

細粒分含有率が与える土の圧密排水三軸圧縮試験への影響

中部土質試験協同組合 ○ 池田 謙信
 // 坪田 邦治
 // 久保 裕一

1. はじめに

土の圧密排水三軸圧縮試験（以下 CD 試験）はせん断過程において供試体の体積変化を許し、過剰間隙水圧が生じないせん断スピードで載荷することにより、全応力と有効応力が一致する¹⁾。このためせん断過程で過剰間隙水圧が発生した場合、試験結果に影響を及ぼすと考えられる。また、本試験は、透水性の良い砂質土を対象とすることが多く、試験単価の根拠となっている全国積算資料では、せん断速度：0.5%/min で積算されている²⁾。

当組合では、せん断過程における過剰間隙水圧の発生を極力抑制するために、せん断速度に余裕を持たせた 0.2%/min を採用することを基本としている。

しかしながら、土質分類で砂質土に分類されても、試験中の細粒分含有率が比較的高く、透水性が低い場合には、せん断速度：0.2%/min においても過剰間隙水圧が発生し、全応力と有効応力が一致しないことが考えられる。

本論文では、細粒分含有率の違いが CD 試験結果（せん断速度：0.2%/min）に与える諸影響について検討し、参考となる指標が得られたので報告する。

2. 試験試料および試験方法

(1) 適用した試験試料

今回適用した試料は、図-1のような粒度構成の分級された砂 ($\rho_s=2.740\text{g/cm}^3$) と、シルト ($\rho_s=2.724\text{g/cm}^3$) を混合し、細粒分含有率を変化させた $F_c=10, 20, 30, 40, 50, 60\%$ の砂質土系試料の計6種類を用意した。

供試体の作製は、せん断過程で透水性の悪化による過剰間隙水圧の発生が考えられるため、透水性に影響を及ぼすと思われる間隙比は、表-1に示すように一定とした条件で静的締固めにより作製した。

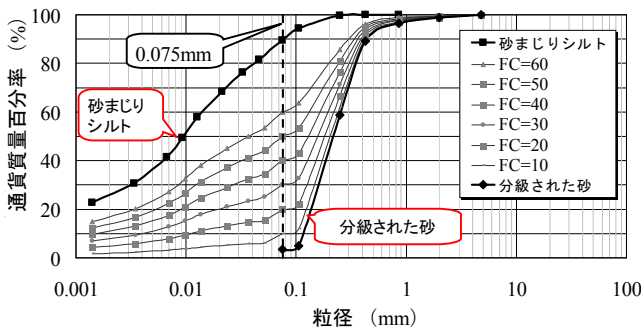


図-1 試験に用いた試料の粒度構成

(2) 試験方法

試験方法は、以下の条件で行った。

① 試料の量的な問題により、1試料2供試体で実施。

- ・拘束圧は背圧=100kN/m² ・圧密圧力=50, 150kN/m²
- ・せん断速度：0.2%/min

表-1 供試体作製条件

試料名	砂	10	20	30	40	50	60
細粒分含有率(%)	3.5	10	20	30	40	50	60
土粒子の密度(g/cm ³)	2.740	2.739	2.737	2.735	2.733	2.731	2.729
含水比(%)	19.5	20.8	22.9	24.9	26.9	29.0	31.0
間隙比一定	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041
乾燥密度(g/cm ³)	1.342	1.342	1.341	1.340	1.339	1.338	1.337
湿潤密度(g/cm ³)	1.604	1.621	1.648	1.674	1.699	1.726	1.752

② 供試体は CO₂ を通した後、下部より脱気水を通し飽和させた。その後、試料の透水性を把握するため、予備圧 10kN/m² を加え、三軸透水試験を行い、その後、圧密過程を実施した。

③ せん断過程では、供試体上部は体積変化を許すためコックを開けた状態とし、供試体下部は、間隙水圧を測定するためコックを閉じた状態で試験を実施した。

3. 試験結果および考察

(1) 透水係数について

圧密過程前に実施した透水試験では、供試体作製時に間隙比一定で作製したが、飽和過程で軸変位が生じたため、間隙比に差異がみられた。また、細粒分含有率と透水係数の関係、間隙比と透水係数の関係は、図-2のようになり、全体的にばらつきはあるものの細粒分含有率増加に伴い透水係数は減少傾向がみられ、間隙比減少に伴い透水係数は減少傾向がみられる。

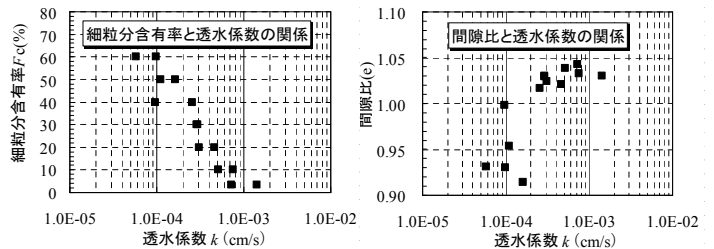


図-2 細粒分含有率、間隙比と透水係数の関係

(2) 間隙水圧について

主応力差最大時の間隙水圧は、図-3のように最大値を迎えた後に減少過程にあり、最大値に比べ(c, ϕ)に与える影響は少ない結果となった。しかしながら異なる応力経路をたどった場合、間隙水圧の最大値付近まで上昇する可能性があること、本試験の場合には本来発生することが許されないことなどを考慮し、間隙水圧として計測した最大値に影響因子として扱うこととした。

(3) 評価方法

評価は実験数が少なく2つのモール円で(c, ϕ)を算出するにはばらつきが大きいこと、CD 試験を実施するような砂質土の場合 c が多少あっても ϕ のみで評価するケースが多いことなどから、供試体一本毎の ϕ への影響を考慮することとした。

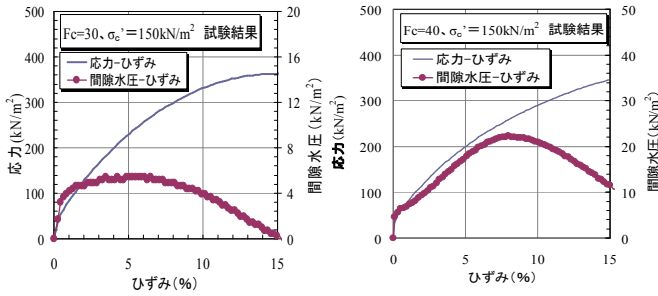


図-3 圧縮過程結果

以下の2手法で算出したφ差分値により評価する。

- ① 圧密圧力を始点とし、主応力差を直径とするモール円を描き $c=0$ と結んだφ(CD試験のモール円)
- ② CUB試験と同様に、圧密圧力から間隙水圧最大値を差引いた点を始点とし、主応力差を直径とするモール円と $c=0$ を結んだφ ΔU_{max} (CUB試験のモール円) 圧密圧力に対する過剰間隙水圧比 ($\Delta U_{max}/\sigma_c'$) が大きいほど試験結果φに影響を与えることが推測される。

(4) 評価結果

- ① 細粒分含有率と過剰間隙水圧比の関係は図-4のようになり、 $F_c=40$ で $\Delta U_{max}/\sigma_c'$ が0.1を越し、その後急激に増加傾向を示し $F_c=50$ では平均で0.38となった。細粒分含有率と影響値であるφの差の関係は図-5のようになり、 $F_c=40$ で2.3°、 $F_c=50$ で7.4°であった。
- ② 間隙水圧の発生は透水性悪化により促進されると考えられ、透水性との相関性が高いと思われる間隙比と過剰間隙水圧比の関係を図-6に示した。圧密前間隙比と過剰間隙水圧比の関係は明瞭ではないが、圧密後間隙比と過剰間隙水圧比の関係には間隙比の減少に伴い過剰間隙水圧比が増加傾向にあり、特に圧密後間隙比が0.9より下まわるあたりから急激に増加傾向を示している。この時の細粒分含有率は凡そ40%であった。
- ③ せん断中の全計測データについて間隙比と過剰間隙水圧比の関係をまとめると図-7のようになり、間隙比0.83以下で過剰間隙水圧比が0.1を超える結果となった。また異なる粒度構成間のデータでも圧密圧力ごとに間隙比と過剰間隙水圧比の変化にある程度規則性があるように考えられる。この件に関しては今後さらに検討を進める計画である。

4.まとめ

- ① 細粒分含有率40%で過剰間隙水圧比が0.1を越し、それ以上になると著しく増加傾向を示した。その時のφへの影響値は2°程度であった。
- ② 間隙比と過剰間隙水圧比との関係では、圧密後の間隙比が0.9を下回ると過剰間隙水圧比が0.1を越した。
- ③ これらのことから、 $F_c \geq 40\%$ を示す材料の三軸試験方法としては、圧密非排水三軸試験 CUB が適切な試験方法といえる。
- ④ 現段階では間隙水圧の発生について、細粒分含有率、

間隙比他のどの要因に大きく依存するのが明確ではないが、実験数の増加、試験条件の変更や異なる土に対するの検証、評価方法の検討などが必要だと考える。
⑤ 中間土の場合には、排水試験、非排水試験の区分を細粒分含有率などにより規定を設けること、粒度試験後に三軸試験方法を決定するため工程的な余裕をもつことなどが必要になると考えられる。

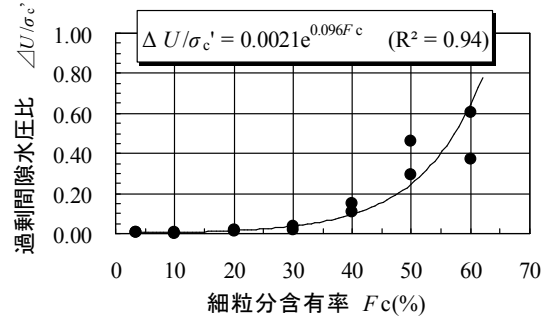


図-4 細粒分含有率と過剰間隙水圧比の関係

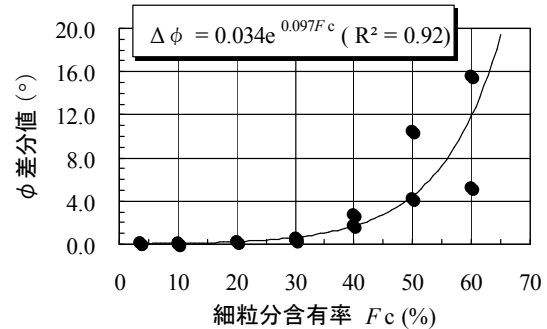


図-5 細粒分含有率とφの差の関係

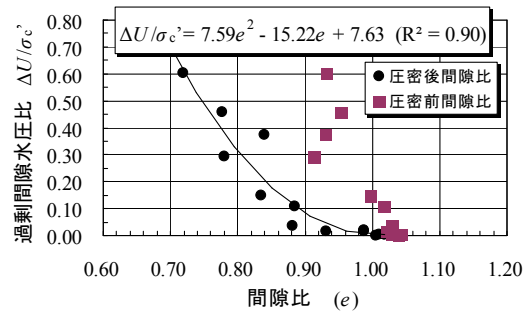


図-6 間隙比と過剰間隙水圧の関係

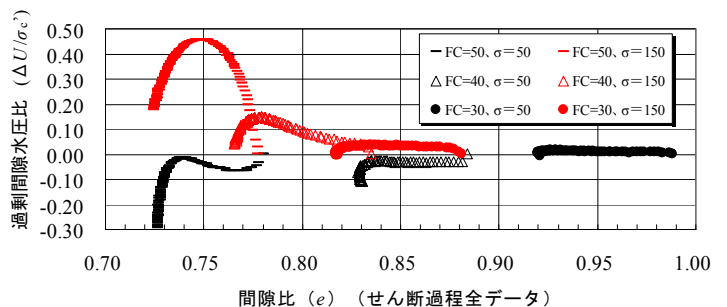


図-7 せん断中の間隙比-過剰間隙水圧比の関係

《引用・参考文献》1) 地盤工学会編:土質試験の方法と解説(第1回改訂版), p.478, 2000.3. 2) 全国地質調査業協会連合会編:全国標準積算資料, p.IV-177, 2007.12.