

CSG 母材に含有される微粒分と強度・変形特性に関する実験的検討

(独) 土木研究所 正会員 ○中村 洋祐 山口 嘉一 佐々木 隆

1. はじめに

資源の有効利用、コスト削減の観点から、ダム建設において、従来では使用していなかった低品質の骨材の有効利用促進が望まれている。このような背景から CSG (Cemented Sand and Gravel) の利用が進められている。CSG は現地発生材に必要最小限の処理を施すことで作製したセメント硬化体であるため、コンクリートに比較して品質のばらつきが大きく、かつ CSG 母材の違いによりそのばらつき特性が大きく異なるという特徴を有している。その要因として、CSG 母材に含まれる微粒分(粒径 0.075mm 以下の母材)含有率とその性質が考えられる。本検討では、微粒分の含有率と性質が CSG の強度と変形性に与える影響について把握するため、砕石および珪砂、粘土を材料として粒度調整を行うことで、数種類のモデル CSG 母材を準備し、それらを用いて供試体を作製して一軸圧縮試験を行い、その強度と変形性の分析を行った。

2. 試験概要

試験に用いた CSG の配合を以下に示す。材料は、普通ポルトランドセメント、砂岩砕石(表乾密度 2.68g/cm^3 、吸水率 0.41%)、砂岩砕砂(表乾密度 2.63g/cm^3 、吸水率 1.48%)、珪砂(DL クレー:土粒子密度 2.66g/cm^3 、吸水率 0.18% 、塑性指数 NP)、粘土(藤の森粘土:土粒子密度 2.68g/cm^3 、吸水率 19.18% 、塑性指数 31.0)、水を使用した。母材構成材のばらつきを抑えるため全て工場製品を用いた。母材の粗粒材(粒径 80mm-5mm)には砂岩砕石を、細粒材(粒径 5mm 以下)には砂岩砕砂、砂岩砕砂+珪砂、砂岩砕砂+粘土の 3 種類を準備した。母材の粗粒材と細粒材の粒度分布を図-1 に示す。なお、粗粒材と細粒材を質量比 6:4 で混合し母材とした。また、母材中の微粒分の含有率と細粒材の組合せは表-1 に示す 11 種類とし、表中の単位水量を設定した。これらの材料を可傾式ミキサで1分間混合し、次に水を添加して3分間の混合後、40mm ウェットスクリーニング、振動タンパ(質量 11kg、加圧盤 130mm)締固めを行い各配合 3 本の供試体を作製し、恒温室内で 28 日の封緘養生の後、一軸圧縮試験に供した。供試体の諸元を表-2 に示す。また、CSG 供試体作製方法の詳細は台形 CSG ダム技術資料¹⁾による。一軸圧縮試験時の供試体の軸方向変位計測は、従来のひずみゲージ式変位計 2 点に加えて LDT(Local Deformation Transducer)4 点を併用した(図-2 参照)。

表-1 微粒分含有率と単位水量

材料	微粒分含有率	単位水量	W/C
砕砂単体	1.7%	110kg/m^3	138%
砕砂+珪砂	6,8,10,12,14%	110kg/m^3	138%
砕砂+粘土	6,8,10,12,14%	$130,150\text{kg/m}^3$ [※]	163%, 188%

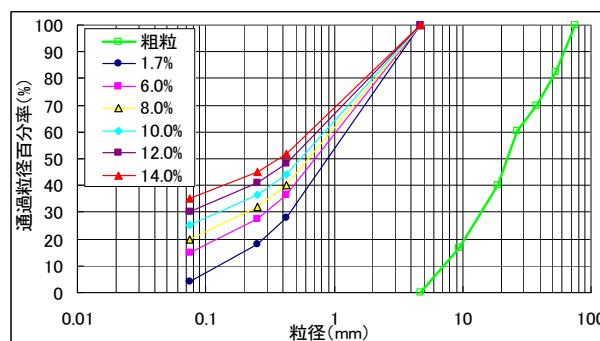
※6,8,10%を 130kg/m^3 、12,14%を 150kg/m^3 とした。

図-1 CSG 母材構成材の粒度

表-2 CSG 供試体諸元

単位セメント量	80kg/m^3
供試体寸法	$\phi 150 \times H300\text{mm}$
最大粒径	80mm
ウェットスクリーニング	40mm
締固め方法	振動タンパ10秒/層
層数	3層
載荷速度	$0.2 \sim 0.3\text{N/mm}^2$

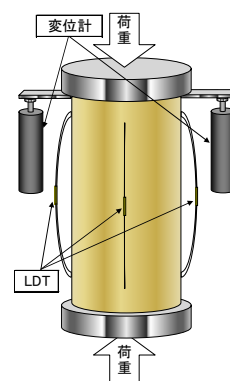


図-2 供試体計測方法

3. 試験結果

締固め時間 30 秒の供試体の一部で締固め時にモルタルの材料分離が発生し、材料の一部が流出したため供試体中の粒度が変化した。ここでは、主に粒度に着目し検討を行うため、締固め時間 10 秒の結果について示す。

3.1 圧縮強度

図-3 に微粒分含有率と圧縮強度の関係を示す。砕砂+珪砂の配合では微粒分含有率 12%で最大強度約 9N/mm^2 、砕砂+粘土の配合では 8%で約 6.5N/mm^2 の強度を発現した。両者を比べると同一の微粒分含有率の場合、砕砂+珪砂の配合において強度が高く発現している。また、砕砂+珪砂の配合においては微粒分が増加するに従い強度が増加する傾向にあり、微粒分含有率 12%程度で頭打ちになっている。砕砂+粘土の配合では微粒分含有率 6~8%を境に微粒分が増加すると強度が落ちる傾向が見られる。

キーワード CSG 微粒分 一軸圧縮強度 変形性

連絡先

〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6

(独) 土木研究所 TEL 029-879-6781

微粒分含有率と密度の関係を図-4 に示したが、最も密度が高くなるのは微粒分含有率 8%程度となっている。一方、図-5 に示す微粒分含有率と空隙率の関係からも、微粒分含有率が 8%程度のとき最も空隙率が低くなっており、締固めに適した粒度となるのは微粒分含有率 8%程度付近と考えられる。しかし、図-3と図-4を比較すると、砕砂+粘土の配合では微粒分含有率8%以上の配合において密度-強度の相関関係が概ね成立しているのに対し、砕砂+珪砂の配合では、密度が最大となる微粒分含有率 8%よりも微粒分含有率が多くなっても強度が伸びる傾向が現れている。密度減少の状況から、微粒分含有率 8%以上の供試体では余剰なモルタルが発生していることが予想されるので、この強度分布の傾向はモルタル部分の強度に起因していると考えられる。

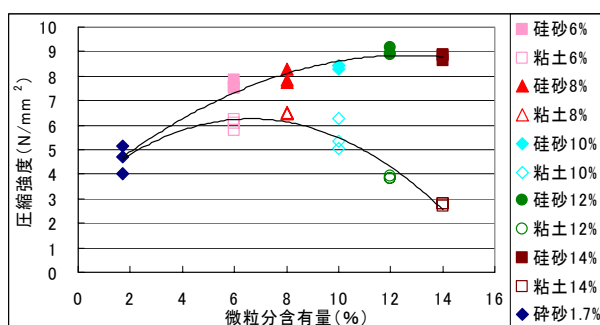


図-3 微粒分含有率と圧縮強度の関係

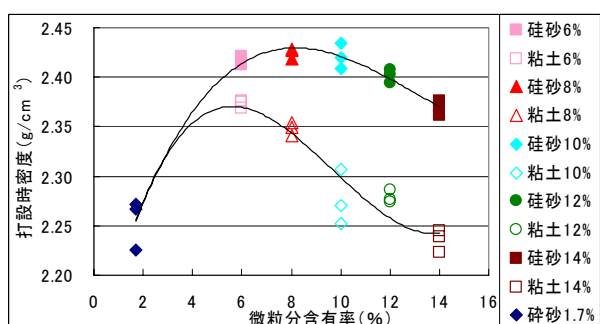


図-4 微粒分含有率と供試体打設時密度の関係

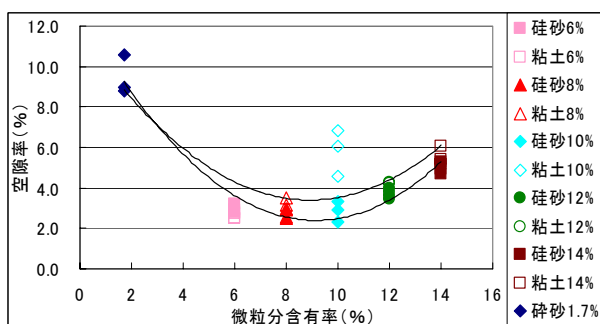


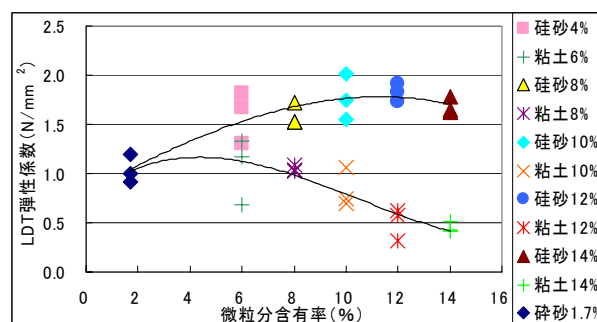
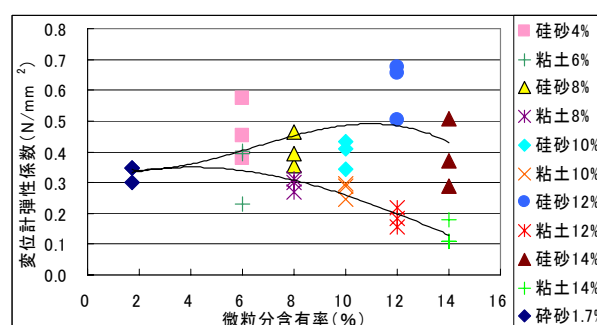
図-5 微粒分含有率と打設時空隙率の関係

3.2 変形特性

図-6 に微粒分含有率とLDT による弾性係数 E_{50} を示す。微粒分含有率とLDT 計測による弾性係数 E_{50} の分布形状は珪砂、粘土の微粒分の性質の差によらず図-3 の圧縮強

度の分布形状とほぼ一致している。

次に、図-7 に微粒分含有率と変位計による弾性係数 E_{50} の関係を示す。LDT 計測による弾性係数 E_{50} に比べ、変位計計測による弾性係数 E_{50} は、砕砂+珪砂の配合で比較的大きなばらつきを生じている。また、LDT 計測による弾性係数 E_{50} は変位計計測によるものの約 3.6 倍程度となっている。これは変位計を用いた場合、LDT では計測範囲から除かれる供試体上下端部の応力集中や、アムスラーと供試体の微小な不陸、供試体上面のジャンカー部分での局所的な破壊の進行が要因の一部となり、圧縮ひずみを過大に評価してしまうことが原因と考えられる。

図-6 微粒分含有率とLDT による弾性係数 E_{50} の関係図-7 微粒分含有率と変位計による弾性係数 E_{50} の関係

4. まとめ

本検討の結果より、以下の知見を得た。

- ①CSG 母材中に塑性を持つ微粒分が多量に混入する場合、圧縮強度が低下する傾向がある。一方、塑性の無い良質な微粒分を含む母材では微粒分含有率がかかり大きい範囲まで安定した圧縮強度を期待できる。
- ②LDT 計測による弾性係数 E_{50} は変位計計測による弾性係数 E_{50} に比べ 3.6 倍程度高い数値となる。また、LDT 計測による弾性係数 E_{50} の分布形状は珪砂、粘土の微粒分の性質の差によらず圧縮強度の分布形状に近い分布を示している。

参考文献

1. 台形 CSG ダム技術資料 台形 CSG ダム技術資料製作委員会 2003.11