

시료교란 정도를 고려한 낙동강 하구 유역 점토의 토질역학적 특성 Soil Characteristics of soft clay in Nakdong-River Basin by considering Sample Disturbance

이경은¹⁾, Kyong-Eun Lee, 정두희²⁾, Du-Hwoe Jung

¹⁾부경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, PKNU

²⁾부경대학교 공과대학 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, PKNU

개요(SYNOPSIS) : Recent study of soft clay of Nakdong-River basin has been taken correlation between soil properties by regression analysis without distribution whether the sample is disturbed or not, or treated as a whole area without proposing local correlation equation to Jang-U or Dae-Joe which has a specific locality. Accordingly, Those tendency cause the reliability of correlation between compression index and void ratio low and then design underestimate and uncertain eventually.

In this study, Distributing the soft clay of Nakdong-River basin with failure strain of 6%, the suggestion by Skempton(1957), TakeNaka(1966)-the more sample is undisturbed, the more the ratio of E_{50} and q_u , $\alpha = E_{50}/(q_u/2) = 1/\epsilon_{50}$ is high-is satisfied with the value of which α is 50 and It could be taken enough data in the condition of domestic. Besides other indices also make the distribution suitable. In conclusion, This study is supposed to propose the locally subdivided regression equation between compression index and void ratio considering the sample disturbance.

Key words : sample disturbance, failure strain, regression equation

1 서론

낙동강 하류 유역에 분포하고 있는 연약점토의 특성은 시료의 교란성에 대한 구분 없이 획득한 토질 정수를 단지 수학적 통계 수단인 회귀분석을 통하여 토질정수들간의 상관관계를 구하거나 국지적으로 지역적인 특이성을 보이는 장유나 대저지역에 대한 지역별 상관식이 제시되어지지 못하고 낙동강 유역 전체로 일괄처리하고 있는 실정이다. 따라서 이 지역에 대한 압축지수와 간극비의 상관관계는 신뢰성이 낮아 과소설계나 불확실한 설계를 초래하게 된다. 이에, 본 연구에서는 낙동강 하구 유역의 점토를 대상으로 실내토질시험을 통해 구해진 토질 정수에 대한 신뢰도를 증가시키기 위해 토질공학적 기본 특성에 바탕을 두어 일축압축시험에서의 파괴변형률 6%와 각종의 지표를 기준으로 시료를 교란·불교란으로 구분하고 그 타당성을 입증하여 시료의 교란 정도를 고려한 압축지수와 간극비에 대한 지역별로 세분화된 회귀식을 제안하고자 한다.

2 시료의 교란과 불교란에 대한 정의와 그 요인

흙 시료가 샘플링과 토질시험에 공급하기까지 시료취급과정의 외적작용에 의해 시료의 구조, 전단강도, 변형성, 압축성, 나아가서는 함수비 등 흙의 상태와 그 역학적 성질이 원위치에 있을 때와 달라지는 상태를 시료교란이라 한다. 즉 “ 교란되었다”는 것은 물리적 성질은 변하지 않고 흙의 구조, 밀도 및 역학적 성질이 변한 상태를 의미한다. 이러한 시료의 교란으로 말미암아 Cc값이 작아지므로 과소설계가 되며 따라서, 예측결과는 설계치보다 큰 침하량이 나오는 경우가 많아 불확실한 설계를 유도하게 된다.

시료교란에는 막을 수 있는 것과 막을 수 없는 것이 있다. 시료를 지중에서 잘라내는 것에 따라 원위치 흙에 작용하던 응력이 해방되는 응력 해방(release of in-situ stress)은 피할 수 없는 것이며, 이것에 의한 시료의 내부 응력의 변화 및 팽창은 불가피한 교란이다. 샘플링에 있어서 이들 부득이한 것은 보통 교란이라 부르지 않는다. 시료 채취와 공시체 제작의 과정에서 과도한 전단응력을 받아 생기는 구조의 저위화(degradation of structure)를 교란이라 한다.

3 자료조사

3.1 조사위치 및 토질주상도

본 연구는 낙동강 지역을 중심으로 그 주변지역인 양산-물금지역, 장유지역의 연약점토의 토질특성과 압축지수와의 관계를 평가하기 위하여 기존의 지질조사 보고서 내의 토질시험결과를 이용하여 표 1과 같이 정리 관찰, 연구하였다. 토질 데이터는 토질 조사를 전문으로 하는 두 회사에 의해 조사 시험된 결과이다. 그림 1은 해당 지역의 토질 주상도이다.

표 1 조사자료의 위치

기호	위치	
양산 물금	YM1	양산물금시험시공지구
	YM2,3	양산물금면,동면일원 2,3단계
양산 구포	YK1	양산-구포간 고속도로변
	YK2	(OOCorp.OOG.C.)
내외	NO1	김해시 내외동
장유	JU1	김해시 화목동 죽림동(하수처리장)
	JU2	김해 용달리(후포-수가)
	JU3	김해 화목동-이동
명지 녹산	MJ1	명지주거단지내
	MJ2	(주거단지, OOAAPT)
	MJ3	부산시 강서구 명지동
	MJ4	(OO교회,녹산)
	NS1,2	강서구녹산동 (녹산국가단지, OOCorp.)
대저	DJ1	강서구 대저동 일원
	DJ2	(지하철,하키장부지)
가덕도	KD1	가덕도 동방파제
	KD2	가덕도 서방파제

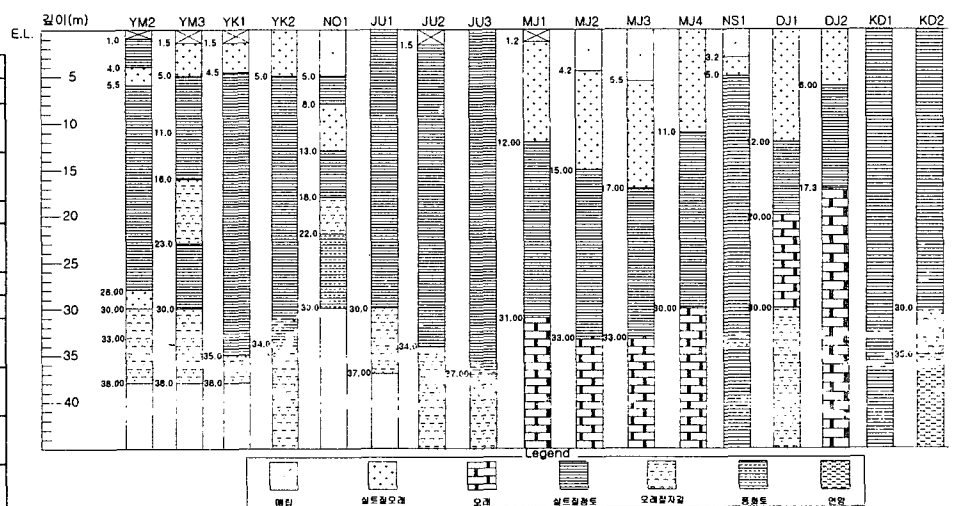


그림 1 해당 지역 토질 주상도

양산·물금 지구는 점토층의 두께가 각각 평균 22-34m정도이다. 내외지구는 점토층 사이에 모래층이 존재한다. 장유지구는 표면부터 바로 실트질점토층이 존재한다. 명지주거단지의 연약지반은 평균두께 약 10m의 실트질모래층 아래 평균 18m정도의 실트질 점토층으로 구성된다. 녹산지구는 매립층을 포함해 평균두께 5m정도의 모래층과 두께 10-45m이상의 점토층으로 구성된다.

3.2 각 조사지역의 물리적·역학적 특성

표 4에 나타난 바와 같이 낙동강 하류 지역에 분포하고 있는 점토는 흙의 분류상 CI.-CH에 속한다. 전체적으로 평균 함수비는 43-70.9%, 액성한계는 양산·물금 지구를 제외하고는 함수비와 거의 유사하거나 크게 나타났다. 이러한 경향은 여러 논문에서 구술하는 바와 유사하다(김 등, 2001). 특히 장유지구는 다른 지역에 비해서 자연함수비, 액성한계, 초기간극비, 압축지수는 가장 크게 나타났으며, 모래함유율과 일축압축강도가 낮은 것으로 나타났다.

표 2 조사지역의 물리적 역학적 특성

*()내는 평균치임

기호	시료수	함수비(%)	비중	액성한계(%)	초기간극비	점토	실트	모래	일축압축강도(kg/cm^2)	압축지수	
양산 물금	YM1	31	31.5-78.7(60.1)	2.67	28.8-55.5(43.9)	0.77-2.21(1.58)	-	-	0.04-0.95(0.43)	0.29-0.95(0.63)	
	YM2	79	37.4-73.9(59.2)	2.71	29-66(48)	1.06-2.05(1.65)	43.5	52.7	0.07-0.86(0.42)	0.27-0.83(0.62)	
	YM3	143	29.1-77.5(53.6)	2.66	29-69.1(46.8)	0.66-2.01(1.47)	13.6	73.5	0.03-1.11(0.42)	0.12-1.15(0.61)	
	Total	253	(57.6)	(2.68)	(46.2)	(1.57)	(28.6)	(63.1)	(8.4)	(0.42)	(0.62)
양산 구포	YK1	52	32.4-63.9(50.9)	2.71	28.6-64(46.7)	0.93-1.77(1.42)	32.1	55.5	12.3	0.17-0.61(0.37)	0.24-0.82(0.52)
	YK2	35	31.2-57.4(44.5)	2.63	25.7-47.6(36)	0.72-1.4(1.14)	35.2	48.9	16.2	0.09-0.98(0.45)	0.16-0.76(0.42)
	Total	87	(47.7)	(2.67)	(41.35)	(1.28)	(33.7)	(52.2)	(14.3)	(0.41)	(0.47)
내외	NO1	27	25-75(54)	2.69	31.9-91.9(60.9)	0.69-1.91(1.48)	58.7	30.7	12.2	0.23-1.33(0.89)	0.24-1.17(0.69)
장유 지구	JU1	11	52.8-92.9(68.2)	2.61	33.5-78.5(61.5)	1.37-2.31(1.71)	53.5	43.2	3.4	0.11-0.35(0.2)	0.56-1.37(0.89)
	JU2	19	49.4-96.3(75.8)	2.65	55.4-102(81.2)	1.36-2.54(2.06)	61.1	37.2	1.7	0.17-0.58(0.33)	0.5-1.63(1.04)
	JU3	22	29.1-92.4(71.2)	2.64	35.7-97.4(77.1)	0.89-2.56(1.91)	58.8	37	5.3	0.18-0.85(0.47)	0.27-1.5(0.99)
	Total	52	(71.7)	(2.63)	(93.9)	(1.89)	(57.8)	(39.1)	(3.5)	(0.33)	(0.97)
명지 죽산	MJ1	28	39.9-61.4(49.3)	2.71	55.5-90.2(70.8)	1.19-1.77(1.46)	46.6	49.3	4.1	0.2-1.32(0.7)	0.27-0.97(0.58)
	MJ2	18	33.4-58.4(45.9)	2.7	40.1-87.6(66.1)	1.05-1.73(1.37)	45.4	49.3	5.3	0.42-1.12(0.67)	0.31-0.79(0.51)
	MJ3	12	45.3-82.1(64.3)	2.61	45.3-82.1(64.3)	1.07-1.65(1.33)	50.8	43.4	5.7	0.5-1.58(0.9)	0.37-0.77(0.56)
	MJ4	20	47.6-65.2(56.8)	2.72	47.3-80.5(64)	1.31-1.86(1.55)	-	-	-	0.33-1.94(0.79)	0.46-1.17(0.76)
	NS1	255	23.3-71.9(46.6)	2.65	25.6-94.9(57.8)	0.7-2.08(1.27)	38.8	47.5	13.8	0.16-2.18(0.82)	0.1-1.24(0.51)
	NS2	60	34.8-87.7(54.2)	2.68	36-81(57.1)	0.92-2.49(1.48)	47	47.6	5.3	0.05-1.36(0.67)	0.2-1.12(0.54)
	Total	393	(52.9)	(2.68)	(63.4)	(1.41)	(45.7)	(47.4)	(6.84)	(0.76)	(0.58)
대저 지구	DJ1	17	29-50(43.3)	2.65	35.7-61.8(50.8)	0.78-1.31(1.16)	38.8	30.6	30.6	0.19-0.9(0.56)	0.2-0.69(0.47)
	DJ2	25	34.4-56(42.7)	2.63	33.8-59.2(47.3)	0.97-1.44(1.17)	40.2	26.4	34.7	0.09-0.47(0.37)	0.2-0.74(0.47)
	Total	42	(43)	(2.64)	(49.1)	(1.17)	(39.5)	(28.5)	(32.7)	(0.47)	(0.47)
가덕도 지구	KD1	30	46.2-91.4(68.5)	2.69	29.5-104(67.1)	1.33-2.58(1.81)	27.7	63.5	8.8	0.08-0.96(0.36)	0.45-1.18(0.75)
	KD2	19	34.6-79.9(64.3)	2.69	39.3-94.5(68.1)	0.86-2.28(1.79)	24.1	70.8	5.2	0.12-0.86(0.52)	0.26-0.98(0.75)
	Total	49	(66.4)	(2.69)	(67.6)	(1.8)	(25.9)	(67.2)	(7)	(0.44)	(0.75)

4 시료의 교란과 불교란으로의 분류

4.1 압밀시험에 의한 평가

4.1.1 $e-\log P$ 그래프에 의한 방법

일반적으로 교란이 적은 시료는 선행압밀하중 이하에서의 간극비 변화가 작고, 선행압밀하중이 크고 명확한 항복점이 나타나며, $e-\log P$ 곡선에서의 처녀압축곡선의 기울기가 가파르게 나타나므로 압축지수가 크다. 표 3에 나타난 바와 같이 본 연구에서 수집한 자료에 대해서 교란시료와 불교란 시료의 압축지수를 비교한 결과 불교란 시료의 압축지수가 크게 나타났다.

표 3 교란·불교란 시료의 압축지수의 평균

()내는 평균치임

지역	불교란	교란	지역	불교란	교란	지역	불교란	교란			
양산 물금	YM1	0.29-0.95(0.69)	0.31-0.6(0.44)	명지 죽산	MJ1	0.34-0.97(0.62)	0.27-0.56(0.42)	장유 지구	JU1	0.56-1.37(0.95)	0.64-0.79(0.74)
	YM2	0.27-0.83(0.65)	0.3-0.7(0.55)		MJ2	0.31-0.8(0.56)	0.34-0.47(0.41)		JU2	0.5-1.63(1.05)	0.53-1.26(0.9)
	YM3	0.12-0.97(0.64)	0.16-0.83(0.43)		MJ3	0.37-0.77(0.56)	-		JU3	0.42-1.55(1.05)	0.57
양산구포	YK1	0.31-0.82(0.6)	0.24-0.78(0.44)		MJ4	0.56-1.17(0.8)	0.46-0.79(0.62)	대저	DJ1	0.27-0.69(0.5)	0.2
	YK2	0.16-0.76(0.47)	0.22-0.66(0.36)	NS1	0.1-1.24(0.55)	0.13-0.69(0.35)	DJ2		0.2-0.74(0.48)	0.33-0.6(0.43)	
내외	NO1	0.24-1.17(0.69)	0.61	NS2	0.28-1.12(0.63)	0.2-0.78(0.45)	가덕 도	KD1	0.45-1.18(0.76)	0.47-0.88(0.72)	
				KD2	0.26-0.98(0.76)	0.57-0.85(0.71)					

이외에도, 시료의 교란은 재 압축구간에서 압축성을 증가시키고 팽창지수를 증가시킨다. 처녀압축하중 범위에서 시료의 교란으로 2차압축계수가 작게 나타나는 경향이 있다.

4.1.2 $\log c_v - \log P$, $\log m_v - \log P$ 그래프에 의한 방법

교란시료일수록 압밀계수는 초기압력에서 작고 정규압밀상태에 가까울수록 거의 일정한 수치를 보인다. 시료의 교란은 재압축과 처녀압축의 압밀계수를 감소시키며, 불교란 시료의 경우, c_v 는 보통 선행압밀응력에서 갑자기 감소한다. 이러한 경향은 심하게 교란된 시료에서는 나타나지 않는다. 그림 2는 조사 대상지역 중 YM1의 경우로 이를 만족함을 보이며 다른 지역의 경우도 비슷한 형상의 그래프를 나타낸다. 흙의 압축성을 나타내는 계수로서 불교란 시료의 체적압축계수 m_v 는 압밀압력이 작은 범위에서 작고, 압밀항복응력 부근에서 증가하다가 감소하는 것이 일반적이며 그림 3은 YM1의 경우로 이를 만족시키며, 다른 지역의 경우도 비슷한 형상의 그래프를 보인다.

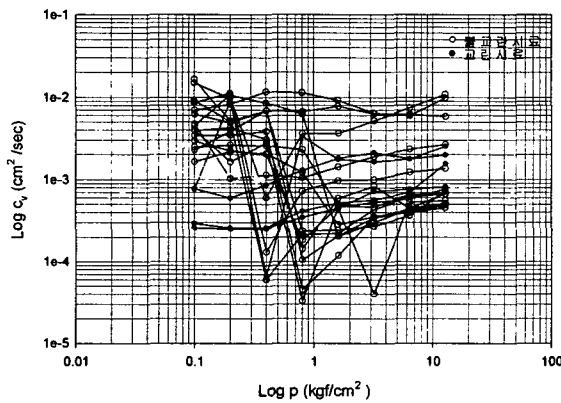


그림 2 Log p-Log c_v 그래프(YM1의 경우)

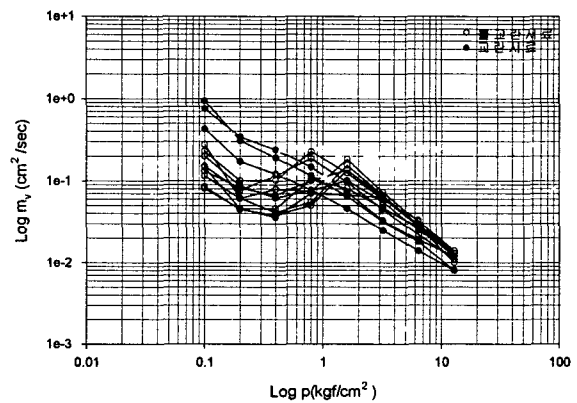


그림 3 Log p-Log m_v 그래프(YM1의 경우)

4.2 일축압축시험에 의한 평가

4.2.1 응력-변형률 그래프에서의 파괴변형률 (ϵ_f)

시료의 교란이 클수록 $q_u - \epsilon$ 그래프에서 peak점이 명확하게 나타나지 않는다. 연약점토의 파괴변형률은 흙의 종류에 따라 다르지만 일반적으로 불교란 시료에 대한 파괴변형률 ϵ_f 의 값은 충전점토에서는 6%이하, 샌드드레인으로 개량된 지반토 또는 부식토에서는 10%정도이다. 즉 충전점토에서는 $\epsilon_f > 6\%$ 이상이면 교란의 영향을 받은 것으로 판단한다(황,1999). 일본에서는 충전층의 점토에서는 일반적으로 그 파괴 변형률이 2-6%이다.(日本土質工學會,1996) 파괴변형률 5%, 4%로 구분시 6%로 구분시보다 동일 간극비에 대한 압축지수를 약간 크게 평가하는 경향이 있으나 오히려 자료개수가 줄어들어 그 데이터에 대한 신뢰성이 불확실하였다.

4.2.2 일축압축강도의 분포도

균질토인 경우, 심도가 깊어짐에 따라 q_u 값이 직선적으로 증가하므로 토질의 변화가 없음에도 불구하고 이 직선에서 크게 벗어나는 시료에 대하여는 상당히 교란된 것으로 판정할 수 있다. 본 논문의 대상 지역 중 균질한 지층으로 구성된 YM1, JU3, MJ2, NS1, KD1지역에 대한 심도별 일축압축강도의 분포를 나타낸 그림 4~그림 8에서 나타낸 바와 같이 교란 시료에 대한 일축압축강도를 제외하면 심도에 따라 일축압축강도가 증가하는 경향이 더욱 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다.

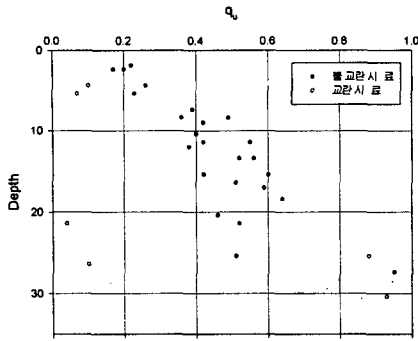


그림 4 심도별 일축압축강도의 변화 (YM1지역)

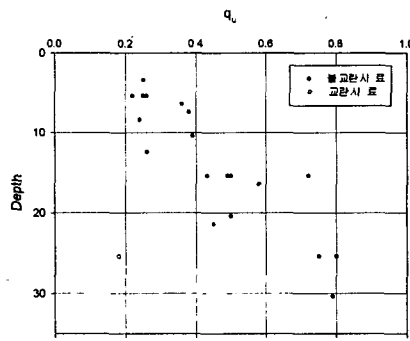


그림 5 심도별 일축압축강도의 변화 (JU3지역)

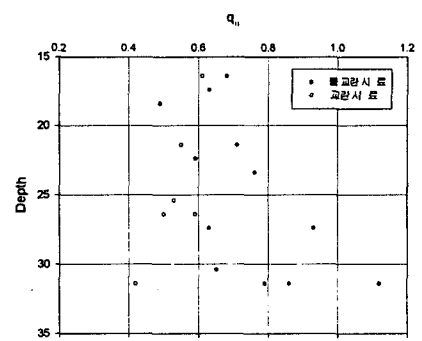


그림 6 심도별 일축압축강도의 변화 (MJ2지역)

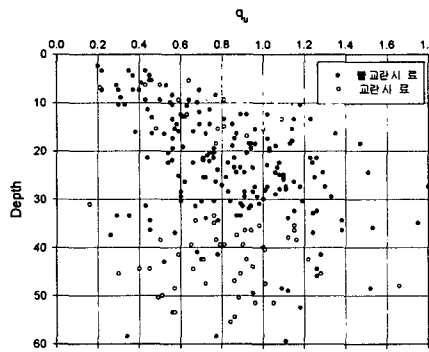


그림 7 심도별 일축압축강도의 변화 (NS1지역)

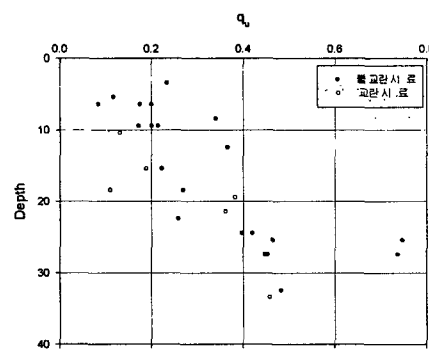


그림 8 심도별 일축압축강도의 변화 (KD1지역)

4.2.3 변형계수(Deformation Modulus)

교란시료에서는 일축압축강도의 지하보다 변형계수의 지하가 더욱 현저하게 나타난다. 여러 학자 (Skempton 등, 1957)에 의해 E_{50} 과 q_u 의 비 $\alpha = E_{50}/(q_u/2) = 1/\epsilon_{50}$ 가 클수록 불교란 시료로 판정할 수 있음이 밝혀졌으며 이는 흙 시료의 교란정도를 판정하는 기준으로서 사용 가능하다. 竹中(1996)의 경우 $E_i=210 c_u$ 의 관계가 있으며, 보통의 불교란 시료에서는 교란이 심할수록 그 계수가 감소함을 발견하였다. 또한 고결작용을 받은 홍적점토에 대해 공시체 중앙부 변형률을 측정하여 $E_i=480 c_u$, 横振과 千葉 등의 해성점토에 대해서는 $E_{50}/q_u=90$ 정도임을 밝혀내었다. 불교란 시료에 대한 α 의 값은 London 점토에서 140, 해성점토에서 165~210정도라고 하였다.(황,1999)

그림 9에서 q_u 가 클수록 E_{50} 도 비례적으로 증가하며 파괴변형률 6% 기준시 E_{50} 과 $q_u/2$ 의 비가 50을 기준으로 불교란은 대략 그 비가 50-243(110) 교란은 32-50(42)의 범위에 존재한다. 그림10에서도 파괴변형률 6% 이전에는 $E_{50}/(q_u/2)$ 이 50이상의 값을, 6% 이후에는 50이하의 값을 보임을 알 수 있다.

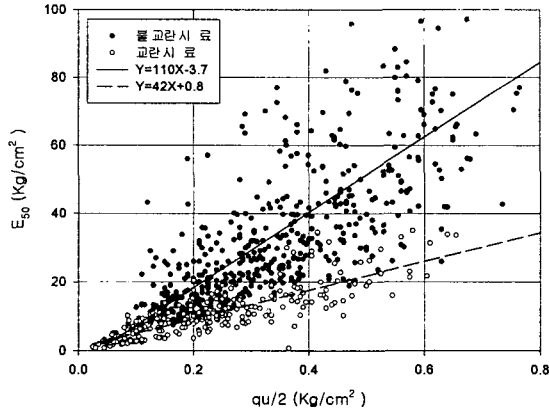


그림 9 $q_u/2 - E_{50}$ 그래프

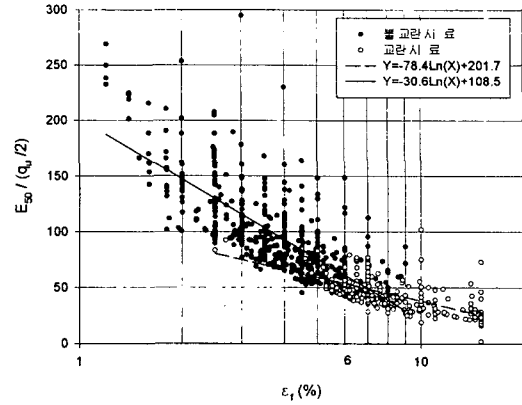


그림 10 $\epsilon_f - E_{50}(q_u/2)$ 그래프

5 낙동강 하구 유역의 교란·불교란으로 분류된 시료의 토질역학적 특성

낙동강 하구 유역을 전체가 아닌 물리적 특성이 동질성을 보이는 지역별 7지구로 세분화하고 각각을 교란 불교란으로 분류시 다음과 같은 물리적·역학적 특성을 보였다.

그림 11, 그림 12에서 불교란 시료와 교란시료의 함수비와 단위중량, 단위중량과 간극비의 상관성이 각각 아래 관계식 (1),(2)와 같이 비슷함을 알 수 있다. 단위중량과 간극비에 대한 상관도에서 동일 밀도에서 비중이 큰 값일수록 상층에 plot되는 경향을 보이며, 간극비의 변화폭은 0.5정도이다.

$$\text{불교란 시료: } r_t = -0.0063W + 2.03 \quad (\text{교란시료 : } r_t = -0.0064W + 2.03) \quad (1)$$

$$\text{불교란 시료: } e = -3.335r_t + 7.12, \quad (\text{교란시료 : } e = -3.234r_t + 6.9) \quad (2)$$

그림 13과 같이 간극비는 함수비의 증가와 함께 비례적으로 증가하며 상관관계는 식 (3)과 같다. 초기 간극비의 범위는 0.57-2.58이고 이에 대응하는 자연 함수비는 18.95-87.9%이다. 보통 국내 해성 점토는 $\frac{e_0}{W_n}$ 의 구배가 0.02-0.03이나 낙동강 지역의 $\frac{e_0}{W_n}$ 은 0.025로 평균치에 가까운 값을 보임을 알 수 있다. 불교란 시료와 교란시료의 함수비와 간극비의 상관관계는 식(3)과 같이 유사하게 나타났다.

$$\text{불교란 시료 ; } e = 0.0251W + 0.123 \quad (\text{교란 시료 : } e = 0.0256W + 0.0984) \quad (3)$$

그림 14에서 소성도표 상으로 볼 때 이 지역의 흙들은 자료의 분산정도가 그리 크지 않으며 주로 A선과 U선 사이에 분포하며 통일 분류법에 의하면 CH와 CL에 속한다. 소성지수와 액성한계의 상관관계는 $R^2 = 0.947$ 로 강한 상관성을 나타내며 식(4)와 같이 소성지수와 액성한계 사이에 직선관계가 성립함을 알 수 있다. 식(4)는 A Casagrande가 제안한 A선 $PI = 0.73(LL - 20)$ 보다 위에 위치한다. 액성한계가 최소 30%이상이므로 이 지역의 흙은 무기질의 중, 고소성의 점토임을 알 수 있다.

$$PI = -16.9 + 0.834LL = 0.834(LL - 20.264) \quad (4)$$

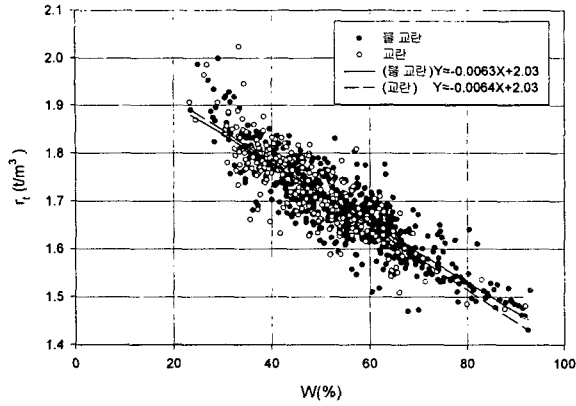


그림 11 함수비와 단위중량의 관계 그래프

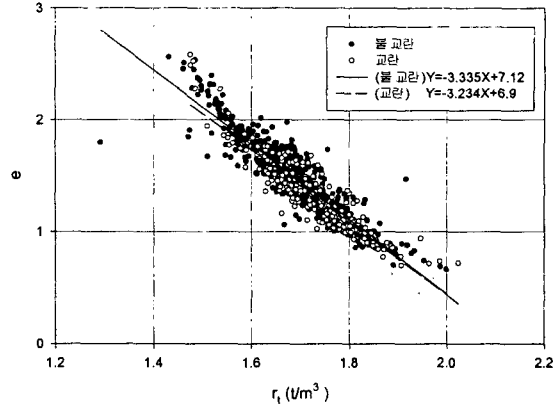


그림 12 단위중량과 간극비의 관계 그래프

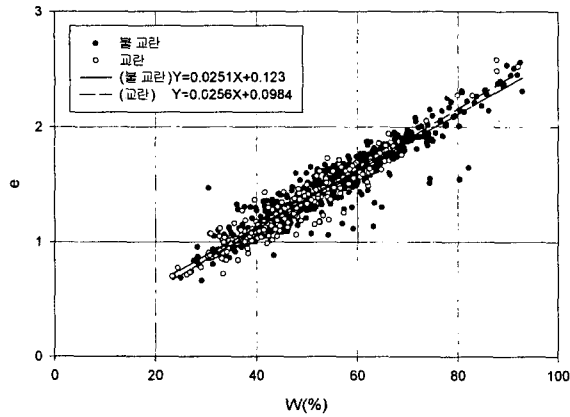


그림 13 함수비와 간극비의 관계 그래프

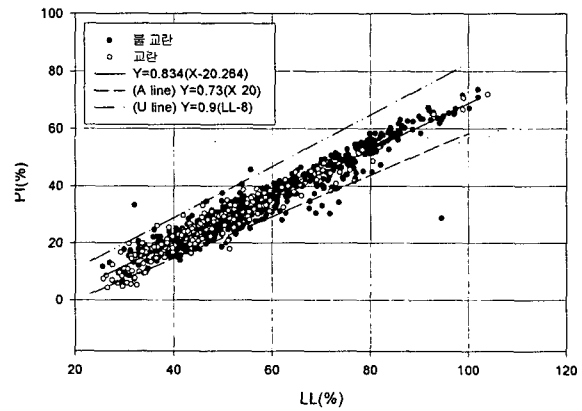


그림 14 액성한계와 소성지수의 관계 그래프

낙동강 유역의 압축지수와 간극비의 관계는 표 4와 같이 정리할 수 있다.

표 4 간극비-압축지수의 상관관계

() 내는 R^2 , 시료개수

		불교란		교란		TOTAL	
양산·물굽	YM1	6%	$Cc=0.6e-0.3(84\%,N=24)$	$Cc=0.34e-0.05(51\%,N=6)$	$Cc=0.55e-0.24(71\%)$		
	YM2	6%	$Cc=0.57e-0.3(70\%,N=53)$	$Cc=0.41e-0.06(62\%,N=26)$	$Cc=0.51e-0.22(71\%)$		
	YM3	6%	$Cc=0.6e-0.3(76\%,N=102)$	$Cc=0.48e-0.2(68\%,N=35)$	$Cc=0.6e-0.3(73\%)$		
양산·구포	YK1	6%	$Cc=0.71e-0.3(70\%,N=28)$	$Cc=0.6e-0.33(77\%,N=25)$	$Cc=0.64e-0.4(77\%)$		
	YK2	6%	$Cc=0.7e-0.4(65\%,N=16)$	$Cc=0.64e-0.32(51\%,N=17)$	$Cc=0.7e-0.4(62\%)$		
내외	NO1	6%	$Cc=0.61e-0.22(75\%,N=26)$	-	$Cc=0.61e-0.2(74\%)$		
장유지구	JU1	6%	$Cc=0.82e-0.53(83\%,N=8)$	-	$Cc=0.78e-0.46(81\%)$		
	JU2	6%	$Cc=0.69e-0.38(74\%,N=15)$	-	$Cc=0.68e-0.36(80\%)$		
	JU3	6%	$Cc=0.76e-0.5(90\%,N=20)$	-	$Cc=0.75e-0.43(92\%)$		
명지·녹산	MJ1	6%	$Cc=0.69e-0.41(45\%,N=25)$	$Cc=0.15e+0.22(7\%,N=7)$	$Cc=0.64e-0.36(41\%)$		
	MJ2	6%	$Cc=0.69e-0.4(60\%,N=12)$	$Cc=0.2e+0.16(27\%,N=6)$	$Cc=0.57e-0.27(42\%)$		
	MJ3	6%	$Cc=0.65e-0.3(88\%,N=12)$	-	$Cc=0.65e-0.31(88\%)$		
	MJ4	6%	$Cc=0.66e-0.21(51\%,N=16)$	$Cc=0.77e-0.63(99\%,N=4)$	$Cc=0.55e-0.08(32\%)$		
	NS1	6%	$Cc=0.67e-0.34(82\%,N=194)$	-	$Cc=0.67e-0.34(83\%)$		
대저지구	NS2	6%	$Cc=0.64e-0.31(62\%,N=30)$	$Cc=0.3e+0.003(36\%,N=30)$	$Cc=0.4e-0.06(32\%)$		
	DJ1	6%	$Cc=1.13e-0.9(64\%,N=16)$	-	$Cc=0.91e-0.58(69\%)$		
가덕도지구	DJ2	6%	$Cc=1.24e-0.97(88\%,N=22)$	-	$Cc=1.24-0.97(88\%)$		
	KD1	6%	$Cc=0.53e-0.2(83\%,N=21)$	$Cc=0.32e+0.1(68\%,N=6)$	$Cc=0.45-0.08(72\%)$		
	KD2	6%	$Cc=0.55e-0.21(88\%,N=14)$	$Cc=0.3e+0.14(95\%,N=5)$	$Cc=0.48e-0.12(80\%)$		

표 4에서 물리적인 특성에서 동질성을 나타내는 지구별로 세분화시 각 지구별로 어느 정도의 유사한 상관식이 도출됨을 알 수 있다. 시료를 교란·불교란으로 구분하고, 각 지구별로 세분화시켰을 때, 그 상관식은 차이를 보이고 있다. 일반적으로, 교란시 구조의 저위화에 의한 동일 간극비에서의 압축지수

감소현상과 같이 교란된 시료의 압축특성은 불교란 시료의 그것과 다르다는 점등으로부터 설계시 불교란 시료에 대한 압축특성의 추정이 필요하게 된다.

6. 결론

낙동강 하류 유역에 분포하고 있는 연약점토의 토질 특성에 대해 일축압축시험에서의 파괴변형률 6%와 $E_{50}/(q_u/2)$ 을 주로, 그리고 각종의 지표틀 기준으로 시료의 교란·불교란을 구분하여 그 압축특성을 국지적으로 구하여 보았다. 구분 기준의 타당성을 입증하기 위해 교란·불교란의 정의에 바탕을 두어 그 물리적 특성에 대해서는 함수비와 액성한계, 단위중량, 간극비, 간극비와 단위중량의 상관관계가 거의 일치함을 보였으며, 역학적 특성에 대해서는 간극비와 압축지수의 관계에서 교란시 구조의 저위화에 의한 동일 간극비에서의 압축지수 감소현상을 보이며, Skempton(1957), 竹中(1996)의 연구에서 언급한 바와 같이 불교란 시료에서는 $q_u/2$ 에 대한 E_{50} 값이 커지게 된다는 특성에 기본하여 본 토질정수의 교란·불교란 구분시에는 불교란 시료에 대해서는 그 비가 50이상으로 커지며 교란시료에 대해서는 50미만으로 작아져 그 타당성을 확보하였다. 또한, 물리적 특성에서의 동질성을 보이는 지구별 즉 국지적으로 구분시 각 지구가 간극비와 압축지수의 관계에서 어느 정도의 동질성을 보이는 관계를 획득하였으며 이러한 것을 국지적으로 다루지 않고 총괄적인 대표식으로 산정시 침하량을 파소평가하는 결과를 초래할 수 있다.

각 조사지역의 자료의 축적을 통하여 토질정수간의 관계를 도출하였고, 이러한 관계를 통하여 이 지역의 토질 특성을 파악할 수 있었다. 또한 향후에도, 이 지역의 토질시험시 참고자료로 활용할 수 있는 근거가 된다. 앞으로 지반조사 데이터에 대한 각종 DB화 작업이 이루어져야 할 것이다. 또한, 토질시험 데이터 정리에 대한 어떠한 양식 규정이 있었으면 한다. 기술자가 보고 흠을 판단할 수 있게 정리될 수 있는 규정의 필요성은 각 회사마다 그 양식이 틀려 기술자가 그 것을 다시 정리하고 판단하는데 시간이 많이 소비되기 때문이다.

7. 참고문헌

1. 김상규, 박성재, 정성교 (2001), "대심도 연약지반에 시공된 매립단지 및 구조물의 기초공법에 대한 평가", ISSMGE ATC-7 Symposium, pp. 3-24
2. 정경환 등(2001), "양산지역의 한일 공동조사 결과", ISSMGE ATC-7 Symposium, pp. 165-183
3. 정성교,곽정민, 김규종, 백승훈 (2001) "부산점토의 지반공학적 특성에 관한 고찰", ISSMGE ATC-7 Symposium, pp. 27-41
4. 황정규 (1999), 건설기술자를 위한 지반공학의 기초이론, 구미서관 pp. 349-391
5. 日本土質工學會 (1996), 土質工學用語
6. C. Ladd and T. William Lambe(1964), "The strength of "Disturbed" clay determined from undrained tests",ASTM STP 361, pp. 342-371
7. Skempton, A. W. & Henkel, D.J.(1957), Tests on London Clay from Deep Borings at Paddington, Victoria and the South Bank. 4th ICSMFE, Vol.1, pp.100-106