

ダム堤体の温度ひび割れ抑制対策

清水建設株式会社 正会員 ○中野 貴公, 江渡 正満, 長谷川 悦央
清水建設株式会社 正会員 平塚 毅, 宮田 佳和, 加瀬 俊久

1. はじめに

マスコンクリートであるダムは、施工中の外気温の寒暖差により、堤体内部と外部の温度差に起因する温度応力が発生することが知られている。本稿では、施工中のダムにおいて図-1に示すフローに従い、有限要素法によるダム全体の三次元温度応力解析（以下、全体解析）によるひび割れリスクの高いブロックの抽出と、抽出ブロック毎の二次元温度応力解析による温度ひび割れに関する詳細解析（以下、詳細解析）を実施し、実施工におけるひび割れ抑制対策について結果を取りまとめたので報告する。

2. 温度応力解析

図-2に全体解析モデルを示す。堤高 66.1m, 堤頂長 300.0m, 節点数は約 10 万節点である。解析で用いた各種物性値は、指針等^{1),2)}をもとに設定し、圧縮強度および断熱温度上昇特性は試験練り結果から設定した。全体解析によりひび割れリスクの高いブロックを抽出し、そのブロックに関し詳細解析を実施した。図-3に詳細解析の解析モデルを示す。堤高 66.1m, 幅 66.7m, 節点数約 2400 節点とした。各種物性値は全体解析と同様である。

3. 解析結果とひび割れリスクの監視結果

図-4に全体解析の結果（最小ひび割れ指数）を示す。コンクリート標準示方書¹⁾よりひび割れリスクの有無の指標である、ひび割れ指数 1.85 以下を示す範囲がダム下流面とコンジットゲート開口部（BL8）に生じており、これらはいずれも冬期の堤体内外の温度差に起因した内部拘束が主要因であると考えられた。次に、全体解析の結果から、最もひび割れリスクが高いと予測されたコンジットゲート開口部を含む BL8 中央断面において詳細解析を実施した。図-5にコンジットゲート開口部（BL8）の解析結果を示す。全体解析は、詳細解析と比較してダム本体の要素寸法が粗く作成されていることから、ひび割れ指数の解析結果に違いが生じることが予想されたが、ひび割れ指数の低い個所は両者とも同様の位置に発生した。実施工においては、ひび割れリスクの高いコンジットゲート中央について、図-6に示すように温度計の設置計画を立てて監視を行った。現場での管理方法としては、詳細解析モデルを用いて堤体内部と表面部の温度差に関するパラメータ解析を別途行い、温度差と最小ひび割れ指数の関係式を算出し、計測した温度差からひび割れ指数を算定し管理を行うことでひび割れリスク

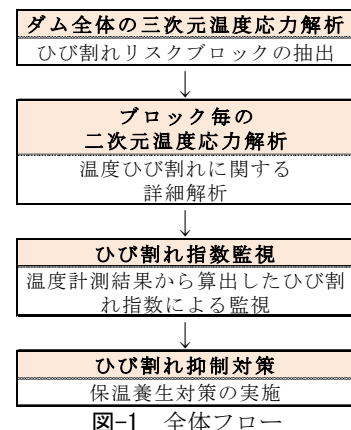


図-1 全体フロー

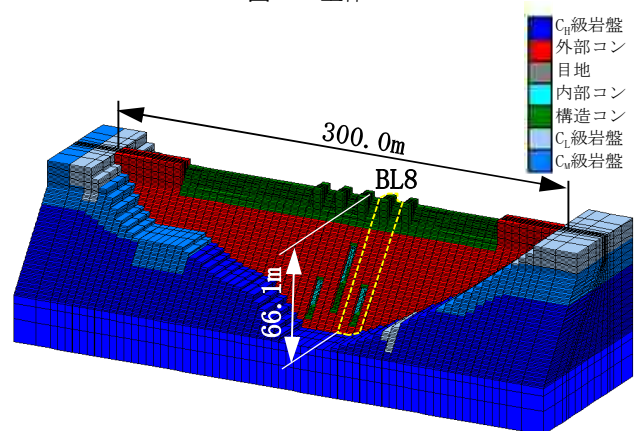


図-2 全体解析モデル（三次元）

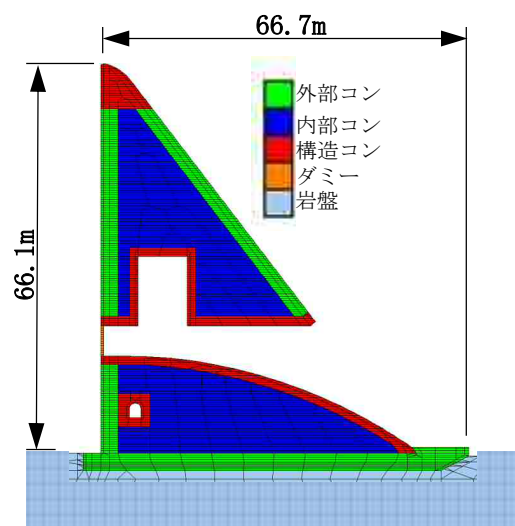


図-3 詳細解析モデル（二次元）

の見える化を図った。図-7 に実測したひび割れ指数の管理状況を外気温の測定結果と併せて示す。管理値については、コンクリート標準示方書¹⁾を参考にひび割れ指数 1.85 (ひび割れ発生確率 5%) を一次管理値、ひび割れ指数 1.40 (同 15%) を二次管理とした。ダム施工の進捗により、平成 28 年 9 月に No.1 の計器を設置し、平成 28 年 10 月に No.2 の計器を設置した。計測開始後に外気温が低下し、それに伴ってひび割れ指数の低下が確認された。平成 28 年 11 月には一次管理値であるひび割れ指数 1.85 を下回ったことから、写真-1 に示すようにコンジットゲート部の保温養生対策を行った。養生対策後は、冬期の外気温低下においてもひび割れ指数は一次管理値を超過することなく、対策の効果を確認することができた。

4. まとめ

ダムのように大規模なマスコンクリートでは、温度応力に起因するひび割れリスク個所の推定は過去の経験に基づき行われていた。今回、ダム全体の三次元温度応力解析を行ったことでひび割れリスクの高い個所を特定し、対策の計画と実施を適正に行うことができた。今後は、他ダムにおいてもひび割れ制御を目的としたダム全体の三次元温度応力解析と二次元の詳細解析を併用した管理を実施し、より品質の高いダムの施工に貢献していく所存である。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書【設計編】，土木学会，2012
- 2) マスコンクリートのひび割れ制御指針，日本コンクリート工学会，2008

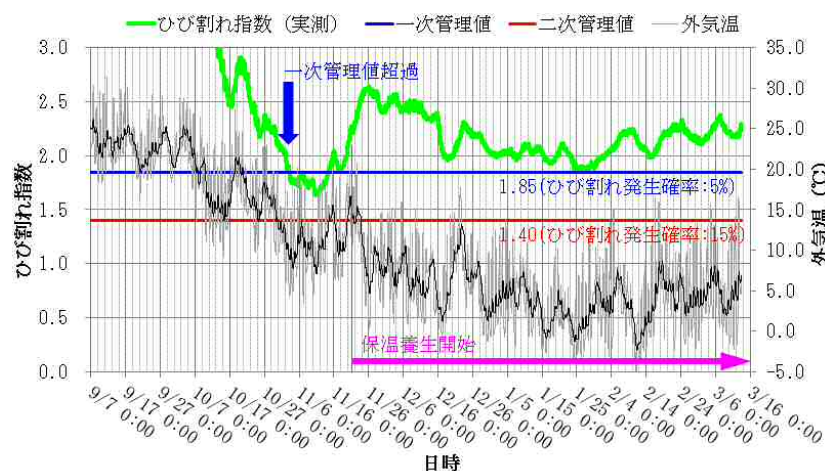


図-7 ひび割れ指数と外気温の経時変化

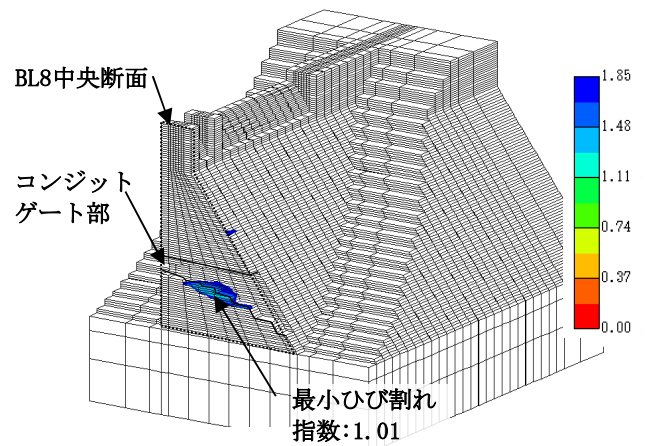


図-4 全体解析結果 (ひび割れ指数の断面分布)

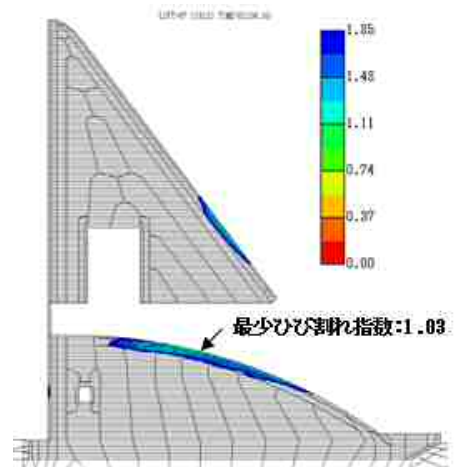


図-5 詳細解析結果 (最小ひび割れ指数)

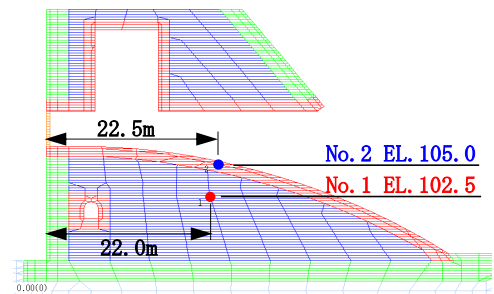


図-6 温度計配置計画(BL8 中央断面)



写真-1 保温養生状況

キーワード 三次元温度応力解析，ダム，マスコンクリート，施工管理

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) ダム統括部 TEL 03-3561-3883