

主応力の回転に伴う砂の応力-ひずみ挙動について

山口大学工学部 正員 安福規之 村田秀一 兵動正幸
山口大学大学院 学生員○浜田 透 大分市役所 正員 伊達勇治
九州大学大学院 学生員 藤井都男

1. まえがき

交通荷重や波浪荷重を受ける地盤では、主応力の方向が回転し、そのことが変形挙動に大きな影響を与えるとされている。本報告では、このことを踏まえ三主応力状態における主応力方向の回転が砂の変形挙動に与える影響を実験的に検討するものである。

2. 試験方法

1) 中空ねじりせん断試験機¹⁾ --- 実験には、高さ20cm、外径10cm、内径6cmの中空円筒形供試体を有する中空ねじりせん断試験機を用いた。供試体への載荷は、軸荷重、外圧、内圧、トルク力、背圧の5系統により行った。

2) 供試体作成方法 --- 今回用いた試料は、秋穂砂 ($G_s=2.65$, $e_{max}=1.05$, $e_{min}=0.6$) である。供試体は、相対密度80%を目標にして水中落下法によって作成した。メンブレンの厚さは、外、内側共に0.5mmである。

3) 実験計画 --- 本研究は、基礎的なデータを得るために、主応力の方向を一定に保って供試体が破壊するまでせん断する試験 (Fixed test 称する。) と応力レベルを一定に保って主応力の方向を連続的に回転させる試験 (Rotation test 称する。) の2種類を行った。本実験はすべて半径方向応力 σ_r を中間主応力 σ_2 とした。また、中間主応力係数は、0.5を用いた。これは、中空円筒形供試体における応力の不均一性が最も小さい領域であると考えられるからである。図-1と図-2に各々の試験の応力経路を示す。

Fixed test は、点1 ($p=100\text{kPa}$) まで等方圧密した後、 $p=100\text{kPa}$, $b=0.5$, 最大主応力が鉛直軸となす角 α ($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$) 一定でせん断を行うものである。

Rotation test は、点1 ($p=100\text{kPa}$) まで等方圧密した後、 $p=100\text{kPa}$, $b=0.5$ 一定で $\alpha=0^\circ$ 方向にあるせん断応力レベル点2 ($\phi=20^\circ, 35^\circ$) までせん断する。そしてそのせん断応力レベルを一定に保って主応力の方向を連続的に点2-点3-点4-点5-点2と回転させるものである。

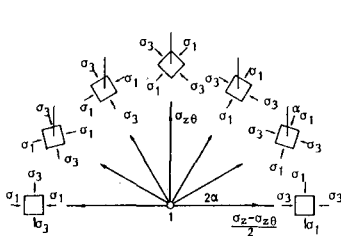


図-1 Fixed test における応力経路

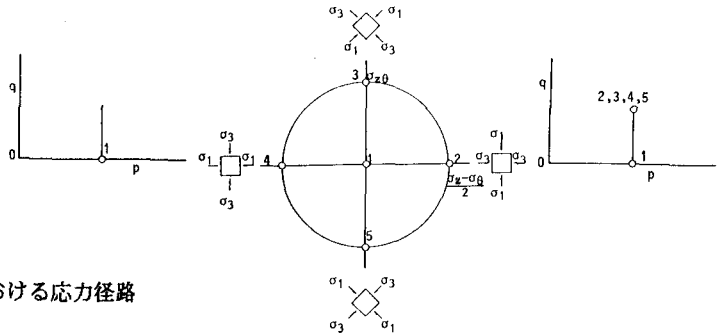


図-2 Rotation test における応力経路

3. 実験結果と考察

1) Fixed test --- 図-3は、主応力の方向 α と破壊時の応力比の関係を示したものである。 $\alpha=75^\circ$ 付近で破壊時の応力比が最少の値をとっていることがわかる。このことは、破壊時の応力比が主応力の方向に依存していることを示している。図-4は、応力比-ダイレイタンスー関係を示したものである。応力比が低い領域では、ややばらつきがみられるものの応力比が高い領域では一義的な線形関係がみられる。このことより、応力比-ダイレイタンスー関係には、主応力の方向の違いによる影響は大きくないと考えられる。

2) Rotation test --- 図-5は、せん断ひずみと主応力の方向 α の関係を2つのせん断応力レベルに対して

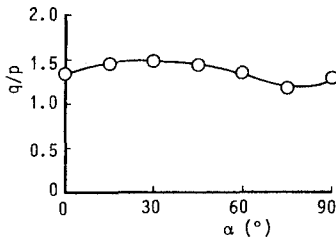


図-3 Fixed test における
破壊時の応力比と α の関係

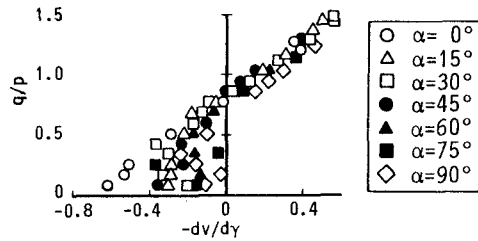


図-4 Fixed test における
応力比-ダイレイタンスー関係

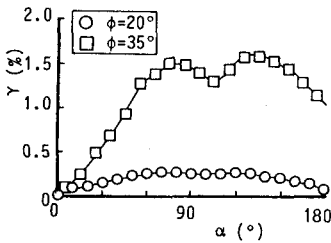


図-5 Rotation test における
せん断ひずみと α の関係

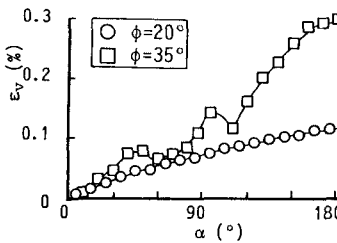


図-6 Rotation test における
体積ひずみと α の関係

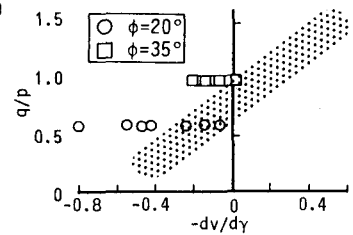


図-7 Rotation test における
応力比-ダイレイタンスー関係

示したものである。せん断応力レベル $\phi=20^\circ, 35^\circ$ 共に $\alpha=75^\circ$ 付近でせん断ひずみが最大になりその後 α の値が 100° 程度までは、減少しそして α の値が 100° 以上になると再び増加し、さらに減少する傾向がみられた。図-6は、体積ひずみと主応力の方向 α の関係を示したものである。体積ひずみは、せん断応力レベル $\phi=20^\circ, 35^\circ$ 共に主応力の方向の回転にともない増加する傾向にある。その中で、 $\phi=35^\circ$ のときは非常に不安定な挙動を示しているが、これは供試体が収縮から膨張に変わる遷移的な領域であることによると考えられる。図-7は、応力比-ダイレイタンスー関係を示したものである。ハッチで示されている領域は、Fixed testで得られたものであるが、これと比較すると全体的に上側に位置していることがわかる。

4. まとめ

A) Fixed test

- 1) 破壊時の応力比は、主応力の方向に影響を受ける。
- 2) 応力比-ダイレイタンスー関係は、主応力の方向に関係なく1つの直線で与えられる。

B) Rotation test

- 1) 連続的な主応力の回転は、せん断ひずみ・体積ひずみに影響を与える。
- 2) Rotation testで得られた応力比-ダイレイタンスー関係は、Fixed testで得られた応力比-ダイレイタンスー関係と比べると多少違いがみられる。

参考文献

- 1) 安福ら: 中空ねじりせん断試験機の試作とその適用について, 第41回土木学会中国四国支部研究発表会, 1989.
- 2) Marte Gutierrez: "Behaviour of sand during rotation of principal stress directions" 東京大学学位申請論文
- 3) 三浦均也: "Study on the deformation behavior of anisotropic sand under principal stress axes rotation" 北海道大学学位申請論文