

Ⅲ - A89

粗粒材料の動的せん断強度特性に及ぼすダイレイタンシー特性の影響

建設省土木研究所 正会員 舘野 悟
 同上 正会員 岩下 友也
 同上 正会員 吉田 等
 竹中土木 正会員 津國 正一
 (元土木研究所交流研究員)

1. まえがき

筆者らは、これまでに密な粗粒材料について、繰返し三軸試験および繰返し中空ねじり試験により、繰返し载荷による負の過剰間隙水圧の発生と動的せん断強度との関係を検討してきた¹⁾。本文では、緩詰め試料の試験結果も加えて、繰返し三軸試験による繰返し载荷に伴う有効応力の低下および動的せん断強度特性に及ぼすダイレイタンシー特性の影響について述べる。

2. 試験概要

試験材料には、堅固な斑れい岩の砕石である粗粒材料を最大粒径 63.5mm, 均等係数 30 の同一粒度分布に調整した。供試体(径 30cm, 高さ 60cm)は、振動ランマーで締固めて異なる相対密度 Dr (60,70,85,95%) に作製した。試験は、飽和状態で行い、有効拘束圧 σ'_c (0.1 ~ 0.59MPa) で等方圧密した。非排水繰返し三軸試験 (CTX 試験) は、側圧一定のもとで軸方向に 0.1 Hz の正弦波を繰返し载荷した。また、ダイレイタンシー特性を計るために、同一の供試体条件で排水単調载荷三軸圧縮試験 (MTX 試験) を行った。

3. 試験結果と考察

3.1 最大過剰間隙水圧比

図-1 に CTX 試験による代表的なストレスパスを示す。図-1(a)は、緩詰め($Dr=60\%$), $\sigma'_c=0.1\text{MPa}$ のケース, 図-1(b)は、密詰め($Dr=95\%$), $\sigma'_c=0.1\text{MPa}$ のケースである。両ケースともにサイクリックモビリティ状態に達している。(a)では、荷重中立軸において過剰間隙水圧 PWP の上昇に伴い平均有効応力 σ'_m ($\sigma'_m = \sigma'_d/3 + \sigma'_c$) が 0 にまで低下しているのに対し、(b)では、 σ'_m は、0 にまでは低下していない。

ここで、CTX 試験において発生する過剰間隙水圧の最大値 PWP_{max} を σ'_c で割った最大過剰間隙水圧比を考える。図-2 は、最大過剰間隙水圧比 PWP_{max}/σ'_c と相対密度 Dr および有効拘束圧 σ'_c の関係を示している。 $Dr < 70\%$ では、 PWP_{max}/σ'_c は 1 に達する。つまり、最小の σ'_m は 0 にまで低下している。 $Dr > 85\%$ でも、 σ'_c が大きくなると、 PWP_{max}/σ'_c は 1 近くまで上昇している。上記の現象は、粗粒材料のダイレイションに起因していると考えられる。そこで、MTX 試験から求める最大ダイレイタンシー係数 ($-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a$)_{max} と PWP_{max}/σ'_c の関係を図-3 に示す。

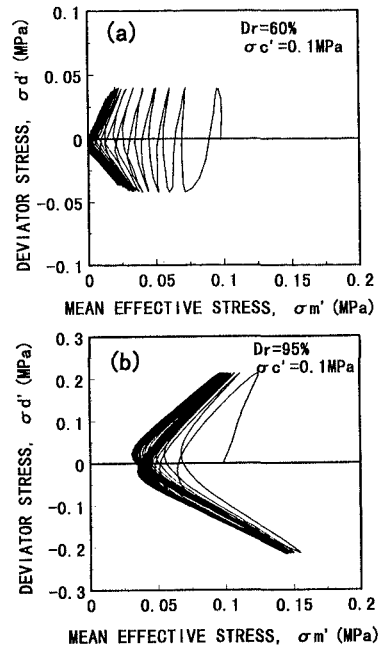


図-1 ストレスパス; (a)緩詰め, (b)密詰め

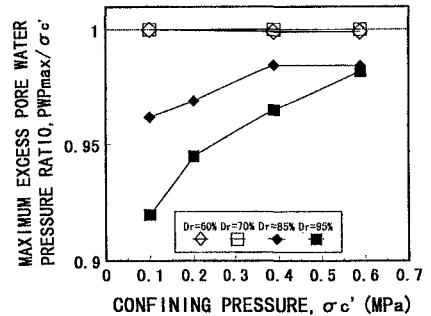


図-2 最大過剰間隙水圧比と相対密度及び拘束圧の関係

キーワード 粗粒材料, 動的せん断強度, ダイレイタンシー, 間隙水圧, 三軸試験

〒305 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-4326 FAX 0298-64-0164

最大ダイレイタンス係数 $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\max}$ が小さい試験条件（体積収縮量が大きく、収縮が生じるひずみ範囲が広い）では、最大過剰間隙水圧比 $PWP_{\max}/\sigma'_c$ は1近くに達しているが、 $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\max}$ が0.5程度より大きくなると、 $PWP_{\max}/\sigma'_c$ は小さくなっていき、平均有効応力は0まで低下しない。これは、体積収縮が生じるひずみ範囲が小さく、体積膨張傾向が強くなり、正の過剰間隙水圧が大きくなりやすいと考えられる。

3.2 動的せん断強度

密な粗粒材料のCTX試験では、ひずみ振幅はあまり生じない。そこで、本文では、10回の繰返し載荷で片振幅ひずみ ε_{sa} が1.5%を発生させるのに必要なせん断応力比を動的せん断強度 $SR_{10}(\varepsilon_{sa}=1.5\%)$ とする。MTX試験において、規準軸ひずみ1.5%発生時のダイレイタンス係数 $((-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\varepsilon_a=1.5\%})$ を算出した。せん断変形による供試体の体積収縮量が最大となる時、 $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)$ は0となる。 $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a) < 0$ の場合は、軸ひずみの増加に伴い体積収縮の傾向にあり、逆に $(-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a) > 0$ の場合は、体積膨張の傾向にある。 $((-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\varepsilon_a=1.5\%})$ と $SR_{10}(\varepsilon_{sa}=1.5\%)$ の関係を図-4に示す。 $((-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\varepsilon_a=1.5\%})$ が負の時、 SR_{10} は0.5程度以下であるが、正のときは、 $((-d\varepsilon_v/d\varepsilon_a)_{\varepsilon_a=1.5\%})$ の増加に伴い SR_{10} は増加している。この傾向は、図-3における最大過剰間隙水圧比 $PWP_{\max}/\sigma'_c$ の減少傾向と一致する。

図-5は、水平座標に試験供試体条件（相対密度 Dr と有効拘束圧 σ'_c ）、鉛直座標に $SR_{10}(\varepsilon_{sa}=1.5\%)$ を表示した関係図である。図-4において、ダイレイタンス係数が負となった試験条件は、黒円柱、ダイレイタンス係数が正となる試験条件は、白円柱で示している。両者の境界を水平座標軸上に表示した。境界線より手前の条件（ $Dr \rightarrow$ 小、 $\sigma'_c \rightarrow$ 大）では、 $SR_{10}(\varepsilon_{sa}=1.5\%)$ は、0.5以下ではほとんど差はないが、境界線より奥の条件では、 Dr が大きく、 σ'_c が小さくなるほど $SR_{10}(\varepsilon_{sa}=1.5\%)$ は大きくなる。

4. まとめ

粗粒材料について相対密度と有効拘束圧を変えた条件で非排水繰返し三軸試験を行った。過剰間隙水圧の発生および動的せん断強度（せん断応力比）特性にダイレイタンス特性が及ぼす影響を評価した。結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 過剰間隙水圧の発生量は、最大ダイレイタンス係数がある値以上になると減少し、平均有効応力は0まで低下しない。
- ② 規準ひずみにおけるダイレイタンス係数の正負により動的せん断強度特性が大きく変化する。正のダイレイタンス係数が大きくなるに従い動的せん断強度は増加する。それらを相対密度と有効拘束圧の試験条件の組合せでおよその区分をすることができた。

参考文献

1) 館野 悟, 岩下 友也, 津國 正一, 中村 昭: 礫形状の異なる密な粗粒材料の動的強度特性, 第51回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, pp. 224-225, 1996. 9.

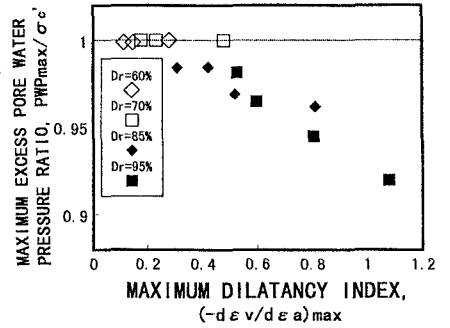


図-3 最大過剰間隙水圧比と最大ダイレイタンス係数の関係

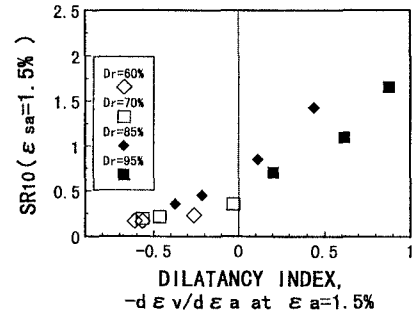


図-4 動的せん断強度とダイレイタンス係数の関係 ($\varepsilon_{sa}=1.5\%$)

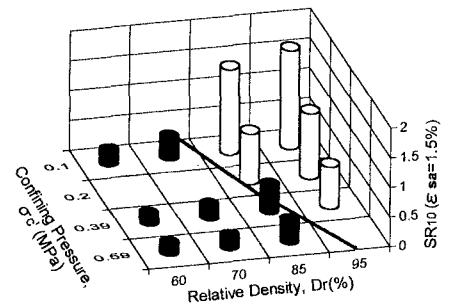


図-5 動的せん断強度と相対密度及び拘束圧の関係