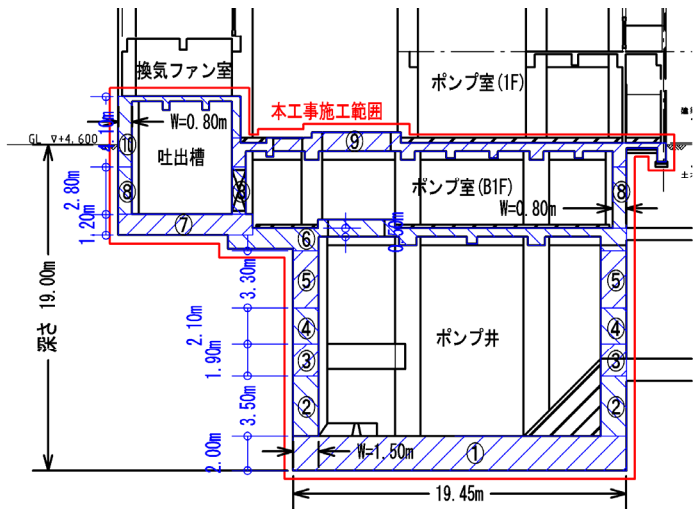


低熱セメントと鉛直パイプクーリングを併用した 水槽構造物の温度ひび割れ対策について

(株) 鴻池組 正会員 ○福田 尚弘 正会員 吉田 涼平
小嶋 貴久 山口 尚久

1 はじめに

水処理施設等の水槽構造物は、機能上高い止水性能が要求される。しかしながら、このような構造物は一般に大規模なマスコンクリートとなり、特に壁において温度ひび割れが発生しやすく、ひび割れからの漏水が問題となることが少なくない。壁のひび割れ対策として効果の高い方法に、ひび割れ誘発目地によるひび割れ発生位置の制御があるが、止水性が要求される水槽構造物では採用することが望まれない場合もある。このような背景のもと「高橋雨水ポンプ場土木工事」では、低熱セメントの使用と鉛直パイプクーリングという2つの方法を併用して壁のひび割れ対策を実施した。本報告では、これら対策工の施工について温度応力解析結果と併せて報告する。



※青色の網掛けはリフト割りを示し、○内数字はリフト番号を示している

図1 ポンプ棟構造図

表1 ポンプ棟構造概要

対象	底版厚 (中床版厚)	壁厚	平面形状 (壁延長)
ポンプ井	2.0m	1.5m	24.6m×19.45m
流入水路	1.5m	1.0～1.2m	(28.4m)
吐出槽	1.2m	0.8m	(24.1m)
ポンプ室	(0.5m)	0.8m	29.65m×28.6m

表2 コンクリート配合表

種別	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			セメント	水	細骨材	粗骨材
標準配合・冬期配合	51.8	43.2	306	158	788	1053
夏期配合	51.8	42.4	317	164	764	1053

表3 リフトスケジュール

リフト	打設日
1	2016年6月21日
2	2016年7月8日
3	2016年7月29日
4	2016年9月3日
5	2016年10月19日
6	2016年11月28日
7	2016年12月2日
8	2017年1月6日
9	2017年2月3日
10	2017年2月25日

3 使用材料および施工条件

3.1 コンクリートの配合

低熱セメントを使用したコンクリートの配合を表2に示す. 表2の配合は呼び強度 24N/mm², スランプ 12cm, 粗骨材の最大寸法 25mm である.

3.2 リフト割りおよびリフトスケジュール

図1に本工事でのコンクリート打設リフト割りを併せて示す。また、リフトスケジュールを表3に示す。本工事のリフト割りは1.9m～4.1mとした。表3のうち、赤文字で示した部分が本工事において低熱セメントと鉛直パイプクーリングによる対策を実施した打設リフトである。本工事では、2～4リフトは夏期施工で、5リフトは標準期施工で、8リフトは冬期施工でこれらの対策工を実施した。

9	2017年2月3日
10	2017年2月25日

表4 鉛直パイプクーリング実施概要

項目	実施概要
パイプ径・材料	φ50mm鋼製スパイラルスース
パイプ配置	1列又は2列で1.0m間隔

3.3 鉛直パイプクーリング実施概要

鉛直パイプクーリング実施概要を表 4 に示す。パイプ配

表4 鉛直パイプクーリング実施概要

項目	実施概要
パイプ径・材料	φ 50mm鋼製スパイラルシース
パイプ配置	1列又は2列で1.0m間隔
通水温度	20℃以下
通水量	3ℓ/min以上
冷却期間	2～3日程度

キーワード：水槽構造物、マスコンクリート、温度ひび割れ対策、低熱セメント、鉛直パイプクーリング

連絡先：〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株) 鴻池組 土木事業本部 技術統括本部 土木技術部

置は、温度応力解析によって1列配置又は2列配置を決定し、2列配置の場合は千鳥配置にした。通水量は既往の報告¹⁾を参考に30/min以上とした。

4 温度応力解析結果

温度応力解析は、①ポンプ井、②流入水路、③吐出槽およびポンプ室の3つのモデルで実施した。また、ひび割れ照査における限界値はひび割れ指数で設定し、その値はコンクリート標準示方書の「ひび割れの発生をできる限り制限したい場合」²⁾の(ひび割れ指数) ≥ 1.40 とした。

図2に温度応力解析結果の一例として、ポンプ井の最小ひび割れ指数のコンター図を示す。また、表5に最小ひび割れ指数の一覧を示す。図2および表5に示すとおり、低熱セメントと鉛直パイプクーリングを併用することで全ての打設リフトにおいてひび割れ指数 ≥ 1.40 となる結果が得られた。

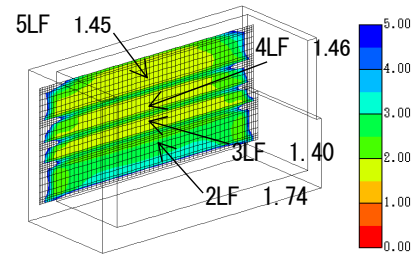


図2 温度応力解析結果
(ポンプ井、最小ひび割れ指数)

表5 温度応力解析結果
(最小ひび割れ指数一覧)

対象	リフト	最小ひび割れ指数
ポンプ井	②	1.74
	③	1.40
	④	1.46
	⑤	1.45
	④	1.44
流入水路	⑤	1.50
吐出槽およびポンプ室	⑧	1.43

5 鉛直パイプクーリングの施工および温度計測結果

5.1 鉛直パイプクーリングの施工

写真1に、ポンプ井5リフト施工時の鉛直パイプクーリングの施工状況を示す。クーリングパイプは2列配置とし、冷却水はパイプ天端から越流させコンクリート天端の養生水として利用した。通水温度は16℃程度とし、通水量はパイプによってばらつきがあったが60/min程度とした。

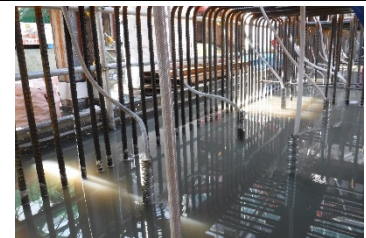


写真1 鉛直P.C.実施事例
(ポンプ井5LF施工時)

5.2 温度計測結果

図3、4にコンクリート内部温度履歴の、温度解析結果と計測結果の比較図の一例を示す。

図3は夏期に施工したポンプ井3リフトの履歴図である。夏期にこの規模のコンクリートを、無対策で普通セメントや高炉セメントを使用した配合で施工した場合、ピーク温度は70℃を超過することも少なくないが、低熱セメントと鉛直パイプクーリングを併用した対策を行うことで、解析では49℃程度に低減できるという結果になった。また、計測値と解析値を比較すると計測値が解析値を5℃程度下回る結果となっているが、この理由として、対象リフトが地下の比較的深い位置であったため日射の影響が小さく涼しい環境にあったこと、通水量が解析での設定値より多かったこと等が考えられる。

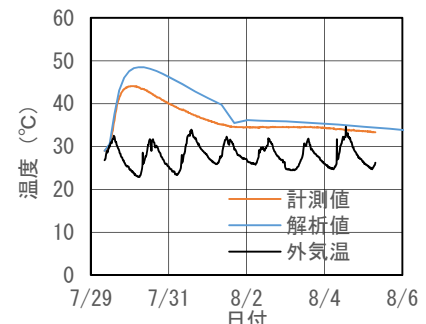


図3 温度履歴比較図
(ポンプ井3リフト)

図4は冬期に施工したポンプ室7リフトの履歴図である。ピーク温度は22℃程度と非常に低く抑えられている。計測値と解析値を比較すると、計測値が解析値を1℃程度上回る結果となっている。この理由として、当初計画では打設完了から6～7時間後にクーリングを開始する計画であったが、冬期施工のためコンクリート天端の硬化に時間を要し約16時間後のクーリング開始になったことが考えられる。

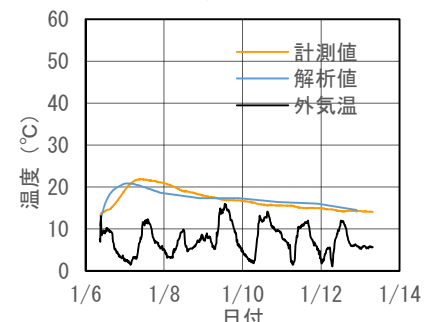


図4 温度履歴比較図
(ポンプ室7リフト)

6 おわりに

本工事では、壁状構造物のひび割れ対策としては適用が少ない、低熱セメントとパイプクーリングを併用した対策を実施したが、当該箇所に2017年3月の竣工時点でひび割れの発生は確認されていない。このことから、本工事で適用した方法は、壁状構造物のひび割れを抑制する有効な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 北原正博, 村上祐治: 橋脚における温度ひび割れ制御のための鉛直パイプクーリング工法について, ハザマ研究年報 (2010. 12)
- 2) 土木学会: 2012年制定 コンクリート標準示方書 [設計編]