

## 대형자연시료 채취를 통한 시료 교란도 분석에 관한 연구 A Study on Disturbance Effect of Clay by Block Sampling

신윤섭<sup>1)</sup>, Yun-Sup Shin, 김연정<sup>2)</sup>, Yeon-Jung Kim 김학중<sup>3)</sup>, Hag-Joong Kim, 김영웅<sup>4)</sup>, Young-Ung, Kim

<sup>1)</sup> (주)유신코퍼레이션 건설기술연구소 기초연구실 대리, Geotechnical Research Institute of Yooshin Corporation

<sup>2)</sup> (주)유신코퍼레이션 지반공학부 상무, Geotechnical Engineering Division of Yooshin Corporation

<sup>3)</sup> 인천국제공항공사 공항시설팀 과장, Airport Facilities Department Incheon International Airport Corporation

<sup>4)</sup> 인천국제공항공사 공항시설팀 팀장, Airport Facilities Department Incheon International Airport Corporation

**개요(SYNOPSIS)** : In general, soil characteristics are estimated through the sample gathered by field boring without considering sample disturbance. However, soil characteristics must be changed by the degree of sample disturbance. Therefore it be need to estimate the soil characteristic considering sample disturbance which can be occurred by the change of stress condition, sampling technique and handling method.

On this study, we analyzed the sample disturbance by using the methods of volume change, residual effective stress, elastic modulus and the curve of consolidation tests. In order to estimate the relationship between sample disturbance and soil characteristics, we used the piston sample and the block sample.

As the results, it should be considered in design that the disturbance of the block sample, which affects the strength and compression properties of clay, is smaller than the disturbance of piston sample.

**Key words** : Sample disturbance, Block sample, Piston sample, Soil characteristic, Shear strength, Compression properties

### 1. 서 론

최근 산업의 고도화와 국민 생활수준 향상에 따른 대단위 주거단지 및 공공시설부분에 대한 사회간접 자본의 투자가 확대되면서 기존 국토의 활용뿐 아니라 습지 및 해상 매립지 등 연약지반 활용에 대한 관심이 증대되고 있다. 연약지반에 구조물을 설계할 때는 대형 토목사고나 부실 공사 등을 사전에 제거하기 위해서 지반형상에 대한 보다 정확한 예측이 요구된다. 이를 위해서는 실내시험과 현장시험으로부터 정확한 설계지반정수 산정이 필요하며, 이를 현장조건에 맞게 적용할 수 있어야 한다.

일반적으로 설계지반정수를 산정할 때에는 실내시험과 현장시험을 수행하게 되는데 이때 여러 가지 원인으로 인해 시료에 교란이 발생하게 된다. 이러한 시료교란은 시료의 압축특성 및 강도특성에 영향을 미치므로, 연약지반의 정확한 거동을 파악하게 위해서는 시료 교란에 따른 영향을 최소화한 시험결과로부터 설계정수를 산정 해야한다. 시료의 교란을 최소화하기 위해서는 시료의 채취과정에서부터 운반, 운용 및 시험과정에서 발생할 수 있는 여러 가지 교란의 원인을 분석하여 이를 반영하여야 한다.

본 연구에서는 인천국제공항 2단계 부지조성공사 지반조사와 관련하여 시료의 교란을 줄일 수 있는 대형 자연시료 채취를 통하여 설계지반정수를 산정하고, 이를 피스톤 샘플 시료의 실내시험 및 현장시험결과와 비교함으로써 시료의 교란에 따른 지반의 거동 특성을 파악하고자 한다.

## 2. 기본이론

### 2.1 시료 교란

시료를 채취하여 실내시험을 수행하기까지 시료를 취급하는 과정에서 외적인 작용에 의해 시료의 상태와 그 역학적 성질이 원위치에 있을 때와 달라지는 현상을 시료 교란이라 한다. 즉, 시료교란은 물리적 성질은 변하지 않고 흙의 구조, 밀도 및 역학적 성질이 변하는 상태를 의미한다.

### 2.2 시료의 교란 원인

시료 교란은 현장에서 채취한 시료를 이용하여 실내 시험을 수행하기까지 여러 가지 원인에 의하여 발생할 수 있으며, 시험결과를 설계에 보다 정확히 적용하기 위해서는 이러한 시료교란의 원인을 분석하여 보정해야한다.

#### 2.2.1 시료 채취시 교란

시료 채취시 교란은 샘플러의 기하학적 구조, 샘플러 추진방법 및 시료 회수시 회수방법 등에 따라 발생할 수 있다. 샘플러의 기하학적 구조에 따라 교란의 정도가 다른 것은 샘플러 관입 시 발생하는 관내외벽 마찰과 샘플러 형상에 따른 관입저항 때문인 것으로 알려져 있다. 지반과 샘플러 관벽 사이의 마찰은 시료 교란에 영향을 미치는 중요한 인자이며 이는 샘플러 관입속도와 연관있다. 샘플러의 내경비(Inside clearance ratio) 및 면적비(Area ratio) 역시 시료의 교란에 영향을 미치며 불교란 시료를 채취하기 위한 추천값은 다음과 같다.

$$\text{내경비}(\%) = \frac{D_s - D_i}{D_i} \times 100 : 0.5\% \sim 1.0\%, \quad \text{면적비} = \frac{D_o^2 - D_i^2}{D_i^2} \times 100 : 10\% \text{이하}$$

여기서,  $D_s$ 는 샘플러 관벽 내 지름,  $D_i$ 는 샘플러 내경,  $D_o$ 는 샘플러 외경을 나타낸다.

#### 2.2.2 응력해방에 의한 교란

시료를 지중에서 채취할 때 전응력의 변화가 발생하므로 이에 따라 유효응력과 간극수압에 변화가 발생해 시료의 교란이 유발되게 된다. 시료채취 시 시료에 작용하는 응력변화는 다음과 같다. 시료 채취로 인해 지중에서 작용하던 응력이 해방되므로 시료 내에 유효응력이 변화하며 부의 간극수압이 발생하게 된다. 이러한 부의 간극수압은 초기 상재압의 20% 정도 발생하는 것으로 알려져 있으며 시간이 지나면 부의 간극수압은 소산된다. 부의 간극수압으로 인하여 시료는 팽창하게 되며 교란의 정도가 심한 외측에서 비 교란된 시료 중심으로 간극수의 이동이 생겨 외측의 함수비는 중심보다 3~4%정도 낮은 것으로 알려져 있다. (Bjerrum, 1973)

#### 2.2.3 핸들링에 의한 교란

시료의 핸들링에 의한 교란은 시료를 운반, 저장, 추출 및 성형하는 과정에서 발생할 수 있다. 시료 운반시 교란은 시료에 가해지는 진동과 충격에 의해서 발생할 수 있으며 점토에 비해 사질토나 실트에 미치는 영향이 크게 나타난다.

시료 저장시 발생할 수 있는 교란은 시료의 함수비가 감소하게 되어 시료의 물리적 특성이 변하게 되며, 전단강도 또한 시료의 저장에 의해 영향을 받는다. 연약점토의 전단강도의 점진적인 감소는 보관 중에 일어나는 초기 잔류간극수압의 감소로 설명될 수 있으며 이러한 초기 잔류간극수압의 감소는 소성이 큰 점토보다 소성이 작은 점토에서 더 크게 발생한다.

## 2.3 교란 평가방법

### 2.3.1 잔류유효응력 이용

Ladd & Lambe(1963)과 Okumura(1971)는 시료의 잔류 유효응력과 완전시료(응력해방에 의해서만 교란된 시료)의 잔류 유효응력비를 식(1)과 같이 제안하여 교란 정도를 평가하였다.

$$\sigma'_p / \sigma'_s \quad (1)$$

여기서,  $\sigma'_p$ 는 완전시료의 잔류 유효응력이며,  $\sigma'_s$ 는 시료의 잔류 유효응력이다. 또한, Okumura(1971)와 Nelson, et al.(1971)은 교란도 평가를 위해 식(2)를 제안하였다.

$$(\sigma'_p - \sigma'_s) / \sigma'_p \quad (2)$$

완전시료의 잔류 간극수압과 교란시료의 잔류 유효응력을 산정하여 교란도를 평가하기 위해서는 흡입 시험(Suction test)을 수행하여야 한다. 또한 잔류 유효응력을 산정하여 교란도를 평가하기 위해서는 완전시료의 정지토압계수( $K_0$ )와 간극수압계수(A)를 산정해야 한다.

### 2.3.2 체적변형률 이용

자연 시료에 대한 신뢰할 만한 응력 및 변위 곡선, 간극수압결과 등을 얻기 위해서는 시료의 불교란성이 상당히 중요하다. 특히, 점성토에 있어서 현장 유효응력으로 압밀시 체적변형률( $\epsilon_v$ )을 이용하여 시료의 불교란성을 파악할 수 있다. Berre(1986)는 체적변형률과 시료 교란정도와의 관계를 예민한 연약 점성토에 대해 비등방 압밀시험에서 얻은 결과를 토대로 제안하였으며, Kleven et al.(1986)은 응력이력( $P'/P'_0$ )과 심도를 고려하여 시료의 교란정도를 평가하는 방법을 표1. 과 같이 제안하였다.

표 1. 체적변형률에 따른 시료교란 정도

OCR	깊이 (m)	아주 양호 $\epsilon_v < (\%)$	양호 $< \epsilon_v < (\%)$	불량 $< \epsilon_v (\%)$
1~1.1	0~10 10~50	3 2	3~5 2~4	5 4
1.2~1.5	0~10 10~50	2 1	2~4 1~3	4 3
1.5~2	0~10 10~50	1.5 1	1.5~3.5 1.0~2.5	3.5 2.5
2~3	0~10 10~50	1 0.75	1~3 0.75~2	3 2
3~8	0~10 10~50	0.5 0.5	0.5~1 0.5~2	1 2
8<	0~10	(0.25)	(0.25)~(0.5)	(0.5)

### 2.3.3 탄성계수 이용

시료 교란을 평가하는 방법으로 파괴지수(FI)를 이용하는 방법이 Raymond, et al.에 의해 제안되었으며 이는 삼축시험에서 파괴 시 축차응력에 대한 임의의 변형률에서의 축차응력 비를 이용한다.

$$FI = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_f \quad (3)$$

이 식을 파괴시 축차응력의 50% 항목을 이용하여 다시 쓰면 다음과 같다.

$$FI = \sigma_{i50} / \sigma_f = \sigma_{i50} / 2C_u = E_{50} \epsilon_{50} / 2C_u \quad (4)$$

$$E_{50} / C_u = 2FI / \epsilon_{50} \quad (5)$$

또한, 시컨트 계수  $E_u$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$E_u = (\sigma_1 - \sigma_3) / \epsilon \quad (6)$$

## 3. 대형자연시료 채취기 구성 및 채취방법

### 3.1 대형자연시료 채취기 구성

본 연구에서는 현재 적용하고 있는 여러 가지 대형자연시료 채취기의 장점을 수렴하여 영종도 기반조건에 가장 적합한 시료 채취기를 제작하여 시험을 수행하였다. 본 연구에 적용한 대형자연시료 채취기는 직경 250mm, 높이 400mm의 원통형 시료를 채취할 수 있도록 제작하였으며 대형자연시료 채취기는 시추조사기에 연결하여 사용한다. 샘플러의 제원은 다음과 같다.

대형자연시료 채취기 및 채취현장		제 원
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampler 직경 : Ø260mm</li> <li>• Sampler 높이 : Ø650mm</li> <li>• 채취시료 직경 : Ø250mm</li> <li>• 채취시료 높이 : Ø400mm</li> <li>• Sampler재질 : PVC관</li> <li>• 시료절단 방식 : 피스톤 Cutter</li> <li>• 수압 펌프 용량 : 20kg/cm</li> </ul>

그림 1. 영종도 현장에 적용한 대형자연시료 채취기

### 3.2 대형자연시료 채취 및 시험 방법

#### 3.2.1 대형자연시료 채취 방법

대형자연시료와 피스톤샘플시료의 교란정도를 비교하기 위한 시료채취과정 및 현장시험은 다음과 같은 순서로 진행하였다.

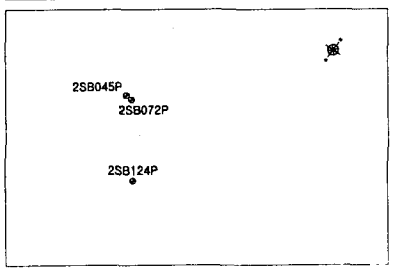
- ① 피조콘관입시험 및 시추조사 : 예비적인 지반 조사로 연속적인 지층상태 파악.
- ② 표준관입시험 : 시추조사 시 N치 1~6회에 해당하는 연약지반의 심도 파악, 대형자연시료 채취 가능성도 확인
- ③ 피스톤샘플링 : 대형자연시료채취 심도 결정 후 인접지점에서 피스톤 샘플링으로 시료 채취
- ④ 현장배인시험 : 피스톤 샘플링 위치에서 현장배인시험 수행
- ⑤ 피조콘소산시험 : 동일심도의 인접한 지점에서 피조콘 소산시험 실시하여 수평압밀계수 산정
- ⑥ 대형자연시료 채취 : 결정된 심도에서 대형자연시료 채취하여 진동, 충격 등에 유의하여 이동

#### 3.2.2 시료 채취 위치 결정

대형 자연시료채취 위치 선정은 제3활주로 지역이 적합할 것으로 판단되며, 채취심도는 5.0m이내의 상부 연약층 CL층을 적합할 것으로 판단되어, N값 1~4의 연약 점토층을 대상으로 대형자연시료를 채취하였다.

표 2. 대형자연시료 채취 심도 및 위치

공 변	Local Coordi.		EL(m)	심도(m)		위 치
	X	Y		Piston Sampling	Block Sampling	
2SB045P	23,450.0	47,925.0	-1.32	3.8~4.6	3.8~4.9	3활주로 북측
2SB072P	23,393.0	48,022.7	-1.087	3.0~3.8	3.0~3.5	3활주로 북측
2SB124P	20,550.0	48,227.0	2.438	3.0~3.8	3.2~3.65	3활주로 남측



#### 3.2.3 시험 및 분석 계획

수행한 시험 항목 및 분석과정은 다음과 같다.

- ① 피스톤샘플시료와 대형자연시료의 교란정도를 정성적으로 평가하고, 실내시험 및 현장시험을 통하여 물리적특성, 역학적특성 및 압축특성을 비교, 분석한다.
- ② 전단강도 산정시 시료의 크기에 따른 교란정도를 파악하기 위하여 다양한 크기의 시편( $\phi=35, 50, 75\text{mm}$ )을 이용하여 일축압축시험을 수행하고, 이를 분석한다.

- ③ 압밀계수 산정시 압밀시험기( $\phi=6\text{cm}$ )와 Rowecell 시험기( $\phi=15\text{cm}$ )를 이용하여 수직 및 수평 압밀계수를 산정하고 이를 분석한다.
- ④ 현장 소산시험으로 수평압밀계수를 산정하고, 이를 이용하여 적정 압밀비( $C_H/C_V$ )를 산정한다.

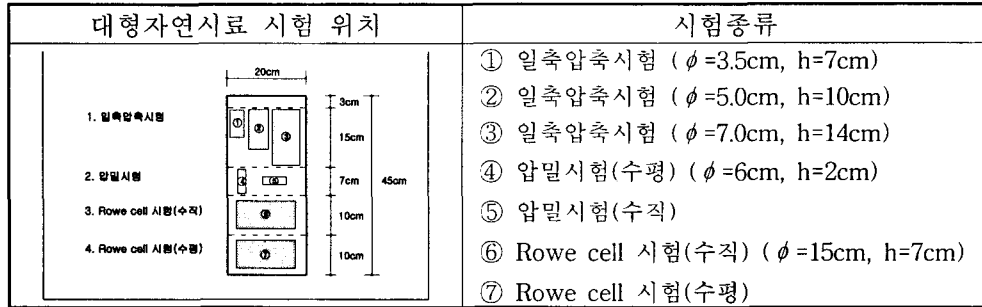


그림 2. 대형시료채취에 따른 시험계획

## 4. 시험 결과 및 분석

### 4.1 물리적 특성 분석

대형자연시료(Block sample)와 피스톤샘플시료(Piston sample)의 함수비, 액성 및 소성한계, 비중, 단위중량을 비교하여 시료의 교란정도가 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 대형자연시료와 피스톤샘플시료 실내시험결과를 비교해 보면 함수비, 액성 및 소성한계, 비중, 단위중량 등 물리적 특성은 거의 유사한 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 시료의 교란 정도는 점성토의 물리적 특성에 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

### 4.2 역학적 특성 분석

#### 4.2.1 일축압축시험에 의한 교란도 평가

시료의 교란도에 따른 점성토의 역학적 특성은 일축압축시험을 통하여 산정한 응력-변형률 관계를 통해 분석될 수 있다. 연구 결과에 의하면 충격점토는 일축압축시험 시 2~6%의 파괴변형률을 나타내며(일본토질공학회, 1996), 6%이상의 파괴변형률을 나타내면 이는 시료가 심하게 교란된 것으로 간주할 수 있다.

본 연구에서는 시료의 일축압축시험을 수행하여 파괴 시 변형률 6%를 기준으로 시료의 교란정도를 정성적으로 평가하였으며, 교란시료와 비교란시료의 일축압축강도와 탄성계수의 비를 산정하여 이를 검증하였다.

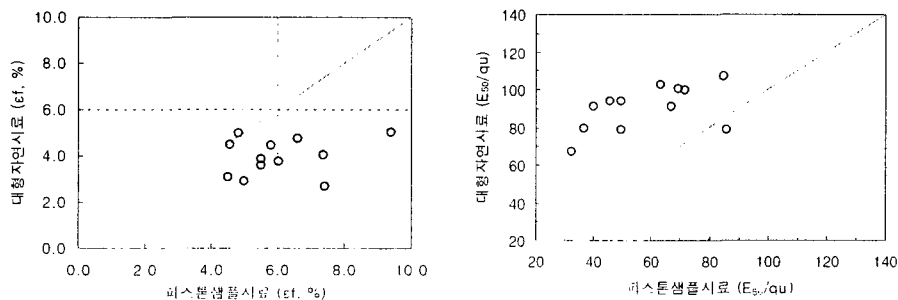


그림 3. 대형자연시료와 피스톤샘플시료 교란정도 평가

교란도 평가 결과 대형자연시료의 파괴변형률은 약 2.7~5.0%로 파괴 변형률 기준인 6%보다 작은 상태 즉, 양호한 상태를 보이고 있으나, 피스톤샘플시료의 파괴변형률은 4.5~9.4%의 범위를 나타내고 있다.

또한 일축압축강도- 탄성계수 비( $E_{50}/q_u/2$ ) 비교결과, 대형자연시료의 일축압축강도- 탄성계수 비는 67~107범위를 보이고 있는 반면, 피스톤샘플시료는 32~86의 범위를 나타내고 있다.

#### 4.2.2 일축압축시험 결과

시료 교란의 정성적 평가 결과를 바탕으로 대형자연시료와 피스톤샘플시료의 일축압축시험 결과를 분석하였으며, 이를 현장배인시험 결과와도 비교하였다.

분석 결과 전단강도의 경우, 대형자연시료가 피스톤샘플 시료에 비해 약 1.27배 크게 산정된 것을 알 수 있다. 이는 시료 교란도에 따른 영향으로 상대적으로 시료교란이 적은 대형자연시료가 피스톤샘플시료에 비해 다소 큰 비배수강도를 나타내고 있다.

현장배인시험은 피스톤샘플시료와 동일한 위치에서 수행하였으며 전단강도 평가결과 실내시험으로 산정한 전단강도에 비해 다소 크게 산정된 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 현장배인시험의 특성 및 시료의 교란 정도에 따라 비배수강도에 차이가 발생한 것이라 판단된다.

또한 시료의 크기에 따라 전단강도를 산정하여 시료 크기에 따른 강도특성을 분석하고자 시편 크기( $\phi=35, 50, 70\text{mm}$ )를 변화시키면서 일축압축시험을 수행하였다.

시료 크기에 따른 전단강도 분석 결과, 비배수전단강도의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 시료 채취시 시료의 크기가 커지면 시료의 교란 정도가 감소되나, 제한된 시료 크기 범위( $\phi=35, 50, 70\text{mm}$ ) 내에서는 시료 성형시 교란에 미치는 영향은 극히 미비한 것을 알 수 있었다.

표 3. 일축압축시험 및 현장배인시험 결과 분석

공 변	종류	심도(m)	전단강도		현장배인시험 ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )
			Su ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	비율 (B/P)	
2SB045P	Block	3.8~4.9	2.26	1.23	2.40
	Piston	3.8~4.6	1.84		
2SB072P	Block	3.0~3.5	2.01	1.16	2.20
	Piston	3.0~4.8	1.74		
2SB124P	Block	3.2~3.65	1.65	1.42	1.29
	Piston	3.0~4.8	1.16		
평균				1.27	

표 4. 시료크기에 따른 일축압축시험 결과 분석

공 변	시료크기	전단강도 (대형) ( $\text{tf}/\text{m}^2$ )	비율	전단강도 (피스톤) (대형)	비율
2SB045P	35mm	2.25	1.00	1.85	1.00
	50mm	2.29	1.02	1.84	1.00
	75mm	2.25	1.00	1.81	0.98
2SB072P	35mm	2.01	1.00	1.72	1.00
	50mm	1.19	0.99	1.76	1.02
	75mm	2.01	1.00	1.74	1.01
2SB124P	35mm	1.65	1.00	1.16	1.00
	50mm	1.66	1.01	1.40	1.21
	75mm	1.70	1.02	1.46	1.26
평균	35mm	1.00			
	50mm	1.04			
	75mm	1.05			

### 4.3 압축 및 압밀특성 비교

#### 4.3.1 체적변형률에 의한 교란도 평가

체적변형률에 의해 교란 정도를 평가하는 방법은 점성토를 현장유효응력으로 압밀시 발생하는 체적변형률을 파악하여 교란 정도를 정성적으로 평가하는 방법이다. Kleven(1986)이 제시한 기준에 따라 심도에 따른 응력이력과 OCR과의 관계를 기준으로 현장유효응력으로 압밀시 발생하는 체적변형률을 다음과 같이 산정하였다.

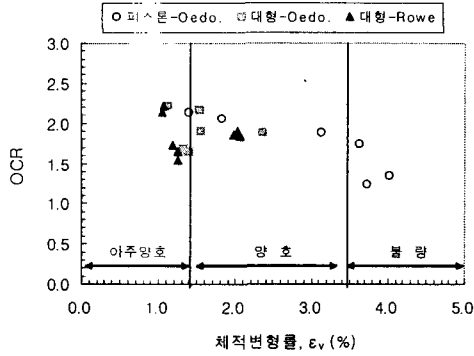


그림 4. OCR과 체적변형률 관계에 따른 교란정도 평가

Kleven(1986)이 제시한 기준에 따라 시료의 교란도를 평가한 결과 대형자연시료의 경우 현장유효응력으로 압밀시 체적변형률이 평균 1.5%로 양호~아주양호한 상태를 나타내고 있으며, 피스톤샘플시료는 평균 2.95%로 양호~불량한 시료상태를 보여준다.

#### 4.3.2 압축 및 압밀시험 결과

대형자연시료와 피스톤샘플시료의 간극비와 압축지수 분석 결과 간극비와 압축지수는 시료의 교란도와 관계없이 거의 유사한 결과를 나타내었다. 시료 교란도에 따른 압축지수 차이는 시료의 과압밀 정도에 따라 다르게 산정되므로 일률적인 경향을 찾기가 힘들며, 본 시험에는 대형자연시료와 피스톤샘플시료에서 비교적 유사한 결과를 나타내었다.

산정한 압밀특성곡선으로부터 대형자연시료와 피스톤샘플시료의 압밀시험결과를 분석하였고, 각각의 경우 수평압밀계수와 수직압밀계수를 분석하여 압밀비( $C_h/C_v$ )를 산정하였다. 또한 현장소산시험으로 수평압밀계수를 산정하여 압밀비 산정시 자료로 활용하였다.

대형자연시료와 피스톤샘플시료의 압밀시험 분석 결과 수직압밀계수 경우, 상대적으로 교란의 영향이 적은 대형자연시료가 피스톤샘플 시료에 비해 1.35배 크게 나타났으며, 수평압밀계수 경우 1.46배 크게 산정되었다.

점성토시료의 이방성에 따른 압밀비( $C_h/C_v$ )를 산정하기 위해서 실내 압밀시험과 현장소산시험을 수행하였으며, 분석 결과는 다음과 같다.

대형자연시료와 피스톤샘플시료의 점성토 이방성에 따른 압밀비( $C_h/C_v$ ) 산정 결과 평균 압밀비는 1.68 정도로 나타났다. 또한 현장에서 소산시험을 통해 산정한 수평압밀계수와 대형자연시료 실내 압밀시험을 통해 산정한 수직압밀계수를 비교한 결과 평균 압밀계수비는 2.38로 나타났다.

현장소산시험을 통해 산정한 수평 압밀계수는 실내압밀시험결과와 비교할 때 다소 크게 산정되었는데 이는 현장시험의 특수성 및 실내시험 시 발생하는 시료교란 때문인 것으로 판단된다.

표 5. 수직 및 수평압밀특성 분석 결과

공 변	종류	압밀계수			
		$C_v$ ( $\times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ )	비율 (B/P)	$C_h$ ( $\times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ )	비율 (B/P)
2SB045P	Block	6.81	1.39	11.4	1.41
	Piston	4.91		8.04	
2SB072P	Block	5.20	1.25	9.09	1.20
	Piston	4.15		7.60	
2SB124P	Block	4.41	1.42	7.76	1.77
	Piston	3.10		4.38	
평균			1.35		1.46

표 6. 압밀시험과 현장소산시험을 통한 압밀계수비

공 변	종류	심도(m)	압밀시험결과	소산시험결과
			$C_h / C_v$	$C_h(\text{소산})/C_v(\text{Block})$
2SB045P	Block	3.8~4.9	1.67	2.01
	Piston	3.8~4.6	1.64	-
2SB072P	Block	3.0~3.5	1.75	2.23
	Piston	3.0~4.8	1.83	-
2SB124P	Block	3.2~3.65	1.76	2.90
	Piston	3.0~4.8	1.41	-
평균			1.68	2.38

## 5. 결론

시료의 교란정도에 따른 점성토의 물리적특성, 강도특성 및 압축특성을 파악하기 위해서 대형자연시료와 피스톤샘플시료를 이용하여 실내시험과 현장시험을 수행하였으며 분석 결과는 다음과 같다.

1. 함수비, 액성, 소성한계, 비중 및 단위중량 등 물리적특성 분석결과 시료의 교란정도가 점성토의 물리적특성에 미치는 영향은 거의 없는 것을 알 수 있다.
2. 일축압축시험결과 대형자연시료의 파괴변형률은 2.7~5.0%, 피스톤샘플 시료는 4.5~9.4%의 범위를 나타내며, 대형자연시료가 피스톤샘플 시료에 비해 1.27배 큰 전단강도를 나타내었다.
3. 일축압축시험 시 시편의 크기( $\phi=35, 50, 70\text{mm}$ )에 따른 전단강도 분석 결과, 강도 변화는 거의 나타나지 않았으며, 이는 제한된 시료 크기 내에서는 시료 성형시 교란의 차이가 미비한 것을 알 수 있었다.
4. 압밀시험결과 대형자연시료의 체적변형률은 평균 1.5%, 피스톤샘플시료는 평균 2.95%를 나타내었으며, 수직압밀계수는 대형자연시료가 피스톤샘플 시료에 비해 1.35배, 수평압밀계수는 1.46배 크게 산정되었다.
5. 점성토 이방성에 따른 압밀계수 비( $C_h/C_v$ ) 산정 결과, 실내 압밀시험을 이용한 경우 수평 및 수직 압밀계수비는 1.68, 현장소산시험을 통한 수평압밀계수를 이용한 경우 2.38로 나타났다.
6. 따라서 대형자연시료는 피스톤샘플시료에 비해 교란정도가 적은 것을 알 수 있으며, 시료 교란정도는 점성토 역학적특성 및 압밀특성에 영향을 미치므로 설계시 이를 적절히 반영해야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구의 수행을 위하여 도움을 주신 인천국제공항공사 공항시설팀 관계자 여러분들께 깊은 감사를 드립니다.

## 참고 문헌

1. 권 오순, 김 병일, 정 충기, 김 명모 (1995), "정규압밀점성토의 이방성에 관한 연구", 한국지반공학회 논문집, Vol 11, No. 1, pp. 41~50
2. 김 영진(2000), "비교란 시료 채취가 가능한 대구경 샘플러의 개발 및 적용", 한국건설기술연구원, 국제심포지엄 논문집. pp. 27~71.
3. 김 도훈, 박 성재, 정 경환, 오 원택 (2001), "흡입시험에 의한 양산지역 점성토의 교란특성에 관한 연구", 대한토목학회 2001년 학술발표회 논문집, pp. 1~4
4. Baligh, M. M., Azzouz, A. S. and C. T. Chin(1987). "Disturbances due to Ideal Tube Sampling." Jr. of the Geot. Eng., ASCE, Vol. 113, No.7, Sept., pp. 1108-1136
5. Carrubba, P. (2000). "Stress Relief Disturbance and Residual Pore Pressure in Cohesive Soils". Soils and Foundation, Vol. 40, No. 1, 57~72., Japanese Geotechnical Society.
6. Donald P. Coduto (1999). "Geotechnical Engineering Principles and Practices". Prentice-Hall, Inc.
7. Horiuchi, T., Eiki, A., and Funahashi, M. (1987). "Evaluation of Sample Quality by Thin Wall Sampling Tube". Proceeding of the 8th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1.