

## 포항 연약점토의 공학적인 특성

### The Engineering Characteristics of Soft Clay In Pohang

고경환, Kyung-Hwan Koh<sup>1)</sup> 김지성, Ji-Sung Kim<sup>2)</sup> 류남열, Nam-Yeol Ryu<sup>3)</sup>

- <sup>1)</sup> 삼성중공업 건설부문 토목사업본부 기술팀장, Samsung Heavy Industries Construction Div. Technical Chief Manager  
<sup>2)</sup> 삼성중공업 건설부문 토목사업본부 담당과장, Samsung Heavy Industries Construction Div. Technical Manager  
<sup>3)</sup> 삼성중공업 건설부문 토목사업본부 대리, Samsung Heavy Industries Construction Div. Technical Assistance Manager

SYNOPSIS : Mudstone which is in po-hang area, made from bedrock under a tropical ocean environment. The mudstone has a tendency to be weathered and swelled when it is exposed to the atmosphere. In addition the clay material on the surface shows highly compressive property that causes a lot of engineers problem during embanking and cutting. This report covers alternative methods to solve those problems by understanding engineering characteristics of the site through precise filed investigations and predicting the problems during construction.

## 1. 서 론

포항지역은 지질학적인 분류로는 제3기 연일층군과 제4기 충적층에 속하며 특히 3기층은 분지를 형성하고 있다. 이 분지의 형성 시기는 신생대 3기 올리고세~플라이호세이며 지질시대로는 3600만년~1000만년전에 형성된 것으로 보인다.

이 지역의 기반암인 이암은 현재의 기후와는 전혀 다른 열대성 해양환경에서 만들어진 암석이고 이암의 특성상 팽창, 흡수의 속도가 빠른 점토광물로 구성되어 있다.

지반의 상부에 분포하는 연약점토는 압축성이 매우 커서 성토 및 굴착시 많은 문제를 야기하고 있으며 이번에 소개하고자하는 지역은 포항지역 중에서도 연약층 심도가 깊고 강도가 매우 연약한 점토가 분포되어 있어 성토 및 굴착시 지반공학적인 문제를 많이 가지고 있는 지역이다.

## 2 지형 및 지질

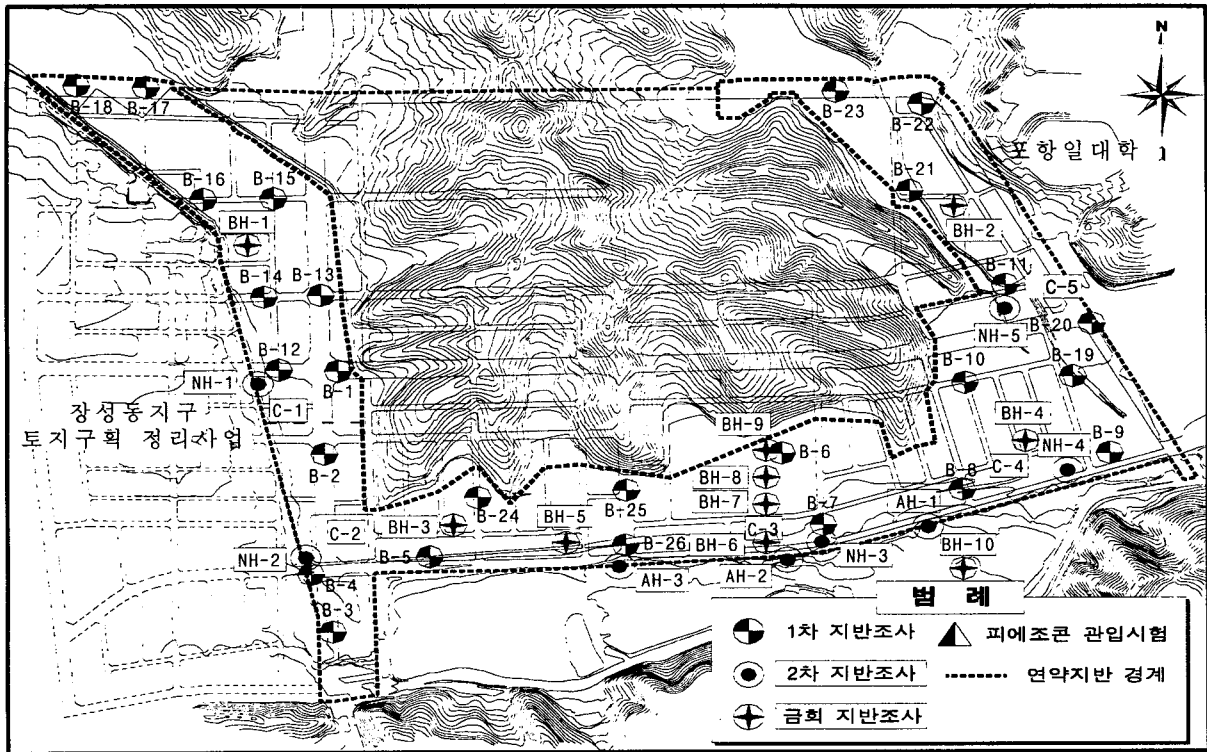
본 지역은 영일만 북측에 속하는 충적지반으로 산계는 50m 내외의 구릉성 산지로 이루어져 있으며 남북방향과 북북서 방향으로 발달되어 있고 기반암은 이암으로 구성되어 있다.

수계는 부지 서측의 새밀천과 동측의 여남천이 조사부지의 남동쪽에서 합류하여 동해로 유입되고 있으며 부지는 산지, 전답 및 아주 연약한 늪지로 이루어져 있다.

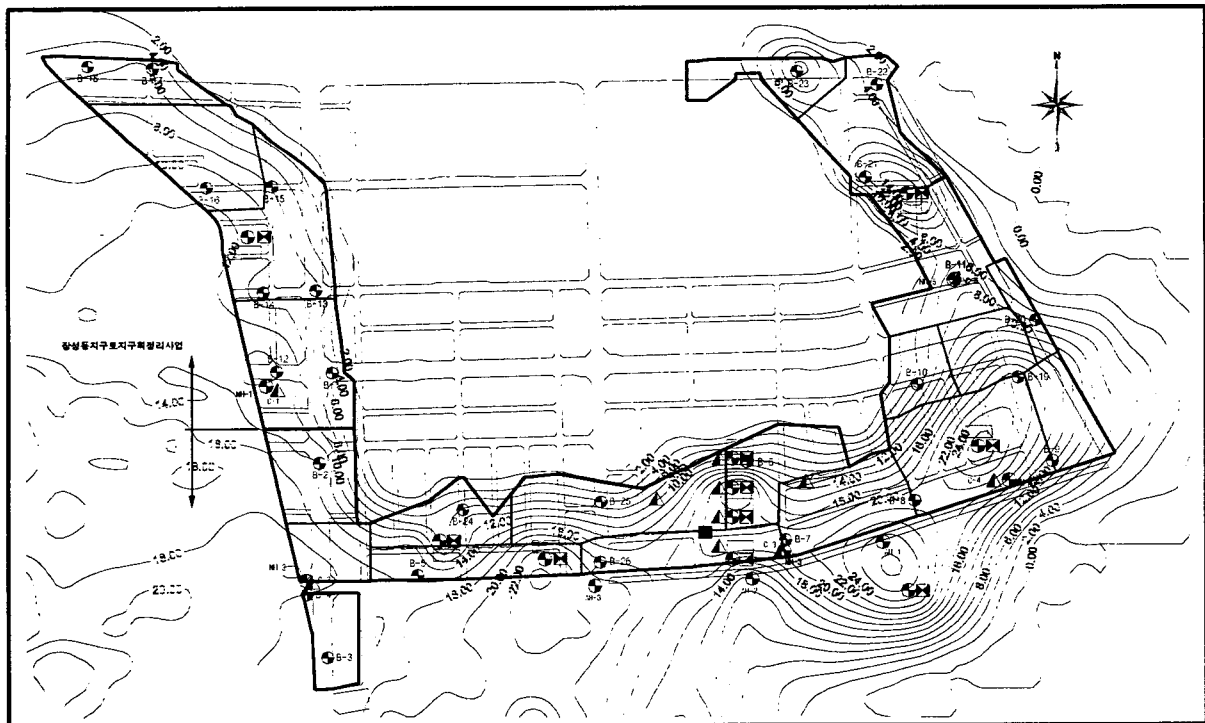
지질은 제3기층에 속하는 여남층과 두호층, 이동층등이 기반암으로 분포하며 이 층들은 주로 혈암(Shale), 이암(Mudstone) 및 Siltstone 등으로 구성되어 있고 부지 주위를 흐르는 하천을 따라 제 4기 충적층이 제 3기층을 넓게 덮고 있다. 이 지역에 분포하는 이암은 담갈색 및 담회색을 띠며 일부 혈암층에서는 회색 또는 담갈색을 띠고 있다. 대부분이 연일층 상부에 속하는 두호층으로 이암과 Siltstone으로 구성되며 본 지역 남동측 일부에는 여남층으로 Sandys shale 그리고 소규모 이암이 협재되어 있다.

이 지역 연약층은 하중재하시 압밀침하가 크게 발생하는 압밀 대상층으로서 본 지역의 연약지반 분포 현황은 3차의 지반조사(1차조사:설계시 조사, 2차조사:시공전 조사, 3차조사:시공전 조사임)를 통해 분석

한 결과 [그림 1]과 같으며 연약층 심도는 [그림 2]와 같이 대략 4~28m 정도이고 평균적으로는 약 16m이다



[ 그림 1 ] 연약지반 분포현황과 지반조사 위치도



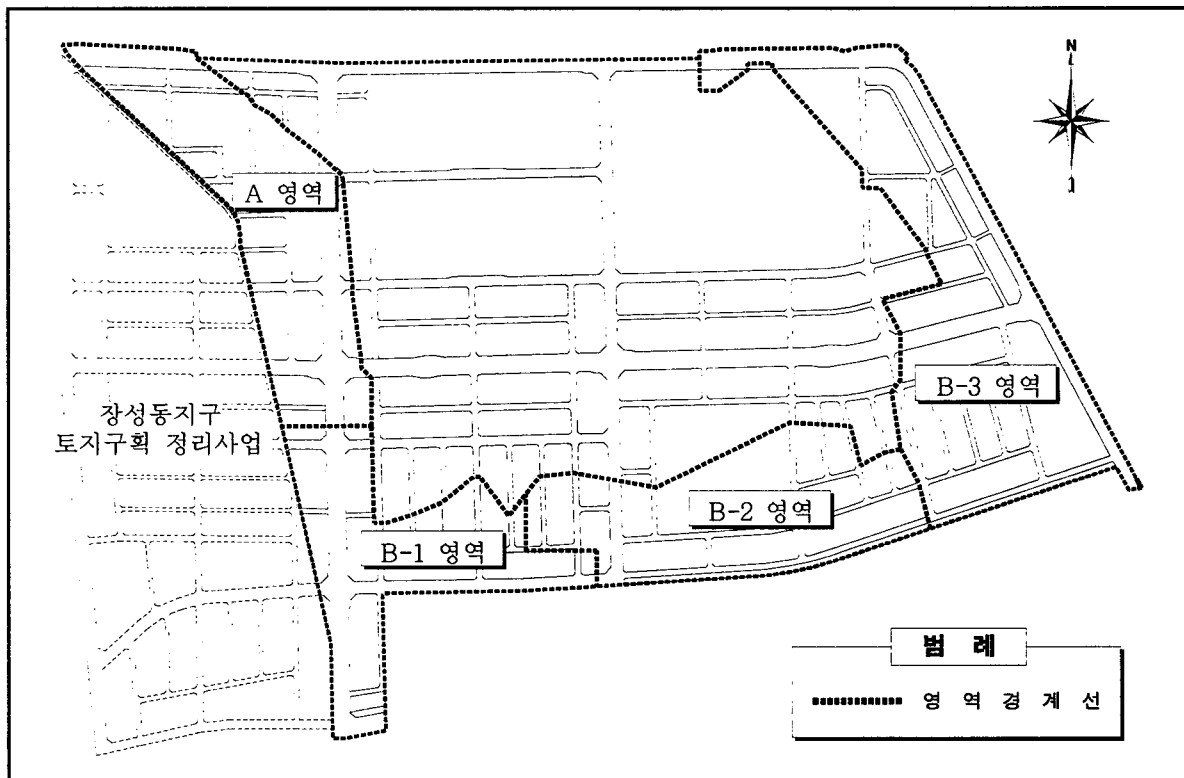
[ 그림 2 ] 연약지반 심도 분포

### 3. 연약지반 평면영역 구분

평면상 영역구분은 퇴적환경, 기상, 계절적 요인 등을 지역적 특성에 반영하여 지반 특성치를 분석 하므로써 합리적인 설계결과를 얻기 위한 목적으로 시행하였으며 영역구분 및 영역별 특성은 [표 1]과 같다.

[ 표 1 ] 영역구분 및 영역별 특성

구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역
면 적(m <sup>2</sup> )		121,000	106,000	108,000	187,000
연약층 두께 (m)	범 위	5.4~19.3	12.0~23.8	11.9~27.5	4.0~23.8
	평 균	10.2	18.9	20.3	13.9
지하수위 (EL, + m)	범 위	0.6~4.2	-1.2~3.6	1.2~3.6	0.2~2.3
	평 균	2.1	1.7	2.3	1.0
비 고				지반활동 영역	



[ 그림 3 ] 평면 영역구분

#### 4. 지반특성치 분석

##### 4.1 함수비와 간극비 분포

각 영역별 함수비와 간극비 분포는 [ 표 2~3 ] 및 [ 그림 4~5 ]와 같으며 심도가 깊어질수록 함수비와 간극비가 감소하는 일반적인 경향을 나타내고 있다.

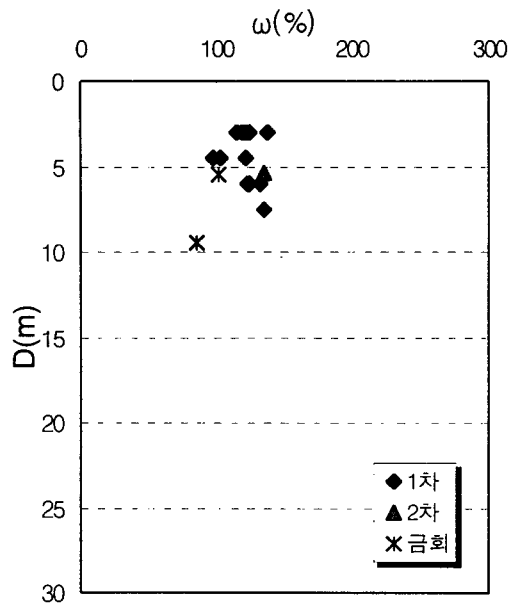
[ 표 2 ] 영역별 함수비 분포

[단위 : %]

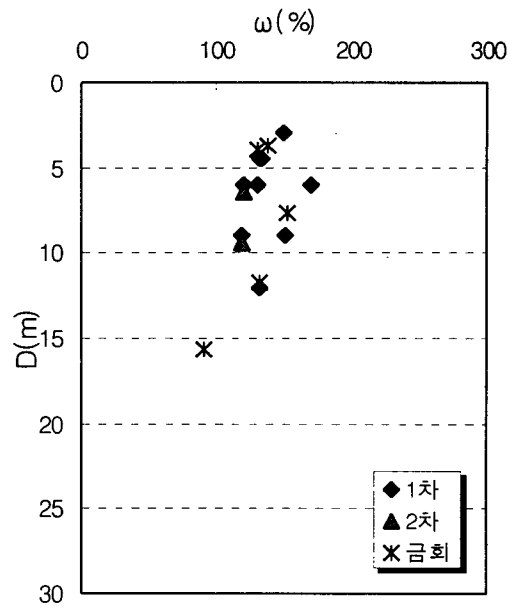
구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	98~139	119~169	115~159	112~214	98~214
	평균	121	137	138	154	138
2차 지반조사	범위	-	-	143~158	134~161	119~161
	평균	135	120	150	152	143
금회 지반조사	범위	-	91~152	52~184	49~198	49~198
	평균	93	129	132	135	130
지반조사 종합	범위	85~139	91~169	52~184	49~214	49~214
	평균	118	132	137	149	136

[ 표 3 ] 영역별 간극비 분포

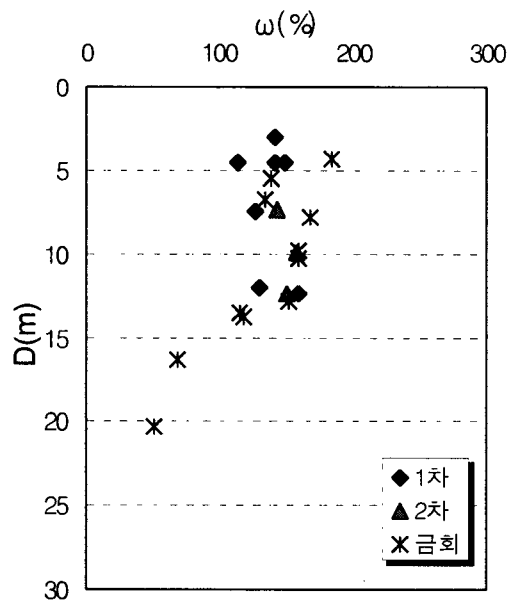
구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	2.54~3.59	3.07~4.49	2.88~4.03	2.86~4.71	2.54~4.71
	평균	3.14	3.59	3.63	3.83	3.53
2차 지반조사	범위	-	-	3.63~4.03	3.47~4.14	3.06~4.14
	평균	3.39	3.07	3.85	3.91	3.67
금회 지반조사	범위	-	2.41~3.98	1.34~4.86	-	1.34~4.99
	평균	3.25	3.17	3.66	4.60	3.52
지반조사 종합	범위	2.54~3.59	2.41~4.49	1.34~4.86	2.86~4.99	1.34~4.99
	평균	3.16	3.38	3.68	3.93	3.56



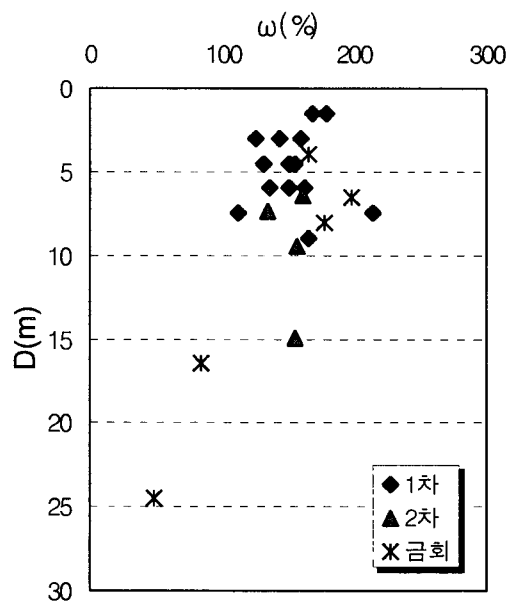
(A 영역)



(B-1 영역)

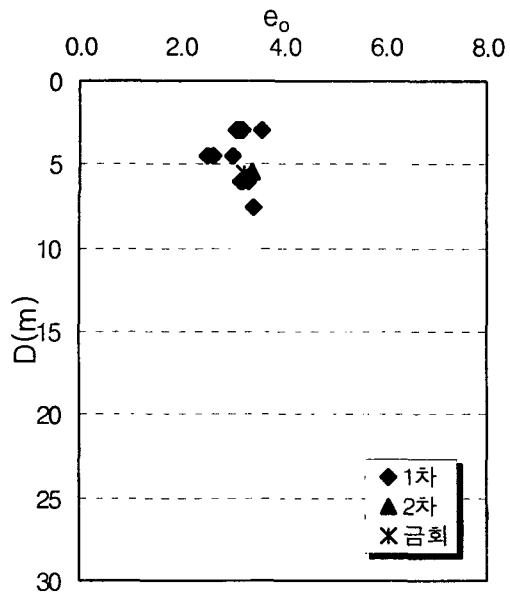


(B-2 영역)

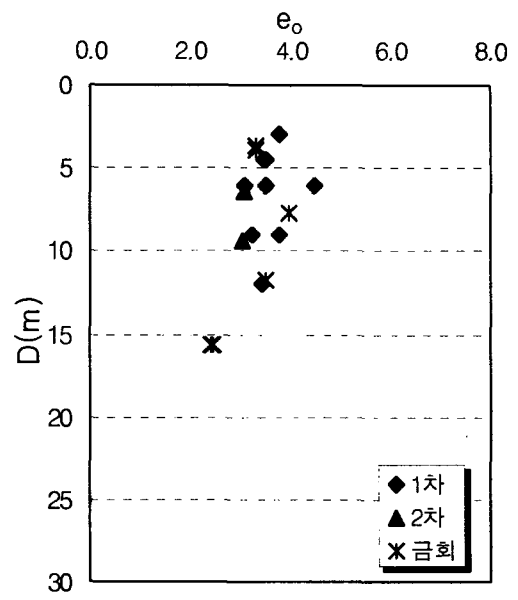


(B-3 영역)

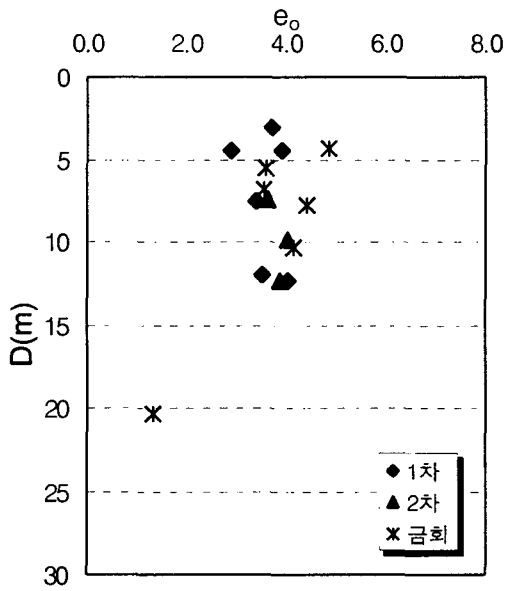
[ 그림 4 ] 심도별 함수비 분포



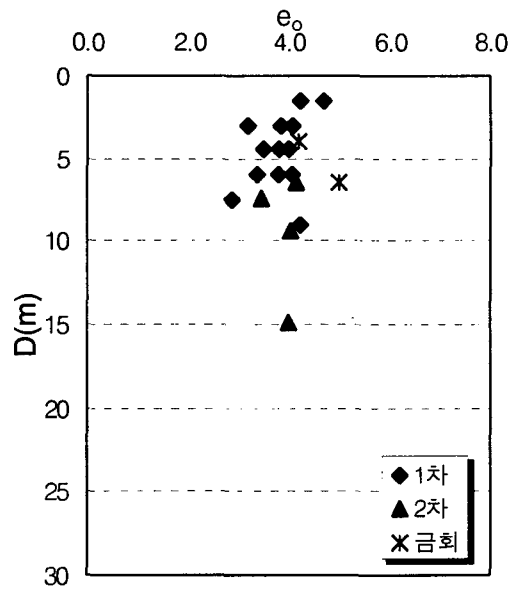
(A 영역)



(B-1 영역)



(B-2 영역)



(B-3 영역)

[ 그림 5 ] 심도별 간극비 분포

#### 4.2. 아터버그 한계(Atterberg Limit) 및 소성도표(Plasticity Chart)

액성한계와 소성지수 분포는 [ 표 4~5 ] 및 [ 그림 6~7 ]과 같으며 액성지수의 범위는 0.67~1.58로서 자연함수비가 액성한계 이상인 경우가 많으며 시료가 교란되면 재 성형이 어려운 유동성이 큰 지반으로 판단된다. 또한 [ 그림 8 ]과 같이 소성도표상에 이를 나타내보면 이 점토는 A선상을 따라 분포하므로 압축성이 큰 무기질 점토(CH)로 분류할 수 있다.

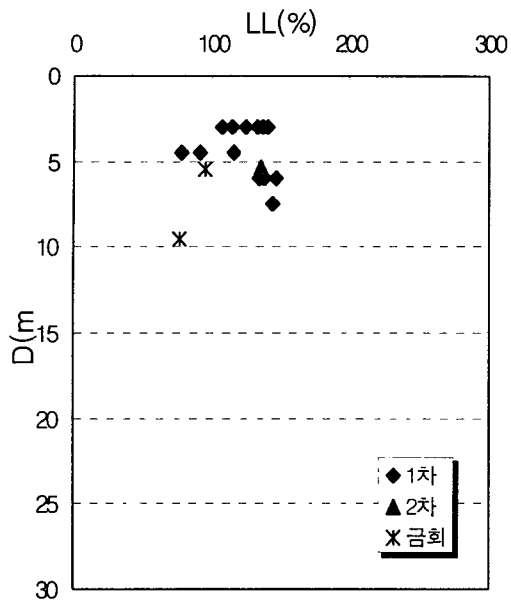
[ 표 4 ] 영역별 액성한계 분포

[단위 : %]

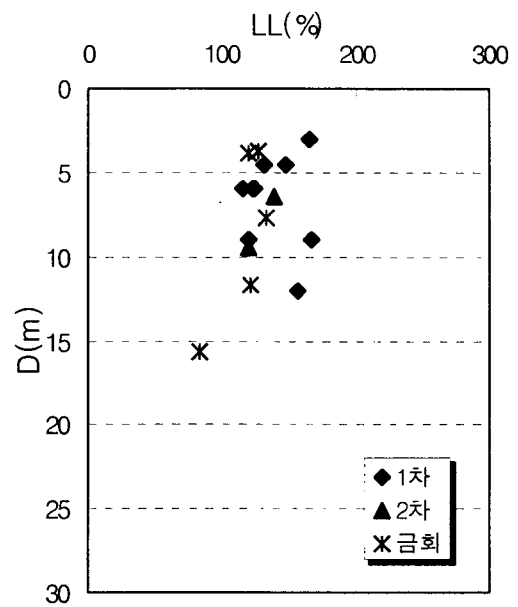
구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	79~147	116~166	96~179	135~176	79~179
	평균	124	139	138	159	141
2차 지반조사	범위	-	-	162~170	136~170	120~170
	평균	136	129	166	160	153
금회 지반조사	범위	-	84~134	69~155	58~157	58~157
	평균	86	117	115	118	115
지반조사 종합	범위	77~147	84~166	69~179	58~176	58~179
	평균	120	131	133	150	135

[ 표 5 ] 영역별 소성지수 분포

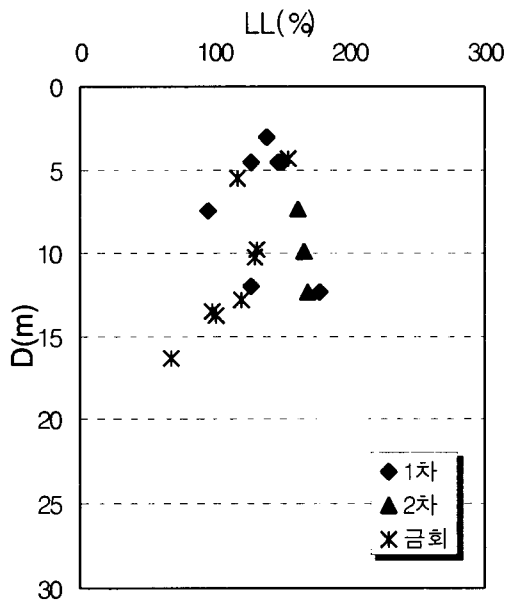
구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	45~95	73~109	58~120	89~120	45~120
	평균	79	91	90	106	92
2차 지반조사	범위	-	-	119~124	83~118	76~124
	평균	95	86	122	108	106
금회 지반조사	범위	-	52~90	42~106	32~112	32~112
	평균	56	80	76	78	77
지반조사 종합	범위	45~95	52~109	42~124	32~120	32~124
	평균	77	87	89	100	90



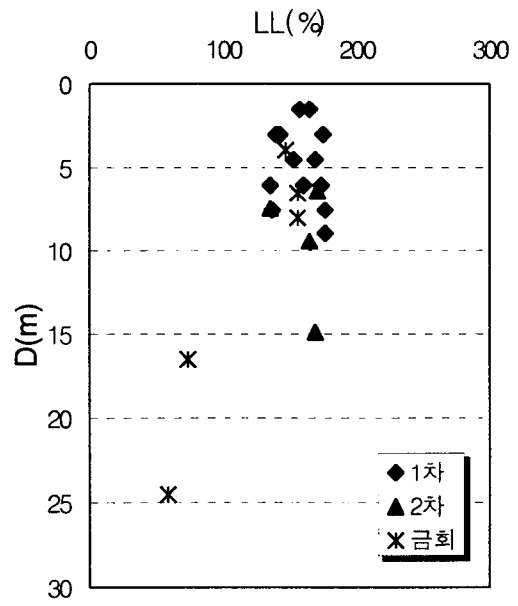
(A 영역)



(B-1 영역)



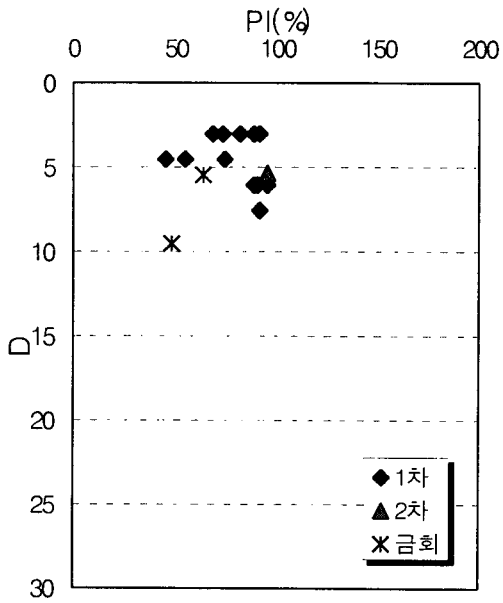
(B-2 영역)



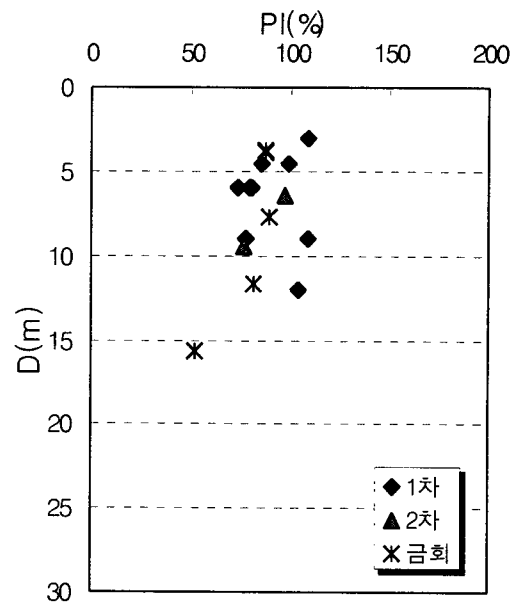
(B-3 영역)

[ 그림 6 ] 심도별 액성한계 분포

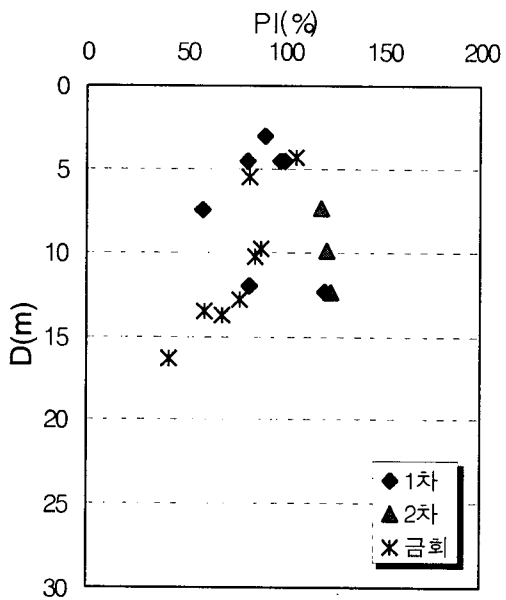




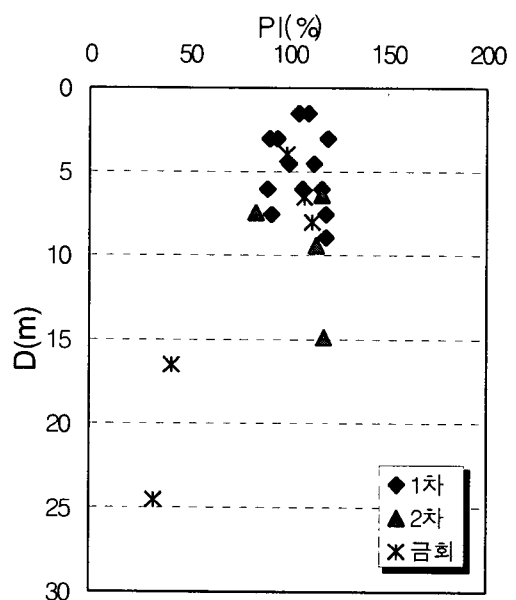
(A 영역)



(B-1 영역)

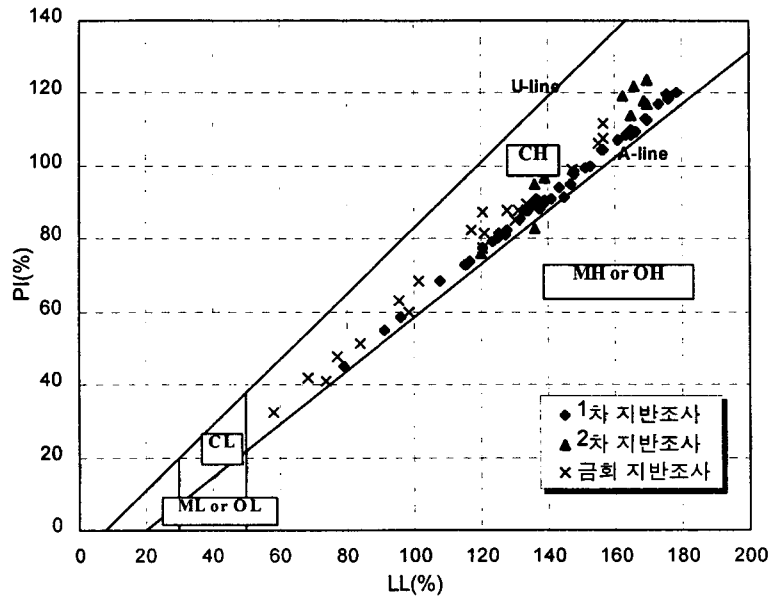


(B-2 영역)



(B-3 영역)

[ 그림 7 ] 심도별 소성지수 분포

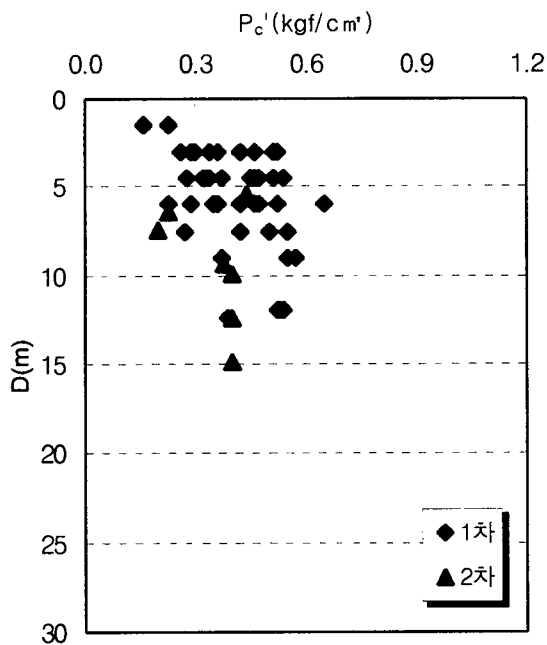


[ 그림 8 ] 소성도표

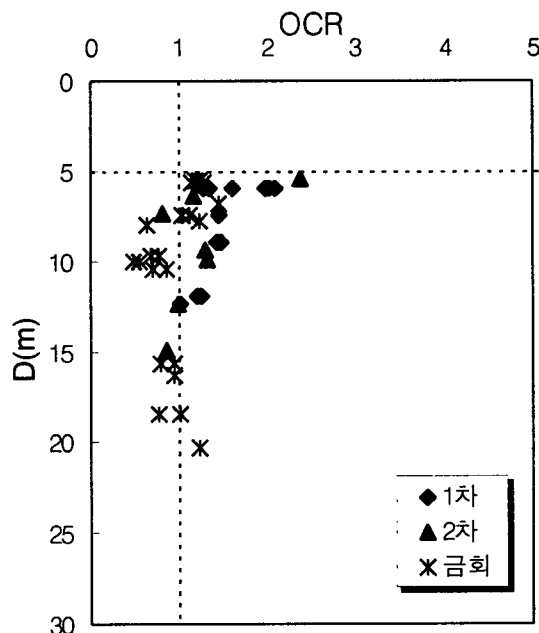
### 4.3 압밀 특성치

#### 1) 선행압밀 하중과 과압밀비(OCR)

선행압밀하중( $P_c$ )은 전 영역에 걸쳐 심도별로 증가하는 경향을 보이며 0.16~0.65(평균 0.40) kg/cm<sup>2</sup>의 범위에 분포하고 있다.



[ 그림 9 ] 심도별  $P_c'$  분포



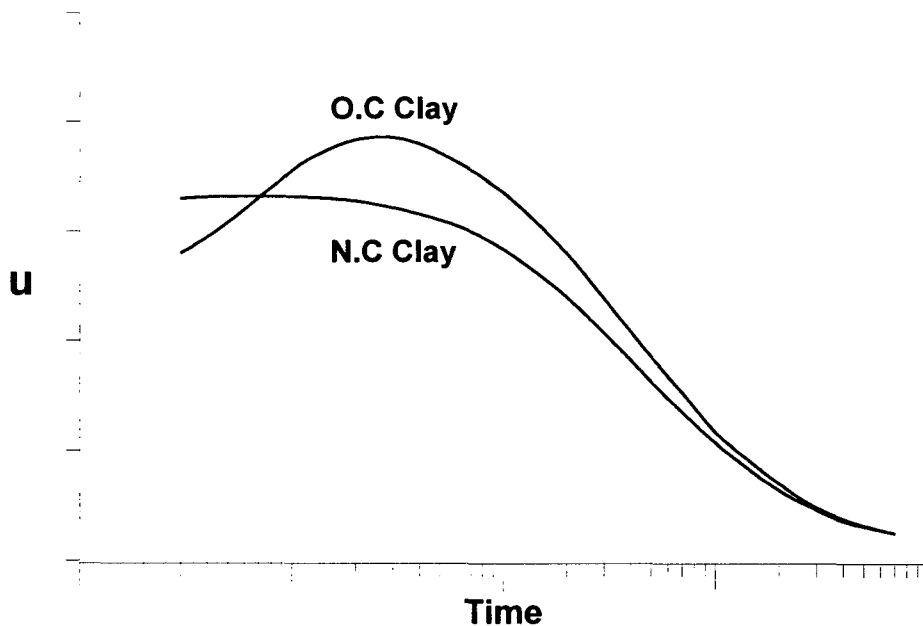
[ 그림 10 ] 심도별 과압밀비 분포

기존 지반조사에서는 지반의 과압밀 여부를 실내시험에서 구한 과압밀비로부터 판정하였으나 금번 지반조사에서는 실내시험과 콘 관입시험(CPT) 결과를 이용하여 분석하면 액성지수의 추정값이나 콘 관입시험 결과를 보면 정규압밀로 판단되나 실내 압밀시험 결과에 의하면 지반이 과압밀 상태를 나타내고 있다.

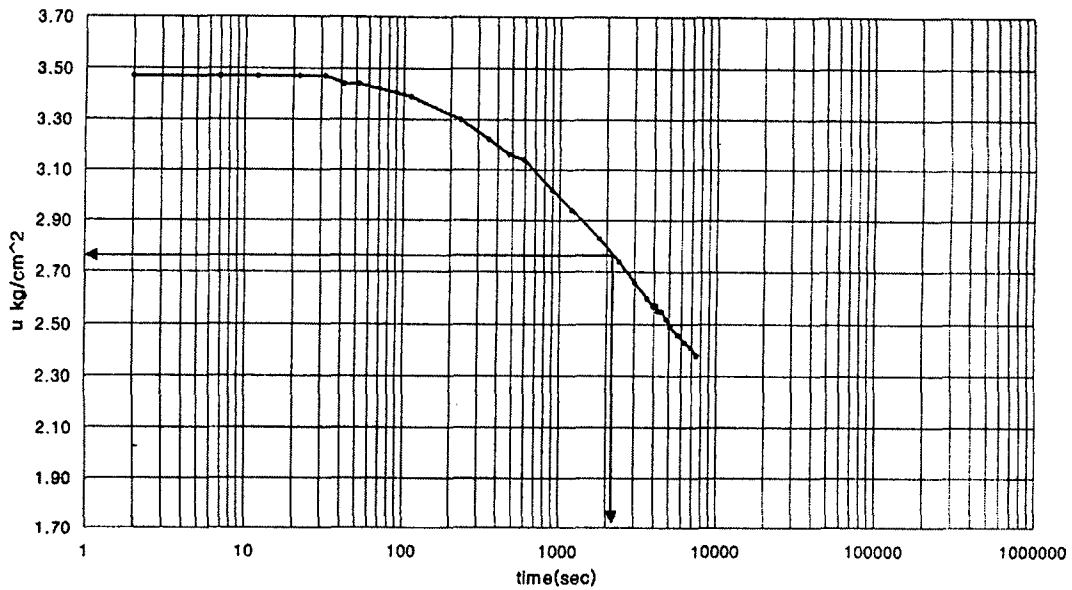
그러나 실내 압밀시험으로부터 구한 유효선행압밀하중은 시료의 교란, 시험기기의 영향 및 선행 압밀하중 결정법의 한계성으로 인해 그 신뢰성이 떨어지므로 실내시험에서 구한 선행압밀하중과 현장의 유효응력비에만 의존한 과압밀 여부판정은 결정에 신중을 기할 필요가 있다고 사료된다. 따라서 지하수위 변동 영향이 클 것으로 예상되는 5m 이내의 지반에 대한 실험결과와 95% 신뢰 구간을 벗어나는 결과를 제외시킨 나머지 조사결과에 대한 과압밀비의 평균치가 각각 1.50, 1.26로 나타나 정규압밀 점토로 판정할 수 있다. 이는 콘 관입시험의 간극수압 소산시험의 결과를 분석해보아도 정규압밀 점토의 소산경향과 유사하다는 것을 알수 있었다.

[ 표 6 ] 실내시험에 의한 과압밀비

구 분	1차 지반조사	2차 지반조사	비 고
실내 실험값 평균	2.48	1.86	
심도 5m이하 제거	1.72	1.86	
심도 5m이하 제거 + 95% 신뢰구간 자료	1.50	1.26	



[ 그림 11 ] 전형적인 간극수압 소산곡선



[ 그림 12 ] 콘관입시험의 간극수압 소산곡선

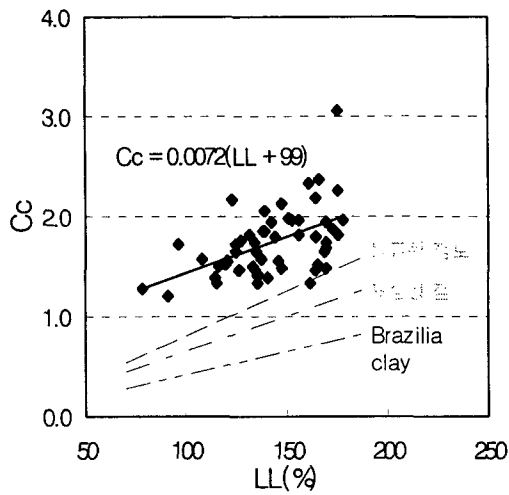
#### 4.4 압축지수(Cc) 와 팽창지수(Cs)

압축지수는 A, B-1 영역에서 심도별로 거의 일정하거나 감소하는 경향을 보이며 B-2, B-3 영역에서 심도 13m를 기준으로 일정하다가 감소하는 경향을 보인다. 본 지역의 압축지수는 0.5~2.37 범위에 분포하며 평균은 1.66 정도이다.

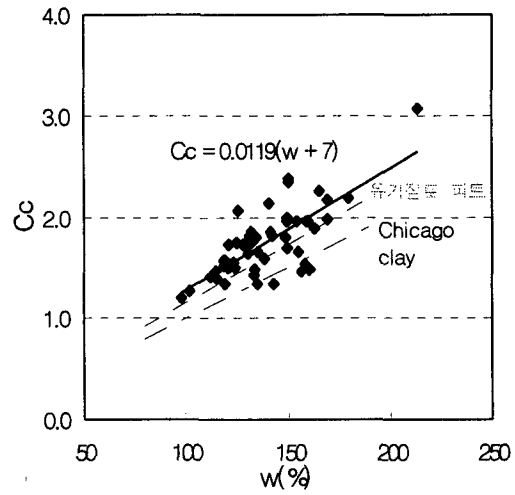
[ 표 7 ] 압축지수 분포

구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	1.21~1.85	1.33~2.37	1.46~2.13	1.41~2.34	1.21~2.37
	평균	1.54	1.78	1.84	1.91	1.76
2차 지반조사	범위	-	-	1.33~1.69	1.43~1.65	1.33~1.69
	평균	1.34	1.52	1.51	1.51	1.49
금회 지반조사	범위	1.01~1.49	1.62~1.71	0.50~2.19	0.73~1.98	0.50~2.19
	평균	1.20	1.67	1.64	1.37	1.55
지반조사 종합	범위	1.01~1.85	1.33~2.37	0.50~2.19	0.73~2.34	0.50~2.37
	평균	1.47	1.72	1.70	1.74	1.66

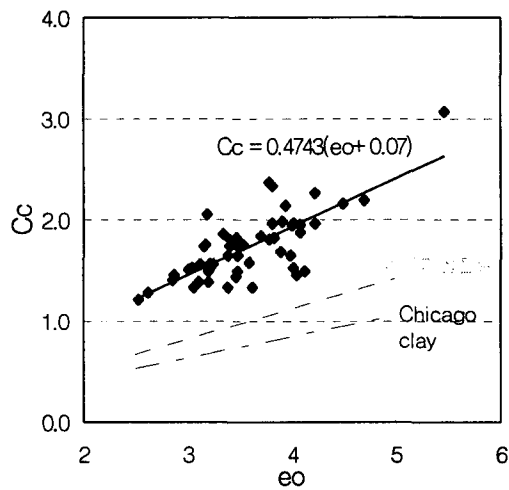
액성지수, 함수비, 간극비와 압축지수 관계를 다른 점토와 비교한 결과 이 지역 점토의 압축지수는 일반 점토의 것에 비해 비교적 크므로 압축성이 클 것으로 판단된다.



[ 그림 13 ] LL- $C_c$  관계



[ 그림 14 ] w- $C_c$  관계



[ 그림 15 ]  $e_o$ - $C_c$  관계

이것을 액성지수, 함수비, 간극비의 관계식을 이용하여 구한 압축지수와 압밀시험에 의한 평균값을 비교한 결과, 유사한 결과를 나타내고 있다.

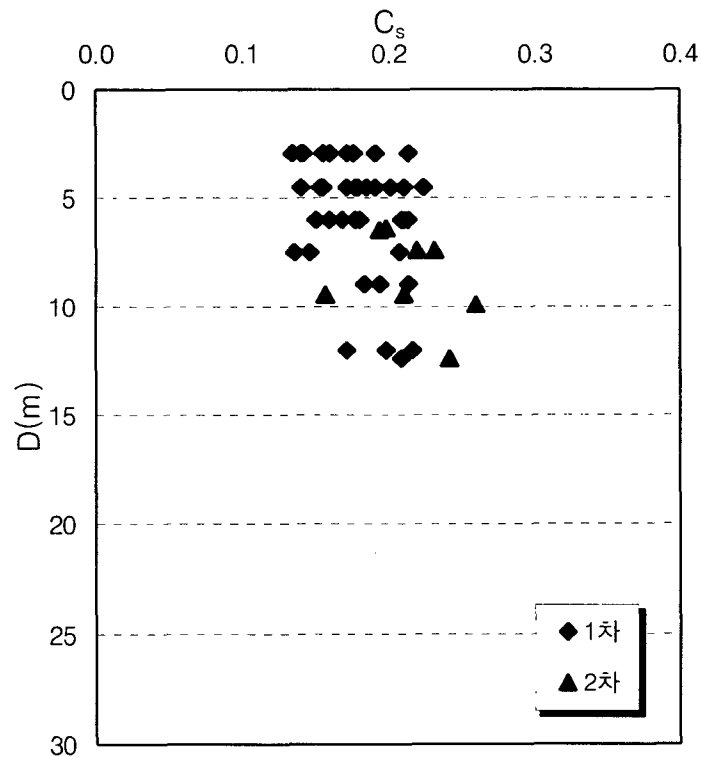
[ 표 8 ] 액성한계, 함수비, 초기 간극비 관계식을 이용한 압축지수 산정

구 분	액성한계 (LL, %)	함수비 (w, %)	간극비 $e_o$	실험값 평균
압 축 지 수	A 영역	1.61	1.53	1.53
	B-1 영역	1.70	1.68	1.69
	B-2 영역	1.77	1.77	1.79
	B-3 영역	1.86	1.90	1.86

또한 팽창지수는 전 영역에 대해 심도에 따라 증가하는 경향을 보여 일반적인 점토에서 보이는 심도별로 감소하는 경향을 따르고 있지 않으나 증가비가 크지 않아 심도별로 거의 일정한 분포를 보이고 있는 것으로 판단된다.

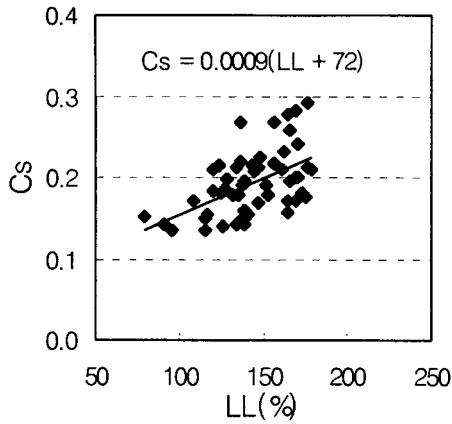
[ 표 9 ] 액성한계, 함수비, 초기 간극비 관계식을 이용한 팽창지수의 산정

구 분		액성한계 (LL*, %)	함수비 (w**, %)	간극비 e <sub>o</sub> ***	실험값 평균
팽창지수	A 영역	0.177	0.174	0.172	0.164
	B-1 영역	0.188	0.190	0.188	0.192
	B-2 영역	0.197	0.200	0.198	0.202
	B-3 영역	0.208	0.215	0.210	0.184
팽창지수 추 세 식		$*C_s=0.0009(LL+72)$ : 액성한계 $**C_s=0.0013(w+12)$ : 함수비 $***C_s=0.0490(e_o+0.35)$ : 초기 간극비			

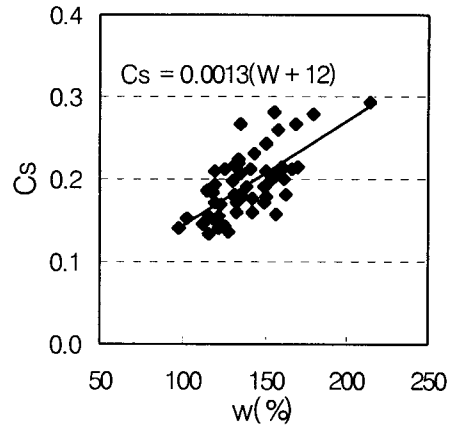


[ 그림 16 ] 심도별 팽창지수 분포

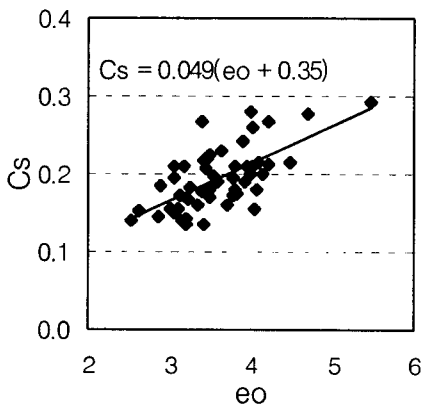
액성지수, 함수비, 간극비와의 관계식을 이용하여 구한 팽창지수와 압밀시험에 의한 평균값을 비교한 결과, 유사한 경향을 나타내고 있다.



[ 그림 17 ] LL- $C_s$  관계



[ 그림 18 ] w- $C_s$  관계



[ 그림 19 ]  $e_o$ - $C_s$  관계

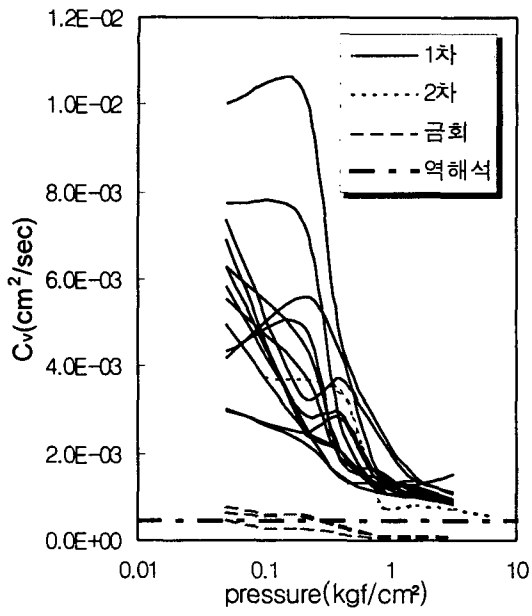
#### 4.5 압밀계수

연직 압밀계수는 압밀하중에 따라 감소하는 경향을 보이며 선행압밀하중 이상인 응력상태 즉, 정규압밀에서의 연직압밀계수의 분포는 [ 표 10 ]과 같다.

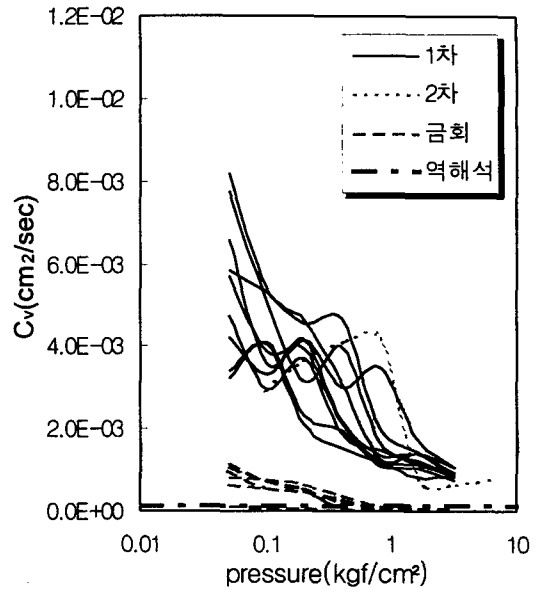
[ 표 10 ] 영역별 연직압밀계수 분포

[단위 :  $10^{-3} \text{cm}^2/\text{sec}$ ]

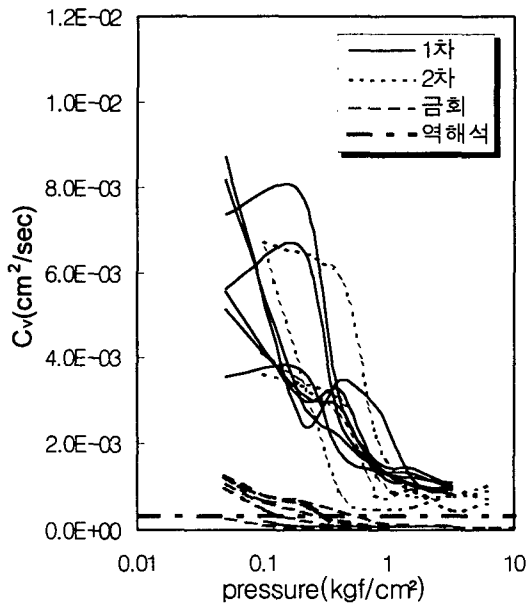
구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
1차 지반조사	범위	0.84~2.71	0.75~3.48	0.83~2.86	0.65~2.97	0.65~3.48
	평균	1.25	1.27	1.26	1.30	1.27
2차 지반조사	범위	0.59~0.90	0.63~4.16	0.46~2.01	0.46~1.52	0.46~4.19
	평균	0.76	1.49	0.87	0.89	0.98
금회 지반조사	범위	0.07~0.14	0.02~0.19	0.01~0.22	0.08~0.61	0.01~0.61
	평균	0.11	0.08	0.11	0.23	0.13
계측치 역해석	-	0.47	0.15	0.35	0.49	-



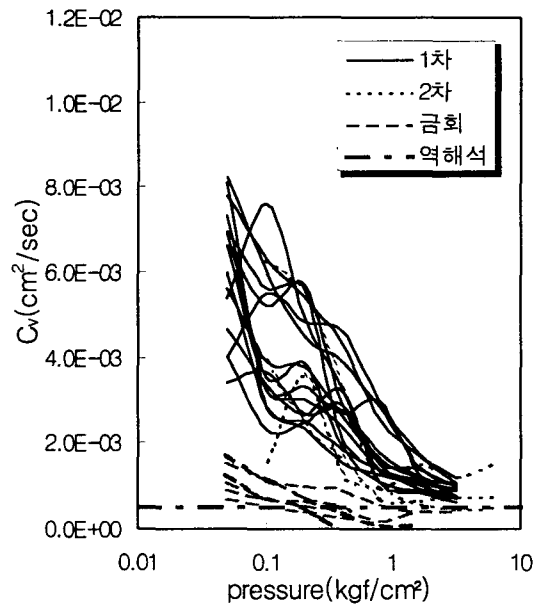
(A 영역)



(B-1 영역)



(B-2 영역)



(B-3 영역)

[ 그림 20 ] 심도별 연직압밀계수



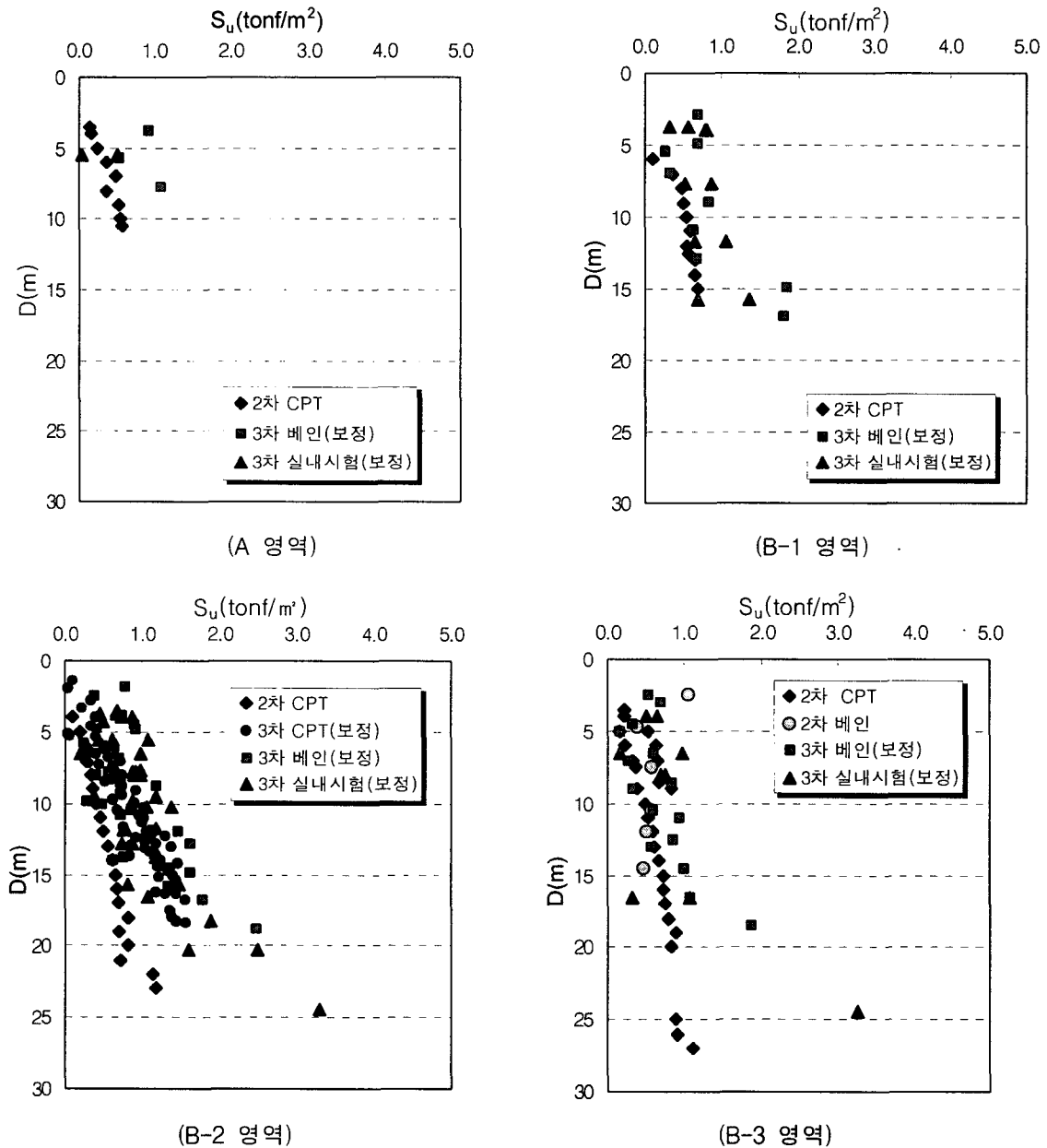
#### 4.6 강도 특성

##### 1) 전단강도

실내시험과 현장시험에 의한 비배수 전단강도는 0.02~3.26 tonf/m<sup>2</sup> 정도이며 심도에 따라 증가하는 일반적인 경향을 보이고 있다.

[ 표 11 ] 영역별 비배수 전단강도

구 분		A 영역	B-1 영역	B-2 영역	B-3 영역	전 체
지반조사 종합	범위	0.05~1.08	0.11~1.84	0.02~2.50	0.15~3.26	0.02~3.26
	평균	0.46	0.70	0.88	0.68	0.79



[ 그림 21 ] 심도별 비배수전단강도 분포

2) 강도증가율

아터버그한계와 지반조사 결과를 이용하여 산정한 강도증가율을 비교해보면 전자에 의한 결과가 대략 2배정도 큰 것을 알 수 있으며 본 지역의 점토처럼 고함수비를 갖는 경우에는 전자의 결과를 적용하는데 주의가 요구된다.

[ 표 12 ] 아터버그한계에 따른 강도증가율

방 법	1차 지반조사	2차 지반조사	금회 지반조사	비고
Skempton	0.45	0.51	0.39	
Hansbo	0.63	0.69	0.51	
Bjerrum과 Simons(1960)	0.43	0.47	0.39	

[ 표 13 ] 지반조사 결과에 의한 강도증가율

구 분	2차 지반조사		금회 지반조사		비 고
	범 위	전 체	범 위	전 체	
큰관입	0.12~0.29	0.17	0.21~0.37	0.28	
현장베인	-	-	0.13~0.25	0.22	
실내시험	-	-	0.13~0.25	0.20	

4.7 지반 조사 결과 분석

1) 영역별 설계 지반특성치

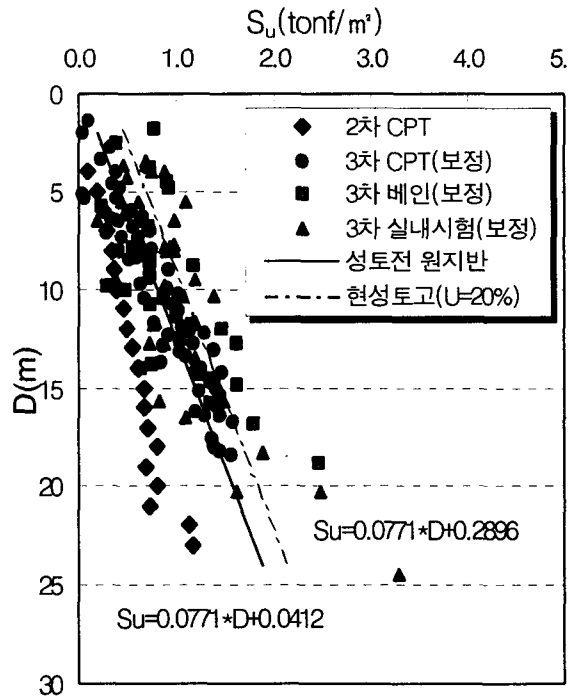
3회에 걸친 지반조사 결과를 종합하여 평면영역별 [ 그림 3 참조 ] 지반 특성치를 산정한 결과는 [ 표 14 ]와 같다.

영역별 설계에 적용한 지반특성치는 심도 0~13m까지 심도별로 거의 일정하므로 조사자료를 평균하여 산정하고 심도 13m이상에서는 추세선을 추정하고 중간심도의 값을 설계치로 적용하였다. 여기에서 A영역과 B-1영역의 지반특성치는 심도별로 거의 일정하므로 조사결과를 평균하여 지반의 설계 특성치를 산정하였고 B-2영역과 B-3영역은 심도 13m를 기준으로 경향이 다르므로 두층으로 구분하여 이 지반에 적용하는 설계 특성치를 산정하였다.

그리고 비배수 전단강도(Su)는 현장시험과 성토이력을 반영하여 성토전 원 지반의 강도분포를 산정하고 현 성토높이에서 평균 압밀도 20%로 가정하여 강도식을 산정하였다.

[ 표 14 ] 영역별 설계 적용 지반특성치

구 분		$G_s$	$\gamma_t$ ( $\text{tonf}/\text{m}^3$ )	w (%)	LL (%)	PI (%)	$e_0$
A 영역		2.58	1.38	118	120	77	3.16
B-1 영역		2.59	1.37	132	131	87	3.38
B-2 영역	0~13m	2.58	1.33	148	141	96	3.84
	13m 이상			83	67	42	2.37
B-3 영역	0~13m	2.54	1.31	157	158	106	3.92
	13m 이상			110	110	72	2.88
구 분		$C_v$ ( $10^{-3}\text{cm}^2/\text{sec}$ )	$C_c$	$S_u$ ( $\text{tonf}/\text{m}^2$ )			
				성토전(원지반)		현성토고(u=20%)	
A 영역		0.47	1.47	$S_u=0.0608\cdot D+0.0400$		$S_u=0.0608\cdot D+0.6794$	
B-1 영역		0.15	1.72	$S_u=0.0675D+0.0308$		$S_u=0.0675D+0.4448$	
B-2 영역	0~13m	0.35	1.85	$S_u=0.0771\cdot D+0.0412$		$S_u=0.0771\cdot D+0.2896$	
	13m 이상		0.86				
B-3 영역	0~13m	0.49	1.83	$S_u=0.0604D+0.0704$		$S_u=0.0604D+0.3510$	
	13m 이상		1.15				



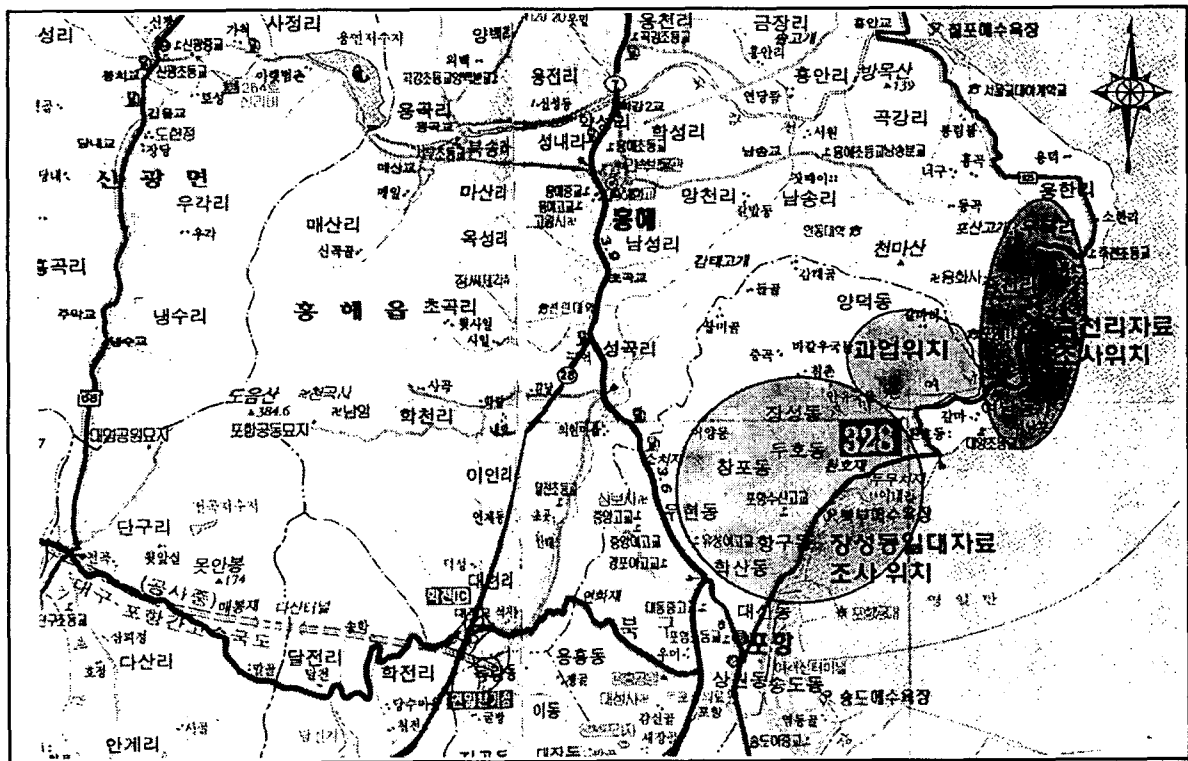
[ 그림 22 ] B-2 영역의 비배수 전단강도 설계치

#### 4.8 인접지역과 지반특성치 비교

본 지역과 인접한 5개 지역의 자료를 조사하여 본 지역의 점토와 공학적 특성을 비교하였다.

[ 표 15 ] 과업부지 주변의 지반조사 자료

조사 위치	용역명	기관	비고
흥해읍 죽천리	포항 영일만 신항만 토취장 지역 지질조사 보고서	(주)포스코개발	이하 “죽천리”
포항시 장성동	장성동 현대아파트 외부 하수 Box 손상 원인 검토	(주)현대산업개발	이하 “장성1”
포항시 장성동	포항시 장성동 지역 지질조사 보고서	(주)영진건설	이하 “장성2”
포항시 장성동	우리 나라 실트질 해성점토의 분포와 공학적 특성 분석	동국대 박사학위 논문	이하 “장성3”
장성동, 환호동, 두호동 등 양덕동 인접지역	포항 해성점토의 분포와 공학적 특성	한국지반공학회 논문집	이하 “환호”



[ 그림 23 ] 인접지역 자료조사 위치

[ 표 16 ] 본 지역 점토와 인접지역 점토의 지반특성치 비교

구 분	G <sub>s</sub>	w(%)	r <sub>t</sub> (tonf/m <sup>3</sup> )	LL(%)	PI(%)	e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	S <sub>u</sub> (tonf/m <sup>2</sup> )
양 덕	2.57	136	1.35	135	90	3.56	1.66	1.0
죽 천 리	2.66	84	1.49	107	58	2.47	0.73	2.4
장 성1	2.59	56	-	64	12	1.42	0.47	2.4
장 성2	2.69	111	1.40	84	63	3.06	1.53	1.4
장 성3	2.52	52	-	58	16	-	0.48	-
환 호	2.66	44	-	62	33	-	0.68	2.8

[ 표 16 ]과 같이 비중은 거의 유사한 값을 나타내고 있으나 함수비는 인접지역에 비해 매우 크고 단위중량은 비교적 작게 나타나고 있으며 액성한계와 소성지수는 매우 크게 나타나고 있다.

초기 간극비도 매우 크게 나타나고 있으며 압축지수도 크게 나타나서 압축성이 상당히 클것으로 판단된다. 또한 비배수 전단강도는 1.05tonf/m<sup>2</sup>으로 장성2 자료와 비슷하나 나머지 지역에 비해서는 상당히 작게 나타나고 있다.

## 5. 결론

본 지역에 분포되어 있는 연약점토의 특성을 요약하면,

- 연약점토층은 4.0~28.8m 두께로 분포하고 있으며 함수비는 49~214(평균 136%), 액성한계는 58~179(평균 135%), 소성지수는 32~124(평균 90%)로 함수비가 액성한계를 초과하는 매우 연약한 상태이며 소성도가 큰 실트질 점토(CH)로 구성되어 있다.
- 유기질 함유량 시험결과, 중크롬산법 결과는 2%, 강열감량법 결과는 약 10%, Peroxide Oxidation 법 결과는 약 11%로 나타났으며 중크롬산법으로 구한 유기질 함유량이 5% 이내이므로 무기질토로 분류할 수 있다.
- 3차의 지반조사결과, 본 지역의 연약점토는 정규압밀점토로 분류할 수 있다.
- 압축지수는 0.50~2.37(평균 1.66)으로 주변점토의 것 (0.8)보다 상당히 크게 나타났다.
- 비배수 전단 강도는 0.02~3.26(평균 0.79) tonf/m<sup>2</sup>으로 시료를 재성형 하였을 경우 강도를 측정할 수 없을 정도로 연약하며 강도증가율은 현장 배인 및 콘 관입시험과 실내시험 결과로부터 0.23으로 산정하였다.