차이를 나타낸다.

4) 토층두께 18 m, 재하하중 60 kPa

토층두께 18m인 지반에 30일간 60 kPa의 하중을 점증재하하여 10000일간의 압밀거동을 해석하였다. 유한변형률과 미소변형률 해석에 따른 각 함수비에 대한 토층 상단부의 침하량은 Table 7과 Fig. 5에 나타나있다.

Table 7. Settlement of case 4

		Wn	
		50 %	130 %
Settlement(m)	LS	1.78	3.51
	SS	2.12	4.61
Difference(m)		0.34	1.1

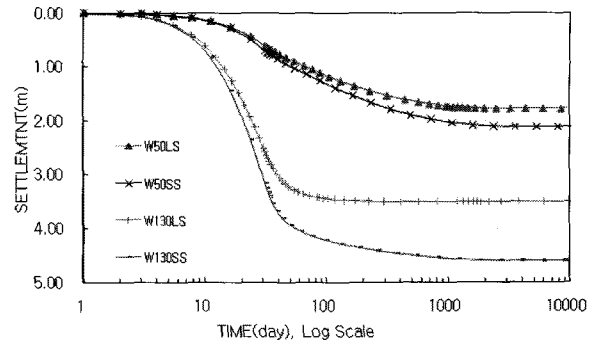


Fig. 5. Comparison - large strain and small strain analysis for case 4.

Table 7과 Fig. 5에서 토층두께 18m, 재하하중 60 kPa, 함수비 50%인 경우 유한변형률과 미소변형률에 의한 침하량은 각각 1.78m, 2.12m로서 침하량의 차이는 0.34m이다. 이는 토층두께 6m인 case 2와 비교하여 2.42배 차이를 나타내어 case 1과 case3의 비교값인 2.25와 유사한 결과를 나타낸다. 함수비 130%인 경우는 각각 3.51m와 4.61m로서 침하량의 차이는 1.1m이다. 이는 함수비 50%의 경우와 비교하여 3.24 배의 차이를 나타낸다.

3.3 점증적 하중 재하시간에 따른 압밀해석

압밀해석 시 순간적인 하중재하로 묘사되는 해석적 방법에 의한 압밀거동과 실제 시공조건을 반영하는 점증적 하중재하가 압밀거동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 변형률 조건별로 하중 재하시간을 달리하며 압밀해석을 수행하였다.

Fig. 6은 하중 재하조건을 나타낸 것으로서, 점증적 하중증가가 t_c 시간까지 이루어지다가 t_c 시간 이후부터 일정한 하중을 유지하는 하중조건을 나타낸다. 상재하중의 총 크기는 50 kPa 이며, t_c 는 1일과, 40일, 100일인 경우로 나누어 수치해석을 수행하였다.

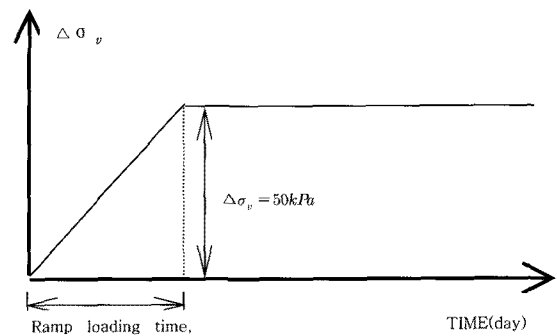


Fig. 6. The condition of incremental loading.

해석지반에 대한 설계정수는 Table 8에 주어졌있는 값을 사용하였으며 지반의 투수계수 값은 Table 2에 나타난 값과 동일하게 적용하였다.

Table 8. Design parameter

Soil	PBD
G=2.667 e ₀ =2.327	E=10 t/m ²
v=0.35 W ₀ =87.25 %	ν=0.3
λ=0.532 κ=0.052	k _w =17.28 m/day

Fig. 7과 Fig. 8은 각 t_c 값에 대한 유한변형률 조건과 미소변형률 조건에서 상단부의 침하거동을 여러 하중재하 조건의 경우와 비교한 것이다. 전반적으로 미소변형률 해석에서의 침하량이 유한변형률 조건에서의 침하량보다 크게 나타나고 있는데 최종침하량을 비교하여보면 미소변형률의 최종침하량은 2.5m를 나타내고 있으며 유한변형률해석에서는 2.06m의 침하량을 보이고 있어 미소변형률해석은 유한변형률해석에 비해 21%정도의 과도한 침하량을 나타내었다. 또한, 하중재하시간 t_c가 증가할수록 순간적인 하중재하 조건에서의 침하량은 과대하게 나타나고 있으며 유한변형률 해석에서 각 재하시간별 압밀도 90%에 도달시간을 살펴보면 순간적인 하중재하 조건의 경우 52일, t_c 값이 40일인 경우 67일, t_c 값이 100일인 경우 106일을 나타내었다. 이는 하중재하시간에 따라 압밀거동이 변하며 최종침하량은 유사할지라도 압밀동안의 거동은 상이한 거동을 나타내고 있음을 보여준다.

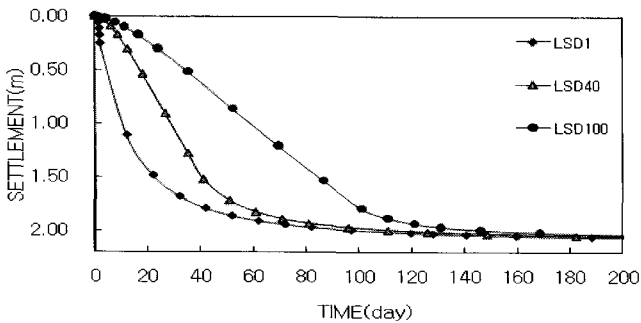


Fig. 7. Settlement - time relationship using large strain analysis.

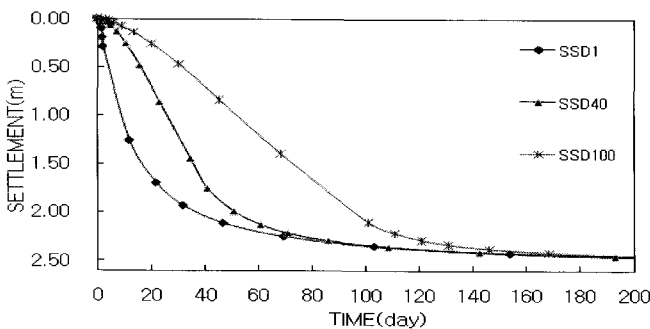


Fig. 8. Settlement - time relationship using small strain analysis.

3.4 교란효과에 따른 압밀해석

연직 배수재를 지반에 타설시 시공과정에서 지반의 교란이 발생한다. 이러한 교란현상은 지반의 압축성과 투수성에 영향을 미치는데, 교란으로 인하여 압축성은 증가하고 투수성은 감소한다. 이러한 교란의 영향은 전체적인 압밀 진행을 지연시키는데 이러한 현상을 스미어 효과(Smear effects)라 하며 교란영역을 스미어 존(Smear zone)이라 한다. 본 절에서는 스미어 효과가 지반의 압밀거동에 미치는 영향을 파악하기 위하여 교란영역을 고려하지 않은 경우와 교란영역을 맨드렐 직경의 2배, 3배일 경우에 대하여 각각 교란영역의 투수계수(k_s)가 비교란 영역의 수평 투수계수값(k_h)의 1/4, 1/8일 경우에 대하여 해석을 수행하였으며 교란영역에서의 투수계수는 등방성으로 가정하였다.

Table 9에서 SM2014는 교란영역이 맨드렐 직경의 2배이며 교란영역의 투수계수는 비교란영역의 수평투수계수값의 1/4임을 가리킨다.

Table 9. Condition of smear zone

Analysis	LS	SM2014	SM2018	SM3014	SM3018
	SS				
Smear Zone		$r_s = 2r_m$	$r_s = 2r_m$	$r_s = 3r_m$	$r_s = 3r_m$
Permeability		$k_s = 1/4k_h$	$k_s = 1/8k_h$	$k_s = 1/4k_h$	$k_s = 1/8k_h$
		$k_h = k_v$			

Table 10에 나타난 바와 같이 하중재하는 2단계로 수행하였으며 처음 2.78개월 동안 37 kPa의 점중하중을 가하고 1개월 동안 방치 후 다시 2.78개월간 45 kPa의 하중을 점중재하 하였다.

Table 10. Increasing load condition

	First stage	Loading	Second stage	Loading
Time (Month)	2.78	1	2.78	1
Load (kN/m ²)	37	-	45	-

Fig. 9와 Fig. 10은 교란영역을 고려하지 않은 경우와 교란영역을 맨드렐 직경의 2배, 3배인 경우와 교란영역의 투수계수가 비교란 영역의 투수계수값의 1/4일, 1/8일 경우에 대하여 유한변형률과 미소변형률에 따른 압밀침하량을 나타내고 있다. Fig. 9와 Fig. 10의 해석 결과를 토대로 변형률별 100일과 200일에서 침하량을 계산하여 Table 11에 나타내었다. 교란영역을 고려하지 않은 경우 두 압밀이론에 의한 침하량의 차이

는 100일 경우 0.29m, 200일 경우 0.38m로서 시간이 지남에 따라 침하량의 차이가 커졌다. 교란영역이 맨드렐 직경의 2배이며, 투수계수가 비교란 영역의 투수계수의 1/4일 경우 두 압밀이론에 의한 침하량의 차이는 100일 경우 0.23m, 200일 경우 0.34m로서 교란영역을 고려하지 않은 경우와 같이 시간이 지남에 따라 침하량의 차이가 커졌다. 교란영역이 맨드렐 직경의 2배이며, 투수계수가 비교란 영역의 투수계수의 1/8일 경우 두 압밀이론에 의한 침하량의 차이는 100일 경우 0.20m, 200일 경우 0.3m이다. 이상의 결과에서 나타난 바와 같이 교란 영역이 커질수록, 또한 교란 영역의 투수계수가 작아질수록 두 압밀이론에 의한 침하량의 차이는 줄어들었다.

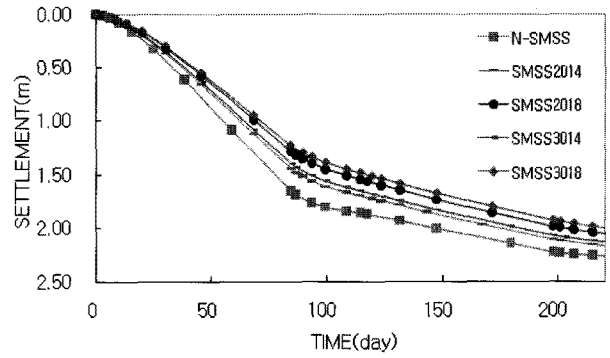


Fig. 10. Settlement - time relationship using small strain analysis.

Table 11. Comparison of Settlement by Analysis Method

		100 days Settlement(m)	Difference (m)	200 days Settlement(m)	Difference (m)
N-SM	LS	1.51	0.29	1.85	0.38
	SS	1.80		2.23	
SM2014	LS	1.38	0.23	1.78	0.34
	SS	1.61		2.12	
SM2018	LS	1.26	0.20	1.70	0.3
	SS	1.46		2.00	
SM3014	LS	1.34	0.22	1.76	0.32
	SS	1.56		2.08	
SM3018	LS	1.21	0.17	1.65	0.28
	SS	1.38		1.93	

4. 결론

본 연구에서는 배수재가 설치된 연약지반에 유한요소법을 이용하여 미소변형률 조건에서의 해석과 유한변형률조건에서의 해석을 각각 수행하여 변형률에 따른 압밀거동을 비교·분석하여 거동의 변화를 파악하고자 하였으며 또한, 지반조건과 하중조건에 따른 압밀해석을 수행함으로써 실제 시공조건에 따른 압밀거동 연구를 수행하고자 하였다. 수치해석 기법에 따른 유한요소해석 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 변형률에 따른 함수비 50%, 130%인 경우에 대하여 각각 압밀거동을 분석한 결과 미소변형률 조건에서의 해석이 유한변형률 조건에서의 해석보다 큰 침하거동을 보였으며 함수비가 작을수록, 재하하중의 크기가 상대적으로 작을 때와 대상지반의 토층이 상대적으로 얇을 때 변형률에 따른 침하거동의 차이는 적었다. 변형률에 따른 압밀거동에서의 차이는 나타나지만 작은 침하를 일으키는 조건에서의 압밀거동 차이는 미미한 것으로 나타났다. 이는 미소변형률 압밀해석의 제한적인 적용성, 토층이 얇고 작은 침하가 예상되는 경우에 대한 해석조건을 잘 반영하는 결과를 나타내었다.

(2) 하중재하기간에 따른 압밀해석에서도 변형률에 따른 압밀거동의 차이는 확인할 수 있었으며 하중재하기간이 짧을수록 빠른 압밀거동을 보였다. 또한, 급속하중에 의한 압밀해석은 상대적으로 매우 빠른 압밀거동을 보였으며 이는 실제 현장의 여건을 반영하여 압밀 거동을 예측할 필요가 있음을 보여준다.

(3) 교란효과를 고려한 해석은 교란효과를 고려하지 않은 해석보다 지연된 압밀거동을 보였으며 교란범위가 크고 교란영역의 투수계수를 작게 설계할수록 압밀거동의 지연현상이 커짐을 확인할 수 있었으며 압밀이 진행될수록 교란효과의 영향은 줄어드는 것을 볼 수 있었는데 이는 지반 전체적으로 압밀이 진행함에 따라 간극비 감소에 따른 교란, 비교란 영역에서 투수계수의 차가 줄어들었기 때문인 것으로 판단된다.

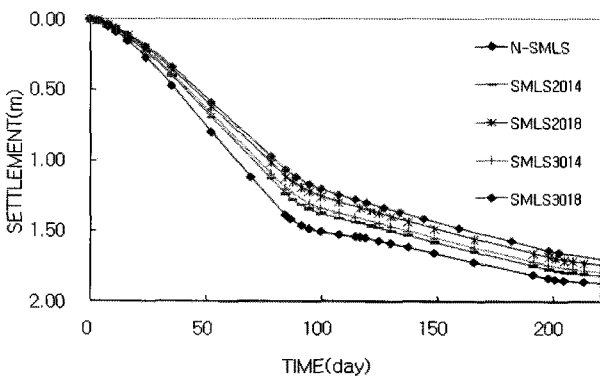


Fig. 9. Settlement - time relationship using large strain analysis.

감사의 글

본 연구는 2009년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.

참 고 문 헌

- [1] 김동훈(1997), Cam-Clay 모델을 이용한 준설점토의 거동 분석, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원, pp. 175-195.
- [2] 김윤태(1997), 배수재가 설치된 연약지반의 압밀해석과 역해석 기법의 적용, 박사학위논문, 한국과학기술원, pp. 205-254.
- [3] 이종호(2000), 준설매립지반의 압밀거동에 관한 수치해석 및 실험적 연구, 박사학위논문, 강원대학교 대학원, pp. 189-210.
- [4] 전제성(2000), 연약지반의 압밀거동 예측을 위한 비선형 압밀해석, 박사학위논문, 서울시립대학교 대학원, pp. 59-92.
- [5] Biot, M. A.(1941), Le Problem de La Consolidation des Matieres Argileuses sous une Charge, Annales de la Societe Scientifique de Bruxelles, Series B, 55, pp. 110-113.
- [6] Cargill, K. W.(1984), Prediction of Consolidation of Very Soft Soil, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 110, No. 6, pp. 775-795.
- [7] Davis, E. H., and G. P. Raymond(1965), A Nonlinear Theory of Consolidation, Geotechnique, Vol. 15, No. 2, pp. 161-173.
- [8] Gibson, R. E., G. L. England and J. L. Hussey(1967), The Theory of One-Dimensional Consolidation of Saturated Clays I, Finite Non-Linear Consolidation of Thin Homogeneous Layers, Geotechnique, Vol. 17, pp. 261-273.
- [9] Gibson, R. E., R. L. Schiffman and K. W. Cargill(1981), The Theory of One-Dimensional Consolidation of Saturated Clays II, Finite Non-Linear Consolidation of Thick Homogeneous Layers, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 18, pp. 280-293.
- [10] Hansbo, S.(1981), Consolidation of Fine-Grained Soils by Prefabricated Drains, Proc. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Vol. 3, pp. 677-682.

원고접수일 : 2011년 04월 04일

원고수정일 : 2011년 05월 18일

게재확정일 : 2011년 06월 23일