

盛土荷重による非排水強度の遷移過程について

京都大学工学部 正員 黒田勝彦

“ “ 学生員 浅岡 顕

大成建設 K.K. 正員 貝原秀樹

1 はじめに

地盤内での粘土の非排水強度(C_u , ランダム変数)の確率分布関数が技術者にとって既知であるときでも, ばらつきを支配する他の要因によつては, 盛土の破壊は確率事象になることがある。¹⁾ さらに, 一般に有限個の地盤調査では技術者は上記確率分布関数を完全には知りえないから, 盛土の破壊は技術者にとっては常に確率事象である。そして, この破壊の確率は, 地盤内での C_u のばらつきの状態と調査規模, 盛土高さによつて決定される。さて, 大規模な盛土を段階的に施工するときは, 前段階の荷重による圧密で地盤の強度は上昇しているが, 同時にばらつき方の状態も変にしていると考えられる。したがつて各段階でのもっとも合理的な破壊確率で施工を行つてゆく上, 盛土荷重による C_u のばらつき方の遷移過程を法則的に知る事が重要である。

2 C_u のばらつき方の遷移過程

正規状態にある均質な粘土試料については, 室内実験および理論的な考察から, C_u と圧密降伏荷重 p_0 , σ_{mo} の比 C_u/p_0 , C_u/σ_{mo} はその試料に固有の定数になることが知られている。²⁾ 地盤内では C_u , p_0 はランダム変数であるが, 上記のことは, p_0 のばらつき方の圧密にともなう遷移を知れば C_u のばらつき方の遷移を知ることができるとを意味している。さて, 一次元圧密変形を受ける地盤では地盤内での鉛直圧力を p とすると (1) がなりたつことが予測されている。³⁾

$$(1) \quad \begin{cases} (m_c)_m \times \{ (\log p/p_0)_m / \log \{ (p)_m / (p_0)_m \} \} + \{ \text{Cov}(m_c, \log p) - \text{Cov}(m_c, \log p_0) \} / \log \{ (p)_m / (p_0)_m \} : \text{絶対定数} \\ \{ \text{Cov}(m_c, p) - \text{Cov}(m_c, p_0) \} / \{ (p)_m - (p_0)_m \} : p \text{ に依存しない絶対定数} \end{cases}$$

ここに $m_c = C_u / 1te$, $()_m$ は母平均を, $\text{Cov}()$ は共分散をあらわす。

いまこの地盤で, 深さ z において $\alpha(z) = (p)_m / (p_0)_m |_z$ なる $\alpha(z)$ をとれば同一深さにおけるランダム変数の組 (p, p_0) について

$$(2) \quad p = \alpha p_0 |_z \quad \text{が成立すると考えると, 条件(1)は満足される。さらにこのとき(1)は } (m_c)_m \text{ にくらべて } \text{Cov}(m_c, p_0) / p_0 \text{ が無視しうるオーダーにあることを要求するが, 数多くのデータによつて, このことも確かめられている。}$$

p のばらつき方に關する仮説, 式(2)に従えば, 圧密前後の地盤内の非排水強度を C_u^I , C_u^{II} とすると $C_u^{II} / C_u^I |_z = p / p_0 |_z = \alpha(z)$ となり, C_u^{II} のばらつき方は, C_u^I のそれと, $\alpha(z)$ とに一義的に依存する。すなわち

$$(3) \quad (C_u^{II})_m = \alpha(z) \times (C_u^I)_m, \quad V[C_u^{II}] = \alpha(z)^2 \cdot V[C_u^I]$$

ここに $V()$ は分散を表わす。式(3)は圧密によつて地盤内の C_u がばらつき方において, 各深さごとに変動係数を一定にたもちつつ遷移してゆくことを示している。

3 実測データからの考察

正規圧密地盤では, C_u は深度方向に変動係数を一定に保つて分布していることはいくつかの実測例によつて確かめられている。⁴⁾ さて図1(a-d)は正規圧密された海成粘土地盤での C_u のばらつき方の遷移を示す実測データである。このデ

一から式(3)の内容を3種類の方法で検討した。
 i) 図2(a~d)は $(C_u^2)_m / (C_u^2)_m = d(z)$ と $\{V[C_u^2] / V[C_u^2]\}^{1/2} = d(z)$ とを比較したものである。サンドレーンの打設による乱れを差し引くならば(3)式の内容はよく示されていると考えられる。
 ii) 図3(a~b)は縦軸に $C_u^2 / (C_u^2)_m$ の値を、横軸に深さ z をとってプロットしたものである。この回歸曲線は理論的には $d(z) = 1 + \frac{z}{p_0(z)}$ (p_0 は荷重)となるはずである。図中で実線は $p_0(z) = \gamma z$ とし $d(z)$ を描いたもの、破線はデータの最良多項式近似による曲線である。よい一致を示す。
 iii) 図4(a~c)は各深さで C_u が正規分布 $N(\mu(z), \sigma(z)^2)$ すると仮定した上での地盤全体にわたる C_u の理論分布と実測データを比較したものである。遷移過程は、ドレーンによって乱される以前の原地盤を標準に計算されているため、厳密な考察は講演時にゆずりたい。全般に実測データは変動係数が一定か、少し大きくなりつつ遷移していることを示す。

4 まとめ

一般に盛土の破壊による損失は盛土高さの増加関数であるに、変動係数を一定にして C_u のばらつきが遷移しても、設計安全率は段階施工では徐々に上げられるべきである。2, 3の内容を基礎にした、地盤状態の遷移確率の計算、ならびにこれにもとづく、段階施工計画の動的適応過程(統計的多段階決定過程)としての考察は他の機会にゆずりたい。

(参考文献)

- 1) 黒田, 浅岡, 鈴木「不均質地盤の破壊論的取扱」, 本報特集
- 2) Lumb, P.: The Variability of Natural Clay, Cambridge ge. etc.
- 3) 松尾, 浅岡「地盤の全沈下に関する統計的考察」, 他
- 4) D. J. Henkel「Geotechnique, Vol.9 No.3」

不足の図面は講演時に紹介して頂きます。

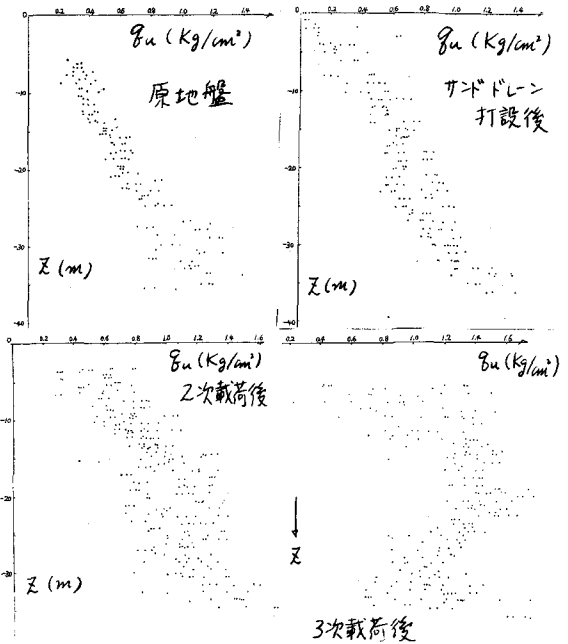


図 1 a~d

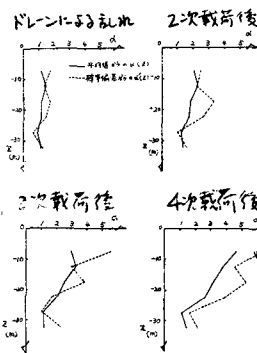


図 2 a~d

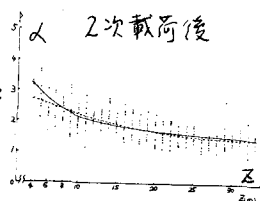


図 3-a

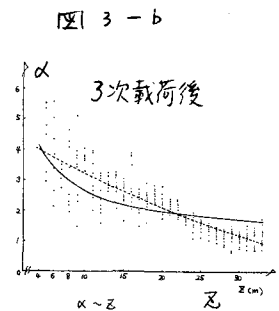


図 3-b

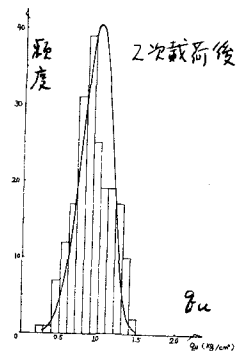


図 4-a