

コンクリートダムにおけるフライアッシュの品質に対応した混和剤の効果について

清水建設（株） 正会員 ○山口 浩 平塚 毅 正井 洋一
ポゾリスソリューションズ（株） 福島 和将 山田 賢史

1. はじめに

コンクリートダムでは、温度応力制御や長期の耐久性向上を目的としてフライアッシュセメントが使用されることが多い。フライアッシュは各々のダムにおいて供給が可能な石炭火力発電所の製品が使用されることが多く、JIS A 6201 に規定されるフライアッシュⅡ種以上のものが一般的に使用される。一方、同じ JISⅡ種相当でも、未燃カーボン量の変動に起因する品質のバラつきが空気量等に影響し、未燃カーボン量が多い場合、それらが AE 剤を吸着することでコンクリートへの微細気泡の導入が困難となり、経時的なロスも大きくなる。また、フライアッシュセメントの特性上ブリージング量が大きくなる傾向にあり、ブリージング水により耐凍害性に寄与する微小径の気泡の破碎・合一が進み、凝結過程に気泡間隔係数が大きくなることで耐凍害性が低下することが知られている¹⁾²⁾。特にダムにおいては凍結融解作用が顕著でない地方であっても、気温が低く日格差の大きい山間部に位置することが多いため、空気量不足による凍害発生が懸念される。

未燃カーボン量の対策として、ポリカルボン酸系 AE 減水剤(高機能 AD)の使用やフライアッシュ用 AE 剤(FA 用 AE 剤)が使用されたケースが報告されているが³⁾、ダムコンクリートではまだ使用例は少ない。本稿では、未燃カーボン量の多いフライアッシュの空気量への影響と、その対策として混和剤を用いることによる効果を検証した。

2. 試験項目

試験項目の一覧を表-1 に示す。フレッシュ時では空気量の経時変化を確認し、ブリージング量の比較を行った。硬化後は硬化後空気量の測定並びに気泡分布の測定を実施した。

3. 使用材料・配合

使用材料を表-2 に、配合を表-3 に示す。フライアッシュには JISⅡ種

表-1 試験項目一覧

試験項目	試験規格	目標値	備考
空気量	JIS A 1128	4.3±1.0% (G _{max} 80mm 換算 3.5%)	G _{max} 40mm 骨材配合 30 分毎の経時変化
		5.4±1.0% (G _{max} 80mm 換算 3.5%)	G _{max} 20mm 骨材配合
コンクリート温度	JIS A 1156	5～25℃	
ブリージング試験	JIS A 1123	—	
硬化後空気量測定	ASTM C457	—	Φ150×300、 G _{max} 20mm 骨材配合
硬化後気泡分布測定	ASTM C457	—	Φ150×300、 G _{max} 20mm 骨材配合

表-2 使用材料一覧

材料	製品名	物性代表値
C：セメント	中庸熟ポルトランドセメント	密度：3.21g/cm ³
F：フライアッシュ	フライアッシュⅡ種	密度：2.30g/m ³ メチレンブルー吸着量：0.84mg/g
W：練混ぜ水	地下水	
S1：砕砂	丸岡町九頭竜川	表乾密度：2.65g/m ³
S2：細砂	あわら市北潟産	表乾密度：2.56g/m ³
G1 砂利(40mm)	丸岡町九頭竜川	表乾密度：2.64g/m ³
G2 碎石(20～13mm)	丸岡町九頭竜川	表乾密度：2.65g/m ³
G3 碎石(13～5mm)	丸岡町九頭竜川	表乾密度：2.65g/m ³
混和剤	①AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物
	②高機能 AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物と ポリカルボン酸エーテルの複合体
	①AE 剤	変性ロジン酸化合物系イオン界面活性剤
	②フライアッシュ用 AE 剤	高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と 非イオン界面活性剤の複合体

表-3 配合表

G _{max} (mm)	SL (cm)	Air (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								AE 減水剤 (C×%)	AE 剤 (A)
					W	C	F	S1	S2	G1	G2	G3		
40	3.0	4.3	54.0	40.0	114	148	63	490	315	488	440	294	①1.0 ②0.6	①50②12.5 ①50②12.5
20	—	5.3	54.7	52.7	140	180	76	602	387	—	541	360	①1.0 ②0.6	①47②7.5 ①38②9.0

キーワード ダム, 凍害, フライアッシュ, メチレンブルー吸着量, 高機能 AE 減水剤, フライアッシュ用 AE 剤
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 1 6 - 1 清水建設（株）土木技術本部 山口 T E L 03-3561-3915

品を用い、未燃カーボン量の目安としてメチレンブルー吸着量が高い製品を用いた。配合は、最大骨材寸法 80mm のダムコンクリートの配合から 40mm 以上をウェットスクリーニングしたことを想定した配合を作成した。また、硬化後試験用に同様に骨材寸法 20mm 配合も作成した。混和剤にはダムで一般的に使用される混和剤に対して、高機能 AD と FA 用 AE 剤を使用したケース、また併用したケースを比較した。

4. 試験結果

【フレッシュ時試験】空気量減少の経時変化を図-1 に示す。高機能 AD, FA 用 AE 剤を、従来の組み合わせ(AE 減水剤①+AE 剤①)に各々単独で代替したケースでは、顕著な差は見られなかったが、両混和剤を併用したケース(AE 減水剤②+AE 剤②)は、空気量減少の抑制効果が見られた。ブリージング試験結果を図-2 に示す。ブリージング量は従来の組み合わせに対して、FA 用 AE 剤ならびに、高機能 AD を使用したケースにブリージング抑制効果が見られた。併用したケースでは逆にその抑制効果が減少する傾向が見られた。

【硬化後試験】硬化後空気量と気泡間隔係数の試験結果を図-3 に、気泡径の分布を図-4 に示す。従来の混和剤の組み合わせが最も空気量の減少が大きい結果であった。高機能 AD, FA 用 AE 剤を各々単独で代替したケースでは空気量減少も抑制され、微小径気泡が維持され気泡間隔係数の改善も見られた。一方、併用したケースでは、硬化後空気量が最も大きいにも関わらず気泡間隔係数が上昇する傾向が見られた。気泡分布から、径が大きい気泡が増えていることが分かる。要因は定かではないが、ブリージング量が増加した影響より、微小径気泡が合一した可能性が考えられる。

5. まとめ

ダムコンクリートにおける高機能 AD 並びに FA 用 AE 剤の空気量維持効果が確認され、フライアッシュ品質対策の一つとしての可能性が示唆された。一方それらを併用することで、耐凍害性に寄与するとされる微小径気泡が、従来の組み合わせより増加するものの、各々代替したケースより減少する現象が見られた。これらの要因の解明は今後の課題である。本結果が今後のダム工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 坂田昇、菅俣匠、林大介、橋本学：中庸熟フライアッシュセメントを用いたコンクリートの耐凍害性に及ぼす凝結過程の空気量変化の影響、コンクリート工学論文集、Vol. 22、No. 3、pp. 47、2011. 9
- 2) 坂田昇、菅俣匠、林大介、橋本学：コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察、コンクリート工学論文集、Vol. 23、No. 1、pp35～47、2012. 1.
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー132 循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術、pp. 41～42、2009. 9

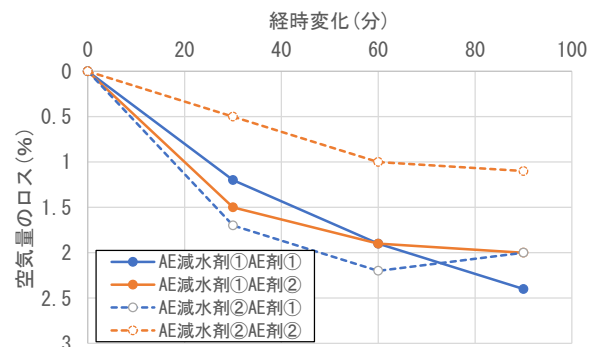


図-1 空気量減少の経時変化

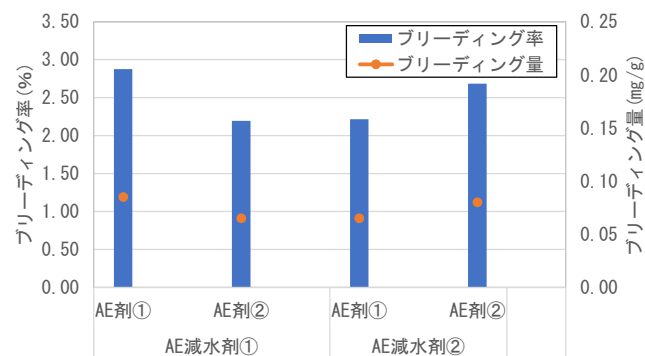


図-2 ブリーディング試験結果

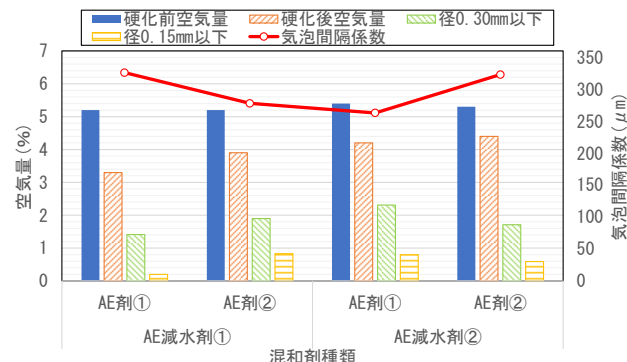


図-3 硬化後空気量と気泡間隔係数

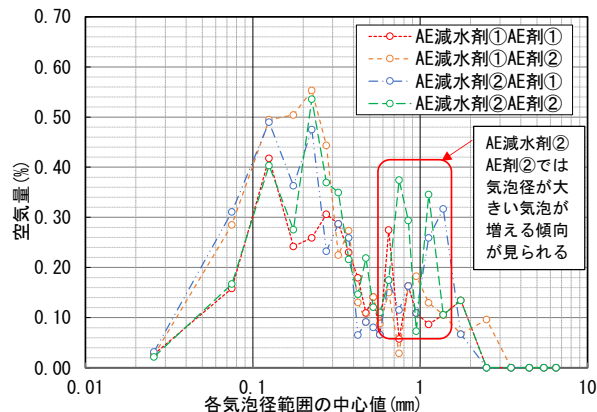


図-4 硬化後空気量の気泡分布