

# 흡수력 시험을 이용한 시료의 교란성과 지질학적 특성과의 상관관계에 관한 고찰

오원택<sup>\*1</sup>, 박성재<sup>\*2</sup>, 정경환<sup>\*3</sup>, 여주태<sup>\*4</sup>

## 1. 서론

지반에서 채취된 시료의 실내시험을 통해 평가된 강도나 압밀특성은 원지반의 특성과는 어느 정도 차이를 나타낸다. 이러한 차이는 시료가 지상으로 채취되면서 겪게되는 응력해방과 a) 시추시 압력수에 의한 전단 및 압축 b) 샘플러 튜브의 압입에 의한 전단 및 압축 c) 샘플러를 지상으로 올릴 때의 인장 및 비틀림 d) 시료의 운반에 의한 충격 e) 샘플러를 해제하고 시료를 밀봉할 때의 충격 및 진동 f) 시료의 성형에 의한 전단 및 압축 등과 같은 기계적 교란이 그 원인이라 할 수 있다.

일반적으로 시료의 교란도(degree of disturbance)를 평가하는 방법에는 일축압축시험에 의한 방법, 압밀시험에 의한 방법 그리고 흡수력 시험에 의한 방법 등이 있다. 일축압축시험에 의한 방법은 일축압축강도( $q_u$ ), 파괴시의 변형률( $\epsilon_r$ ),  $E_{50}/q_u$  등의 상대적인 크기를 비교하는 방법이며 압밀시험에 의한 방법은 압밀시험 결과에 의한 곡선( $e-\log_p, \log_c-\log_p$ )의 형태나 체적변형률(Shogaki와 Kaneko, 1994)을 이용하는 방법이다. 흡수력을 이용한 방법은 흡수력과 교란도가 반비례한다는 원리를 이용한 것으로서(田中政典 등, 1995), Tanaka 등(1996)은 5종류의 서로 다른 샘플러로 채취된 시료의 품질 비교에 관한 연구에

서 품질이 높은 시료의 교란비 - 유효상재하중에 대한 흡수력의 비 - 는 정규압밀 또는 약간 과압밀된 점토의 경우 1/5에서 1/6 사이의 값을 가진다고 보고한 바 있다.

이 외에도 시료교란에 대한 많은 연구가 이루어지고 있지만, 대부분의 기존 연구들은 서두에 언급된 외적요인들에 대해서만 초점이 맞추어졌을 뿐 토질 특성의 가장 기본이 되는 지질학적 이력과 같은 내적 원인에 대한 고찰은 거의 이루어지지 않았던 것이 사실이다. 따라서, 본 연구에서는 양산지역에서 채취한 시료에 대해 흡수력 시험을 실시하여 시료의 교란도를 평가하고 지반의 지질적 특성과는 어떠한 상관관계가 있는지를 고찰해보고자 한다.

## 2. 흡수력 시험

### 2.1 흡수력 측정 방법

흡수력을 측정하는 방법에는 직접적인 방법과 간접적인 방법 있다. 직접적인 방법은 시료내부의 간극수압을 직접 측정하는 방법으로서 tensiometer나 plate pressure를 예로 들 수 있다. 한편, 대기압 하에서 높은 흡수력을 측정하기 위해 사용되는 장치들은 습도(psychrometer), 흡수(filter paper) 또는 전기적 저항(gypsum 또는 thermal block)과 같은 몇몇 다른 물리적 특성에 대한 교정(calibration)을 필요로 하기 때문에 간접적인 방법이라고 할 수 있

\*1 정회원, 부산대학교 공과대학 토목공학과 박사수로

\*2 정회원, 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*3 정회원, (주)동아지질 대표이사

\*4 정회원, 부산대학교 토목공학과 석사과정

표 1. 흡수력 측정 방법

	Suction value*	Principal usage	Direct / indirect	Range(kPa)	Equilibrium time
Vacuum dessicator	Total	Lab.	Indirect	103~106	Months
Psychrometer	Total	Field	Indirect	300~7000	Months
Filter paper	Total	Field	Indirect	1000~30000	Weeks
	Matrix	Lab.	Indirect	30~30000	1 week
Porous block	Matrix	Field	Indirect	30~3000	Weeks
Thermal block	Matrix	Field	Indirect	0~175	Days
Suction plate	Matrix	Lab.	Direct	0~90	Hours
Tensiometer	Matrix	Field	Direct	0~90	Hours
Pressure plate	Matrix	Lab.	Direct	0~5000	Hours
Osmotic tensiometer	Matrix	Field	Direct	0~1500	Days

\* As defined by Aitchison and Richards(1965)

다. 흡수력을 측정하는데 소요되는 시간은 몇 시간에서 몇 달까지 매우 다양하다. 표 1은 흡수력 측정에 사용되는 일반적인 방법들을 정리한 것이다(Ridley와 Burland, 1993). 본 연구에서는 tensiometer의 원리를 적용한 장치가 사용되었다.

### 2.2 흡수력 측정 원리

tensiometer와 같이 세라믹 디스크를 이용하여 흡수력을 측정하는 방법은 세라믹 디스크가 완전히 포화될 경우, 수축면(contractile skin)의 작용에 의해 그 내부로 물은 통과시키지만 공기는 통과시키지 않는다는 원리를 이용한 것이다(Fredlund와 Rahardjo, 1993). 수축면 위의 공기압과 아래의 수압 사이에는 압력의 차이가 발생하게 되는데 이 값이 바로 흡수력(S)이 된다. 만약 대기압 상태라고 하면 공기압이 '0'이 되므로 다음의 상관관계가 성립한다.

$$S = \sigma'_v = (u_a - u_w) = -u_w \quad (1)$$

여기서,  $u_a$  : 간극 공기압,  $u_w$  : 간극수압

한편, 공기함입저항치(air entry value)는 세라믹 디스크 표면을 통해 유지될 수 있는 최대 흡수력으로

서 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다(그림 1).

$$(u_a - u_w)_d = \frac{2T_s}{R_s} \quad (2)$$

여기서,  $(u_a - u_w)_d$  = 세라믹 디스크의 공기함입저항치

$T_s$  = 수축면의 표면인장력

$R_s$  = 세라믹 디스크 내의 최대 간극의 반경

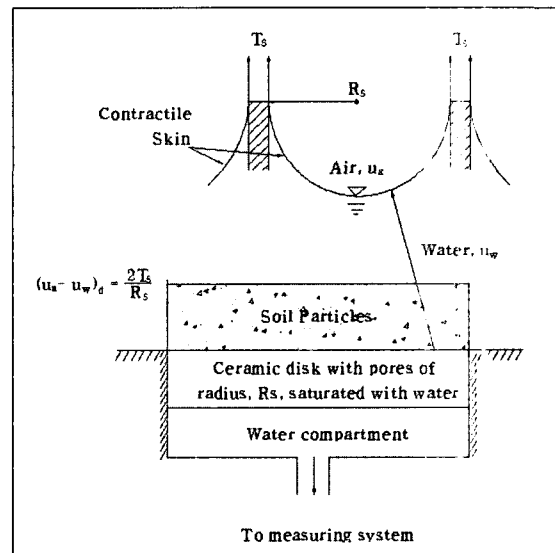


그림 1. 흡수력 측정원리

연구에 사용된 세라믹 디스크의 공기함입저항치는 약  $2\text{kgf/cm}^2$ 이다.

### 2.3 흡수력 측정 장치

흡수력 측정장치의 구성은 사진 1과 같다. 기저부에는 탈기수 배기 밸브(①)와 간극수압계(②)가 연결되어 있으며 그 외에 세라믹 디스크(③), 멤브레인

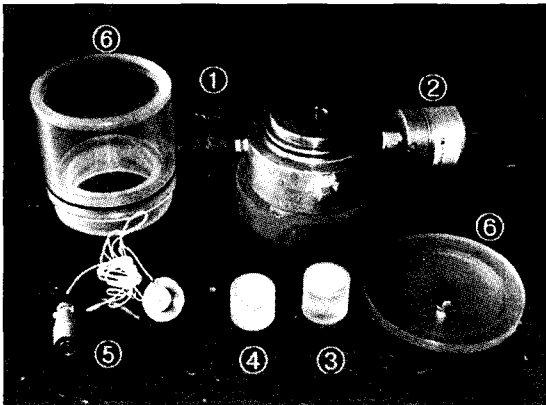


사진 1. 흡수력 측정 장치의 구성

을 씌우기 위한 캡(cap)(④), 하중 측정을 위한 로드 셀(⑤) 그리고 세라믹 디스크를 탈기시키기 위한 원통(⑥) 등으로 구성된다. 본 연구에 사용된 장치는 흡수력 측정에 소요되는 시간이 최대 40분 정도로 매우 짧으며 그 방법이 비교적 간단하다(土と基礎, 1998). 흡수력은 시간의 경과와 더불어 지속적으로 변하기 때문에 흡수력 측정을 시작한 시점에서의 흡수력을 특히 초기 흡수력( $S_0$ )(Shogaki, 1998)이라고 하며, 본 연구에서도 이 값을 사용하였다.

### 3. 연구 대상지역

본 연구는 양산 물금지구 일대에 대해 이루어졌다(그림 2). 시료를 채취한 곳은 단지조성을 위한 매립층이 약 5m의 두께를 형성하고 있으며 그 아래로 연약한 점토층(CH)이 분포하고 있다. 점토층은 기수성 점토-해성점토-기수성 점토의 순으로 퇴적되어 있으며, 피에조콘 시험(CPTU)에 의한 입경분포 외에 심도별 함수비, 액성지수(LI)는 그림 3과 같다(정

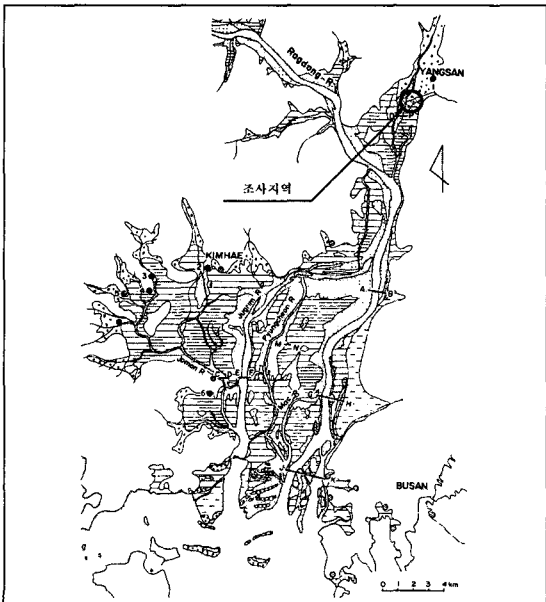


그림 2. 조사지역

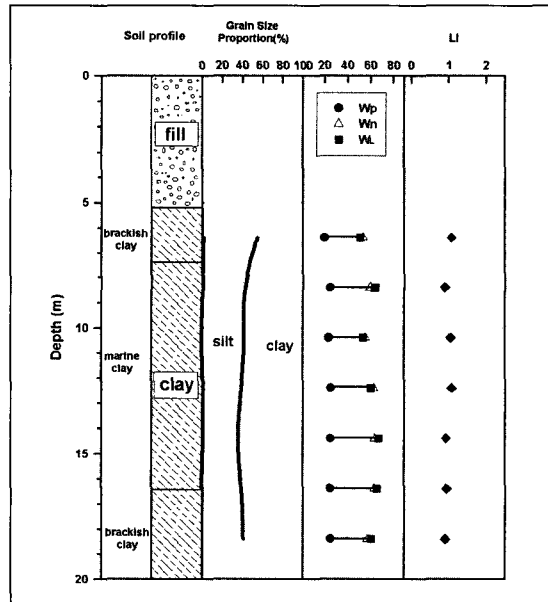


그림 3. 토질 주상도

경환 등, 2001).

시료는 수압식 피스톤 샘플러(이하 HPS, Hydraulic Piston Sampler)와 고정식 피스톤 샘플러(이하 FPS, Fixed Piston Sampler)를 사용하여 채취하였다. FPS는 샘플링 튜브를 지중에 관입할 때 충격없이 winch나 chain block 등을 이용하여 밀어 넣는 방법을 사용하기 때문에 교란을 최소화할 수 있는 반면, HPS는 수압을 사용하기 때문에 수압이 일정하지 않을 경우 FPS에 비해 더 큰 교란이 발생하게 된다(오원택, 2000). 두 종류의 서로 다른 샘플러를 사용한 이유는 HPS는 국내에서, FPS는 일본에서 주로 사용되고 있는 샘플러로서, 설명한 바와 같이 채취된 시료의 교란도가 서로 다르기 때문에 흡수력과 교란의 상관관계를 밝히기에 적합하기 때문이다.

#### 4. 심도별 흡수력의 크기

그림 4는 깊이에 따른 흡수력의 크기를 나타낸 것이다. 흡수력은 모든 깊이에 대해 FPS가 더 큰 값을

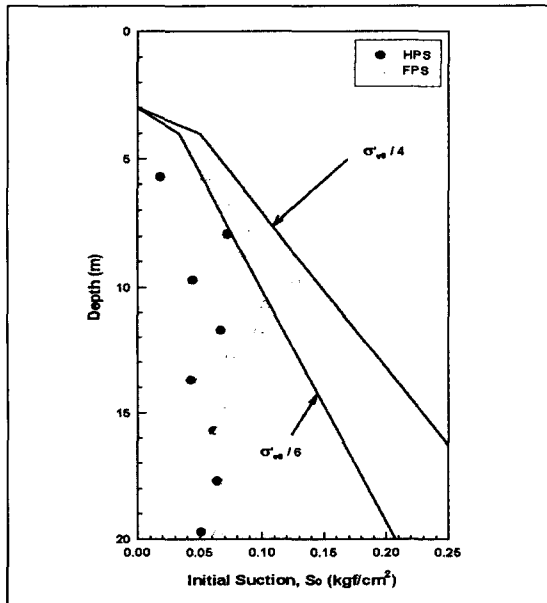


그림 4. 심도별 흡수력 크기

보이므로, FPS의 교란도가 더 적음을 알 수 있다. 특히 5.7m와 9.7m에서는 FPS가 HPS보다 약 3배 이상 더 큰 값을 보이기도 했다. 교란비는 약 12m 정도까지의 FPS만이 약 1/5로 좋은 품질을 나타낸 반면 그 이하 심도에서는 두 시료의 흡수력이 비슷해지면서 교란도가 더 커지는 경향을 보였다. 이는 약 12m 이후의 지반에 대해서는 샘플링 기술과는 무관하게 유사한 정도의 큰 교란이 발생했음을 의미하는 것으로서, 5장에서 논의될 지질학적 특성 또한 이러한 결과와의 연관성을 중심으로 이루어질 것이다.

### 5. 지질학적 특성

#### 5.1 지질 분석 결과

채취된 시료(GL -5.10 ~ -21.78m)에 대한 지질 분석 결과는 다음과 같다. 하부층인 GL -16.45 ~ -21.78m 지점은 실트질 점토층으로 비교적 유기질 점토가 많고, 패각을 함유하고 있다. 그 상부층인 GL -7.19 ~ -16.45m 지점은 패각을 함유하고 있고 그 위는 모래층으로 구성되어 있다. 또 이 지점에는 10~50mm 정도의 자갈을 함유하고 있다. 자갈은 각섬석 등의 미소광물을 함유한 다공질의 경석상의 자갈이며, 점토 중에는 불규칙하게 섞여있으나 GL -7.20m 부근에는 비교적 밀집해 있고, 상부 GL -5.3m 지점에는 패각이 밀집해 있다. 한편, GL -16.45m 이상의 심도에서는 담수성 퇴적물들이 관찰되었으며 해성 퇴적임을 나타내는 미화석(유공충, 패각편, 편형충, 와니, 산시화성, 해수성 규조)은 보이지 않았다. GL -7.42~-16.45m까지는 해성 미화석이 연속하여 나오고 있어서 이 지역이 해성의 퇴적 환경 하에서 형성되었음을 알 수 있다. GL -7.42~-16.45m에서는 해성 미화석이 아주 적고, 운모와 식물편 등의 염기성 물질이 많이 나타나는 것으로 보아, 내만의 간만에 의해 퇴적되어 형성된 기수성 퇴적물로 판단된다. 해수역의 최대심도는 해성 화석의

표 2. 지질 분석 결과

Depth GL-(m)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	Species of diatoms
5.20~5.21	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+		Cyc.
5.41~5.42	-	++	-	-	+	+	++	-	-	-		Cos.
5.67~5.68	-	-	-	-	+	+	++	+	-	-		Cos.
6.21~6.22	-	-	-	-	+	++	+	+	+	-	-	
6.41~6.42	-	-	-	-	+	+	+++	-	-	-	-	
6.67~6.68	-	+	-	-	+	++	+	++	+	-		Cos.
7.11~7.12	-	-	-	-	-	++	+	+++	+	-		Cos.
7.42~7.43	++	++	+	-	-	+	+	+++	+	-	+	Cos., Ms., Nc., Epi.
7.68~7.69	+	+++	+	-	+	+	+	+++	++	-	+	Cos., Cs., Epi.
8.41~8.42	+++	+	+++	++	+	++	+	++	+	-	+	Cos., Epi., Cs.
8.67~8.68	+	+	++	-	+	+	+	++	+	-		Cos.
9.43~9.44	-	-	-	-	++	+	+++	-	-	++		Cos., Sur., Nan., Nc.
9.69~9.70	+++	++	+++	-	+	+	+	++	++	-		Ds.
10.10~10.11	+++	++	++++	-	+	+	+	++	+	-		NI.
10.41~10.42	+++	+++	+++	-	-	+	+	++++	++	-		Ds., Ms.
10.67~10.68	-	+++	-	-	-	+	+	+++	-	-		Ms.
11.10~11.11	+++	++	+++	-	+	+	+	++	++	-	-	
11.41~11.42	+++	++	+++	+	-	+	+	++	++	-	-	
11.67~11.68	+++	+++	+++	-	+	+	-	++	++	-	-	
12.10~12.11	+++	+++	+++	-	+	+	+	++	++	-		Dc.
12.41~12.42	+++	++	++	+	+	+	+	++	++	-		Nc.
12.67~12.68	+++	++	++	+	+	+	+	+++	++	+		Cos.
13.67~13.68	+++	+++	+++	+	+	+	-	+++	++	+		Cos.
14.10~14.11	+++	++	+++	-	+	+	+++	+	++	-	-	
14.41~14.42	+++	++++	++	-	+	+	-	+++	-	-	-	
14.67~14.68	+++	++	++	-	+	+	-	++	+	-	-	
15.10~15.11	+	++	+	-	+	+	++	++	+	+		Cos.
15.41~15.42	++	++++	+++	+	+	+	+	++	+	-	-	
15.67~15.68	+++	++	+++	-	+	+	+	+++	+	-	-	
16.10~16.11	+	++	++	-	-	+	+	++	+	-	-	
16.41~16.42	+	++	-	-	-	+	+	++	-	-	-	
17.41~17.42	-	++	-	-	+	+	+	++	-	-	-	
17.67~17.68	-	-	-	-	+	+	++	+	-	-	-	
19.41~19.42	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	
19.57~19.58	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	
21.10~21.11	-	-	-	-	++	+	++	-	-	-	-	
21.41~21.42	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	
21.67~21.68	-	-	-	-	+	+	++	+	-	-	-	

Ref. (1) foraminifera (2) shell fragment (3) ostracods (4) sea urchin (5) volcanic grass (6) mica (7) plant fragment (8) pyrite (9) nanno fossil (10) maline diatoms (11) nonmaline diatoms

산출량으로 판단할 때 GL -14.41~-9.69m 부근으로 생각되지만, 난노 화석의 산출량이 그다지 많지

않기 때문에 약 십 수m 정도라고 생각된다(北田 등, 1999).

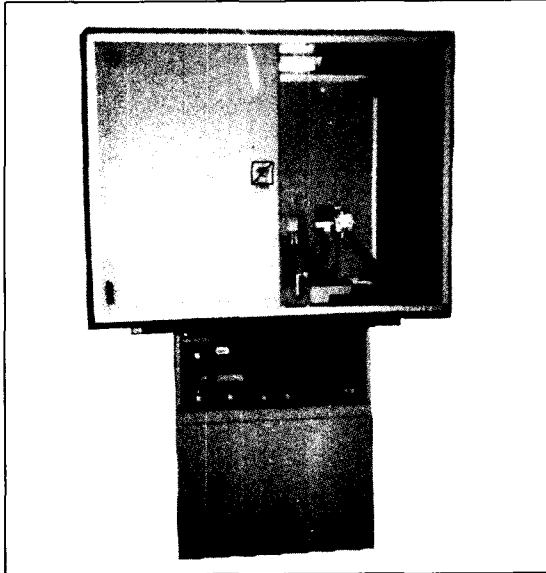


사진 2. X-선 회절분석기(Philips)

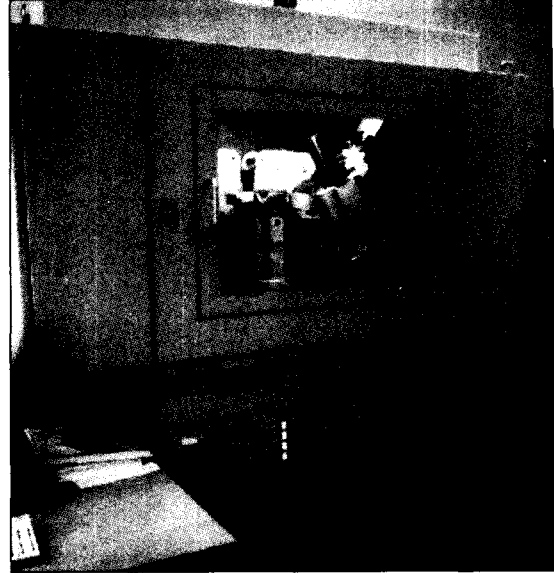


사진 3. X-선 회절분석기(Seimens)

## 5.2 X선 회절분석 결과

X선 회절분석으로 점토광물 성분을 분석하였다. X선 회절분석기(X-ray Diffractometer)는 Philips(사진 2) 또는 Seimens(사진 3) 제품을 사용하였다. 시험은 입경 2mm 이하의 시료에 대해 이루어졌으며, 자연상태 시료(Nature), 글리세롤 처리를 한 시료 그리고 550°C로 가열 처리한 시료로 분류하여 실시하였다. 분석결과, 주요 광물은 일라이트, 카오리나이트 등이었으며 활성도가 큰 스멕타이트는 함유하고 있지 않았다(그림 5). 비록, 자연상태의 시료에서 원자면 간격  $d$ 가 14Å 부근(그림에서  $2\theta$ 가  $7^\circ$  부근)에서 최대치가 관찰되어 이것을 스멕타이트라고 추정할 수도 있지만, 글리세롤로 처리한 시료의 최대점 위치가 변하지 않는 것으로 보아 버미큘라이트(Vermiculite) 또는 크로라이트(Chlorite)의 호층으로 판단된다. 또한, 일라이트(Illite), 카오리나이트(Kaolinite) 및 석영(Quartz)도 많은 양이 관찰되었다(朴性裁 등, 1999).

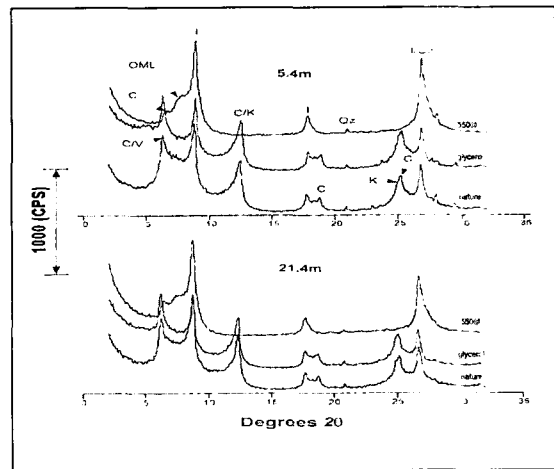


그림 5. X선 회절분석 결과  
(V:Vermiculite C:Chlorite I:Illite K:Kaolinite Qz:Quartz)

## 5.3 미세구조 관찰

점토광물이나 유기물질 등의 형상, 크기 및 특성 등을 파악하기 위해 미세구조 관찰을 시행하였다. 그림 6은 5.4, 9.4 및 17.4m 지점의 미세구조 관찰 결과를 나타낸 것이다. SEM에 의한 미세구조 관찰 결

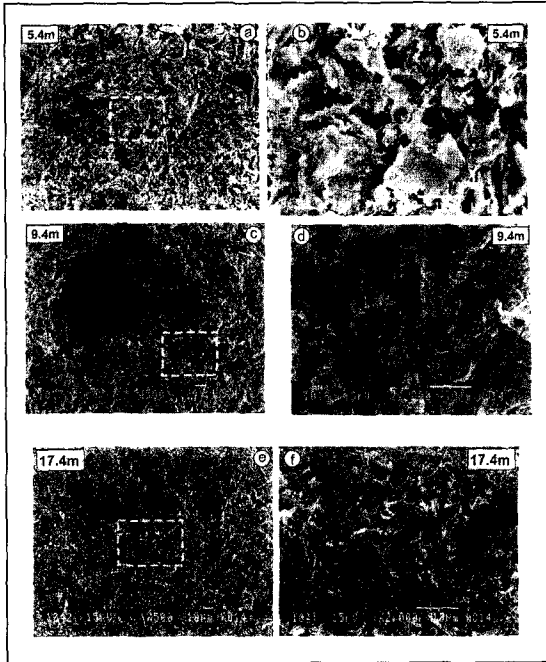


그림 6. SEM 연대분석 결과

과를 통해 5.4와 9.4m 지점의 시료는 약 10~40 크기의 큰 실트 입자가 브릿지(Bridging) 형태를 구성하는 반면, 17.4m 지점의 시료는 각이 지고 유기물질이 함유된 전형적인 하부지반의 특성을 나타냈다 (Tanaka 등, 2001). 한편, Locat and Tanaka (1999)의 연구 결과에 의하면 이러한 상·하부의 미세구조 차이는 약 12~13m 구간을 천이영역으로 하여 변화하는 것으로 조사되었다.

### 5.4 염분도(Salinity)

그림 7은 심도별 염분도 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 약 12~13m 지점에서부터 하부로 내려 갈수록 염분도가 급격하게 감소함을 알 수 있다(北田 등, 1999). 따라서, 이러한 염분도의 감소로 인해 하부에서는 흙 입자간의 결합력이 약화되었을 것으로 생각되며 약 12m 이후에 흡수력이 급격하게 감소된 원인 가운데 하나인 것으로 판단된다.

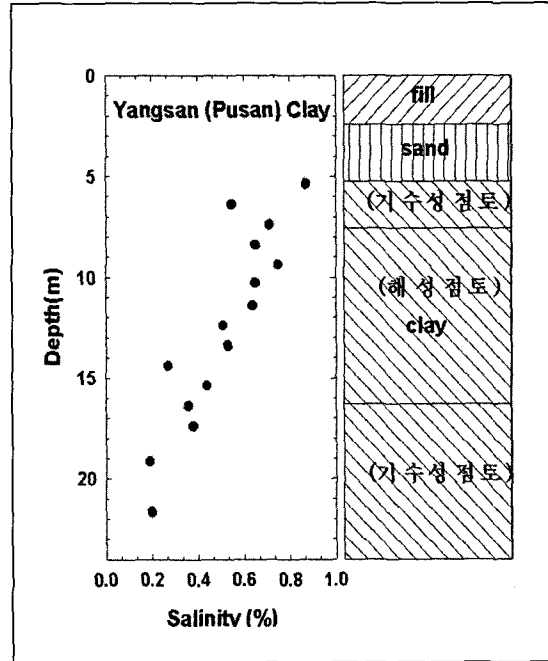


그림 7. 심도별 염분도 분포

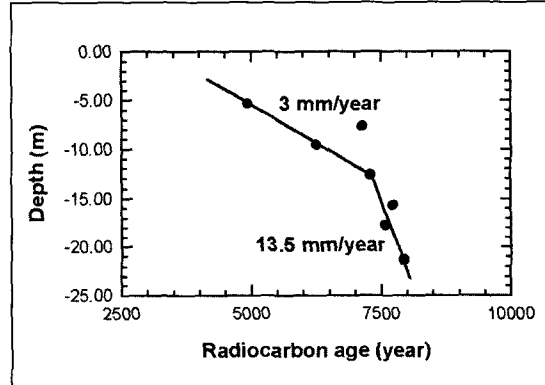


그림 8. 퇴적속도 분석

### 5.5 연대 분석

시료의 연대측정 결과는 표 3 및 그림 8과 같다. 12~13m를 기준으로 했을 때 상부는 3mm/year, 하부는 13.5mm/year 정도로 하부의 퇴적속도가 상부에 비해 4.5배정도 더 빨랐던 것으로 조사되었다.

표 3. SEM 연대분석 결과

Depth(m)	Description	<sup>14</sup> C age(yBP)	δ 13C(0/00)	Calibrated age (1σ)	Method	Treatment
5.38	shell	4931±57	-1.20	-	AMS	Acid-Alkali-Acid
7.68	wood with soil	7142±59	-24.6	-	AMS	Acid-Alkali-Acid
9.58	Wood	6256±59	-24.1	6158 BC to 6140BC 6086 BC to 5888BC	AMS	Acid-Alkali-Acid
12.67	Shell with soil	7298±58	-1.4	-	AMS	Acid-Alkali-Acid
15.67	Shell	7738±58	-4.0	-	AMS	Acid-Alkali-Acid
17.755	Wood with soil	7585±64	-26.9	6502 BC to 6342BC 6311 BC to 6257BC	AMS	Acid-Alkali-Acid
21.36	Wood	7939±66	-26.7	7060 BC to 6641BC	AMS	Acid-Alkali-Acid

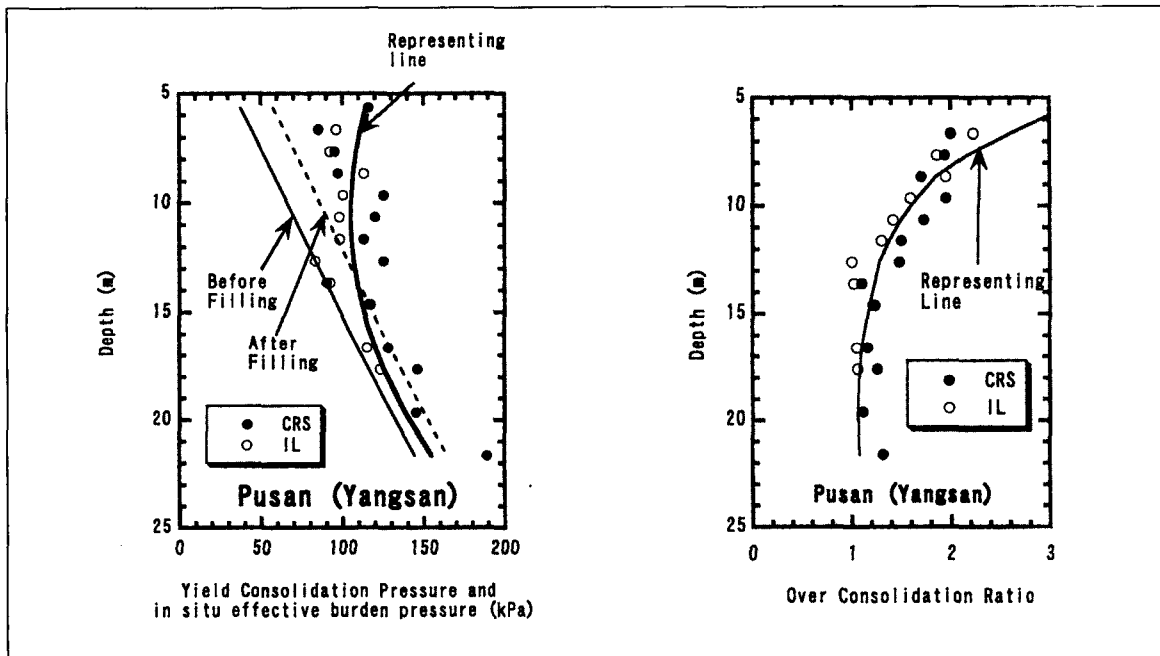


그림 9. CRS 및 IL시험 결과 (左 : 선형 압밀하중, 右 : OCR)

이러한 퇴적속도는 과압밀비(OCR)와 깊은 연관이 있다. 실제로 일정변형률 압밀시험(CRS)과 하중중가 표준압밀시험(IL) 결과를 보면 12~13m를 기준으로 상부는 과압밀 지반이고 하부는 정규압밀 지반임을 알 수 있다(그림 9). 따라서, 상부에 비해 하부의 공학적 안정성이 상대적으로 작기 때문에 염분도와 더불어 약 12m 이후의 급속한 흡수력 감소의 한 원인이 된 것으로 생각된다.

## 6. 결론

양산 물금지구에서 채취한 시료에 대해 흡수력 시험을 실시하여 시료의 교란도를 평가했으며 그 내용을 지질학적 특성과 비교·검토해 보았다. 그 결과 약 12~13m를 기준으로 다음과 같은 상·하부의 뚜렷한 차이를 발견할 수 있었다.



- 1) 흡수력은 약 12m 이후에 급격히 감소하면서 FPS, HPS 모두 유사한 교란도를 보였다.
- 2) SEM 관찰결과 상·하부의 뚜렷한 구조적 차이를 보였다.
- 3) 염분도는 하부로 갈수록 급격히 감소했으며 이로 인해 하부에 퇴적된 입자들의 결합력이 상부에 비해 상대적으로 약화되었을 것으로 생각된다.
- 4) 퇴적속도는 상부 3mm/year, 하부 13.5mm/year로 극명한 차이를 보였다.
- 5) 결론 4)의 영향으로 상부는 과압밀, 하부는 정규압밀 상태였으며 이로 인해 하부의 공학적 안정성이 상부에 비해 저감되었을 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이, 시료의 교란도가 주로 응력해방이나 기계적 교란과에 의해 결정되기는 하지만, 그 이전에 대상지반의 지질학적 특성과도 긴밀한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 따라서, 앞으로 지질학적 특성을 고려한 교란도의 평가가 지속적으로 이루어진다면 흡수력 시험에 의한 교란도 분석을 통해 대략적인 지질학적 특성을 유추할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

1. 오원택(2000), 종류가 다른 샘플러로 채취된 점성토의 토질특성에 관한 연구, 석사학위 논문, 부산대학교, pp. 25-31
2. 정경환, 박성재, 박재환, 김찬홍, 오원택, Suwa. S., Fukuda, M., Tanaka, H., and Mishima, O.(2001), "양산지역의 한일 공동조사 결과", 한국지반공학회, ISS-MGE ATC-7 Symposium, pp. 165-183
3. 田中政典, 田中洋行, 横山裕司, 鈴木耕司(1995), "異なったサンプーで得られた試料の品質評價", サンプリングに関するシンポジウム 発表論文集, 土質工學會 & サンプリング研究委員會, pp. 31-36
4. 土と基礎(1998), 最新のサンプリング技術, 地盤工學會, Vol. 46, No. 5, Ser. No. 484, 寫眞-20 ~ 寫眞-24
5. 北田, 譚加靖二, 田中洋行, 朴性栽, 鄭京皖(1999), "釜山(梁山)粘性土の地質學的性質", 第34回 地盤工學研究發表會, (社)地盤工學會
6. 朴性栽, 鄭京皖, 田中洋行, Locat. J., 譚加靖二(1999), "釜山(梁山)粘性土の工學的的特性(その1) - 物理・化學特性", 第34回 地盤工學研究發表會, (社)地盤工學會
7. Aitchison, G. D. and Richards, B. G.(1965), A broad scale study of moisture conditions in pavement subgrades throughout Australia. 2 : Techniques adopted for the measurement of moisture variables. Moisture equilibria and moisture changes in soils beneath covered areas. Australia, Butterworth
8. Fredlund, D. G and Rahardjo, H.(1993), Soil Mechanics for Unsaturated Soils, John Wiley & Sons, pp. 64-106
9. Locat, J. and Tanaka, H. (1999), "Microstructure, mineralogy and physical properties: techniques and application to the Pusan Clay", Proc. of '99 Dredging and Geoenvironmental Conference, Seoul Korea, Korea Geotechnical Society, pp. 15-31
10. Ridley, A. M. and Burland, J. B.(1993), "A new instrument for the measurement of soil moisture suction". Geotechnique, Vol. 43, No. 2, pp. 321-324
11. Shogaki, T. and Maruyama, Y.(1998), "Estimation of in-situ undrained shear strength using disturbed samples within thin-walled samplers. Geotechnical Site Characterization", Robertson & Mayne(eds) © 1998 Balkema, Rotterdam, pp. 419-424
12. Shogaki, T. and Kaneko, M.(1994), "Effects of sample disturbance on strength and consolidation

parameter of soft clays”, Soils and Foundations, Vol. 34, No. 3, pp. 1-10

13. Tanaka. H., Mishima. O., Tanaka. M, S.Z. Park., and G.H. Jeong. (2001), “Characterization of Yangsan clay Pusan, Korea” , Soil and Foundations, Vol. 41, No. 2, 89-104, Apr. 2001, Japanese Geotechnical Society

14. Tanaka, H., Sharma, P., Tsuchida, T. and Tanaka, M.(1996), “Comparative study on sample quality using several types of samplers”, Soils and Foundations, Vol. 36, Vol. 2, pp. 37-68

## 도서판매안내

1999	김상규 교수 퇴임기념 논문집	무료
1999	토목섬유 학술발표회	무료
1999	11th ARC SMGE	40,000원
2000	토목섬유 기술위원회 특별 세미나	5,000원
2000	정기 가을학술발표회 논문집	8,000원
2000	사면안정 기술위원회 학술세미나	5,000원
2001	정기 봄 학술발표회 논문집	15,000원
2001	토목섬유기술위원회 학술세미나	5,000원
2001	현장기술자를 위한 말뚝기초 워크샵	10,000원
2001	정보화시공위원회 학술발표회	10,000원
2001	정기 가을 학술발표회	10,000원
2001	터널기술위원회 세미나	10,000원
2002	정기 봄학술발표회	15,000원
2002	기초기술위원회 학술발표회	10,000원
2002	이암/세일의 공학적 특성 및 문제	10,000원
2002	현장기술자를 위한 말뚝기초 워크샵	10,000원

※ 홈페이지에서도 도서구입이 가능합니다.

<http://www.kgshome.or.kr> → 학술발간물 → 구입신청

도서판매 담당 : 정 민 성 (02-3474-4428,7865)