

4 . 減水混合の効果に関する検討

4 . 1 製品骨材によるCSGのフレッシュ性状および強度等への影響

(1) 検討目的と検討方法

CSG材の中に微粒分が多い場合、微粒分とセメント粒子が吸着しあい、CSG材、水、セメントが均一に混ざらないことによる不均一な混合や、強い粘りが生じることによってCSGが混合機内部に付着する等の混合が困難な状態になりやすい傾向にある。このようなCSG材では、水の混合を2段階に分けて実施する減水混合(「技術資料」では段階混合)による対処が有効な場合がある。したがって、混合機におけるCSGの混合において不均一混合や付着が生じないような加水量や、減水混合によるCSGの性状への影響について把握する必要がある。

本検討では、減水混合によるCSGの性状への影響を確認し、より有効な減水混合の方法について検討するため、製品骨材によるCSG材について減水混合によって練り混ぜ、VC値、密度および強度等の各種試験を実施した。

(2) 使用材料

この試験で用いた骨材は現地発生材ではなく、コンクリート用砕石・砕砂であり、試験に用いたCSGは、それらの骨材によって模擬的に製造したものである。

使用材料の種類および物性を表4.1.1に示す。

粗骨材(80~5mm)は、製品骨材を使用し、示方書ダム編の標準粒度範囲内のほぼ中間となるように設定した。

表 4.1.1 使用材料の種類および物性 ()

使用材料	種類および物性
セメント	普通ポルトランドセメント (密度 = 3.15g/cm ³ , 比表面積 = 3,330 cm ² /g)
混和剤	A E 減水剤 遅延形 (種)
細骨材 (5~0mm)	岩種：安山岩 ・標準粒度砂(密度 = 2.64g/cm ³ , 吸水率 = 1.74%, 粗粒率 = 2.63) ・スクリーニングス(密度 = 2.71g/cm ³ , 吸水率 = 1.00%, 粗粒率 = 2.17) ・石粉(密度 = 2.64g/cm ³ , 吸水率 = 1.92%, 粗粒率 = 0.59)
粗骨材(mm)	岩種：花崗岩
80-40	(密度 = 2.71g/cm ³ , 吸水率 = 0.74%)
40-20	(密度 = 2.72g/cm ³ , 吸水率 = 0.79%)
20-10	(密度 = 2.72g/cm ³ , 吸水率 = 1.04%)
10-5	(密度 = 2.67g/cm ³ , 吸水率 = 1.68%)

細骨材（5～0mm）については、以下の3種類¹⁾を用いた。（写真4.1.1参照）

標準粒度砂

骨材A：細骨材がスクリーニングス

骨材B：細骨材がスクリーニングス+石粉（50：50）

骨材Aと骨材Bは、現地発生材を想定し、標準粒度砂よりも微粒分を多く含み、示方書ダム編の標準粒度範囲を満足しない材料である。

各細骨材の粒径別分布曲線を図4.1.1に、粗骨材の粒径別分布曲線を図4.1.2に示す。各細骨材の粒度分布曲線を図4.1.3に示す。

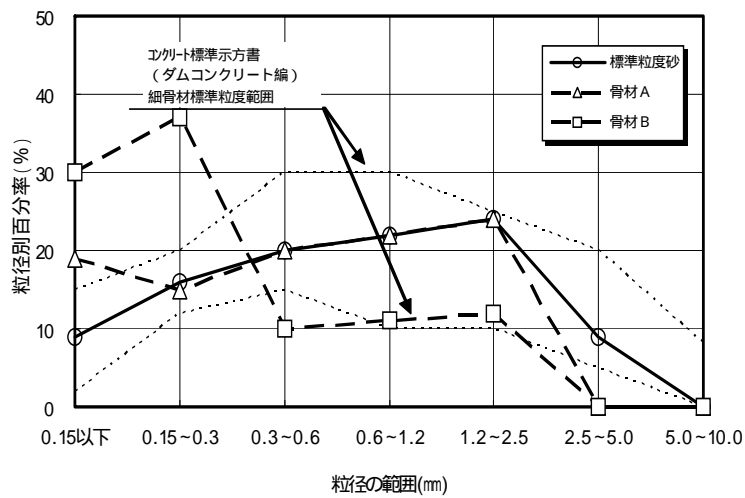


図4.1.1 細骨材の粒径別分布曲線（ ）

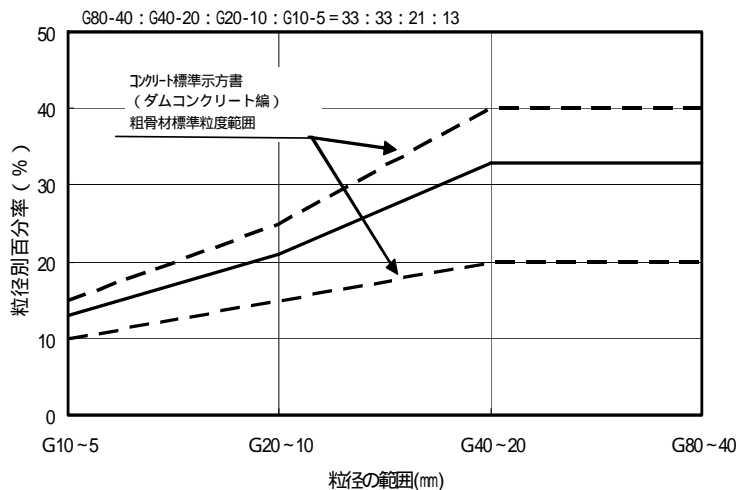


図4.1.2 粗骨材の粒径別分布曲線（ ）

1) 標準粒度砂とは、示方書ダム編の標準粒度範囲内にある製品砂である。スクリーニングスとは、粗骨材製造の際に発生する微粒分で、2.5mm以下の粒径のものである。石粉とは、平成12年度の試験（ ）で使用した0.3mm以下の細骨材である。



写真 4.1.1 細骨材の状況 ()

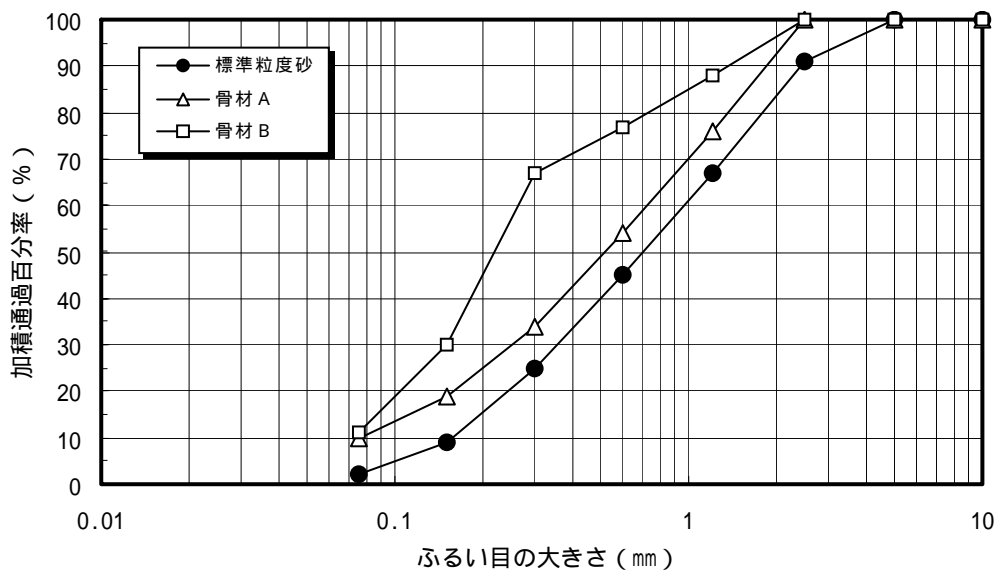


図 4.1.3 細骨材の粒度分布曲線 ()

(3) 試験項目と方法

この検討における試験項目および試験方法を、以下に示す。

基本配合の選定試験

この試験に使用する標準粒度砂を用いるCSG材において適切なVC値を確保するための、最適な細骨材率および単位ペースト量を定める試験を実施し、基本配合を選定する。骨材Aおよび骨材Bを用いるCSG材については、標準粒度砂を用いるCSG材と同じ細骨材率、単位水量、単位セメント量によって基本配合とする。

減水混合試験

上記で定めた3種類の基本配合のそれぞれにおいて、混合機における加水（これを一次加水という）量と混合機から排出した後の加水（これを二次加水という）量をさまざまに変えてCSGを練り混ぜ、VC試験、標準供試体試験、大型供試体試験（「1.概要 (2)CSGの試験要領」を参照）を実施する。これらの試験により作製した供試体について、VC値、供試体の外観評価、密度比、圧縮強度、透水係数（「1.概要 (2)CSGの試験要領」を参照）を求め、それらについてどのような傾向（一次加水量・二次加水量の違いによる各試験結果への影響）が見られるかを検討する。

なお、一次加水を行う混合機での混合を一次混合、混合機からの排出した後での二次加水を行う混合を二次混合という。この試験においては、混合機（ミキサ）から排出した一次混合後のCSGをパレット上にスコップで均等に広げ、二次加水として残りの水量をじょうろにて均等に散布し、直ちにスコップにて切り返しにより二次混合を行った。

減水混合試験における試験フロー（標準供試体試験の例）を、図4.1.4に示す。

減水混合試験における試験項目および方法を表4.1.2に示す。

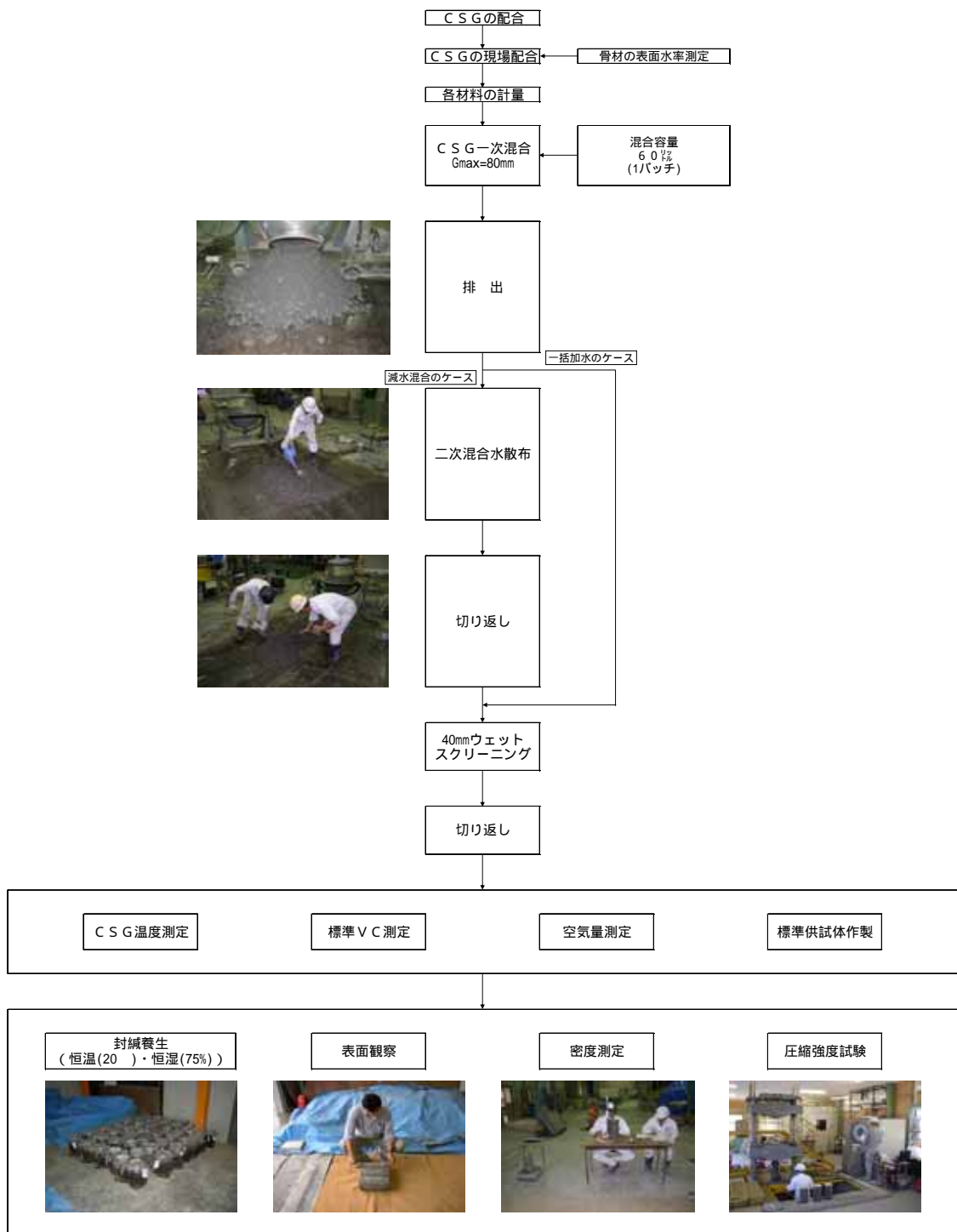


図 4.1.4 減水混合試験における試験フロー（標準供試体試験の例）

表 4.1.2 減水混合試験における試験項目および方法

試験区分	試験項目	試料	養生方法
フレッシュ性状	標準 V C 試験	40mm ウェットスクリーニング	-
標準供試体試験	供試体作製 外観評価 密度 圧縮強度	40mm ウェットスクリーニング	封緘養生
大型供試体試験	供試体作製 コア外観評価 コア密度 コア圧縮強度 コア透水試験	フルサイズ	封緘養生

(4) 基本配合の選定

標準粒度砂を用いた C S G における細骨材率 s/a と V C 値の関係を図 4.1.4 に示す。これより、 $C = 80\text{kg/m}^3$ 、 $W = 100\text{kg/m}^3$ (一定) において大型 V C 値が最小となる細骨材率 s/a は 32% であった。次に、単位ペースト量 P と V C 値の関係を図 4.1.5 に示す。これより、 $C = 80\text{kg/m}^3$ 、 $s/a = 32\%$ (一定) としたときの大型 V C 値が 60 秒となるような単位ペースト量は、 $P = 180\text{kg/m}^3$ であった。以上の結果に基づき、基本配合を選定した。基本配合を表 4.1.2 に示す。なお、骨材 A、骨材 B を用いた C S G の基本配合については、標準粒度砂と同じ細骨材率、単位水量、単位セメント量とした。

表 4.1.2 基本配合表 ()

細骨材の種類	呼称	最大骨材寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位ペースト量 (kg/m^3)	単位量 (kg/m^3)							
						水 W	セメント C	細骨材 S (5~0mm)	粗骨材 G				混和剤 (AE減水剤)
									80-40 (mm)	40-20 (mm)	20-10 (mm)	10-5 (mm)	
標準粒度砂	ケース 1	80	125	32	180	100	80	726	523	525	334	203	0.200
スクリーニングス	骨材 A							745					
スクリーニングス(50%) +石粉(50%)	骨材 B							736					

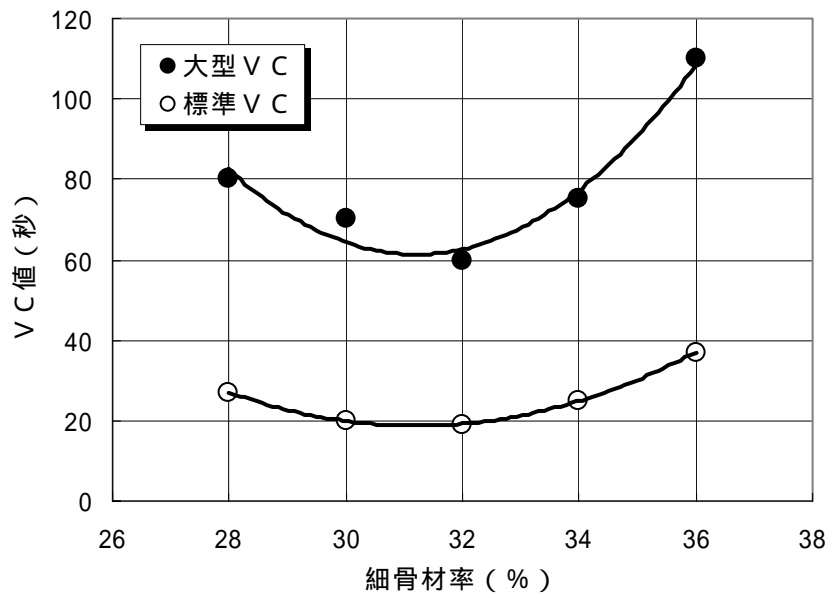


図 4.1.4 細骨材率と VC 値 ($C = 80\text{kg/m}^3$ 、 $W = 100\text{kg/m}^3$) ()

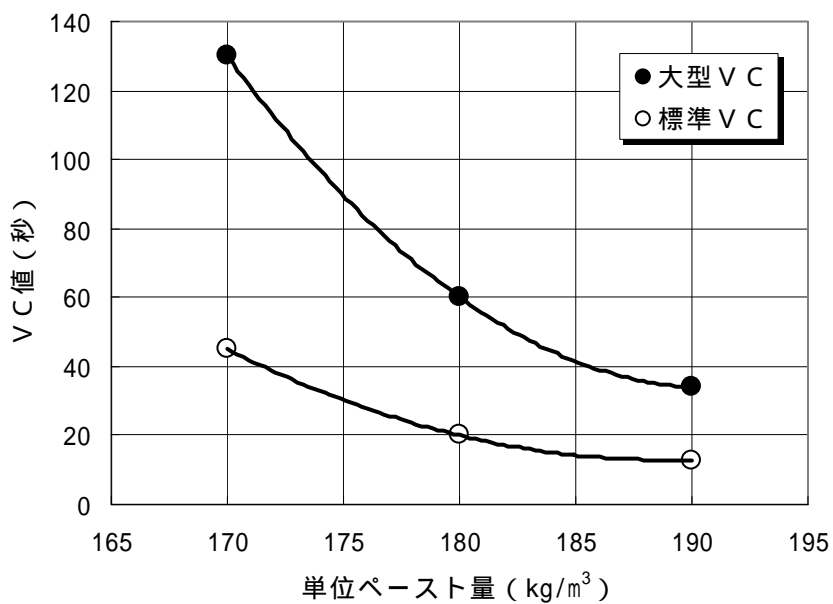


図 4.1.5 単位ペースト量と VC 値 ($W/C = 125\%$ 、 $s/a = 32\%$) ()

(5) 試験ケース

減水混合試験の試験ケースを表 4.1.3 に示す。

この試験では、混合水を 2 段階に分けて混合することとし、一次加水率（その配合における練混ぜ水全量に対する一次加水量の割合）を 100、85、70%（骨材 A については、55% も実施）で、二次加水率（練混ぜ水全量から一次加水量を差し引いた二次加水量の、練混ぜ水全量に対する割合）を 0、15、30%（骨材 A は 45% も実施）と変化させて実施した。

表 4.1.3 試験ケース ()

試験ケース	細骨材の種類	単位体積重量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	減水混合		試験項目
				一次加水率 W 1 (%)	二次加水率 W 2 (%)	
1 - 1	標準粒度砂	80	100	100	0	・ VC 試験 ・ 標準供試体試験 ・ 大型供試体試験 ・ 透水試験 （採取コア）
1 - 2				85	15	
1 - 3				70	30	
2 - 1	骨材 A (スクリーニングス)	80	100	100	0	
2 - 2				85	15	
2 - 3				70	30	
2 - 4				55	45	
3 - 1	骨材 B (スクリーニングス(50%) + 石粉(50%))	80	100	100	0	
3 - 2				85	15	
3 - 3				70	30	

(6) 試験結果

1) C S G のフレッシュ性状

ミキサにおける混合状況

減水混合試験における各ケースの C S G の傾動ミキサによる混合状況は以下のとおりであった。

- 一括加水：一次加水率 100% におけるミキサの混合状態としては、微粒分の多い骨材 A、骨材 B の C S G において、ミキサ内にモルタル分が多く付着していた（一括加水は一次混合時に練混ぜ水を全量混合するもの）。
- 減水混合：減水混合（一次加水率 85 ~ 55%）を行った場合は、いずれの細骨材を用いた C S G においても、ミキサ内へのモルタル付着はほとんど見られず、一括加水よりも混合が容易であった。

VC 値

減水混合試験における一次加水率と、一次混合後および二次混合後の VC 値の関係を図 4.1.6 に示す。

標準粒度砂を用いた C S G における一次加水率 100% では、VC 値は 20 秒である。これに対し、微粒分を多く含む骨材 A および骨材 B を用いた C S G では、一次加水率が 100% の場合の VC 値は 40 秒、80 秒で標準粒度砂より大きな値となった。

次に、減水混合した場合の二次加水後のV C値は、標準粒度砂においては、いずれも20秒程度であり、一次加水率を減じた場合でも、一括加水時のV C値20秒と同等まで回復している。微粒分量の多い骨材Aと骨材Bの場合は、一次加水率を減じるほど、一括加水時に比べ二次加水後のV C値が小さくなっている。これより、微粒分を多く含む骨材を用いたCSGの方が、減水混合によって、よりV C値を小さくできると言える。

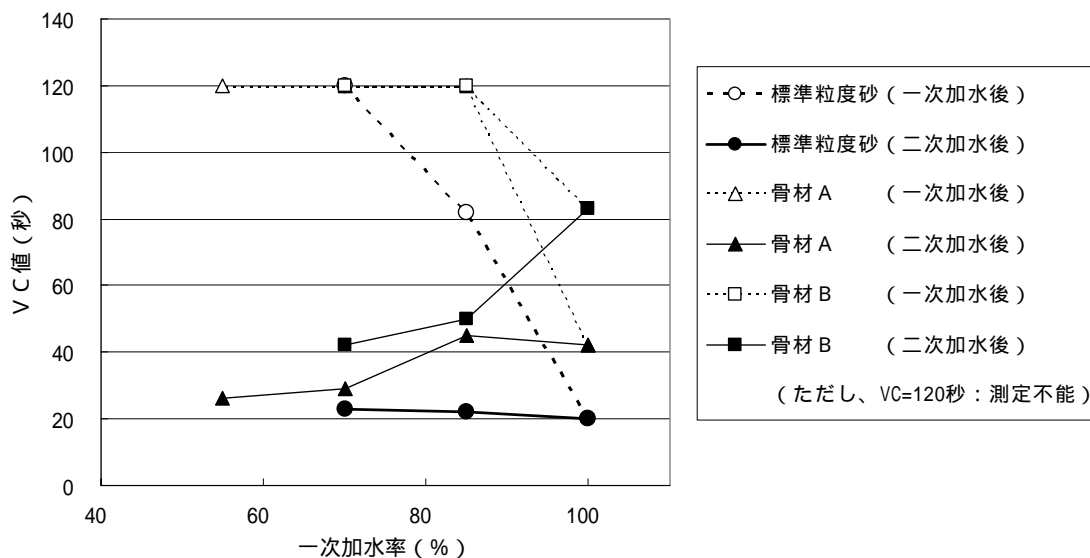


図 4.1.6 一次加水率の違いによる減水混合の効果 ()

2) CSGの評価点、密度比、圧縮強度

骨材Aを用いたCSGの一次加水率の違いによる標準供試体の供試体評価点、供試体密度比、供試体圧縮強度の関係を図4.1.7～図4.1.9に示す。減水混合を行うことにより、評価点が高くなる傾向がみられる。また、供試体密度比と圧縮強度は、減水混合を行った場合でも一括加水の場合と同じ程度の値を示しており、減水混合が密度、圧縮強度に与える影響は小さいものと考えられる。

同様に、材齢91日の大型供試体のコア評価点、コア密度比、コア圧縮強度について、各骨材を比較したものを図4.1.10～図4.1.12に示す。これらの図より、大型供試体のコア外観、密度、圧縮強度の結果についても標準供試体の場合と同じ傾向が見られる。

細骨材の違いによる影響としては、微粒分の多い骨材Bを用いたCSGはコア評価点、コア密度比ともに低い値を示した。しかしコア圧縮強度に関しては、標準粒度砂を用いたCSGが最も小さい値を示した。この原因は不明であるが、標準粒度砂の密度が骨材A(スクリーニングス100%)、骨材B(スクリーニングス50%+石粉50%)よりも小さいことから、細骨材の強度としては標準粒度砂が最も小さかったということも考えられる。

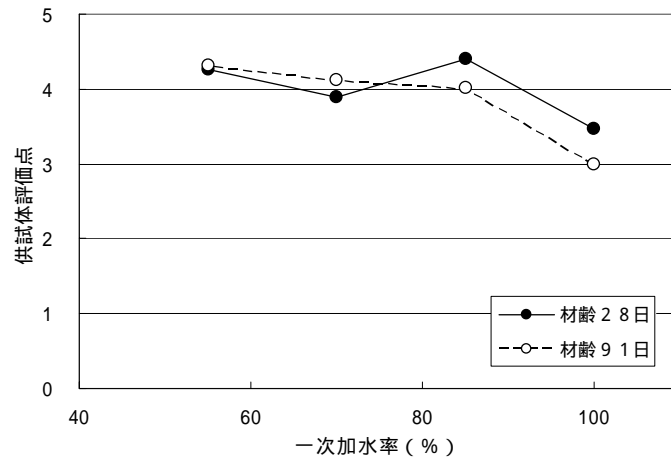


图 4.1.7 一次加水率と評価点 (骨材 A、標準供試体) ()

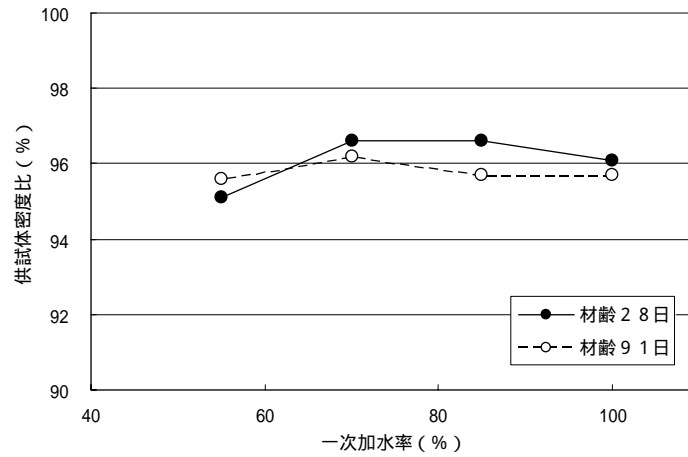


图 4.1.8 一次加水率と密度比 (骨材 A、標準供試体) ()

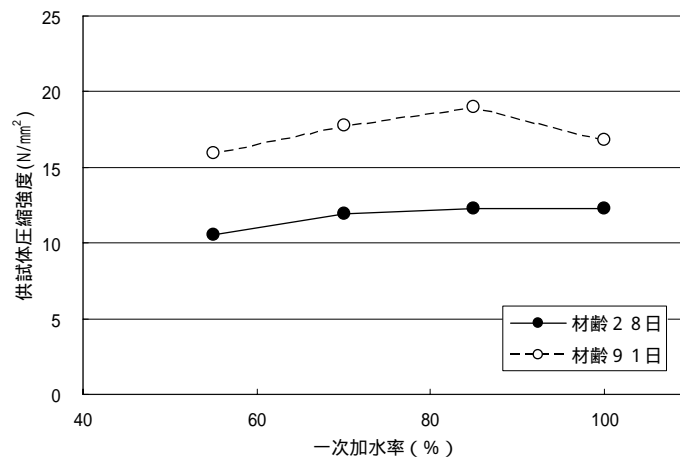


图 4.1.9 一次加水率と圧縮強度 (骨材 A、標準供試体) ()

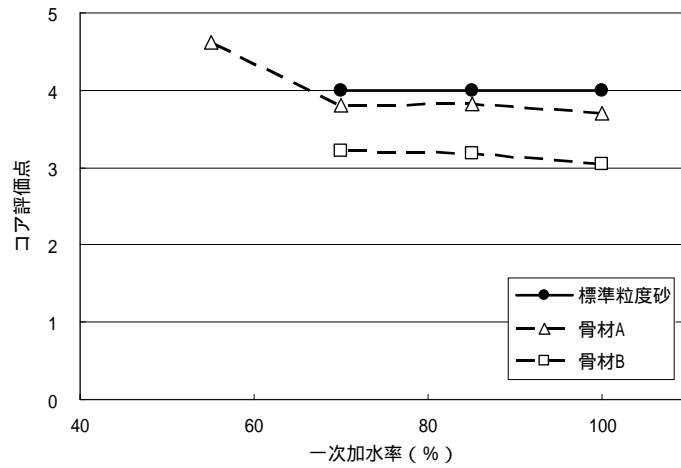


図 4.1.10 一次加水率とコア評価点 (骨材A、大型供試体、材齢 91 日) ()

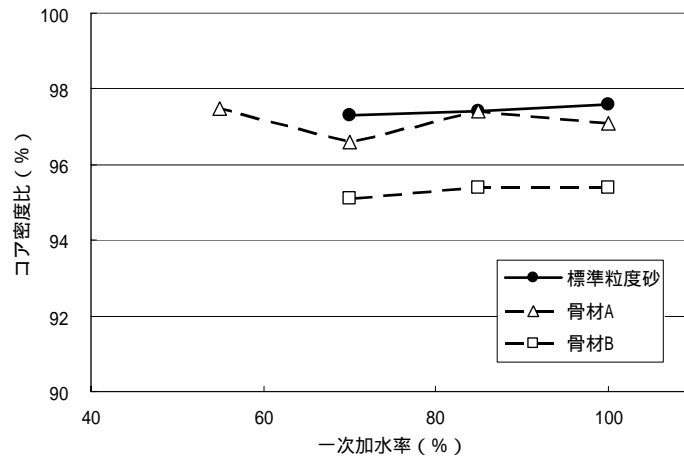


図 4.1.11 一次加水率とコア密度比 (骨材A、大型供試体、材齢 91 日) ()

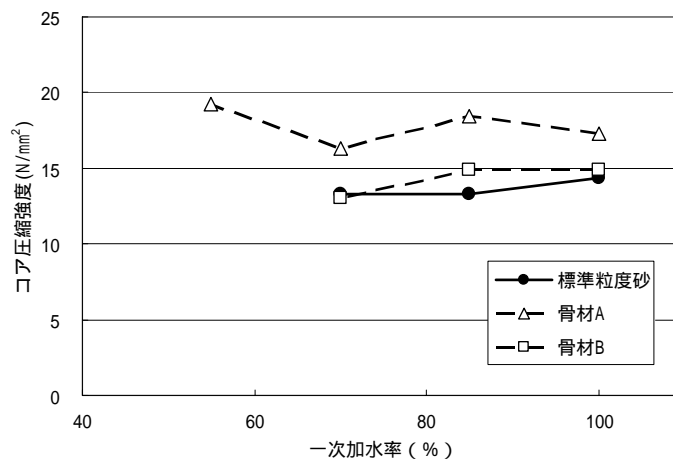


図 4.1.12 一次加水率とコア圧縮強度 (骨材A、大型供試体、材齢 91 日) ()

3) CSGの透水係数

大型供試体より採取したコアの透水係数を図 4.1.13 に示す。

透水試験の結果、各骨材の透水係数は $3.7 \times 10^{-10} \sim 1.1 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ の範囲であった。減水混合を実施した骨材 A による CSG は、一次加水率 70% までは一括加水と同程度の透水係数を示したが、一次加水率 55% においては、それよりも小さい透水係数となった。

参考文献²⁾によれば、コンクリートの一般的な透水係数は、水セメント比 45~75% の場合は約 $10^{-12} \sim 10^{-10} \text{cm/s}$ であることが報告されている。この試験における CSG の透水係数は、コンクリートの一般的な透水係数よりもやや大きな値となっている。ただし、この CSG は水セメント比が 125% であることから、それによって透水係数が大きくなる影響を考慮すると、通常のコンクリートと遜色のない透水係数であると考えられる。

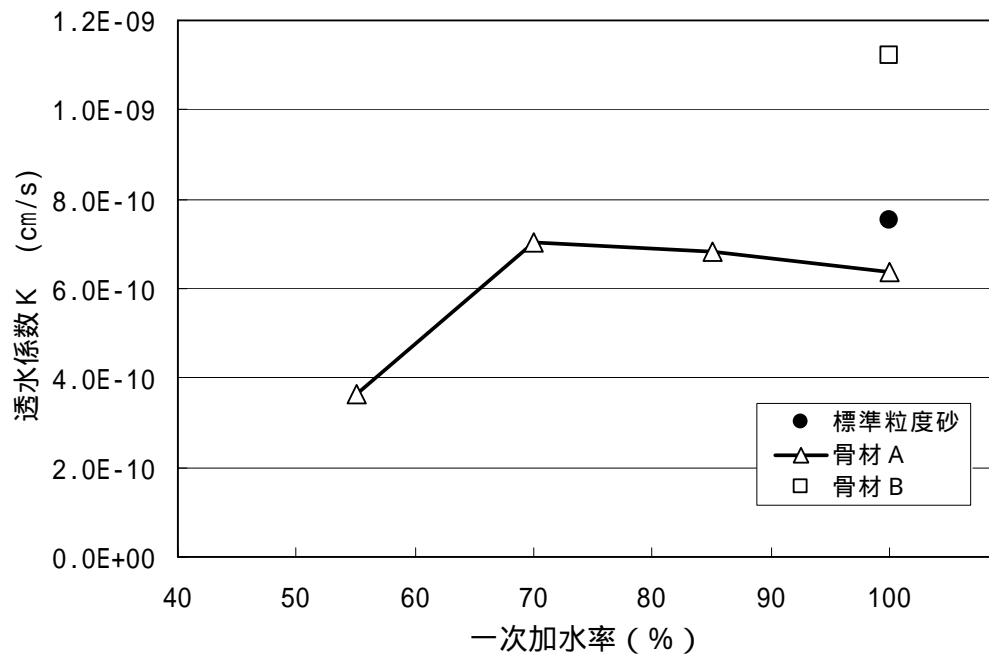


図 4.1.13 一次加水率とコア供試体の透水係数 ()

(7) まとめ

混合機における一括加水による混合が困難であるようなCSGについて、減水混合によるCSGの性状への影響を確認し、より有効な減水混合の方法について検討するため、製品骨材によるCSG材について減水混合によって練り混ぜ、VC値、密度および強度等の各種試験を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

ミキサにおけるCSGの混合状況は、0.15mm以下の微粒分の多い細骨材(骨材A、骨材B：細骨材の0.15mm以下の量19、30%)によるCSGの場合、一括加水(一次加水率100%)では、混合中の粘性が増し、ミキサの羽根や内面にモルタル分が多く付着する現象が確認された。これに対して、一次加水率を減らして(85%、70%(骨材Aの場合は55%も実施))混合したCSGは、粘性が増すこともなく、骨材とセメントが均一に混ざり、ミキサ内面にモルタル分が付着する現象も少なかった。

微粒分の多い細骨材を用いたCSGにおいて、一次加水率を85%、70%(骨材Aの場合は55%も実施)とした場合の一次加水後のVC値は、一括加水のVC値に比べて、当然大きい値となる。しかし、これらの二次加水後のVC値は、一括加水のVC値よりも小さい値を示しており、微粒分が多いCSGに関しては、減水混合によって施工性を改善できるものと考えられる。

一次加水率と密度比、圧縮強度の関係から、同一のCSGでは、減水混合を行っても密度比や圧縮強度は一括加水の場合とほぼ同じ値を示していることから、減水混合が密度、圧縮強度に与える影響は小さい。

CSGの透水性についても、減水混合による影響は小さい。

以上の知見より、骨材に微粒分(0.15mm以下)が多く一括加水では混合が困難である場合には、減水混合はCSGの混合方法として有効であり、その時のCSGの性状は一括加水の場合の同等以上であるといえることができる。

また、減水混合をより実用的な方法とするためには、以下に示す課題について解決することが必要と考えられる。

- ・ 減水混合が必要となるようなCSG材の材質や微粒分の量の把握
- ・ 実施工における二次混合の具体的な方法の開発

また逆に、減水混合を実施するようなCSG製造プラントやCSG施工方法は、一括加水の場合よりも複雑になると考えられることから、減水混合を行わなくても十分な練混ぜが可能で、かつ経済的な混合機の開発を考えることも必要と考えられる。

4.2 現地発生材によるCSGのフレッシュ性状および強度等への影響（その1）

（1）検討目的と検討方法

前節では、製品骨材によって模擬的に製造した、微粒分量が多いCSG材について減水混合試験を実施した。その結果、減水混合によって硬化CSGの性状に悪影響を与えずに、ミキサによる混合し易さおよび締固め易さ等のフレッシュ性状を改善できるという成果が得られた。

そこで、現地発生材によるCSGにおける減水混合の効果を検証するために、現地発生材の掘削ズリと河床砂礫A（粒度分布が細粒側）、B（粒度分布が粗粒側）の3種類を用いて減水混合試験を実施し、前節と同様にCSGのフレッシュ性状および強度等に及ぼす影響について検討した。

（2）使用材料

使用材料の種類および物性を表4.2.1に示す。現地発生材の掘削ズリは、沖縄地方における建設工事で発生した緑色岩系の道路掘削ズリ（5mm以下の加積通過百分率32%）である。一方、河床砂礫は、中部地方における貯水池上流に堆積した堆積岩系の河床砂礫（5mm以下の加積通過百分率42%（河床砂礫A）、32%（河床砂礫B））である。

表4.2.1 使用材料の種類および物性（ ）

使用材料		種類及び物性
セメント		普通ポルトランドセメント (密度 = 3.15g/cm ³ , 比表面積 = 3,360cm ² /g)
混和剤		A E 減水剤 遅延形 (種)
CSG材		物性
掘削ズリ	(mm)	岩種：緑色岩 (CL級)
	80-40	密度 = 2.82g/cm ³ , 吸水率 = 2.49%
	40-20	密度 = 2.77g/cm ³ , 吸水率 = 3.60%
	20-10	密度 = 2.68g/cm ³ , 吸水率 = 5.68%
	10-5	密度 = 2.59g/cm ³ , 吸水率 = 9.14%
5-0	密度 = 2.70g/cm ³ , 吸水率 = 4.83% (5~0mm中、0.15mm以下の微粒分36%)	
河床砂礫A (一期材)	(mm)	岩種：堆積岩系河床砂礫 (細粒材)
	80-40	密度 = 2.72g/cm ³ , 吸水率 = 0.59%
	40-20	密度 = 2.73g/cm ³ , 吸水率 = 0.73%
	20-10	密度 = 2.71g/cm ³ , 吸水率 = 0.95%
	10-5	密度 = 2.69g/cm ³ , 吸水率 = 1.25%
5-0	密度 = 2.66g/cm ³ , 吸水率 = 1.51% (5~0mm中、0.15mm以下の微粒分3.2%)	
河床砂礫B (一期材)	(mm)	岩種：堆積岩系河床砂礫 (粗粒材)
	80-40	密度 = 2.70g/cm ³ , 吸水率 = 0.64%
	40-20	密度 = 2.69g/cm ³ , 吸水率 = 0.80%
	20-10	密度 = 2.69g/cm ³ , 吸水率 = 0.95%
	10-5	密度 = 2.67g/cm ³ , 吸水率 = 1.35%
5-0	密度 = 2.66g/cm ³ , 吸水率 = 1.50% (5~0mm中、0.15mm以下の微粒分2.5%)	

表中の微粒分は、洗い試験による微粒分量（0.15mmふるいを使用）

河床砂礫A、Bは一期材（2回採取されたもののうち1回目のもの）

各CSG材（掘削ズリおよび河床砂礫A、B）を、写真4.2.1～写真4.2.4に示す。掘削ズリは粘土分を含むような材料であることがわかる。

各CSG材の細骨材（5～0mm）の粒径別分布曲線を図4.2.1に、粗骨材（80～5mm）の粒径別分布曲線を図4.2.2に示す。各CSG材の粒度分布分布曲線を図4.2.3に示す。

掘削ズリと河床砂礫では、0.15mm以下の微粒分量が大きく異なり、掘削ズリは微粒分量が全体粒度の8.2%（5～0mmの中に25%）と多いが、これに対し河床砂礫A、Bでは微粒分量が全体粒度の1.5%、1.9%（5～0mmの中に3.7%、5.8%）で掘削ズリの1/5～1/4に過ぎない。

洗い試験（0.15mmふるい使用）結果においても、微粒分量は掘削ズリの場合36%とかなり多い。河床砂礫A、Bではそれぞれ3.2%、2.5%と、掘削ズリの1/10以下である。



写真4.2.1 現地発生材：掘削ズリ（分級前）（ ）



写真4.2.2 現地発生材：掘削ズリ（分級後）（ ）



写真 4.2.3 現地発生材：河床砂礫 A ()



写真 4.2.4 現地発生材：河床砂礫 B ()

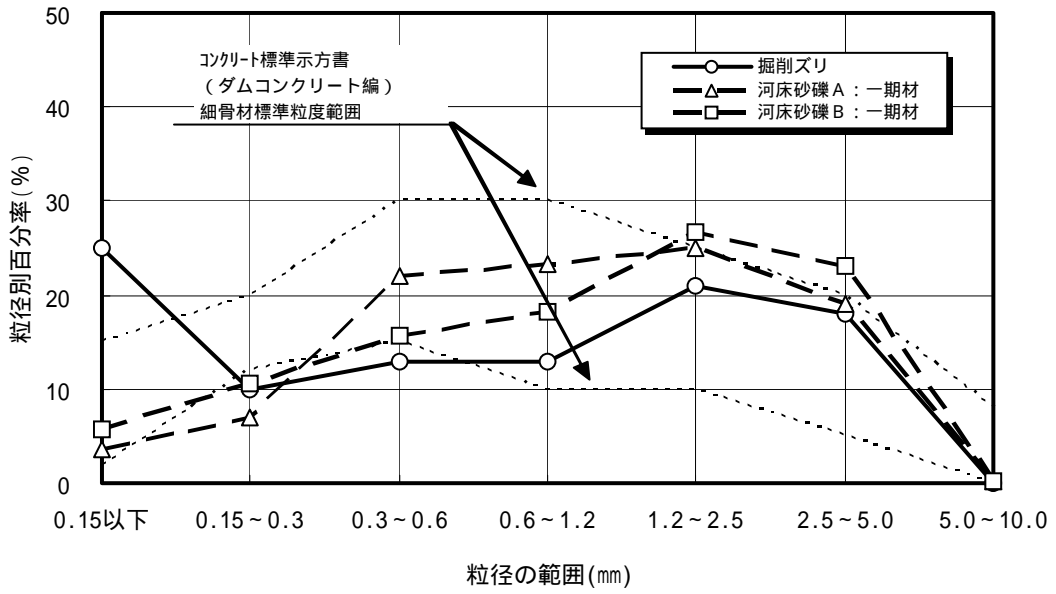


図 4.2.1 細骨材の粒径別分布曲線 ()

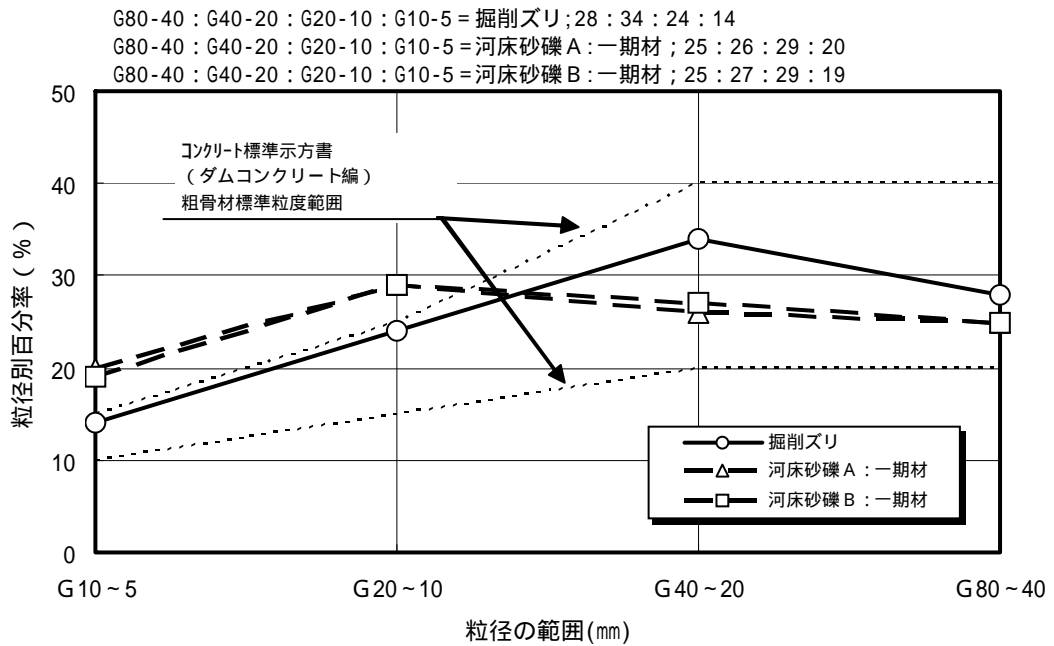


図 4.2.2 粗骨材の粒径別分布曲線 ()

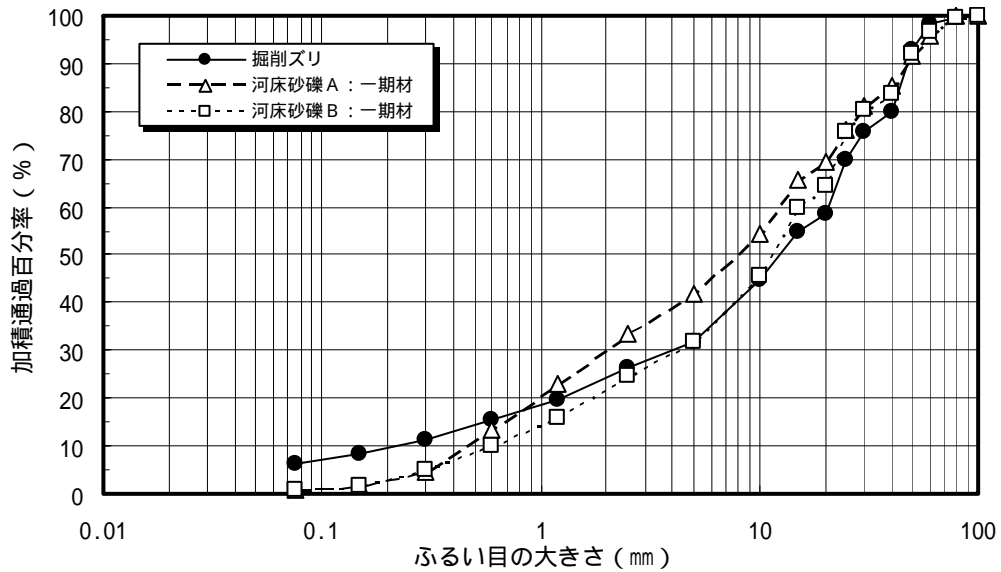


図 4.2.3 各 C S G 材の粒度分布曲線 ()

(3) 試験項目と方法

この検討における試験項目および試験方法を、以下に示す。

基本配合の選定試験

3種類の C S G 材において、適切な V C 値を確保するための最適な単位水量を求める試験を実施し、基本配合を選定する。この検討における C S G 材はいずれも現地発生材であるため、C S G 材の最大寸法を 80mm とする以外は粒度調整を行わない。したがって、これまで基本配合選定において実施してきた、最適細骨材率の選定は実施しない (C S G 材の現状の粒度分布をもって最適細骨材率とする)。

減水混合試験

上記で定めた 3 種類の基本配合のそれぞれにおいて、混合機における加水 (これを一次加水という) 量と混合機から排出した後の加水 (これを二次加水という) 量をさまざまに変えて C S G を練り混ぜ、V C 試験、標準供試体試験、大型供試体試験 (「1. 概要 (2) C S G の試験要領」を参照) を実施する。これらの試験により作製した供試体について、V C 値、供試体の外観評価、密度比、圧縮強度を求め、それらについてどのような傾向 (一次加水量・二次加水量の違いによる各試験結果への影響) が見られるかを検討する。

なお、標準供試体の作製において、河床砂礫 A、B については従来通り標準供試体作製装置を用いるが、掘削ズリに関しては振動タンパによる締固めとした。これは、掘削ズリには微粒分が極めて多いために、標準供試体作製装置で作製した供試体の密度のばらつきが非常に大きくなり、試験の精度を確保できなかったためである。

減水混合試験における試験項目および方法を、表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 減水混合試験における試験項目および方法

試験区分	試験項目	試料	供試体作製	養生方法
フレッシュ性状	標準V C 試験	40mm ウェットスクリーニング	-	-
標準供試体試験	供試体作製 外観評価 密度 圧縮強度	40mm ウェットスクリーニング	掘削ズリ： 振動タンパ 河床砂礫： 標準供試体作製装置	封緘養生 湛水養生
大型供試体試験	供試体作製 コア外観評価 コア密度 コア圧縮強度	フルサイズ	大型供試体作製装置	封緘養生 湛水養生

(4) 基本配合の選定

基本配合は、各CSG材についてC = 80kg/m³ (一定) で標準V C 値が 20 秒となる配合を選定した。各CSG材における単位水量とV C 値の関係を図 4.2.4 に示す。

標準V C 値 20 秒となる単位水量は、掘削ズリが最も多くW = 130kg/m³、河床砂礫AがW = 105kg/m³、河床砂礫Bが最も少なくW = 90kg/m³であった。このような最適単位水量の違いが出た理由は、以下の通りと考えられる。

- ・ 掘削ズリには微粒分(0.15mm以下)が最も多い。
- ・ これに対して、河床砂礫は微粒分がほとんどなく、粒子の形状が丸い。
- ・ 5mm以下の細粒分は、河床砂礫A(全体粒度のうち42%)の方がB(32%)より多い。

選定した各CSG材の基本配合を、表 4.2.3 に示す。

表 4.2.3 基本配合表 ()

CSG材	最大骨材寸法 (mm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤 (AE減水剤)
					水 W	セメント C	CSG材 S (5~0mm)	CSG材				
								80-40 (mm)	40-20 (mm)	20-10 (mm)	10-5 (mm)	
掘削ズリ	80	0	163	32	130	80	734	453	540	364	210	0.200
河床砂礫A	80	0	131	42	105	80	960	342	364	393	281	
河床砂礫B	80	0	113	32	90	80	758	395	440	476	302	

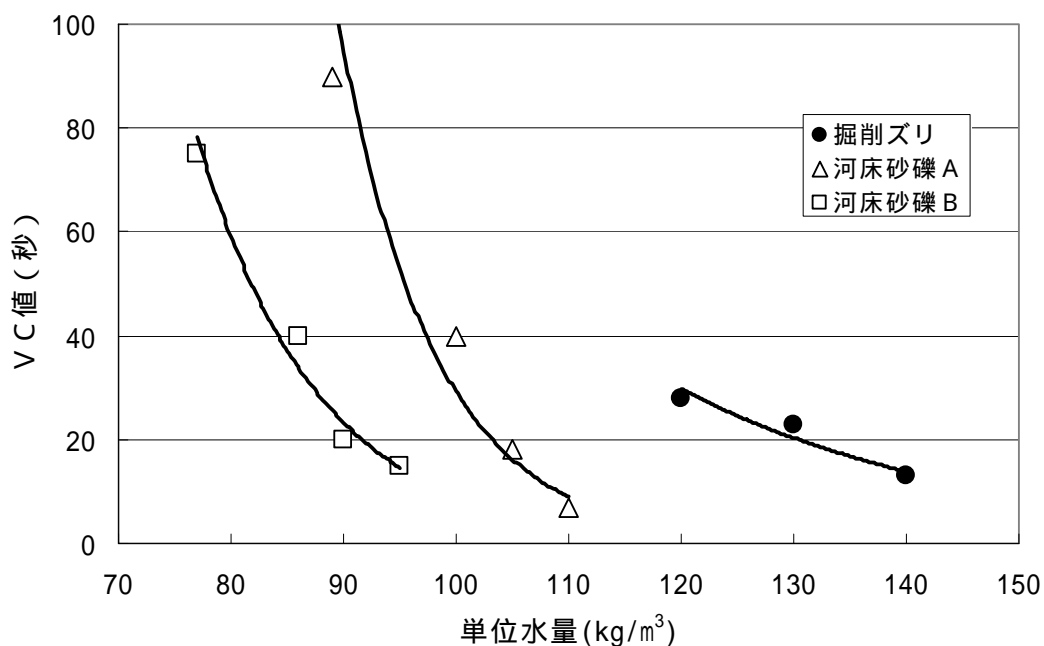


図 4.2.4 単位水量と VC 値 ()

(5) 試験ケース

減水混合試験の試験ケースを表 4.2.4 に示す。

この試験では、混合水を 2 段階に分けて混合することとし、一次加水率を 100、85、70% で、二次加水率を 0、15、30% と変化させて実施した。

表 4.2.4 試験ケース (現地発生材) ()

試験ケース	C S G 材	単位セメント量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	減水混合		試験項目
				一次加水率 W 1 (%)	二次加水率 W 2 (%)	
1 - 1	掘削ズリ	80	130	100 (130)	0 (0)	<ul style="list-style-type: none"> ・ VC 試験 ・ 標準供試体試験 ・ 大型供試体試験
1 - 2				85 (111)	15 (19)	
1 - 3				70 (91)	30 (39)	
2 - 1	河床砂礫 A	80	105	100 (105)	0 (0)	
2 - 2				85 (89)	15 (16)	
2 - 3				70 (74)	30 (31)	
3 - 1	河床砂礫 B	80	90	100 (90)	0 (0)	
3 - 2				85 (77)	15 (13)	
3 - 3				70 (63)	30 (27)	

() 内は一次、二次加水量 : kg/m³

(6) 試験結果

1) CSGのフレッシュ性状

ミキサにおける混合状況

減水混合試験における各ケースのCSGの、傾胴ミキサによる混合状況は以下のとおりであった。

- ・ 一括加水：一次加水率 100%におけるミキサの混合状態としては、微粒分の多い掘削ズリのCSGにおいては、ミキサ内にモルタル分が多く付着して混合が困難であった。河床砂礫のCSGでは、正常に混合できた。
- ・ 減水混合：掘削ズリのCSGにおいては、減水混合（一次加水率 85、70%）を行った場合は、ミキサ内に付着が発生することなく、均一な混合が可能であった。河床砂礫のCSGでは、一括加水の場合と同様に正常に混合できた。

VC値

減水混合試験における一次加水率と、一次混合後および二次混合後のVC値の関係を図4.2.5に示す。

掘削ズリにおける一次加水率 100%の標準VC値は 20 秒程度である。減水混合したときの二次加水後のVC値は一次加水率 85、70%で 43 秒～44 秒となり、一次加水率 100%のVC値の 20 秒程度まで回復していない。

これに対して、河床砂礫 A、B の場合、減水混合したときの二次加水後のVC値は 15～20 秒程度となり、一次加水率 100%のVC値 22 秒よりもVC値が小さくなる傾向にある。

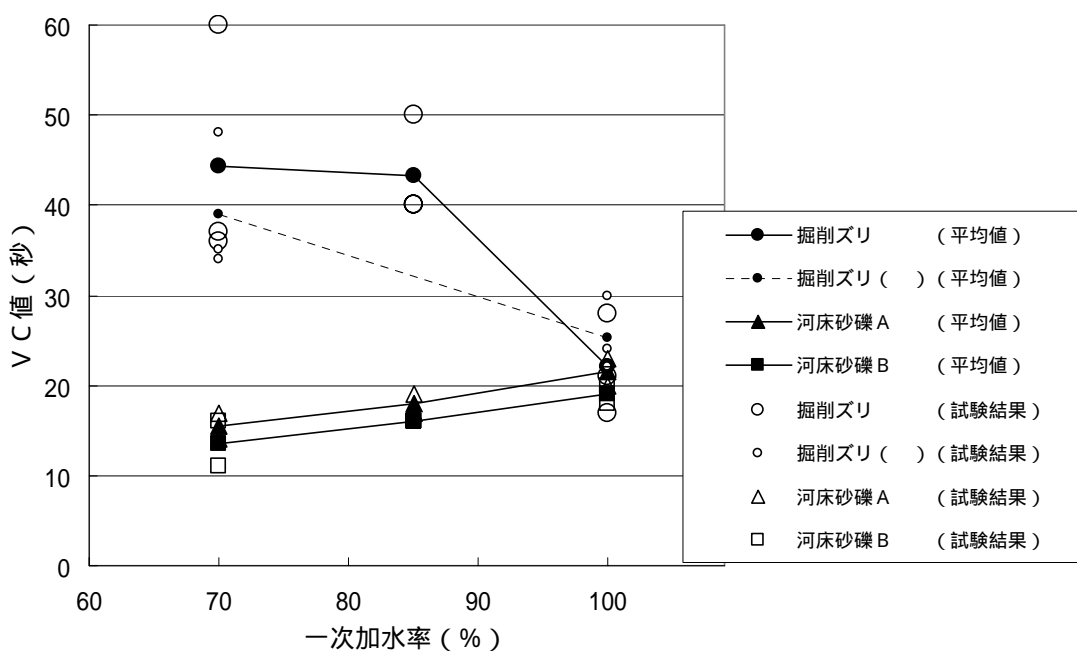


図 4.2.5 CSG材の違いによる一次加水率と二次加水後のVC値 ()
 (図中の () は、同じ掘削ズリ材料を前年度に試験した結果である)

2) C S Gの評価点、密度比、圧縮強度

各C S G材における一次加水率と供試体評価点、供試体密度比、供試体圧縮強度の関係（材齢 28 日、91 日）を図 4.2.6～図 4.2.11 に示す。また、大型供試体のコア評価点、コア密度比、コア圧縮強度の関係（材齢 91 日）を図 4.2.12～図 4.2.14 に示す。

供試体評価点、コア評価点

減水混合(一次加水率 85、70%)を行った標準供試体評価点および大型供試体コア評価点は、ミキサによる一括加水(一次加水率 100%)とほぼ同じ評価点を示しており、減水混合が外観に与える影響はほとんどないと考えられる。

供試体密度比、コア密度比

密度比についても、減水混合のケースは一括加水のケースとほぼ同じ値を示していることから、減水混合が密度比に与える影響は小さいと考えられる。

供試体圧縮強度、コア圧縮強度

掘削ズリにおける減水混合のケースの圧縮強度は、一括加水のケースとほぼ同じ強度を示しており、減水混合が圧縮強度に与える影響は見られない。一方、河床砂礫においては、減水混合の強度が一括加水に比べて同等もしくは低い値を示した。

次に、C S G材の種類によって強度差が見られるが、これは各C S G材の配合における水セメント比の違いによるものであり、河床砂礫 B は水セメント比が 113%でC S G材 3種類の中で最も圧縮強度が高く、河床砂礫 A は水セメント比が 131%で河床砂礫 B より強度が低く、掘削ズリの場合は水セメント比が 163%で最も低い強度を示した。

また、供試体の養生条件を封緘と湛水の 2 方法で実施したが、両者には顕著な強度差は見られなかった。

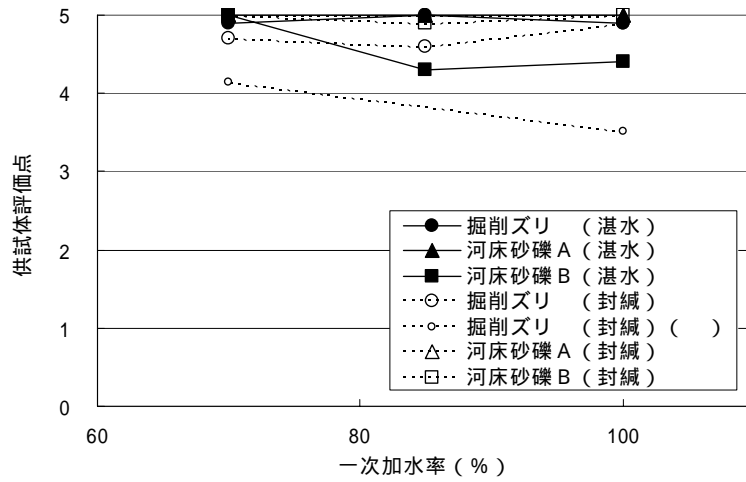


图 4.2.6 一次加水率と供試体評価点 (標準供試体、材齡 28 日)()

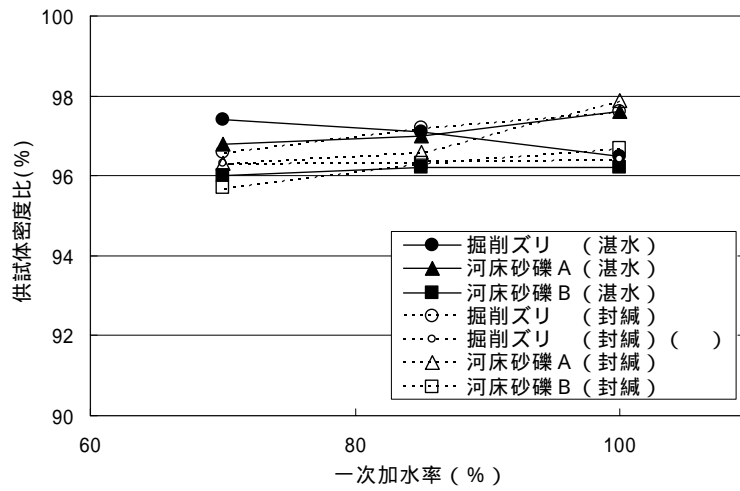


图 4.2.7 一次加水率と供試体密度比 (標準供試体、材齡 28 日)()

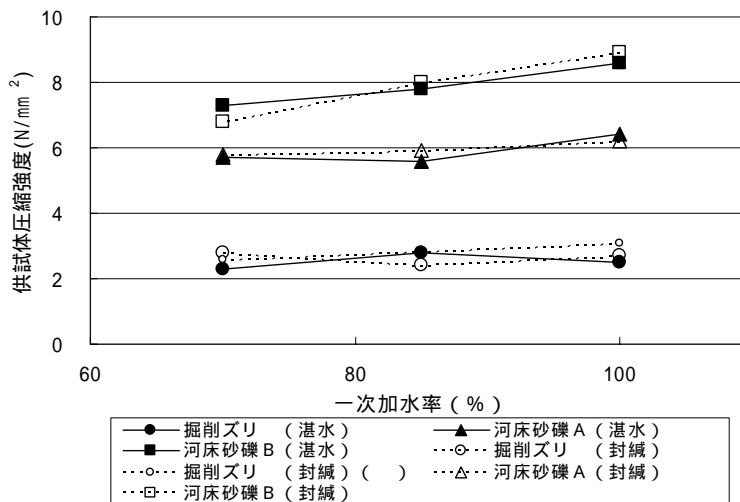


图 4.2.8 一次加水率と供試体圧縮強度 (標準供試体、材齡 28 日)()

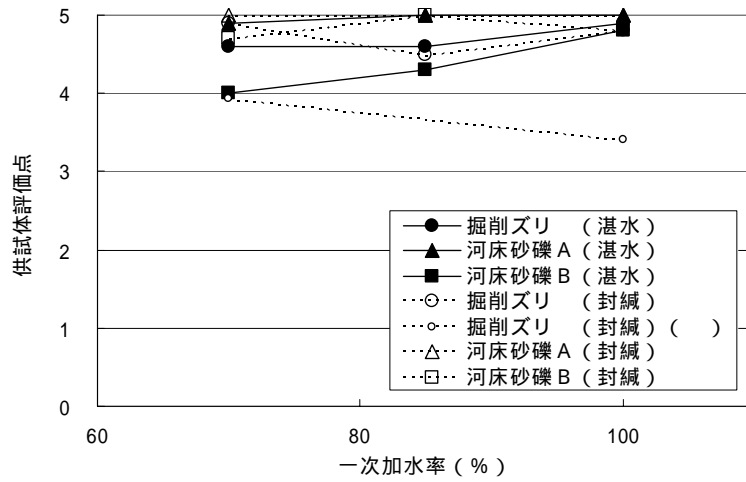


図 4.2.9 一次加水率と供試体評価点 (標準供試体、材齢 91 日) ()

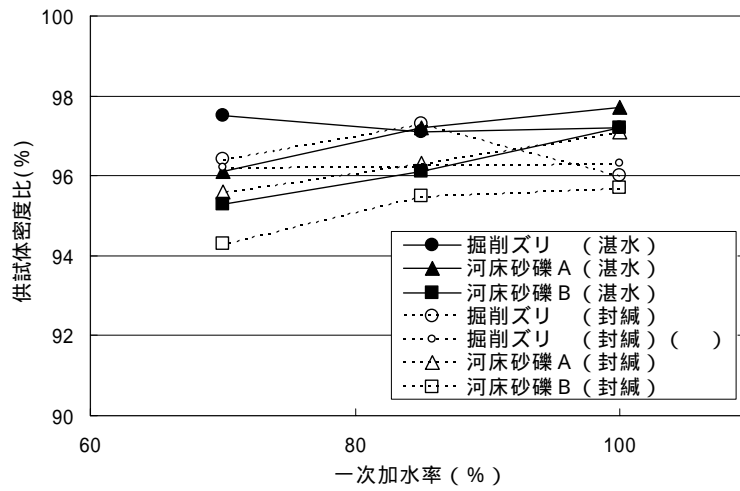


図 4.2.10 一次加水率と供試体密度比 (標準供試体、材齢 91 日) ()

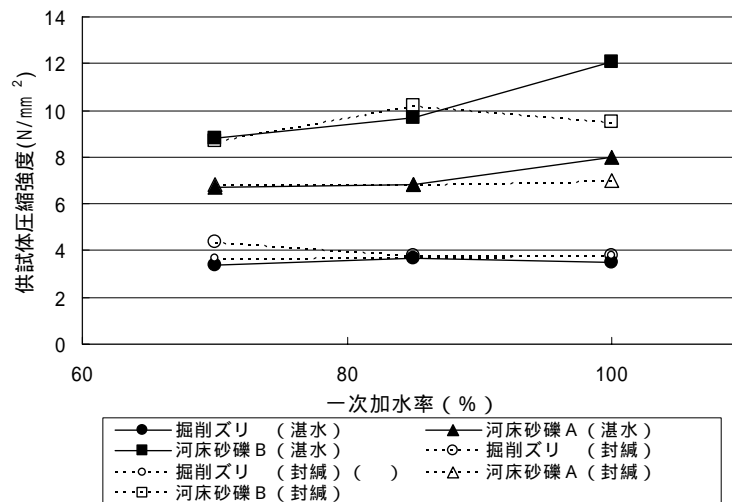


図 4.2.11 一次加水率と供試体圧縮強度 (標準供試体、材齢 91 日) ()

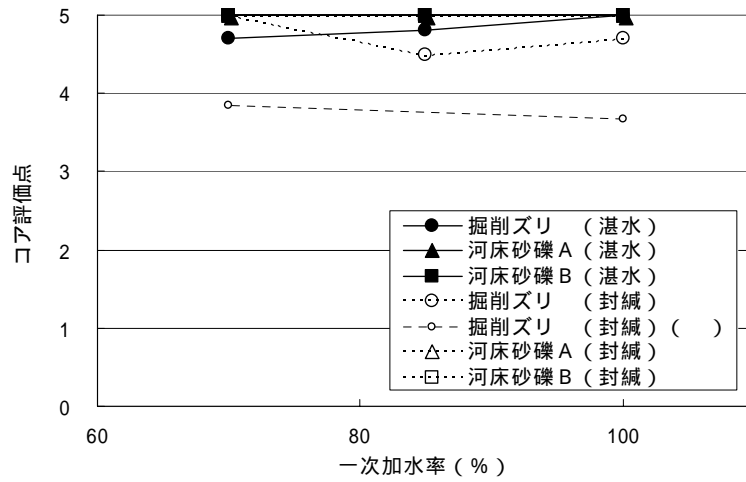


図 4.2.12 一次加水率とコア評価点 (大型供試体、材齢 91 日) ()

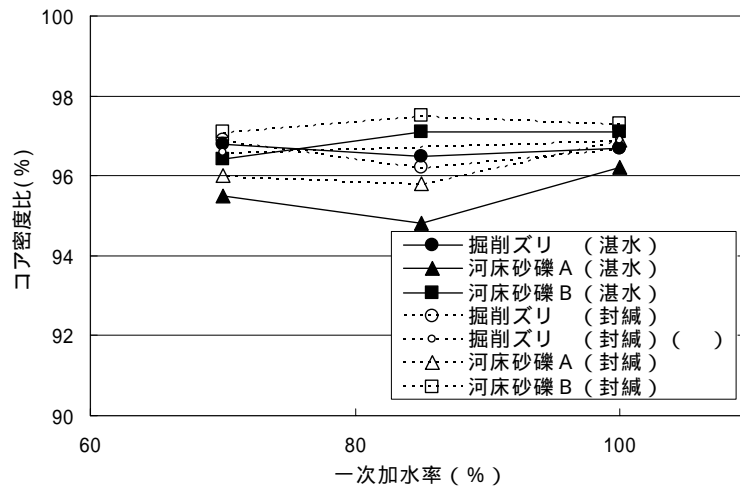


図 4.2.13 一次加水率とコア密度比 (大型供試体、材齢 91 日) ()

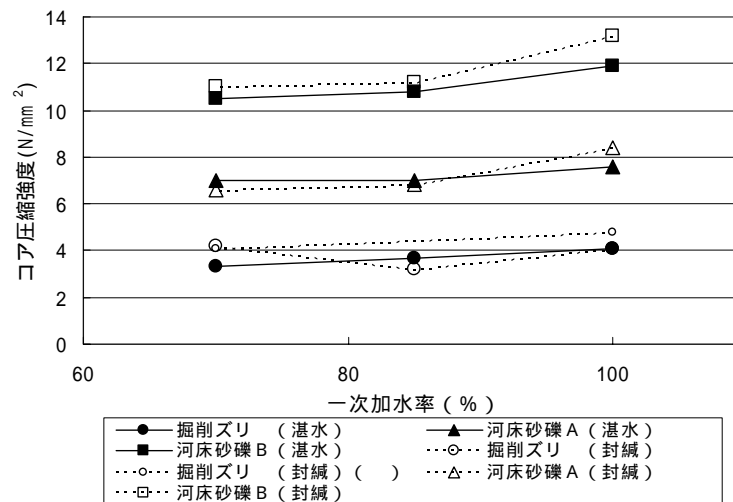


図 4.2.14 一次加水率とコア圧縮強度 (大型供試体、材齢 91 日) ()

(7) まとめ

混合機における一括加水による混合が困難であるようなCSGについて、減水混合によるCSGの性状への影響を確認し、より有効な減水混合の方法について検討するため、3種類の現地発生材（掘削ズリ、河床砂礫A、B）によるCSG材について減水混合によって練り混ぜ、VC値、密度および強度等の各種試験を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

ミキサにおけるCSGの混合状況は、0.15mm以下の微粒分の多い掘削ズリ（細骨材の0.15mm以下の量25%、洗い試験では36%）によるCSGの場合、一括加水（一次加水率100%）では、混合中の粘性が増し、ミキサの羽根や内面にモルタル分が多く付着する現象が確認された。これに対して、一次加水率を減らして（85%、70%）混合した場合は、粘性が増すこともなく、CSG材とセメントが均一に混ざり、ミキサ内面にモルタル分が付着する現象も少なかった。河床砂礫によるCSGの場合は、0.15mm以下の微粒分が少ない（河床砂礫A・B：細骨材の0.15mm以下の量3.7%・5.8%、洗い試験では3.2%・2.5%）ため、一括加水の場合でも正常に混合できた。

微粒分の多い掘削ズリを用いたCSGにおいて、一次加水率を85%、70%とした場合の二次加水後のVC値は、一括加水のVC値よりもかなり大きい値を示した。なお、この傾向は前節「4.1 製品骨材によるCSGのフレッシュ性状および強度等への影響」で得られた結果とは相反するものとなっている。これについては後に考察する。河床砂礫A、Bについては、一次加水率を小さくするほど二次加水後のVC値が小さくなる傾向が見られた。

一次加水率と密度比の関係から、同一のCSGでは、減水混合を行っても密度比は一括加水の場合とほぼ同じ値を示しており、減水混合が密度に与える影響は小さい。圧縮強度に関しては、掘削ズリについては減水混合による影響は小さいものであったが、河床砂礫A、Bについては一次加水率を小さくするほど圧縮強度が小さくなる傾向が見られた。また、CSG材の種類によって強度差が見られたが、これは各CSG材の配合における水セメント比の違いによるものである。

4.3 現地発生材によるCSGのフレッシュ性状および強度等への影響（その2）

（1）検討目的と検討方法

前節までの検討の結果、減水混合によって強度等の硬化後の品質に悪影響を与えずに締固め易さ等のフレッシュ性状を改善できるという成果を得た。また、CSG材に微粒分が多い場合には減水混合がより有効であることが明確になった。

そこで、過年度に引き続きCSGにおける減水混合の効果を検証するために、大保ダム沢処理工に使用されたCSG材を用いた室内実験により、CSGのフレッシュ性状および強度等に及ぼす影響について検討した。

（2）使用材料

使用材料の種類および物性を表4.3.1に示す。母材は、沖縄県の大保脇ダム沢処理工に使用されたものである。大保ダムサイト周辺に分布する中生代白亜紀の四万十帯に分布する千枚岩C_L級であり、大保脇ダム沢処理工の母材山より採取されたものである。採取時における母材の最大粒径は400mmであり、これを既設の大保脇ダムフィルター材製造設備でCSG材の最大粒径が80mmになるように全量破碎を行ったものである。

表4.3.1 使用材料の種類および物性（ ）

使用材料		種類及び物性
セメント		普通ポルトランドセメント (密度=3.15g/cm ³ ,比表面積=3,360cm ² /g)
CSG材		物性
掘削 ズリ	(mm)	岩種:千枚岩CL級(大保脇ダム用原石)
	80-40	密度=2.62g/cm ³ ,吸水率=1.97%
	40-20	密度=2.55g/cm ³ ,吸水率=2.94%
	20-10	密度=2.55g/cm ³ ,吸水率=2.78%
	10-5	密度=2.52g/cm ³ ,吸水率=3.27%
	5-0	密度=2.70g/cm ³ ,吸水率=0.70%

各CSG材の細骨材(5~0mm)の粒径別分布曲線を図4.2.1に、粗骨材(80~5mm)の粒径別分布曲線を図4.2.2に示す。各CSG材の粒度分布曲線を図4.2.3に示す。CSG材は沖縄県の大保脇ダム沢処理工に使用されたものである。母材は大保ダムサイト周辺に分布する中生代白亜紀の四万十帯に分布する千枚岩C_L級であり、大保脇ダム沢処理工の母材山より採取されたものである。採取時における母材の最大粒径は400mmであり、これを既設の大保脇ダムフィルター材製造設備でCSG材の最大粒径が80mmになるように全量破碎を行ったものである。

現地にて製造されたCSG材は実験施設に搬入し、施設内のふるい分け設備で分級し、写真4.3.1のように、80~40mm、40~20mm、20~10mm、10~5mm、5~0mmの各分級ごとに保管した。

使用するCSG材の粒度分布を表4.3.2、図4.3.1に示す。図4.3.2~図4.3.3、表4.3.3~表4.3.4は、示方書ダム編においてダム用コンクリート骨材の標準とされる粒度範囲に対応するように、使用するCSG材の粒度を表示したものである。図4.3.2によると、使用するCSG材は0~5mmの粒度内に0.15mm以下の微粒分を25%(全体粒度で14%)含み、ダム用コンクリート骨材の標準粒度範囲内には収まらないCSG材である。また、セメントには普通ポルトランドセメント(住友大阪セメント(株)社製比重=3.15)を使用した。



写真 4.3.1 CSG材：掘削ズリ（千枚岩）()

表 4.3.2 CSG材の粒度分布 ()

ふるいの呼び寸法 (mm)	80	60	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075
通過重量百分率 (%)	100	94	90	82	79	76	70	67	59	51	42	32	25	19	14	11

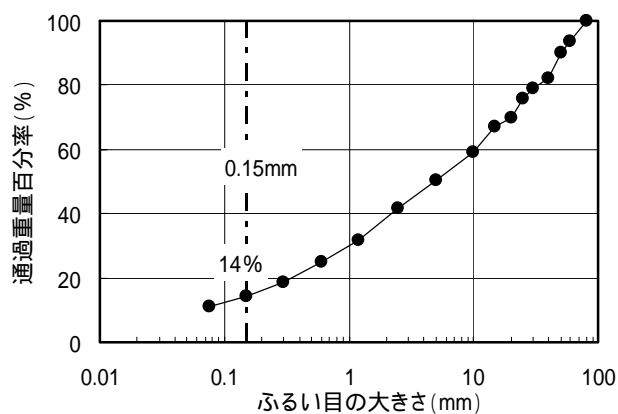


図 4.3.1 CSG材の粒度分布 ()

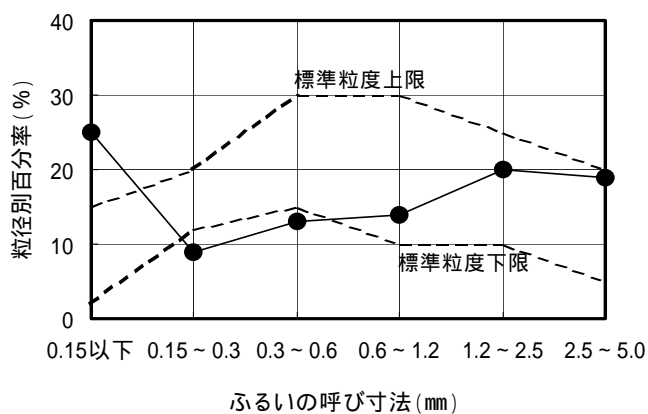


図 4.3.2 CSG材（0～5mm）の粒度 ()

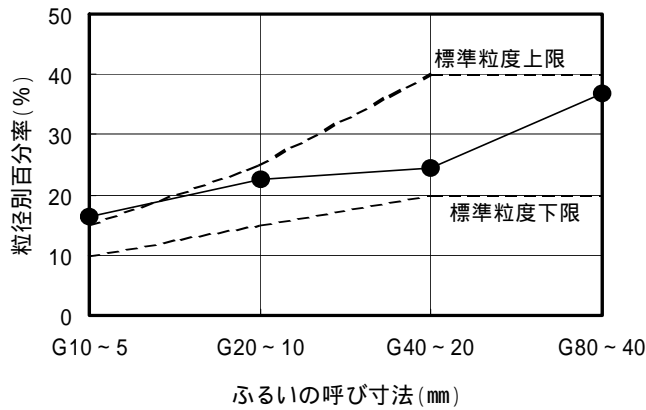


図 4.3.3 C S G 材 (5mm 以上) の粒度 ()

表 4.3.3 C S G 材 (0~5mm) の粒度 ()

[0~5mm]		[粒径別百分率]				
ふるい目	0.15以下	0.15~0.3	0.3~0.6	0.6~1.2	1.2~2.5	2.5~5.0
上限	15	20	30	30	25	20
実験粒度	25	9	13	14	20	19
下限	2	12	15	10	10	5

表 4.3.4 C S G 材 (5mm 以上) の粒度 ()

[5~80mm]		[粒径別百分率]			
ふるい目	G10~5	G20~10	G40~20	G80~40	
上限	15	25	40	40	
実験粒度	16	22	24	37	
下限	10	15	20	20	

(3) 試験項目および方法

この検討における試験項目および試験方法を以下に示す。

基本配合の選定

C S G 材において、適切な V C 値を確保するための最適な単位水量を求める試験を実施し、基本配合を選定する。この検討における C S G 材はいずれも現地発生材であるため、C S G 材の最大寸法を 80mm とする以外は粒度調整を行わない。したがって、これまで基本配合選定において実施してきた最適細骨材率の選定は実施しない (C S G 材の現状の粒度分布をもって最適細骨材率とする)。

減水混合試験

上記で定めた基本配合のそれぞれにおいて、混合機における加水 (これを一次加水という) 量と混合機から排出した後の加水 (これを二次加水という) 量をさまざまに変えて C S G を練り混ぜ、V C 試験、標準供試体試験、大型供試体試験 (「1. 概要 (2) C S G の試験要領」を参照) を実施する。これらの試験により作製した供試体について、V C 値、供試体の外観評価、密度比、圧縮強度を求め、それらについてどのような傾向 (一次加水量・二次加水量の違

いによる各試験結果への影響)が見られるかを検討する。

なお、標準供試体作製時の締固めは振動タンパを使用し、3層詰めとしたが、締固め時間についてはこれまでの室内試験結果、RCDにおける一般的な締固め時間を参考に30秒と仮設定し試験を実施した。

減水混合試験における試験項目および方法を表4.3.5に示す。

表 4.3.5 減水混合試験における試験項目および方法

試験区分	試験項目	試料	供試体作製	養生方法
フレッシュ性状	標準VC試験	40mm ウェットスクリーニング	-	-
標準供試体試験	供試体作製 外観評価 密度 圧縮強度	40mm ウェットスクリーニング	振動タンパ	封緘養生
大型供試体試験	供試体作製 コア外観評価 コア密度 コア圧縮強度	フルサイズ	大型供試体作製装置	封緘養生 湛水養生

(4) 基本配合の選定

基本配合は、CSG材について $C = 80\text{kg/m}^3$ (一定)で標準VC値が20秒となる配合を選定した。CSG材における単位水量と単位水量と密度比、VC値、圧縮強度の関係を図4.3.4に示す。

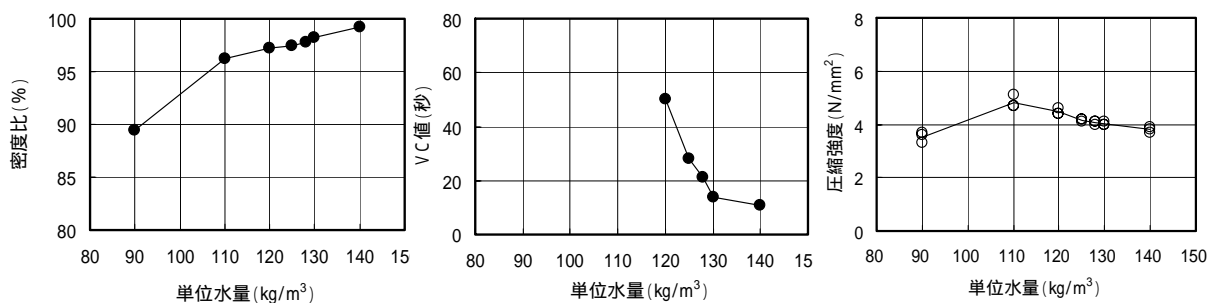


図 4.3.4 単位水量と密度比、VC値、圧縮強度 ()

選定したCSG材の基本配合を表4.3.6に示す。

表 4.3.6 基本配合表 ()

最大寸法 G _{max} (mm)	水セメント 比 w/c (%)	単体量(kg/m ³)						
		水 W	セメント C	CSG 材 5mm以下 S	CSG材80~5mm			
					G1 80~40	G2 40~20	G3 20~10	G4 10~5
80	160	128	80	726	557	408	307	257

(5) 試験ケース

減水混合試験の試験ケースを表4.3.7に示す。

この試験では、混合水を2段階に分けて混合することとし、一次加水率を100、70、40%で、二次加水率を0、30、60%と変化させて実施した。

表 4.3.7 試験ケース ()

ケース	配合	供試体 種 別	養生方法	一次加水率 (%)	二次加水率 (%)
1-1	基本配合 A C=80kg/m ³ W=128kg/m ³	標 準	封 緘	100	0
1-2				70	30
1-3				40	60
1-4-1		大型供試体 からの コアリング	封 緘	100	0
1-4-2					
1-5-1			封 緘	70	
1-5-2					
1-6-1			封 緘	40	
1-6-2			湛 水		

(6) 試験結果

1) 標準供試体CSGのフレッシュ性状

ミキサにおける混合状況

CSGの混合状態は、CSG材に0.15mm以下の微粒分が多いことから一括加水(一次加水率100%)の混合では粘性が増し、CSGがミキサ内に多く付着して混合が困難であった。

これに対して、減水混合(一次加水率70%、40%)ではCSGのミキサ内への付着はほとんど見られず、混合しやすくなっていた。

これより、一括加水では混合が困難であったが、適切な減水混合を行なうことで混合性状は改善された。

減水混合によるCSGの標準VC値を図4.3.5に示す。

一括加水のVC値は、21、23秒である。

減水混合の場合、一次加水後のVC値は計測できなかったが、二次加水後のVC値は、一次加水率70%、二次加水率30%でVC値が22、23秒であり、一括加水のVC値20秒程度まで回復しており、減水混合の効果が現れている。

一方、一次加水率40%、二次加水率60%のケースは、VC値が35、18秒とバラツキが見られ、一括加水のVC値まで回復するに至らなかった。

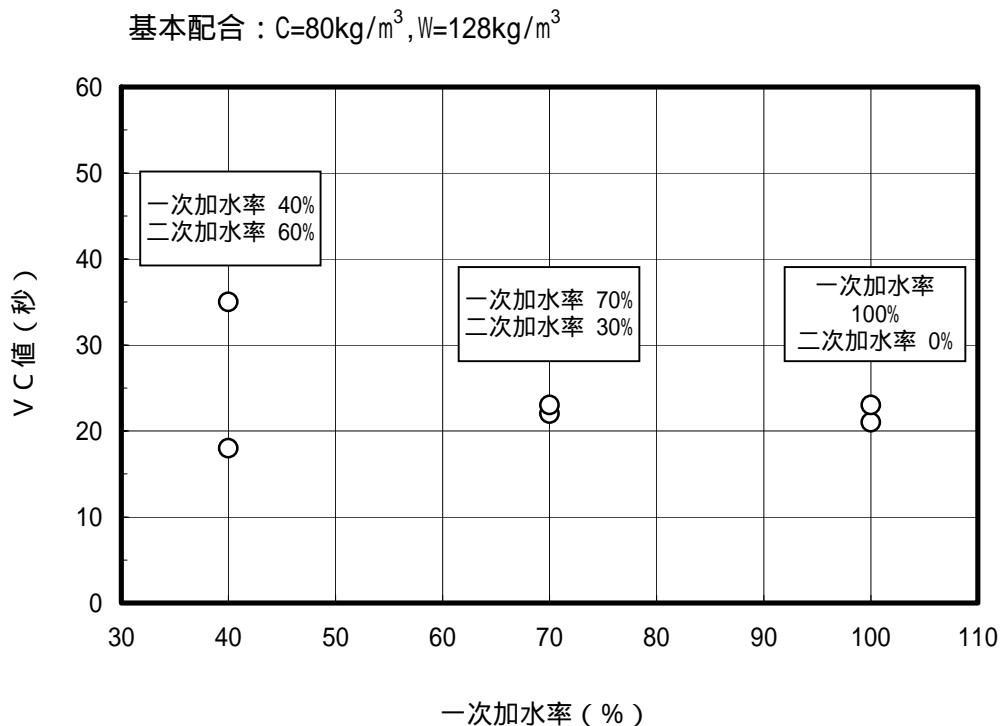


図4.3.5 減水混合とVC値 ()

2) 標準供試体CSGの評価点、密度比、圧縮強度

標準供試体(フレッシュCSG)の密度、密度比

標準供試体(材齢7日、28日)の密度測定結果を図4.3.6に示す。

一括加水(一次加水率100%：ケース1-1)の密度比は、97.7~98.8%(全平均98.3%)の範囲である。減水混合(一次加水率70%、二次加水率30%：ケース1-2)の密度比は、97.4~98.4%(全平均98.1%)の範囲で、一括加水とほぼ同程度である。減水混合(一次加水率40%、二次加水率60%：ケース1-3)の密度比は、97.1~98.2%(全平均97.7%)の範囲で、一括加水より若干低い値を示している。

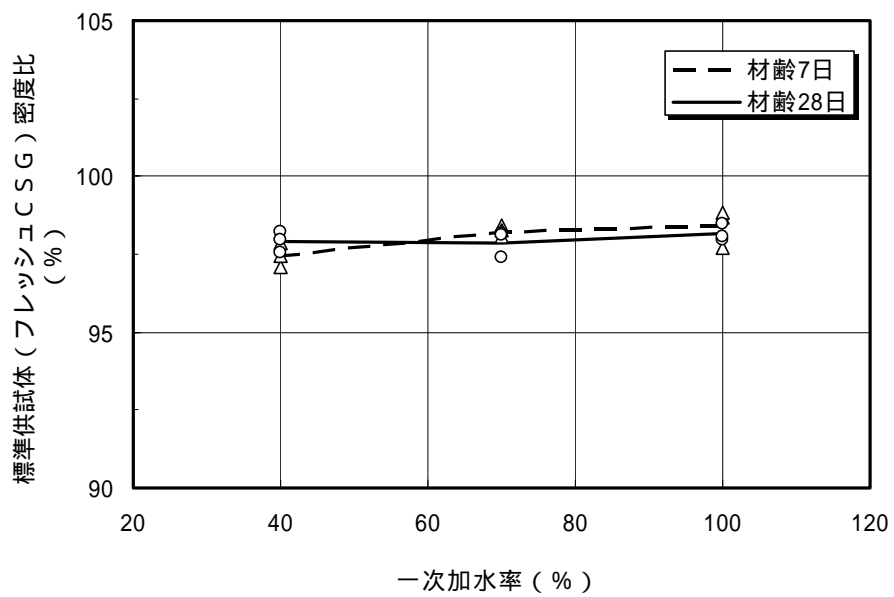
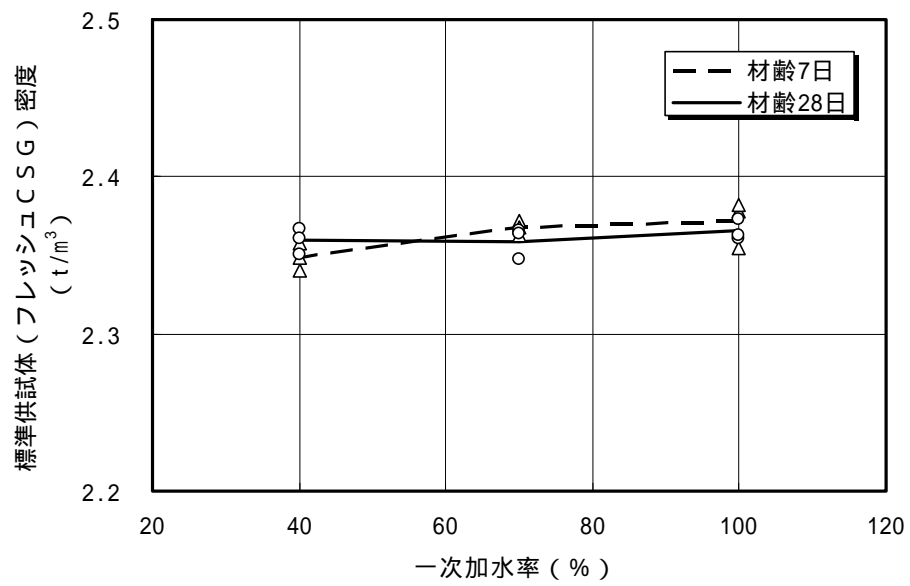


図 4.3.6 減水混合と標準供試体 (フレッシュCSG) の密度・密度比 ()

標準供試体（硬化CSG）の外観、密度、圧縮強度

減水混合と標準供試体評価点の関係を図4.3.7に示す。また、減水混合と標準供試体密度、密度比、圧縮強度の関係を図4.3.8に示す。

・ 標準供試体（材齢7日、28日用）の評価点

一括加水（一次加水率100%：ケース1-1）は、4.5～4.8（全平均4.7）の範囲で高い評価点を示している。減水混合（一次加水率70%、二次加水率30%：ケース1-2）は、4.3～4.6（全平均4.4）の範囲で、良好な外観を示しているが一括加水より若干低い値を示している。減水混合（一次加水率40%、二次加水率60%：ケース1-3）は、3.9～4.2（全平均4.1）の範囲で、やや不良な外観を示す供試体もあり、一括加水と比べて低い値を示している。

・ 標準供試体（材齢7日、28日用）の密度比

一括加水（一次加水率100%：ケース1-1）は、97.0～98.7%（全平均97.6%）の範囲である。減水混合（一次加水率70%、二次加水率30%：ケース1-2）は、97.1～97.8%（全平均97.6%）の範囲で、一括加水と同程度である。減水混合（一次加水率40%、二次加水率60%：ケース1-3）は、96.6～97.4%（全平均97.0%）の範囲で、一括加水より若干低い値を示している。

・ 標準供試体（材齢7日、28日用）の圧縮強度

減水混合（一次加水率70%、二次加水率30%：ケース1-2）は、一括加水（一次加水率100%：ケース1-1）とほぼ同程度の強度となっているが、データに若干のバラツキが見られる。一方、減水混合（一次加水率40%、二次加水率60%：ケース1-3）は、一括加水や減水混合（一次加水率70%、二次加水率30%：ケース1-2）に比べて明らかに低い強度を示し、データにもバラツキが見られる。

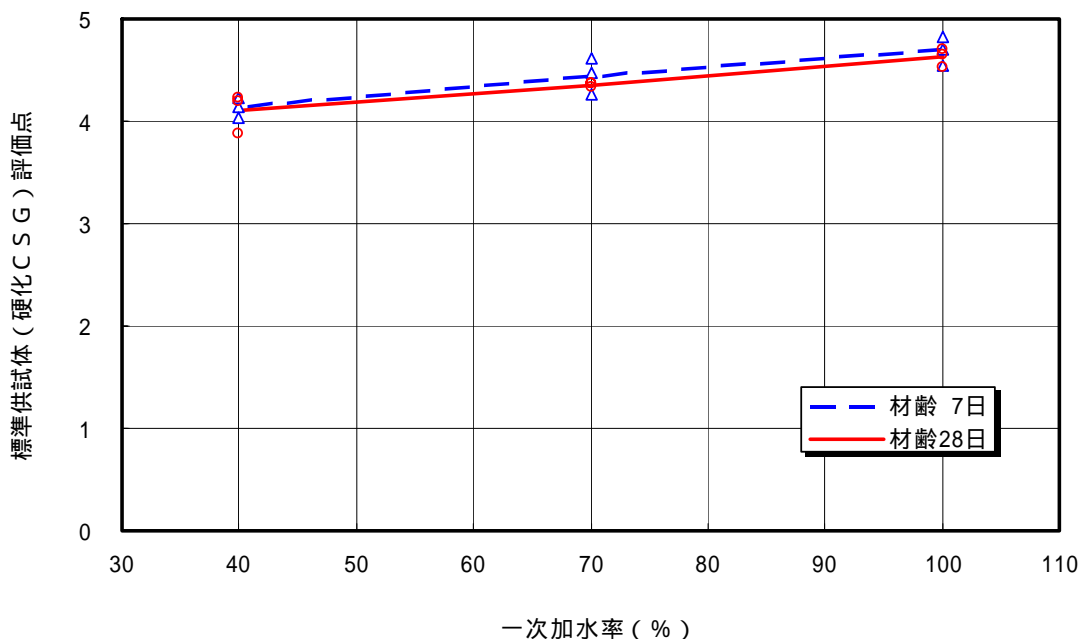


図4.3.7 減水混合と標準供試体（硬化CSG）評価点（ ）

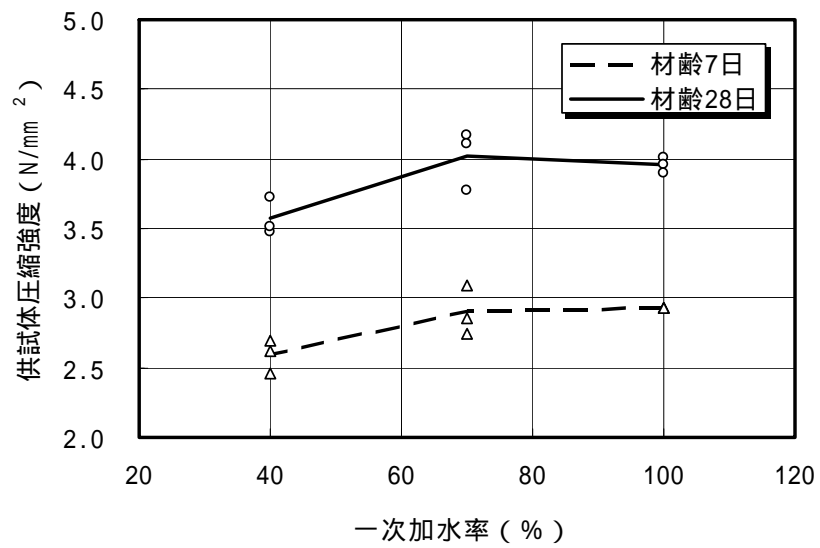
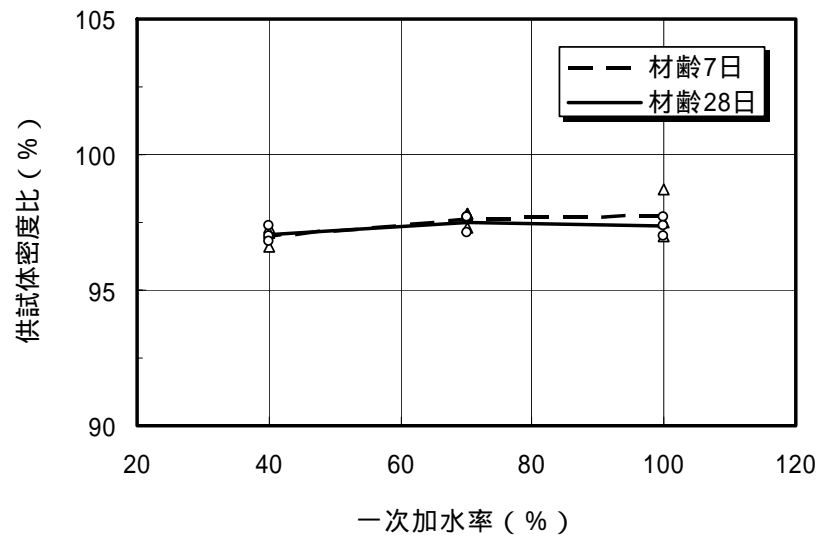
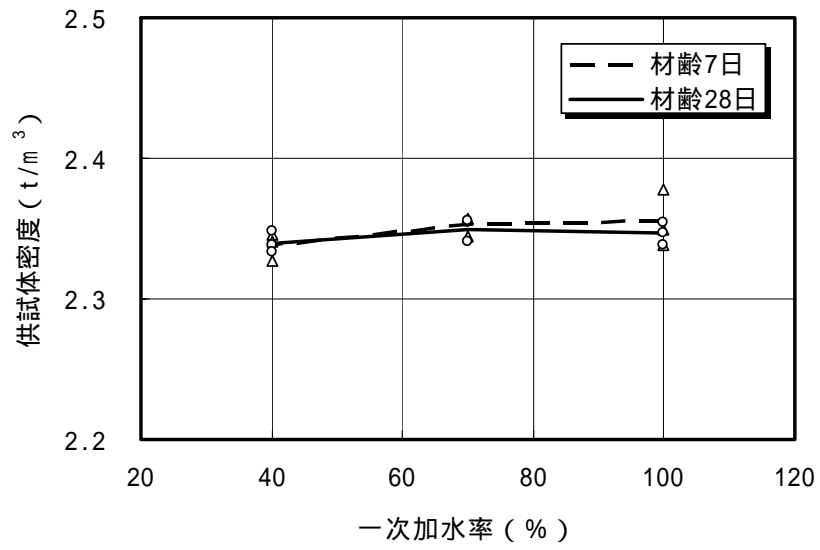


図 4.3.8 減水混合と標準供試体 (硬化CSG) 密度・密度比・圧縮強度 ()

3) 大型供試体CSGの評価点、密度比、圧縮強度

大型供試体全体密度と密度比

大型供試体試験は、フルサイズ試料のCSGを大型供試体型枠に3層に分けて詰め、各層25回突き固めた状態を初期状態とする。これに起振機をセットし、規定締固め時間（総締固め時間60秒）における沈下量からフレッシュCSGの単位容積質量を求め、これを大型供試体全体密度とした。また、大型供試体全体の密度比は、大型供試体全体密度を配合表により求まる理論最大密度（空気量0%）で除した百分率で示される。

一次加水後における締固め時間と締固め密度および締固め時間と密度比の関係をそれぞれ図4.3.9および図4.3.10に示す。締固め時間60秒における一次加水率と締固め密度および一次加水率と密度比の関係をそれぞれ図4.3.11および図4.3.12に示す。

・ 一次加水後における締固め時間と締固め密度および締固め時間と密度比の関係

一括加水（一次加水率100%：ケース1-4-1、1-4-2）および減水混合（一次加水率70%：ケース1-5-1、1-5-2）は、いずれも締固め時間の増加に伴い締固め密度、密度比は大きくなる傾向を示している。一方、減水混合（一次加水率40%：ケース1-6-1、1-6-2）は、15秒締固め以降の締固め密度、密度比の上昇は顕著に見られない。

・ 一次加水率と締固め密度および一次加水率と密度比の関係

一次加水率が減少するにつれて、直線的に締固め密度、密度比が減少している。一括加水（加水量 $W = 128\text{kg}/\text{m}^3$ ）の密度比が、97.5、97.2%に対して、一次加水率40%（加水量 $W = 51\text{kg}/\text{m}^3$ ）は、88.4、88.9%と低い値を示し、明らかにCSGの締固め不足である。

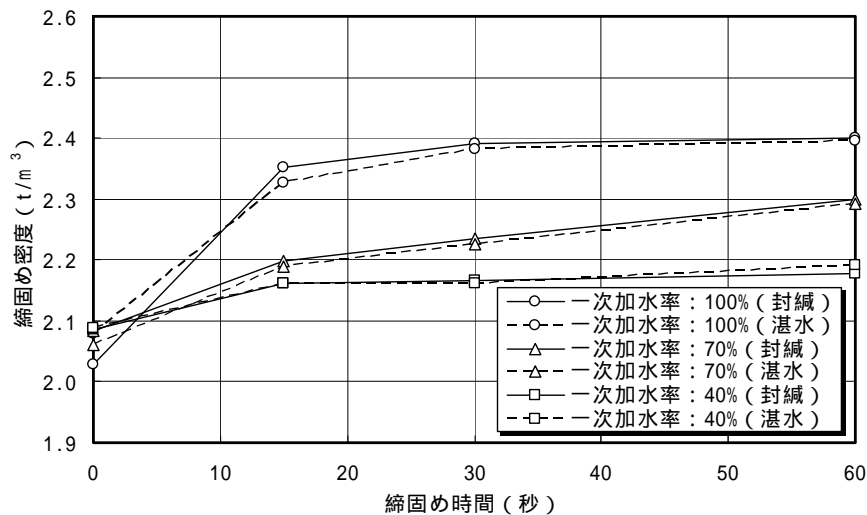


図 4.3.9 締固め時間と大型供試体CSG締固め密度（一次加水後）()

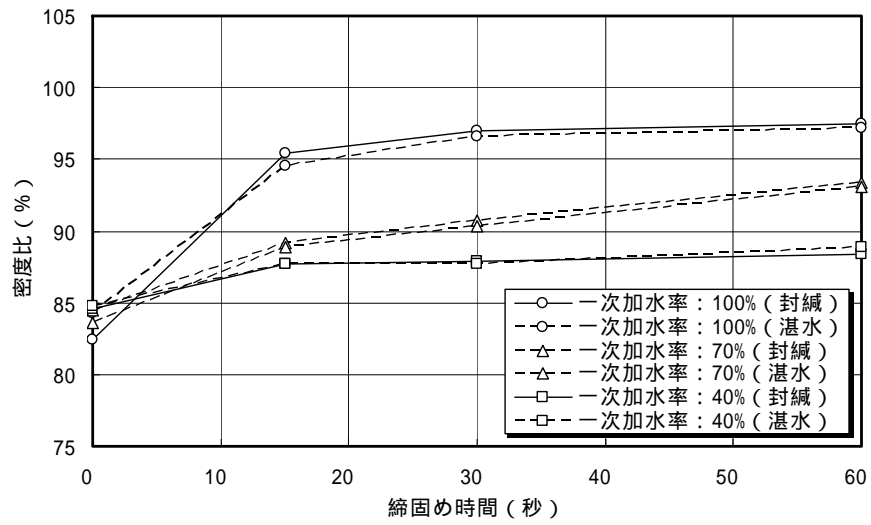


図 4.3.10 締固め時間と大型供試体 C S G 密度比 (一次加水後) ()

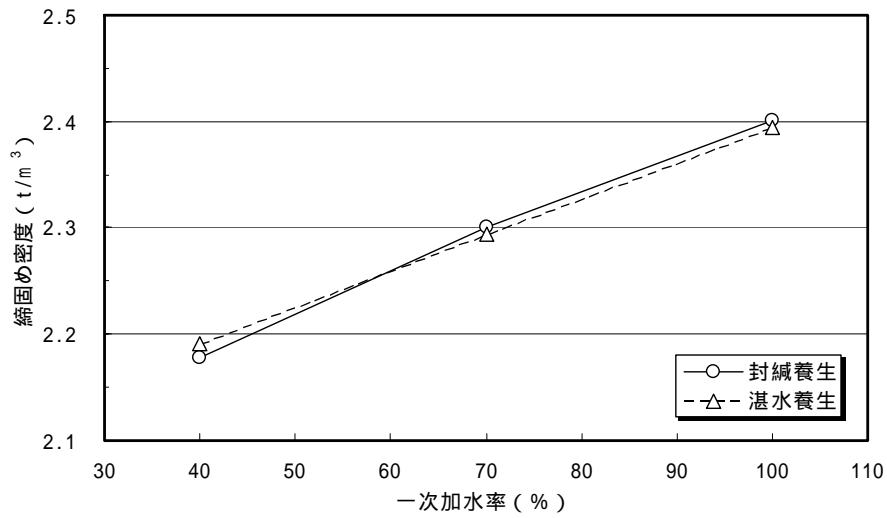


図 4.3.11 一次加水率と大型供試体 C S G 締固め密度 (締固め時間 60 秒) ()

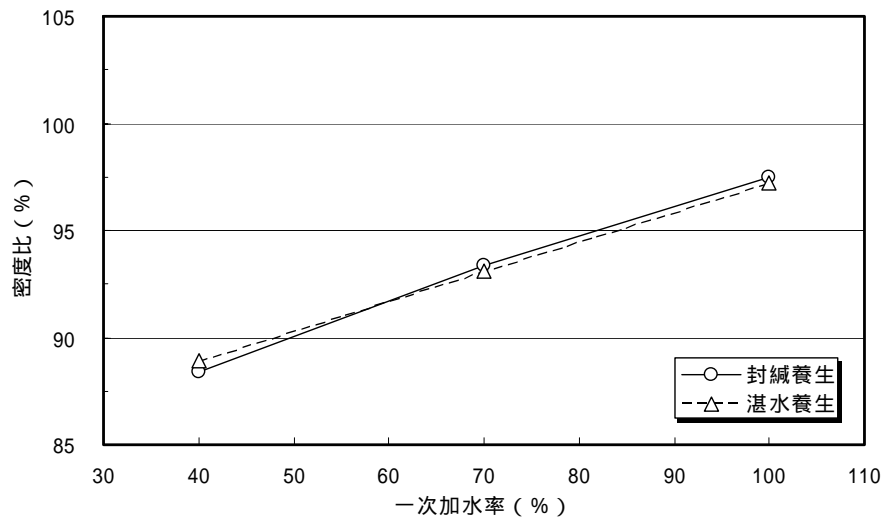


図 4.3.12 一次加水率と大型供試体 C S G 密度比 (締固め時間 60 秒) ()

大型供試体採取コアの外観、密度、圧縮強度

一次加水率と採取コア評価点の関係を図 4.3.13 に示す。一次加水率と採取コア密度、採取コア密度比、採取コア圧縮強度の関係を図 4.3.14 に示す。

・ 一次加水率と採取コア評価点の関係

封緘養生、湛水養生の違いは、一次加水率を変化させても見られなかった。一括加水（一次加水率 100%：ケース 1-4-1、1-4-2）は、4.2~4.7（全平均 4.5）で、高い評価点を示している。減水混合（一次加水率 70%：ケース 1-5-1、1-5-2）は、3.0~3.4（全平均 3.3）で、一括加水に比べて評価点が低い。さらに、減水混合（一次加水率 40%：ケース 1-6-1、1-6-2）は、1.0（全平均 1.0）で、評価点が最も低い極めて不良の結果となっている。このケースの採取コアは、コア採取時に供試体がバラバラとなり、コアの様相を呈していなかったため、採取コア密度、採取コア密度比、採取コア圧縮強度の測定はできなかった。

・ 一次加水率と採取コア密度、採取コア密度比の関係

封緘養生、湛水養生の違いは、一次加水率を変化させても見られなかった。一括加水（一次加水率 100%：ケース 1-4-1、1-4-2）は、採取コア密度 2.38 t/m^3 （平均）、採取コア密度比 96.7%（平均）で、高い締固め密度を示している。減水混合（一次加水率 70%：ケース 1-5-1、1-5-2）は、採取コア密度 2.35 t/m^3 （平均）、採取コア密度比 95.2%（平均）で、一括加水より低い値を示した。減水混合（一次加水率 40%：ケース 1-6-1、1-6-2）は、測定不能である。

・ 一次加水率と採取コア圧縮強度の関係

封緘養生、湛水養生の違いは、一次加水率を変化させても見られなかった。一括加水（一次加水率 100%：ケース 1-4-1、1-4-2）は、 3.6 N/mm^2 である。減水混合（一次加水率 70%：ケース 1-5-1、1-5-2）は、 3.3 N/mm^2 であり、一括加水より低い値を示し、値にバラツキも見られる。減水混合（一次加水率 40%：ケース 1-6-1、1-6-2）は、測定不能である。

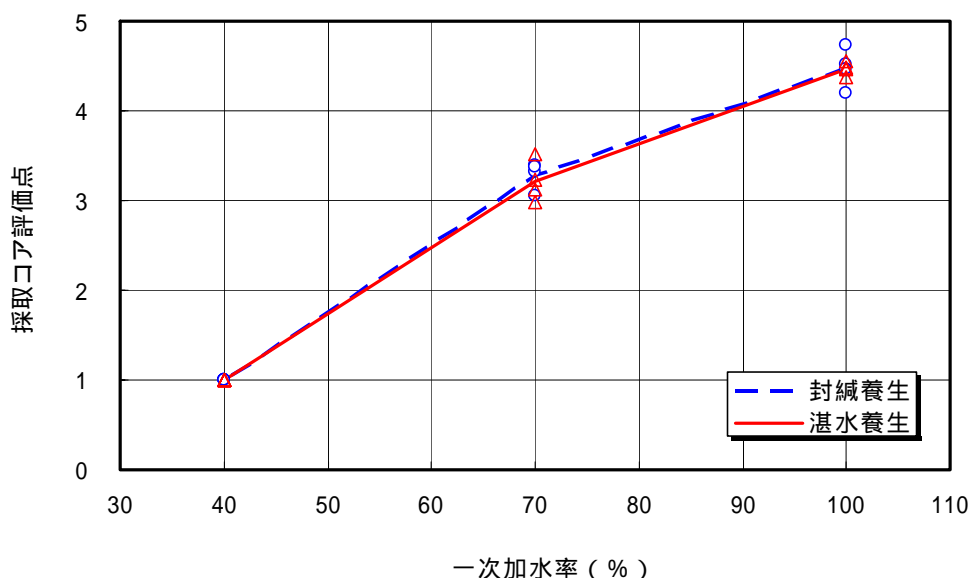


図 4.3.13 一次加水率と採取コア評価点 ()

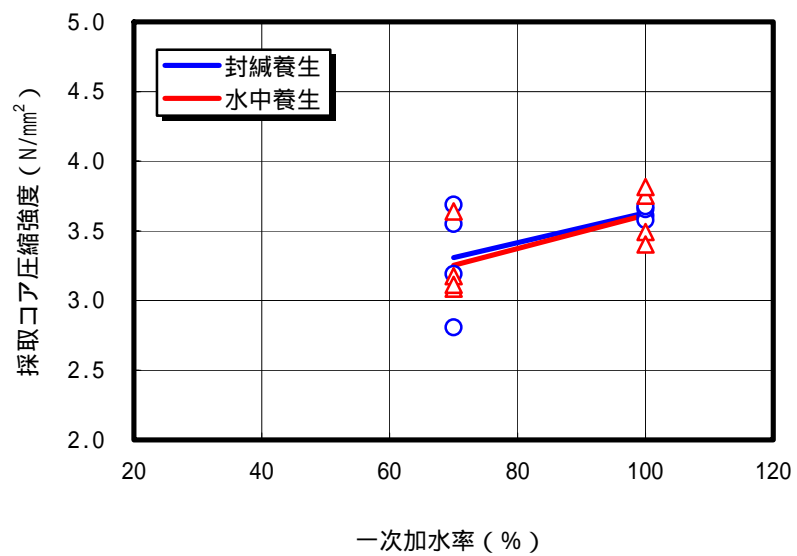
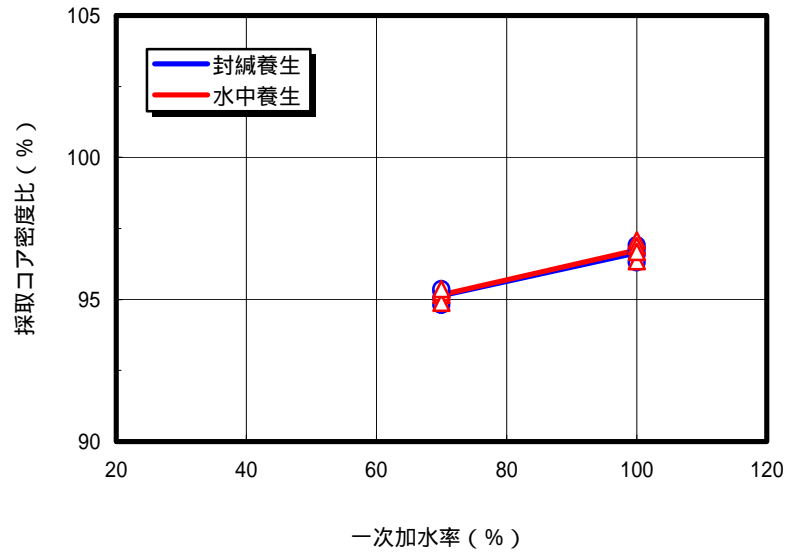
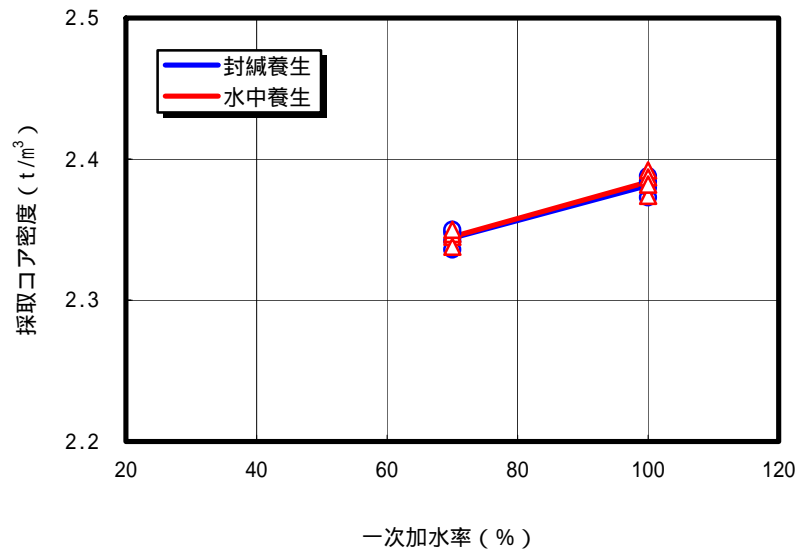


図 4.3.14 一次加水率と採取コア密度、密度比、圧縮強度 ()

(7) まとめ

単位セメント量の少ないCSGの混合時に単位水量を減じ、締固め前に加水して製造したCSGのフレッシュ性状、および強度特性について確認した。

1) CSGのフレッシュ性状

ミキサによるCSGの混合状態は、母材に0.15mm以下の微粒分が多いことから、一括加水（一次加水率100%）の混合では粘性が増し、CSGがミキサ内に多く付着して混合が困難であった。これに対して、減水混合（一次加水率70%、40%）ではCSGがミキサ内に付着することはほとんどなく、混合しやすくなっていた。このことから、一括加水では混合が困難であったが、適切な減水混合を行うことで混合性状は改善された。

減水混合によるCSGの一括加水のVC値は、21、23秒である。減水混合の場合、一次加水後のVC値は計測できなかったが、二次加水後のVC値は、一次加水率70%、二次加水率30%の場合でVC値が22、23秒であり、一括加水のVC値20秒程度まで回復しており、減水混合の効果があらわれている。一方、一次加水率40%、二次加水率60%の場合では、VC値が35、18秒とバラツキが見られ、一括加水のVC値まで回復するに至らなかった。

2) 標準供試体の評価点、密度比、圧縮強度

減水混合の一次加水率70%、二次加水率30%のケースでは、標準供試体評価点、密度比、圧縮強度（以下、標準供試体の品質という）とも、一括加水と同等の標準供試体の品質を示しており、減水混合の効果が認められる。

一方、減水混合の一次加水率40%、二次加水率60%のケースでは、標準供試体の品質は一括加水よりも低下しており、減水混合の効果は認められなかった。

3) 大型供試体の採取コア評価点、密度比、圧縮強度

この試験は、基本配合の単位水量を減じて大型供試体試験を行ったものである。

一括加水（ $W = 128\text{kg/m}^3$ ）のコア評価点は4.5と高い値を示し、コア密度比も97%と高い締固め特性を示している。これに対して、単位水量を減じた一次加水率70%（ $W = 90\text{kg/m}^3$ ）および一次加水率40%（ $W = 51\text{kg/m}^3$ ）のケースでは、単位水量が少ないことによるワーカビリティの低下から供試体の締固めが不足し、採取コアの品質は一括加水に比べて大きく低下した。なお、一次加水率40%のケースでは、コア採取もままならず、密度、圧縮強度の測定はできなかった。

大型供試体作製後に養生方法を封緘養生と湛水養生に分けて実施した。その結果、養生方法の違いによる強度発現に顕著な差は認められず、平成14、15年度に実施した結果と同様であった。

以上の結果より、次のことが言える。

掘削ズリの場合、減水混合を行うと、ミキサ内部でのモルタル分の付着はなくなるものの、二次加水後のVC値は大きくなる。しかし、それによって締固めが悪くなることはなく、密度比や圧縮強度は一括加水の場合とあまり変わらない。このことから、この材料に関しては、減水混合を実施するほうが有利であると言える。

河床砂礫A、Bの場合、減水混合を行うと、VC値は小さくなる傾向が見られる一方、圧縮強度も小さくなる傾向が見られる。したがって、この材料のように一括加水による混合が可能なCSGは、減水混合を行わないで施工するほうが、CSGの品質としても製造設備の経済性としても有利であると言える。

このように、材料によって減水混合の効果が異なる理由は、次のように考えられる。

そもそも減水混合は、通常の場合は混合効果を悪くする混合方法であると考えられる。それは、ミキサ等の混合機によって混合するほうが混合効果がよいのに対し、二次混合は混合機以外の手段（この試験においてはスコップによる切返し）で混合するためである。

しかし、この試験における掘削ズリは、微粒分が極めて多いためにミキサにおける混合効果が悪い材料であり、一括加水では十分な混合ができない。そこで減水混合を行えばミキサにおける混合効果は一次混合としては改善されるものの、二次混合の混合効果は前述のとおり悪いものであるため、最終的には十分に混合されていないCSGになるものと考えられる。このため、一括加水による混合も、減水混合も、同じ程度に十分に混合されていないCSGとなり、これによって密度比や圧縮強度があまり変わらないものになったものと考えられる。なお、一括加水のほうがVC値が小さくなった理由は不明であるが、この掘削ズリの微粒分は粘土質を多く含むことから、加水の回数や、加水からVC試験を実施するまでの時間等の違いによって、粘土への水の浸透に差が生じ、このような結果につながったことが考えられる。このように、CSGの材質による適切な減水混合方法の検討は、今後の課題と考えられる。

一方、河床砂礫は、減水混合における二次混合の混合効果が悪いため、一次加水率を小さくすると圧縮強度が低下する傾向が見られたものと考えられる。また、一括加水よりも減水混合のほうがVC値が小さくなるのは、減水混合により十分に混合されていない水があるために、VC試験においてそのような水がすばやく上昇するためと考えられる。