

圧密経路の違いが砂の排水繰返しせん断挙動に及ぼす影響について

山口大学大学院 学生員 中田幸男 ○西川明宏
山口大学工学部 正 員 安福規之 村田秀一

1. まえがき

実地盤は、地震や波浪、交通荷重などによる応力変化（繰返しせん断）を受ける。このような繰返しせん断を受けた砂に対して、非排水条件下における研究は数多くなされているが、排水条件下での変形特性について系統立てた研究はさほどなされていない¹⁾²⁾。そこで、本研究では排水繰返しせん断を受けた砂の変形特性を実験的に検討し、圧密経路の違いが生じるひずみ量やストレス・ダイレタンシー関係に与える影響を調べる。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は秋穂砂であり、供試体の均質化をはかるために0.074mm以下の細粒分と2mm以上の粒径のものを取り除いている。秋穂砂の指数的性質は、表-1に示す通りである。供試体は、直径5cm、高さ10cmを標準とし、初期間隙比 $e_{i,0}=0.75 \pm 0.02$ （相対密度 $D_r=55\%$ ）を目標として、空中落下法により作成する。また、変形を正確に測定するために、飽和度を評価する B 値が0.96以上のものについてのみ実験を行う。試験機は応力制御式の三軸圧縮試験機を用い、所定の圧力まで圧密または過圧密した後、平均有効主応力 p 一定条件下で繰返しせん断を行う。なお、メンブレンは0.2mm厚のものを使用し、体積変化においては、Vaidらの提案した方法により、メンブレン貫入量に対する補正を行っている。秋穂砂の特性状態の応力比は、圧縮側で1.208、伸張側で-0.925であり、破壊時の応力比は、圧縮側で1.613、伸張側で-1.079である。また、本論文で用いる主要な応力パラメータは、平均有効主応力 $p = (\sigma_1 + 2\sigma_3) / 3$ 、軸差応力 $q = \sigma_1 - \sigma_3$ 、応力比 $\eta = q / p$ 、体積ひずみ $v = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$ 、軸差ひずみ $\varepsilon = 2/3 (\varepsilon_1 - \varepsilon_3)$ である。

表-1 秋穂砂の指数的性質

比重 G_s	2.633
最大間隙比 e_{max}	0.958
最小間隙比 e_{min}	0.582
50%粒径 D_{50} (mm)	0.41
均等係数 U_c	2.74

3. 実験結果

(1) 圧密時の応力比の違いによる影響

圧密時の応力比の違いによる影響を調べるために、応力比 $\eta=0.0, 0.6$ 一定で $p=100\text{kPa}$ まで等力圧密した後、応力振幅を1.25～0.825としてせん断を行う。図-1は、 $\eta=0.0, 0.6$ の場合の応力比 η と体積ひずみ v の関係を示している。この図から、生じるひずみは圧密時の応力比の違いに影響を受け、圧密時の応力比が高いものほど繰返し回数1回目の除荷時においてひずみがよく生じることがわかる。これは、圧密時の応力比によって生じる異方性が原因であると考えられる。図-2は、圧密時の応力比を $\eta=0.0, 0.6, 1.2$ とした場合の繰返し回数1回目のストレス・ダイレタンシー関係を示している。この図から、載荷時と除荷時の初期において圧密時の応力比の違いによる影響が見られるが、徐々にその影響が失われていくということがわかる。

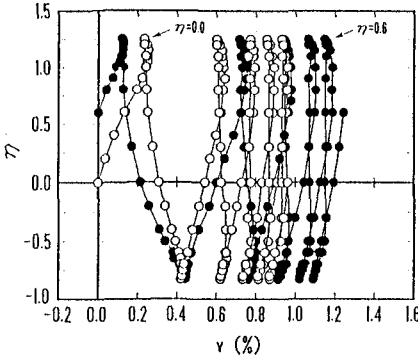


図-1 応力比と体積ひずみの関係

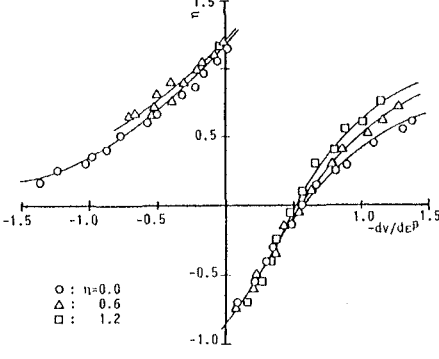


図-2 ストレス・ダイレタンシー関係
繰返し回数1回目

(2) 過圧密履歴の影響

過圧密履歴の影響を調べるために $p=200\text{kPa}$ まで $\eta=0.6$ で異方圧密した後、 150kPa ($\text{OCR}=1.3$), 100kPa ($\text{OCR}=2.0$), 50kPa ($\text{OCR}=4.0$) まで応力比一定で除荷し、応力振幅を $1.25 \sim -0.825$ としてせん断を行う。図-3と図-4は、それぞれ $\text{OCR}=1.0$ と $\text{OCR}=2.0$ の場合、そして $\text{OCR}=1.3$ と $\text{OCR}=4.0$ の場合の $\eta-v$ 関係を示している。これらの図から、過圧密比が高いものほど生じるひずみ量は小さくなることがわかる。図-5、図-6は、図-3、図-4の実験結果における繰返し回数1回目と2回目のストレス・ダイラテンシー関係を示している。これらの図から、過圧密履歴の影響は繰返し回数1回目において大きく現れるが、2回目以降ではその影響が見られなくなる。つまり、特性状態の応力比を応力振幅が越えることにより、過圧密履歴の影響が繰返し回数の増加と共に徐々に失われていくということが考察される。

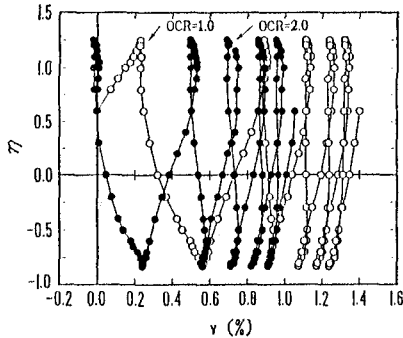


図-3 応力比と体積ひずみの関係

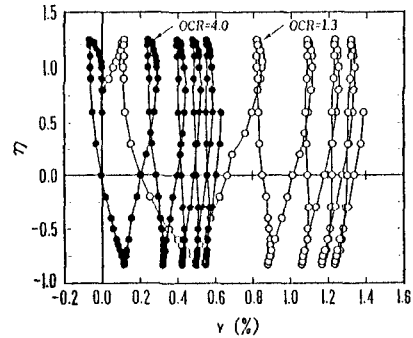


図-4 応力比と体積ひずみの関係

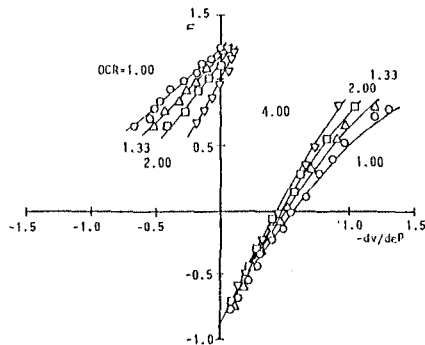


図-5 ストレス・ダイラテンシー関係
繰返し回数1回目

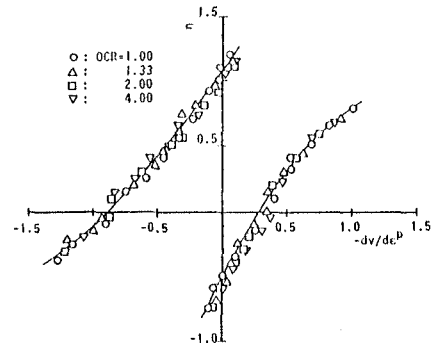


図-6 ストレス・ダイラテンシー関係
繰返し回数2回目

4. まとめ

圧密経路の異なる秋穂砂の排水繰返しせん断試験を行うことにより、次のような結果が得られた。

- (1) 圧密時の応力比の違いは、生じるひずみ量やストレス・ダイラテンシー関係に影響を及ぼす。特に、圧密時の応力比が高いものほど異方性の発達により、繰返し回数1回目の除荷時においてひずみがよく生じることがわかった。
- (2) 過圧密履歴は、生じるひずみ量やストレス・ダイラテンシー関係に影響を及ぼす。しかし、応力振幅が特性状態の応力比を越えるような場合には、繰返し回数の増加と共にその影響は失われていくことが考察された。

参考文献

- 1) Tatsuoka, F and Ishihara, K. (1974) : "Drained deformation of sand under cyclic stresses reversing direction," Soils and Foundations, Vol. 14, No. 3, pp. 51-65.
- 2) Pradhan, T.B.S, Tatsuoka, F. and Sato, Y. (1989) : "Experimental stress-dilatancy relations of sand subjected to cyclic loading," Soils and Foundations, Vol. 29, No. 1, pp. 45-64.