

Ⅲ - B308

粒度の異なるCSGのせん断強度特性

建設省 土木研究所
戸田建設（株）

正会員 山本 裕之
○正会員 川口 昌尚

正会員 豊田 光雄 吉田 等

（元建設省土木研究所交流研究員）

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を行うものである。これまで、CSGに関する各種試験を行い改良盛立材料としての締固め、強度特性を把握しているところである。ここでは、CSGの強度要因の一つである粒度に着目した試験を実施した。

本報文は、母材の粒度の違いによるCSGの強度特性を検討するために、細骨材率 s/a （粒径4.75mm以下）を変化させたCSGの三軸試験より求めたせん断強度について述べたものである。

2. 試験概要

2. 1 試験材料

試験に用いたCSGの母材は河床砂礫であり、母材の最大粒径は53mm、細粒分(0.075mm以下)を約1%含むものである。図-1に試験粒度を示す。粒度の評価では細骨材率 s/a で表し、 s/a を0,10,30,50,100%と変化させた。以降、粒度は s/a で表現する。各 s/a の合成表乾比重は $G_a=2.65 \sim 2.70$ 、合成吸水率は $Q=0.5 \sim 1.1\%$ である。

2. 2 試験方法

表-1にCSGの供試体作製条件を示す。養生方法は、乾燥を防ぐため供試体にゴムスリーブを装着した状態で気温20℃の恒温恒湿室で7日間の気中養生を行った。

試験は気乾状態、圧密排水条件、せん断速度0.3mm/minのもと、拘束圧を $\sigma_3=0.5 \sim 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で実施した。なお、試験に用いたセメントは高炉セメントB種である。

3. 母材の締固め特性

締固め試験は $\phi 300 \times h350 \text{ mm}$ のモールドを用い突固め試験機で行った。図-2に母材単体による含水比と乾燥密度の関係を示す。各 s/a とも母材の保水限界までの試験とした。 $s/a=0,10\%$ の材料では乾燥側ほど密度がやや大きく、 $s/a=30,50,100\%$ では湿潤側の保水限界に近いほど密度はやや大きくなる。ただし、明瞭な最適含水比は認められない。以降、三軸試験における試験含水比は、この結果をもとに $s/a=0,10\%$ は2%、 $s/a=30,50\%$ は6%、 $s/a=100\%$ は9%とした。

4. 三軸試験結果および考察

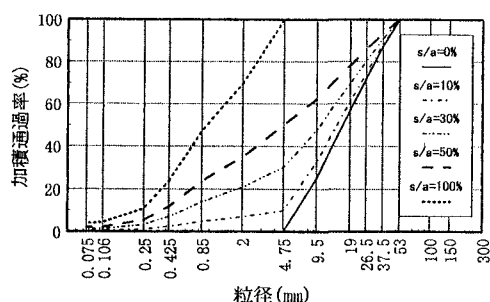


図-1 試験粒度

表-1 供試体作製条件

供試体寸法	$\phi 300 \times h600 \text{ mm}$
単位セメント量	0、60 kg/m^3
締固め方法	突固め試験機
締固めエネルギー	1 Ec
材令	7日

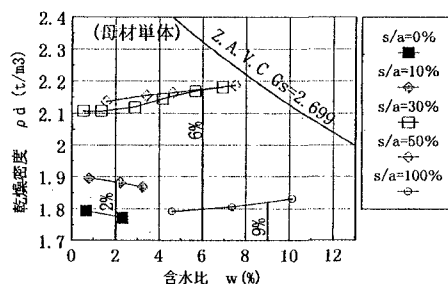


図-2 含水比と乾燥密度の関係

CSG、粒度、せん断強度

〒305 つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-2688
〒104 東京都中央区京橋1-7-1 TEL 03-3535/1612 FAX 03-3564-0730

s/a の違いによる CSG のせん断強度について、母材単体と比較し検討した。

4. 1 応力ひずみ関係

図-3に側圧 $\sigma_3=1.5\text{kgf/cm}^2$ における母材単体の応力ひずみ関係を示す。各 s/a とも明瞭なピークはあまり認められない。やや粒度分布がよい $s/a=30,50\%$ において軸ひずみが約4%付近でピークが存在している。

一方、CSGの応力ひずみ関係は、図-4に示すように $s/a=0,10\%$ を除き、母材単体の傾向とは異なっている。明瞭なピーク強度を示したのは $s/a=30,50,100\%$ の状態であり、ピーク強度の大きさは $s/a=30,50\%>100\%>0,10\%$ の関係である。なお、軸ひずみ10%以上の主応力差は、粒度によらず母材単体と同程度であった。

$s/a=100\%$ の応力ひずみ曲線は $s/a=30,50\%$ と異なり、ピーク強度直後の挙動は緩やかな軟化傾向を示している。

$s/a=0,10\%$ におけるCSGのピーク強度は、母材単体と比べると若干大きくはなっている程度であり、強度の増加割合は他の粒度と比べ極めて小さい。一般的に、セメントの水和反応に必要な水分量は、重量比でいうとセメント：水=2：1といわれている。ここで、 $s/a=0,10\%$ の強度が小さかったのは、本試験の条件上、単位セメント量 60kg/m^3 に対し、水分量(吸水率分を引く)が $s/a=0\%$ で 16kg/m^3 、 $s/a=10\%$ で 15kg/m^3 と理論上の必要水量(ここでは、含水比4%程度)の半分しかなく、水和反応が起こらなかったためと考えられる。

4. 2 せん断強度

母材単体とCSGのせん断強度を $\sigma_3=0.5 \sim 4.0\text{kgf/cm}^2$ で求めた。図-5に各 s/a と粘着力、図-6に各 s/a と内部摩擦角の関係を示す。

粘着力 c について、母材単体の場合は見掛けの粘着力であるが、粒度によらず $c=0.1 \sim 0.4\text{kgf/cm}^2$ とほぼ一定の値であった。CSGの場合は $s/a=30\%$ で $c=4.4\text{kgf/cm}^2$ と最も大きく、 $s/a=100\%$ でも $c=2.5\text{kgf/cm}^2$ であった。内部摩擦角 ϕ について、母材単体の場合は、 $s/a=0 \sim 50\%$ で約42度とあまり変わらないが、 $s/a=100\%$ では37.8度と最も小さかった。CSGになると $s/a=50\%$ で最も大きい $\phi=53.5$ 度を示し、 $s/a=100\%$ でも46.9度と粗粒側に比べ増加が大きい。 $s/a=0,10\%$ で強度の増加が小さかったのは、前述したとおり水分の不足による影響と考えられる。

5. まとめ

粒度の異なるCSGのせん断強度特性についてまとめると次のとおりである。

- (1) 含水量が小さい粗粒側においては水和反応に必要な水分量が不足しているためCSGのせん断強度は小さい。
- (2) 水分量が充分な $s/a=30 \sim 100\%$ では、比較的粒度がよい(密度の大きい)ほど強度は大きくなる。

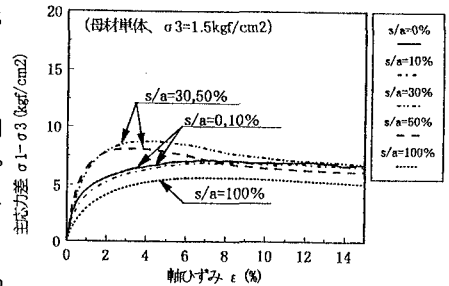


図-3 応力ひずみ関係(母材単体)

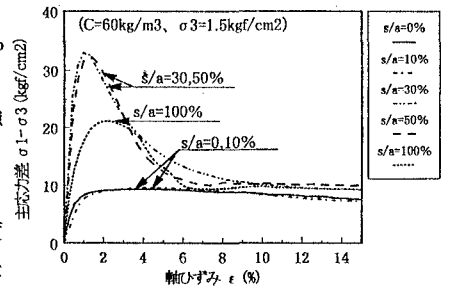


図-4 応力ひずみ関係(CSG)

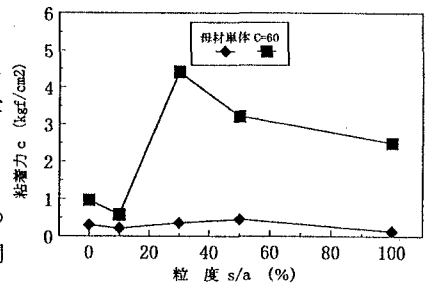


図-5 各粒度と粘着力の関係

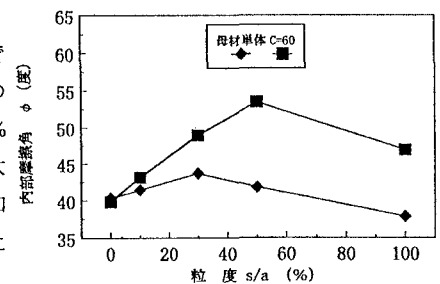


図-6 各粒度と内部摩擦角の関係