

III - 156

初期不整を有する砂供試体のせん断特性と破壊形態

名古屋大学 正会員 小高猛司, 浅岡 顕
 鹿島建設(株) 正会員 鈴木建爾

1. はじめに

砂の3軸試験は通常エレメント試験として行われるが、実際はエレメントとして解釈できない幾つかの現象に遭遇する。例えば、変形から破壊までに供試体に現れる様々な形状の変化および局所化、あるいは荷重～変位関係の不安定性等である。とりわけ局所的な変形・破壊形態の多様性は予測し難く、いくら均質に供試体を作製しても、せん断の初期から何がしかの局所的な変形が発生する。本報では、せん断中にエレメント挙動から逸脱して局所化する砂の変形・破壊挙動をより深く理解するため、砂供試体に人為的に大きな初期不整を導入して実験した結果を示す。具体的には供試体を、同一間隙比の幾つかの層に分けて作製し、供試体毎の作製層数の違いによって初期不整の違いを与えるものとした。作製直後のせん断前では、作製層数の異なる供試体間の違いを、目視で判断することはできない。ここでは排水せん断試験の結果を報告する。

2. 実験方法と実験条件

供試体は、豊浦標準砂を用いて締固め法と水中落下法の2種類で作製した。締固め法は2, 3, 4, 8層, 水中落下法は1, 2, 3, 4層のそれぞれ4種類を、間隙比がすべて0.75となるように作製し、いずれも飽和状態にした。背圧、側圧はそれぞれ3.0, 1.0(kgf/cm²)とし、軸ひずみ29%まで変位制御(1mm/1min.)でせん断した。

3. 実験結果

図1は締固め法の最終的な供試体の様子である。初めは全く均質に見えたものが、せん断が進むにつれてそれぞれの層の境界をきっかけとして局所化した破壊形態を示している。全く膨潤していない剛体的な領域

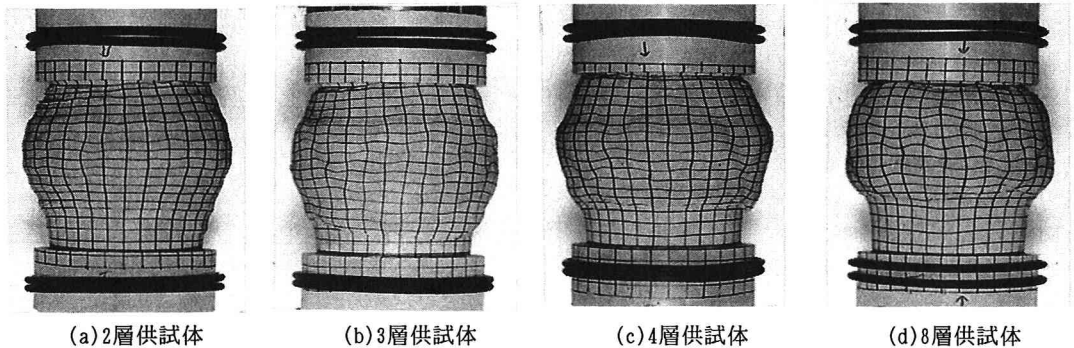


図1 締固め法により作製した砂供試体の排水せん断試験結果

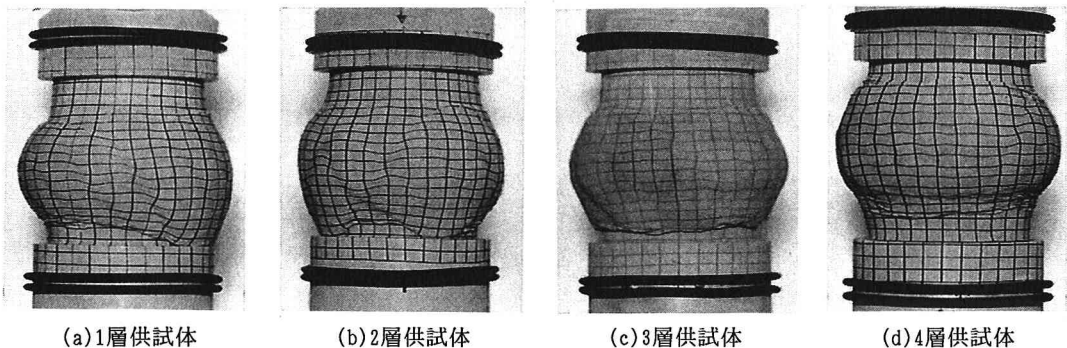
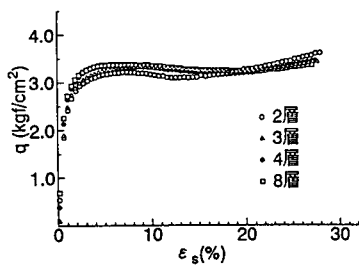
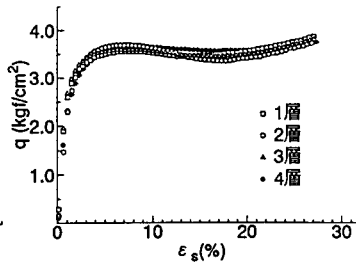
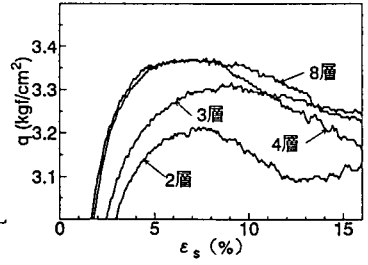
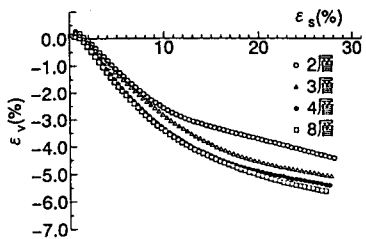
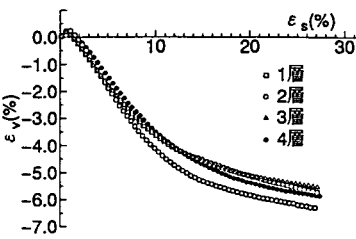
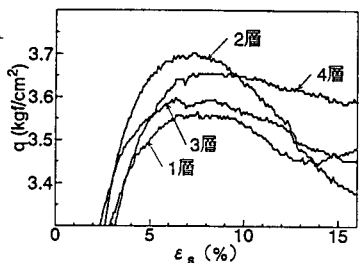


図2 水中落下法により作製した砂供試体の排水せん断試験結果

と、せん断変形と吸水膨張している領域とははっきりと分れている。この条件の場合、層数が増えるにつれ、剛体領域が小さくなり、より均質な供試体に近づくように見える。また、膨潤している領域には、等間隔の何本かの平行するせん断帯(ストライプパターン)とそれに交差するせん断帯とが確認できる。特に層数が多い場合には、はっきりとしたせん断帯は見えないが、供試体表面の凹凸が等形の矩形を形成しており、円筒シェルが座屈する場合に見せるダイヤモンドパターンによく似ている。図2は水中落下法場合の実験終了時の供試体の様子である。締固め法のように、層数が増えるに応じて剛体領域が少なくなるというはっきりした関係は認められないが、それぞれの層数に応じた境界をきっかけとして、不均質に局所化した破壊形態を示していることが分かる。この場合も、せん断変形の大きい吸水膨潤している領域に、せん断帯が多数現れていることが分かる。

図3, 4はそれぞれ、締固め法の q (軸荷重/初期断面積-側圧) $\sim \varepsilon_s$ (せん断ひずみ) 関係および ε_v (体積ひずみ) $\sim \varepsilon_s$ 関係である。また、図5, 6は水中落下法の場合の両関係である。同一間隙比の供試体であっても、破壊形状の違いによって、せん断中の体積ひずみ(吸水量)に差が現れる。この差は膨潤領域の大きさの違いであるが、実際に観察記録でも締固め法の場合には、特に ε_v が小さい2層の供試体が、均質に近い8層より剛体領域が大きくでている。水中落下法の場合には、他より ε_v が大きい2層の供試体が、比較的均質に近く剛体領域が小さい。図7は締固め法の $q \sim \varepsilon_s$ 、図(図3)を拡大したものであるが、吸水量の変化が大きかった4, 8層が、3, 2層をピーク強度で上回っており、吸水が速やかに行われたものほど、高い強度を示すことが予想できる。図8の水中落下法(図5の拡大図)でも、2層が最も大きなピーク強度を示している。1層の供試体は、図2(a)に示すように、せん断初期から非対称な破壊形態を顕著に示したが、この場合 q, ε_v とともに他より小さくなっていた。また、水中落下法では全体的に q, ε_v がともに締固め法より大きく現れた。

図3 $q \sim \varepsilon_s$ 関係(締固め法)図5 $q \sim \varepsilon_s$ 関係(水中落下法)図7 拡大 $q \sim \varepsilon_s$ 関係(締固め法)図4 $\varepsilon_v \sim \varepsilon_s$ 関係(締固め法)図6 $\varepsilon_v \sim \varepsilon_s$ 関係(水中落下法)図8 拡大 $q \sim \varepsilon_s$ 関係(水中落下法)

4. まとめ

1) 層数の相違がそのまま初期不整の大きさにはならなかった。2) 変形の局所化の現れ方の違いは、供試体層数の相違による初期不整の違いをきっかけとして起こる、という事例が観察できた。3) 吸水が速やかに、かつ多く行わる供試体ほど、せん断の進む膨潤領域が全体的に大きく現れ、かつピーク荷重は大きくなる。4) 水中落下法の方が、 q, ε_v がともに締固め法より大きく、より均質に作製された供試体であるといえる。