

(V-30) CSG材料の室内試験に関する一考察

水資源開発公団試験研究所
水資源開発公団試験研究所

○正会員 鈴木 敦
正会員 山本 力

1. はじめに

現在、水資源開発公団では、仮設的な護岸工や仮締切工等に、CSG(Cemented Sand and Gravel)工法の適用を進めている。本試験においては、ダム建設に伴い発生する掘削ズリや河床砂礫等をCSG材料として利用する際に、その適性を判断するために実施すべき室内試験手法の確立を目的とし、CSG材料特性と発現強度との関係を、コンクリート配合的な観点から検討した。

2. 試験概要

(1) 試験方法

本試験では、表-1および表-2に示すとおり、①母材物性確認試験(CSG母材物性の把握)、②フレッシュ時および硬化CSG特性確認試験(セメント混合後のCSG材料特性の把握)、の2段階の試験を実施した。

表-1 母材物性確認試験

試験項目	試験方法(準拠規準等)	試験条件
粒度試験	JIS A 1102	80~20mm, 20~0mm
密度・吸水率試験	JIS A 1110	80~40~20~5mm
	JIS A 1109	5mm以下
微粒分量試験	JIS A 1103	80mm以下, 5mm以下
微粒分の粒度分布測定	レーザー回折散乱式粒度測定装置	0.15mm以下
微粒分の粒子形状観察	走査式電子顕微鏡	0.15mm以下
有機不純物試験	JIS A 1105	5mm以下
単位容積質量及び実積率試験	VC試験機	①80~20mm, 20mm以下 ②80~5mm, 5mm以下

表-2 フレッシュ時および硬化CSG特性確認試験

試験項目	試験方法(準拠規準等)	試験条件
締固め密度の測定	標準供試体作製時の締固め密度を、採寸計量により測定。	
一軸圧縮強度試験	JIS A 1108	材齢 7, 28, 91 日

(2) 使用した材料

①CSG母材：本試験においてCSGに用いた母材は、滝沢ダム仮設開水路工において実際に使用されている¹⁾ダム本体の掘削ズリ(最大粒径約80mmに破碎し調整)とした。実施工においてこの材料は、粒径約20mmを境界にして2分級に調整しており、本試験においても同様に2分級としてその混合比を調整し、最適な混合比および母材含水比を検討することにより、材料特性と発現強度との関係を検証した。

②結合材：使用した結合材は高炉セメントB種(密度

3.04g/cm³)とし、単位結合材量は実施工と同じく60kg/m³とした。

(3) 試験ケース

母材混合比および含水比の調整範囲については、事前に予備検討を行い、パイプレーティングタンバによる締固めで標準供試体が作製可能な表-3に示す試験条件に設定した。

表-3 検討ケース

母材混合比	含水比(%)					
80~20mm:20~0mm	3	4	5	6	7	8
70:30			○			
60:40	○	○	○	○	○	
50:50	○	○	○	○	○	
40:60		○	○	○	○	○
30:70			○			

○印は検討したケースを示している

3. 試験結果

図-1は、使用した母材の粒径加積曲線について示している。また表-4は、CSG材料配合(空隙はゼロと仮定し計算)を示している。図-1および表-4に示すとおり、調整した粒度における細骨材率(コンクリート配合におけるs/a)は、17~38%の範囲内となっている。図-2は、単位水量と締固め密度、締固め密度比および一軸圧縮強度との関係について示している。なお、ここで示している締固め密度とは、40mmウェットスクリーニング後の試料による標準供試体作製時の採寸計量から求めた値であり、締固め密度比とは、配合上の理論密度に対する前述した締固め密度との比と定義している。今回の母材は、80~20mm:20~0mm=50:50で混合した場合で、s/aが28%となる。この時、母材含水比5%(単位水量101kg/m³)で、材齢91日における一軸圧縮強度が最大(7.9N/mm²)となった。

4. 考察

一般に、RCD用コンクリートの配合設計における単位水量の設定は、作業に適するワーカビリティをもつ範囲内で、できるだけ少なくすることを基本とする。その限度を越えて単位水量を少なくすると十分な締固めができずコンクリート中に空隙を多く残すようになり、一方多過ぎると転圧時に振動ローラの運転操作が困難になるため、単位水量は圧縮強度と締固めの容易さ等を総合的に考慮して決定される。図-2より、RCD用コンクリー

キーワード：CSG工法、掘削ズリ、最適含水比

連絡先：埼玉県さいたま市大字神田936 水資源開発公団試験研究所構造解析研究室

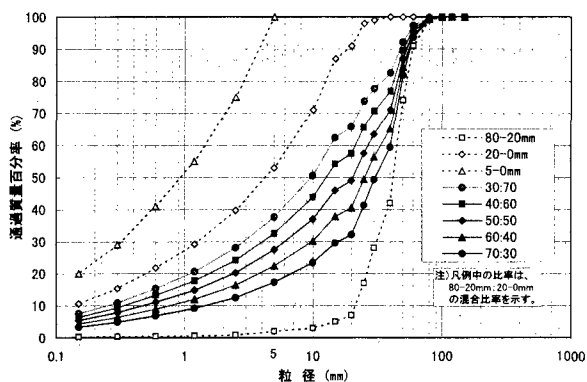


図-1 粒径加積曲線（滝沢ダム掘削ブリ：平成12年6月）

表-4 CSG材料配合

使用母材	配合条件		単位量 (kg/m³)		配合特性		粒度特性		
	含水比 (%)	単位母材量 (kg/m³)	水	母材 (表乾)	α 値	β 値	0.15mm 以下質量 (%)	10 μ m 以下質量 (%)	s/a (%)
80:20: 20:0	5	60	103	2420	2.741	0.784	81.7	38.2	17
	3		57	2548	1.251	0.867	111.3	52.0	
	4		80	2484	1.676	0.947	108.5	50.7	
60:40	5	60	102	2423	2.096	1.027	105.8	49.4	22
	6		123	2366	2.517	1.107	103.3	48.2	
	7		143	2310	2.938	1.187	100.9	47.1	
50:50	3	60	56	2543	0.979	1.165	141.3	66.0	
	4		79	2480	1.313	1.254	137.8	64.3	
	5		101	2418	1.651	1.345	134.3	62.7	28
40:60	6	60	122	2361	1.986	1.434	131.2	61.2	
	7		142	2305	2.320	1.524	128.1	59.8	
	8		169	2249	2.654	1.591	127.2	58.7	33
30:70	5	60	97	2420	1.195	1.906	182.2	85.1	38

ここに、 $\alpha = \frac{\text{母材(5mm以下の体積)}}{\text{母材(5mm以上の体積)}}$
 $\beta = \frac{\text{母材(5mm以下の体積)}}{\text{母材(5mm以上の体積)}}$

トの強度発現特性は、ある単位水量（本ケースでは70～80kg/m³）を境界として、水結合材比が成立するコンクリートとしての特性を示す範囲（境界より右側）と、単位水量に起因する材料の締固め性に規定される範囲（同左側）とに分類できることがわかる。

今回室内試験を実施した掘削ブリ（CSG母材）についても同様に考えることができ、すなわち、CSG材料の配合設計についても、締固め密度比 95～97%程度以上が確保できる範囲内で、出来る限り単位水量を減らせれば最大圧縮強度が得られると言える。図-3は、今回検討した配合における α 値および β 値について、ダムコンクリートの実績との比較を参考までに示している。基本的に現地発生材が利用されるCSG工法においては、その粒度構成や含水比が、配合特性に大きく影響し、その結果が強度発現の差として表れる。CSG工法においては、構造物に求められる機能、安全性、経済性等が満足されれば、どのような母材でも使用できる可能性があり、適用対象によってそれぞれ最適なCSG工法があり得るが、バラツキの大きい現地発生材を用いて、密実で均質な構造物の築造を目指すには、2分級程度の粒度調整が有効であり、さらに最大強度が得られる母材の最適含水比を把握し、必要となる水量を補うべきであることが確認された。

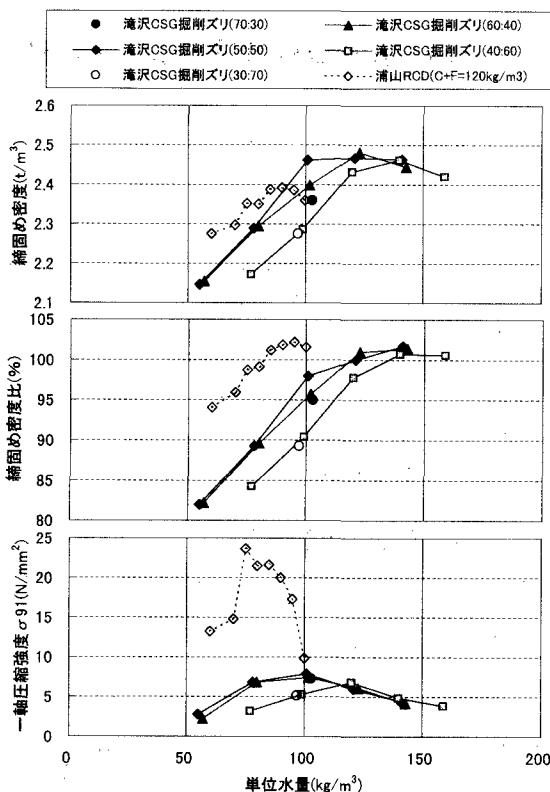


図-2 フレッシュ時および硬化 CSG 試験結果

（上段から、締固め密度、締固め密度比、一軸圧縮強度と単位水量との関係を示し、参考値として浦山ダムRCD用コンクリートの試験結果を併せて示す。）

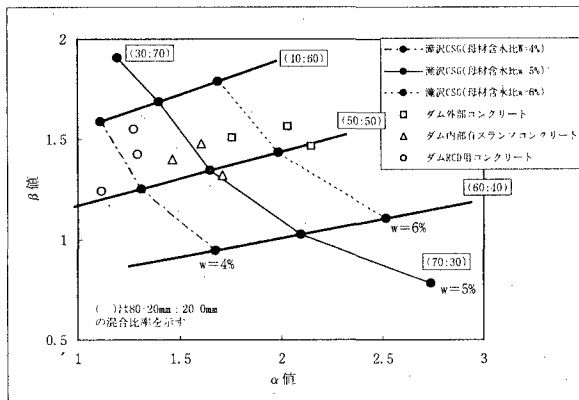


図-3 CSGとダムコンクリートの α 値および β 値の比較（ダムコンクリートは、布目、日吉、富郷ダムの値を示している）

参考文献

- 1) 大藪勝美, 花田弘幸, 松枝修治, 三木正博: 滝沢ダムにおける掘削ブリを用いたCSGの施工, ダム技術, No. 175, pp. 63-77, 2001. 4
- 2) 山本裕之, 豊田光雄, 吉田等: CSGの配合特性, 土木学会 52 回年次学術講演会講演要旨集, III-B, pp. 614-615, 1997. 9