

ダムコンクリートの凍結融解特性に関する一考察

(株)熊谷組 正会員 ○佐藤 英明
高知高専 正会員 横井 克則
徳島大学大学院 学生員 三浦 健太
(株)セイア 牛尾 仁

1. まえがき

施工性・経済性に優れたダムコンクリートは、発熱量が小さく所要の単位容積質量と強度を有すると共に、特に外部コンクリートについては高い水密性・耐久性が要求される。このうち、耐久性の指標のひとつとして凍結融解抵抗性があるが、コンクリートの凍結融解試験法に準拠して求めた相対動弾性係数（300 サイクル）が 60%より十分大きい必要があるとされている。一方、一般的なコンクリートにおける凍結融解試験の開始材齢は 28 日で行われるが、2007 年制定コンクリート標準示方書ダムコンクリート編では試験開始材齢は 91 日と長期材齢が標準とされており、実施工上における現場では工程上の制約・負荷が大きい。

そこで本研究では、ダムコンクリートの凍結融解試験の開始材齢を 28 日、56 日ならびに標準の 91 日とした場合における耐久性への影響について考察を加えたものである。なお、一般的な外部コンクリートの配合に併せて、高性能 AE 減水剤によって単位水量を低減した配合¹⁾についても検討を加えた。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは、中庸熱ポルトランドセメントにフライアッシュⅡ種 30%置換したものを使用した。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、高性能 AE 減水剤によって単位水量を低減した配合についても試験を行った。なお、空気量の調整にはフライアッシュ用の 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。

表-1 使用材料の種類および仕様・品質

セメント	中庸熱ポルトランドセメント (比表面積:3,220cm ² /g, 密度:3.21g/cm ³)
混和材	フライアッシュⅡ種 (比表面積:3,270cm ² /g, 密度:2.28g/cm ³ , メチレンブルー吸着量:0.24mg/g)
細骨材	山砂(密度2.58g/cm ³ , 吸水率1.74%, 粗粒率2.67)
粗骨材	80～40mm 碎石(密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.00%)
	40～20mm 碎石(密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.01%)
	20～5mm 碎石(密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.26%)
混和剤	Ad-1 : ①AE減水剤(リグニンスルホン酸化合物、遅延形) Ad-1' : ②高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物、標準形) Ad-2 : AE剤(高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤・非イオン界面活性剤の複合体)

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-2 に、試験を行った外部コンクリートの配合を示す。

2.2 試験方法

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。凍結融解試験は JIS A 1148(2010 : A 法)によったが、供試体作製から材齢 28 日、56 日および 91 日でそれぞれ試験を実施した。なお、コンクリートは 25mm ふりいでウェットスクリーニングした試料とし、供試体は 10×10×40cm とした。

表-2 外部コンクリートの配合

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		
							セント C	フライアッシュ F		80mm ～40mm	40mm ～20mm	20mm ～ 5mm	Ad-1 (C×%)	Ad-1' (C×%)	Ad-2 (C×%)
							210								
A-1	80	3±1	3.5±1	48.1	29	101	147	63	592	513	440	513	0.25	—	0.060
A-1'	80	3±1	3.5±1	44.8	29	94	147	63	597	517	444	517	—	0.85	0.052

*) Ad-1: AE減水剤(リグニンスルホン酸化合物、遅延形)、Ad-1': 高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物、標準形)、Ad-2: AE剤(空気連行剤)。

キーワード ダムコンクリート、外部コンクリート、耐久性、凍結融解、高性能 AE 減水剤
連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2 丁目 1 番地 (株)熊谷組土木事業本部ダム技術部 TEL 03-3235-8646

3. 試験結果

3.1 フレッシュコンクリート性状

表-3 に、各配合における、フレッシュコンクリート性状および単位容積質量、ブリーディング率の試験結果を示す。これより、標準の AE 減水剤を使用した配合（A-1）に対して、高性能 AE 減水剤を用いた A-1'配合は、同一ワーカビリティのもとでブリーディング率を大幅に低減できることが分かる。

3.2 相対動弾性係数

図-1 に、凍結融解サイクルと相対動弾性係数の関係を示す。これより、当該配合については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、凍結融解試験の開始材齢に関わらず、相対動弾性係数には大きな違いは見られないことが分かる。また、標準の AE 減水剤を用いた配合と高性能 AE 減水剤を用いた配合の相違はごく僅かで、有意な相違はないことも明らかになった。

3.3 質量減少率

図-2 に、凍結融解サイクルと質量減少率の関係を示す。これによれば、AE 減水剤の種類に関わらず何れの配合についても凍結融解試験の開始材齢が早いほど質量減少率が大きいことが分かる。なお、試験開始材齢が 56 日と 91 日とでの質量減少率の低下はさほど大きくはないが、材齢 28 日で試験した場合では質量減少率の低下割合が大きいことが明らかとなった。

また、AE 減水剤を用いた配合に比べて、明らかに高性能 AE 減水剤を用いた配合の方が質量減少率の低下が小さいことが分かる。したがって、同一材料を用い、同じワーカビリティのコンクリートにおいて、水結合材比が小さい配合ほど緻密化で凍結融解抵抗性が高いと判断できる。

4. まとめ

ダムコンクリートの耐凍害性についての試験の結果、相対動弾性係数については配合や試験開始材齢による影響は少ないが、質量減少率については配合（水結合材比）に関わらず開始材齢が早いほど大きい値を示す傾向が見られた。300 サイクルで相対動弾性係数が 60%を下回るコンクリートでは試験開始材齢が遅いほど耐久性が低いという報告もあるが²⁾、今回の試験結果によれば、耐久性のあるダムコンクリートについては、開始材齢が早い段階（例えば、材齢 28 日）で凍結融解試験を実施し所要の性能を確認できれば、対象としたダムコンクリートは材齢 91 日でも十分耐凍害性を有しているものと考えることができる。また、高性能 AE 減水剤により水結合材比を低減することによって、耐凍害性が向上することも明らかとなった。

参考文献

1) 佐藤英明, 他: 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, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012.9
2) 坂田 昇, 他: 中庸熱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, 第 22 巻第 3 号, 2011.9

表-3 試験結果

配合区分	配 合		フレッシュコンクリート性状			試験結果	
	単位水量 (kg/m ³)	水結合材比 W/(C+F) (%)	コンクリート 温 度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 ^{*1)} (%)	単位容積 質量 ^{*1)} (kg/m ³)	ブリーディング 率 (%)
A-1	101	48.1	19.0	2.9	3.4	2,340	4.02
A-1'	94	44.8	20.0	2.4	3.2	2,360	1.83

*1)フルサイズ換算。

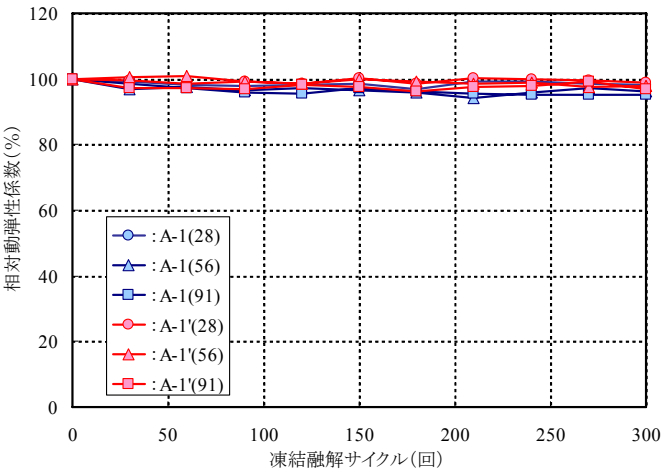


図-1 凍結融解サイクルと相対弾性係数の関係

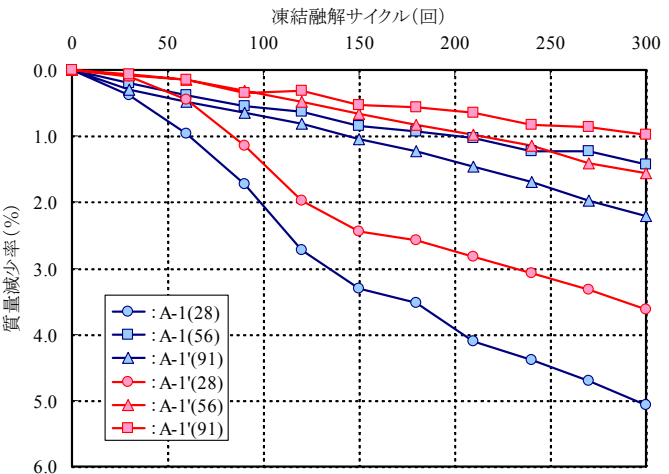


図-2 凍結融解サイクルと質量減少率の関係