

해성점토의 토질정수 상관성 분석

Analysis on the Relationship of Soil Parameters of Marine Clay

허 열[†] · 윤석현¹⁾ · 정근채²⁾ · 오승탁³⁾

Heo, Yol · Yun, Seokhyun · Jung, Keunchae · Oh, Seungtak

ABSTRACT : Normally consolidated and slightly overconsolidated soft clay layer is widely distributed in the south coast of Korea. To ensure the efficient and economical construction design of any structure to be built on this soft soil, exhaustive studies are required related to geotechnical engineering properties. In this study, the relationship of the physical properties of southern marine clay in the Korea Peninsula were examined, including natural water content, specific gravity, total unit weight, initial void ratio, liquid limit, plastic limit, and physical properties of activity and soil parameters. For the parameter relationship analysis, the latest relatively reliable data on the large harbor construction work were used, optimum values were deducted with linear regression and non-linear regression between soil parameters, water content or initial void ratio appears to be very large. Moreover, in the linear and involution pattern regression, equal coefficient of determination appeared. The relationship of the different parameters was shown to be excellent in the non-linear regression of involution equation and exponential equation pattern compared with the findings of linear regression analysis.

Keywords : Physical properties, Soil parameters, Linear regression, Non-linear regression

요 지 : 우리나라 서, 남해안은 정규압밀 또는 약간 과압밀된 연약 점성토층이 널리 분포하고 있다. 이러한 연약지반의 효율적이고 경제적인 설계와 시공을 위해서는 사전에 공학적 특성을 상세히 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 한반도 남해안 해성점토에 대하여 자연함수비, 비중, 전체단위중량, 초기간극비, 액성한계, 소성한계, 활성도의 물리적 특성을 파악하고 토질정수간의 상관성을 규명하였다. 분석을 위하여 비교적 신뢰성이 크다고 볼 수 있는 대형 항만공사용 최근자료를 수집하여 이용하였다. 상관관계분석에서 선형회귀분석과 비선형회귀분석을 통하여 최적의 값을 도출하였다. 본 분석에 사용된 통계 소프트웨어는 SPSS(Version10.0)을 이용하였다. 분석결과 토질정수 사이의 선형 및 비선형 회귀분석결과 함수비와 초기간극비의 상관성이 가장 큰 것으로 나타났으며 선형 및 누승형 회귀분석에서 동일한 결정계수를 나타내 주고 있다. 기타 다른 정수사이의 상관성은 누승식 및 지수승식 형태의 비선형 회귀분석이 선형회귀분석보다 양호한 상관성을 보여주고 있다.

주요어 : 물리적특성, 토질정수, 선형회귀분석, 비선형회귀분석

1. 서 론

우리나라의 서, 남해안 지역 지반은 지형적인 특성으로 연약한 해성퇴적 실트질 점토로 이루어진 경우가 대부분이다. 이중 상당 부분은 과압밀비가 2 이하인 정규압밀 또는 약간 과압밀된 상태에 있으며 자연함수비와 액성한계가 비슷한 것으로 파악되고 있다. 이들 점성토 지반은 큰 압축성과 작은 전단강도 등 공학적으로 취약한 특성을 가지고 있어 과거의 각종 건설 공사시에는 이들 지반을 이용하는 것을 회피하여 왔다. 그러나 경제 규모의 확대로 인해 공학적으로 불리한 조건에 있는 이들 지반에서의 건설 공사와 해안 매립 사업이 증가하고 있는 실정이다. 현재도 연약지반 구간을 통과하는 고속도로나 철도가 지속적으로 건설되고 있으며, 서해안과 남해안에서는 바다를 매립하여 부지를 조성해서 항만이나 공항 또는 공

업단지를 건설하는 대규모 건설공사들이 진행되고 있다.

이러한 대규모 건설공사로 인해 우리나라의 연약지반 처리 관련기술 수준은 발전이 이루어져 왔다. 그러나, 아직도 개선이 요구되는 분야가 많이 존재하고 있다. 특히, 정밀한 지반조사의 필요성이 다른 종류의 공사보다도 상대적으로 중요한 연약지반개량사업을 통하여 지반조사상의 문제점은 점차 개선되어야 할 문제점으로 지목되고 있다. 체계적이고 종합적인 지반조사는 보다 합리적인 연약지반 개량공법의 선정, 설계 및 시공을 가능케 함으로써 안정성 증가는 물론 경제적으로도 막대한 예산 절감 효과를 얻을 수 있다. 따라서, 연약지반의 경제적이고 효율적인 처리를 위해서는 체계적이고 정밀한 지반조사를 통하여 대상지반의 공학적 특성을 사전에 정확히 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 전국 규모의 종합 지반조사와 각종 지반조사 결과의 수집, 분석

† 정희원, 충북대학교 공과대학 토목공학부 교수(E-mail : heoyol@yahoo.co.kr)

1) 정희원, GS건설 대전 당진 사업소 현장소장

2) 정희원, (주)현대건설 토목사업본부 차장

3) 정희원, 한국도로공사 도로관리처 부처장

및 정리가 미흡하여 연약지반의 분포현황 및 특성파악이 불충분하였다. 그러나, 최근의 연구결과들은 우리나라 연약지반의 특성 및 분포를 부분적으로 파악할 수 있는 자료를 제공하여 주고 있으나, 체계적으로 정리된 결과는 미약한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 남해안 지역 해성점토의 토질특성분석 연구의 일환으로 연구결과 중에서 물리적 특성에 대한 결과를 분석의 대상은 부산항 및 부산신항 지역의 항만 프로젝트를 위한 지반조사 결과를 분석 대상자료로 사용하였다. 분석자료의 정도를 높이기 위하여 원칙적으로 해성점토만을 대상으로 하였으며, 지역별로 시험결과들을 비교 분석하여 시험 값이 전반적인 경향에서 크게 벗어나는 자료는 분석대상에서 제외하였다. 통일분류법으로 ML, MH, CL, ML-CL에 해당되는 시험자료는 분석대상에 포함하였으며, SC로 분류되는 자료는 분석대상에 포함하지 않았으며, 값이 불교란시료 채취 심도의 중간 값을 사용하였다.

본 연구에서는 부산지역 해성점토지반의 토질특성 중 물리적 특성을 파악하여 기초자료를 제공하고, 또한, 선형 및 비선형 회귀분석을 수행하여 물리적 특성값사이의 상관관계를 분석하고자 하였다.

2. 토질특성 분석

2.1 개요

부산지역의 지반조사보고서(부산신항만주식회사, 1997, 1999; 해양수산부, 1997; 부산지방해양수산청, 1999, 2002, 2003; 현대건설, 2000, 2003; 대림산업, 2002; 포스코건설, 2002, 2003; 동아지질, 2003; 삼성물산, 2003; 한국컨테이

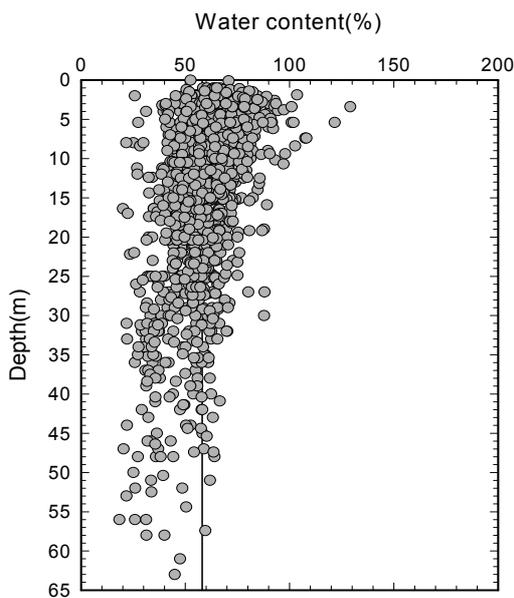


그림 1. 깊이에 의한 자연함수비 분포

너부두공단, 2003)를 통합 정리하여 깊이에 따른 해성점토의 물리적특성을 분석하였다. 단, 시험결과 중에서 통일분류법으로 SC로 분류되는 자료는 이용하지 않았으며 물리적 특성에서는 깊이에 따른 함수비, 비중, 전체단위중량, 간극비, 액성한계, 소성한계, 소성지수, 액성지수, 200번체 통과율, 2 μ m 이하 점토입자 함유율, 활성도를 분석하였다. 부산지역 점토의 물리적 특성분석에 이용된 자료의 수는 최대 자료수로 1217건으로 되었다.

2.2 물리적 특성

2.2.1 자연함수비

그림 1은 깊이에 따른 자연함수비 분포를 나타낸 것으로 부산지역 점토의 함수비는 18.4~129.1%의 범위에 분포하고, 평균 함수비는 58.05%로 평가되었다. 깊이가 증가함에 따라 자연함수비가 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, 깊이 35m 정도 이하에서는 자료는 대부분 평균 자연함수비보다 작은 값을 나타내고 있다. 이러한 경향은 백승훈(2003)의 연구결과 양산물금 지역과 유사한 경향을 보이고 있다. 또한, 그림 1로부터 본 연구에 포함된 대상 지역의 점토층의 최대 두께를 알 수 있으며, 부산지역의 경우 63m 정도로 나타났다.

2.2.2 비중

그림 2는 대상지역 점토시료의 깊이에 따른 비중분포를 나타낸 것으로 깊이에 따라 비교적 일정한 경향을 보이고 있다. 부산지역 점토의 비중은 2.62~2.79의 범위에 분포하며, 평균 비중은 2.708로 나타났다.

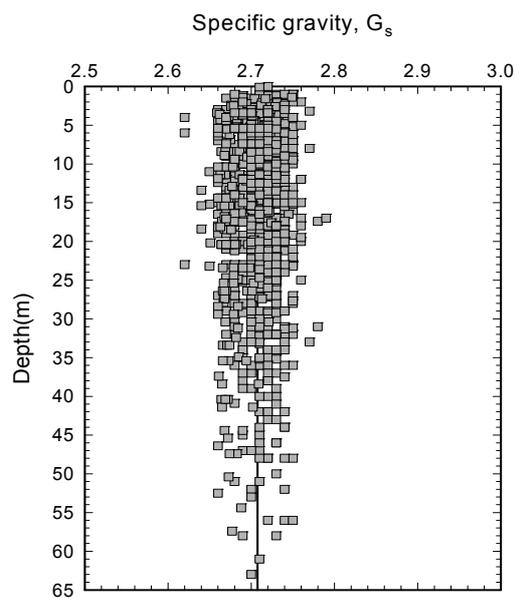


그림 2. 깊이에 따른 비중 분포

2.2.3 전체단위중량

그림 3은 깊이에 따른 전체단위중량의 변화를 나타낸 것으로 전체단위중량은 1.323~2.116tf/m³의 범위에 분포하며, 평균 전체단위중량은 1.647m³으로 분석되었다. 깊이와 전체단위중량의 관계는 $\gamma_t = 0.00305D + 1.605$ 로 깊이 증가에 따라 0.00305의 기울기로 증가하는 것으로 나타났지만, 결정계수(0.04)는 매우 작게 평가되었다. 부산지역의 경우 깊이 30m 정도 이하의 토층에서는 평균 이상의 전체단위중량을 보이고 있다.

2.2.4 초기 간극비

본 분석에서 초기간극비는 압밀시험, 일축압축시험, 삼축압

축시험시 측정된 단위중량으로부터 산정된 결과를 이용하였으며, 그림 4는 깊이에 따른 간극비의 분포를 보여주고 있다. 부산지역 점토의 초기간극비는 0.61~2.82의 범위에 분포하며, 평균 초기간극비는 1.639로 분석되었다. 깊이와 초기간극비의 관계는 $e = -0.01211D + 1.804$ 로 깊이에 따라 감소하는 것으로 나타났지만, 결정계수는 0.11로 작게 평가되었다.

2.2.5 액성한계와 소성한계

그림 5는 부산지역 점토의 깊이에 따른 액성한계의 분포를 나타낸 것으로 전반적으로 깊이에 따라 일정한 경향을 보이고 있으며, 전반적으로 액성한계 50% 이상으로 압축성과

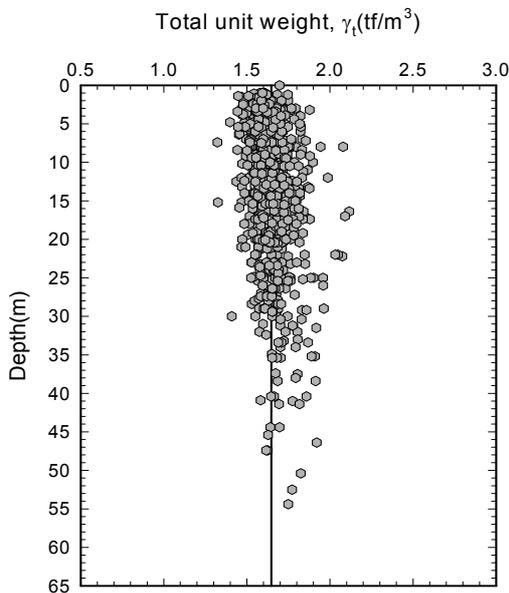


그림 3. 깊이에 따른 단위중량 분포

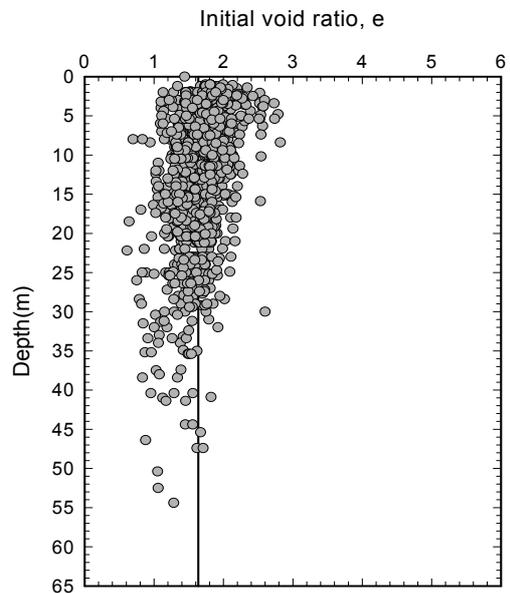


그림 4. 깊이에 따른 초기 간극비 분포

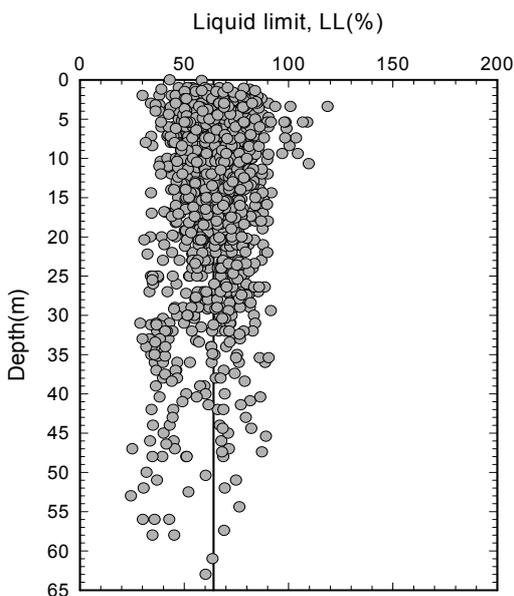


그림 5. 깊이에 따른 액성한계 분포

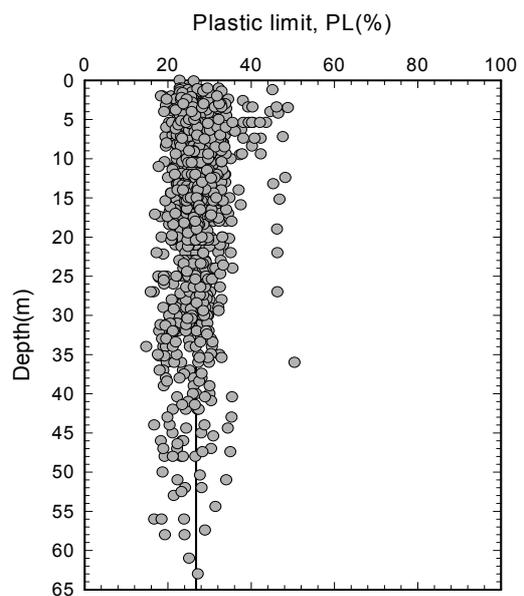


그림 6. 깊이에 따른 소성한계 분포

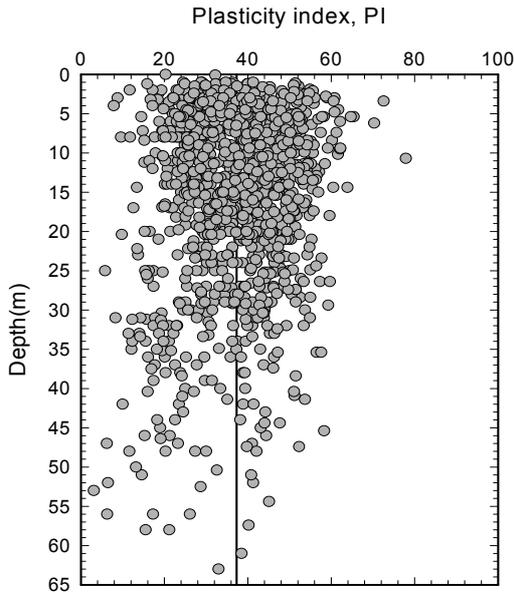


그림 7. 깊이에 따른 소성지수 분포

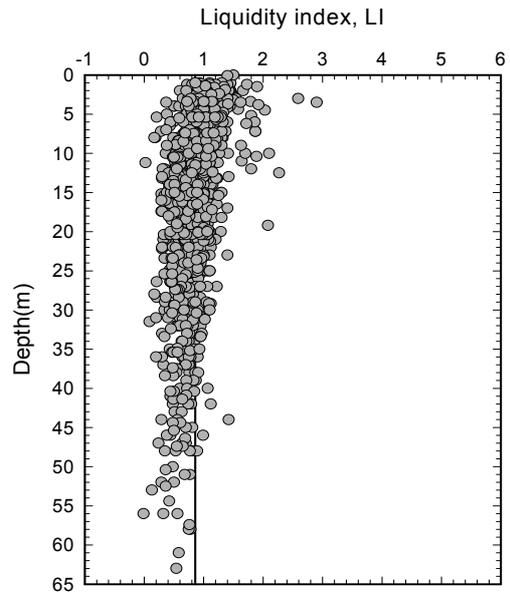


그림 8. 깊이에 따른 액성지수 분포

팽창성이 큰 고소성 점토에 속한다고 할 수 있다. 부산지역 점토의 액성한계는 24.5~118.7%로 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 있으며, 평균 액성한계는 64.06%를 보이고 있다. 그림 6은 깊이에 따른 소성한계의 변화를 도시한 나타낸 것이다. 이로부터 소성한계 범위는 14.8~50.4%를 나타내고 있으며, 평균 소성한계는 26.76%로 나타났다. 액성한계와 마찬가지로 소성한계도 깊이에 따라 일정한 경향을 보이고 있다.

2.2.6 소성지수와 액성지수

그림 7은 대상지역 시료에 대한 소성지수의 분포를 나타낸 것으로 전반적으로 분포범위가 크며, 깊이에 따라 뚜렷한 경향을 나타내지 않으며, 자료의 분산이 크다는 것을 알 수 있다. 부산지역 시료의 경우에도 소성지수의 범위는 3.1~77.9%의 범위에 분포하고 있다, 평균 소성지수는 37.3% 정도로 양산물금지역의 소성지수(20%를 약간 상회)에 비해 크게 나타나고 있다(박성재, 2004).

그림 8은 깊이에 따른 액성지수의 분포를 보인 것으로 깊이가 증가함에 따라 액성지수가 감소하고 있으며, -0.01~2.9의 범위에 분포하고 있다. 평균 액성지수는 0.86으로 평균값만을 고려하면 부산지역의 경우에는 소성상태로 존재하고 있음을 확인할 수 있으며, 정성교 등(2001)에 의한 녹산지역의 액성지수에 비해 작게 평가되는 경향을 보이고 있다. 그러나, 그림 8로부터 어느 깊이 이상에서는 전반적으로 소성상태로 존재하고 있음을 알 수 있다. 즉, 25m 이하에서 액성지수가 전체적으로 1이하로 소성상태에 존재하고 있음을 알 수 있다. 액성지수와 깊이와의 선형관계는 $LI = -0.01169D + 1.041$ 의 관계로 0.01169의 기울기로 감소

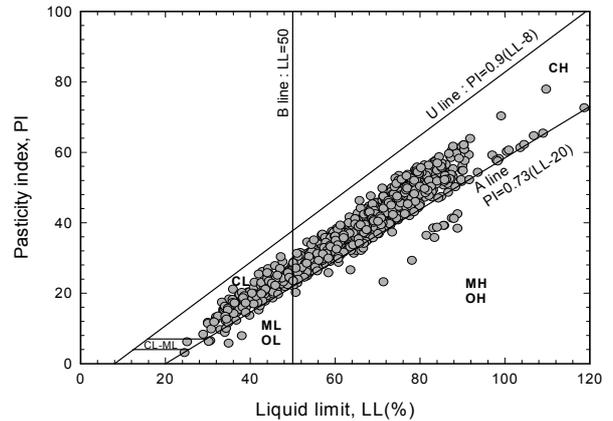


그림 9. 부산지역 점성토 지반의 소성도

하는 것으로 나타났으며, 결정계수는 0.21로 평가되었다. 그림 9는 소성도표에 부산지역 점토의 액성한계와 소성지수의 관계를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 부산지역 점토의 82% 정도가 통일분류법으로 CH로 분류되며, 15% 정도가 CL로 분류되고, 약 3% 정도가 ML-CL, ML, MH로 분류되는 것으로 나타났다.

2.2.7 200번체 통과율과 점토입자 함유율

그림 10은 대상지역 시료의 깊이에 따른 200번체 통과율을 나타낸 것으로 깊이에 따라 일정한 경향을 보이고 있다. 200번체 통과율의 범위는 50~99.7%로 평균 200번체 통과율은 88.55%로 나타났다.

그림 11은 깊이에 따른 2 μ m 이하의 점토입자 함유율의 변화를 나타낸 것이다. 이로부터 깊이에 따라 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것으로 나타났으며, 측정된 자료의 분산이

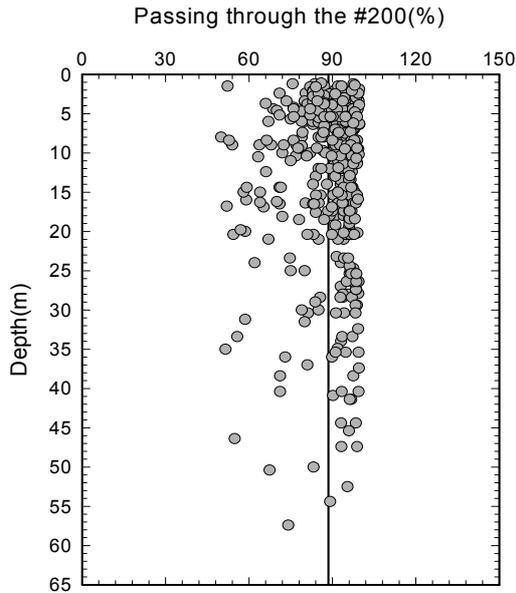


그림 10. 깊이에 따른 200번체 통과율

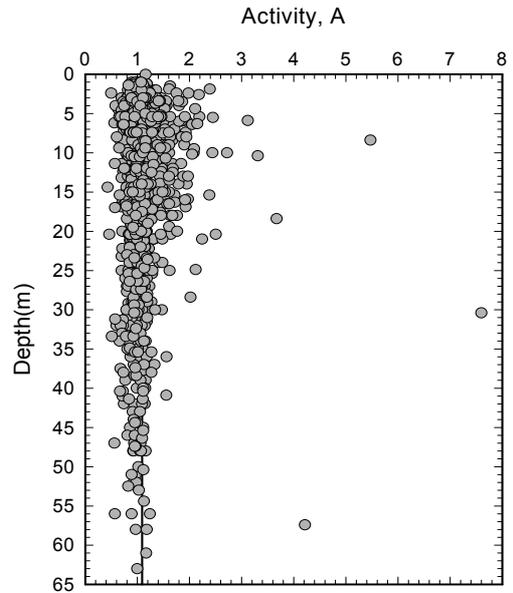


그림 12. 깊이에 따른 활성도

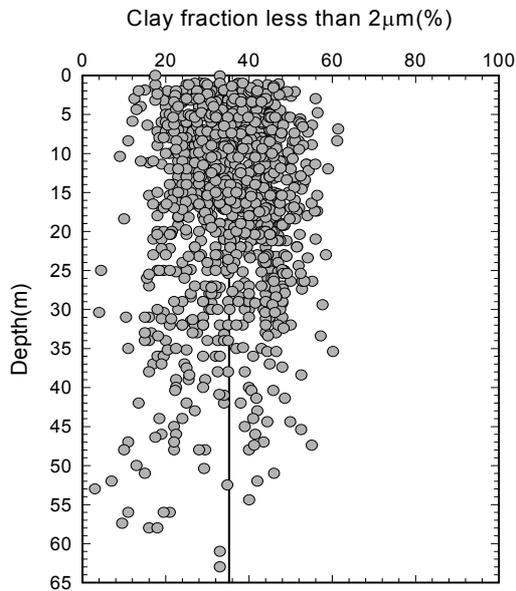


그림 11. 깊이에 따른 2 μ m이하 점토입자 함유율

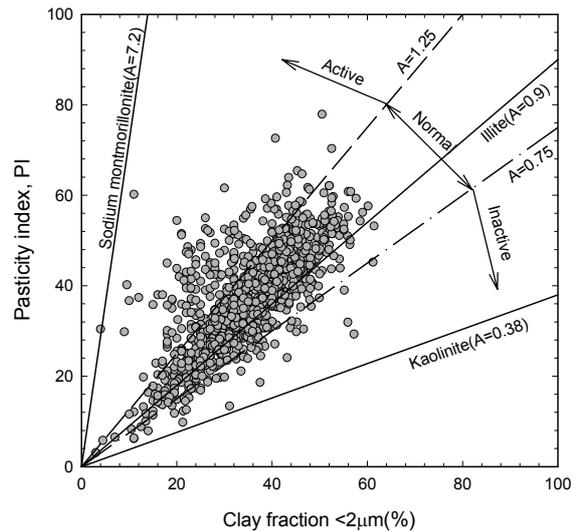


그림 13. 소성지수와 점토입자 함유율의 관계

크다는 것을 확인할 수 있다. 부산지역 시료의 2 μ m 이하의 점토입자 함유율은 3~61.4%이며, 평균 점토입자 함유율은 35.23%를 나타내고 있다.

2.2.8 활성도

Skempton(1953)에 의해 제안된 활성도(A)는 소성지수와 2 μ m 이하의 점토입자 함유율의 비로 점토의 팽창성을 나타내는 지표로 활성도가 클수록 팽창성이 크며, 활성도로부터 대략적인 점토광물의 종류를 파악할 수 있다.

그림 12는 깊이에 따른 활성도의 변화를 나타낸 것으로 깊이에 따라서는 특별한 경향성을 보이지는 않는다. 다만, 깊이 30m 이하에서 평균치에 근접해서 나타나고 있다. 활

성도는 0.43~7.6의 범위에 분포하고, 평균 활성도는 1.09를 나타내고 있으며, 대부분의 시료가 활성도 1.25 이하의 보통 활성도를 보이는 것으로 분석되었다.

그림 13은 Skempton(1953)의 활성도 도표에 부산지역에 대한 점토의 소성지수와 점토함유율(<2 μ m)과의 관계를 나타낸 것이다. 2 μ m 이하 점토입자 함유율에 따른 소성지수의 변화양상을 분석한 결과 활성도는 대부분 0.8~1.5 사이에 분포하며, 주로 Illite 점토광물로 구성되어 있으며, 약간의 Montmorillonite 계열도 존재하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 낙동강 지역(Illite 45.8~56.1%, Kaolinite 16~24.7%, 최진용, 김석운, 1998), 녹산지역(Illite 33.0~65.0%, Kaolinite 15~36%, 이선갑, 2003)에 대한 X선 회절분석 결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

3. 상관관계 분석

3.1 토질정수사이의 상관성분석

본 장에서는 분석대상 자료로부터 물리적 특성을 나타내는 토질정수사이의 상관 관계를 지역별로 나누어 상관성분석을 실시하였으며, 본 분석에 사용된 통계소프트웨어는 시카고대학에서 개발된 SPSS(version 10.0)을 이용하였다. 회귀분석에 앞서 각 토질정수사이의 상관성 분석을 실

표 1. Pearson's 상관계수

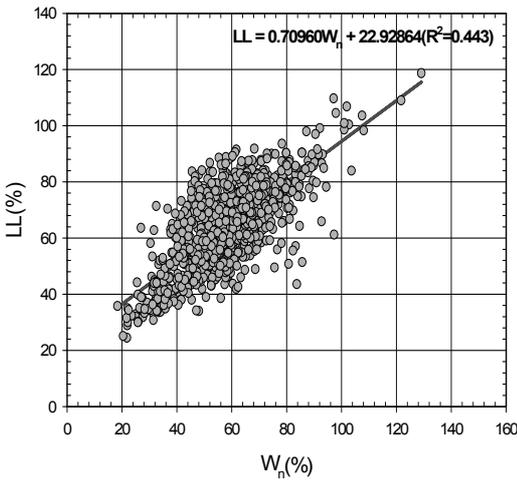
상관계수	W_n	γ_t	e	LL	PL
W_n	1	-0.742	0.925	0.724	0.544
γ_t		1	-0.879	-0.527	-0.405
e			1	0.623	0.462
LL				1	0.731
PL					1

시하여 회귀식을 구하지 않고도 두 변수가 얼마나 밀접한 관계에 있는가를 추정할 수 있다. 따라서, 본 연구에서도 부산지역에서 분석된 원자료를 대상으로 하여 물리적 특성을 나타내는 토질정수들에 대한 상관성분석을 실시하였으며, 그 결과 Pearson의 상관계수를 표 1에 나타내었다.

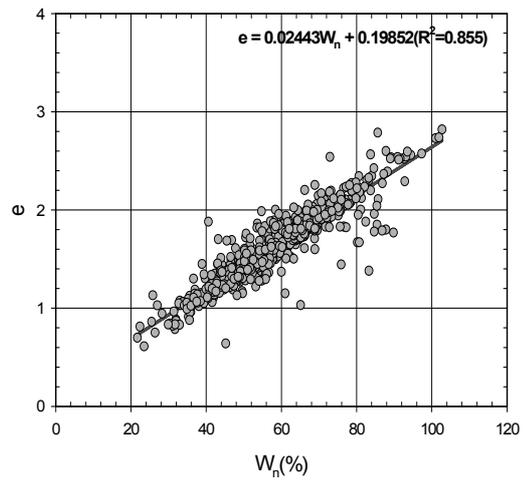
표 1에 나타낸 바와 같이 물리적 특성에서 초기간극비

표 2. 토질정수 사이의 선형회귀분석 결과

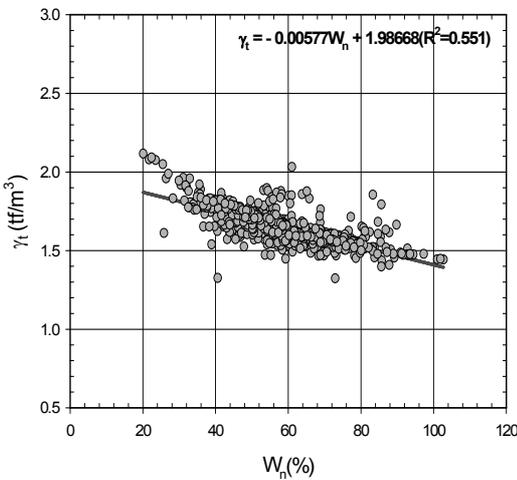
구분	토질정수	선형회귀식	결정계수
원자료	함수비-액성한계	$LL = 0.72495W_n + 21.92648$	0.525
	함수비-초기간극비	$e = 0.02443W_n + 0.19852$	0.855
	함수비-전체단위중량	$\gamma_t = -0.00577W_n + 1.98668$	0.551
	초기간극비-전체단위중량	$\gamma_t = -0.25754e + 2.06805$	0.772
이상치 제거후	함수비-액성한계	$LL = 0.70960W_n + 22.92864$	0.443
	함수비-초기간극비	$e = 0.02396W_n + 0.22432$	0.839
	함수비-전체단위중량	$\gamma_t = -0.00532W_n + 1.95486$	0.559
	초기간극비-전체단위중량	$\gamma_t = -0.24375e + 2.04069$	0.791



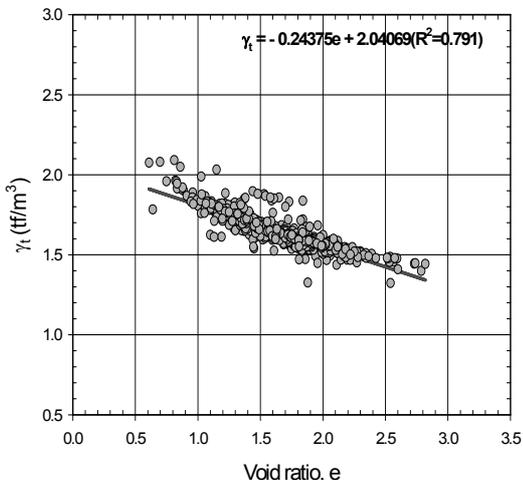
(a) 함수비-액성한계



(b) 함수비-초기간극비



(c) 함수비-전체단위중량



(d) 초기간극비-전체단위중량

그림 14. 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 선형회귀분석 결과(원 자료)

와 함수비사이의 상관계수가 0.925로 상관성이 가장 양호한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 초기간극비와 전체단위중량사이의 상관계수가 -0.879로 상관성이 양호한 것으로 분석되었다.

3.2 물리적 특성사이의 상관성분석

3.2.1 선형회귀분석

물리적 특성을 나타내는 토질정수사이의 상관관계를 파악하기 위하여 선형회귀분석을 실시하였으며, 분석 대상자료는 원자료와 box plot을 통하여 이상치를 제거한 후의 자료에 대하여 실시하여 관계를 분석하였다.

그림 14~15와 표 2는 부산지역 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 선형회귀분석 결과를 나타낸 것이다. 원자료를 대상으로 함수비와 물리적 특성들 사이의 결정계수는 0.551~0.855, 초기간극비와 전체단위중량사이의 결정계수는 0.772로 각각 나타났다. 함수비와 초

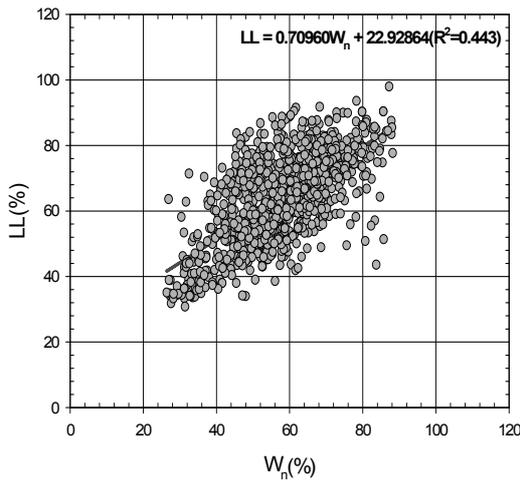
기간극비 그리고 초기간극비와 전체단위중량간의 상관관계가 비교적 양호하게 나타났다.

원자료에 대한 분석에서 이상치를 제거한 후 다시 선형회귀분석을 실시한 결과 그림 15와 같다. 함수비와 물리적 특성들 사이의 결정계수는 0.443~0.839, 초기간극비와 전체단위중량간 결정계수는 0.791로 각각 나타났다. 이상치를 제거한 경우에도 함수비와 초기간극비 그리고 초기간극비와 전체단위중량간의 상관관계가 다른 물리적 특성의 상관관계보다 비교적 양호한 것으로 나타났다.

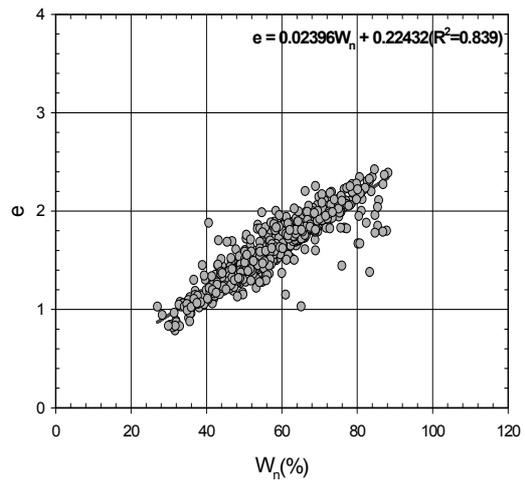
원자료와 이상치 제거후의 상관관계를 비교해 보면 함수비와 전체단위중량, 초기간극비와 전체단위중량간의 상관관계를 제외한 나머지는 모두 원자료에 대한 분석이 상관성이 높은 것으로 나타났다.

3.2.2 비선형 회귀분석

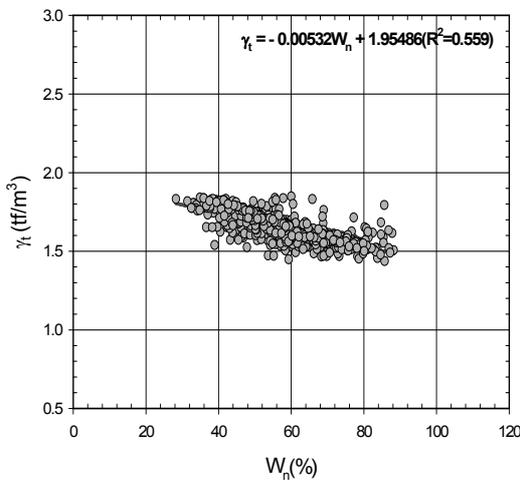
선형회귀모형은 x의 변화에 따라서 y가 직선적으로 변화



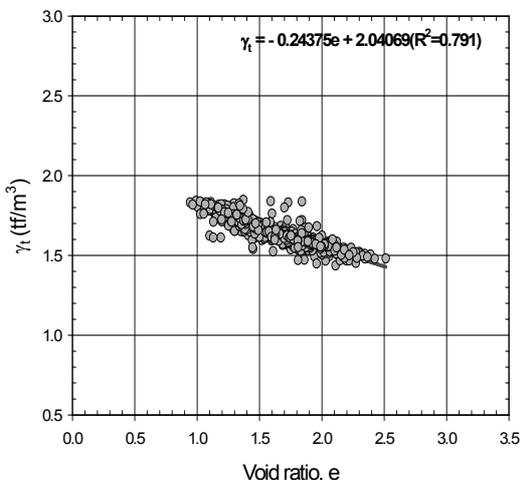
(a) 함수비-액성한계



(b) 함수비-초기간극비



(c) 함수비-전체단위중량



(d) 초기간극비-전체단위중량

그림 15. 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 선형회귀분석 결과(이상치 제거후)

한다고 가정할 때 사용되는 모형이다. 그러나 실무에서는 x 의 변화에 따라서 y 가 어떤 형태의 곡선을 그리는 경우가 많으며, 곡선추정 회귀모형은 여러 가지 형태의 곡선을 적합시키는 회귀분석이다. 본 분석에서는 누승형($y = a_0 \cdot x^b$)과 지수모형($y = a_0 \cdot \exp(-bx)$) 방정식을 이용하여 물리적 특성에 대한 비선형회귀분석을 실시하였다.

그림 16과 표 3은 비선형 회귀분석을 실시한 결과로서 함수비와 물리적 특성들 사이의 결정계수는 0.531~0.855, 초기간극비와 전체단위중량사이의 비선형 회귀분석결과 결정계수는 0.797로 비교적 양호한 상관관계를 나타내었다.

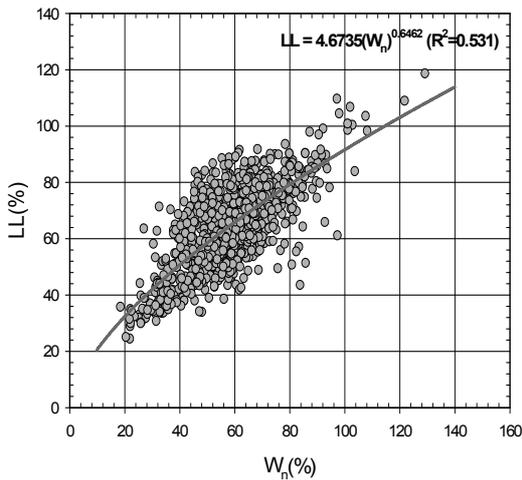
물리적 특성중에서 함수비와 초기간극비, 그리고 초기간극비와 전체단위중량간의 상관관계가 다른 물성치에 비해 비교적 양호한 것으로 나타났으며, 선형회귀분석보다 비선형 회귀분석법이 다소 상관성을 높여주는 것으로 나타났다.

3.3 토질정수 산정결과

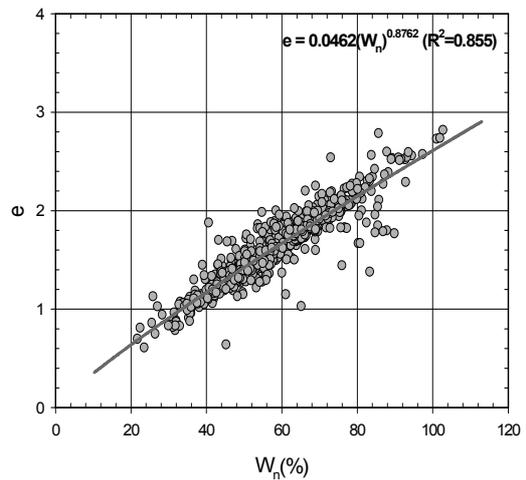
표 4는 부산지역 해성점토지반의 물리적 특성에 대한 통계분석 및 회귀분석을 통하여 결정된 토질정수 산정결과를 요약하여 나타낸 것이다.

표 3. 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 비선형회귀분석 결과

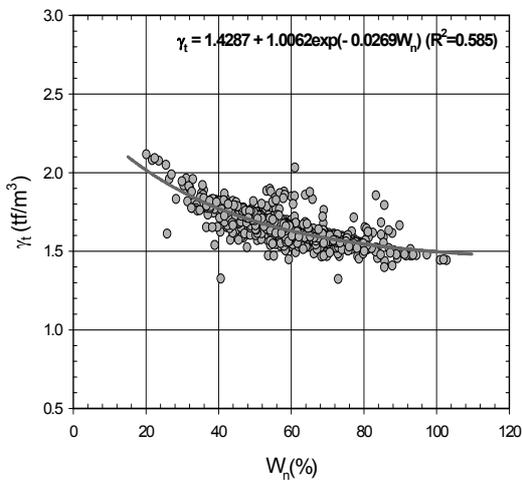
토질정수	비선형 회귀식	결정계수
함수비-액성한계	$LL = 4.6735(W_n)^{0.6462}$	0.531
함수비-초기간극비	$e = 0.0462(W_n)^{0.8762}$	0.855
함수비-전체단위중량	$\gamma_t = 1.4287 + 10062\exp(-0.0269W_n)$	0.585
초기간극비-전체단위중량	$\gamma_t = 1.2797 + 1.1544\exp(-0.7167e)$	0.797



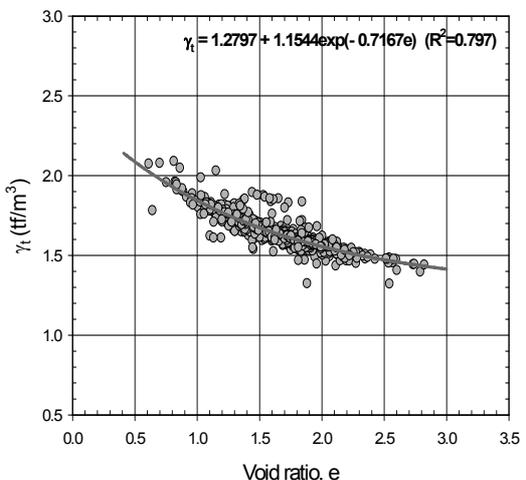
(a) 함수비-액성한계



(b) 함수비-초기간극비



(c) 함수비-전체단위중량



(d) 초기간극비-전체단위중량

그림 16. 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 비선형회귀분석 결과 (원자료)

표 4. 분석지역의 토질정수 산정결과

구분	단위	대표값	95% 신뢰구간	
			하한	상한
함수비(W_n)	%	57.61	56.9091	58.3119
비중(G_s)	-	2.708	2.7066	2.7092
단위중량(γ_t)	tf/m ³	1.639	1.6337	1.6440
초기간극비(e)	-	1.627	1.6069	1.6443
액성한계(LL)	%	63.87	63.0906	64.6483
소성한계(PL)	%	26.34	26.1498	26.5297
소성지수(PI)	%	37.24	36.6128	37.8663
활성도(A)	-	1.01	1.0018	1.0195

4. 결 론

본 연구에서는 대형 항만공사가 시행되고 있는 남해안의 대표적 항구지역인 부산항 및 부산신항 지역 해상점토에 대한 토질특성중 물리적 특성을 파악하고, 그 결과를 통계적 분석을 실시하여 물리적특성사이의 상관성을 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 부산지역 점성토에 대한 물리적 특성 분석결과 함수비는 26.4~88.2%(평균 57.61%)의 범위로 35m 이하에서는 대부분 평균함수비보다 작은 값을 나타내며, 비중은 2.65~2.77의 범위에서 평균 2.71을 보이고 있다.
- (2) 전체단위중량은 1.437~1.848tf/m³의 범위로 평균 1.639tf/m³로 나타났으며, 깊이 30m 정도 이하의 토층에서는 평균 이상을 보이고 있다. 활성도는 대부분 0.8~1.5 사이에 분포하여 Illite로 구성되어 있으며, 통일분류법으로 82% 정도가 CH로 분류되고, 15% 정도가 CL로 분류되는 것으로 나타났다.
- (3) 점성토의 물리적 특성을 나타내는 토질정수 사이의 선형 및 비선형 회귀분석 결과 함수비와 초기간극비의 상관성이 가장 큰 것으로 나타났으며, 선형 및 누승형 회귀분석에서 동일한 결정계수를 나타내었다.
- (4) 기타 다른 토질정수 사이의 상관성은 누승식 및 지수승식 형태의 비선형 회귀분석이 선형회귀분석보다 높은 상관성을 나타내었다.

사 사

이 논문은 2007학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2007).

참 고 문 헌

1. 대림산업(2002), 부산신항 배후철도 제3공구(진영-녹산) 건설공사 지반조사보고서, pp. 18~37.
2. 동아지질(2003), 부산항 신시대 컨테이너 터미널 확충사업 기본 및 실시설계 지반조사보고서, pp. 34~92.
3. 박성재(2004), 부산 경남지역 연약지반의 토질특성, 한국지반공학발자취, 한국지반공학회, pp. 165~175.
4. 박성현, 조신갑, 김성수(1999), 통계 자료 분석을 위한 한글 SPSS, SPSS 아카데미, pp. 207~228.
5. 백승훈(2003), 현장실험에 의한 부산점토의 토질특성 분석, 동아대학교 대학원 박사학위논문, pp. 17~262.
6. 부산신항만주식회사(1997), 부산신항만 개발사업 민자사업 1단계 구간 지반조사 보고서, pp. 76~236.
7. 부산신항만주식회사(1999), 북컨테이너 터미널 실시설계 지반특성 분석 보고서, pp. 67~163.
8. 부산지방해양수산청(1999), 부산신항 준설토 투기장(2차) 실시설계 보고서-해양지반조사편, pp. 1~217.
9. 부산지방해양수산청(2002), 부산신항 연결잔교 및 다목적부두 축조공사 실시설계 보고서, pp. 178~196.
10. 부산지방해양수산청(2002), 부산항 국제여객 및 해경부두 축조 기본설계용역 지반조사 보고서, pp. 89~175.
11. 부산지방해양수산청(2003), 부산항 국제여객 및 해경부두 축조 실시설계용역 지반조사 보고서, pp. 58~183.
12. 삼성물산주식회사(2003), 부산신항 북컨테이너 터미널 축조공사 지반조사보고서, pp. 167~189.
13. 이선갑, 김성욱, 황진연, 정성교(2003), 부산점토의 특성:녹산지역 점토 퇴적물의 광물조성과 토질, 한국지반공학회 봄학술발표회 논문집, pp. 741~746.
14. 정성교, 광정민, 김규종, 백승훈(2001), 부산점토의 지반공학 적 특성에 관한 고찰, ISSMGE ATC -7 Symposium 논문집, pp. 27~41.
15. 최진용, 김석윤(1998), 한반도 주변해역 점토광물의 함량과 분포, 한국지구과학회지, 제19권, 제5호, pp. 524~532.
16. 포스코건설(2002), 원전항 건설공사 지반조사보고서, pp. 23~87.
17. 포스코건설(2003), 부산항 국제여객 및 해경부두 축조공사 지반조사보고서, pp. 65~86.
18. 한국컨테이너부두공단(2003), 부산신항만 개발사업(북항만측 4선식) 기본 및 실시설계 지반특성분석보고서, pp. 98~127.
19. 해양수산부(1997), 부산신항 방파제 실시설계 지반조사 보고서, pp. 38~89.
20. 현대건설주식회사(2000), 감천항 공영수산물 도매시장 건설공사 실시설계 지반조사보고서, pp. 123~138.
21. 현대건설주식회사(2003), 부산신항 북컨테이너 터미널 축조공사 지반조사보고서, pp. 69~74.

(접수일: 2008. 1. 19 심사일: 2008. 2. 29 심사완료일: 2008. 5. 2)