

III-444

せん断に伴う三軸供試体の変形の仕方とせん断帯発現に至るまでの観察

名古屋大学 正会員 中野正樹
(株)九州電力 新屋裕生
名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1. はじめに

せん断に伴う飽和粘土の変形や破壊は、部分排水状態でももちろん非排水状態でも水～土骨格連成の挙動としてとらえ、議論されなければならない。そこでまず、間隙水のマイグレーション（以下、水のマイグレーション）が起これと、粘土の変形・強度にどう影響を及ぼすか調べるため、載荷速度および軸変位速度を変化させた非排水・部分排水試験を実施した。さらに各々の速度においてせん断帯が発現するまでの三軸供試体の詳細な観察を行い、試験終了時に見られるせん断帯はせん断初期に現れる無数の「しわ」のようなものが連なって形成されていることを示す。

2. 2つの載荷方式による部分排水・非排水三軸圧縮試験

2つの異なる載荷方式による部分排水・非排水三軸圧縮試験を実施した^{1)・2)}。一つは載荷速度を変化させ、もう一つは軸変位速度を変化させるものであり、それぞれ速度を変えることは水のマイグレーションの程度を変化させることを意味する。試験方法は、川崎粘土を直径3.5cm、高さ8.0cmの円筒供試体に成形し、セル圧5.0kgf/cm²、背圧2.0kgf/cm²の圧密圧力3.0kgf/cm²で24時間等方圧密した後、それぞれ設定した速度でせん断するというものである。図1、2にそれぞれの試験結果を示す。荷重方式の違いによって供試体にかかる負荷の仕方は異なっているにもかかわらず、試験結果は以下の二つの点で同じ傾向を示している。①部分排水効果は、かなり狭い載荷および変位速度レンジ内でのみ現れる。②非排水せん断強度も①で得られた速度レンジ内でのみ変化し、このレンジ外での変化は極めて少ない。部分排水効果は、排水量の違い、すなわち境界内外の水の移動の違いによって生じることより、上の二つの結果から、速度によって非排水せん断強度が変化するのは、水のマイグレーションの程度の違いが原因の1つであることを意味している。

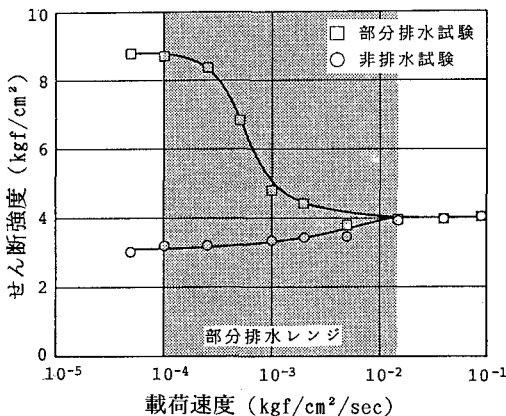


図1 部分排水・非排水せん断強度の載荷速度効果

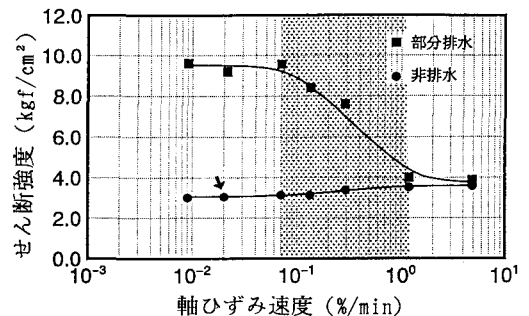


図2 部分排水・非排水せん断強度の軸変位速度効果

3. せん断帯生成に至るまでの三軸供試体の観察

図2中の矢印で示した軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 2.1 \times 10^{-2} \text{ \%/min}$ の試験における、せん断帯が生成するまでの三軸供試体の変形の観察記録を以下に述べる。図3にいわゆる「軸差応力」～「軸ひずみ」関係を示し、曲線上に示した○印は、図4に示した各ひずみごとの供試体の変形スケッチに対応している。図3より、せん

断初期においてわずかな軸ひずみに対し大きな反力(荷重)を得ている。しかし軸ひずみ約1%以降から、その増加率が急激に減少し、その後はほぼ等しい増加率で荷重が増えている。このようにせん断初期での曲線は急激な変化しているにもかかわらず、図4に示すように供試体は軸ひずみ約5%まで対称性を保ちながら変形する。しかし、軸ひずみ5.3%で右側面がわずかに膨らみ対称性が崩れ始める。左側面では約10°の角度をもつ多数の短い「しわ」のようなものが、右側面では、さらに角度の大きい「しわ」が数本発生し、中央よりやや左寄りでそれらの「しわ」が交差する。軸ひずみ9%で左上部からの「しわ」(図中a)が多数伸びる。右側面の膨らみが大きい(図中b)。軸ひずみ12.3%で「太いしわ」が発生する。中央では非常に多くの「しわ」が交差し、「格子状のしわ」(図中c)を形成している。軸ひずみ16%から「太いしわ」が上下に伸び、右下と左上のくびれた部分(図中d)に達するが、卓越したせん断面にはならない。右上のくびれ(図中e)からせん断面が発生する。このとき軸ひずみは約20%であり、図3の荷重が低下しているところに一致している。すなわち、供試体の連続性を打ち消す卓越したせん断帯の発現が荷重～変位関係における荷重の低下をもたらしている。

このように供試体表面にはせん断初期に細かい多数の「しわ」が発生し、せん断が進行するにつれて太い数本の「しわ」が現われるようになり、試験終了時には卓越する数本のせん断帯を形成する。試験終了後の供試体のスケッチは図5に示すが、これは観察していた側面の裏側である。卓越する1本のせん断帯は、せん断初期に発生した多数の「しわ」から形成されていて、それはまるで空飛ぶ雁の群れが編隊飛行している時に見える斜めの1本の線のようにである(雁行)。

最後に、軸変位制御試験についてのみ試験終了後せん断帯とそのまわりの含水比を測定した。部分排水試験では全ての速度でせん断帯の方が含水比が小さくなり、非排水試験では早い変位速度のときはほとんど等しく、遅くなるとせん断帯の方が小さくなった。すなわちこのときにはせん断とともに水のマイグレーションが起こって、供試体内で含水比が不均質になるが、せん断終了まで供試体にかかる荷重を支えるのは含水比の小さな強い土エレメントであり、最後にそのエレメントにせん断帯が発生して破壊すると考えられた。

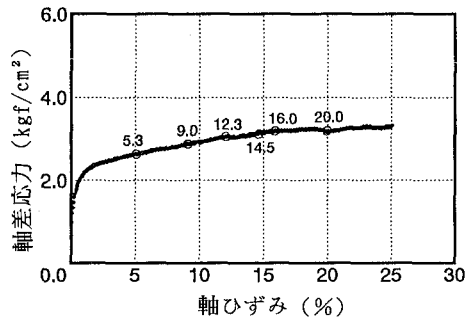


図3 荷重～変位関係

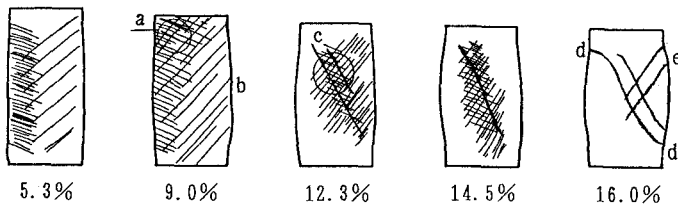


図4 せん断帯発現に至るまでの変形スケッチ

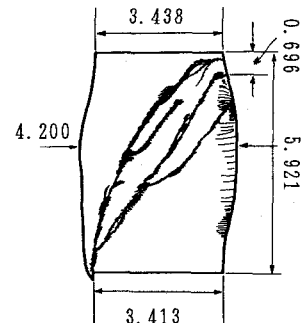


図5 試験終了後のスケッチ

4. 参考文献

- 1) 浅岡ら(1992): 正規圧密三軸供試体の破壊モードに及ぼす載荷速度効果, 第27回土質工学研究発表会
- 2) 浅岡ら(1993): 繰り返し粘土の非排水3軸圧縮試験における間隙水のマイグレーション, 第28回土質工学研究発表会掲載予定