

Ⅲ－B335

CSG材の繰返し載荷特性

水資源開発公団試験研究所	正会員	染矢	武彦
水資源開発公団霞ヶ浦開発総合管理所	正会員	住谷	昌宏
水資源開発公団試験研究所	正会員	佐藤	信光
水資源開発公団徳山ダム建設所	非会員	近藤	崇
水資源開発公団大山ダム建設所	正会員	市川	滋己

1. はじめに

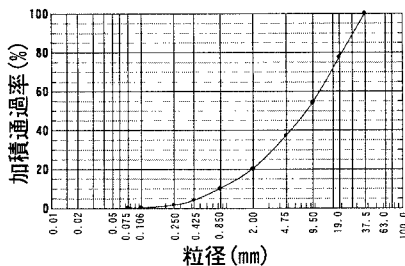
CSG（Cemented Sand and Gravel）工法は河床砂礫等の粗粒材料にセメントを添加混合することにより強度増加を図り、ダムサイト近傍に存在する材料を改良盛立材として有効利用するものである。

これまでは、CSG材は仮設構造物の材料として用いられてきた事例が多いが、永久構造物の材料として採用するためには、地震時を含め繰返し荷重を受けた場合の特性を明らかにする必要がある。

ここでは、繰返し載荷を受けたCSG材の強度特性を検討するために、載荷荷重の振幅を変化させた三軸試験より求めたせん断強度について概略とりまとめ報告する。

2. 試験方法

試験に用いた材料は河床砂礫であり、粒度曲線を図－1に、基本物性を表－1に示す。なお、試験に用いたセメントは高炉セメント（B種）である。



図－1 試験粒度(河床砂礫)

表－1 母材の基本物性

絶乾比重	2.60
最大粒径 (mm)	37.5
60 % 粒径 (mm)	11.1
10 % 粒径 (mm)	0.849
均等係数	13.1
岩種等	河床砂礫

砂礫材料 α kg (α : 砂礫材料の表乾単位容積質量 (本試験では $2,144\text{kg/m}^3$)) に対して 60 kg のセメントを上部に撒き、そのまま、80mm のふるいで2回ウエットスクリーニングした後、RCDコンクリート供試体の作成要領に従って $\phi 150\text{mm} \times \text{H}300\text{mm}$ (一軸圧縮試験用)、 $\phi 200\text{mm} \times \text{H}400\text{mm}$ (三軸試験用) の供試体を作成した。これは、スケルトンバケット付バックホウで混合させる状況を想定したものである。締固めた後、乾燥防止のため供試体をビニールで包み、20℃の恒温室内で28日養生を行った。試験は一軸圧縮試験、静的三軸試験（CD条件）、繰返し三軸試験を実施した。

繰返し三軸試験は、振動載荷によるキャップと供試体との遊離を防止するため、ある大きさの軸差応力を圧縮側にのみ負荷させることにより、片振り方式とした。側圧は、 $\sigma_3 = 0.1, 0.4, 0.8 \text{ N/mm}^2$ の3側圧とし、圧密排水条件（CD条件）で、2、3、4 N/mm^2 の軸圧を加えた後、動荷重を変化させた。動荷重の載荷波形は $\sin$ 波 0.5Hz とし、1条件での振動荷重の載荷回数は200回を原則とした。

キーワード：CSG、繰返し載荷、三軸試験、せん断強度

連絡先：〒338-0812 浦和市大字神田936 TEL 048-853-1785 FAX 048-855-8099

3. 試験結果

① 一軸圧縮試験・静的三軸試験

一軸圧縮試験の結果を表-3に、静的三軸試験結果を図-2に示す。

表-3 CSGの一軸圧縮試験結果 (JIS A1108)

供試体番号	1	2	3
材 齢	28 (日)		
圧縮強度 (N/mm ²)	4.496	5.441	4.900
平均圧縮強度 (N/mm ²)	4.946		

静的三軸試験結果から強度定数は粘着力 $C = 1.153$ (N/mm²)、内部摩擦角 $\phi = 41.204^\circ$ を示した。

静的三軸試験において、側圧 (σ_3) = 0 (N/mm²) での ($\sigma_1 - \sigma_3$) の値は 5.080 (N/mm²) であり、一軸圧縮試験結果とほぼ同じ値を示している。

内部摩擦角 $\phi = 41.204^\circ$ はセメントを添加する前の母材の値と同等な値である。

② 繰返し三軸試験

繰返し三軸試験においては、徐々に載荷荷重を増加させ、供試体の破壊が生じるまでの挙動を観察した。繰返し載荷時の応力-ひずみ曲線の一例を図-3に示す。

1 サイクルのループから求められる弾性係数と載荷回数との関係 (図-4) から弾性係数は、軸圧の大きさに係わらず、動荷重の変化量が大きくなるにしたがって小さくなっている。また、軸圧、動荷重を徐々に大きくすると、軸圧、動荷重が小さい間 (破壊荷重の $1/2$ 程度まで) では、200 波において載荷開始時と載荷終了時の弾性係数の差はないが、軸圧、動荷重が大きくなると弾性係数の低下が認められるようになる。軸圧と動荷重の合計が同程度の場合、動荷重の振幅幅が大きい方が、弾性係数は小さな値となっている。以上の傾向は、側圧が 0.1, 0.4, 0.8 N/mm² と変化しても同様であった。側圧が大きくなるにしたがい、弾性係数は大きくなる傾向にある。

4. まとめ

本検討に使用した CSG 材は一軸圧縮強度が 5 N/mm²

程度であり、これまでに施工された CSG 材と比較すると強度を有する範疇に属すると考えられる。試験結果を見ると、軟岩に近い挙動を示す¹⁾ことがわかった。また、破壊荷重に近い荷重での繰返し載荷を受けるとひずみが進行するが、圧縮強度に安全率を見込むことにより、繰返し載荷による強度低下を防ぎ、永久構造物として CSG 材を採用する可能性を見いだすことができた。

しかしながら、現段階では、検討試料は 1 ケースと少なく、今後、試験データを蓄積することにより、体系的な設計手法の確立をめざしていきたい。

参考文献

- 1) 西好一, 江刺靖行, 国生剛治: 振動載荷時における軟岩の動的強度-変形特性, 電力中央研究所報告 1985

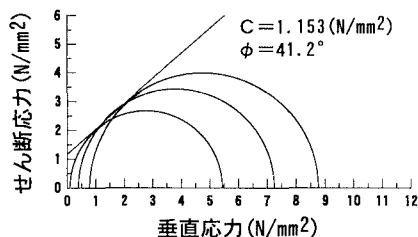


図-2 応力モール円 (CSG河床砂礫)

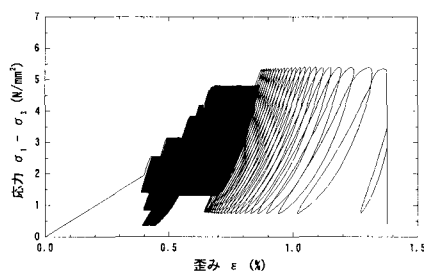


図-3 繰返し載荷時における応力-歪みの関係 (河床砂礫 $\sigma_3 = 0.1$ N/mm²)

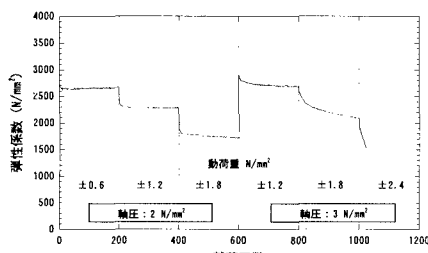


図-4 繰返し載荷による弾性係数の変化 (河床砂礫 $\sigma_3 = 0.1$ N/mm²)