

大規模水門における温度ひび割れ対策の実施について

(株)鴻池組 本社 土木技術部
(株)鴻池組 東北支店 土木部

正会員 ○金本 和憲 正会員 為石 昌宏
牛嶋 浩一朗

1 はじめに

図-1 に、舞川水門一般図を示す。「舞川水門」は洪水調整機能を有する遊水地への中小洪水の流入防止と洪水後の貯留水排除を目的に、「一関遊水地事業」の一環として岩手県一関市に建設される全長 109m, 最大幅 60m, 堰柱高さ 23m, コンクリートの総使用量が 25, 000m³ の大規模水門であり, 本体部と翼壁部 5 ブロック (川表 A, B, 川裏 A, B, C) の合計 6 ブロックに分類される. 有害な温度ひび割れの発生が懸念されたことから, 3 次元温度応力解析により本構造物に対して有効なひび割れ対策の検討を行い, 検討結果を元に対策を実施して施工を行った. その結果, 有害な温度ひび割れの発生を抑制することができた.

本稿は, 使用コンクリート量が 6 ブロックの中で最も多く, 最大壁厚 4. 5m を有する本体壁 (約 8, 000m³) に適用した対策のうち, コンクリートの温度に応じてリフト・通水系統毎に管理を行う必要があるパイプクーリング工法の実施について取りまとめたものである.

2 温度ひび割れ対策検討結果及び施工案

表-1 に実施配合を示す. 筆者らが実施した検討¹⁾では, ひび割れ指数 (I_{cr}=引張強度/発生応力) : I_{cr}=1. 00 を評価基準とし, 概略設計での対策工であるパイプクーリングを基に対策案の組合せについて検討を行った. その結果, 堰柱では発生応力が大きくなる中心部と, 応力集中が想定される断面減少部で, 胸壁では堰柱と同様に中心部と, 応力集中が想定される隅角部で, ひび割れが予想された. 本体部では, 夏季打設リフトにおける断面内部・表面部全ての箇所, 評価基準とした最小ひび割れ指数 1. 00 を上回るために, 温度ひび割れ制御方法として, ①水和熱の抑制 (パイプクーリングの実施, 打設リフト高の低減), ②収縮低減による発生引張応力の低減 (膨張材の使用), ③発生引張応力の分散 (適切な位置に対するひび割れ誘発目地の設置), の①～③を組み合わせて, なおかつクーリングパイプ配置をより密にする対策案の組合せが必要となることが分かった. そのため, 本体部における温度ひび割れ対策案として採用し, 施工を行った. 翼壁部は, 壁厚や延長が本体部と同程度かそれ以下であり, 上述の評価指標を満足するためには, ①水和熱の抑制 (パイプクーリングの実施) と, クーリングパイプ配置をより密にする対策案の組合せが必要となることが分かった. そのため, 翼壁部における温度ひび割れ対策案として採用し, 施工を行った.

3 クーリング設備と計測計画

図-2 にパイプ配置 (平面図) を示す. クーリングパイプの配置系統は, 片側 4 箇所に設置するひび割れ誘発目地の位置を考慮し, 川表および川裏側の左右胸壁に各 1 系統, 堰柱部は片側 3 系統とし合計 10 系統とした.

実際に配置したクーリングパイプは, 打設日の変更や気温の変動などにより打込み温度が解析時より高くなる場合があることを想定し, 解析時より直径の大きなφ34mm の一般構造用炭素鋼管 (STK400-E-G) を使用した. クーリング水は, 地下水を使用し, 解析時に設定した通水温度である 15℃以下となるように, 冷却能力 75kW の空冷チラーユニ

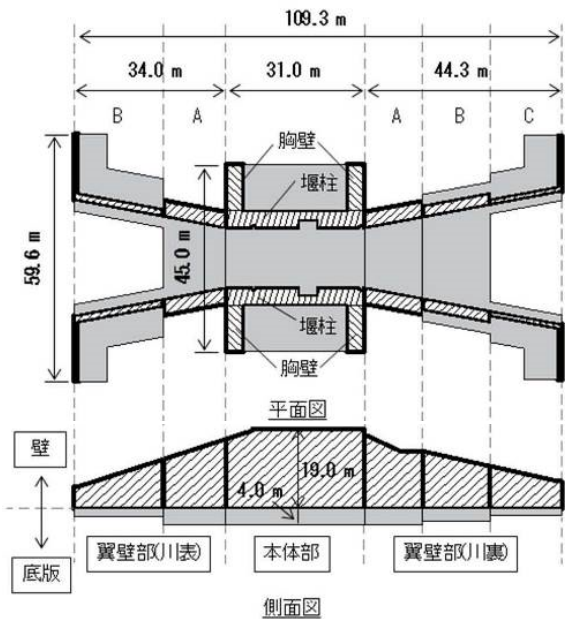


図-1 舞川水門一般図 (平面図, 側面図)

表-1 配合表

	配合	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水 W	セメント C	膨張材	細骨材 S	粗骨材 G
実施配合	24-8-20-BB	54. 0	161	279	20	810	1053

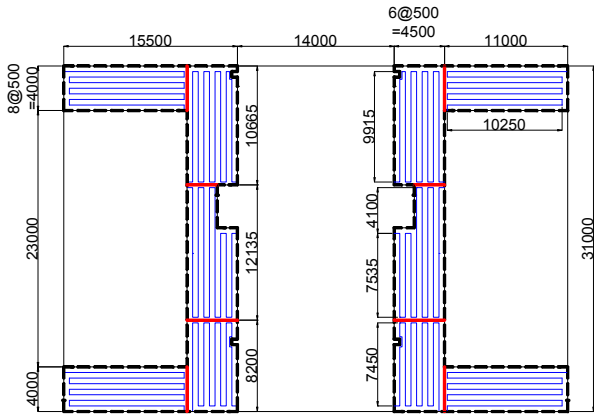


図-2 クーリングパイプ配置平面図

キーワード : 大規模水門, パイプクーリング, マスコンクリート, 温度ひび割れ
連絡先 : 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株) 鴻池組 土木事業総轄本部 技術本部 土木技術部

ットを、冬期は1台、夏期は3台使用することとした。また、各リフトの打設前には系統毎に通水試験を実施し、通水量およびパイプ継手部からの漏水の有無の確認を行った。

クーリング管理のため、各リフトの打設毎にコンクリート内部4箇所（断面上部、断面中央、断面下側およびクーリングパイプ近傍）、コンクリート表面部、クーリングパイプの入り口および出口、外気温の計測を行うこととした。現地で計測した各温度はクラウドへ送信し、リアルタイムで、離れた事務所のパソコンやスマートフォンでも確認できるようにした。

4 クーリング管理と温度計測結果

表-2に、各リフトにおけるコンクリート内部最高温度を示す。パイプクーリングの管理は、原則、打設時から通水を開始し、コンクリートの内部温度がピークに達した後、過冷却で温度勾配が急激とならないように、そのピーク温度から5℃～10℃低下した後、通水を停止した。その後は、再上昇した温度がピーク時の温度を超えないように管理を行った。

温度計測結果として、図-3に5月に打設を行った本体第5リフトの温度履歴を、図-4に7月に打設を行った本体第12リフトの温度履歴を示す。

第5リフトでは、コンクリートの打込み温度が解析時より5℃高く18℃であり、かつ日平均気温が解析時より5℃程度高かったにも関わらず、ピーク時までの温度履歴は解析のものとはほぼ一致していた。このことは、解析時よりクーリングパイプ径を大きくしたこと、通水量を解析時より4割程度多くし、220/minで実施したことにより、冷却能力を大きくしたことによると考えられる。

暑中時の打設となった第12リフトでは、解析時のひび割れ指数が1.06であり、特にコンクリートのピーク温度が解析値を超えないように管理する必要のあるリフトであったが、前述のようにクーリングパイプ径を大きくし、通水量を多くしたことから、解析値より低い温度で管理することができた。なお、それ以外の夏場に打設を行ったリフトにおいても同様に解析付近もしくはそれより低い温度で管理することができた。

最終リフトまで構築された本構造物に対して実施したひび割れ検査の結果、0.2mmを上回るひび割れは発生しておらず、本ひび割れ対策の実施により、有害なひび割れの発生を適確に抑制できたと考えられる。

5 まとめ

本工事では、堰柱部において壁厚4.5m、最大高さ19.0m、最大拘束延長31.0mを有する大規模な水門における温度ひび割れ制御方法として、水門本体部に適用した対策案に基づく実施工から、以下の知見が得られた。

1) 温度ひび割れ照査事例の少ない大規模水門について、構造物の形状等を考慮した3次元温度応力解析結果に基づき、今回採用した複合的な対策案は、適切なクーリング管理を伴うことで高いひび割れ抑制効果が得られる。

2) クーリング管理について、コンクリートの打込み温度や外気温が解析条件より高く、コンクリート内部温度が想定より大きくなることが予想される場合は、太径のクーリングパイプの使用や通水量を多くすること等により、温度勾配が急激とならない範囲で冷却効果を高める、かつ、通水停止後に再上昇した温度がピーク温度を超えないように管理を行うことで、事前解析と同程度かそれ以上の温度ひび割れ抑制効果が得られる。

参考文献

1) 金本和憲、為石昌宏、牛嶋浩一朗：大規模水門の温度ひび割れ対策について、土木学会第74回年次学術講演会、2019。

表-2 各リフトにおけるコンクリート内部最高温度

リフト	内部最高温度 (°C)		実測-解析
	解析	実測	
1LIFT	22.4	24.0	1.6
2LIFT	26.2	27.0	0.8
3LIFT	29.6	32.0	2.4
4LIFT	33.2	39.0	5.8
5LIFT	36.6	38.0	1.4
6LIFT	40.2	43.0	2.8
7LIFT	41.3	40.0	-1.3
8LIFT	42.7	42.0	-0.7
9LIFT	43.1	44.0	0.9
10LIFT	44.9	44.0	-0.9
11LIFT	47.3	46.0	-1.3
12LIFT	49.1	48.0	-1.1
13LIFT	49.2	53.0	3.8
14LIFT	48.9	46.0	-2.9
15LIFT	46.2	47.0	0.8
15' LIFT	45.8	48.0	2.2
16LIFT	45.8	40.0	-5.8
17LIFT	44.3	46.0	1.7
18LIFT	42.9	36.0	-6.9
19LIFT	33.9	34.0	0.1

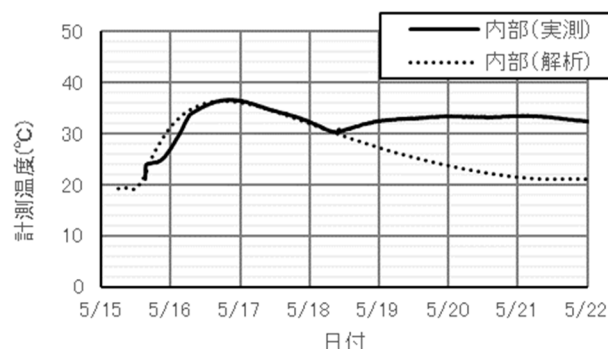


図-3 第5リフト温度履歴図

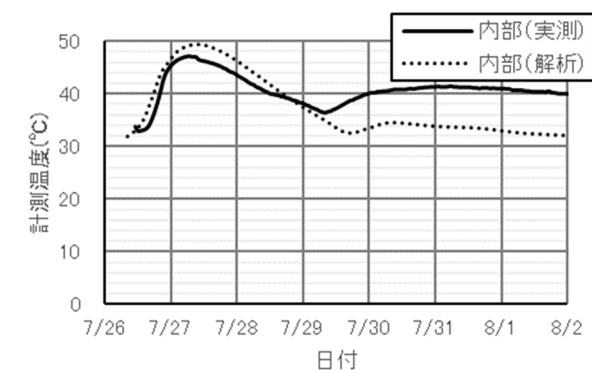


図-4 第12リフト温度履歴図