

徳島大学大学院 学生会員 ○坂本 侑士
 徳島大学工学部 フェロー会員 水口 裕之
 (株)セイア 牛尾 仁
 徳島大学工学部 正会員 石丸 啓輔

1. はじめに

CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法は、現地発生土砂を有効利用することで資源の再利用を図り、設備の簡易化によるコスト縮減や工期短縮、さらには自然環境の保全に寄与する工法である。

本研究では、徳島県那賀川上流域での建設を想定した砂防CSGダム用材料の配合を決定し、その硬化特性の確認を目的とした。ダムに土砂が堆積するのを防ぐための砂防ダムを、ダムの堆積土砂で構築することを想定したが、現地発生土砂だけでは細粒分が不足し、目標とした配合を得ることができなかった。そこで、フライアッシュの産地である阿南市に近いという立地条件を生かし、細粒分の補助としてフライアッシュを使用したものについて検討した。

2. 実験概要

2.1 試験項目と要求性能

本研究における試験項目と要求性能を表-1に示す。

各試験は、呼び寸法 40mm のふるいでウェットスクリーニングを行った後に実施した。

通常の場合砂防CSGダムで用いられる配合は、ゼロスランプが一般的であるが本研究では、小規模なダムでの耐久性も確保するという観点から 3~8cm とした。

空気量に関する要求性能は基本的にはないが、混和剤を用いた場合のみ $4 \pm 1\%$ とした。

供試体は $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の円柱供試体を用いた。

圧縮強度の要求性能は、砂防CSGダムの目標強度レベルIV¹⁾に相当する(材齢28日で $6.0 \sim 18.0\text{N/mm}^2$)とした。

2.2 使用材料

細骨材および粗骨材として、那賀川水系坂州木頭川追立ダム(砂防ダム)の堆積土砂を使用した。この現地発生土砂は、粗骨材最大寸法を 80mm とし全量使用した。また土砂は表乾状態で用いた。現地発生土砂のふるい分け試験、密度試験結果より現地発生骨材のうち 5mm 以下の骨材は全体の 26.5%であった。また、現地発生土砂の物性値を表-2に示す。

セメントは高炉セメントB種を、フライアッシュはII種フライアッシュを、また、混和剤としてはAE剤を使用した。

2.3 配合

表-3に本研究で用いた配合を示す。配合名のプレーンはプレーンコンクリートを、AEはAE剤を混入したものを意味する。35, 40といった数字は、現地発生土砂のみでの細骨材の割合を 26.5%に固定し、5mm以下の現地発生土砂とフライアッシュを加えたものを細骨材とみなしたときの細骨材率が 35および40%とした値を表す。

なお、AE-35という配合は、AE剤を用いて空気量を $4 \pm 1\%$ とした配合である。

表-1 試験項目及び要求性能

試験項目	要求性能
スランプ試験	3~8cm
空気量試験	(一部 $4 \pm 1\%$)
圧縮強度試験	材齢28日で $6.0 \sim 18.0\text{N/mm}^2$
静弾性係数試験	—

表-2 物性値

分級(mm)	0~5	5~20	20~40	40~80
表乾密度 (g/cm^3)	2.73	2.73	2.74	2.74
絶乾密度 (g/cm^3)	2.68	2.70	2.72	2.71
吸水率(%)	1.96	1.07	1.01	1.12

表-3 配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
			W	C	FA	現地発生土砂(mm)				AE
						0~5	5~20	20~40	40~80	
プレーン35	73	35	146	200	182	516	777	238	389	-
プレーン40	80	40	160		293	405	700	233	339	
AE-35	70	35	140		183	520	783	239	392	0.17

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

図-1に圧縮強度試験結果を示す。プレーン 35, プレーン 40, AE-35 の配合において、材齢 28 日における圧縮強度がそれぞれ 22.8, 22.2, 18.3 N/mm² となり、どの配合においても、本研究での要求性能である砂防 CSG ダムの目標強度レベルⅣ（材齢 28 日における圧縮強度 6.0～18.0 N/mm²）を十分に満たしている。これは単位セメント量がどの配合においても 200 kg/m³ であったことに加え、フライアッシュを多量に加えることにより空気量が 0.9～1.2% と空隙が少なく、コンクリートが密になったことが要因だと思われる。強度面からはレベルⅤおよびレベルⅥに適用できるものとなっており、本実験で用いた配合では、レベルⅤおよびレベルⅥの性能である耐凍結融解性や耐摩耗性が要求される場合にまで適用できる可能性が考えられる。

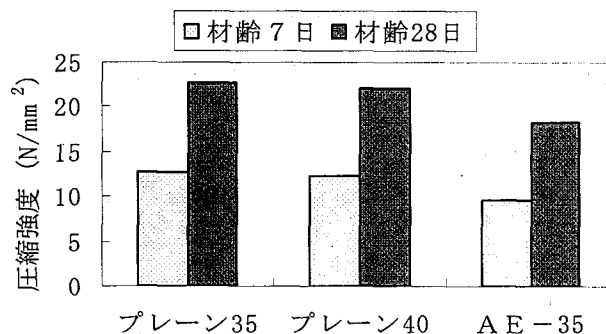


図-1 圧縮強度試験結果

3.2 静弾性係数

図-2に静弾性係数試験結果を示す。プレーン 35, プレーン 40, AE-35 の配合において、材齢 28 日における静弾性係数がそれぞれ 26.5, 25.6, 22.6 GPa であったのに対し、菱形で示した $E_c = 8500 f_c^{1/3}$ で求めた計算値はそれぞれ 24.1, 23.9, 22.3 GPa となり、どの配合においても計算値の方が小さくなっている。これは本研究で使用した骨材が片岩系であり密度が 2.74 g/cm³ と比較的大きく、骨材自身の弾性係数が大きかったこと、細骨材率が低いことなどが原因であると考えられる。

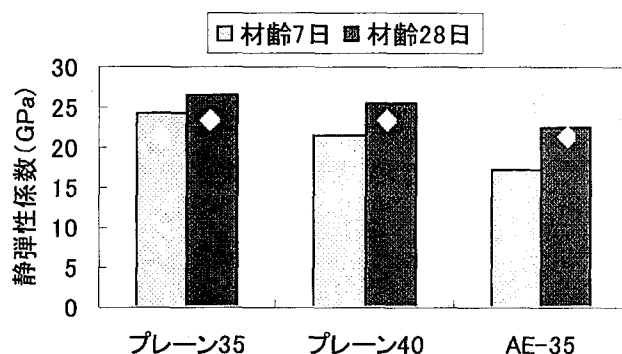


図-2 静弾性係数試験結果

4. まとめ

細骨材の補助としてフライアッシュを加えフライアッシュも細骨材とみなしたときの細骨材率が 35 および 40% となる配合のプレーン 35, プレーン 40 は、材齢 28 日での圧縮強度がそれぞれ 22.8, 22.2 N/mm² となり、本研究の目標強度である、CSG ダムの目標強度レベルⅣ（材齢 28 日での圧縮強度 6.0～18.0 N/mm²）を満たす結果が得られた。したがって、レベルⅤの性能である、耐凍結融解性や耐摩耗性が要求される場合にまで適用できる可能性が考えられる。また、強度的にはレベルⅥも満足している。

AE 剤を用い空気量を 4.5% とした AE-35 においては、フライアッシュの混入量が多量となるため、AE 剤の使用量は、セメント質量比に換算した場合、一般的なコンクリートなどに対する使用量の約 40 倍となり、コストアップが考えられるが、目標強度レベルⅣを満足しており、凍結融解抵抗性が要求される場合にも使用できる可能性がある。

また、プレーン 40 では、フライアッシュの混入量が多く、粘性が高くなり扱いづらい面があったが、プレーン 35 では、適切な範囲の粘性と判断できた。

参考文献

- 1) 砂防ソイルセメント活用研究会；砂防ソイルセメント活用ガイドライン, 鹿島出版会, pp.4・20, 2002.