

重力式コンクリートダムの開口部に発生する温度応力解析

(株)大林組 正会員 ○松本 憲典 小俣 光弘 野島 省吾
(独) 水資源機構 徳永 倫一

1. はじめに

川上ダムは堤高 84m, 堤頂長 334m, 堤体積 45.5 万 m³ の中規模の重力式コンクリートダムであり, 内部温度の変化によるひび割れ (温度ひび割れ) 対策が求められた. 本ダムの特徴として, 工期が 19 ヶ月で, 打ち上がり高さ月が平均 4.5m と超高速施工のため, 内部に温度が籠りやすい状況にあった. 加えて, 常用洪水吐きがダム中央付近に配置されており, 内空表面からの放熱と内外温度差による温度ひび割れの発生リスクが高いと予測された. また, 洪水吐き周りの構造が複雑であり, ゲート設備工事との調整が必要であるといった施工遅延リスクも潜在した. このため, パイプクーリング¹⁾のような, 施工時工程が多く, 施工遅延リスクが高い対策を避け, 常用洪水吐き内空の養生管理と, プレキャスト (以下 PCa) 部材の適用といった, 工程への負担の小さい, 温度ひび割れの対策を実施した事例を報告する.

2. 温度応力事前検討

常用洪水吐きを対象とした 3 次元 FEM 温度応力解析を施工前に実施し, ひび割れ対策を検討した. 図-1 に解析対象範囲とモデル概要を示す. また, コンクリートの配合を表-1 に示す. なお, 各配合の物性値は, 配合検討の際に各種試験にて計測した値を使用している. 解析対象期間は, 常用洪水吐きが完成してから一冬を超す間とした. ひび割れ制御の目標値は, ひび割れ発生確率が 50% となるひび割れ指数 1.0 以上とした. 解析の結果, 図-4 上段に示す通り, 材齢初期 (1 日) には指数が 0.80 となり, その後回復するものの, 冬期に再び指数が悪化し, 最小値は 0.58 となった. 最小指数が 1.0 を下回ったため, 養生対策として, ① 常用洪水吐き上面の打設がすべて完了するまでの断熱材による養生 (図-2) と ② 冬期の常用洪水吐き内空への湿潤蒸気養生 (15℃以上) (図-3) の二つを実施するものとした. この際の常用洪水吐き周りの養生条件を表-2 に示す. その結果, 指数は改善されたものの, 1.01 を下回る結果となっ

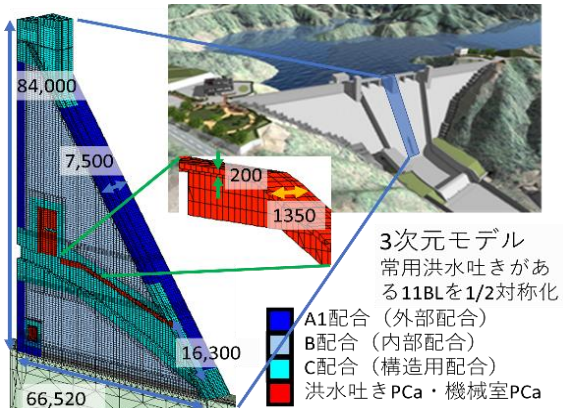


図-1 モデル概要

表-1 コンクリート配合

配合 種別	セメント 種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg /m ³)		
				W	B	
A1(外部)	中庸熱	48.6	22.0	102	147	63
B(内部)	中庸熱	72.9	24.0	102	98	42
C(構造用)	中庸熱	49.6	27.0	119	168	72

表-2 常用洪水吐き養生条件

部位	養生方法	熱伝達率 (W/m ² ・℃)
打設上面	散水養生または湛水養生	11.63
上下流面	散水養生(冬季養生除く)	11.63
洪水吐き養生なし	打設後から木製型枠の脱型まで	8
	型枠脱型後	11.63
内部養生あり	打設後断熱養生	2
	洪水吐き完成後養生扉の設置	5
	養生扉取外し後	11.63

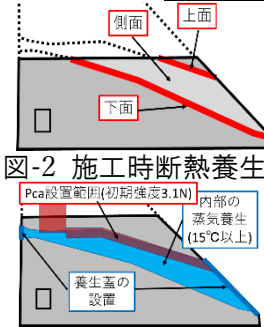


図-2 施工時断熱養生

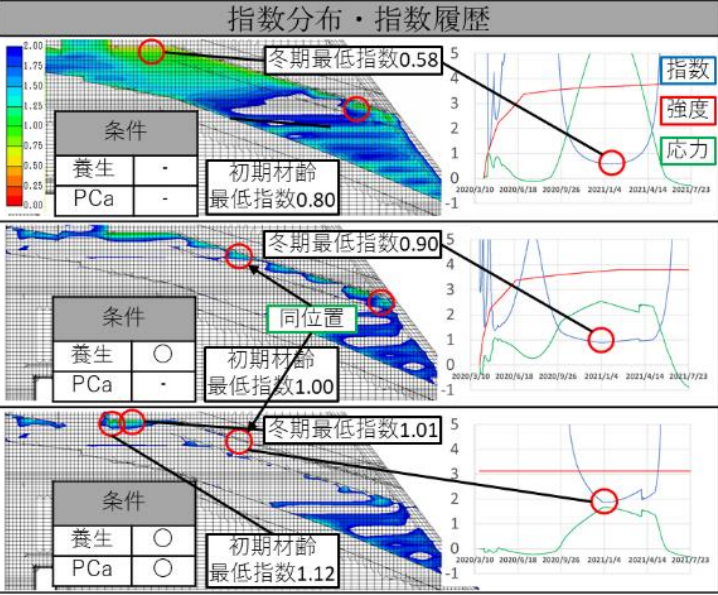


図-4 事前検討結果

キーワード マスコンクリート, ひび割れ, 常用洪水吐, プレキャスト,

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

た. 特に洪水吐きの上部の指数が低かったため, その設置時に十分な強度 (圧縮 42N/mm^2 ・引張 3.1N/mm^2) が発現している PCa 部材の適用を検討した. 図-4 下段のように PCa 化により初期材齢は指数 1.12 以上, 冬期の指数は 1.01 以上となり 1.0 以上を確保できた. 材齢初期だけでなく, 長期的な冬期の指数改善にも効果があったメカニズムは以下の通りである. ①周囲の現場打ちコンクリートの発熱により, PCa 部材も温度上昇する. ②温度上昇による膨張が拘束される際に,すでに十分な強度がある PCa 部材では, 現場打ちと比較して大きな圧縮応力が生じる. ③この圧縮応力が, 長期的に生じる引張応力を相殺し, 長期的なひび割れ指数も改善すると考察できる.

3. 温度ひび割れ対策管理状況

湿潤蒸気養生の管理については, ポリウレタン製の養生蓋設置後 (図-5) に, ドラム缶内の水をヒーターで温めることで実施した (図-6). PCa 部材設置 (図-7) により現場打ちであれば必須であった型枠や支保工等の資機材の出し入れと, それに伴う養生扉の開閉が不要となったため, 常用洪水吐き内空の温度を, より安定的に管理できた.

これらの施工管理によって得られた各種温度計測結果 (コンクリート初期温度・外気温) と, 逆解析により推定したコンクリートの発熱特性を反映した事後解析を行った結果, 最小指数は 1.08 となり, 1.0 以上であることを確認した. 事後解析にて指数がやや改善した理由として, 図-8 に示すように施工時期がやや暖冬・冷夏傾向であったことが挙げられる.

4. PCa の有効性

今回の PCa 化により確認できた有効性を表-4 に示す. 機械設備との複合構造である常用洪水吐きでは, 機械用アンカーの先行埋設による次工程の早期着手や大型機械部材を先行搬入するスペースの確保が可能となり, 図-9 に

示す通り, 打継ぎ空き日数を 30 日から 11 日に抑えるなど打設休止日数を最小限に抑え, リフトスケジュールを平準化することに成功した. これにより各リフト間の温度差をさらに抑制できたことと, 前リフトからの外部拘束を受けにくくなったことから, 長期放置面に対するひび割れ対策としても有効であったと考えられる.

5. おわりに

重力式コンクリートダム内部の常用洪水吐き部に, PCa 部材を適用して適切な養生管理を行った結果, 常用洪水吐きのひび割れリスクを回避できた. またリフトスケジュールの平準化によりひび割れ対策にも寄与したことや生産性向上や安全面などその効果は多岐にわたった. 品質の良い構造物をつくるためには施工合理化に寄与する PCa の活用は有効であると考えられる. これらの川上ダムでの取組みが, 今後の新規ダム事業だけでなく, ダム開発事業や働き方改革にも役立つと考えられる.

参考文献

1) 伊阪大輔ほか: ダム洪水吐の施工時温度応力の施工方法に関する検討, コンクリート工学年次論文報告集 19(1), 1507-1512, 1997



図-5 下流面養生蓋



図-6 蒸気養生



図-7 PCa 設置

表-3 内部配合熱物性値

物性種類	事前解析	事後解析
終局温度 上昇量 K(°C)	30	25
温度速度 上昇係数 r	0.18	0.25
熱伝導率 (W/m・°C)	1.94	1.14

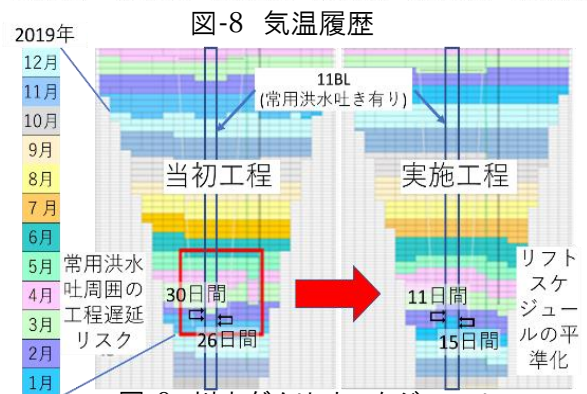
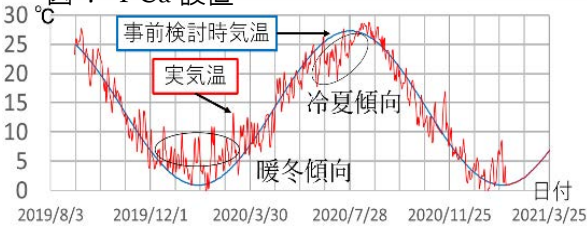


図-9 川上ダムリフトスケジュール

表-4 PCa の有効性

項目	効果
省力化	21 人日→13 人日
安全性	高所作業・狭所作業の削減
品質 (ひび割れ)	リフトスケジュールを平準化 空き日数を 30 日から 11 日に短縮 内空表面のひび割れ対策に有効 (本論文)