

Ⅲ - B309

材令の違いによる CSG のせん断強度特性

建設省土木研究所 ○正会員 豊田 光雄

正会員 山本 裕之

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 工法はこれまで仮締切堤の築造に用いられており、CSG 堤体の設計強度（主にせん断強度）は室内試験において作製後7日の供試体を用いた三軸試験結果をもとに設定している。しかしながら、CSGはセメントを混入していることから経時変化（以降、材令という）に伴う強度の増加が期待できると考えられる。

本報文は、母材が火山礫凝灰岩であるCSGを用いて三軸試験を行い、材令の違いによるせん断強度の関係について気中養生および水中養生にも着目し検討した結果を述べたものである。

2. 試験概要

2. 1 試験材料

試験に用いた材料は火山礫凝灰岩（以降、凝灰岩という）である。凝灰岩の表乾比重 G_a および吸水率 Q は $G_a=2.3\sim 2.4$ 、 $Q=10.7\%$ である。

試験粒度は最大粒径が $D_{max}=53.0\text{mm}$ 、粒度特性を示す指標である細骨材率が $s/a=50\%$ であり、 0.075mm 以下の含有率が 8% と細粒分を多く含んでいる。

なお、試験に用いたセメントは普通ポルトランドセメントである。

2. 2 試験方法

表-1にCSGの供試体作製条件を示す。CSGに用いた単位セメント量は $C=40,60\text{kg/m}^3$ である。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°C の恒温恒湿室で7,28,91,147日（1,4,13,21週）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。また、 $C=60\text{kg/m}^3$ においては試験2週間前より水中養生させた材令147日の試験も行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 材令と最大主応力差の関係

図-1に $C=40\text{kg/m}^3$ 、 $\sigma_3=1.5\text{kgf/cm}^2$ における応力ひずみ関係を示す。材令が7日から28日に延びると最大主応力差は大きくなり、最大主応力差時の軸ひずみはやや小さくなる。材令28日以降の供試体では最大主応力差の増加はあまりなく、応力ひずみ関係も同様の挙動を示している。

図-2に $C=40\text{kg/m}^3$ における材令と最大主応力差の関係を示す。

表-1 供試体作製条件

細骨材率 s/a	50%
最大粒径 D_{max}	53mm
含水比 w	最適含水比
供試体寸法	$\phi 300 \times h600\text{mm}$
単位セメント量 C	40,60 kg/m^3
締固め方法	突固め試験機
締固め層数	6層
突固めエネルギー	1Ec
材 令	7,28,91,(126),147日

() 内は一部の試験のみ実施した

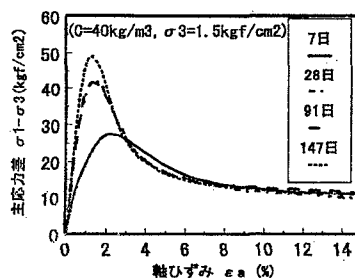


図-1 応力ひずみ関係

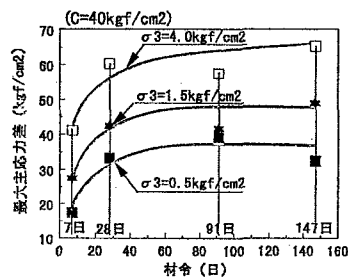


図-2 材令と最大主応力差の関係

CSG、せん断強度、材令

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

図は側圧 $\sigma_3=0.5, 1.5, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の試験結果である。供試体の材令が7日から28日と変化すると最大主応力差はいずれの側圧においても約 $15 \sim 19 \text{ kgf/cm}^2$ 増加した。さらに、材令が28日から147日と長くなった場合、最大主応力差の変化は若干みられるが、28日強度とあまり変わらない。

図-3は単位セメント量を 60 kg/m^3 に増加したときのCSGの材令と最大主応力差の関係を図-2の場合と比較したものである。図は側圧 $\sigma_3=0.5 \text{ kgf/cm}^2$ における試験結果である。単位セメント量の多い方が最大主応力差は大きい、材令28日までの強度増加傾向は両者とも似通っている。また、材令28日以降、 $C=60 \text{ kg/m}^3$ の強度は前述の $C=40 \text{ kg/m}^3$ と異なり、材令126日に至っても強度の増加はみられる。すなわち、単位セメント量の違いにより最大強度の発現時期、いわゆるCSGの終結を迎える材令は異なるといえる。

3. 2 水中養生による強度特性

試験に用いた供試体は、 $C=60 \text{ kg/m}^3$ のCSGを試験前2週間水浸したものであり、養生期間は合計すると147日間(21週間)である。水中養生後、供試体を観察したところ、特に表面の変状は確認されなかった。供試体重量を測定すると吸水量は460gであり、供試体全体でいえば含水比が最適含水比より約0.5%上昇したことになる。

図-4は水中養生した供試体と気中養生した供試体の応力ひずみ関係を比較したものである。同一側圧 $\sigma_3=0.5 \text{ kgf/cm}^2$ における水中養生は気中養生(126日)と比べると強度が低く、水浸することによってCSGの強度は低下する結果となった。しかしながら、最大主応力差時の軸ひずみや挙動はいずれも同様な傾向を示している。

3. 3 粘着力 c と内部摩擦角 ϕ

図-5に材令の違いによる粘着力 c と内部摩擦角 ϕ の関係を示す。図は $C=40 \text{ kg/m}^3$ 、 $\sigma_3=0.5, 1.5, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の試験値より求めたものである。当然のことであるが母材単体の時よりも c 、 ϕ は増加している。材令28日までは c 、 ϕ とも確実に増加しており、 ϕ よりも c の増加が著しい。材令28日以降になると試験値のばらつきからか、 c 、 ϕ の増減は一定でなくなっている。しかし、材令28日以降のせん断強度は図-6の垂直応力とせん断強度の関係からわかるように、強度差は少ないようである。

4. まとめ

材令の違いによるCSGのせん断強度特性について次のことがわかった。

- 1) 材令が長くなるとCSGの強度は増加する。単位セメント量の違いによって強度の増加傾向やCSGの終結時期は異なる。
- 2) CSG内部に水が浸透すると強度は低下する。
- 3) 材令に伴うCSGの強度増加は内部摩擦角より粘着力の要因が大きい。

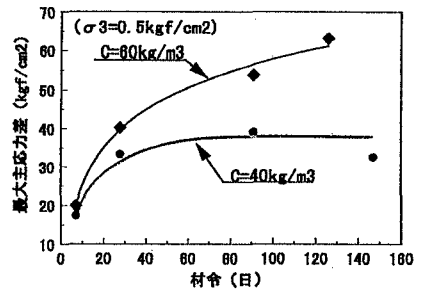


図-3 材令と最大主応力差の関係

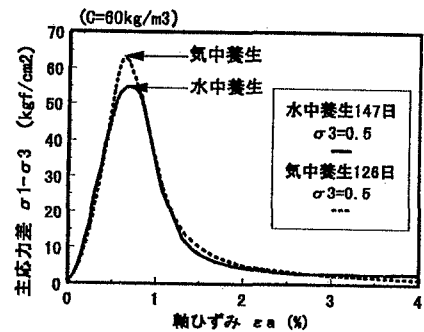


図-4 応力ひずみ関係

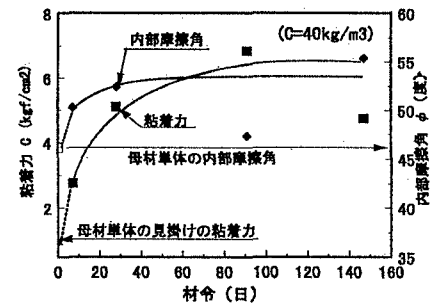


図-5 材令と粘着力、内部摩擦角の関係

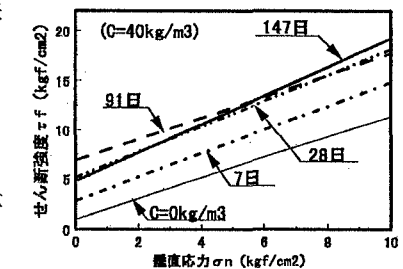


図-6 材令の違いによるせん断強度の比較