

一面せん断試験機を用いた砂質土のクリープ試験方法の開発

徳島大学大学院 学 ○吉田正悟, 黒崎ひろみ
同上 HAK YOU
関西電力・総研 正 長谷川靖明
徳島大学工学部 正 望月秋利

1. はじめに

本論文は一面せん断試験機を用いた砂質土のクリープ試験方法を検討したものである。クリープ試験は、一般に粘性土を対象に三軸圧縮試験機を用いて行われ¹⁾、今回の様に砂質土を対象に一面せん断試験機で試験がされることは筆者らの知る限り今までにない。しかし一面せん断試験機は一般に試験が容易で、また長期的試験への耐久性もあり、安定した結果が得られる等の利点を有する。但し従来型の一面せん断試験機で CD 試験を行った場合、供試体とせん断箱間に摩擦が生じて、強度に対して無視することができない影響がある点が指摘されている。そこで試験機の改良²⁾も行ったので、結果と合わせてここに報告する。

2. 試験機の構造

図-1 はせん断箱付近の構造図である（徳大型と呼ぶ）。独立のエアジャッキ 2 本を制御することで、せん断中のせん断箱を水平に保つ（その結果せん断隙間は体積変化分変化する。その影響については文献³⁾参照）。また下部載荷板も移動が可能であるので、供試体の垂直変位は、上部せん断箱と下部載荷板間の変位で求める様にした。このシステムにより、3. で説明する様に、試料とせん断箱との間の摩擦の緩和が可能となる。

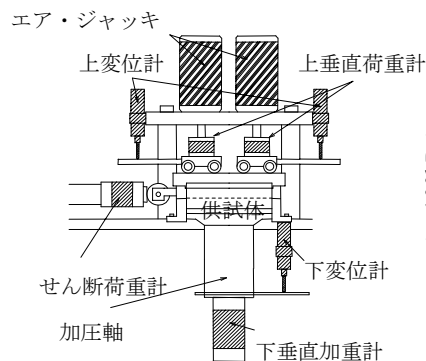


図-1 徳大型一面せん断試験機

3. 試験結果とその検討

表-1 試料の物理特性

試料名	豊浦標準砂
土粒子密度 ρ_s	2.659g/cm ³
最大粒径 D	0.425mm
ρ_{dmax}	1.632g/cm ³
ρ_{dmin}	1.357g/cm ³

表-2 試験条件

項目	条件
供試体寸法(mm)	$\phi 90 \times h30$
供試体作成法	突き棒による
隙間設定法	隙間スパーサー
圧密圧力(kPa)	50, 100, 200
間隙率	0.70, 0.85, 0.90
試験方法	CD 試験

表-1 に試料の主な物理特性を、表-2 に試験条件を示す。図-2 は、従来型試験機と徳大型試験機による CD 試験のせん断特性の違いを比較したものである。 τ -D 関係は変位 1.3mm, Δh -D 関係は 0.6mm 付近で交差し、従来型はそれよりも小さい変位では収縮量が徳大型に比べ小さく、逆にそれ以降では膨張度合いが小さい。

図-3 は、3 種類の間隙比の試料に対して、異なる試験手法で得た内部摩擦角を比較したものである。徳大型で得た ϕ_{CD} 強度は、摩擦問題がないと考えられている ϕ' 強度⁴⁾にほぼ一致しており、試験機の妥当性を示している。この視点で図-2 のダイレイタンス特性について考察すると、まず変位 0.5mm までは供試体側面の摩擦により体積膨張が妨げられ、それ以降は摩擦により、逆に体積収縮が妨げられたと説明される。また前述した τ -D 関係が Δh -D 関係よりも遅れて交差した理由は、従来型の周辺摩擦が徐々に解除されたためと考えられる。

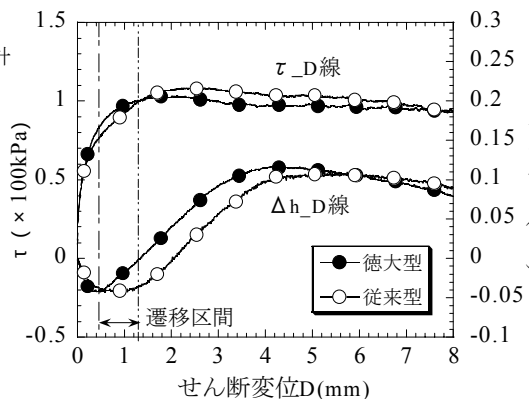


図-2 周囲摩擦による影響

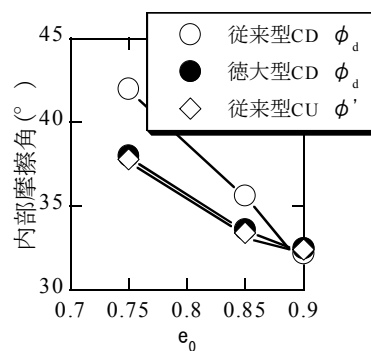


図-3 摩擦角比較

キーワード クリープ、一面せん断試験、段階載荷、上限降伏値

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部 Tel 088-656-9721

4. クリープ試験方法の検討

クリープ試験は、徳大型一面せん断試験機⁵⁾を用いて、「CD 条件下で、一定の垂直応力 (σ_n) に対して、一定のせん断荷重 (τ) を加えて放置する」方法で行った。クリープせん断のための載荷重は、標準試験での破壊強度 (τ_f) を基準とし、その 40~95%間を 6 段階で段階的に荷重を増やす方法（段階載荷法）を採った。このときせん断速度が 5/10000 mm/min 以下になったときをクリープ変形が停止したときと見なし、次の載荷段階に移った。この変位速度は、粘土の CD 試験速度の 1/500 程度に相当する。一般には個別の供試体に各段階の荷重を加える方法（個別載荷法）がとられる様であるが、今回は異なる供試体のばらつきによる試験結果への影響を無くす目的で、段階載荷法を採用した。

次に段階載荷法による試験結果の整理方法について示す。図-4 は、 $e=0.85$ の結果を代表例として示す。図中の○印は階段載荷試験結果で、●印は各段階毎のクリープ特性にそれを整理したものである。すなわち、各応力段階で共通の載荷時間 t における変位差 Δh ($\Delta h_1, \Delta h_2, \dots$) を求め、初期の t の位置においてそれらの Δh を順次累加する。 t の値を変化させこの操作を繰り返すと同図の●印を結んだ線で示す曲線群が得られる。この方法の妥当性について次に検討した。

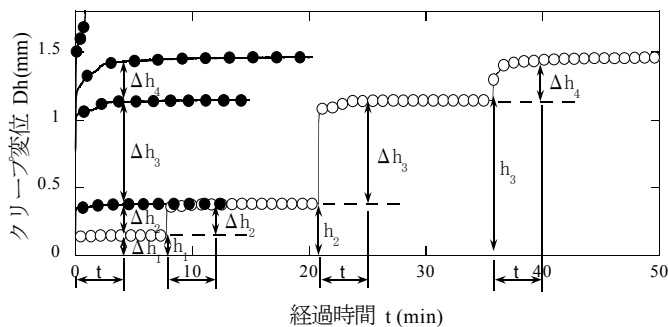


図-4 段階載荷法のデータ整理

図-5 は、豊浦砂について「個別載荷法」と「段階載荷法」によるクリープ試験結果を比較したものである。各段階の荷重において、合変位はせん断変位、載荷時間ともに、ほぼ一致している。すなわちこの範囲の「段階載荷」においては、懸念されたせん断変位にともなう「供試体のせん断面積の減少」はクリープ特性にほとんど影響しなかったといえる。特に現場土のように、供試体にばらつきが懸念される場合は、「階段型」の方が、適切な試験方法と考えられる。

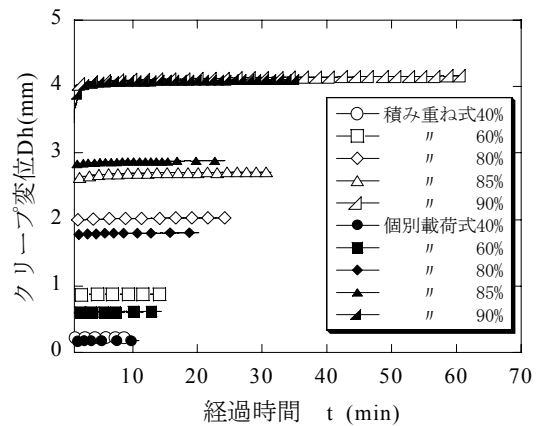


図-5 段階載荷の検証

図-6 はせん断変位 (D) - 経過時間 (t) の関係を示したものである。この試験では、 $\tau / \tau_f = 95\%$ 荷重を加えた直後に急激に破壊が生じた。また段階を経るごとに載荷時間が増えていく傾向が見られる。

図-7 は上限降伏値 (τ_U) と下限降伏値 (τ_L) の求め方を示したもので、例として、 $t=2$ 分時の「せん断変位速度 $-\tau / \tau_f$ 」をプロットしたものである。 $t=2$ 分における τ_L は τ_f の 25%， τ_U は τ_f の 82% で、従来公表されている資料よりも τ_U がやや大きい結果となった。また、上限降伏値は時間経過とともに大きくなる傾向が見られたが、この点については別報⁶⁾で検討している。

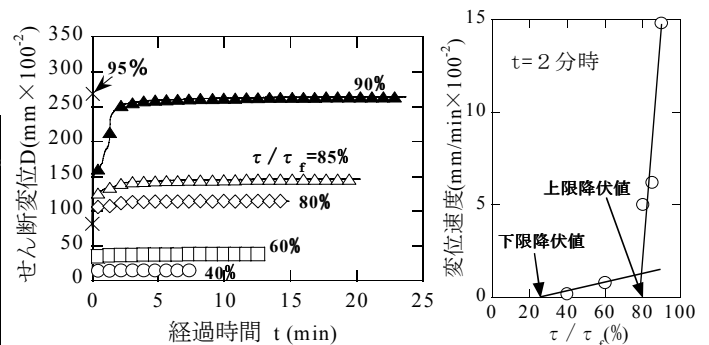


図-6 水平変位-経過時間関係

図-7 流動曲線図

5. まとめ

一面せん断試験機を改良することで、クリープ試験 (CD 条件) を行うことができた。また「段階型載荷法」とその整理法を検討し、「個別載荷法」と同等の結果が得られることを確認できた。

参考文献：

- 1) 村山朗郎, (1990): 土の力学挙動の理論, 技報堂出版/2) 原田ら, (2000): 改良した一面せん断試験機による ϕ_{cd} 強度と ϕ' 強度, 第 35 回地盤工学研究発表会 pp823-824/3) 大島ら, (1996): 一面せん断圧試験機における上下せん断箱の隙間の影響, 第 31 回地盤工学研究発表会 pp667-668/4) 望月秋利, 砂の c , ϕ N 値および c , ϕ , 土質工学会 pp133-161/5) 近藤ら, (2001): 砂質土のクリープ試験とモデル化, 第 36 回地盤工学研究発表会 pp487-488/6) 藤井ら, (2002): 盛土材料のクリープ試験と極限上限降伏値, 第 57 回土木学会全国学術講演会