

オープンケーソン側壁に温度ひび割れ対策として実施した
パイプクーリングの結果について

(株) 鴻池組 正会員 ○生駒 顕彦 正会員 福田 尚弘 正会員 為石 昌宏
谷田 敦 笠松 祐二

1. はじめに

地下深くに沈設されるオープンケーソンは、頂版コンクリートを施工するため、完成後には部材ひび割れ等の調査や補修が不可能となる。しかしながら、その施工は躯体の構築と沈設を交互に行うため、先行施工ロットによって後行施工ロットの側壁下部が拘束される壁状のマスコンクリートとなり、セメント水和熱による温度ひび割れがおおいに懸念される。本稿は、壁状マスコンクリートである「大和御所道路東坊城地区下部工事」のケーソン側壁に実施したパイプクーリングによる温度ひび割れ対策とその実施結果を報告するものである。

2. 施工概要

2.1 工事概要

本工事は、京奈和自動車道の一部区間である大和御所道路のうちの奈良県橿原市東坊城地区においてオープンケーソン基礎 4 基を構築するものである。パイプクーリングはケーソン 4 基すべてに実施し、本稿ではそのうちの 1 基である P47R 橋脚の基礎となるケーソンについて取り上げる。本ケーソンの構造は外形 5.5×5.5m、壁厚 1.2m、高さ 42.5m である。1,2 ロットの高さを 4.5m、3 ロット以降の高さを 5.0m とし 9 ロットに分けて躯体構築を行い、2～8 ロットでパイプクーリングを実施した。コンクリート配合は 24-12-20H、単位セメント量 349kg/m³、水セメント比 49%であった。

2.2 パイプクーリング実施概要

パイプクーリングの実施概要を表 1 に示す。クーリングパイプの基本配置は水平間隔を 500mm、鉛直間隔はスターラップに合わせ 450mm とし、各ロット下端 1m 範囲は後述の照査値を満足させるため中央にクーリングパイプを 1 列追加した (図 1)。

3. 温度応力解析結果

図 2 に温度ひび割れ対策を実施しないケース (以下、無対策) と対策を実施するケース (以下、対策案) の最小ひび割れ指数の履歴図を示す。温度応力解析に当たっては三次元有限要素法による非定常熱伝導解析および応力解析を行い、解析条件および入力値等はコンクリート標準示方書 [設計編]¹⁾、マスコンクリートのひび割れ制御指針²⁾ によって設定した。また、ひび割れ照査における限界値はひび割れ幅で設定し、その値はマスコンクリートのひび割れ制御指針の「一般的な水密性を確保する場合」の (ひび割れ幅) ≤ 0.2mm とした。

温度応力解析の結果、無対策では各ロットでの最小ひび割れ指数が 0.76～1.06 であり、夏期施工を行う 7 ロットでは温度ひび割れ発生確率が 90% という結果になった。予測されるひび割れ幅は全てのロットで照査の限界値である 0.2mm を超えていた。

一方、パイプクーリングを実施する対策案では最小ひび割れ指数は大幅に改善し 1.34～1.80 の範囲となり、ひび割れ発生確率は最も大きい 7 ロット目で約 20% と低く抑えることができる結果が得られた。予測されるひび割れ幅に関しても最も大きくなった 7 ロットで 0.15mm に抑制でき、ひび割れ幅の限界値を全てのロットで下回った。

表 1 パイプクーリング実施概要

項目	実施概要
パイプ径	φ 25.4mm
パイプ配置	水平方向 50cm (下端 1m 範囲は 25cm) 鉛直方向 45cm
通水温度	9～25℃ (実施) 月平均気温 +5℃ かつ 25℃ 以下 (解析)
通水量	30 L/min (実施) 10 L/min (解析)
冷却期間	2～4 日間 (実施) 2 日間 (解析)

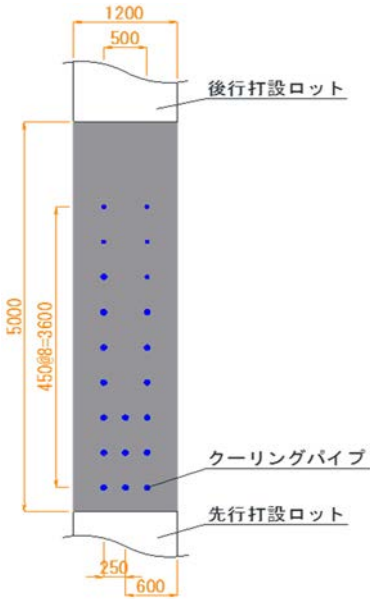


図 1 クーリングパイプ配置断面図

キーワード：オープンケーソン、マスコンクリート、温度ひび割れ対策、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 技術本部 土木技術部

4 パイプクーリングの施工および温度計測結果

表 2 はパイプクーリングにかかわる温度の実測値と解析値の比較表である。冷却水にはケーソン内の地下水を用いたため、通水温度は施工時期に応じて 10～25℃程度で推移した。通水量は夏場の気温上昇を考慮し、事前解析よりも多い 30L/min 程度で通水した。

図 3,4 に夏期に施工を行い事前解析で最もひび割れ指数が小さくなった 6,7 ロットの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を示す。コンクリート内部の最高温度は 6 ロットでは約 2.5℃, 7 ロットでは約 4℃解析値より低く抑えることができた。この理由として 6 ロットでは冷却水の温度が解析よりも低くなっていたことが考えられ、7 ロットは解析上ではパイプクーリングの冷却水の通水量は 10L/min として解析を行っていたが、実施工では 30L/min としたことが考えられる。また、各ロットのコンクリート内部最高温度は、解析値と比べておおむね一致もしくは若干低い温度で推移しており、温度ひび割れの抑制を効果的に行えたと考えられる。

5 おわりに

本工事ではオープンケーソン側壁のマスコンクリートにパイプクーリングを実施した。現在、ケーソン 4 基中 3 基の施工が終了し 1 基は施工途中であるが、0.2mm を超えるひび割れの発生は確認されていない。

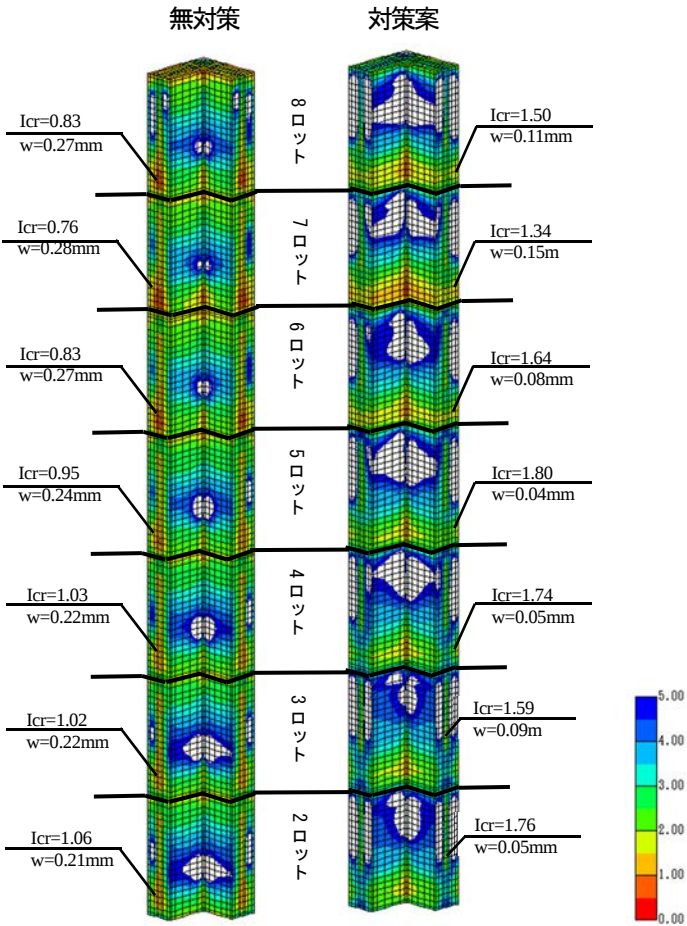


図2 最小ひび割れ指数比較 (解析)

表2 コンクリート内部温度

ロット	2	3	4	5	6	7	8
打設日	2019/12/6	2020/1/27	2020/3/19	2020/5/8	2020/6/18	2020/7/30	2020/10/6
最高温度(℃)	実測 40.4	41.5	45.0	51.9	59.7	62.3	57.7
	解析 41.23	39.92	45.83	55.94	62.16	66.22	59.21
外気温(℃)	実測 6.5	9.0	13.9	20.3	21.7	28.9	18.1
	解析 7.8	3.5	10.3	19.3	22.8	28.8	18.0
通水温度(℃)	実測 9.0	14.0	17.0	18.0	21.0	25.0	24.0
	解析 12.8	8.5	15.3	24.3	25.0	25.0	23.0

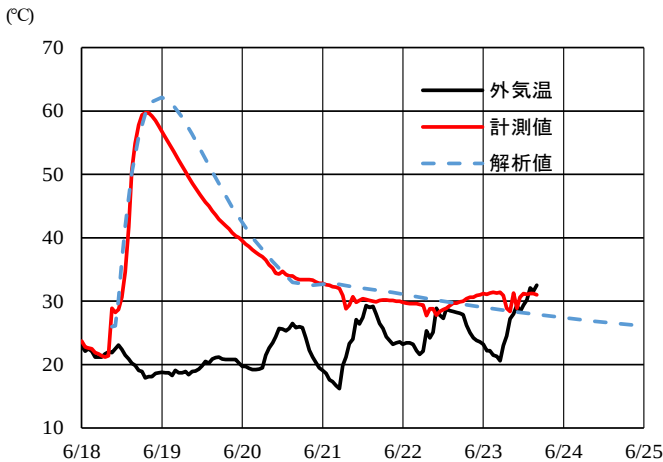


図3 温度履歴比較図 (P47R6 ロット)

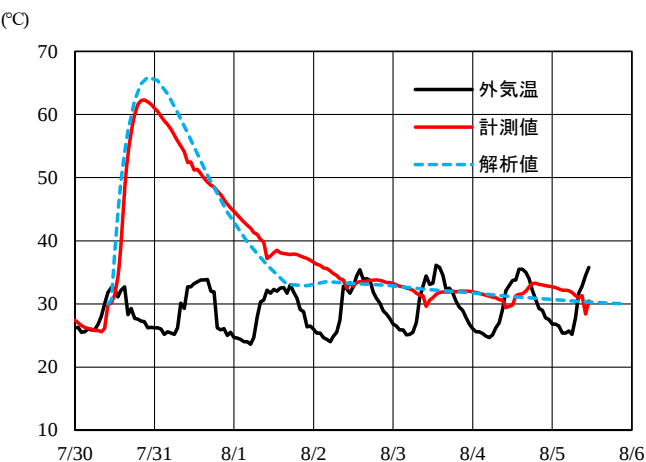


図4 温度履歴比較図 (P47R7 ロット)

参考文献

- 1) コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016
- 2) 土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編]