

압밀시험의 교란정도 추정

Evaluation of the Degree of Disturbance on Oedometer Test

전남수¹⁾, Nam-Soo Jeon, 최명진²⁾, Myong-Jin Choe, 김팔규³⁾, Pal-kyu Kim

- 1) NESGEO 과장, 충남대학교 토목공학과 박사과정,
Manger of NESGEO, PHD Course, Dept. of Civil Engineering, Chungnam University.
- 2) NESGEO 사장, President of NESGEO.
- 3) 충남대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Chungnam University.

SYNOPSIS : Parameters that represent the characteristic of consolidation have been determined by the oedometer tests. They are varied by the process of sampling and transportation, accuracy of apparatus, process of sample trimming and the skill of engineers. Also, it is difficult to grasp what factor exert a influence on the parameters. In this study, Slurry Rowe Cell Tests were performed to evaluate the disturbance. Using the plot of $e - \log p$ which obtained from Rowe Cell test results, we compared the swelling indexes at the stress relief and the last loading stage. With that result, we tried to presume the disturbance of the 330 oedometer tests. The plot of compression-swelling index at the stress relief considerably scattered but at the last step of load shows a correlations between them. And the plot of $depth - p_c$ shows a correlation with the different swelling indexes, but not in the $LL - p_c$. Consequently, it is considered that the disturbance of the consolidation tests can be presumed by the comparison of the difference of swelling index.

Key words : swelling index, disturbance, slurry rowe cell test, oedometer test,

1. 서 론

흙 특성의 지표를 나타내는 토질정수들은 대부분 실내시험으로 결정하고 있다. 이러한 토질정수들은 현장의 토질상태를 파악하거나, 토류 구조물의 설계, 지지력 산정, 침하량의 추정 등 토질 문제의 해결에 이용된다. 그러나, 토질정수들은 시료 채취 과정과 실험실까지 운반 과정에서의 교란, 시험 기구의 정확도, 시료 성형 과정에서의 교란과 시험자의 숙련도 등에 의해 변화하게 된다. 변화된 토질정수들이 토질 문제 해결에 이용된다면 상당한 경제적 손실, 구조물의 파괴 등 심각한 문제를 유발할 수 있다. 그래서, 토질 공학자들은 보다 정확한 토질정수를 결정하기 위해 기존의 시험방법에 대한 대안으로서 새로운 시험들을 개발하였고, 발전시키고 있다. 시료의 채취, 운반, 및 시험과정에서의 교란으로 변화된 토질정수들이 대표할 수 있는지 많은 의문을 제시하였다. 특히, 압밀상수들에 영향을 미치는 요인에 대한 연구를 크게 두 가지로 나누면, 첫 번째가 시료 채취시 시료의 교란에 대한 연구이고, 두 번째로 압밀시험과정에서의 압밀 상수들에 대한 영향이다. 첫 번째로 시료 채취시 시료의 교란에 대한 연구들은 아래와 같다.

Casagrande(1932)는 튜브샘플러로 채취한 시료와 블록샘플러로 채취한 시료를 비교하여 완전한

불교란 시료를 얻는 것은 불가능하다고 하였고, Hvorslev(1948)는 샘플러 실린더의 외경을 날카롭게 함으로써 시료 교란을 줄일 수 있음을 연구하여, 절단각을 10° 로 권장하였고, 샘플러의 외경과 내경의 직경에 따른 교란의 식을 제안하였다. Ladd 와 Lambe(1963)은 구속압 제거와 기계적 영향을 받은 불교란 시료에서 발생하는 부의 간극수압과 성형된 시료(교란 시료)에서 부의 간극수압을 비교하여, 샘플링의 교란은 과압밀과 유사한 효과를 발생시킴을 알아냈다. Berre et al.(1969)은 샘플러 크기에 대한 Quick Clay의 교란 효과를 조사하였고, K. L. Mcmanis 와 A. Arman(1979)은 X-Ray Radiography Technique을 이용하여 시료채취시에 발생하는 교란을 양적으로 결정하였다. 또, 압밀시험의 결과가 샘플링 튜브 직경에 많은 영향을 받는다는 것을 연구하였다. Lacasse, s., Berre T, and Lefebure, G(1985)는 샘플링 교란의 효과는 실험의 형태에 따라 다양하게 나타나며, 샘플링의 교란 효과는 실제 Oedometer 실험에서 가장 작게 나타나고, 압밀삼축시험, 일축압축시험의 순으로 크게 발생됨을 발표하였다. Lee(1998)는 현장 지반의 동일한 위치와 심도에서 블록 샘플링과 피스톤 샘플링 방법에 의해 불교란 시료를 채취한 후 실내 시험실에서 불교란 시료에 대해 삼축시험과 표준압밀시험을 실시하여 샘플링 방법에 따른 상호 관계를 비교하여 교란도 특성을 파악하고자 하였다. 두 번째로 시험과정에서의 영향을 살펴보면 다음과 같다.

Crawford(1964)는 Leda 점토를 가지고 하중 증가율이 $\Delta p/p = 1$ 일 때, 하중 지속 시간을 변화시켜 일차 압밀완료 시점까지 지속한 시험결과에서 정확한 선행압밀하중이 산정된다고 하였다. Leonard & Altschaeffl(1964)는 다양한 $\Delta p/p$ 값에 대한 압밀시험을 실시하여, $\Delta p/p = 1$ 일 때의 산정된 선행압밀하중이 가장 신뢰성이 있다고 하였다. Kim(1999)은 튜브 샘플링으로 채취한 시료를 Rowe Cell을 이용한 슬러리 압밀시험결과를 표준 압밀 시험 결과와 비교, 분석하여 교란의 정도를 추정하고자 하였다.

이와 같이 시료채취 과정과 시험기구, 성형과정, 숙련도 등에 의해 영향을 받은 상수들은 선행 압밀 하중 결정과 장기 침하량 산정, 압밀 소요 시간 산정 등에 큰 오차를 유발시킬 수 있다. 만약, 압밀시험의 결과에 대한 신뢰성을 파악할 수 있다면 압밀 해석 문제에 많은 도움이 될 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 Rowe Cell을 이용하여 불교란 정규압밀 해석점토 시료를 재현한 후, 재하, 제하 압밀시험을 실시하여, 그 결과에서 얻어진 재압축지수(C_r)와 팽창지수(C_s)의 연관성을 확인하여, 오이도미터 압밀시험결과로 얻어진 압밀곡선에서 압밀시험 과정 중 처음 단계 하중에서의 팽창지수와 마지막 단계 하중에서 팽창지수의 차이를 비교하여 오이도미터 압밀시험의 신뢰성을 추정할 수 있는 기법을 제시하고자 한다.

2. Loading, Unloading시 점토의 압밀 특성

배수가 이루어진 시료의 1차원 압축시험시 거동은 그림과 같이 이상화된 압축선에 항상 접근하게 된다. 수직변형은 높이의 변화, 간극비의 변화, 체적 변화의 향으로 바꾸어 표현할 수 있다.

$$\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{\Delta e}{1+e} = \frac{\Delta v}{v} \quad \text{or} \quad \frac{-dh}{h} = \frac{-de}{1+e} = \frac{-dv}{v}$$

그림 1에 나타난 것과 같이 $e - \log \sigma'$ 관계를 도식화 할 때, 압축선, 팽창선 그리고 재 압축선은 이상적으로 평행을 이룬다. 낮은 응력상태와 높은 간극비를 가진 느슨한 점토를 서서히 압축을 진행시키면 이상적으로 정규 압밀선을 따라 거동할 것이다. 이어서 유효응력을 감소시키면, 직선의 팽창선을 따라 높은 팽창할 것이다. 이 선을 팽창-재 압축선이라 정의한다. 항복점 Y에 이를 때까지 재 압밀 거동은 팽창-재 압축선을 따라 이상적 탄성거동을 보인다. 이때 항복점 Y는 정규 압밀선과 팽창-재 압축선의 분기점이 된다. 항복점에 대응되는 유효응력의 크기를 항복응력, 선행압밀 응력, 혹은 선행압축응력이라 부른다. 항복응력은 현재 작용하고 있는 하중 이전에 흙이 받았던 최고의 응력을 나타낸다. 만약 현장의 간극비와 상재하중의 값이 정규압밀선상에 있다면 그 높은 정

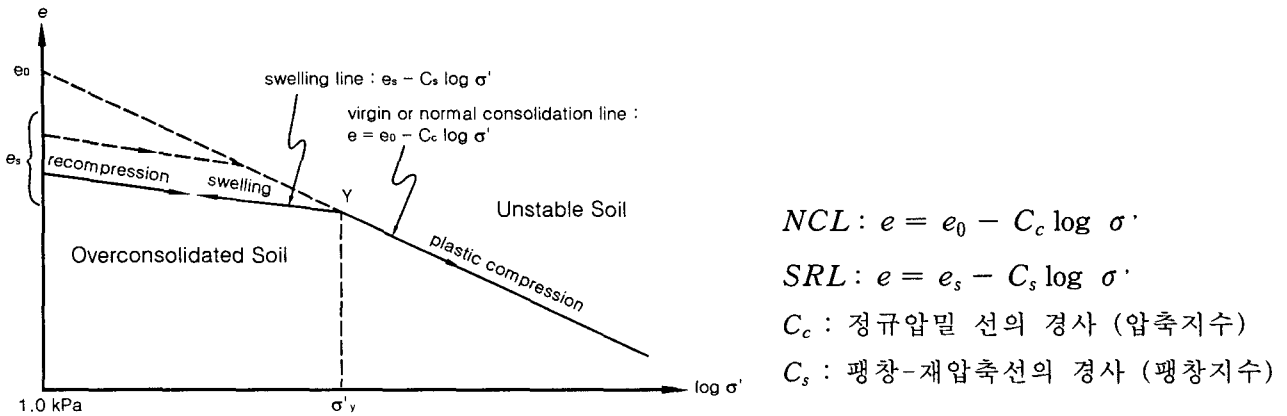


그림 1. 이상적인 점토의 압밀곡선.

규압밀이라 할 수 있고, 정규압밀선 아래에 있다면 과압밀된 것이다. 정규압밀선과 팽창-재압축선은 아래와 같이 표현할 수 있다.

3. 시험

3.1 시료의 물성시험

본 연구에 이용된 시료는 남해안의 상부 해성 퇴적층에서 채취한 것으로 대부분 실트질 점토 (CL/CH)로 분류되나, 상부가 매우 연약한 컨시스턴시를 보이는 반면, 하부로 갈수록 굳어지고 조립질 성분의 함량이 증가하는 경향을 보인다. 위치에 따라서 모래 또는 실트로 구성된 박층(Seam)이 존재하나 연속성은 없는 것으로 나타났다. 콘 지수는 10~15사이에 존재하였고, 평균 액성한계가 약 53~59사이에 분포하며, 함수비는 전 지역에 걸쳐 액성한계에 근접하게 분포하고 있다. 소성 지수는 약 30~34정도이고, 활성도는 대체로 1.0내외의 값을 보여 정상적인 상태에 있다. 과압밀비는 심도가 낮은 해저면 부분에서는 대부분의 해성점토에서의 경우와 같이 과압밀 상태이고 심도가 깊어지면 과압밀비가 점차로 감소하여 정규압밀상태를 보이고 있다.

시료는 튜브샘플러를 이용하여 채취하였고, 임의의 지점 한곳을 선정하여 시험을 KS 규정에 따라서 실시하였다. 표 1은 실1내시험의 결과를 나타낸 것이다.

표 1. 시료의 물성시험결과.

	깊이(m)	USCS	G _s	LL(%)	PL(%)	M _c (%)
SITE 1	5	CL	2.71	49.6	24.1	51.2
	11	CL	2.73	47.3	24.0	46.7
	17	CH	2.71	59.3	25.9	49.1

3.2 Rowe Cell 압밀시험

Slurry를 이용한 Rowe Cell압밀시험은 시료의 추출과 성형, 기계적 교란의 영향을 배제할 수 있는 시험 방법으로 오이도미터 압밀시험과 같이 1-D압밀시험을 실시하였다. 점토 Slurry를 이용한 시험방법은 시험 수행 시일이 길다는 것이 단점이며, 이 압밀시험의 과정은 아래와 같다. 추출시료를 공기의 이동을 허용할 만큼의 낮은 점성을 주기 위해, 액성한계의 약 2배의 함수비로 증류수를

가하여 진동식 Rotary를 사용하여 2~3시간동안 섞어서 Slurry로 만든다. 이 Slurry는 Sealing해서 약 일주일동안 저장한다. Sealing과정의 일주일동안 시료는 완전 포화가 이루어지고, 완전포화가 이루어진 후, Rowe Cell장치에 포화된 Slurry를 약 25mm ~ 45mm의 깊이로 Cell안에 안치하는 과정을 갖는다. 안치 과정에서 Slurry는 여러 층으로 나누어 안치되고, 각층마다 진공기계를 이용하여 공기를 제거한다. 최종 층의 공기 제거 후 요구되는 샘플의 두께는 초기 압밀 후의 약 2배의 두께로 안치한다. 안치과정이 끝나면 포화된 Bronze Disc를 시료 위에 위치시키고, Cell은 공기가 제거된 물로 채워진다. Cell의 상부에는 물이 채워진 가로막을 꼭 맞게 위치시키고 초기간극수압을 측정한다. 다음단계로 Cell에 약 0.05kg/cm²의 응력을 가한다. 초기압밀하중 5kPa의 재하는 해성점토가 퇴적되는 과정을 의미하는 것이다. 초기압밀이 완료되면, 임의의 선행압밀하중을 가정하여 1차원 압밀을 시킨다. 선행압밀하중의 재하기간은 축변형과 간극수압, 체적변형이 더 이상 발생하지 않을 때 재하를 마치고, 시취공에서의 시료채취를 재현하기 위해 축하중을 제거한다. 축하중을 제거한 다음 축변형과 간극수압, 체적변형이 더 이상 발생하지 않을 때까지 방치를 하였다가 1차원 압밀시험을 수행하였다. 압밀시험 중에 3.20kg/cm²의 하중과 6.40kg/cm²의 하중에서 팽창지수를 비교하기 위하여 재하-제하시험을 수행하였다. 1차원 압밀시험은 표준압밀시험과 같은 방법으로 수행하였다.

4. 분석 및 고찰

4.1 Rowe Cell 압밀시험결과 분석

그림 2 (a)에서 삼각형의 점을 이은 실선은 오이도미터의 압밀곡선을 나타낸 것이고, 원의 점을 이은 실선은 Slurry를 이용한 Rowe cell 압밀곡선을 나타낸 것이고, 그림 2 (a)에서 시험 방법에 따른 압밀곡선의 차이를 발견할 수 있는데, 간극비에 있어서는 초기 일부분을 제외하고는 임의의 하중에 있어서 오이도미터 압밀곡선의 간극비가 Rowe cell 압밀곡선의 간극비에 비하여 감소함을 알 수 있다. 이런 원인은 시료의 교란에 의한 영향이 압밀곡선에 영향을 미쳐 나타난 결과로 판단된다. 그리고 이 곡선의 초기 간극비가 일치하지 않고 오이도미터 압밀곡선의 초기간극비가 더 크게 나타났다. 이는 시료 채취를 함에 있어서 교란의 효과를 반영하는 것으로 사료된다. 또한 곡선의 초기부분의 팽창지수(C_s)를 비교해 볼 때 오이도미터 압밀곡선의 팽창지수(C_s)는 Rowe cell 압밀곡선의 팽창지수(C_s)에 비해 약 3배 정도 크게 나타났다. 그림 2 (a)의 결과로부터 교란시료의 1차 팽창지수와 완전 불교란 시료의 1차 팽창지수와 상관관계에 의문을 가지게 되었다. 같은 경우, 1 팽창지수와 2차 팽창지수간의 관계 또한 충분한 연관성이 있으리라 사료되어 아래와 같은 Slurry를 이용한 Rowe Cell 압밀시험을 실시하였다.

그림 2(b)~(d)는 Rowe Cell 압밀시험결과에 대한 e-log p 그래프를 나타낸 것으로, 선행 압밀 하중은 각각 1.40kg/cm², 0.80kg/cm², 1.35kg/cm²으로 재하를 하였다. (b)는 5m 깊이에서 샘플링한 시료의 압밀 결과를 나타낸 것이다. 원 심도에서의 P_0 의 값보다 더 큰 하중(1.40kg/cm²)으로 재하 하였다. 선행 압밀 하중(p_c)은 1.42kg/cm², 초기 간극비(e_0)는 1.107이고, 압축지수(C_c)는 0.319, 1차 팽창지수(C_s)는 0.0356, 2차 팽창지수는 0.0387, 재 압축지수(C_r)는 0.0479, 3차 팽창지수(C_s)는 0.0456으로 나타났다. 재 압축지수와 3차 팽창 지수는 거의 일치하였고, 2차 팽창지수와 재 압축지수는 약 20%의 차이를 보였다. (c)는 11m 깊이에서 샘플링한 시료의 압밀 그래프로 선행 압밀 하중은 0.83kg/cm², 초기 간극비(e_0)는 1.213이고, 압축지수는(C_c) 0.359, 1차 팽창지수(C_s)는 0.0381, 2차 팽창지수는 0.0403, 재 압축지수(C_r)는 0.0487, 3차 팽창지수(C_s)는 0.0485로 나타났다. 재 압축지수와 3차 팽창 지수는 거의 일치하였고, 2차 팽창지수와 재 압축지수는 약 17%의 차이를 보였다. (d)는 심도 17m에서 샘플링한 시료로 선행 압밀 하중(p_c)이 1.39 kg/cm²으로 산정 되었다. 초기 간극비(e_0)는 1.289, 압축지수는(C_c) 0.415, 1차 팽창지수(C_s)는 0.0542, 2차 팽창지수는 0.0538, 재 압축지수(C_r)는 0.0671, 3차 팽창지수(C_s)는 0.0563으로 나타났다. 재 압축지수와 3차 팽창 지수는 19%차이를 보였고, 2차 팽창지수와 재 압축지수는 약 24%의 차이를 보였다. 1차 팽창지수는 e-log p 곡선에서 재하 처음

단계 하중과 선행 압밀 하중의 기울기로 정의하였다. 초기 간극비를 기준으로 결정된 1차 팽창지수는 2, 3차 팽창지수와 많은 차이를 보이거나 재하 처음 단계 하중을 기준으로 결정한 팽창지수는 2, 3차 팽창지수와 거의 같은 기울기가 나타났다. 위의 결과로 재 압축지수(C_r)와 팽창지수(C_s)는 약 20% 내외의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

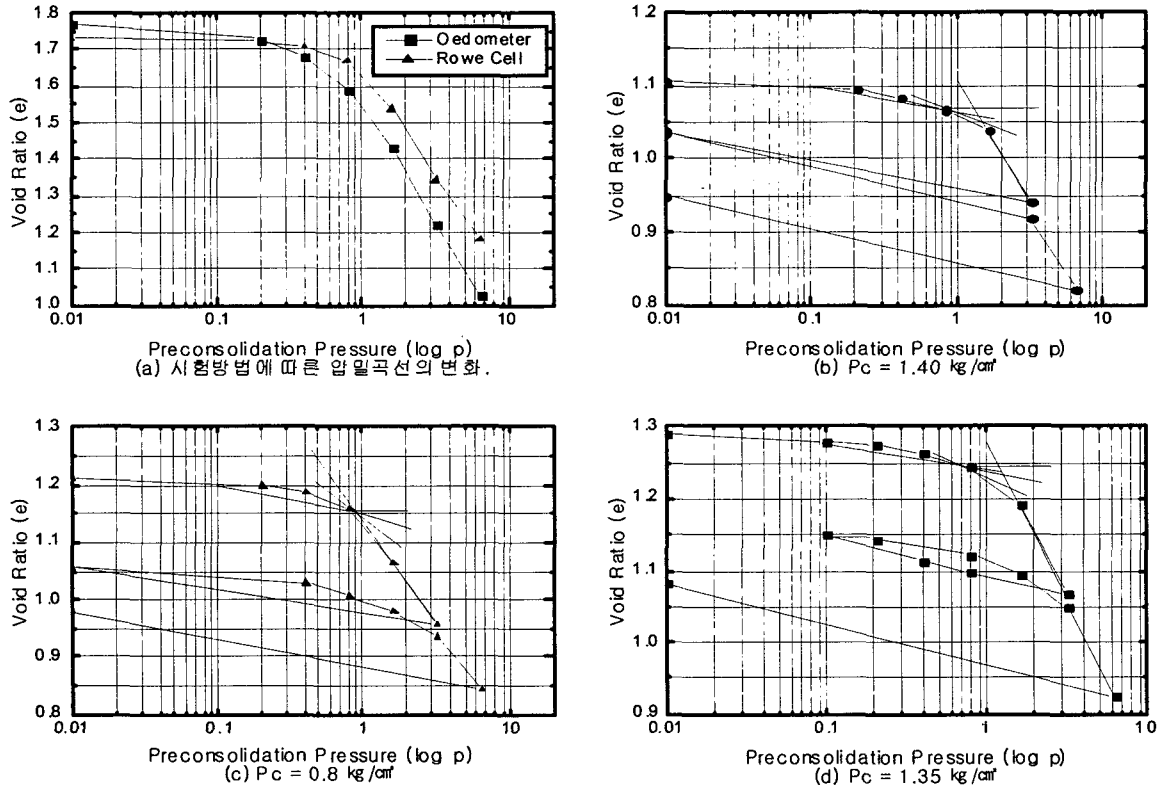


그림 2 각 시료에서의 $e - \log p$ 곡선

4.2 오이도미터 압밀시험결과 분석

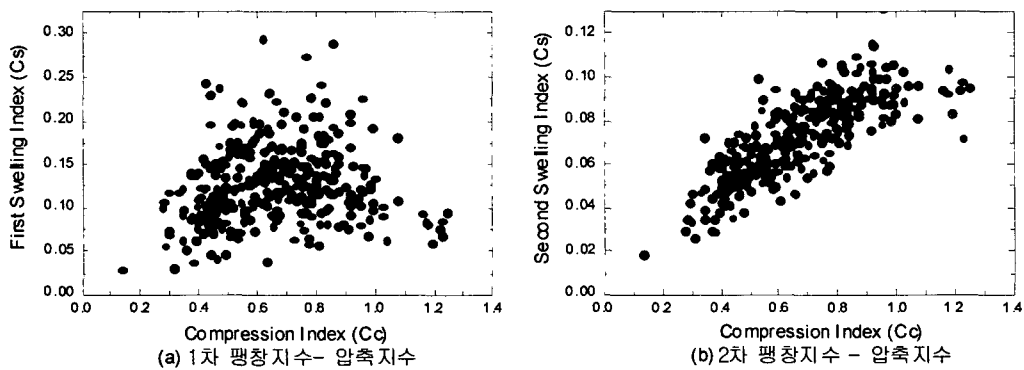


그림 3 팽창지수와 압축지수의 관계 그래프.

그림 3~그림 6은 약 330개의 표준 압밀 시험(Oedometer)에 대한 결과이다. 1차 팽창 지수의 결정은 4.1절에서 서술한 바와 같이 압밀 처음 단계 하중에서 선행 압밀 하중에 대한 기울기로 결정하였고, 2차 팽창 지수는 압밀 마지막 단계 하중에서 팽창과정에서 마지막 단계 하중에 대한 기울기로 결

정하였다. 정규압밀 점토 시료가 원 지반 상태로 실험실에서 오이도미터 시험을 실시하였다면, 그림 2의 결과와 압밀응력의 차를 감안하여 팽창지수의 차이가 약 30%이내면 압밀시험이 적절히 수행되었다고 사료되어, 이것을 확인하기 위하여, 1차 팽창지수와 2차 팽창지수를 비교하여 30% 이하, 60%이하, 60% 이상 3가지로 분류하여 다시 그래프를 작성하였다. 그림 3은 2차 팽창지수와 압축지수의 관계를 보이는 그래프이다. 2차 팽창지수와 압축지수는 서로 밀접한 관계를 보이고 있으나, (a)에서 1차 팽창지수와 압축지수는 분산된 모양을 보이고 있다. 즉, 점토시료가 샘플링이나 시험중에 교란을 받아서 팽창지수의 분산이 발생한 것이라 생각 할 수 있다. 그림 4는 깊이에 따른 선행압밀하중의 그래프를 나타낸 것이다. (a)는 전체 압밀시험 결과를 나타내고, (b)는 30%이하, (c)는 60%이하, (d)는 60%이상의 팽창지수 차이가 나는 것들의 그래프이다. 깊이에 대한 선행압밀하중의 선형 회기식은 아래와 같다.

$$p_c = 0.0522D + 0.1112 : \text{전체} \quad (4.5)$$

$$p_c = 0.0504D + 0.1641 : 30\% \text{ 이하} \quad (4.6)$$

$$p_c = 0.0485D + 0.1729 : 60\% \text{ 이하} \quad (4.7)$$

$$p_c = 0.0534D + 0.1047 : 60\% \text{ 이상} \quad (4.8)$$

그림 4의 그래프에서 팽창지수들의 차가 적게 나타날수록 선형 회기식에 접근하였다. 즉, 팽창지수들의 차이가 작은 e-log p 그래프일수록 실내압밀시험이 잘되었다고 할 수 있을 것이다. 그림 5는 깊이 15m인 시료들의 오이도미터 시험결과이다. (a)는 팽창지수의 차이가 30%이하인 시료로 1차 팽창지수는 0.0937, 2차 팽창지수는 0.0937로 0%의 차이, (b)는 60%이하인 시료로 1차 팽창지수는 0.0931, 2차 팽창지수는 0.0634로 47%의 차이, (c)는 팽창지수의 차가 60%이상인 시료로 1차 팽창지수는 0.1863, 2차 팽창지수는 0.0816으로 128%의 차이를 보였다. 선행압밀하중은 (a)가 1.40kg/cm², (b)는 0.74kg/cm², (c)는 0.65kg/cm²로 팽창지수 차이가 클수록 작게 나타났다. 그림 6은 압축 지수와 액성한계의 상관 관계를 나타내는 그래프이다. (a)는 시료 전체에 대한 관계 그래프로 대체적으로 액성한계와 압축지수가 수렴 관계에 있다. (b)는 30%이하, (c)는 60%이하, (d)는 60%이상의 팽창지수들의 차이가 보이는 시료들에 대한 그래프이다. 3가지의 팽창지수-액성한계의 관계식은 다음과 같다.

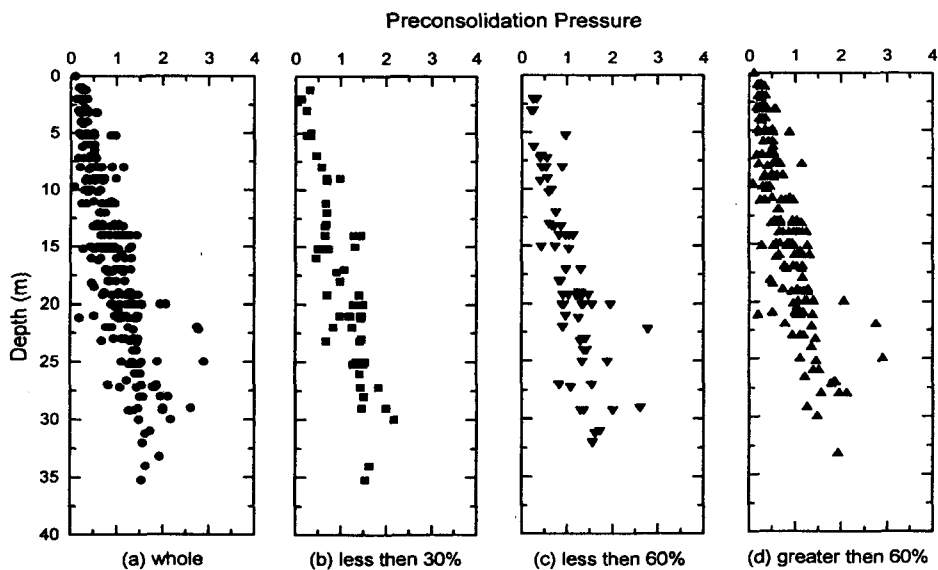


그림 4 깊이에 따른 선행압밀하중의 분포

$$C_c = 0.0136 (LL - 12.7) : \text{전체} \quad (4.1)$$

$$C_c = 0.0166 (LL - 15.7) : 30\% \text{이하} \quad (4.2)$$

$$C_c = 0.0129 (LL - 11.9) : 60\% \text{이하} \quad (4.3)$$

$$C_c = 0.0115 (LL - 6.9) : 60\% \text{이상} \quad (4.4)$$

그래프를 살펴보면 분산 정도가 가장 심한 것이 60%이하, 30%, 60%이상 순서인 것을 알 수 있다. 따라서, 압축지수의 값은 교란에 영향을 적게 받는 것을 알 수 있다.

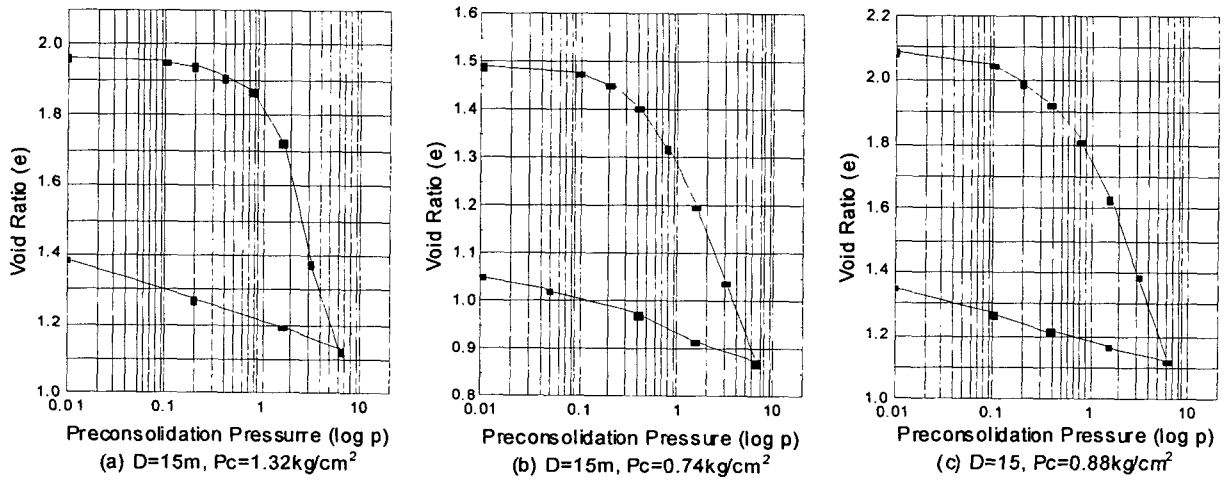


그림 5 같은 심도의 시료에서 팽창지수들의 비교.

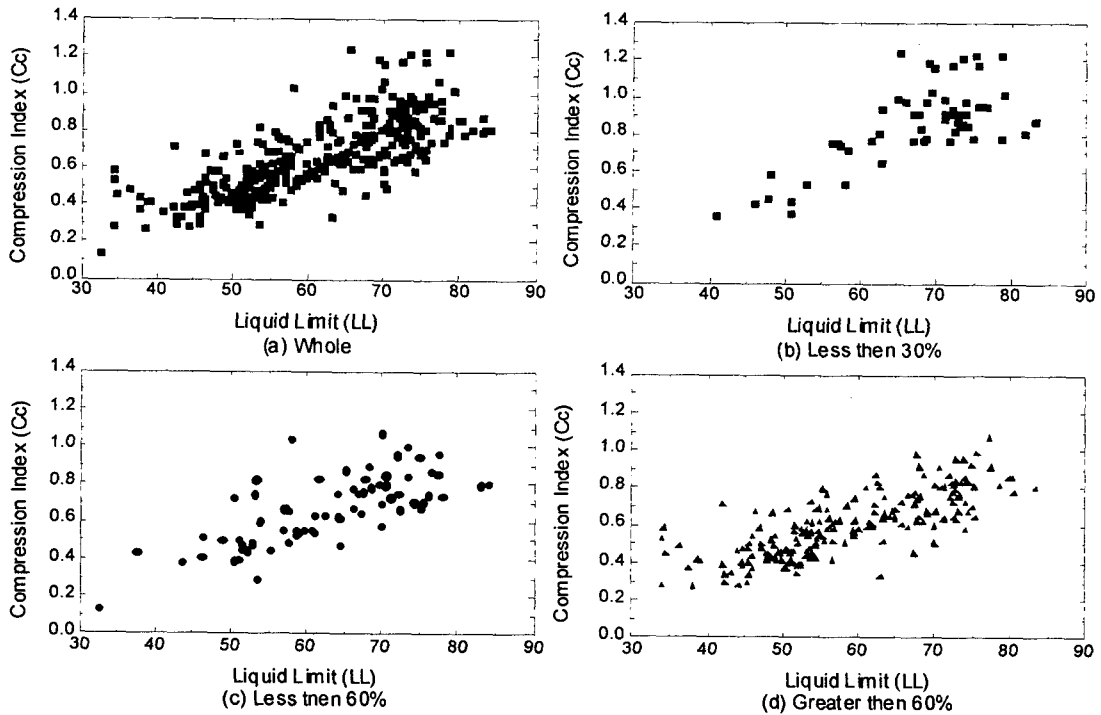


그림 6 $C_c - LL$ 의 관계 그래프.

5. 결론

점성토의 압축특성을 이용하여 표준압밀시험 결과에 대한 점토 시료의 교란 정도를 추정하기 위하여 실시한, Rowe Cell 재하-제하 압밀시험결과로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 오이도미터 시험의 결과로부터 압밀 최종 단계 하중에서의 팽창지수(C_s)와 압축지수(C_c)의 그래프에서 상당한 연관성을 보였으나, 압밀 처음 단계 하중과 선행압밀하중에서의 팽창지수(C_s)의 관계 그래프에서 많은 분산을 보였다.
 2. 슬러리를 이용한 Rowe Cell 압밀시험에서 압밀 처음 단계 하중에서의 팽창지수(C_s)와 압밀 최종 단계 하중의 팽창지수(C_s)는 시험 결과 약 20%의 차이를 보였다
 3. 1의 결과와 2의 결과로부터 실내 오이도미터 e - $\log p$ 곡선에서 압밀 처음 단계 하중에서의 팽창지수(C_s)와 압밀 최종 단계 하중의 팽창지수(C_s)의 비교로 압밀시험의 신뢰성을 추정하기 위하여 두 팽창지수들의 차이를 계산하여 깊이에 대한 선행압밀하중(p_c)의 그래프에 대한 회기분석을 실시하였다. 그 결과 시료의 교란은 선행압밀하중의 크기에 영향을 주었으며, 팽창지수(C_s)의 차이가 30%내외일 때 압밀시험 수행결과가 적합하다는 결론을 얻었다.
 4. 팽창지수의 차이를 이용하여 분류한 압밀시험결과를 액성한계(LL)와 압축지수(C_c)의 관계에 적용한 결과에서는 점토시료의 교란은 압축지수의 변화에 큰 영향을 미치지 못하였다.
- 이 시험은 정규압밀상태의 점토에 대한 압밀시험의 신뢰성을 평가할 수 있는 방법을 제시한 것이다. 그러나 과압밀 점토인 경우에는 선행압밀하중이 제거되고 오랜 시간이 지났으므로, 구조적 안정과 변화가 발생하여 위의 결론을 적용하기에는 부적절할 것으로 사료된다. 그러므로, 과압밀 점토시료에 대하여 다른 신뢰성 평가방법 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Casagrande, A.(1932), "The structure of clay and its importance in foundation engineering", J. Boston Soc. Civil Engrs, 19(4), pp. 168-209.
2. Horslev. M. J.(1949), "subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose", U.S. Waterw. Exper. stn, Vioksburg, pp 521.
3. Ladd. C.C. and Lambe. T.W.(1963), "The Strength of "Undisturbed" Clay Determined from Undrained Test", ASTM STP 361, pp. 342-371.
4. Berre. T., Schjetue. K. and Sollie. S.(1969), "Sampling disturbance of soft marine clays", Proc. Spec. Session Soil Mechanics Aspects of Soil Sampling, 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Mexico City, pp. 21-24.
5. Mcmanis. K.L., and Arman. A.(1979), "Evaluation of design parameters obtained by conventional sampling", Design parameters in geotechnical engineering, BGS, London, Vol.2, pp. 81-86.
6. Lacasse. S., Berre. T.(1985), and Lefebvre. G., "Block sampling of sensitive clays", Proc. of the 11th international conference on soil Mechanics and Foundation Engineering, Sanfrancisco, pp. 887-892.
7. Young-Gil Lee and Young-Nam Lee.(1998), "Study on Sampling Disturbance Effects on Soil Properties", 한국 지반 공학회, 98'봄학술발표회 논문집, pp. 67-74.
8. Crawford, C.B.(1964), Interpretation of The Consolidation Tests, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 90, No. SM5, pp. 93-108.
9. Leonads, G.A., & Altschaeffl, A.G.(1964), Compressibility of Clay, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 90, No. SM5, pp. 133-156.
10. 김민욱.(1998), "Rowe Cell을 이용한 점토시료 샘플링의 교란도 추정", 충남대학교, 석사논문