ヒートパイプクーリングを用いた特殊マンホールの温度ひび割れ対策
― 大阪市　新今里～寺田町幹線下水管渠築造工事 ―

大阪市建設局　太田　祥史
大阪市建設局　中井　久隆
大成建設株式会社　正会員　阿武　潔
大成建設株式会社　正会員　○高　鳴笛

１．はじめに

新今里～寺田町幹線下水管渠築造工事（その 4）は，大阪市東部の浸水対策事業として，雨水貯留管（内径φ5.0m，延長 L=3.318km，シールド工法）に接続する特殊マンホールを場所打ちコンクリートにて構築する工事である．

本工事の対象構造物は下水道施設であり，コンクリートの水密性を確保することが重要であるため，許容ひび割れ幅は，「2012 年制定　コンクリート標準示方書【設計編】」より 0.2mm とした．また，本構造物は仮土留めや底版または前リフトに外部拘束されること，厚さが 0.9m 以上であることから，全てマスコンクリートとして取り扱う方針とした．

その結果，側壁を構築する際の温度ひび割れが許容ひび割れ幅を越えることが懸念されたため，マスコンクリート対策の一つとして，ヒートパイプを用いた簡易なパイプクーリング工法（以下，ヒートパイプクーリング工法）を採用した．本稿では，この工法の概要および事前の温度解析結果と施工時における計測結果の相関性について論ずる．

２．対象構造物と検討部位の選定

ヒートパイプクーリング工法は，早強セメントにて施工する必要のある B5F-3 以降について採用した．今回，早強セメントを使用している理由は，コンクリート打設後側壁リフト天端にプレキャストの梁部材を架けてから次ステップに進むため，早く強度を出すことで，欠けなどに対する耐性を強化する必要があるためである．

その内 B4F は，壁厚が 1.3m，リフト高さが 5.8m あり（図-1），コンクリート打設量が最も多いため，このリフトに着目し，解析結果と計測結果の相関性を調べるものとした．

３．ヒートパイプクーリング工法概要（本工事仕様）

コンクリート打設前に 50cm 間隔に壁の中に鋼製シース管（φ50mm）を設置し，打設直後長さ L=9.0m のヒートパイプ（φ25mm）を挿入し，シース管内を水で満たす．これにより，コンクリート内部の水和熱がシース管および水を介しヒートパイプ

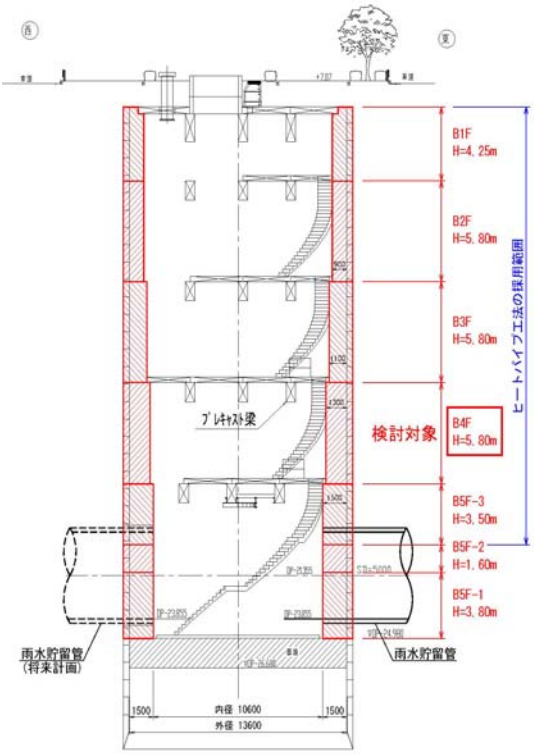

図-1 特殊マンホール寸法およびリフト割

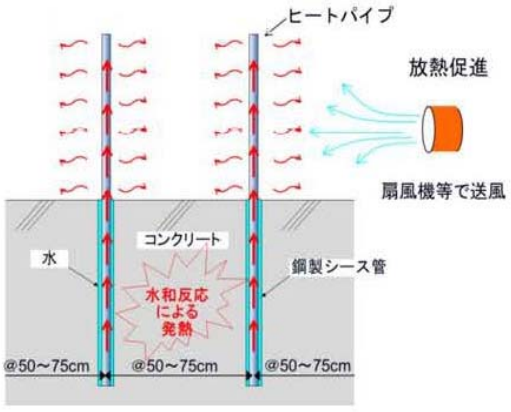

図-2 ヒートパイプクーリング工法概念図
（出典：「ヒートパイプを利用したパイプクーリング施工マニュアル H28 年 2 月」鉄建建設株式会社）

キーワード　ヒートパイプクーリング，温度応力解析，計測，温度ひび割れ
連絡先　〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-14-10 大成建設株式会社 関西支店　TEL 06-6265-4604

に伝わり，突出したヒートパイプ上部に伝達される．該当部において，送風機等により外気を当てることで，放熱を促進することが可能であり，コンクリートの水和熱による温度上昇を抑制する（**図-2**，**写真-1**）．

本工事において，この工法を採用した理由は下記の通りである．

(1) 今回のような地上施工ヤードが狭隘な現場制約条件に適しており，給水タンクや冷却設備などを必要としない．

(2) 側壁の全リフトにて温度ひび割れ対策が必要であり，ヒートパイプの転用が可能なため，合理的である．

写真-1　ヒートパイプ設置状況（合計 152 本）

4．解析条件および結果

温度応力解析モデルは地盤，基礎版および側壁を軸対象ソリッド要素とし，1/4 モデルとした．その結果より，コンクリートの中心部において，最高温度は 54.5℃であった．

表-1 外気温とコンクリート最高温度

項目	外気温(℃)	最高温度(℃)
解析結果	5.2	54.5
計測結果	9.2	61.4

5．計測結果

ヒートパイプクーリングの効果を検証するため，コンクリート打設前に，熱電対を側壁の中心部および表面（内側と外側）の 1 側線 3 点，合計 2 側線 6 点に設置し，打設の前日から脱型後 5 日間まで温度計測を実施した．また，外気温を把握するために，地上の温度も計測した．その結果を解析結果と共に**図-3**に示す．これにより，最高温度の発生時期はコンクリート打設してから約 1.5 日経過時点で，温度は 61.4℃であったことが分かった．

また，温度経時変化の傾向は解析結果と計測値はほぼ一致しているものの，最高温度の差は約 7℃となった．

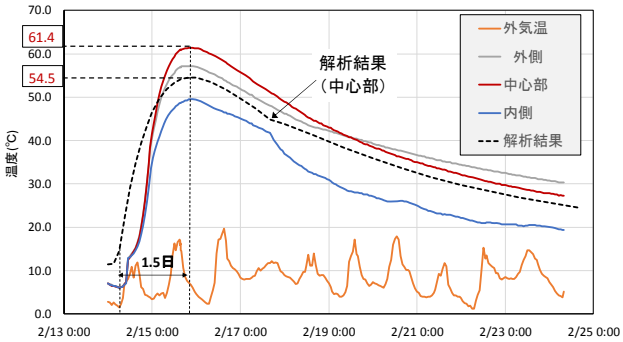

図-3 温度経時変化

6．考察

コンクリートの最高温度が解析結果と実測値で異なった原因について述べる．事前解析では外気温を「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008」に基づき，気象庁ホームページの大阪市における 2013 年～2015 年（過去 3 年間）の月ごと日平均気温である 5.2℃に設定した．一方，打設当日の外気温は約 9.2℃であり，4℃高かったことがコンクリート温度に影響を与えたと考えられる（**表-1**）．また，本来はコンクリートの打設とヒートパイプの挿入を同時にするのが最も効果的であると考えられるが，実施工においては挿入しながらの施工は難しい．よって，ある程度時間が経過してからの設置となり，時間的なロスが生じることで残り 3℃の温度差が発生したと思われる．今後施工時において，速やかにこの対策を講じることが重要な要素と考える．

最後に，本工事はヒートパイプを採用することによって，狭い施工ヤード内という現場条件下でもコンクリートの温度を抑制することができた．また，ひび割れ幅が許容値(0.2mm)を満足するために，必要な補強鉄筋を入れたことで，実際に脱型後のコンクリート表面を確認しても有害なひび割れは発生しておらず，当工法の効果が確認できた．この論文が同様の対策工事における技術的な一助となれば幸いである．

参考文献：2012 制定 コンクリート標準示方書【設計編】，2012 年，土木学会
マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008，2008 年，日本コンクリート工学協会