

東北大学大学院 加藤定良 東北大学工学部 菅野高弘
(元)東北大学大学院 林正雄 許峻榮 東北大学大学院 田地陽一

1. まえがき

地盤内の土要素の応力状態は複雑であり、本研究では、地盤内の土要素の条件を想定した二方向せん断試験装置によって、二方向せん断を受けた砂のせん断変形特性について考察することを目的としている。

2. 試験方法

一辺が約10cmの立方供試体は、二方向せん断試験装置内で鉛直方向の応力は、上下のプレッシャーバックによって載荷され、左右のリンクされた載荷板によりHとVの二つの方向に独立に載荷できるようになっている。供試体の応力成分は図1-1で、V方向載荷、H方向載荷は図1-2に示すようであり、ひずみの許される方向は鉛直方向で横方向は変位拘束であり、地盤内の土要素に近い状態と考えられる。供試体作成は空中落下法により比較的緩く(Dr=40%)堆積された豊浦標準砂(Gs=2.640)を用いた。

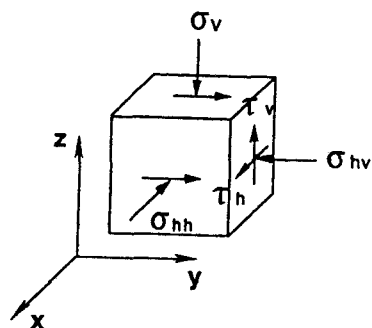


図1-1 供試体の応力成分

3. 試験結果及び考察

H方向、V方向、33.3°方向の3本のひずみ制御排水繰り返し実験(図2)を行なった。この実験におけるせん断応力、せん断ひずみ関係を図3-1に示す。また、せん断応力、体積ひずみ関係を図3-2に示す。33.3°方向の応力及びひずみは、等価せん断応力及び等価せん断ひずみとし、

$$\tilde{\tau} = \sqrt{\tau_H^2 + \tau_V^2}, \quad \tilde{\gamma} = \sqrt{\gamma_H^2 + \gamma_V^2}$$

図3-1、図3-2から、繰り返し載荷に伴って排水しながら硬化していくのがわかり、せん断の方向によって剛性の違いが出ている。これら3つの実験をまとめて、体積ひずみと累加せん断ひずみの関係¹⁾を示したものが、図4である。ここで累加せん断ひずみGの定義は以下のように、ひずみ増分の累計で表す。

$$G = \sum |d\tilde{\gamma}|$$

図4より、繰り返しせん断載荷により、累加せん断ひずみの増加と共に体積ひずみも増大していき、圧縮していくことがわかる。硬化の現象はこれにより説明ができる。

載荷の方向の違いによって、体積ひずみの発生量に違いが現れており、福武²⁾らの”任意方向単純せん断におけるダイレタンシーの統一的理解”の結果とは異なったものとなっている。本研究のせん断載荷時における供試体の境界条件は、横方向拘束、ひずみの生じる方向は鉛直方向で、福武らの単純せん断におけるものと同様であるが、累加せん断ひずみGによって変形を一義的に表すことができず、応力径路依存性が認められる。この理由として、本研究のせん断応力成分 τ_H (砂の堆積面に

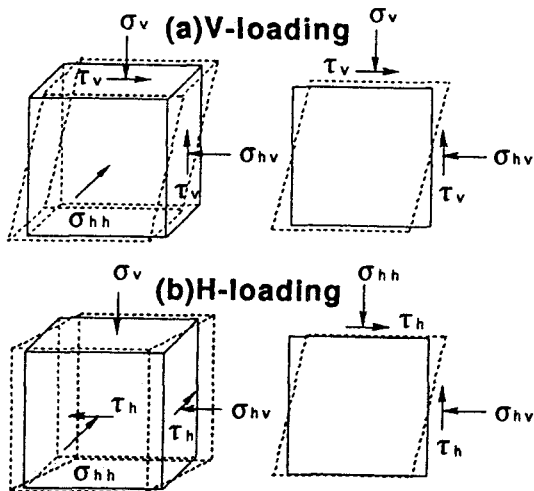


図1-2 供試体の載荷方向 (H、V)

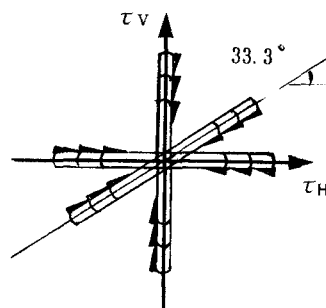


図2 繰り返し実験の応力経路図

対して平行である方向)の存在が挙げられる。H方向にせん断応力が作用する場合には、“おわん”モデルを修正して適用する必要性が示唆される。

次に粒状要素法による数値実験とこの試験との比較を行なった。粒状要素法による数値実験に使用した供試体は0.4cmの球粒子を67個規則的に配置し、その中に粒径0.4cm, 0.5cmの二つの粒子を重力によって堆積させたものであり、空隙比 $e=0.91$ である。図-5に示すようにV方向、H方向載荷によって体積ひずみの発生に差が生じている。H方向載荷とV方向載荷では、載荷方向の違いと境界条件の関係から体積ひずみの発生が異なる。ただし本解析で用いた粒状体自体(エポキシ樹脂を想定している)の弾性体積ひずみが砂に比較して大きいと考えられ、H方向載荷ではV方向に比べ、有効平均応力の増加が大きく体積ひずみが圧縮側に出ている。図4における実験結果は、せん断ひずみでなく累加せん断ひずみで整理しているが、粒状要素法における解析結果においても同様にH方向載荷はV方向載荷に比べ体積ひずみの発生が大きくでている。

参考文献

- 1) 福武毅芳, 松岡元: 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, 土木学会論文集, 第412号Vol3-12, pp143-151 (1989)

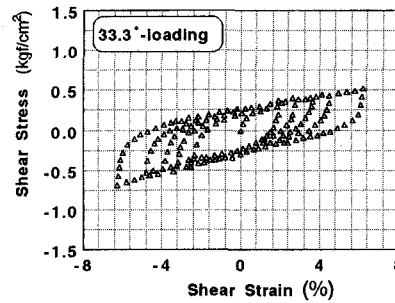
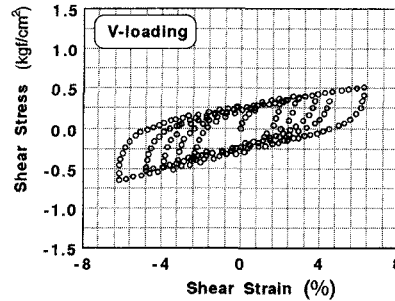
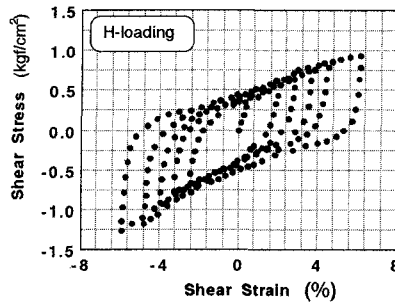


図3-1 せん断応力とせん断ひずみ関係

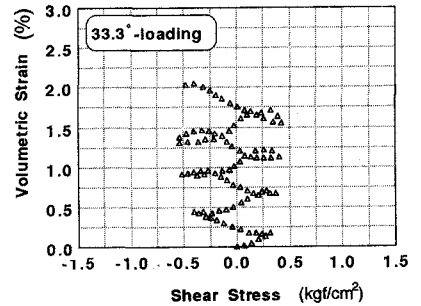
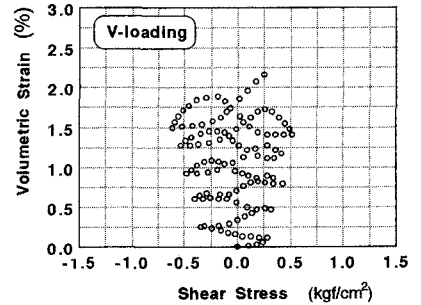
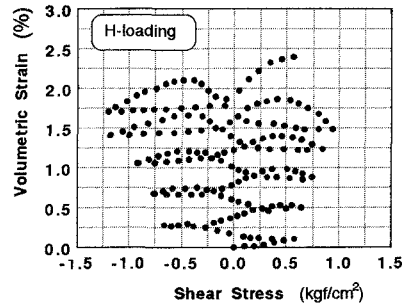


図3-2 せん断応力と体積ひずみ関係

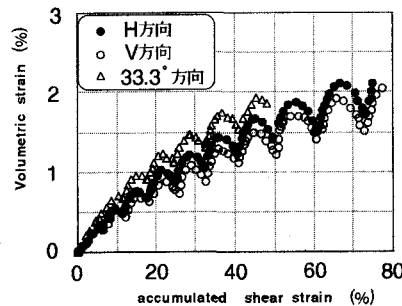


図4 累加せん断ひずみと体積ひずみの関係

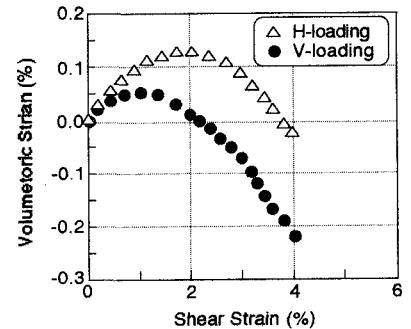


図5 せん断ひずみと体積ひずみの関係