

2차압축지수의 이론과 적용사례 연구

A case study on the theoretical and practical applications of the secondary compression index

김성인¹⁾, SungIn Kim, 이재원²⁾, JaeWeon Lee

¹⁾ (주) 태조엔지니어링 전무, Vice President, Geotechnical Engineering Dept. TESO ENG. co., Ltd

²⁾ (주) 태조엔지니어링 지반사업본부 이사, Director, Geotechnical Engineering Dept. TESO ENG. co., Ltd

SYNOPSIS : The residual settlement due to difference between predicted and observed settlement is one of the social problems during reclaiming construction in the soft ground having a deep depth such as Busan and Gwangyang province. Prediction error for the secondary compression settlement makes the construction much harder.

To examine characteristics of the secondary compression settlement, the secondary compression index is the most important factor. In this study, various empirical methods for determining the secondary compression index are evaluated. And errors applied to the design case practically are also explained.

The preloading method is the only way to reduce the secondary compression settlement and reduction ratio of the secondary compression should be investigated correctly. Hence, research results on the reduction ratio of the secondary compression are analyzed in this paper. Moreover, decrement of the secondary compression index due to over consolidation ratio is examined closely by laboratory consolidation test using clay in the Gwangyang area.

Keywords : the secondary compression settlement, the secondary compression index, reduction ratio of the secondary compression index, over consolidation ratio

1. 서 론

최근에 연약층 심도가 깊은 남해안지역에 부산신항 과 광양항건설 및 배후부지조성공사등 많은 매립 공사가 진행중이다. 또한 1990년대 명지, 신호 및 녹산공단에이서 2000년대에는 화전지구, 미음지구와 같은 택지조성공사도 활발하게 이루어지고 있다.

1990년대에 조성된 명지지구, 신호공단 및 녹산공단의 경우 표 1.에서 보는 바와 같이 이론 침하량과 실제침하량의 차이가 크며 실제 침하량과 예측침하량의 차이가 심지어 287%나 되는 경우가 있다.

침하량을 정확하게 예측하지 못하는 원인은 깊은 심도에서의 불교란시료 채취 문제, 토질실험방법의 문제등의 원인뿐 만 아니라 2차압축침하량 문제를 간과한 것도 중요한 원인이다.

표 1. 낙동강 하구에서의 예측침하량과 실제침하량의 비교(Kim, 1999)

부지	연약층 평균두께 (m)	평균성토고 (m)	예측침하량 (P) (cm)	실측침하량 (M) (cm)	M/P (%)	비고
명지	19.5	5.4	106.0	171.1	161	프리로오딩
		6.5	106.0	87.9	83	-
		5.9	116.0	148.2	128	프리로오딩
신호(1)	26.2	3.6	79.7	228.5	287	프리로오딩
신호(2)	38.7	4.8	170.3	210.3	123	프리로오딩
녹산	36.8	5.5	132.8	251.4	189	프리로오딩
양산	26.7	8.0	218.5	389.5	178	프리로오딩

2. 2차압축지수의 특성

2차압축침하가 발생하는 이유는 수평방향으로 지반이 구속되어 있을 경우 1차원압밀로 인하여 간극비의 감소로 구조적인 교란이 발생되어 토립자가 보다 안정적인 구조가 되기위해 점토입자가 점진적으로 재배열되거나, 전단응력의 영향을 받아 두꺼운 점토층에서 점진적으로 수평방향의 변위가 발생하는 것이 원인으로 알려져 있다.

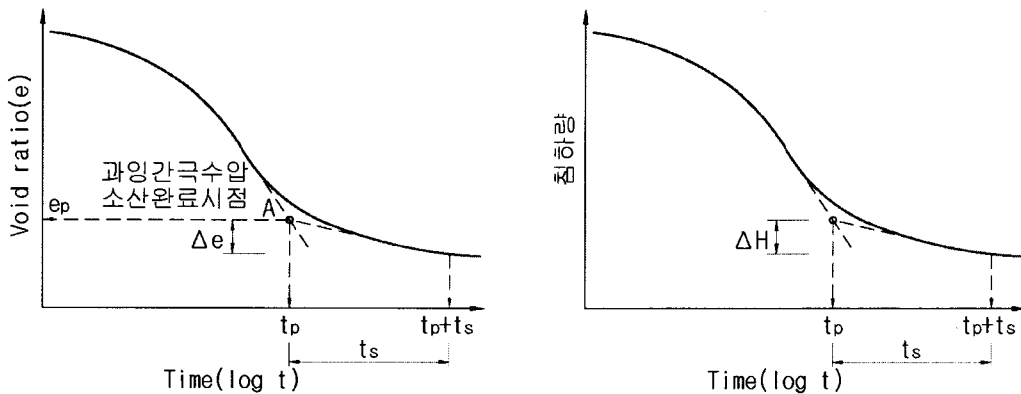


그림 1. 2차압축지수의 정의

Terzaghi 압밀이론에 의하여 과잉간극수압의 소산이 완료되면 1차압밀이 완료되었다고 보나 그 후에도 계속하여 발생하는 침하를 2차압축침하라고 하고 그림 1.에서 A점 이후 곡선의 접선기울기를 2차압축지수(Secondary compression index)라고 한다.

2차압축은 일반적으로 대수시간($\log t$)과 간극비(e) 또는 변형률($\Delta H/H_p$)간에 거의 선형적인 관계를 가지고 있으므로 2차압축침하량을 구하기 위한 2차압축지수는 시간과 간극비 및 변형률의 관계를 이용하여 구할 수가 있다.

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\Delta \log t} \quad (1)$$

$$\epsilon_\alpha = \frac{\Delta H/H_p}{\Delta \log t} \quad (2)$$

여기서 $\frac{\Delta H}{H_p} = \frac{\Delta e}{(1+e_p)}$ 이므로,

$$\epsilon_\alpha = \frac{C_\alpha}{(1 + e_p)} \quad (3)$$

상기에서 구한 2차압축지수를 이용하여 2차압축침하량을 구하는 식(4) 및 식(5)와 같다.

$$S_s = \frac{C_\alpha}{1 + e_p} \times H_p \times \log\left(\frac{t_p + t_s}{t_p}\right) \quad (4)$$

$$S_s = \epsilon_\alpha \times H_p \times \log\left(\frac{t_p + t_s}{t_p}\right) \quad (5)$$

- 여기서, C_α : 간극비에 의한 2차압축지수
- ϵ_α : 변형률에 의한 2차압축지수
- e_p : 1차압밀침하 완료 후 간극비
- H_p : 1차압밀침하 완료 후 연약층 두께
- t_s : 1차 압밀침하 완료 후 2차압축침하 산정기간
- t_p : 1차압밀침하 완료기간

3. 2차압축지수 결정의 경험적 방법

2차압축지수를 결정하기 위한 경험적 방법으로는 함수비에 의한 방법, 소성지수에 의한 방법, 압축지수에 의한 방법으로 나눌 수 있다.

3.1 함수비에 의한 방법

함수비에 의한 방법으로는 그림 2. 및 그림 3.의 도표에 의해 구할 수가 있는데 여기서의 세로축은 일차압밀이 종료된 후 log축 상의 1회 반복시간동안 초기시료의 크기에 대한 시료크기의 감소비 ($\epsilon_\alpha = \frac{\Delta H/H_p}{\Delta \log t}$)를 나타내므로, 식(5)를 사용하여 2차압축침하량을 구하여야 한다.

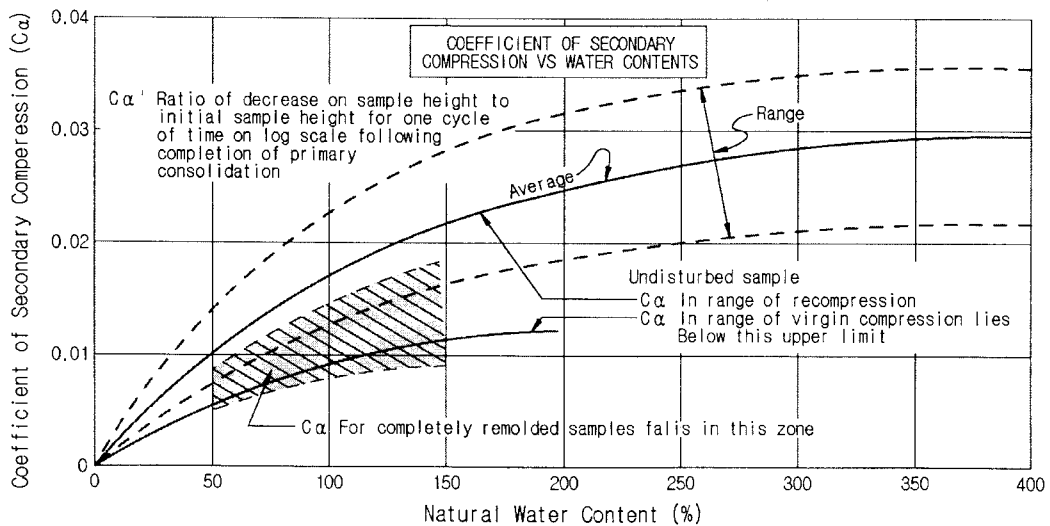


그림 2. 자연함수비와 2차압축지수의 경험적 관계(NAVFAC)

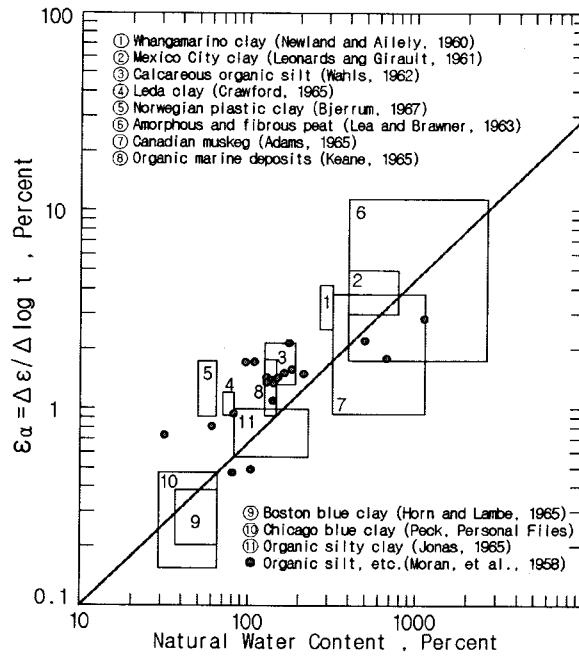


그림 3. 2차압축지수와 자연함수비의 관계(Mesri, 1973)

Mesri의 2차압축지수와 자연함수비의 관계를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\epsilon_{\alpha} = 0.0001(\omega_n) \quad (6)$$

여기서, ω_n : 자연함수비(%)

3.2 소성지수에 의한 방법

Nakase et. al.(1988)은 소성지수(PI)와 2차압축지수의 상관관계를 그림 4. 및 식(7)과 같이 나타내었다. 이 식은 간극비에 의한 2차압축지수이므로 2차압축침하량은 식(4)를 이용하여 구해야 한다.

$$C_{\alpha} = 0.00168 + 0.00033(PI) \quad (7)$$

여기서, PI : 소성지수(%)

$$C_{\alpha} : 2차압축지수\left(\frac{\Delta e}{\Delta \log t}\right)$$

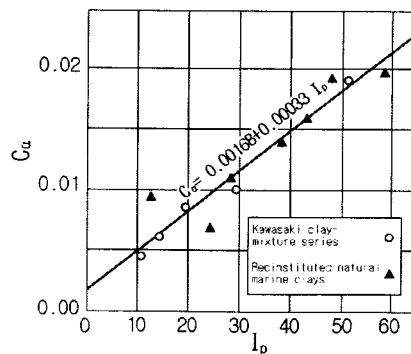


그림 4. 2차압축지수와 소성지수 관계

여기서 제시한 소성지수와 2차압축지수의 상관식은 점토층에 대한 것으로 Peat 및 Organic층에 대해서는 적용하기 곤란하다.

3.3 압축지수에 의한 방법

압축지수(C_c)와 2차압축지수의 상관관계는 현재까지 무수한 연구가 진행되고 있으며, 점토 및 실트의 C_o/C_c 관계에 대해 외국의 기존연구결과를 정리해 보면 표 2와 같다.

표 2. 외국 문헌상의 C_o/C_c 상관관계

토질의 종류	C_o/C_c	참고문헌
Soft blue clay	0.026	Crawford and Sutherland(1971)
Organic clays and silts	0.04~0.06	Ladd(1971)
Sensitive clay, Portland	0.025~0.055	Ladd(1971)
San Francisco Bay mud	0.04~0.06	Su and Prysock(1972)
New Liskeard varved clay	0.03~0.06	Quigley and Ogunbadejo(1972)
Silty clay	0.032	Samson and Garneau(1973)
Nearshore clays and silts	0.055~0.075	Brown and Rashid(1975)
Mexico City clay	0.03~0.035	Mesri et al.(1975)
Leda clay	0.025~0.04	Mesri and Godlewski(1977)
New heaven organic clay silt	0.042~0.075	Mesri and Godlewski(1977)
Berthierville clay	0.045	Mesri and Castro(1987)
Inorganic clays	0.04±0.01	Mesri and Castro(1987)
Organic clays	0.05±0.01	Mesri and Castro(1987)
Japan clay & marine clay	0.032	Nakase et al(1988)
Batiscan clay	0.030	Feng(1991)
St. -Hilaire clay	0.029	Feng(1991)
Vasby clay	0.044~0.055	Feng(1991)
Kumamoto and Isogo clay	0.048	Katagiri(1993)
Sabkha soil	0.037	Al-Shamrani(1997)

전체적으로 C_o/C_c 관계는 0.026~0.075의 범위에 분포하고 있으며, Mesri & Godlewski가 다양한 연약지반에 대한 연구결과로부터 C_o/C_c 가 최대 0.1을 초과하지 않는다고 하였고, Mesri & Castro는 일반적인 비유기질점토와 실트에 대해 $C_o/C_c = 0.04$ 를 제안하여 국내에서 가장 많이 인용되고 있다.

국내에서 연구한 자료를 조사한 결과 그림 5.에서 보는 바와 같이 국내점토의 경우 $C_o/C_c = 0.023 \sim 0.0397$ 로 Mesri등이 제안한 $C_o = 0.04C_c$ 보다는 작은 것으로 나타났다.

2차압축지수를 추정하는 방법중에서는 압축지수를 이용하는 방법이 가장 신뢰성이 높는데 국내에서 연구된 C_o/C_c 값이 해외에서 발표된 것보다 작게 나타나고 있으므로 많은 시험 및 결과분석을 통해 국내에 적용 가능한 신뢰성 있는 C_o/C_c 상관식이 필요하다.

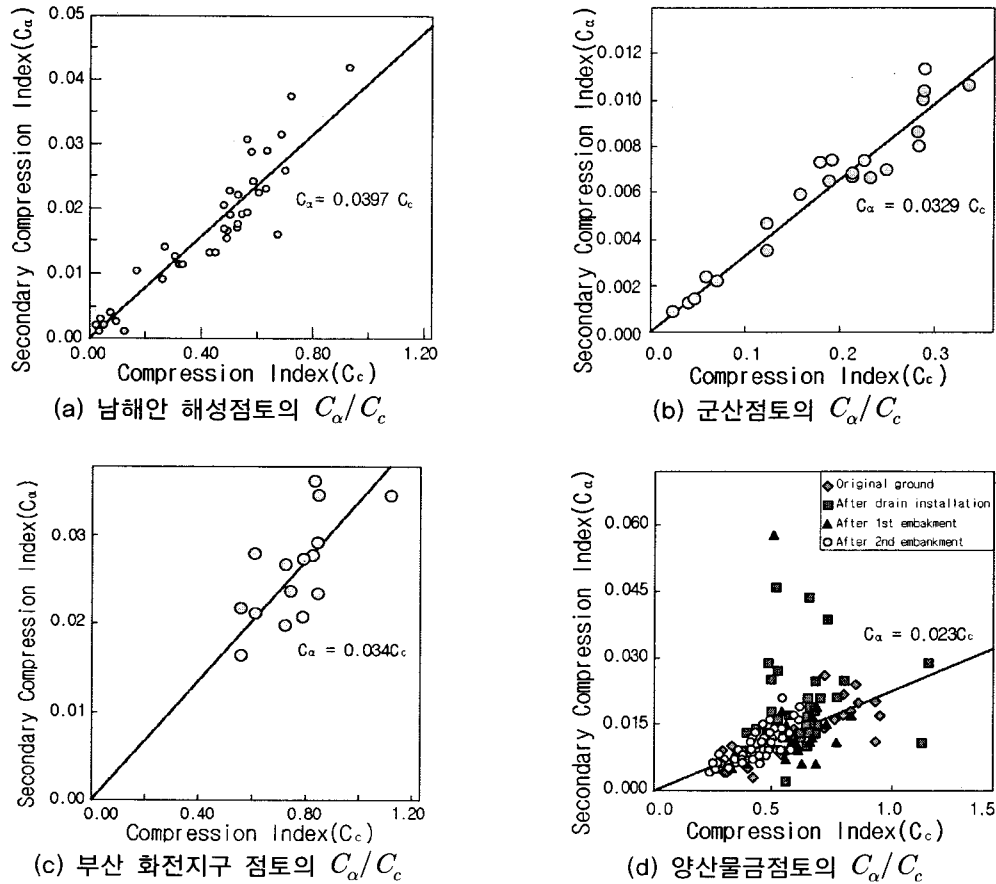


그림 5. 우리나라 지역의 C_α/C_c 상관관계

4. 설계적용 사례분석

4.1 시험실에서의 2차압축지수 결정

일반적으로 2차압축지수를 산정하는 방법은 앞에서 언급된 바와 같이 간극비를 이용하는 방법과 변형률을 이용하는 방법이 사용되는데 이 두가지 방법에서 구한 지수에 따라 2차 압축침하량의 계산식이 다르게 적용된다. 그러나, 일선 시험실에서 2차압축지수를 산정하는 방법을 확인한 결과 표 3.에서 보는 바와 같이 간극비와 변형률로 구분하여 2차압축지수를 구하는데 1개사에서만 간극비에 의한 방법과 변형률에 의한 방법을 구분하여 2차압축지수를 표현하였고, 나머지 4개사에서는 2차압축지수를 구하는 방법에 대한 언급이 없이 2차압축지수를 표현하였다.

이러한 시험결과를 가지고 실제 설계에 적용시 설계자에 따라 상이한 산정식을 적용하게 되어 과소 또는 과도한 2차압축침하량을 계산하게 된다.

표 3. 실제 시험실에서 2차압축지수 결정 방법

구분	간극비(Δe)에 의한 방법	변형률($\Delta H/H$)에 의한 방법
A시험실		●
B시험실	●	●
C시험실	●	
D시험실		●
E시험실	●	

4.2 설계시의 오류

일반적으로 2차압축침하량은 식(4)와 식(5)로 구하게 되는데, 실제 설계에서 2차압축침하량 산출시 사용되어지는 식들을 살펴보면 표 4.와 같다.

표 4. 기존 설계적용 2차압축침하 계산식 및 문제점

Case	설계 적용 계산식	문제점	예상오차
1	$S_s = \frac{C_\alpha}{1+e_p} \times H_p \times \log\left(\frac{t_s}{t_p}\right)$	• 침하기간 적용 오류	1~4%
2	$S_s = \epsilon_\alpha \times H_o \times \log\left(\frac{t_p+t_s}{t_p}\right)$	• 연약층 두께 적용 오류	5~10%
3	$S_s = C_\alpha \times H_p \times \log\left(\frac{t_p+t_s}{t_p}\right)$	• ϵ_α 를 C_α 으로 적용	200~300%
4	$S_s = \frac{\epsilon_\alpha}{1+e_p} \times H_p \times \log\left(\frac{t_p+t_s}{t_p}\right)$	• C_α 를 ϵ_α 으로 적용	200~300%

표에서 보는 바와 같이 잘못 적용된 계산식을 사용하게 되면 2차압축침하량에 오차가 발생하게 되는데 Case-1의 경우 1차압밀기간을 2년, 2차침하기간을 20~50년으로 볼 때 2차압축침하량은 약 1~4% 정도의 오차가 발생되고, Case-2의 경우 1차압밀침하량이 연약층두께의 5~10%일 경우 2차압축침하량도 5~10%의 오차가 발생된다.

Case-3, 4는 오차가 가장 크게 발생하는 부분으로 C_α 와 ϵ_α 을 혼동하여 적용할 경우 e_p 를 1~2정도로 볼 때, 2차압축침하량은 200~300%까지 과소평가되거나 과대평가된다.

따라서, 2차압축침하량을 산출하는 계산식이나 물성치 적용시 2차압축침하 과정을 정확하게 이해하고 설계하는 것이 상부 구조물의 안정성 확보에 매우 중요하다.

표 5. 기존 설계적용 2차압축침하 계산식 및 문제점

Case	적용 사례
1	<ul style="list-style-type: none"> • 인천청라지구 경제자유구역 개발사업 (1공구) 대안설계 A사 • 인천청라지구 경제자유구역 개발사업 (3공구) 대안설계 A사 • 경제자유구역 화전지구 개발사업 (3공구) 대안설계 A사 • 송도해안도로 확장공사 기본설계 A사
2	<ul style="list-style-type: none"> • 인천청라지구 경제자유구역 개발사업 (2공구) 대안설계 A사 • 경제자유구역 화전지구 개발사업 (2공구) 대안설계 A사 • 경제자유구역 화전지구 개발사업 (3공구) 대안설계 A사
3,4	<ul style="list-style-type: none"> • 인천청라지구 경제자유구역 개발사업 (2공구) 대안설계 A사 • 경제자유구역 화전지구 개발사업 (3공구) 대안설계 A사

5. Surcharge공법에 의한 2차압축지수 감소

5.1 Surcharge공법에 의한 2차압축지수 감소 이론

Surcharge크기에 따른 2차압밀침하를 실측에 따라 분석할 수 있는 방법이 그림 6.과 같다.

Surcharge 제하 후에 t_{pr} 에 도달하는 1차팽창과 2차압밀이 발생하는 t_l 까지 지반은 팽창하게 되며, t_l

이후에 2차압축은 Surcharge가 제거된 후의 t_i 을 시점으로 측정되어진다.

Surcharge 제거 후 2차압축지수 C'_α 는 t_i 이후 초기에는 작으나 점차 증가하는 양상을 보인다.

C'_α 는 시간에 따라 일정하지 않기 때문에 C''_α 방법이 도입되었다. C''_α 는 t_i 에서 일정시간 t 에 대한 기울기로 표현되고 Surcharge제거 후 2차압밀침하량은 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_s = \frac{C'_\alpha}{1+e_o} \times H_o \times \log\left(\frac{t}{t_i}\right) \quad (8)$$

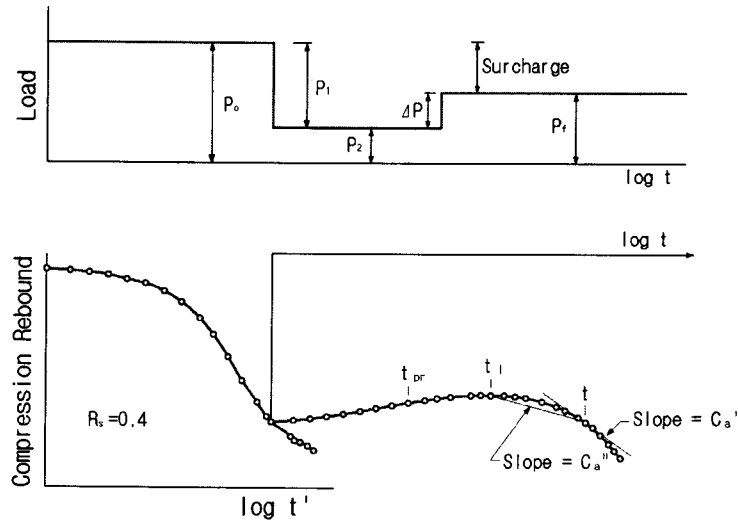


그림 6. Surcharge 제하-재하에 의한 침하양상

5.2 과압밀비에 의한 2차압축지수 감소

정성교(1997)는 부산지역 점토를 대상으로 과압밀비(OCR)가 증가함에 따라 2차압축지수 감소경향을 시험한 결과 그림 7.과 같이 대수선형적으로 감소하는 경향을 보여주고 있다.

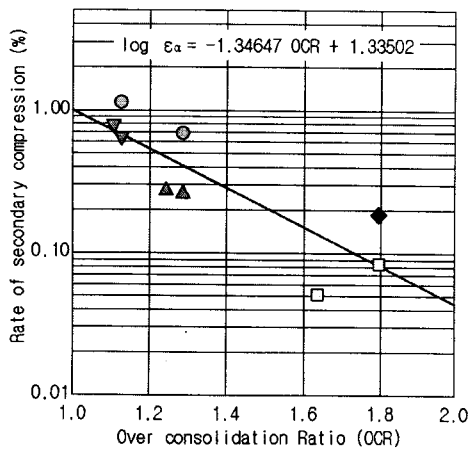


그림 7. 부산지역 점토의 OCR-2차압축율 (정성교외, 1997)

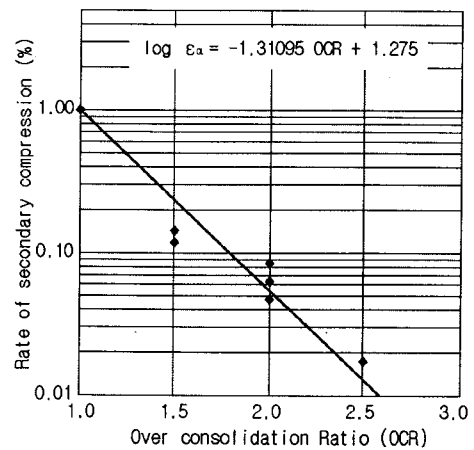


그림 8. 광양지역 점토의 OCR-2차압축율

과압밀비(OCR)에 따른 2차압축지수의 감소경향을 확인하기 위하여 본 연구에 사용된 시료는 광양항 서측배후단지의 점토층을 대상으로 수행하였으며 시험시료의 물리적 및 역학적 특성을 요약하면 표 6.과 같다.

표 6. 시험시료의 물리적 및 역학적 특성

Sample No.	시추위치 (m)	건조단위중량 (t/m ³)	자연함수비 (%)	액성한계 (%)	소성지수 (%)	USCS	일축압축강도 (kg/cm ²)
DB-20	4.0~4.8	0.761	93.3	81.7	46.1	CH	0.015
DB-20	8.0~8.8	0.921	58.8	65.6	44.4	CH	-
DB-30	7.0~7.8	0.842	83.1	70.5	43.6	CH	0.048

과압밀비(OCR)에 따른 2차압축지수 감소경향을 확인하기 위하여 표준압밀시험기에 의한 표 7.과 같은 하중재하방법으로 최종하중을 1.6kg/cm²으로 고정시켜두고 과압밀비에 상응하는 하중을 선행재하하였고, 단계별 하중재하시간은 24시간으로 시험을 수행하였다.

표 7. 하중재하방법

Sample No.	시추위치 (m)	시험번호	하중재하단계 (kg/cm ²)	OCR
DB-20	4.0~4.8	1	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	1.0
		2	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 3.2 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	2.0
DB-20	8.0~8.8	3	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	1.0
		4	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 2.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	1.5
		5	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 3.2 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	2.0
DB-30	7.0~7.8	6	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	1.0
		7	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 2.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	1.5
		8	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 3.2 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	2.0
		9	0.1 ⇨ 0.2 ⇨ 0.4 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6 ⇨ 3.8 ⇨ 0.8 ⇨ 1.6	2.5

이러한 시험방법에 따라 과압밀비에 따른 2차압축지수 감소경향 관계를 나타내면 그림 8.과 같다. 그림 8.에 나타난 과압밀비(OCR)와 2차압축지수 감소경향을 상관관계식으로 나타내면 식(9)와 같다.

$$\log \epsilon_{\alpha} = -1.31095 \text{ OCR} + 1.275 \quad (9)$$

이러한 2차압축지수 감소경향의 결과를 이용하여 계획하중이상으로 선행하중을 재하하여 과압밀시킴으로써 2차압축침하량을 감소시켜 잔류침하량 축소에 의한 구조물의 안정성을 확보해 줄 수 있다.

그러나 이러한 Surcharge공법은 연약층 두께가 적은 지역에서는 소규모의 추가재하성토로 2차압축침하를 감소시켜 허용침하량 기준을 맞출 수 있으나, 남해안과 같이 연약층 심도가 30m 이상되는 경우 2차 압축침하량은 30년을 기준으로 할 경우 40cm이상이 발생되는데 이러한 경우에는 추가재하성토높이가 매우 높아져서 일부분 2차압축침하량을 감소시켜줄 수는 있으나 2차압축침하량을 고려하여 잔류침하량을 일반적인 허용침하량 기준에 맞추기에는 무리가 따르므로, 이러한 특성을 고려한 허용침하량 상향조정 및 그에 따른 구조물 안정대책공법등에 대한 연구가 필요하다.

6. 결 론

- 1) 2차압축지수 선정의 경험적 방법으로는 함수비에 의한 방법, 소성지수에 의한 방법, 압축지수에 의한 방법이 있는데 함수비에 의한 방법에서 산정한 2차압축지수(C_{α})는 변형을 2차압축지수(ϵ_{α})로서 2차압축침하량 산정계산식 적용시 주의가 요망된다.
- 2) 국내 점토층의 C_{α}/C_c 값은 0.023~0.0397정도로 Mesri등이 제안한 $C_{\alpha}/C_c=0.04\pm 0.01$ 범위에는 있으나 대체적으로 적은 값을 나타내므로 국내에 적용 가능한 C_{α}/C_c 값의 연구가 필요하다.
- 3) 2차압축침하량 산정시 발생하는 오류로는 시험결과 분석시 2차압축지수 산정방법 차이, 2차압축침하량 산정시 적용되는 정수 및 적용식의 오류등으로 최종 2차 압축침하량이 적게는 1%에서 많게는

수백%까지 차이가 발생된다. 따라서, 2차압축지수 선정 및 2차압축침하량 계산시 2차압축침하과정을 정확하게 이해하고 설계에 적용하여야 한다.

- 4) 2차압축침하 감소공법으로 Surcharge공법 적용에 의해 잔류침하량을 허용침하량 이내로 만족시키는 것이 가능하나, 연약층 심도가 매우 깊을 경우에는 일반적인 허용침하량 이내로 맞추기가 어려우므로 허용침하량의 상향조정 및 그에 따른 구조물 안정대책공법등에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김규선, 임형덕, 이우진(1999). “실내압밀시험에 의한 남해안 해성점토의 C_a/C_c ”, 한국지반공학회논문집, 제15권, 제6호, pp. 87~98
2. 김형주, 이민선, 이용주, 이대우(2004). “CRS시험에 의한 2차압밀계수의 결정방법 제안”, 한국지반공학회논문집, 제20권, 제8호, pp. 1~9
3. 성상규, 이석진(2000). “연약지반에서 과잉간극수압 소산 이후에 발생하는 압밀(2차압밀)에 대한 고찰”, 롯데건설기술보, pp. 3~19
4. 이남기, 조기영, 유갑용, 정성교(1997). “선행하중의 제거-재압축에 따른 점성토의 거동”, '97 봄학술 발표회논문집, 한국지반공학회, pp. 97~110
5. 주종진, 임형덕, 이우진, 김대규, 김낙경, 김형주(2002). “군산점토의 2차압밀감소를 위한 Surcharging 평가”, 한국지반공학회논문집, 제18권, 제4호, pp. 127~135
6. 한영철(2003). “연약점성토의 2차압밀 특성에 관한 연구”, 대우엔지니어링기술보, 제19권, 제1호, pp. 3~13
7. Al-Shamrani, M. A.(1997). “Application of the C_a/C_c concept to Secondary Compression of Sabkha Soils”, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 35, No. 1, pp. 15~26
8. Crawford C. B. and Sutherland, J. G.(1971). “The Empress Hotel, Victoria, British Columbia. Sixty-five years of Foundation Settlements”, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 8, No. 1, pp. 77~93
9. Department of the Navy Naval Facilities Engineering Command(1986). "Soil mechanics Design manual", NAVFAC DM-7.1, pp. 7.1-143~7.1-144
10. Feng, T. W.(1991). “Compressibility and Permeability of Natural Soft Clays and Surcharging to Reduce Settlements”, Ph. D. Thesis Dept. of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana- Champaign
11. Kim, S.K. (1999), "Large consolidation settlement occurred during reclamation works in the Nakdong river mouth", Proceeding of '99 Dredging and Geoenvironmental Conference, Seoul, Korea, pp. 35-48
12. Ladd, C. C.(1971). “Settlement Analysis for Cohesive Soils”, Research Report R71-2. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.
13. Mesri, G.(1973). “Coefficient of secondary Compression”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 99, No. SM1, pp. 123~137
14. Mesri, G. and Godlewski, P. M.(1977). “Time and Stress-Compressibility Interrelationship”, Journal of the Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 103, No. GT5, pp. 417~430
15. Mesri, G. and Castro, A.(1987). “ C_a/C_c Concept and K_o During Secondary Compression”, Journal of the Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 113, No. GT3, pp. 230~247
16. Mesri, G., Rokhsar, A. and Bohor, B. F.(1975). “Composition and Compressibility of Typical Samples of Mexico City Clay”, Geotechnique, London, England, Vol. 25, No. 3, pp 527~554
17. Nakase, A., Kamei, T. and Kusakabe, O.(1988). “Constitutive Parameters Estimated by Plasticity Index”, Journal of the Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 7, pp. 844~858