

Ⅲ-A12

砂のダイレタンシー特性に及ぼすひずみ速度の影響

東京大学 正会員 龍岡 文夫

中部電力（元東京大学大学院）正会員 松下 政史

博報堂（元東京大学） 馬殿 邦男

東京大学大学院 学生員 石原 雅規

1. はじめに

砂の応力ひずみ関係は、ひずみ速度が一定ならばその影響をほとんど受けない。しかし、ひずみ加速度が生じると応力が一時的に変化する¹⁾²⁾。今回、ひずみ速度とその急変がダイレタンシー特性(体積ひずみとせん断ひずみの関係)に与える影響を検討した。

2. 試験方法及び試料

任意のひずみ速度変化が可能な軸力載荷装置を用いた。軸ひずみは LDT を用いて局所的に測定し、側方ひずみは片面 4 個計 8 個の非接触変位計により測定した。フランス Hostun 砂を用いて、空中落下法で供試体(高さ 20cm × 奥行き 16cm × 幅(σ_v/σ_h)方向)8cm)を作成した。不飽和状態にして凍結させ、試験機にセットし、負圧のもとで融解・飽和化した。ほぼ K₀ 条件である応力比 $R(=σ'_v/σ'_h)=3$ で軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_0=0.0125\%/min$ で(σ_v, σ_h)=(12,4)kgf/cm² まで異方圧密した。その後、(1)軸ひずみ速度一定でのせん断(10 $\dot{\epsilon}_0$ 、 $\dot{\epsilon}_0/10$ 、 $\dot{\epsilon}_0/50$ の 3 種類で最大 500 倍異なる)、(2)一定の軸ひずみ速度を不連続的に 100 倍変化させたせん断(HOS01)、及び(3)クリープ及びビレクゼーションを含む軸ひずみ速度を 100 倍変化させたせん断(HOSB1)の計 5 種類の排水平面ひずみ圧縮試験を行った。

3. 試験結果及び考察

図 1 に試験(1)と(2)の、図 2 に(1)と(3)の応力比 R とせん断ひずみ γ の関係を示す。軸ひずみ速度一定のせん断では、応力比とせん断ひずみの関係はほぼ同じであり、軸ひずみ速度にほとんど依存していない。しかし、軸ひずみ速度を突然増加させた場合、応力比は一端増加し、軸ひずみ速度を突然減少させた場合は、応力比は一端減少する。しかし、いずれの場合も、ひずみの増加とともに再びひずみ速度一定の場合の応力ひずみ曲線に戻る傾向にある。これは軸ひずみ速度の変化率即ち軸ひずみ加速度の一時的影響を示している。

図 3 に試験(1)と(2)の、図 4 に(1)と(3)の体積ひずみ ϵ_{vol} とせん断ひずみ γ の関係を示す。軸ひずみ速度の影響が現れ、軸ひずみが遅いほど収縮側にある。また、軸ひずみ速度を突然変化させた場合(図 3)、及びクリープ中(図 4)においても同様に軸ひずみ速度が遅いほど勾配が収縮側にあり、軸ひずみ速度の影響を受けていることが分かる。

図 5 に、試験(1)と(2)の側方ひずみ ϵ_h と軸ひずみ ϵ_v の傾き $D=-d\epsilon_h/d\epsilon_v$ と、軸ひずみの関係を示す。軸ひずみ速度の影響は大きくはないものの、軸ひずみ速度が遅いほど D は小さくなり収縮側にあるというひずみ速度依存性が認められる。一定の軸ひずみ速度を不連続的に変化させたせん断試験においても、同様の傾向が確認された。即ち、軸ひずみ速度を突然速くすると、応力が急増し一時的に剛性が高くなり弾性的な挙動を示して D は一時的に小さくなるが、その後 D は大きくなり膨張側へ進む。逆に軸ひずみ速度を突然遅くすると、応力が急減するため一度膨張側の大きな D の値を示すが、その後収縮側の小さな D の値へ進んだ。クリープ中(図 6)においても、軸ひずみ速度が徐々に遅くなるため収縮側の小さな D の値へ進行しており、同様の傾向が確認できる。

以上の結果をまとめると、stress-dilatancy 関係 ($R \sim D^p = -d\epsilon_h^p/d\epsilon_v^p$) は、図 7 に示すようにその時のひずみ速度(より正確には塑性せん断ひずみ速度)に支配されているのではないかと推定される。

4. まとめ

ダイレタンシー特性(体積ひずみ～せん断ひずみ関係)において、軸ひずみ速度一定の試験では、軸ひずみ速度が遅いほどやや収縮傾向が強くなる、というひずみ速度依存性を示している。また、軸ひずみ速度を急変させた場合

キーワード； 砂 平面ひずみ圧縮試験 ひずみ速度 ダイレタンシー

連絡先； 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-3812-2111(6124) FAX 03-5689-7268

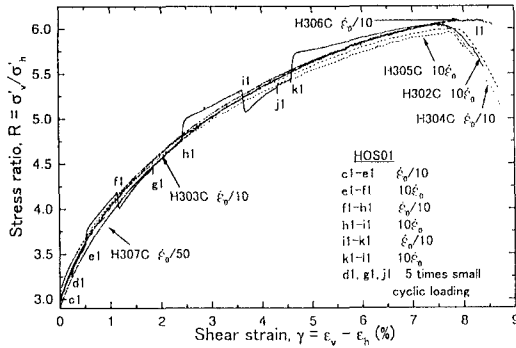


図1 HOS01等での $R \sim \gamma$ 関係

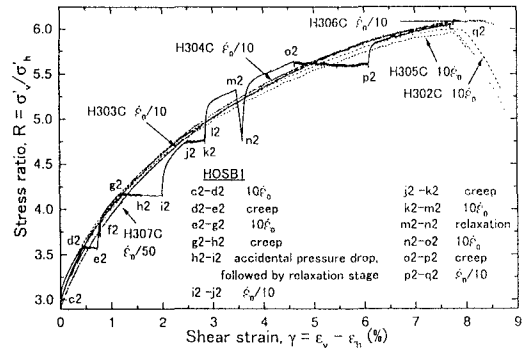


図2 HOSB1等での $R \sim \gamma$ 関係

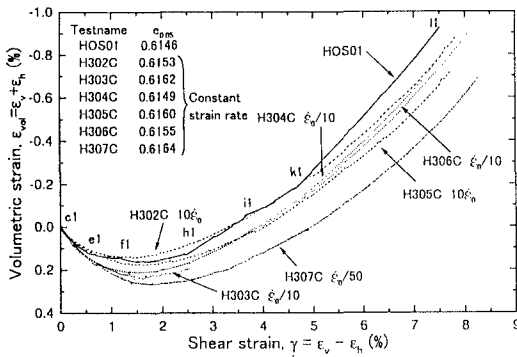


図3 HOS01等での $\epsilon_{vol} \sim \gamma$ 関係

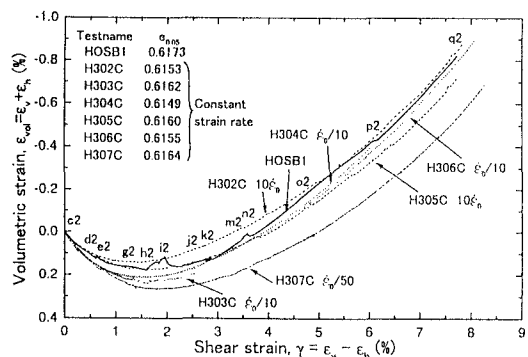


図4 HOSB1等での $\epsilon_{vol} \sim \gamma$ 関係

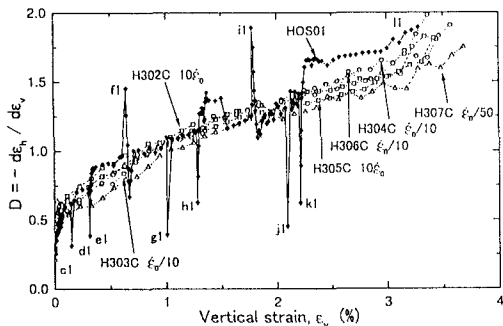


図5 HOS01等での $D \sim \epsilon_v$ 関係

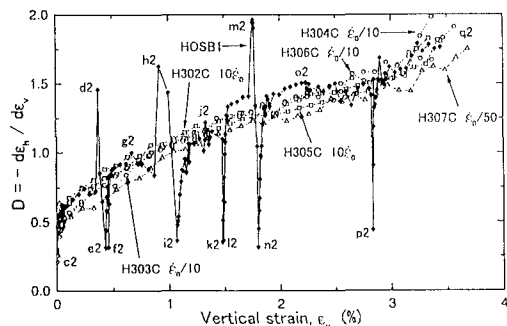


図6 HOSB1等での $D \sim \epsilon_v$ 関係

及びクリープ中においても同様の傾向が確認された。Stress-dilatancy 関係はその時の軸ひずみ速度(より正確には塑性せん断ひずみ速度)に支配されていると推定される。

参考文献

1)松下政史, Yasin, S.J.M, Bogdan Cazacliu, 龍岡文夫, 古関潤一, 1998; 平面ひずみ圧縮試験における砂の変形のひずみ加速度依存性, 第33回地盤工学研究発表会 2)松下政史, Yasin, S.J.M, Bogdan Cazacliu, 龍岡文夫, 古関潤一, 1998; 砂の変形強度特性に及ぼすひずみ加速度の影響, 土木学会第53回年次学術講演会

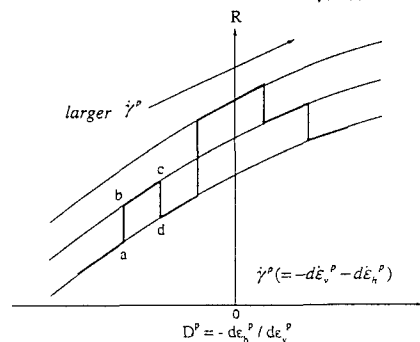


図7 stress-dilatancy 関係の模式図