

## 해성점토의 물리적 특성과 압축지수의 상관성

### Relationship Between Physical Properties and Compression Index for Marine Clay

김 동 후\*<sup>1</sup> Kim, Dong-Hoo

김 기 웅\*<sup>2</sup> Kim, Khi-Woong

백 영 식\*<sup>3</sup> Paik, Young-Shik

#### Abstract

The compression index of clay distributed in the west and south coast of the Korean Peninsula had been studied. Compression index was obtained from the conventional consolidation test, and was conducted accordingly to obtain the field virgin compression curve by means of Schmertmann's graphical correction. To examine a correlation closely between physical properties of soils( $e_0$ , LL,  $w$ ) and compression index( $C_c$ ), linear and non-linear regression analysis were employed based on the data collected from tests. The conclusions are as follows. The compression index obtained by means of Schmertmann's graphical correction is about 1.16 times for the value of original oedometer test curve for U/D samples. Non-linear regression curve was preferable to establish a correlation equation rather than linear regression curve. All derived equations so far achieved have been summarized and given. However, linear equation is better for practical use so that part by part simplified linear equations were also suggested alternatively together with their own non-linear regression curve.

#### 요 지

한반도 서, 남해안 해성점토에 대하여 초기간극비와 자연함수비 및 액성한계의 물리적 특성과 압축지수와의 상관성을 규명하기 위해 비교적 신뢰성이 크다고 볼 수 있는 대형 항만 공사용 최근자료를 분석하였다. 시료교란의 정도를 분석하기 위하여 각 표본별 실내압밀시험을 실시하고 Schmertmann이 제안한 방법으로 보정하여 수정압축지수를 산정하였다. 또한 이들 자료를 토대로 실내압밀시험으로부터 얻어진 압축지수를 경험적 방법에 의하여 보정한 후 현장 처녀압축곡선과의 관계를 분석하고, 단순회귀분석, 다중회귀분석 및 비선형 회귀분석을 실시하여 최적의 회귀모델을 구한 후 해성점토에 적용할 수 있는 토질특성과 시료교란의 영향을 고려한 압축지수와의 상관 관계식을 제안하였다. 분석 결과, 시료교란의 영향을 경험적 방법으로 평가해 본 결과 현장 압축지수는 실험실 압축지수의 1.16배 정도 크게 평가되었다. 해성점토의 물리적 특성과 압축지수의 상관성에 대한 최적의 회귀모형은 토질정수의 누승식 또는 지수승식 형태의 비선형회귀식이 가장 적합한 것으로 나타났다. 또한, 설계 및 실무에 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하기 위하여 선형관계식을 사용하는 경우에는 압축지수의 상관식을 물성치의 구간에 따라 구분하여 사용하는 것이 바람직하다.

**Keywords :** Compression index, Regression analysis, Schmertmann's graphical correction, Simplified equation

\*1 정회원, (주)대영 엔지니어링 상무이사 (Member, Director, Daeyoung Engrg., Corp., dongwho@chol.net)

\*2 정회원, 시립인천전문대학 토목과 교수 (Member, Prof., Dept. of Civil Engrg., Incheon City College, kwkim@jcc.ac.kr)

\*3 정회원, 경희대학교 토목공학과 교수 (Member, Prof., Dept. of Civil Engrg., Kyunghee Univ.)

# 1. 서론

일반적으로 경험적 상관관계식은 시간이 부족하여 충분한 시험을 실시하지 못하였거나, 시험을 실시하였어도 결과의 분산정도가 심하여 토질정수를 결정하기 어려울 때 주로 이용되고 있다. 이러한 경험식들은 주로 간편한 시험에 의하여 쉽게 결정될 수 있는 토질정수들을 이용하여 개략적인 값을 산정하고 예비설계에 사용되기도 한다.

그러나 국내에서 제안된 대부분의 경험적 상관관계식들은 분석대상지역이 특정지역에 국한되어 적용범위가 매우 제한되어 있을 뿐만 아니라 인근지역의 기 수행된 조사자료를 통합하여 분석한 경우가 많기 때문에 토질정수간의 상관성이 적어 설계 및 실무에 사용하는 데에는 한계가 있다.

경험적 상관관계식을 얻기 위한 자료의 분석방법에서는 대부분 단순회귀분석에 의한 선형관계로만 나타내고 있으며, 이들로부터 산정된 계수는 시료교란에 의한 영향을 고려하지 않고 있어 현장의 시료특성이 과소평가 될 수 있다. 또한, 현재까지 수행된 많은 시추 조사와 토질시험에도 불구하고 최근 들어 시험자료에 대한 신뢰성 문제가 자주 거론되고 있어 특정회사의 시험결과만을 이용하여 상관관계식을 제안할 경우에는 객관성에 문제가 있을 수 있다. 그러나 근자에 ‘설계·시공일괄입찰방식’으로 발주된 프로젝트 중에서 기초지반이 대부분 해성 점토층으로 형성되어 있고, 프로젝트별 참여회사 마다 해상전용장비를 이용하여 현장 조사와 시험을 별도로 수행하여 상호 비교가 가능하도록 시험성고가 제출된 프로젝트만을 분석대상 자료로 사용하여 앞서 언급한 문제점을 보완할 수 있다고 판단된다.

분석에 사용한 자료는 최근의 자료로 신뢰성이 크다고 볼 수 있는 전북 군산외항(표본 I)과 부산 신선대 일원(표본 II), 전남 광양항(표본 III)의 지반조사 결과를 이용하였으며, 각 표본별 이들 자료의 특성을 요약하면 표 1과 같다.

표 1. 분석에 이용한 해성점토의 특성

	표본 I	표본 II	표본 III
위 치	전북 군산외항	부산 신선대 일원	전남 광양항
해저면의 위치(DL.m)	(-)2.5 ~ (-)4.5	(-)12.2 ~ (-)17.2	(-)0.1 ~ (-)3.2
연경도	보통 내지 견고	매우 연약	매우 연약
압밀상태	과압밀	정규압밀	정규압밀

따라서 이들 자료를 토대로 실내압밀시험으로부터 얻어진 압축지수를 경험적 방법에 의하여 보정한 후 현장 처녀압축곡선과의 관계를 분석하고, 단순회귀분석, 다중회귀분석 및 비선형 회귀분석을 실시하여 최적의 회귀모델을 구한 후 해성점토에 적용할 수 있는 토질특성과 시료교란의 영향을 고려한 압축지수와 상관 관계식을 본 논문에서 제안하였다.

## 2. 해성점토의 토질특성

### 2.1 연경도

사용한 시료의 특성을 소성도로 나타내면 그림 1과 같다. 대부분의 시료가 A선의 위쪽에 위치하여 무기질 특성을 보이고 있다.

### 2.2 초기간극비(Initial void ratio)

표본별 초기간극비의 분포특성은 표 2와 그림 2와 같이 나타나고 있으며, 표본 II와 표본 III의 경우는 심도가 깊어짐에 따라 자연함수비가 감소하고 이에 따라 초기간극비도 감소하는 경향을 나타내고 있어 통계처리에 따른 결정론적인 방법에 의해 추정된 평균값을 사용한 설계는 깊이에 따른 함수라는 사실이 고려되지 않았으므로 적용 시에 문제가 있을 수 있다.

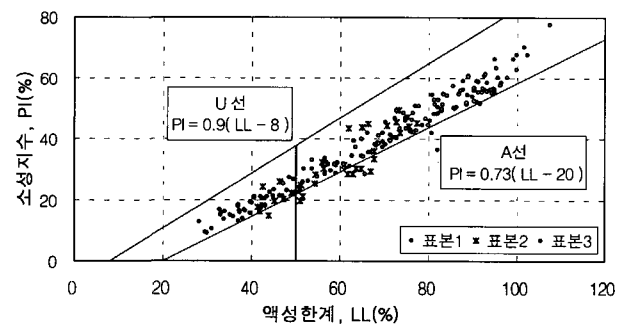


그림 1. 소성도

표 2. 표본별 초기간극비의 분포특성

구 분	표본 I	표본 II	표본 III
최 소	0.61	1.20	1.41
최 대	1.31	2.40	3.46
95% 신뢰구간	0.83~0.91	1.53~1.78	2.37~2.51
평 균	<b>0.87</b>	<b>1.65</b>	<b>2.44</b>

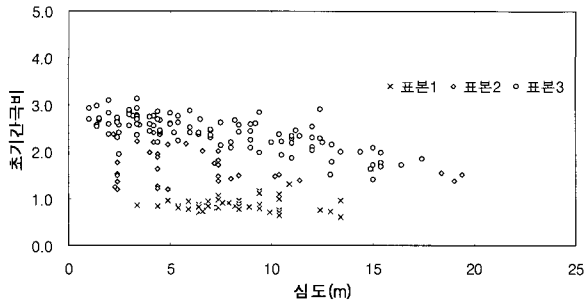


그림 2. 심도에 따른 초기간극비의 분포경향

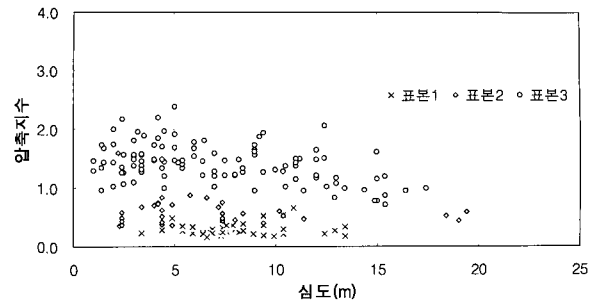


그림 3. 심도에 따른 압축지수의 분포경향

### 2.3 압축지수(Compression index)

표본 I의 경우에는 95% 신뢰구간의 압축지수 분포범위가 0.28~0.34(평균 0.31) 정도로 나타나고 있으며, 심도와 무관하게 거의 일정한 값을 보이고 있어 과거에 큰 선행하중을 받은 응력이력을 지니고 있는 것으로 판단된다.

그러나 표본 II와 표본 III의 경우에는 그림 3에서 나타난 바와 같이 심도가 깊어짐에 따라 압축지수가 다소 감소하는 경향을 나타내고 있어 상부의 일정심도 이상에서는 신생정규압밀점토(young normally consolidated clay)로, 그 하부는 고령정규압밀점토(aged normally consolidated clay)인 것으로 판단된다.

한편, 실내압밀시험은 시료가 현장에서와 같이 전혀 교란되지 않은 시료상태로 시험을 행할 때 가장 이상적인  $e - \log \sigma'$ 와 관계 그래프를 얻을 수 있다. 그러나, 실

제로는 교란이 전혀 없는 시료를 얻는 것은 불가능하다.

현장에서 시료를 채취할 때, 실험실로 운반시, 실내에서 압밀 링에 설치하기 위하여 시료를 성형할 때에 필연적으로 시료는 어느 정도 교란되기 마련이다(Azzouz, 1996).

본 연구에서는 시료교란의 정도를 분석하기 위하여 각 표본별 실내압밀시험을 실시하고 Schmertmann이 제안한 방법으로 보정하여 수정압축지수를 산정한 결과, 표 3에서 보인바와 같이 표본별 수정 압축지수의 보정 비율은 95% 신뢰구간을 기준으로 대략 1.11~1.22 정도로 나타나고 있다.

이러한 값의 분포범위는 자연시료의 특수한 채취 기술 및 방법에 따라 달라질 수는 있으나, 현재로서는 피스톤 샘플러에 의해 얻어진 시료에 의한 실내압밀곡선과 현장의 처녀압밀곡선의 기울기에 대한 보정 비율은 평균 1.14~1.17배 정도로 자료 분석결과 나타나고 있으며, 전체자료에 대한 평균 보정비율을 적용할 경우 실내압밀시험으로부터 구한 압축지수와 현장처녀 압밀곡선의 기울기와의 관계는 다음과 같이 나타나고 있다.

$$C_c' = 1.16 C_c$$

여기서,  $C_c'$ 은 현장압밀곡선 기울기이고,  $C_c$ 는 실내압밀곡선 기울기이다.

표 3. 수정압축지수의 분포범위 및 보정비율

표본	구 분	범 위	95% 신뢰구간	평 균	편 차
I	압축지수	0.16~0.66	0.28~0.34	0.31	0.11
	수정압축지수	0.20~0.70	0.30~0.37	0.34	0.11
	보정 비율	<b>1.0~1.50</b>	<b>1.11~1.17</b>	<b>1.14</b>	<b>0.09</b>
II	압축지수	0.35~0.87	0.51~0.61	0.56	0.15
	수정압축지수	0.37~0.95	0.59~0.71	0.65	0.17
	보정 비율	<b>1.02~1.77</b>	<b>1.13~1.22</b>	<b>1.17</b>	<b>0.13</b>
III	압축지수	0.72~2.38	1.35~1.48	1.41	0.32
	수정압축지수	0.77~2.73	1.57~1.72	1.65	0.40
	보정 비율	<b>1.02~1.55</b>	<b>1.15~1.18</b>	<b>1.16</b>	<b>0.09</b>

따라서 점토의 물리적 특성과 압축지수와의 상관성 분석을 할 때에는 반드시 시료교란의 영향을 고려하여야 만이 현장의 압축특성에 보다 가까운 값을 추정할 수 있는 것으로 표본 분석결과 나타나고 있다.

## 2.4 물리적 특성간의 상관성

분석대상자료로부터 토질정수 간의 상관관계 및 해성점토의 물리적 특성과 압축지수의 상관관계식을 구하기 위하여 MS사의 Excel 2000과 시카고대학에서 개발된 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences)를 이용하였다.

흙의 초기간극비, 자연함수비, 액성한계와 압축지수의 상관성은 표 4와 같이 매우 높은 것으로 나타나 있다.

## 3. 회귀분석

### 3.1 선형회귀분석

#### 3.1.1 단순회귀분석

최적의 회귀모형을 구하기 위하여 표본자료에 대한 단순 회귀분석을 실시한 결과 표 5에서 나타난바와 같이 보정하지 않은 압축지수와 물리적 특성간의 결정계수는 0.83~0.84 정도로 양호한 상관성을 나타내고 있다.

그러나 그림 4~그림 6에서 나타난 바와 같이 표본자료에 대하여 선형적인 회귀식 만으로 표현할 경우 간극비가 1.0미만인 경우에는 압축지수가 과소평가 하게되

표 4. 압축지수와 토질정수의 상관계수

구 분	압축지수	초기간극비	함수비	액성한계
압축지수	1.0	0.925 (0.918)	0.920 (0.917)	0.912 (0.907)
초기간극비	-	1.0	0.986	0.927
함수비	-	-	1.0	0.926
액성한계	-	-	-	1.0

※ ( )안은 시료교란의 영향을 보정한 압축지수와의 상관계수

표 5. 압축지수와 물리적특성과의 단순회귀분석결과

구 분	압축지수	
	선형회귀식	R <sup>2</sup>
초기간극비	$C_c = -0.38 + 0.71e_o$	0.84
자연함수비(%)	$C_c = -0.38 + 0.02w_N$	0.84
액성한계(%)	$C_c = -0.75 + 0.02LL$	0.83

며, 간극비가 1.0~2.0사이인 경우에는 다소 과대평가 되는 경향을 보이고 있다.

### 3.1.2 다중회귀분석

초기간극비, 자연함수비, 액성한계의 여러 가지 조합에 대한 수정압축지수의 다중회귀분석 결과, 표 6에서 나타난바와 같이 결정계수가 0.83~0.88 정도로 압축지수는 단일변수 보다는 다중변수에 의한 상관성이 큰 것으로 나타나고 있다.

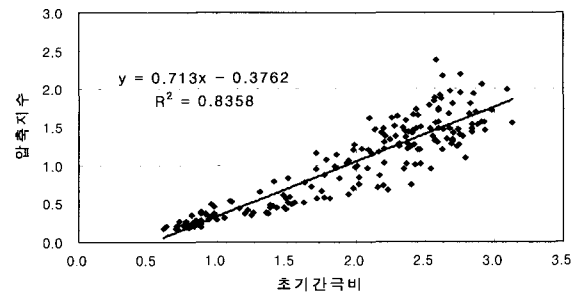


그림 4. 초기간극비와 압축지수의 단순회귀분석

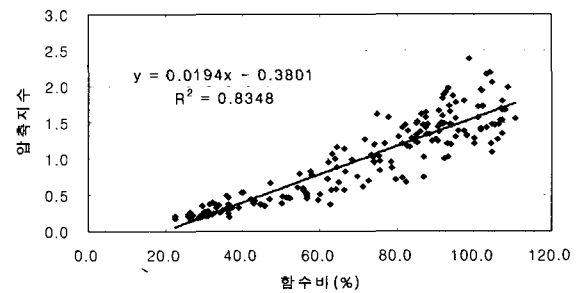


그림 5. 함수비와 압축지수의 단순회귀분석

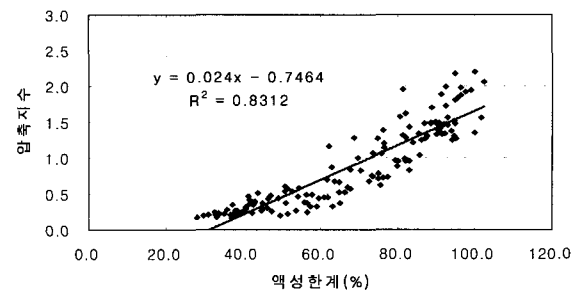


그림 6. 액성한계와 압축지수의 단순회귀분석

표 6. 수정압축지수와 물리적 특성과의 다중회귀분석

구분	다중회귀식	수정 R <sup>2</sup>
$w_n, e_o$	$C_c' = -0.465 + 0.328e_o + 0.014w_n$	0.826
$w_n, LL$	$C_c' = -0.736 + 0.0127LL + 0.014w_n$	0.862
$e_o, LL$	$C_c' = -0.716 + 0.499e_o + 0.013LL$	0.861
$w_n, LL, e_o$	$C_c' = -0.716 + 0.275e_o + 0.012LL + 0.007w_n$	0.863

### 3.1.3 구간별 선형회귀분석

표 7은 초기간극비와 수정압축지수에 비선형회귀식을 구간별 선형관계식으로 나타낸 경우로서 그림 7에서

표 7. 초기간극비와 수정압축지수의 구간별 선형관계식

$e_o \leq 1.3$	$1.3 < e_o < 3.0$	$R^2$
$C_c' = 0.47(e_o - 0.18)$	$C_c' = 0.95(e_o - 0.75)$	0.83

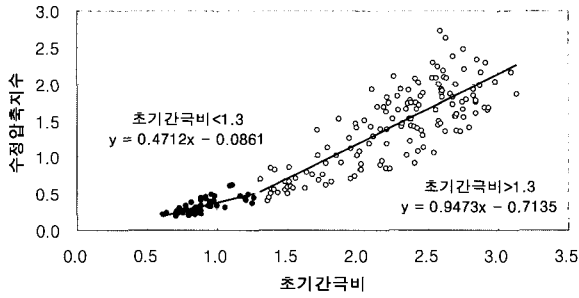


그림 7. 초기간극비와 수정압축지수의 선형 관계식

표 8. 함수비와 수정압축지수의 구간별 선형관계식

$\omega_n \leq 50\%$	$50\% < \omega_n < 110\%$	$R^2$
$C_c' = 0.013(\omega_n - 8)$	$C_c' = 0.026(\omega_n - 8)$	0.83

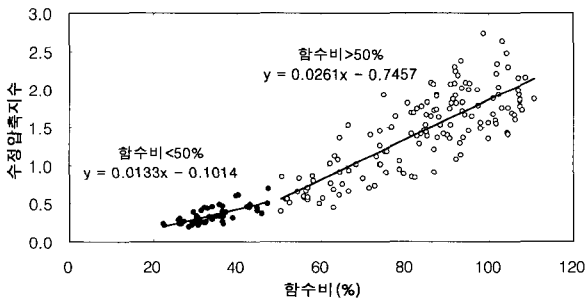


그림 8. 함수비와 수정압축지수의 선형 관계식

표 9. 액성한계와 수정압축지수의 구간별 선형관계식

$LL \leq 60\%$	$60\% < LL < 100\%$	$R^2$
$C_c' = 0.01(LL - 5)$	$C_c' = 0.04(LL - 47)$	0.87

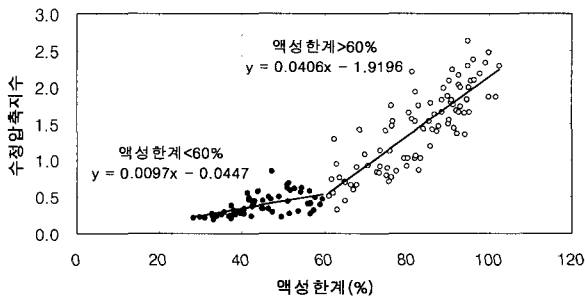


그림 9. 액성한계와 수정압축지수의 선형 관계식

분석된 회귀식의 이용성을 고려하여 소수점 부분을 조정하여 식을 제안하였기 때문에 경계 값 부근에서 미소한 차이는 발생할 수 있다.

표 8은 함수비와 수정압축지수의 구간별 선형관계식으로 나타낸 경우이고, 그림 8은 앞서 분석한 동일한 방법으로 비선형 상관관계식을 구간별 선형 회귀식으로 나타낸 경우이다.

그림 9는 앞서 분석한 동일한 방법으로 비선형 상관관계식을 구간별 선형회귀식으로 나타낸 경우이며, 표 9는 비선형회귀식을 구간별 선형관계식으로 나타낸 경우이다.

### 3.2 비선형회귀분석

표 10과 같은 9가지 회귀모형에 대하여 비선형회귀분석을 실시한 결과가 표 11에 나타나 있다.

표 11에 나타난바와 같이 비선형관계식이 단일변수로 표현된 선형 관계식보다 양호한 상관성을 보여주고 있으며, 압축지수와와의 관계에서 초기간극비와 함수비는 토질정수의 누승식의 형태와, 액성한계는 지수승식 모델이 가장 적합한 회귀식으로 나타나고 있다.

표 12는 비선형 회귀분석결과 상관성이 가장 양호하고 표현식이 단순한 토질정수의 누승식과 지수승식의 상관관계식을 보여주고 있으며, 특히 x의 누승식으로 표현된 압축지수와 초기간극비 및 압축지수와 함수비의 상관성은 매우 양호한 결과를 보여주고 있다.

이와 같이 전체 표본이 비선형 상관관계식으로 나타나게 된 주된 원인은 Leroueil(1983)의 연구결과에서 나타났듯이 초기간극비가 큰 점토에서의 예민비가 초기

표 10. 곡선추정 회귀모형 방정식

모형	방정식
① 대수모형	$y = b_0 + b_1 \cdot \ln(x)$
② 역모형	$y = b_0 + (b_1/x)$
③ 2차모형	$y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2$
④ 3차모형	$y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + b_3 \cdot x^3$
⑤ 복합모형	$y = b_0 \cdot b_1^x$
⑥ 누승형	$y = b_0 \cdot x^{b_1}$
⑦ S-모형	$y = \exp\left(b_0 + \frac{b_1}{x}\right)$
⑧ 성장모형	$y = \exp(b_0 + b_1 \cdot x)$
⑨ 지수모형	$y = b_0 \cdot \exp(b_1 \cdot x)$

표 11. 비선형 회귀모형별 결정계수

토질정수 \ 모형	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
$e_0$	0.780	0.694	0.820	0.836	0.888	0.908	0.869	0.888	0.888
$w_N$	0.780	0.688	0.826	0.840	0.889	0.903	0.857	0.889	0.889
$LL$	0.754	0.658	0.868	0.868	0.880	0.861	0.804	0.880	0.880

표 12. 비선형 회귀분석결과에 의한 상관관계식

토질정수	비선형 상관관계식	$R^2$
$e_0$	$C_c' = 0.385 e_0^{1.551}$	0.91
$w_N$	$C_c' = 0.0014 w_N^{1.553}$	0.90
$LL$	$C_c' = 0.084 \exp(0.033 LL)$	0.88

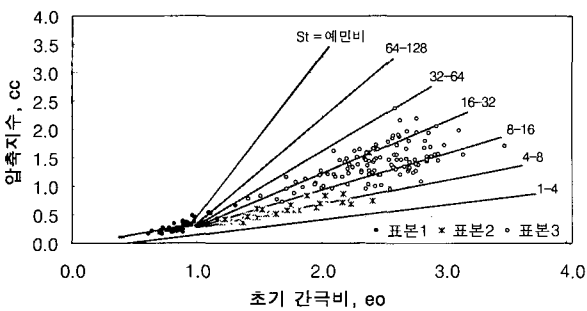


그림 10. 표본별 초기간극비, 에민비와 압축지수의 관계

간극비가 작은 점토에서보다 상대적으로 크게 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

표본 I, II, III의 실내시험결과에 의한 에민비 분포범위는 1.6~9.2, 1.9~9.8, 1.6~11.5 정도로 나타나고 있으며, 그림 10은 표본별 초기간극비와 압축지수를 Leroueil이 제시한 그림에 도시한 결과이다.

### 3.2.1 초기간극비와 압축지수의 관계

비선형 회귀분석결과에 의하여 표본별 초기간극비와 압축지수와의 관계를 도시한 결과, 그림 11에서 나타낸 바와 같이 초기간극비가 대략 1.3~1.5에 이르기까지는

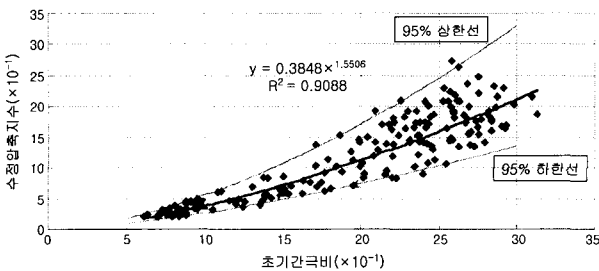


그림 11. 초기간극비와 수정압축지수의 비선형 회귀분석

대체적으로 선형적인 관계를 나타내고 있으나 그 이상의 초기간극비가 증가할수록 압축지수는 x의 누승의 형태로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

한편, 이와 같이 비선형으로 표현된 상관관계식을 설계 및 실무에 사용하기 편리하도록 하기 위하여 다음과 같은 방법에 의하여 구간별 선형관계식을 나타내었다. 선형구간에서 비선형구간으로 변하는 초기간극비 값을 기준으로 좌, 우측의 표본자료에 대하여 각각의 회귀분석을 수행한 다음, 가정한 초기간극비와 좌, 우측의 회귀식이 일치하는 점을 시행착오에 의하여 결정하였다. 이러한 방법에 의하여 구한 초기간극비는 1.3으로서 각각의 회귀식은

$$C_c' = 0.4712 e_0 - 0.0861,$$

$$C_c' = 0.9473 e_0 - 0.7135$$

으로 나타났으며, 초기간극비 1.3인 지점에서의 수정압축지수의 차이는 0.0085로서 경계 값 부근에서 두 회귀식이 잘 일치하고 있다.

이와같이 x의 누승식으로 표현된 비선형 회귀식을 구간별 선형관계식으로 수정하였을 경우 이들 식들에 대한 결정계수는 0.83으로 나타나 대체로 양호한 상관성을 나타내고 있다.

### 3.2.2 함수비와 압축지수의 상관관계

그림 12에 나타낸바와 같이 압축지수와의 상관성분석에 사용되는 함수비는 암밀시험을 실시하기 전에 불교란시료로부터 측정된 값으로서 비중 값의 변동 범위

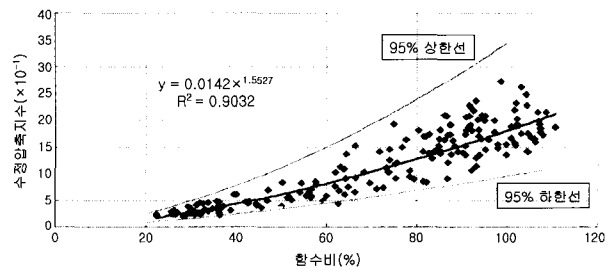


그림 12. 함수비와 수정압축지수의 비선형 회귀분석

가 크지 않기 때문에 초기간극비와 압축지수 관계에서 나타난 추세선의 경향과 거의 유사하게 나타나며, 상관계수도 거의 같은 값을 나타내게 된다.

### 3.2.3 액성한계와 압축지수의 상관관계

회귀분석결과 초기간극비와 압축지수, 함수비와 압축지수의 회귀식은 x의 누승식이 가장 적합한 회귀모형으로 분석되었으나, 액성한계와 압축지수의 상관관계에서는 지수승의 형태가 가장 적합한 회귀모형으로 분석결과 나타났다.

그림 13에서는 국내에서 액성한계와 압축지수와의 관계식으로 널리 사용되고 있는 Terzaghi와 Peck의 경험식을 분석대상자료와 비교해본 결과, 액성한계가 50% 이하인 경우 국내 해성점토와 유사한 경향을 보여주고 있으나, 액성한계가 50%이상인 경우에는 해성점토의 압축특성을 과소평가하고 있는 것으로 나타나고 있다.

이와 같이 액성한계가 클수록 차이가 크게 나타나는 주된 이유는 Terzaghi와 Peck의 경험식은 예민비가 4이하인 저압축성 점토에 사용하도록 제한을 두고 있기 때문에 고 압축성 점토에 대한 경험식으로는 부적합한 것으로 평가되고 있다(Das, 1983).

이와 같이 국내 해성점토의 경우에도 그림 13에서 나타난바와 같이 액성한계와 압축지수의 관계식이 지수승의 형태로 나타나고 있기 때문에 단일변수에 의한 선형관계식 만으로 전반적인 경향을 나타내기보다는 저 압축성점토와 고압축성점토로 구분되어 선형관계식을 표현하는 것이 보다 적합한 것으로 판단된다.

### 3.3 분석결과 및 고찰

통계처리를 위한 객관적이고 신뢰성있는 자료를 얻기 위하여 표본자료에 대한 분석을 실시한 결과에서 분

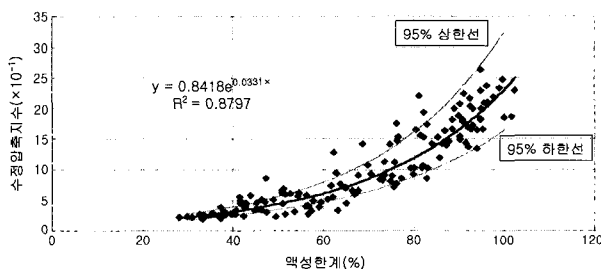


그림 13. 액성한계와 수정압축지수의 비선형 회귀분석

석대상자료의 표본별 수량은 표본 I에서 46개, 표본 II에서 33개, 표본 III에서 112개로 총 191개이며, 이들 자료로부터 설계에서는 현장의 압축특성을 반영한 압축지수를 사용하는 것이 중요하기 때문에 시료교란의 영향을 고려한 경험적 상관관계식을 얻기 위하여 현장압축지수를 추정하였다.

이들 표본자료로부터 국내연안의 해성점토에 대한 물리적특성과 압축지수의 상관성분석을 실시한 결과 선형회귀분석에서 단일변수로 표현된 상관관계식의 결정계수는 표 5와 같이 0.82 정도로 양호한 상관성을 나타내고 있으나, 회귀분석에서 사용되는 분석방법이 최소자승법으로서 단순히 잔차를 자승한 값들의 합이 최소가 되도록 회귀식을 구하는 방법이기 때문이며, 전체 구간에 대한 평균값으로서의 의미는 있으나 어느 특정 값에 대한 오차는 오히려 크게 발생될 수 있어 결정계수 값이 양호하더라도 표본에 대한 적절한 값을 제공하기에는 다소 부적합한 것으로 분석결과 나타났다.

그러나 선형회귀분석에서 다중변수를 이용한 상관관계식의 수정결정계수가 표 6과 같이 0.83~0.86정도로 단일변수에 의한 상관관계식보다 훨씬 상관성이 큰 것으로 나타났다.

한편, 비선형 회귀분석에서는 결정계수가 0.88~0.91로 다중변수로 표현된 상관관계식보다도 좋은 상관성을 나타내고 있으며, 특히 x의 누승식으로 표현된 압축지수와 초기간극비 및 압축지수와 함수비의 상관성은 매우 양호한 결과를 나타내고 있다. 이와 같이 표현된 비선형 상관관계식을 설계 및 실무에 보다 쉽게 사용할 수 있도록 단순한 형태의 선형관계식으로 표현하기 위하여 물리적 특성과 압축지수가 도시된 전체 표본자료로부터 가정한 물성치의 특정 값에서 좌, 우측 표본자료에 대한 선형회귀분석을 실시하여 두개의 직선식이 서로 일치하는 값을 시행착오법으로 구하였다.

### 4. 결론

한반도 서, 남해안 해성점토에 대하여 초기간극비와 자연함수비 및 액성한계의 물리적 특성과 압축지수와의 상관성을 규명하기 위해 비교적 신뢰성이 크다고 볼 수 있는 대형 항만 공사용 최근자료를 분석하여 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

(1) 시료교란의 영향을 경험적 방법으로 평가해 본 결과

현장 압축지수는 아래 식과 같이 실험실 압축지수의 1.16배정도 크게 평가되는 것으로 밝혀졌다.

$$C_c' (field) = 1.16 \cdot C_c (lab.)$$

(2) 해성점토의 물리적 특성과 수정압축지수의 상관성에 대한 최적의 회귀모형식은 토질정수의 누승식 또는 지수승식 형태의 비선형회귀식이 가장 적합한 것으로 다음과 같이 나타났다.

$$C_c' = 0.385 e_o^{1.551}$$

$$C_c' = 0.0014 w_N^{1.553}$$

$$C_c' = 0.084 \exp(0.033 LL)$$

(3) 설계 및 실무에 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하기 위하여 선형관계식을 사용하는 경우에는 토질정수와 수정압축지수의 상관식을 물성치의 구간에 따라 다음과 같이 구분하여 사용하는 것이 바람직하다.

$e_o \leq 1.3$	$C_c' = 0.47(e_o - 0.18)$
$1.3 < e_o < 3.0$	$C_c' = 0.95(e_o - 0.75)$
$w_N \leq 50\%$	$C_c' = 0.013(w_N - 8)$
$50\% < w_N < 110\%$	$C_c' = 0.026(w_N - 29)$
$LL \leq 60\%$	$C_c' = 0.01(LL - 5)$
$60\% < LL < 100\%$	$C_c' = 0.04(LL - 47)$

(4) 향후 압축지수와 예민비의 상관성에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Azzouz Amr S., Krizek Raymond J., Corotis Ross B.(1976), "Regression analysis of soil compressibility", *Soil and Foundations*, Vol.16, No.2, pp.19-29.
2. Bowles Joseph E.(1984), *Physical and geotechnical properties of soil*, McGraw-Hill Book Company, pp.370-373.
3. Das Braja M.(1983), *Advanced soil mechanics*, McGraw-Hill, pp. 285-289.
4. Leroueil S. Tavenas F., Le Bihan J. P.(1983), "Proprietes caracteristiques des argiles de lest du Canada", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.20(4), pp.681-705
5. Terzaghi K., and Peck R.(1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, Inc., New York, N. Y., pp.68-75.

(접수일자 2003. 10. 21, 심사완료일 2003. 11. 3)