점토지반의 기본물성과 압밀특성의 평가

Estimation of Basic Properties and Consolidation Characteristics of Clay

이승현* · 윤찬영**

Lee, Seung Hyun · Yune, Chan-Young

Abstract

Estimation of basic soil properties and consolidation characteristics obtained from laboratory tests for clay samples was conducted. Comparing the measured unit weight of clay and initial void ratio with those computed by phase relationship, there was little difference in unit weight whereas there was large difference in initial void ratio. Comparing compression index obtained from consolidation test with that predicted by equations, it could be seen that Azzouz method showed high reliability and Nagaraj method gave conservative results. There were large differences in the degree of consolidation between the justified degree of consolidation based on natural water content and Atterberg limits and that obtained from the consolidation tests. It is thought that predicted preconsolidation pressure by US NAVY prediction equation is available in order to minimize the gap.

Key words : Estimation, Basic soil properties, Consolidation characteristics, Clay sample

요 지

점토지반에서 채취한 시료에 대한 실내시험으로부터 얻은 기본물성과 압밀특성자료를 비교분석해 보았다. 측정을 통해 구한 단위중량과 압밀시험을 통해 얻은 원지반 간극비를 흙의 상관계수에 의한 값과 비교해 보았는데 단위중량에 있어서 큰 차이는 없었으나 원지반 간극비에 있어 큰 차이가 있었다. 압밀시험에 의한 압축지수와 다양한 예측식에 의한 압축지수를 비교해 보았는데 Azzouz 방법의 신뢰성이 높았으며 Nagaraj 방법이 보수적인 값을 주었다. 함수비와 아터버그한계에 근거한 압밀정도의 평가결과와 압밀시험을 통해 얻은 평가결과 사이에 있어 큰 차이가 있었는데 그 차이를 해소할 방안으로 US NAVY 방법으로 추정된 선행압밀압력을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 평가, 기본물성, 압밀특성, 점토지반

1. 서 론

점토지반에 구조물 설치시 설계에 있어 무엇보다 중요한 부분은 대상지반의 공학적 특성을 반영하는 지반의 기본물성과 압밀특성 및 강도특성을 얼마나 신뢰성 있게 결정하는가 하는 점이다. 기본설계 또는 실시설계 단계에서 점토지반의 공학적 특성을 정량화하기 위해 많은 시험을 하게 되는데 시험자의 숙련도, 채취시료의 이동과 보관과정에서의 물성변화, 시험시의 오차 등에 의해 원지반 특성에 대한 산정결과가 변하게 된다. 이러한 오차의 원인들을 고려하지 않고 시험결과를 맹목적으로 설계에 적용할 경우, 많은 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 연약지반의 존재로 인해 사면파괴가 발생한 지역에 대한 현장 원위치 시험과 실내시험결과를 분석하여 점토지반의 공학적 특성에 대한 신뢰성을 살펴보고자 하였다. 특히, 채취시료에 대한 기본물성과 압밀특성에 대해

여 실내시험을 통해 얻은 자료의 신뢰성을 검토하고자 하였다.

2. 대상지반 및 시험 개요

지반조사 대상지역은 경기도 소재 성토현장으로 성토중 성토체 하부 연약지반의 존재로 인해 사면파괴가 발생하였다. 이에 성토사면의 파괴원인규명과 그에 따른 대책을 수립하기 위한 자료를 얻기 위하여 지반조사를 실시하였으며, 그 내용을 그림 1과 같이 도시하였다.

그림 1에는 성토사면과 인근의 상황이 개략적으로 나타나 있다. 사면파괴 발생영역은 약 150 m에 이르는 구간으로 파괴 발생영역을 중심으로 보링과 샘플링(Boring and Sampling), 콘관입시험(CPT) 그리고 현장배인시험(FVT)을 실시하였다. 그림 1에 나타나 있는 바와 같이 보링과 샘플링은 6개소에

*정회원 · 선문대학교 토목공학과 교수 (E-mail : shlee02@sunmoon.ac.kr)

**정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 조교수(교신저자)

그림 1. 지반조사

대하여 실시하였는데 일련번호의 순서가 일정하지 않고 다른 이유는 사면파괴가 발생한 지역과 상당히 떨어져 있는 곳에서도 확인을 위하여 보링을 실시하였기 때문이다. 콘관입시험

은 8개소에 대하여 실시하였으며 현장배인시험은 4개소에 대하여 실시하였다. 보링시 샘플링을 통해 얻은 시료는 실내시험을 통해 흙의 기본물성을 구했고 KS F 2316의 방법에 따라서 압밀시험을 실시하였는데 보링공별 흙의 기본물성은 표 1에 나타나 있다. 보링공번호 BH1, BH2 그리고 BH6은 하천인근 위치이고 BH3은 사면상단위치 그리고 BH7, BH8은 하천 반대쪽 위치에서 수행된 것이다. 이상에서 나타난 현장시험과 실내시험결과로부터 대책공법 적용에 필요한 적절한 설계정수 결정을 위해 시험결과를 상호비교·분석 하였다.

3. 현장시험 및 실내시험결과

표 1에는 얇은 튜브(thin tube)을 이용하여 현장에서 채취한 불교란 시료를 통해 구한 기본 물성값들이 나타나 있는데 단위중량은 불교란시료 압출시 시료의 무게와 부피를 측정하여 구하였다. 표 1에 나타나 있는 바와 같이 성토체 하부지반은 CH 또는 CL로 분류되는 두께 5 m 내외의 점토지반으로 구성되어 있다. 표 1에서 음영으로 나타낸 부분의 단위중

표 1. 점토지반의 기본물성

BH1 (Thickness of soft layer = 5 m)								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	51	63	27	36	16.97	2.74	CH	LOC
3	52	64	28	36	17.17	2.74	CH	LOC
4.5	23	34	19	15	17.36 (20.19)	2.72	CL	HOC
BH2 (Thickness of soft layer = 5.9 m)								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	56	52	20	32	16.68	2.71	CH	NC
3	56	55	24	31	16.87	2.7	CH	NC
4.5	28	37	19	18	18.05	2.68	CL	OC
6	25	42	19	23	17.66	2.69	CL	HOC
BH6 (Thickness of soft layer = 5.5 m)								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	49	58	18	40	17.27	2.7	CH	NC
3	47	63	26	37	16.78	2.72	CH	OC
BH3								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	36	46	24	22	18.05	2.71	CL	Consolidated
3	20	47	19	28	18.34	2.73	CL	HOC
BH7								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	52	54	26	28	17.85	2.75	CH	NC
BH8 (Thickness of soft layer = 3.9 m)								
depth (m)	w_n (%)	w_l (%)	w_p (%)	I_p (%)	γ (kN/m ³)	G_s	Soil Classification	Degree of consolidation
1.5	33	39	18	21	17.56	2.75	CL	NC

량 17.36 kN/m^3 는 측정값이 없기 때문에 가정한 값인데 괄호안의 값은 압밀시험결과와 기본물성시험결과를 상호비교하여 결정된 것으로 그 내용은 이후에 나타내었다. 표 1에 나타나 있는 자연함수비와 아터버그한계시험 결과로부터 연약지반의 압밀정도를 정성적으로 추정할 수 있다. 자연함수비가 액성한계에 가까우면 정규압밀(normally consolidated, NC), 소성한계에 가까우면 중과압밀(heavily overconsolidated, HOC) 그리고 액성한계와 소성한계의 중간정도이면 과압밀(overconsolidated, OC)로 분류할 수 있는데(Bowles, 1988) 분류결과 또한 표 1에 나타나 있다. 표 1에서 자연함수비가 액성한계에 상당히 가까우면 경과압밀(lightly overconsolidated, LOC)로 나타내었다. 전체적으로 볼 때 깊이 3 m까지는 정규압밀 또는 약간 과압밀 상태이고 3 m 이상의 깊이에 대해서는 중간정도 또는 상당히 과압밀된 분포를 보이는 것으로 추정된다. 표 1로부터 비중은 대체로 2.7을 약간 상회하는 정도로 무기질 점토입자의 비중범위인 2.68~2.75 범위내에 든다. 표 1에 나타난 흙의 특성에 대한 신뢰도를 좀 더 살펴보기 위해 표 2에 나타난 압밀시험결과와 비교하여 보았다. 표 2에서 p_0' 은 원지반 유효연직응력을 의미하고 p_c' 은 선행압밀압력을 의미한다. 표 2에 나타나 있는 과압밀비(OCR)값을 통해 볼 때 전체적으로 점토지반은 중과압밀(heavily overconsolidated)된 지반으로 볼 수 있다. 과압밀비와 표 1에 나타난 압밀정도 추정내용을 비교해 볼 때 압밀정도 평가에 있어 상당한 차이가 난다. 표 2에 나타나 있는 바와 같이 압밀시험을 실시한 보링공을 참조하여 표 1의 자료를 이용하여 원지반 간극비를 계산하고 압밀시험을 통해 구한 간극비와 비교하여 보았는데 그림 2(a)에 나타내었다. 원지반 간극비 계산은 $e_0 = w_n G_s$ 관계식을 이용하였다. 또한 표 1의 자료를 이용하여 지반의 단위중량을 계산하고 보링을 통해 구한 단

표 2. 압밀시험 결과

BH1						
Depth (m)	e_0	C_c	C_r	p_0' (kPa)	p_c' (kPa)	OCR
1.5	1.36	0.469	0.046	14.72	122.63	8.3
3.0	1.48	0.598	0.073	25.76	196.2	7.6
4.5	0.63	0.129	0.026	37.09 (41.33)	264.87	7.1
BH2						
Depth (m)	e_0	C_c	C_r	p_0' (kPa)	p_c' (kPa)	OCR
1.5	1.52	0.572	0.088	12.75	196.2	15.4
3.0	1.26	0.487	0.08	23.34	206.01	8.8
4.5	0.54	0.143	0.021	35.7	206.01	5.8
BH6						
Depth (m)	e_0	C_c	C_r	p_0' (kPa)	p_c' (kPa)	OCR
3.0	1.5	0.532	0.076	25.51	255.06	10
BH8						
Depth (m)	e_0	C_c	C_r	p_0' (kPa)	p_c' (kPa)	OCR
1.5	1.24	0.372	0.053	16.68	186.39	11.2

그림 2. e_0 와 γ 의 비교

위중량과 비교하여 그림 2(b)에 나타내었다. 단위중량 계산은 $\gamma = (G_s + w_n G_s) \gamma_w / (1 + w_n G_s)$ 관계식을 이용하였다.

그림 2(a)를 통해 볼 때 원지반 간극비에 있어서는 시험값에 대한 계산값의 비가 0.73~1.39로 차이가 많이 나는데 BH1에 대한 결과만 시험값과 계산값에 차이가 가장 작음을 알 수 있다. 그림 2(b)를 통해 볼 때 단위중량에 있어서는 시험값과 계산값 사이에 최대 7%의 오차만 있음을 알 수 있어 단위중량의 신뢰도는 높은 것으로 판단된다. 표 1에서 음영으로 표시된 단위중량은 앞서 언급한 바와 같이 가정한 값인데 해당위치에서의 흙의 압밀정도가 심한 점과 원지반 간극비에 있어서 시험값과 계산값 사이의 오차가 상당히 작은 점을 고려해 볼 때 표 1에 나타난 단순한 가정값 보다는 계산을 통해 구한 20.19 kN/m^3 로 평가하는 것이 더 타당한 것으로 보인다. 그림 2(a)와 관련하여 계산을 통해 구한 원지반 간극비는 흙의 물성 사이의 상관관계를 이용하여 계산한 것으로 압밀시험을 통해 구한 원지반 간극비보다 신뢰도가 떨어진다고 볼 수 없으므로 설계에 적용할 값의 선택시에 압밀시험을 통해 구한 값과 흙의 상관관계를 통해 구한 값의 평균값을 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 점토의 압밀특성 추정에 대한 기존 경험식의 적용성 평가

점토의 압축지수(C_c)는 원지반 간극비, e_0 와 흙의 구조 그리고 점토광물의 함유량에 의존한다. 이러한 특성들은 다시

w_b , I_p 그리고 세립분 함유량 등과 관련이 있으므로 많은 연구자들에 의해 다양한 압축지수 예측식이 제안된 바 있다. 압축지수의 예측시 적용한 예측식은 식 (1)~(6)과 같다.

$$C_c = 0.009(w_l - 10) \quad (1)$$

$$C_c = 0.37(e_0 + 0.003w_l + 0.0004w_n - 0.34) \quad (2)$$

$$C_c = 0.5 \left(\frac{1 + e_0}{G_s} \right)^{2.4} \quad (3)$$

$$C_c = -0.0997 + 0.0009w_l + 0.0014I_p + 0.0036w_n + 0.1165e_0 + 0.0025C_p \quad (4)$$

$$C_c = 0.2343e_0 \quad (5)$$

$$C_c = 0.009w_n + 0.005w_l \quad (6)$$

식 (1)에서부터 식 (6)까지의 예측식의 제안자는 순서대로 Terzaghi and Peck (1967), Azzouz et al. (1976), Rendon-Herrero (1980), Koppula (1981), Nagaraj and Murthy (1985, 1986) 그리고 Koppula (1986) 이다. 시험결과분석에 적용한 재압축지수의 예측식은 식 (7)과 같다.

$$C_r = 0.0463w_l G_s = 0.0463e_0 \quad (7)$$

식 (7)은 Nagaraj and Murthy (1985)가 제안한 식이다. 식 (4)와 식 (6)은 동일한 제안자에 의한 식임을 알 수 있는데 편의상 식 (4)의 제안자를 Koppula 1(1981)으로 나타냈으며 식 (6)의 제안자를 Koppula 2로 나타낸다. Koppula 1의 제안식에서 C_p 는 세립분의 통과중량백분율을 의미한다. 식 (1)~(6)에서 원지반 간극비(e_0)는 $w_n G_s$ 을 이용하여 계산하도록 되어 있다. w_b , w_p , w_n , I_p 적용시에는 식 (7)을 제외하고 백분율(%)값을 써야 한다. 표 2에 나타나 있는 압축지수를 예측식에 의한 계산값과 비교해 보았는데 그 결과는 그림 3에서와 같다. 그림 3에서 그래프 안의 숫자는 시험을 통해 구한 압축지수, $C_{c(test)}$ 에 대한 계산식에 의한 압축지수, $C_{c(computed)}$ 의 비를 의미한다. 또한 Koppula 1의 방법 적용시 세립분의 함유율은 90%로 가정하였다.

그림 3 (a)를 통해 알 수 있듯이 보링공 BH1에 있어서 시험을 통해 구한 압축지수에 대하여 계산을 통해 구한 압축지수의 비는 0.56~2.92로서 제안자에 따라 큰 차이를 보인다. 특히 4.5 m 깊이에 대하여 Koppula 1, 2 방법에 의해 예측된 값이 다른 방법에 의한 예측값과 큰 차이를 보임을 알 수 있다. BH1에 대한 결과를 통해 볼 때 Azzouz 방법(0.8, 1.0, 1.14), Rendon 방법(0.62, 0.77, 1.13) 그리고 Nagaraj 방법(0.56, 0.7, 1.14) 순으로 계산값이 시험값에 가까움을 알 수 있다.

그림 3(b)에 나타나 있는 결과 또한 그림 3(a)에 나타나 있는 결과와 거의 유사한 분포형태를 보임을 알 수 있다. BH2에 대한 결과로부터 BH1에 의한 결과와 마찬가지로 4.5 m 깊이에 대하여 Koppula 1, 2 방법에 의해 예측한 값이 시험값과 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 4.5 m 깊이에

그림 3. 압축지수의 비교

대한 BH1과 BH2의 Koppula 1, 2에 의한 계산결과가 시험값에 비해 거의 유사한 정도로 크게 계산되었다는 사실로부터 시험값의 신뢰성을 과소평가할 수는 없을 것으로 생각된다. BH2에 대한 결과 역시 Azzouz 방법(0.88, 1.03, 1.38), Rendon 방법(0.73, 0.86, 1.26) 그리고 Nagaraj 방법(0.62, 0.73, 1.23) 순으로 계산값이 시험값에 가까움을 알 수 있다. 그림 3(c)에 나타난 BH6의 3 m 깊이에 대한 결과에 따르면 시험값에 대한 계산값의 비는 0.56~1.39로서 동일한 깊이에 대한 BH1, 2의 계산결과와 유사한 범위의 값을 보인다. BH8의 1.5 m 깊이에 대한 결과에 따르면 시험값에 대한 계

그림 4. 재압축지수의 비교

산값의 비는 0.11~1.32로서 Terzaghi 방법에 의한 계산값이 시험값에 비해 큰 차이를 보인다. 그림 3에 나타난 결과를 종합적으로 고려해 볼 때 Azzouz 방법에 의한 계산값이 시험값에 가장 가까움(0.69~1.38)을 알 수 있고 다음으로 Rendon 방법(0.56~1.26) 그리고 Nagaraj 방법(0.56~1.23) 순으로 계산값의 신뢰성이 높다고 볼 수 있는데 이들 세가지 방법 중 가장 보수적인 결과를 주는 방법은 Nagaraj 방법이라 할 수 있다. 그림 3의 Terzaghi 방법에 의한 계산값이 시험값과 차이를 보이는 이유는 제안식이 정규압밀점토에 대한 식임에 반해 대상지반이 과압밀점토이기 때문인 것으로 판단된다. 식 (7)에 나타나 있는 재압축지수 산정식에 의해 재압축지수를 계산해보고 시험값과 비교해 보았으며, 그 결과를 그림 4에 나타내었다.

그림 4를 통해 알 수 있듯이 계산값의 시험값에 대한 비는 전체적으로 0.78~1.65의 분포를 보이는데 BH1의 1.5m 깊이에 대한 비, 1.41과 BH2의 4.5m 깊이에 대한 비, 1.65를 제외하고 전체적으로 0.78~1.11로 비교적 시험값에 가까운 계산값을 보인다. Nagaraj and Murthy(1985, 1986)은 지반의 기본물성값과 유효상재하중(p_0')을 이용하여 점토의 선행압밀압력의 예측식을 식 (8)과 같이 제안한 바 있다. 식 (8)에서 p_0' 및 p_c' 의 단위는 kPa이다.

$$\log p_c' = 5.97 - 5.32(w_H/w_L) - 0.25 \log p_0' \quad (8)$$

점토의 비배수강도(s_u)를 이용하여 선행압밀압력을 추정하는 방법으로 식 (9)를 적용할 수 있는데(US NAVY, 1982) 식 (9)에서 s_u 는 점토의 비배수강도를 나타낸다.

$$p_c' = \frac{s_0}{0.11 + 0.0037 I_p} \quad (9)$$

식 (8)과 식 (9)를 통해 예측한 결과를 시험값과 함께 표 3에 나타내었다. 식 (9)에서 필요한 점토의 비배수강도는 현장배인시험을 통해 구한 강도를 적용하였다. 표 3에 나타난 선행압밀압력으로부터 시험을 통해 구한 선행압밀압력에 대한 예측식에 의한 선행압밀압력의 비는 그림 5에 나타나 있다.

표 3과 그림 5를 통해 알 수 있듯이 예측식에 의한 선행

표 3. 선행압밀압력의 비교

BH1	Test			Nagaraj	US NAVY
Depth (m)	p_0' (kPa)	s_u (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)
1.5	14.7	23.2	122.6	23.5	95.6
3.0	25.8	27.9	196.2	19.7	114.8
4.5	41.3	35.3	264.9	92.7	213.4
BH2					
Depth (m)	p_0' (kPa)	s_u (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)
1.5	12.8	16.6	196.2	0.9	72.9
3.0	23.3	30.4	206.0	1.6	135.2
4.5	35.7	21.6	206.0	36.0	122.5
BH6					
Depth (m)	p_0' (kPa)	s_u (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)
3.0	25.5	27.3	255.1	44.6	110.4
BH8					
Depth (m)	p_0' (kPa)	s_u (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)	p_c' (kPa)
1.5	16.7	21.2	186.4	14.6	112.9

그림 5. 선행압밀압력의 비교

압밀압력은 모두 시험값보다 작음을 알 수 있고 US NAVY 방법에 의한 예측값이 Nagaraj 방법에 의한 예측값보다 큼을 알 수 있다. Nagaraj 방법에 의한 예측값은 시험값에 비해 상당히 작으며 선행압밀압력으로부터 평가할 수 있는 압밀정도는 표 1에 나타난 함수비의 분석을 통한 압밀정도와 비교적 가까운 결과를 보인다. 이는 본질적으로 식 (8)이 함수비 분석에 의해 압밀의 영향을 평가하도록 구성되어 있기 때문으로 볼 수 있다. 시험 및 예측을 통한 과압밀비와 압밀정도를 나타내면 표 4와 같다. 과압밀비를 통한 압밀정도의 기준은 $1 < OCR \leq 3$ 이면 약간 과압밀(lightly overconsolidated, LOC)로 나타내고 과압밀비가 6~8보다 크면 심한 과압밀(heavily overconsolidated, HOC)로 나타내었으며 그 사이이면 과압밀(overconsolidated, OC)로 나타내었다(Bowles, 1988).

표 4의 마지막 열은 자연함수비와 아터버그한계값으로부터 정성적으로 압밀정도를 판정한 결과를 의미한다. 표 4에 나타난 압밀정도를 비교해 볼 때 시험을 통해 구한 과압밀비와 예측을 통해 구한 과압밀비 사이에 상당한 차이가 남을 알

표 4. 압밀시험결과

BH1				
Depth (m)	OCR			Based on w
	Test	Nagaraj	US NAVY	
1.5	8.3(HOC)	1.6(LOC)	6.5(HOC)	LOC
3.0	7.6(HOC)	0.8(UC)	4.5(OC)	LOC
4.5	6.4(HOC)	2.2(LOC)	5.2(OC)	HOC
BH2				
Depth (m)	OCR			Based on w
	Test	Nagaraj	US NAVY	
1.5	15.4(HOC)	0.1(UC)	5.7(OC)	NC
3.0	8.8(HOC)	0.1(UC)	5.8(OC)	NC
4.5	5.8(OC)	1.0(NC)	3.4(OC)	OC
BH6				
Depth (m)	OCR			Based on w
	Test	Nagaraj	US NAVY	
3.0	10(HOC)	1.7(LOC)	4.3(OC)	OC
BH8				
Depth (m)	OCR			Based on w
	Test	Nagaraj	US NAVY	
1.5	11.2(HOC)	0.9(UC)	6.8(HOC)	NC

수 있다. 표 4에 나타난 결과를 종합적으로 고려해 볼 때 Nagaraj 방법에 의한 경우 시험결과와 큰 차이를 보이므로 가장 신뢰성이 떨어지는 것으로 보인다. 함수비 및 아터버그 한계에 근거한 압밀정도 판정결과와 시험결과와의 심각한 차이를 해소하는 한 방법으로 선행압밀압력 결정시 두 가지 방법의 중간정도의 결과를 주는 US NAVY 방법을 적용할 수 있을 것으로 생각되는데 설계시 안전측인 면도 고려할 수 있기 때문이다.

5. 결 론

점토지반에 대하여 채취한 시료에 대한 실내시험결과 얻은 기본물성과 압밀특성자료의 신뢰성을 분석해 보았다. 점토지반의 단위중량 측정자료가 없는 경우에는 압밀정도와 압밀시험에 의한 간극비 및 계산을 통해 구한 간극비를 종합적으로 비교하여 단위중량을 재평가하였으며, 이러한 연구결과를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 압밀시험을 통해 구한 원지반 간극비에 대한 흙의 상관계수(phase relationship)에 의한 원지반 간극비의 비는 0.73~1.39로 차이가 많이 나는데 두가지 방법 모두 그 자체로서 신뢰성의 우위를 따질 수 없으므로 설계에 적용할 원지반 간극비의 값은 두 가지 방법을 통해 구한 값의 평균값을 취하는 방안을 고려할 수 있을 것으로 생각된다.

- 2) 압밀시험을 통해 구한 압축지수와 다양한 예측식을 통해 구한 압축지수를 비교해 보았는데 고려한 점토지반에 대하여 Azzouz 방법에 의한 계산값이 시험값에 가장 가까움을 알 수 있고 다음으로 Rendon 방법 그리고 Nagaraj 방법 순으로 계산값의 신뢰성이 높다고 볼 수 있는데 이들 세가지 방법 중 가장 보수적인 결과를 주는 방법은 Nagaraj 방법이었다.
- 3) 함수비 및 아터버그한계에 근거한 압밀정도 판정결과와 압밀시험결과 사이에 큰 차이가 있었는데 이러한 차이를 해소하는 한 방법으로 선행압밀압력 결정시 안전측으로 US NAVY 방법을 적용하여 예측한 값을 적용할 수 있을 것으로 생각된다.
- 4) 본 연구를 통하여 비록 시험을 통해 흙의 특성을 결정했다라도 그 결과를 맹목적으로 신뢰하는 것 보다 결정된 지반특성의 상관관계 분석을 통해 시험자료의 신뢰성을 확인할 수 있을 뿐 아니라 분석과정을 통해 좀 더 합리적인 지반정수 결정이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Azzouz, A.S., et al. (1976) "Regression analysis of soil compressibility", Soils and Foundations, Tokyo, Vol. 16, No. 2, pp. 19-29.
- Bowles, J.E. (1988) Foundation analysis and design, McGraw-Hill, Inc., pp. 22.
- Koppula, S.D. (1981) "Statistical estimation of compression index", Geot. Testing Journal, ASTM, Vol. 4, No. 2, June, pp. 68-73.
- Koppula, S.D. (1986) "Discussion: Consolidation parameters derived from index tests", Geotechnique, Vol. 36, No. 2, June, pp. 291-292.
- Nagaraj, T.S., and B.R. Srinivasa Murthy (1985) "Prediction of the Preconsolidation Pressure and Recompression Index of Soils", Geotech. Testing Journal, ASTM, Vol. 8, No. 4, pp. 199-202.
- Nagaraj, T.S. and B.R. Srinivasa Murthy (1986) "A Critical Reappraisal of Compression Index," Geotechnique, London, Vol. 36, No. 1, March, pp. 27-32.
- Rendon-Herrero, O. (1980) "Universal compression index equation", JGED, ASCE, Vol. 106, GT11, Nov., pp. 1178-1200.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967) Soil mechanics and engineering practice, 2/e John Wiley & Sons, NY, 729 pp.
- U.S. NAVY (1982) Soil Mechanics, NAVFAC Design Manual 7.1. Naval Facilities Engineering Command. Arlington, VA.
- Wroth, C.P. (1979) "Correlation of some engineering properties of soils", 2d Int. Conf. on Behavior of Offshore Structures, London, pp. 121-132.

◎ 논문접수일 : 2012년 02월 27일
 ◎ 심사외뢰일 : 2012년 03월 12일
 ◎ 심사완료일 : 2012년 06월 15일