

III-107

砂の三次元強度変形特性に及ぼす応力履歴の影響

九州大学 工学部 学○村崎慎一 同 正 落合英俊
 “ 正 林 重徳 “ 学 辻 哲

1. まえがき

応力履歴は、土の強度や変形特性など力学的性質に影響を及ぼす重要な要因の一つである。本研究は、相異なる三主応力下における砂の変形挙動に及ぼす応力履歴の影響を、実験的に検討したものである。ここでは、ある応力比 $\eta (= q/p')$ で、軸対称状態($b=0$)から相異なる三主応力状態に b 値を変化させる応力履歴を与えた場合についてその後の変形挙動を調べ、その応力履歴が変形特性や強度特性に及ぼす影響について考察した。

2. 応力パラメータについて

本研究で用いた応力パラメータは次のとおりである。

$$p' = (\sigma_1' + \sigma_2' + \sigma_3')/3, \quad q = \tau_{oct}$$

$$\eta = q/p'$$

図-1に、 $p' \sim q$ 座標面上における最小主応力 σ_3' 一定かつ b 値一定の応力経路を示す。経路の直線勾配は b 値によって異なり、

$$\alpha = \tan^{-1}\{(\sqrt{2} \cdot \sqrt{b^2 - b + 1})/(b + 1)\}$$

となる。

3. 供試体および試験方法

1) 試料および供試体： 実験には、豊浦標準砂を用いた。供試体は、 $5.7 \times 5.7 \times 5.7$ cmの立方体で、初期間隙比は0.64~0.66、相対密度は81~85%である。供試体の作成は、モールドで固定したゴムスリーブに気乾試料をタンパーで詰め、その後吸水飽和させるという方法で行った。また、飽和度を上げる目的で、供試体に背圧1.0kgf/cm²を負荷した。

2) 試験方法および応力経路： 図-2は、本研究で行った応力経路を示す。図-2のA点まで等方圧密した後、AからCに至るまでの応力経路は、次に示す2つのケースについて行った。

(a) Case-1 (A→C)； 応力比 $\eta=0.4$ まで最小主応力 σ_3' 一定かつ b 値一定で圧縮する応力経路。

(b) Case-2 (A→B→C)； 応力比 $\eta=0.4$ (B点)までは軸対称状態($b=0$)で最小主応力 σ_3' 一定の圧縮をした後、 b 値を変化させ、C点に至る応力経路。

このような2種類の応力履歴を与えた後、C→Dでは最小主応力 σ_3' 一定かつ b 値一定の排水試験を行った。なお、C→Dにおける b 値は、A→Cの b 値と等しい。

4. 変形特性に及ぼす応力履歴の影響

ある応力比 $\eta (= q/p')$ で b 値を変化させる応力履歴を与えた場合と、 b 値を変化させない場合の三主応力試験における応力ひずみ曲線を比較した一例を図-3に示す。応力履歴の影響を受けて、Case-1とCase-2の応力ひずみ曲線は異なる。ほぼピーク応力に対応するひずみの範囲内で、ある応力比 $(\sigma_1' - \sigma_3')/\sigma_3'$ に対する軸差ひずみ $(\epsilon_1 - \epsilon_3)$ は、Case-1の方がCase-2より小さい。

このような変形特性に及ぼす異方的な応力履歴の影響は、せん断初期において顕著に現われ、その後の変形の進行とともに小さくなると考えられる¹⁾。このことを検討するために、軸差ひずみ $(\epsilon_1 - \epsilon_3)$ とその

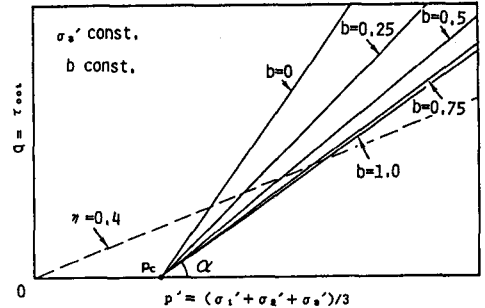


図-1 $p' \sim q$ 座標面上における σ_3' 一定かつ b 値一定の応力経路

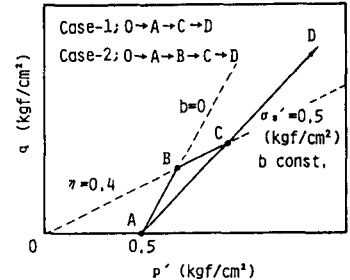


図-2 応力経路

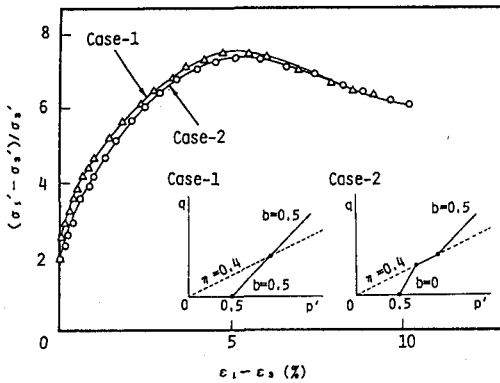


図-3 応力ひずみ曲線

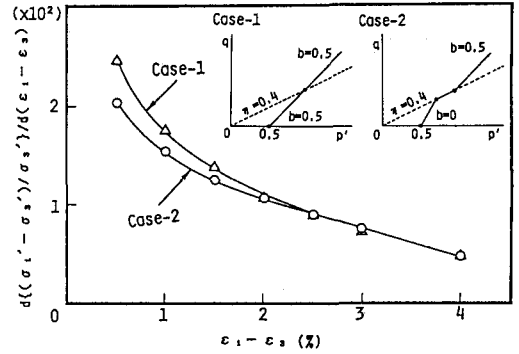


図-4 軸差ひずみと応力ひずみ曲線の接線勾配の関係

ときの応力ひずみ曲線の接線勾配 $d((\sigma_1' - \sigma_3')/\sigma_3')/d(\epsilon_1 - \epsilon_3)$ の関係を整理した結果が図-4である。変形が小さいときはCase-1とCase-2の差は大きい、変形が進むと2つの場合における差はほとんどなくなる。このような傾向は、 b 値が異なる他の試験でも同様であり、せん断変形が大きくなると変形挙動に及ぼす異方的な応力履歴の影響が次第に小さくなることを意味している。

図-5は、応力履歴の影響が顕著に現われるせん断初期 ($\epsilon_1 - \epsilon_3 = 0.5\%$) の応力ひずみ曲線の接線勾配と、 b 値の関係を整理したものである。

応力履歴の影響を受けて、各 b 値において、応力ひずみ曲線の接線勾配はCase-2の方がCase-1より小さい。また、 b 値を変化させる度合いが大きいほど、その差は大きくなるのがわかる。

5. 強度特性に及ぼす応力履歴の影響

ある応力比 $\eta (= q/p')$ で b 値を変化させる応力履歴を与えた場合と、 b 値を変化させない場合の砂の強度特性を比較するために、横軸に b 値を、縦軸に

$$\phi_{13} = \arcsin\{(\sigma_1' - \sigma_3')/(\sigma_1' + \sigma_3')\}_f$$

で定義される内部摩擦角をとって整理したのが図-6である。各 b 値において、Case-1とCase-2の内部摩擦角はほとんど等しい。したがって、ある応力比 η で b 値を変化させる応力履歴を与えた場合の砂の強度特性は、途中の応力履歴には影響されず、破壊時の応力状態、すなわち、破壊時の b 値により規定されと考える²⁾。

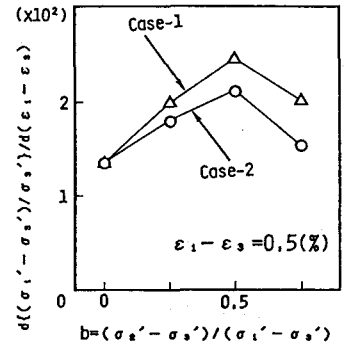
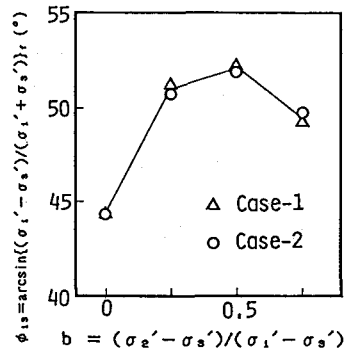
6. まとめ

以上のことをまとめると、次のようになる。

1) ある応力比 $\eta (= q/p')$ で b 値を変化させる応力履歴がその後の変形特性に及ぼす影響は、 b 値の変化が大きいほど大きくなる。また、その応力履歴が変形特性に及ぼす影響は、せん断初期において顕著であり、変形が進行すると、次第にその影響が小さくなる。

2) ある応力比 η で b 値を変化させる応力履歴を与えた場合の砂の強度特性は、途中の応力履歴には影響されず、破壊時の b 値により規定される。

(参考文献) 1) 落合ら(1987):「異方的な応力履歴を受けた砂の三次元応力変形特性」第22回土質工学研究発表会講演概要集。2) 土質工学会:「ロックフィル材料の試験と設計強度」pp.4~27。


 図-5 b 値と軸差ひずみ0.5%時の応力ひずみ曲線の接線勾配の関係

 図-6 b 値と内部摩擦角の関係