

## Ⅲ - B307

## CSG の配合特性

建設省 土木研究所 ○正会員 山本 裕之  
正会員 豊田 光雄  
吉田 等

## 1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法は、ダムサイト近傍に存在する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、改良盛立材として有効利用を行うものである。

CSG の配合は、母材の設計密度に所定の単位セメント量を添加する程度であり、コンクリートのように粒度（細骨材と粗骨材の割合）、単位水量、単位セメント量等の厳密な管理による配合とは異なる。

本論文は、CSG の配合特性について RCD 用コンクリートの配合評価に用いられる空隙充填率  $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて検討した結果を述べたものである。また、せん断強度との関係についても検討した。

2. 空隙充填率  $\alpha$ 、 $\beta$  とは

$\alpha$ 、 $\beta$  とは RCD 用コンクリート(以降、RCD という)の配合特性を表すものであり、骨材中の空隙容積と結合材料の容積との関係について示したものである。 $\alpha$  はセメントペーストと細骨材の空隙との比、 $\beta$  はモルタルと粗骨材の空隙との比を表すもので、 $\alpha$ 、 $\beta$  がともに 1 となる配合が理論上、空隙を満たすのに必要なセメントペースト、モルタル量の最小値となる。実際の施工ではこれら空隙を満たすには、1.0 をこえることが必要である。

## 3. 試験概要

試験は粒度を変えた CSG の締固め試験を行い  $\alpha$ 、 $\beta$  を求めた。また、三軸試験により CSG のせん断強度も求めた。

## 3.1 試験材料

試験に用いた CSG の母材は河床砂礫であり、合成表乾比重  $G_a=2.65 \sim 2.70$ 、吸水率  $Q=0.5 \sim 1\%$  である。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。なお、試験に用いたセメントは高炉セメント B 種である。

## 3.2 試験方法

図-1 に試験粒度を示す。粒度は細骨材率  $s/a$  で示した。締固め試験の粒度は細骨材率  $s/a=0, 10, 20, 30, 50, 70, 100\%$ 、三軸試験の粒度は  $s/a=0, 10, 30, 50, 100\%$  と変化させた。表-1 に供試体条件を示す。締固め試験は寸法  $\phi 300 \times h350\text{mm}$  の供試体により、三軸試験は寸法  $\phi 300 \times h600\text{mm}$ 、材令 7 日の供試体を用い、圧密排水、せん断速度  $0.5\%/分$ 、側圧  $0.5 \sim 4.0\text{kgf/cm}^2$  の範囲で行った。

## 4. 試験結果および考察

4.1 CSG の  $\alpha$ 、 $\beta$  に関する検討

図-2 に母材単体の含水比と乾燥密度の関係を示す。各  $s/a$  における最も高い含水比は母材の保水限界にあたる。図に示すように本材料は明瞭な最適含水比が得づらいものである。

各  $s/a$  で求めた  $\alpha$ 、 $\beta$  を表-2 に示す。 $\alpha$ 、 $\beta$  とも 1 以上

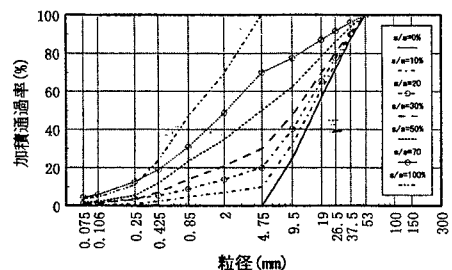


図-1 試験粒度

表-1 供試体条件

|          |                     |
|----------|---------------------|
| 単位セメント量  | 60kg/m <sup>3</sup> |
| 最大粒径     | 53mm                |
| 締固め方法    | 突固め試験機              |
| 締固めエネルギー | 1Ec                 |

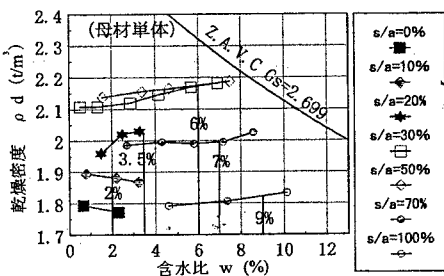


図-2 含水比と乾燥密度の関係

CSG、配合、空隙充填率、せん断強度

〒305 つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-2688

が得られる粒度は $s/a=30\%$ である。図-3に各 $s/a$ と含水比の関係を示す。図中の2直線はそれぞれ $\alpha=1$ 、 $\beta=1$ を示し、その直線より上方であればそれぞれ $\alpha > 1$ および $\beta > 1$ となることを示す。設定含水比において $\alpha$ 、 $\beta$ がそれぞれ1以上となる $s/a$ は、 $s/a=35\%$ 以下、 $s/a=25\%$ 以上であり、両値とも1以上となる粒度範囲は狭い。これまでにCSGに用いられる母材の $s/a$ は20~50%の範囲内にあり、 $\alpha$ 、 $\beta$ が1を下回る場合がある。一般に、RCD ( $C=120\text{kg/m}^3$ )の配合事例によれば $\alpha=1.1$ 以上、 $\beta=1.2$ 以上である。このことから、CSGはRCDに比べ空隙の多い材料であるといえる。

図-4は図-3に母材の保水限界の含水比および単位セメント量を $120\text{kg/m}^3$ に増加させたときの $\alpha$ 、 $\beta=1$ の境界線をそれぞれ点線で示したものである。 $\alpha$ 、 $\beta$ とも1以上となる粒度範囲は $s/a=23 \sim 40\%$ となる。

#### 4.2 $\alpha$ 、 $\beta$ とせん断強度

各 $s/a$ で求めたせん断強度の大きさと $\alpha$ 、 $\beta$ について検討してみる。

表-3に粘着力 $c$ 、内部摩擦角 $\phi$ 、間隙比 $e$ の値を示す。図-5に $\alpha$ と $c$ 、 $\phi$ の関係を示す。 $\alpha$ がほぼ同一でも $c$ 、 $\phi$ のばらつきが大きく、せん断強度の大きさが把握しづらと考えられる。

一方、間隙比と $c$ 、 $\phi$ について検討してみる。CSGでは $c$ の増加が大きいため図-6に $e$ と $c$ の関係を示す。図中には母材単体のみかけの $c$ との関係も表示しているが、 $e$ が小さいほど $c$ は大きくなる。 $\phi$ については図示していないが、粗粒材料と同様に $e$ が小さいほど $\phi$ は大きくなる。以上より、空隙充填率 $\alpha$ 、 $\beta$ よりも間隙比の方がせん断強度を把握するのにわかりやすい因子と言えよう。

#### 5. まとめ

今回の粒度範囲内よりCSGの $\alpha$ 、 $\beta$ について検討した結果をまとめると次のとおりである。

- 1) 細骨材率が増加すると $\alpha$ は小さくなり、 $\beta$ は大きくなる。空隙を充填し得る( $\alpha$ 、 $\beta$ ともに1以上となる)粒度範囲は $s/a=25 \sim 35\%$ であったが、含水比を保水限界近くに、また、単位セメント量を上げれば $s/a=23 \sim 40\%$ となる。
- 2)  $\alpha$ 、 $\beta$ とせん断強度の相関はあまりよくなく、 $e$ の方がせん断強度との関係を把握しやすい。

#### 参考文献

- 1) 志水茂明、柳田力：RCD 工法における大型供試体試験、ダム技術、No26 (増刊号)、1988

表-2  $\alpha$ 、 $\beta$ 、含水比

| 粒度 $s/a$ | $\alpha$ | $\beta$ | 含水比  |
|----------|----------|---------|------|
| 0%       | —        | 0.11    | 1.8% |
| 10%      | 1.17     | 0.35    | 2.0% |
| 20%      | 0.94     | 0.75    | 3.5% |
| 30%      | 1.14     | 1.35    | 6.0% |
| 50%      | 0.66     | 2.74    | 6.0% |
| 70%      | 0.55     | 6.15    | 7.0% |
| 100%     | 0.48     | —       | 9.0% |

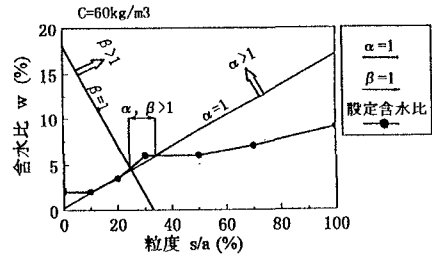


図-3 各粒度と含水比の関係

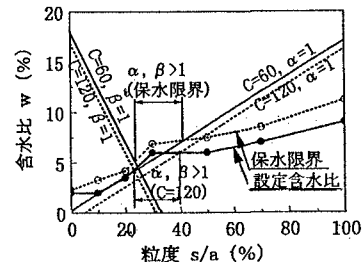


図-4 各粒度と含水比の関係

表-3 せん断強度、間隙比 $e$

| 粒度 $s/a$ | $c$ ( $\text{kgf/cm}^2$ ) | $\phi$ (度) | $e$   |
|----------|---------------------------|------------|-------|
| 0%       | 0.96                      | 39.82      | 0.428 |
| 10%      | 0.57                      | 43.16      | 0.348 |
| 30%      | 4.42                      | 48.95      | 0.162 |
| 50%      | 3.21                      | 53.48      | 0.192 |
| 100%     | 2.49                      | 46.93      | 0.310 |

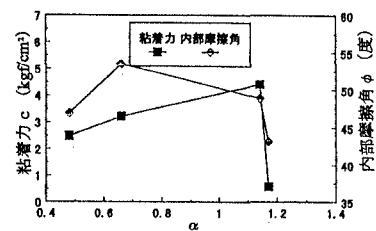


図-5  $\alpha$ と粘着力、内部摩擦角の関係

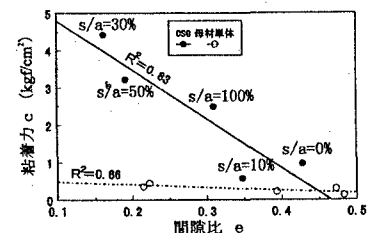


図-6 間隙比と粘着力の関係