

III-105

主応力方向及び中間主応力が異方性砂の排水せん断変形特性に及ぼす影響

東北大学 大学院 大 花 博 重
日立造船株式会社 加 藤 靖
佐藤工業株式会社 中 村 普
東北大学 工学部 柳 沢 栄 司

1. はじめに 本研究では、大型中空ねじりせん断装置を用い、重力の作用により堆積させた強い異方性を有する砂供試体に対し、最大主応力方向を固定した一連の排水せん断試験を行ない、最大主応力の方向と中間主応力の大きさが異方性砂の強度および変形特性に及ぼす影響を実験的に調べている。

2. 実験方法 実験には、大型中空ねじりせん断装置を用いた。供試体は、外径 25cm、内径 20cm、高さ 25cm であり、供試体の半径方向のせん断応力とせん断ひずみの不均一性を小さくしている。¹⁾ 試料は豊浦標準砂 ($G_s = 2.65$, $e_{max} = 0.989$, $e_{min} = 0.614$) を用い、供試体は多重ふるい落下法により作成し、強い異方性を有し、相対密度は $70 \pm 3\%$ の範囲にある。供試体は、 CO_2 、脱気水を通して飽和させた後、背圧 196 kN/m^2 を与え、 $P = 98 \text{ kN/m}^2$ で等方圧密した。せん断は平均主応力一定のもとで、応力制御・排水状態で進めた。鉛直方向と最大主応力方向のなす角を β とし、実験中 β は固定されている。また、中間主応力の相対的な大きさを示すパラメータ b も一定の値に固定されている。実験に用いた応力経路は、図-1 に示すように、まず、 $b=0.5$ で一定とし、 β を 0° から 90° まで 15° 間隔で固定した 7 経路、さらに同様に最大主応力方向を固定し、 $b=0.25, 0.75$ でそれぞれ 7 経路ずつ、計 21 経路である。

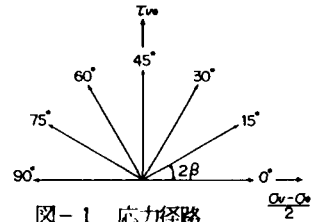


図-1 応力経路

3. 実験結果 まず、 $b=0.5$ の場合の強度特性を示したのが、図-2 である。 $\beta=0^\circ$ 経路で強度は最大で β が大きい経路ほど強度は小さく、 $\beta=75^\circ$ 付近で最小となる様な強度曲線となっている。ここで言う強度は、最大せん断ひずみ 6% での応力比、それ以前に破壊した場合は破壊時の応力比と定義した。この様な極小値をとる強度曲線は小田らの平面ひずみ試験や三浦らの中空での結果と一致しており、供試体の異方的な内部構造を考察することによって説明がなされている。

図-3 は $b=0.5$ の場合の $\beta=15^\circ \sim 75^\circ$ 経路のひずみ経路を示したものである。 $\beta=45^\circ$ 経路を除く各経路でひずみが、主応力方向から 45° 経路側にずれている事がわかる。

次に、中間主応力の大きさが異なる場合について見ていくと、図-4 は $b=0.75$ の場合の強度特性を示している。強度曲線の形状は、 $b=0.5$ の場合と相似しており、また $b=0.25$ の場合も類似の傾向が得られた。

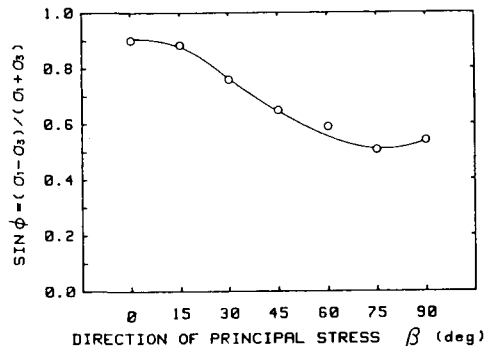


図-2 強度曲線 ($b=0.5$)

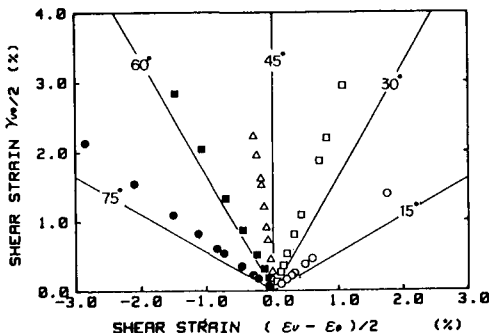


図-3 ひずみ経路 ($b=0.5$)

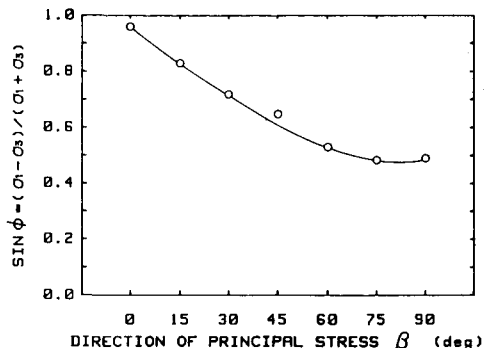


図-4 強度曲線 ($b=0.75$)

図-5では $\beta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 径路での、中間主応力の大きさが異なる場合の結果を比較をしている。中間主応力の大きさによって強度が異なることは結果より明らかであるが、その傾向は各径路で異なっている事がわかる。

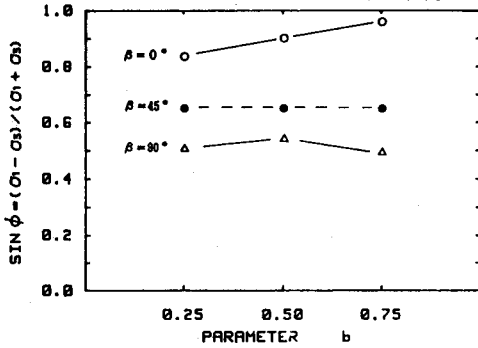


図-5 $b \sim \sin \phi$

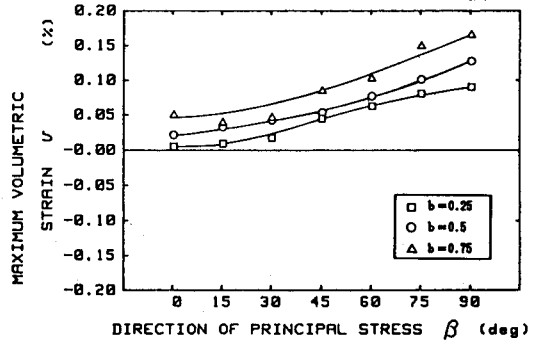


図-6 $\beta \sim v_{max}$

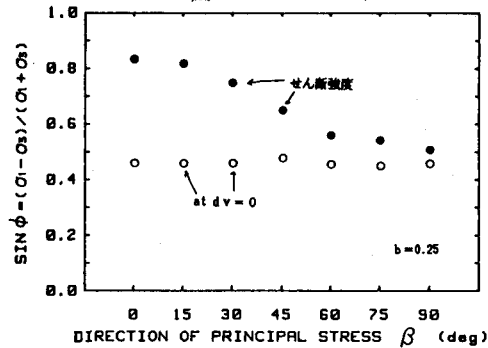


図-7 $\beta \sim \sin \phi$ (at $dv=0$)

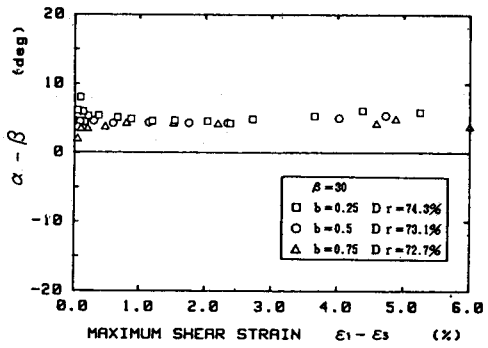


図-8 主ひずみ増分方向

図-6では、すべての径路での正の体積ひずみの最大値 v_{max} を比較している。同一の最大主応力で比較すると、中間主応力の大きさが大きい場合ほど v_{max} は大きい。また同一の中間主応力の大きさと比較すると、 β の大きい径路ほど v_{max} は大きい。つまり円周方向または半径方向に作用する応力が大きいほど、 v_{max} は大きくなっている事がわかる。さらに図-7は $b=0.25$ の場合の体積ひずみ増分が0の時の応力比と強度を比較したものであるが、その時の応力比は各径路でほぼ一定であり、強度は負のダイレタンス特性とは無関係である事がわかる。

最後に中間主応力の大きさと主ひずみ増分方向の関係を示したのが、図-8である。ここでは $\beta=30^\circ$ 径路を示している。 α は鉛直方向と最大主ひずみ増分方向とのなす角である。これを見ると、中間主応力の大きさによる差はほとんど見られない様である。すなわち、中間主応力の大きさは強度、ダイレタンス特性には影響するものの、主ひずみ増分方向には影響しない事を示している。

4. まとめ 異方性砂に対して大型中空ねじりせん断装置を用いた今回の実験により以下の事が確認された。

- (1) 中間主応力の大きさは強度に影響を及ぼすが、その影響は各最大主応方向ごとで異なっている。
- (2) 負のダイレタンス特性と強度に直接的な関係はない。
- (3) 中間主応力の大きさは、主ひずみ増分方向には影響しない。

5. 参考文献

- 1) Hight, D.W., Gens, A. & Symes, M.J. (1983): Geotechnique, Vol. 33, No. 4, 355-383
- 2) Miura, S. & Toki, S. (1982): Soils and Foundation, Vol. 22, No. 1, 61-77
- 3) 小田匡寛: 砂の強度異方性, (1978): 土と基礎, No. 9, 93-94
- 4) Miura, K., Miura, S. & Toki, S. (1986): Soils and Foundation, Vol. 26, No. 1, 36-52