

攪乱エネルギーに関する一考察

岡山大学環境理工学部 正会員 奥村樹郎
建設省近畿地方建設局 高田和志

1.はじめに

サンプリングに伴う試料の乱れ、サンドコンパクションパイルや基礎杭の打込みに伴う地盤の乱れなど粘土の攪乱問題は、工学的にも実際工事にも重要な意味を持つものである。しかし、これまでは定性的な議論が多く、定量的な解析に基づいて攪乱に伴う非排水強度や圧密係数の低下を推定し、現場の問題を解決するまでには至っていない。そこで、攪乱問題を定量化する試みの一つとして三軸圧縮試験機、単純せん断試験結果をもとに攪乱行為(攪乱をおこさせる外部的要因)として攪乱エネルギー、攪乱効果(攪乱による内部的变化)として非排水強度/圧密圧力を用い、攪乱行為と攪乱効果との定量化を試みた。

2.三軸圧縮試験

本研究では以下に示す三軸圧縮試験結果を参考にする。また図-1は各試験別の軸差応力の変動に伴う攪乱エネルギーを示す。

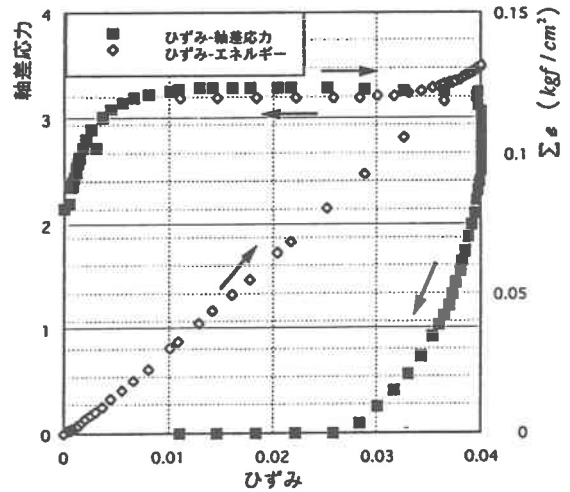
a)CKoU

Ko(静止土圧係数)条件で一定圧まで圧密し、そのまま非排水条件で繰り返し破壊試験を行った。第一サイクルは原地盤強度に相当するいわゆる理想試料(Ideal Sample)の強度常数を求めるためのものであり、第二サイクル以降は繰り返し破壊による攪乱とその影響を調べるためのものである。

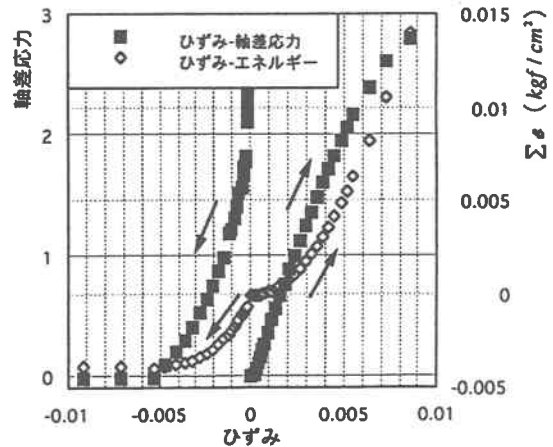
b)CKoPU

機械的な攪乱のないいわゆる完全試料(Perfect Sample)のデータを得るための試験で、供試体はa)と同様 Ko 条件で圧密し、非排水条件で軸差応力を解除した。そのままの状態の間隙水圧の平衡を保ち、続いてa)と同様の繰り返しせん断を行った。第一サイクルは完全試料の強度常数を求めるためのものであり、第二サイクル以降は攪乱の影響を調べるためのものである。

三軸圧縮試験(CKoU-1,-2,-3 CKoPU-1,-2,-3, 4)において、ひずみ(strain)、軸差応力($\sigma_1 - \sigma_3$)の値が求まり、(1)に示す近似式を用いて三軸圧縮試験の攪乱エネルギーを算出した。また、単純せん断試験の攪乱エネルギーと(非排水強度)(圧密圧力)は文献2)を参照した。



(a) CKoU-1, 1cycle



(b) CKoPU-1, 1cycle, 2cycle

図-1 三軸圧縮試験における軸差応力-ひずみ, エネルギー-ひずみ曲線

$$\begin{aligned}
 e &= \int_0^{\epsilon} \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{1 - \epsilon} d\epsilon \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{[(\sigma_1 - \sigma_3)_{i-1} + (\sigma_1 - \sigma_3)_i] / 2}{1 - (\epsilon_{i-1} + \epsilon_i) / 2} (\epsilon_i - \epsilon_{i-1}) \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_{i-1} + (\sigma_1 - \sigma_3)_i}{2 - (\epsilon_{i-1} + \epsilon_i)} (\epsilon_i - \epsilon_{i-1})
 \end{aligned}$$

(1)

ここに、 e ：単位体積当たり内部エネルギーの増加（または減少）量（ kgf/cm^2 ）

ϵ ：軸ひずみ

$\sigma_1 - \sigma_3$ ：軸差応力（ kgf/cm^2 ）

式(1)により得られた、三軸圧縮試験(CKoU-1, CKoPU-1)における攪乱エネルギーとこのときの(非排水強度)/(圧密圧力)とを表-1に示す。また、三軸圧縮試験(CKoPU-1, 2, 3, 4, CKoU-1, 2, 3)および単純せん断試験について同一座標上にプロットしたものが、図-2である。

図-2において各試験方法別にみると、三軸圧縮試験、および単純せん断試験ともに攪乱エネルギーの増加につれて(非排水強度)/(圧密圧力)の値は、ほぼ一義的に減少している。しかし同一の攪乱エネルギーにおいて、実験方法によって攪乱効果に差がみられる。その原因として、単純せん断試験では試験の性質上、側面摩擦や進行性破壊の影響が三軸圧縮試験に比べて大きく、¹⁾ そのため、同一攪乱エネルギーにおいて単純せん断試験における強度低下が三軸圧縮試験と比べて大きくなったのではないかと考えられる。

3. むすび

以上の考察から以下の結果が確認された

- ・試験方法の違いにより、同一攪乱エネルギーにおける試料の強度低下量に差が見られた。
- ・三軸圧縮試験、単純せん断試験ともに攪乱エネルギーの増加につれて、非排水強度/圧密圧力の値は次第に低下し、攪乱行為と攪乱効果との間に関連性が認められた。

試験方法によって試料の強度低下に差が認められたが、原地盤における応力分布に従い、三軸圧縮試験、一面せん断試験結果を適用することにより、盛土、あるいはサンプリング等の攪乱によって起こる強度変化をそれらに費やされるエネルギーから推定することができる可能性が見出されたと言える。

【参考文献】

- 1) 山口柏樹：土質力学(全改訂)、技報堂出版、pp.171-173.
- 2) 奥村樹郎：粘土の攪乱とサンプリング方法の改善に関する研究、港湾技研資料、No193、pp.17-37、1974.

表-1 攪乱エネルギー(Σe)と非排水強度/圧密圧力(S_{ur}/σ'_{1c})

CKoU-1	$\Sigma e(\text{kgf/cm}^2)$	S_{ur}/σ'_{1c}
P1	0.120	0.402
P2	0.348	0.378
P3	0.499	0.351

CKoPU-1	$\Sigma e(\text{kgf/cm}^2)$	S_{ur}/σ'_{1c}
P1	0.143	0.352
P2	0.299	0.327
P3	0.403	0.295

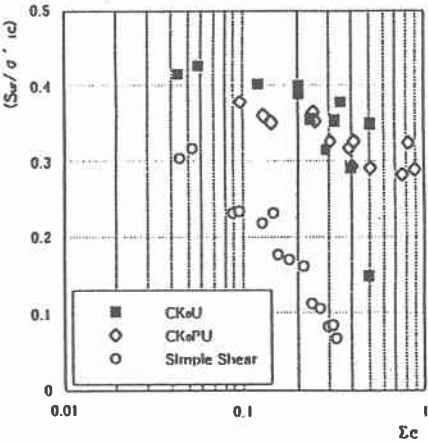


図-2 攪乱エネルギーと非排水強度/圧密圧力との関係