

温度ひび割れ抑制を目的としたダムコンクリートのセメント種類の検討 (奥胎内ダム工事報告)

新潟県新発田地域振興局 奥胎内分所

山元長裕樹

鹿島建設(株)北陸支店 正会員

○柴田 勝博, 木村淳二

鹿島建設(株)北陸支店 正会員

阿部 高, 大井 篤, 赤井 喬

鹿島建設(株)技術研究所 正会員

橋本 学, フェロー 坂田 昇

1. はじめに

奥胎内ダムは、新潟県北部に位置し、堤高 82.0m、堤頂長 198.9m、堤体積 26.0 万 m³の規模を有する現在建設中の重力式コンクリートダムである。ダム建設地点は、磐梯朝日国立公園に位置しており、冬期の積雪量は 5.0m 以上となる豪雪地帯であり、夏期から秋期にかけての期間が主な施工期間となる。

ここでは、堤体コンクリートに使用するセメントについて、温度応力に起因するひび割れの発生を抑制することを目的として行った検討および施工実績について報告する。

2. 奥胎内ダムの施工条件について

一般的なダムにおいては温度応力によるひび割れの発生を抑制する観点から、水和反応による発熱量の小さいセメントが適しているとされ、奥胎内ダムにおいても低発熱型のセメントを採用することを検討した。

特に奥胎内ダムは、以下の施工条件により低発熱型のセメントの必要性が重要と判断された。

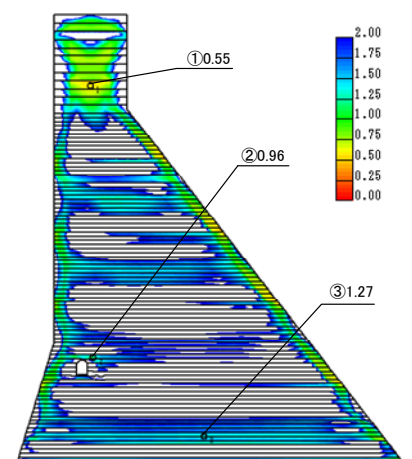
- ① 奥胎内ダムは豪雪地帯のため 12 月初旬～5 月初旬までの期間が工事休止となり、コンクリートの打込み可能な期間は 6 月から 11 月までの 6 ヶ月間と気温の高い時期が主たるコンクリート打込み期間となる。
- ② 通常、日中の気温が高い夏期は、夜間打込みを行うことによりコンクリートの打込み温度を低減させる対策を実施するが、奥胎内ダムは環境上の制約（周辺自然環境の保全）から夜間の打込みが禁止されており、夏期においても日中にコンクリートの打込みを施工しなければならない。
- ③ 現行の計画では、コンクリートの施工期間が 7 ヶ年に及ぶため、打継ぎ間隔が長くなる越冬リフトが 6 回発生し、越冬期間中のコンクリート内外温度差が大きくなることによる越冬リフトでのひび割れ発生が懸念される。

3. 温度ひび割れ発生に関する評価

(1) 設計仕様である中庸熱セメントを用いた温度応力解析

奥胎内ダムの温度ひび割れの発生に関する危険性を定量的に評価するため、設計仕様である中庸熱セメント（以下 M）を用いた場合における温度応力解析を実施した。検討において目標とするひび割れ指数は、『ひび割れの発生をできるだけ制限したい 発生確率 25% 以下』を条件として 1.45 以上とした。

温度応力解析は、2 次元 FEM 解析モデルを用いて行い、コンクリートの打込み温度の上限値については奥胎内ダムの施工条件を考慮し、チラーユニットによるプレクーリングを実施した上で 27℃ とした。解析結果を図—1 に示す。解析結果からは、ひび割れ指数が 1.45 以下となる範囲が、堤体上下流方向に連続して発生しており、堤体内で上下流方向に貫通するようなひび割れの発生が懸念された。そのため、低発熱型の中庸熱フライアッシュセメントを用いた場合での解析を実施することとした。



図—1 最小ひび割れ指数分布

キーワード コンクリートダム, セメント種類, 温度応力解析, 中庸熱フライアッシュセメント

連絡先 : 〒950-8550 新潟市中央区万代 1-3-4 鹿島建設(株)北陸支店 TEL 025-243-3761

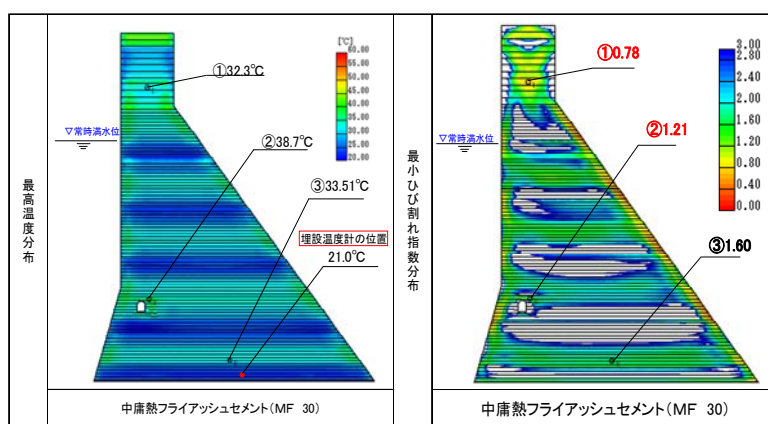
(2) 中庸熱フライッシュセメントを用いた温度応力解析

コンクリートダムで使用される中庸熱フライッシュセメントは、フライッシュのセメント置換率 30%が一般的であり実績も非常に多い。このため、ひび割れ抑制対策として、フライッシュを 30%置換した、中庸熱フライッシュセメント（以下 MF30）について、適用の可能性を検討した。使用する配合の単位セメント量は、外部配合で 210kg/m^3 、内部配合で 130 kg/m^3 、構造物周りで 250 kg/m^3 とした。コンクリートの配合を表—1 に示す。

表—1 配合表

配合		粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ 範囲 (cm)	空気量 範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg)							混和剤			
							水 W	セメント C + F	胎内川 河床砂礫								
									細骨材 S	粗骨材							
										G1 150-80	G2 80-40	G3 40-20	G4 20-5	AE減水剤 (kg)	空気量調 整剤 (g)	NO,8	202(A)
A	外部コンクリート	150	3±1	4.3±0.7	45.2	23.0	95	210	475	410	410	411	408	0.58	158	0.14	75
B	内部コンクリート	150	3±1	3±1	73.1	26.0	95	130	555	407	407	409	406	0.36	21	1.54	16
C	鉄筋周りコンクリート	80	5±1	4±1	46.8	30.0	117	250	588	－	472	473	469	0.69	70	2.86	28

MF30 を用いた場合での温度応力解析の結果を図—2 に示す。解析結果からは、設計仕様の M に比べ、MF30 を用いた場合では、堤体低・中標高部における最高温度が、内部コンクリート配合の範囲で 4°C 程度、構造物配合の範囲にて 6°C 程度低減できることが判明した。また、最小ひび割れ指数では、当初 M を用いた解析結果の場合、堤体低標高部での最小ひび割れ指数が 1.45 以下となる範囲は、堤体上下流方向に連続して発生していたが、MF30 を用いた解析結果では、1.45 以上のひび割れ指数となり、ひび割れの発生確率を目標とした 25%以下に抑えることができた。



図—2 温度応力解析

上記の結果から、奥胎内ダムのように気温の高い時期が主たる施工期間であることや夏期に夜間の打込みができないなど、温度応力の側面から非常に厳しい施工条件下において低発熱型の MF30 を使用することは、ひび割れ発生確率を低減できる有効な手段と判断できる。

4. 施工実績

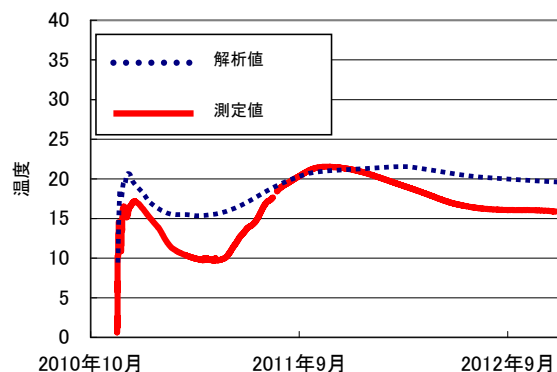
前述の検討結果から当ダムでは、MF30 を使用したダムコンクリートを採用することとなった。その効果を確認するため、堤体内部温度において、埋設温度計の測定値と解析値を比較したところ（図—3）、解析値と同等の測定値であったことから、実施工においても MF30 がひび割れ抑制対策として有効であると判断できた。

5. まとめ

奥胎内ダムでは、当ダム特有の気温・環境などの施工条件を精査し温度応力に起因するひび割れ抑制対策について検討を重ね、最適なセメントを選定した。その結果、ダム本体の貯水の安全性に係わる有害なひび割れの発生を抑制し、ダムコンクリートの品質向上を実現することができた。

参考文献

1)土木学会：コンクリート標準示方書・ダムコンクリート編，2002，2007



図—3 堤体内部温度の比較