

混和剤，フライアッシュの種類がダムコンクリートの品質に及ぼす影響

(株)熊谷組 正会員 ○佐藤 英明

(株)熊谷組 梅田 秀典

(株)フローリック 榎本 五郎

1. まえがき

ダムコンクリートは、所要の単位容積重量と強度を有すると共に、発熱量が小さく、施工性・経済性に優れたコンクリートであるが、今後大量かつ良質な骨材の確保が難しくなる趨勢にあるため、所要性能・品質の確保はより重要な課題となるものと考えられる。そこで本研究では、特に高い水密性・耐久性が要求される外部コンクリートに対して、高性能あるいは高機能な性能を有する AE 減水剤による強度増大の可能性、ならびにフライアッシュの種類がダムコンクリートの品質に及ぼす影響について考察を加えたものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは中庸熟ポルトランドセメントとし、フライアッシュについては3銘柄（何れもⅡ種）を使用した。細骨材は山砂、粗骨材は最大寸法 80mm の碎石を用いた。混和剤は AE 減水剤（遅延形）を標準とし、高機能タイプの AE 減水剤および高性能 AE 減水剤をそれぞれ使用した。なお、空気量の調整には AE 助剤を用いた。表-1 に、試験に使用した各材料の種類および仕様・品質を示す。

また、試験に用いた外部コンクリートの配合は、中規模のコンクリートダムの一般的な配合を参考に、単位結合材量を 210kg/m³、フライアッシュの置換率は 30%とし、目標スランプは 3±1cm、目標空気量は 3.5±1%とした。表-3 に、外部コンクリートの基本配合を示す。

2.2 試験方法および試験ケース

コンクリートの練り混ぜには 100ℓ の二軸強制練りミキサを用い、練混ぜ時間は 90 秒とした。試験項目としては、フレッシュコンクリートの性状試験(JIS A 1101, JIS A 1128)、圧縮強度試験(JIS A 1108)に加えて、一部の試験ケースについては凍結融解試験(JIS A 1148：A 法)、凝結時間試験(JIS A 1147)ならびに自己収縮試験を行った。なお、凍結融解試験は 25mm ふるいで、圧縮強度および自己収縮試験は 40mm ふるいでウェットスクリーニングした試験料を用いた。表-2 に、試験ケースの一覧を示す。

3. 試験結果

3.1 AE 減水剤の違いによる単位水量の低減効果

表-4 に、各試験ケースにおける配合、フレッシュコンクリート、圧縮強度、ならびに凝結時間、自己収縮ひず

表-1 使用材料の種類および仕様・品質

セメント	中庸熟ポルトランドセメント (比表面積:3,370cm ² /g, 密度:3.21g/cm ³)
混和材 (フライアッシュⅡ種)	A社製(比表面積:3,990cm ² /g, 密度:2.31g/cm ³ , メチレンブルー吸着量:0.30mg/g) B社製(比表面積:3,860cm ² /g, 密度:2.23g/cm ³ , メチレンブルー吸着量:0.45mg/g) C社製(比表面積:4,000cm ² /g, 密度:2.33g/cm ³ , メチレンブルー吸着量:0.28mg/g)
細骨材	山砂(密度2.54g/cm ³ , 吸水率2.06%, 粗粒率2.64)
粗骨材	80～40mm 碎石(密度2.59g/cm ³ , 吸水率0.47%)
	40～20mm 碎石(密度2.57g/cm ³ , 吸水率1.03%)
	20～5mm 碎石(密度2.56g/cm ³ , 吸水率1.38%)
混和剤	Ad-1 : ①AE減水剤(リグニンスルホン酸塩・オキシカルボン酸塩化合物, 遅延形) ②AE減水剤(高機能タイプ)(“ ”) ③高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系化合物) Ad-2 : AE助剤(空気連行剤)

表-2 試験ケース

試験 ケース	フライアッシュ			混和剤			試験項目			
	A社製	B社製	C社製	AE減水剤	AE減水剤 (高機能タイプ)	高性能 AE減水剤	圧縮 強度	凍結 融解	凝結 時間	自己 収縮
A-0	○			○			○	○	○	○
A-1	○				○		○	○	○	○
A-2	○					○	○	○	○	○
H-0		○		○			○	○		
H-1		○			○		○			
H-2		○				○	○	○		
J-0			○	○			○			
J-1			○		○		○			
J-2			○			○	○	○		

表-3 コンクリートの基本配合

配合 区分	配合条件					単 位 量(kg/m ³)								
	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水結合材比 W/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	水 W	結合材 C+F		細骨材 S	粗骨材 G			混和剤	
							セメント C	フライアッシュ F		80mm ～40mm	40mm ～20mm	20mm ～ 5mm	Ad-1	Ad-2
外部	80	3±1	3.5±1	51.4	28	108	210		534	521	350	421	2.1	0.038
							147	63						

*) Ad-1: AE減水剤(リグニンスルホン酸塩・オキシカルボン酸塩化合物, 遅延形)、Ad-2: AE助剤(空気連行剤)。

表-4 試験結果

試験 ケース	フライアッシュ	混和剤			AR助剤 A(C× 0.002%)	配 合			フレッシュコンクリート性状			圧縮強度 (kg/m ³)			凝結時間 ^{*2)} (h-m)		自己収縮 ひずみ
		Ad-1(C×%)		Ad-2		単位 水量 (kg/m ³)	W/(C+F) (%)	(C+F)/W (%)	コンクリート 温 度 (℃)	スランプ [°] (cm)	空気量 ^{*1)} (%)	7日	28日	91日	始発	終結	
		A E 減水 剤	タ イ 高 機 能 プ 能	高 性 能 A E													
A-0	A社製	1.0			9A	108	51.4	30.30	20.3	2.3	3.3	10.5	24.8	38.7	7:15	9:10	22×10 ⁻⁶
A-1			1.0		9A	104	49.5	32.26	21.0	2.5	3.1	11.1	25.2	40.3	8:00	10:15	33×10 ⁻⁶
A-2				0.7	9A	101	48.1	28.57	20.6	3.1	3.5	11.5	24.7	41.3	6:45	8:15	28×10 ⁻⁶
H-0	B社製	1.0			15A	108	51.4	29.41	20.0	2.6	3.4	9.3	22.1	37.9	—	—	—
H-1			1.0		15A	104	49.5	35.71	20.3	2.3	2.8	10.9	24.3	41.6	—	—	—
H-2				0.7	18A	103	49.0	34.48	20.0	2.8	2.9	11.2	27.0	41.7	—	—	—
J-0	C社製	1.0			10A	108	51.4	22.73	20.6	3.5	4.4	10.3	23.1	38.0	—	—	—
J-1			1.0		8A	104	49.5	28.57	20.6	2.2	3.5	11.2	22.9	42.4	—	—	—
J-2				0.7	6A	101	48.1	26.32	20.6	2.3	3.8	11.7	26.0	42.8	—	—	—

*1) 空気量はフルサイズ換算。

*2) 養生温度は20°C。

みの試験結果を示す。標準の AE 減水剤に対し、減水性能の高い AE 減水剤を用いれば、フライアッシュの銘柄にかかわらず同一ワーカビリティのもとで単位水量を 4~7%程度低減できることが明らかとなった。また、AE 減水剤の種類を変えると凝結時間がやや増減するが、水結合材比の低減にもかかわらず自己収縮ひずみの増加はごく僅かであった。

3.2 AE 減水剤の違いによる強度特性への影響

いずれのフライアッシュを使用したコンクリートにおいても性能の高い AE 減水剤を用いれば単位水量がほぼ同程度低減でき、圧縮強度も増大できるが、(C+F)/W と圧縮強度の関係(図-1)によれば、フライアッシュの銘柄によって強度の増大傾向にやや違いが見られた。

3.3 フライアッシュの違いによる耐凍害性能

図-2 および図-3 に、それぞれ凍結融解サイクルと相対動弾性係数および重量減少率の関係を示す。図-2 によれば、何れの配合においても、外部コンクリートとしての耐久性には問題がないことが分かるが、性能の高い AE 減水剤の使用による強度の増大に比べて凍結融解に対する抵抗性の向上はさほど見られない。特に、高性能 AE 減水剤で強度が増大したにも関わらず H-2 の相対動弾性係数の低下割合が大きい。図-3 によれば明らかに B 社製のフライアッシュを用いた場合(H シリーズ)の重量減少率が大きい傾向を示した。

B 社製のフライアッシュは、他社に比べてメチレンブルーの吸着量が多く、AE 助剤も 1.5~2 倍必要であったため、未燃炭素量などのフライアッシュの品質がコンクリートの耐凍害性能に大きく影響するものと考えられる。

4. まとめ

粉体量の少ないダムコンクリートにおいても、性能の高い AE 減水剤を使用することで、単位水量を低減でき、強度の増大を図ることはできるが、耐久性の向上には良質なフライアッシュを用いることが重要であることが明らかとなった。

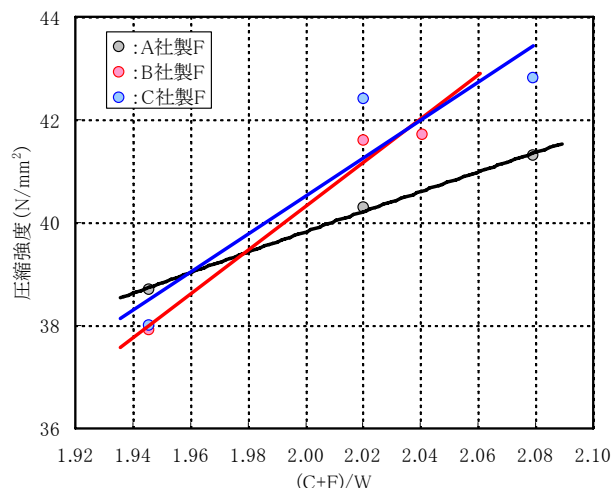


図-1 (C+F)/W と圧縮強度の関係

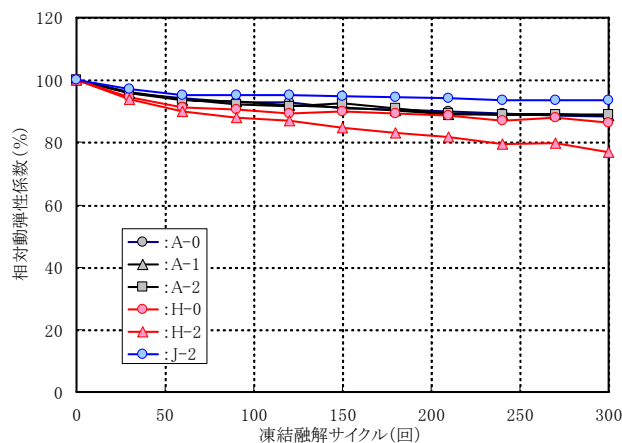


図-2 凍結融解サイクルと相対弾性係数の関係

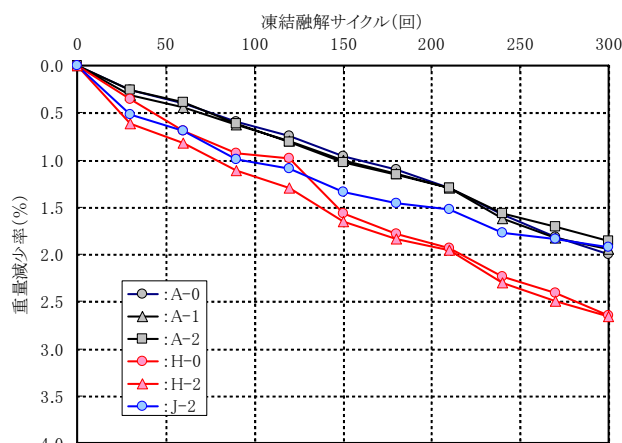


図-3 凍結融解サイクルと重量減少率の関係