

Ⅲ-414

C S G の 動 的 変 形 特 性

建設省土木研究所 正会員 川口昌尚 正会員 豊田光雄 中村 昭

1. はじめに

C S G (Cemented Sand and Gravel) とは、河床砂礫等の粗粒材料に重量比で数パーセントのセメントを添加混合したものである。これにより主に粘着力成分の増加が期待できる。現在、本材料を用いた仮締切堤の合理化設計・施工技術の確立に向け鋭意研究中である。本論文は、C S G の動的変形特性を把握することを目的として動的三軸試験を行い、母材である河床砂礫との比較検討を行った結果を報告するものである。

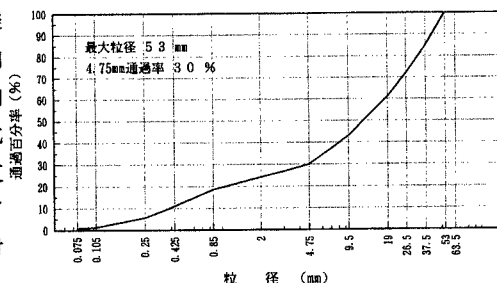


図-1 粒度分布

2. 試験概要

試験に用いた材料は合成絶乾比重が2.383の河床砂礫である。粒度分布を図-1に示す。添加した単位セメント量は 60kg/m^3 である。供試体の作製条件及び試験条件を表-1に示す。作製した供試体の平均乾燥密度はC S Gで 2.072t/m^3 、河床砂礫で 2.050t/m^3 であった。試験は各平均主応力について荷重振幅を少しずつ増加させ、せん断ひずみ $\gamma=1\times 10^{-6}\sim 5\times 10^{-4}$ の間で計測を行った。各荷重振幅について10波目の履歴曲線を代表値として解析した。

表-1 供試体作製条件及び試験条件

供 試 体 条 件	単位セメント量	60 (kg/m ³)
	形 状	中実円筒
	寸 法	h=60cm, φ30cm
	含 水 比	最適含水比
	締固め方法 ¹⁾	1 E c
	養生日数	7 日
	主応力比 σ_1/σ_3	1
試 験 条 件	平均主応力 σ_c	49.98, 147.294, 588 (kPa)
	載荷方法	等方圧密, 両振り
	制 御	軸荷重・軸回転
	排水条件	不飽和・圧密排水条件
	入力波	正弦波
	周波数	0.1 (Hz)

3. 試験結果及び考察

3.1 履歴曲線

C S G は河床砂礫と同様に荷重振幅、繰返し回数の増加とともに残留ひずみも増加してゆく傾向にある。中実三軸試験の特徴として、荷重振幅が増加すると応力状態の非対称性に起因する三日月形の履歴が発生する。図-2 (a), (b) にC S G と河床砂礫の両者について、その一例を示す。一般的な土質材料の場合と異なり、C S G の場合は荷重振幅の片振幅 $\sigma_1-\sigma_3$ が拘束圧 σ_3 の約70%に達すると、軸差応力の負の極

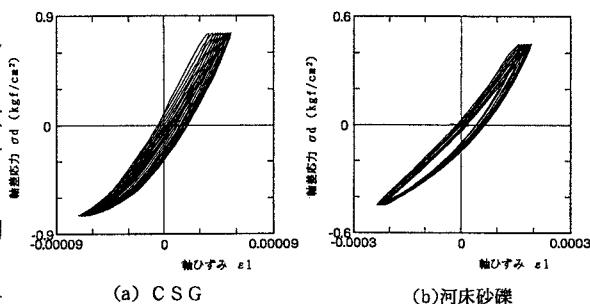


図-2 履歴曲線

大値付近に剛性の異なる領域が現れてくる。また、圧縮側でのみひずみが増加し続けていることも河床砂礫と異なる。これはC S G の内部でセメンテーションが局所的に破壊された領域が発生しているためと考えられる。これが剛性率及び減衰率に与える影響については後述する。

3.2 剛性率～せん断ひずみ、拘束圧関係

C S G 及び河床砂礫の剛性率 G とせん断ひずみ γ の関係を図-3 (a), (b) に示す。図から推定される $\gamma=1.0\times 10^{-6}$ 時の剛性率（以後、初期剛性率と呼ぶ） G_0 の比較では、河床砂礫と比較して3.6～7.5倍程度C S G が大きい。またC S G の剛性が高いために、今回の限られた荷重振幅内では $\gamma=1.0\times 10^{-4}$ 以上のひずみ領域での剛性率は確認できなかった。

初期剛性率 G_0 で正規化した G/G_0 と γ の関係を、図-4 (a), (b) に示す。両者とも拘束圧が小さいほど剛性率の低下も大きい。また、C S G の低下率が河床砂礫より幾分か大きい。

図-5は G と拘束圧 σ_c の関係を両対数グラフに表したものである。ここで縦軸は間隙比 e の因子 $F = (2.17 \cdot e^2)/(1+e)$ で正規化し、さらに縦軸、横軸とも大気圧 P_{at} で正規化している。一般に G と σ_c の関係は因子 F を用いて $G = K F (\sigma_c)^m$ によって表され、図中に直線で記されているここに K 、 m は実験係数で m は拘束圧の影響度を表す¹⁾。応力状態の非対称性による影響が大きい $\gamma = 1.0 \times 10^{-4}$ の場合を除くと、CSGで $m = 0.3 \sim 0.35$ 、河床砂礫で $m = 0.6 \sim 0.72$ である。

3.3 減衰率～せん断ひずみ関係

減衰率 h とせん断ひずみ γ の関係を図-6(a)(b)に示す。河床砂礫の場合は拘束圧依存が見られるのに対して、CSGでは明瞭でない。全体的にCSGのほうが大きな減衰率を示し、 $\gamma = 1.0 \times 10^{-5}$ を越えるとその差が大きくなっていく。

また、CSGではどの拘束圧でもひずみの大きい領域で減衰率の低下が見られる。これは前述したように荷重振幅が大きくなると応力状態の非対称性による影響も大きくなるためと考えられる。このことは図-4においても、これらの領域の剛性率が大きく低下していることから裏付けられる。

4. まとめ

今回の動的三軸試験の結果から次のことがわかった。

- ① CSGでは荷重振幅が大きくなると、応力状態の非対称性が、 h などへ大きく影響する。
- ② CSGは河床砂礫の3倍以上の剛性率を有する。
- ③ せん断ひずみが増加するとCSGの剛性率は河床砂礫より大きな低下を生じる。
- ④ CSGは河床砂礫より大きな減衰率を有し、ひずみが 1.0×10^{-5} を越えるとその差が大きい。

1) 足立紀尚，龍岡文夫(1981)：新体系土工学18，技報堂出版，pp. 220-223

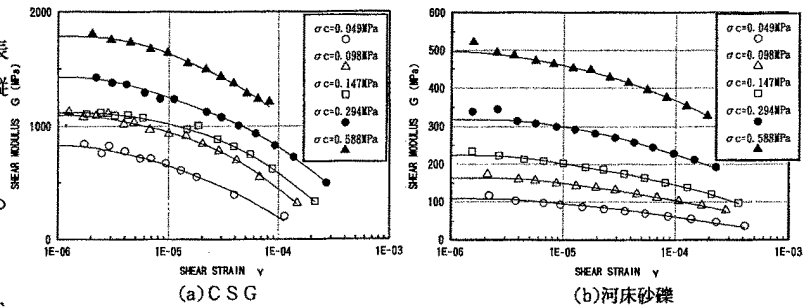


図-3 $G \sim \gamma$ 関係

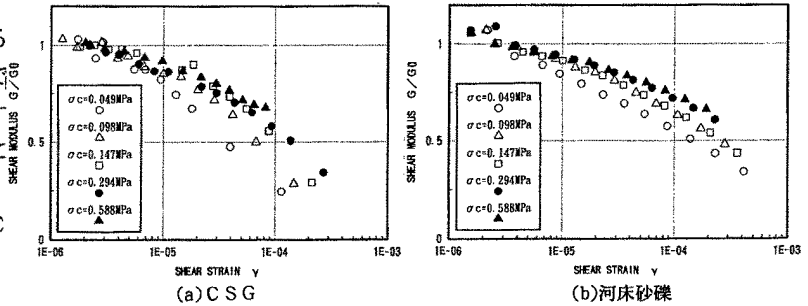


図-4 $G/G_0 \sim \gamma$ 関係

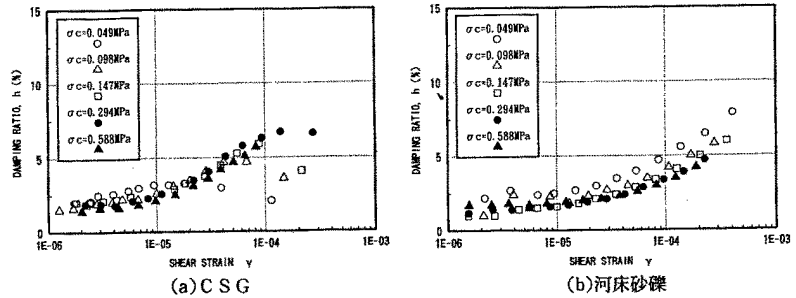


図-6 $h \sim \gamma$ 関係

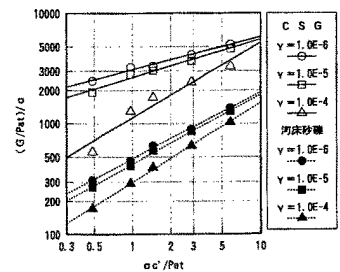


図-5 $G \sim \sigma_c$ 関係