

C S Gの室内試験と現地コアのせん断強度の比較

建設省土木研究所 正会員 川口昌尚 正会員 豊田光雄 山本裕之 中村昭

1. はじめに

C S G(Cemented Sand and Gravel)工法とは、河床砂礫等の現地発生材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料として有効利用を行うものである。現在、筆者らは仮締切堤合理化施工の技術開発を当面の目標とし、各種の試験を実施するとともに試験値の評価および設計施工法について検討を行っている。

本報文はC S Gの現場強度特性を把握するため、三軸圧縮試験による室内及び現地コアのせん断特性について比較検討を行った結果を報告するものである。

2. 試験概要

2.1 現地コアのサンプリング法

現地コアの供試体は試験施工ヤードからコアボーリングにより採取した。現地コアの採取においては従来のボーリングを行った場合、供試体コアに損傷を生じる可能性が高いため気泡を用いた分流式ボーリング

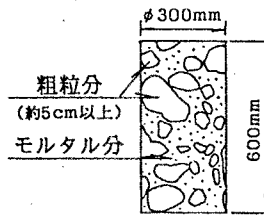


図-2 現地コアスケッチ図

法を実施した。同法の概要を図-1に示すとともに、現地コア供試体の観察結果の一例を図-2に示す。なお試験施工における盛立転圧仕様を表-1に、使用した砂礫材料(表乾比重 $G_b=2.44$ 、吸水率 $Q=3.7\%$)の粒度分布を図-3に示す。添加した単位セメント量は対象とする粒度(150mm以下)での単位容積に対して単位セメント量60kgを添加した。試験施工ヤードでの単位セメント量の実測値は45~75(平均60) kg/m^3 であった。

2.2 室内試験供試体の作製方法

室内試験における供試体は現地砂礫材料のせん頭粒度で作製した。砂礫材料の粒度分布を図-3に示す。添加した単位セメント量は対象とする粒度(53mm以下)での単位容積に対して単位セメント量60kgを添加した。室内供試体の作製条件を表-2に示す。

2.2 試験条件

三軸圧縮試験は気乾試料、圧密排水条件、せん断速度 $0.05\%/min$ 、側圧は河床砂礫で $0.5\sim 2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、室内C S G供試体で $0.5\sim 8.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、現地コアで $0.5\sim 4.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ の範囲で実施した。

3. 試験結果および考察

3.1 応力ひずみ関係

単位セメント量 $60\text{kg}/\text{m}^3$ の応力ひずみ関係の一例を図-4に示す。室内、現地コアとも軸ひずみが約 0.5% までは同じ挙動を示すが、ピーク強度が生じる軸ひずみは側圧の増加とともに大きくなり、当然のことながらそのピーク強度も大きくなる。室内試験に対する現地コアの主応力差減少率(現地コアの主応力差/室内

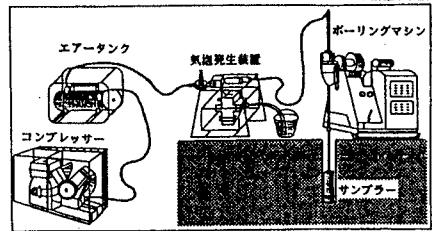


図-1 ボーリング概要図

表-1 盛立転圧仕様

項目	内容
供試体寸法	$\phi 30 \times h 60\text{cm}$
最大粒径	150mm
単位セメント量	60 kg/m^3
撤出し厚	25cm $\times$ 2層
転圧機種	10t級振動ローラー
転圧回数	6回
養生日数	28日

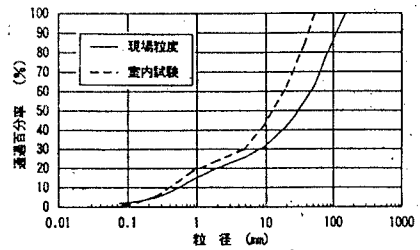


図-3 粒度曲線

表-2 供試体作製条件

項目	砂礫材料	C S G
供試体寸法	$\phi 30 \times h 60\text{cm}$	
最大粒径	53.0mm	
単位セメント量 (kg/m^3)	—	40, 60
含水比	—	最適含水比
締固め材料	—	1 E c
養生日数	—	7 日

試験の主応力差)を図-5に示す。両図よりピーク強度時には現地コアの主応力差は室内試験の約40%であるが、軸ひずみが5%より大きい範囲では室内試験と現地コアの主応力差に大きな差が見られなくなる。

3.2 セン断強度の比較

まず最初に室内試験と現地コアのせん断強度の大きさおよびその傾向について比較してみる。河床砂礫単体の場合も含めて $p \sim q$ 関係(ここで $p = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 、 $q = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$)を図-6(a)(b)に示す。試験点は多くはないものの現地コアの $p \sim q$ 関係は直線で近似され、コアリング箇所
の材料のばらつきによる影響は小さいと考えられる。図-6(a)において室内試験、現地コアとも河床砂礫単体とは異なった直線で近似され、河床砂礫、現地コア、室内試験の順で q が大きくなり、ほぼ平行に位置している。これは異なった C 、 ϕ の値をこれらの材料が有していることを示している。しかし15%ひずみ時では図-6(b)から材料による差はほとんど見られない。また上図より得られるピーク強度時の粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ を表-3に示す。ピーク強度時の粘着力は河床砂礫に比較して室内試験、現地コアはそれぞれ6.5倍、2.2倍となっているのに対し、内部摩擦角は $\tan \phi$ の比較でそれぞれ1.3倍、1.1倍である。また室内試験と現地コアとの比較では室内試験に対し現地コアは粘着力が65%、内部摩擦角($\tan \phi$)が17%小さくなっている。これよりCSGの強度増加が粘着力の増加によるところが大きいことがわかる。

次に上記の強度差が生じた要因と考えられるものうち間隙率について検討してみる。単位セメント量 60kg/m^3 の場合、室内試験および現地コアの平均間隙比はそれぞれ0.096と0.209である。さらに現地コアについて53mm以上の粗粒分による影響を除くため礫補正を行った場合、平均間隙比は0.314である。これよりピーク強度時の現地コアの粘着力が小さい原因としては、粗粒分間の間隙が多くセメンテーションが充分発現しなかったためと考えられる。

4. まとめ

今回の室内試験と現地コアのせん断強度に関する比較より次のことがわかった。

- ① 室内試験に比較して現地コアではピーク時の主応力差はほぼ半減するが、軸ひずみが5%を越えると両者はほぼ同じになる。
- ② CSGのせん断強度において現地コアでは粘着力が小さくなる傾向にある。現地コアの粘着力が室内試験に比較して小さい理由のひとつには、内部間隙率が大きいことが考えられる。

室内試験と現地コアに対するセメンテーションの影響の差異を生じる原因としては、材料粒度、締固め機構の違いによる内部間隙比の差、転圧時の砂礫材料自体の破碎、養生日数の差などが原因と考えられるが、これらの影響についての詳細な説明が今後の課題である。

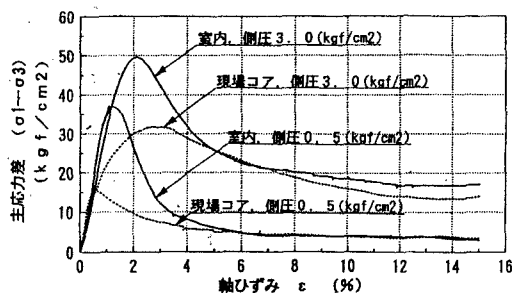


図-4 応力～ひずみ曲線

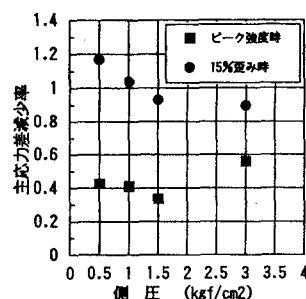


図-5 主応力減少率と側圧

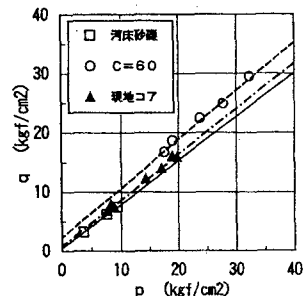


図-6(a) $p \sim q$ 関係(ピーク強度時)

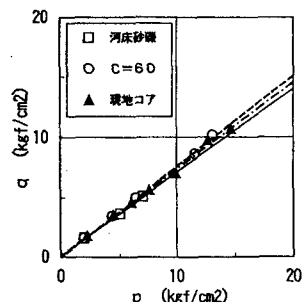


図-6(b) $p \sim q$ 関係(15%歪み時)

表-3 ピーク強度時の粘着力と内部摩擦角

種別	単位材/量 (kg/m^3)	粘着力 C (kgf/cm^2)	内部摩擦角 ϕ (°)
室内試験	河床砂礫	0.66	47.8
	60	4.28	55.6
現地コア	60	1.47	50.6