

# 교란 및 불교란점토에 대한 새로운 압축지수식

A New Compression Index Equations for Remolded and Undisturbed Clays

\*박 종 화 · 고우모토 타츠야(일본 사가대학)

\*Park, Jong-Hwa · Koumoto Tatsuya

## Abstract

The relationships between compression index,  $C_c$ , which is the slope of the  $e$ -log  $p$  curve from consolidation test, and other physical properties of remolded and undisturbed clays were examined. After examined, it is clarified that the  $C_c$ -initial porosity,  $n_0$ , relationship is better correlation than the  $C_c$ -other factors relationship, and a new  $C_c$  equations using  $n_0$  for remolded and undisturbed clays were suggested.

## I. 서론

점토의 압축성을 나타내는 인자로서 점토의 압밀시험으로부터 얻어지는  $e$ -log  $p$  ( $e$ :공극비,  $p$ :압밀압력) 곡선의 구배인 압축지수  $C_c$ 가 있다. 이것을 사용하여 최종압밀침하량을 산정하는 경우가 많다. 하지만 압밀시험은 다른 토질시험에 비해서 시간과 비용이 많이 든다 (Bowles, 1984). 그래서 지금까지 수많은 연구자들에 의해서 압축지수식으로서 액성한계  $w_L$  (Skempton, 1944; Cozzolino, 1961) 또는 초기공극비  $e_0$  (Nishida, 1956; Sowers, 1970)등이 사용되어져 왔다 (Table. 1-일부 첨가). 한편, 흙의 역학적 성질은 흙의 종류, 흙의 상태 및 흙의 골구조로서 정해진다 (三笠, 1964). 이러한 관점으로부터 이들 3개의 인자를 고려한 압축지수식도 제안되어져 왔다 (藤川·高山, 1980; 甲本·朴, 1998). 또한 필자들 (2000)은 압축지수식으로서 초기공극률  $n_0$ 가 흙의 상태량의 인자이면서 흙의 종류도 동시에 만족한다는 사실을 밝혀 나왔다. 본 연구는 이러한 일련의 연구결과를 토대로 하여 여러 종류의 교란 및 불교란점토의 데이터를 사용하여 압축지수와 다른 물리적인 인자와의 상관성을 재검토하고 초기공극률  $n_0$ 를 사용한 교란 및 불교란점토의 새로운 압축지수식을 유도 제안했다.

## II. 교란점토의 압축지수식

Fig. 1은 필자들(2000)이 지금까지 발표한 데이터에서 자연점토만을 골라 교란점토의 압축지수  $C'_c$ 와 초기공극비  $e_0$ 와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에 의하면  $e_0$ 가 크면 클수록  $C'_c$ 의 값도 비례적으로 크게 되며 양자의 사이에는 높은 상관의 토대 위에 다음 식이 얻어졌다.

$$C'_c = 0.231e_0 - 0.0142 \quad (r=0.979, N_s=42) \quad (1)$$

Fig. 2는 교란점토의  $C'_c$ 와 초기공극률  $n_0$ 와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에 의하면  $n_0$ 가 크게 됨에 따라서  $C'_c$ 의 값도 크게 되며 양자의 사이에는 높은 상관의 토대 위에 다음 식이 얻어졌다.

$$C'_c = 0.0143 \exp(0.0518n_0) \quad (r=0.983, N_s=42) \quad (2)$$

Table. 1 Compression index equations (Bowles, 1984)

Equations	References	Region of applicability
$C'_c = 0.007 (w_L - 10)$	Skempton	Remolded clays
$C_c = 0.01 w_n$	Nishida	Chicago clays
$C_c = 1.15 (e_0 - 0.35)$	Hough	All clays
$C_c = 0.30 (e_0 - 0.27)$		Inorganic cohesive soil: silt, silty clay, clay
$C_c = 0.0115 w_n$		Organic soils, peats, organic silt and clays
$C_c = 0.0046 (w_L - 9)$		Brazilian clays
$C_c = 1.21 + 1.055 (e_0 - 1.87)$		Motley clays from Sao Paulo City
$C_c = 0.009 (w_L - 10)$	Terzaghi and Peck	Normally consolidated clays
$C_c = 0.75 (e_0 - 0.5)$		Soils with low plasticity
$C_c = 0.208 e_0 + 0.0083$		Chicago clays
$C_c = 0.156 e_0 + 0.0107$		All clays
$C_c = 0.51 I_p G_s$	Wroth and Wood	All remolded nc clays
$C_c = (1/2)(\gamma_w / \gamma_d)^{12/5}$	Herrero	All clays
$C_c = 0.141 G_s^{1.2} [(1+e_0)/G_s]^{2.38}$	Herrero	All clays
$C_c = 0.0077 (w_L - 10) [1 + 0.053(S_r - 1)]$	Fujikawa and Takayama	Undisturbed Ariake clay
$C_c = 1.25 S_t^{0.22} [0.007 (w_0 - w_p) + 0.099]$	Koumoto and Park	Undisturbed Ariake clay
$C'_c = n_0 / (555.6 - 6.1n_0)$	Park and Koumoto	All remolded clays

$C_c$  : compression index,  $C'_c$  : compression index for remolded clay,  $w_L$  : liquid limit,  $w_p$  : plastic limit,  $w_n$  : natural water content,  $\gamma_w$  : unit weight of water,  $\gamma_d$  : dry density,  $w_0$  : initial water content,  $G_s$  : specific gravity of soil particles

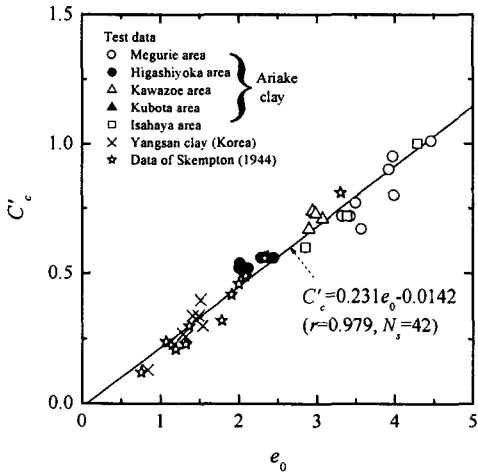


Fig. 1 Relationship between  $C'_c$  and  $e_0$  for remolded natural clays

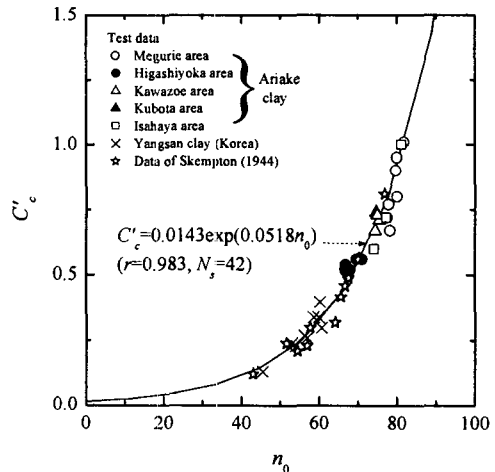


Fig. 2 Relationship between  $C'_c$  and  $n_0$  for remolded natural clays

### III. 불교란점토의 압축지수식

Fig. 3은 불교란 아리아계점토(朴·甲本, 2000)와 본 연구에서 새롭게 더해진 이사하야만 간척지의 점토, 미국점토(Hello, 1980) 및 한국의 양산점토의 데이터를 사용한 소성도이다. 그림에 의하면 거의 모든 데이터가 A선을 따라 폭 넓게 위쪽에 분포하고 있으며 미국점토의 일부와 양산점토를 제외한 많은 점토가 B선의 우측에 분포하는 고압축성 점토임을 알 수 있다. Fig. 4는 불교란 점토의  $C_c$ 와  $e_0$ 와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에 의하면  $e_0$ 가 크면 클수록  $C_c$ 도 큰 값을 나타내고 있으나  $e_0$ 가 크게 됨에 따라  $C_c$ 의 값도 큰 폭으로 불규칙하게 분포하고 있음을 알 수 있다. 이것에 반해 Fig. 5의  $C_c$ 와  $n_0$ 와의 관계는  $C_c$ 와  $e_0$ 와의 사이에서 보여주고 있는 불규칙한 분포는 없고 교란점토와 같은 높은 상관의 토대 위에 다음의 지수식이 얻어졌다.

$$C_c = 0.0106\exp(0.0653n_0) \quad (r=0.972, N_s=368) \quad (3)$$

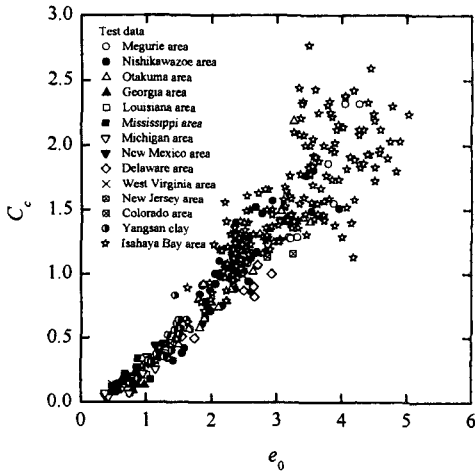


Fig. 4 Relationship between  $C_c$  and  $e_0$  for undisturbed clays

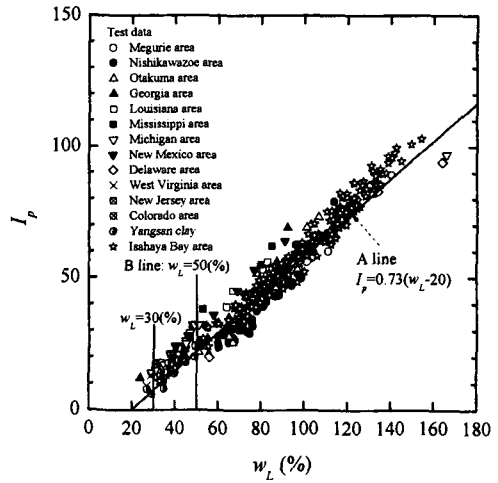


Fig. 3 Plasticity chart for undisturbed clays

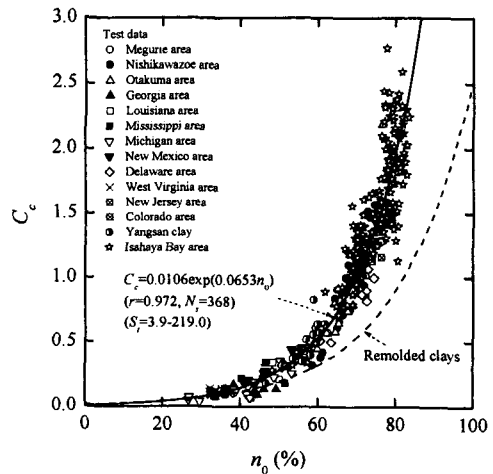


Fig. 5 Relationship between  $C_c$  and  $n_0$  for undisturbed clays

또한 같은 그림에는 교란점토로부터 얻어졌던 지수식을 파선으로서 나타내고 있다. 이것들의 예민비는 3.9~219.0로서 광범위하게 분포하고 있으나 그림에 의하면  $C_c$ 와  $n_0$ 와의 사이에는 예민비의 영향은 보이지 않고 높은 상관관계식이 성립함을 알 수 있다. 이것은 초기공극률  $n_0$ 에는 흙의 골조구조의 성질도 포함되어 있기 때문인 것으로 생각되어진다.

#### IV. 결론

여러 종류의 교란 및 불교란점토의 압축지수와 다른 물리적인 성질과의 관계를 검토한 결과  $C_c$ 와  $n_0$ 와의 관계가 다른 인자와의 관계보다 상관성이 좋으며 본 연구에서 얻어진 압축지수식을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 교란점토의 경우:  $C'_c = 0.231e_0 - 0.0142$  ( $r=0.979, N_s=42$ )  
 $C'_c = 0.0143\exp(0.0518n_0)$  ( $r=0.983, N_s=42$ )
- 2) 불교란점토의 경우:  $C_c = 0.0106\exp(0.0653n_0)$  ( $r=0.972, N_s=368$ )

#### V. 참고문헌

1. Bowles, J. E. 1984. Physical and Geotechnical Properties of Soils. 2nd Edition, McGraw-Hill Book Co., New York. 371.
2. Cozzolino, V. M. 1961. Statistical Forecasting of Compression Index. Proceedings of the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris. 1: 51-53.
3. 藤川武信, 高山昌照. 1980. 有明粘土의壓縮指數—有明粘土의土質工學的性質について (2) —. 農土論集. 89: 55-61.
4. Herrero. 1980. Universal Compression Index Equation, Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. 106, No. GT11. 1179-1200.
5. 甲本達也, 朴鐘華. 1998. 不攪亂粘土의壓縮指數式について. 農土論集. 194: 59-63.
6. 三笠正人. 1964. 土의工學的性質의分類表とその意義. 土と基礎. 12(4): 17-24.
7. Nishida, Y. 1956. A Brief Note on Compression Index of Soil, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE. 82(3): 1027-1~1027-14.
8. 朴鐘華, 甲本達也. 2000. 攪亂粘土의壓縮特性. 農土論集. 205: 13-17.
9. Skempton, A. W. 1944. Notes on the Compressibility of Clays. Quart. Jour. of the Geol. Soc. of London. 100: 119-135.
10. Sowers, G. B. 1970. Introductory Soil Mechanics and Foundations. The Macmillan Company, Collier-Macmillan Limited, London, 3rd Edition. 102.