

Ⅲ－6

粒状体の二方向せん断時の排水せん断変形特性

東北大学 工学部 ○（学）田地 陽一
 東北大学 大学院 （学）林 正雄
 東北大学 工学部 （正）菅野 高弘

1. まえがき

地盤内要素を想定した粒状体の変形・強度特性について、地盤内の変形モードに近い変形を与えることのできる二方向せん断試験装置を用いて実験を行い、せん断時の側方土圧及び排水特性について考察する。

2. 装置の概要

地盤内の応力・変形状態は一般に K_0 状態と考えられており、これを再現できる二方向純粋せん断試験装置を用いて実験を行った。（図1）実験中の側方土圧 σ_{hh} 及び σ_{hv} を測定するため、新たに超小型土圧計を取り付けてあり、実験中の土圧を計測できる。供試体はガラスビーズ（ $d_{50}=0.35\text{ mm}$ ）を空中落下法により比較的緩く堆積（ $D_r=30\%$ ）させて作製した。

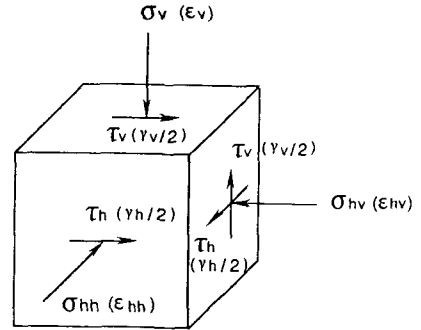


図1 供試体の応力成分

3. 実験及び考察

図2はH方向、HV方向、V方向3本の単調荷試験の実験結果であり σ_{hh} と σ_{hv} の変化を示す。ここの応力経路の角度は水平方向からの角度を示しており、 0° 方向は水平方向（H方向）、 90° 方向は鉛直方向（V方向）であり、その間のHV方向は角度 33.3° 方向で、ひずみ空間では 45° 方向となっている。これを見ると、V方向の単調荷試験では、ほぼ 45° の直線に載っており $\sigma_{hh} = \sigma_{hv}$ である。一方、H方向荷試験では、 $\sigma_{hh} > \sigma_{hv}$ である。これは本試験装置が、横方向拘束で、変位の許される方向が鉛直方向のみという拘束条件に大きく起因しているものと思われる。せん断力が作用する面に変位を許すV方向に対し、H方向荷試験では、変位の許される方向がせん断力の作用面と異なる方向という違いつまり拘束の違いのためである。HV方向荷試験では、荷初期には、 σ_{hv} が卓越し、後半に σ_{hh} が卓越している。

次に σ_{hh} に対してせん断ひずみをパラメータとして同様な3本の実験から図3を得る。同図より、せん断ひずみがほぼ2%となるところまでは方向によらず3本とも類似した変化を示すが、その後V方向では、 σ_{hh} の増加の割合が減ってくる。図4に σ_{hv} について示す。H方向と比較して、V方向では、 σ_{hv} が大きく増加している。注目すべきは、HV方向荷試験であり、ひずみ

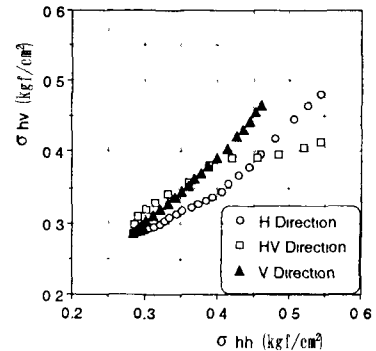


図2 多方向単調荷試験時の σ_{hh} と σ_{hv} の関係

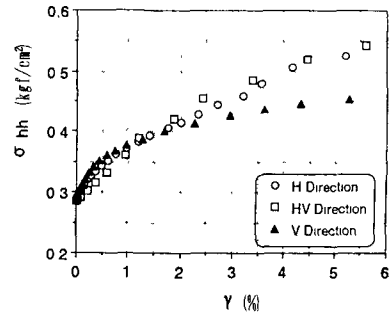


図3 多方向単調荷試験時の σ_{hh} とせん断ひずみ γ の関係

レベルではほぼ2%まではH方向の挙動に沿っているが、その後は増加の割合が減少し変化が小さくなる。

これらは、前述した拘束条件、すなわち、許される変位とせん断面の関係に起因すると考えられ、HV33°方向については、ほぼその間の挙動を示すこととなる。

図5はV方向単純せん断载荷試験に対する $\tan \psi$ と τ_v / σ_v との関係を示したものである。ここでの ψ は鉛直軸からの最大主応力方向を示す。同図の2本の曲線は、それぞれ拘束圧を $\sigma_{hv} = \text{一定}$ 及び $\sigma_{hv} = \text{変位}$ (せん断载荷に伴う実測値)の条件で求めたものである。これは小田らが提案した砂に関する式に一致しないことがわかる。この理由は、ガラスビーズと砂の物質定数や、実験における相対密度が異なることなどが考えられる。ここで注目すべきは、側方応力 σ_{hh} を一定と仮定した場合と実測値との差異であり、地盤の動的解析等における $K_0 = \text{const}$ の仮定を見直す必要が示唆される。

図6はV、H、HV方向それぞれのひずみ制御繰返し载荷実験であり、体積ひずみと累加せん断ひずみを示す。ここで興味深いのは、せん断载荷方向(V、H、HV方向)にかかわらず、せん断ひずみが原点を通過する点での体積ひずみ量と累加せん断ひずみの関係は、ほぼユニークに表現できることがわかる。これは、福武らの提案したひずみ空間に存在する"おわんモデル"(せん断载荷時には、平均的な粒子接点は、"おわん"上を動く)に合致している。累加せん断ひずみの増加は、"おわん"の移動に対応し、体積ひずみの発生に影響している。この考えに基づいて換言すれば、"おわん"の移動とは、供試体が硬化していくことで、密度の増加を意味している。そして、最終的な体積ひずみ、つまり排水量は、実際の地盤の沈下量の評価などに役立つものである。

4. あとがき

本研究では、側圧 σ_{hh} 、 σ_{hv} を測ることで、二方向せん断時のガラスビーズの応力状態の変化の様子を追うことができた。また繰返し実験結果より、载荷方向によらず、累加ひずみをパラメータとして体積ひずみを一義的に評価できることが分かった。

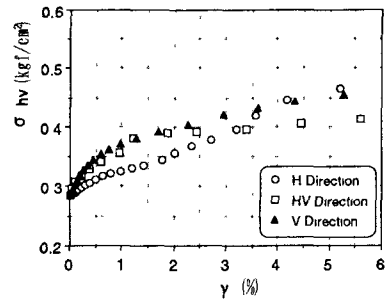


図4 多方向単調载荷時の σ_{hv} とせん断ひずみ γ の関係

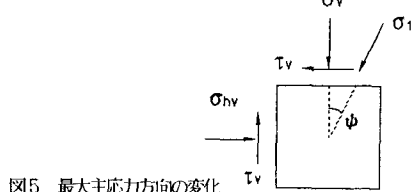
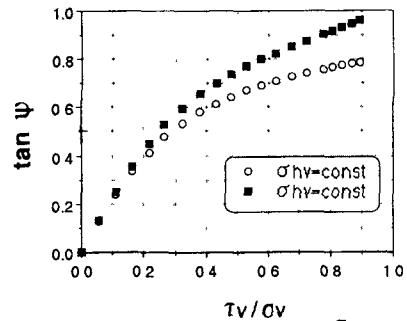


図5 最大主応力方向の変化

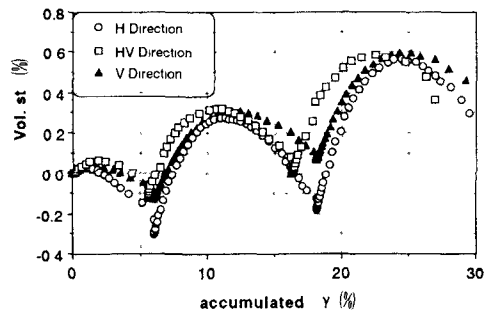


図6 累加せん断ひずみと体積ひずみの関係

- 参考文献 : 1) 許峻栄・菅野高弘 : 二方向せん断時の砂のせん断変形特性 1990年
 2) 小田 : On the Relation in the Simple Shear Test 1975年
 3) 福武・松岡 : 任意方向単純せん断におけるダイラタンシーの統一的解釈 1989年