

中詰めコンクリートの水和発熱に伴う鋼管シャフトの熱膨張を考慮したスリムケーソン橋脚の温度ひび割れ対策

東急建設(株) 正会員 ○前田欣昌 正会員 樋口春樹
篠原 寛 一安勝印

1. はじめに

本工事は、沖縄県浦添市内の国道58号線バイパス工事であり、道路橋梁下部工をニューマチックケーソン工法に属するスリムケーソン工法で構築するものである。スリムケーソン工法は、図1に示すように、掘削部に人が出入りするためのマンロックと資機材や土砂を搬出入するためのマテリアルロックが一体化されたペアロックを使用する工法であり、ケーソンをスリムにできることが特徴であり、ペアロックの外郭は円形の鋼製シャフトで形成されている。

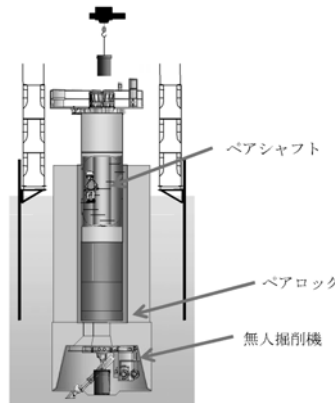


図1 スリムケーソン概要

本工事の代表的な橋梁下部工の一般図を

図2に示す。図中、赤色で示した範囲が鋼製シャフト部であり、直径2.7m、厚さ19mmの鋼管が使用されている。橋脚断面は、橋脚下方では4m×4mの正方形であり、鋼管シャフト外側のコンクリート厚さは65cmである。鋼管シャフト上方は橋脚断面が拡幅されており、7.1m×4mの長方形となっている。

ケーソン着底後は、鋼管シャフト内の設備を搬出し、シャフト内部に中詰めコンクリートを打設するが、中詰めコンクリートの水和発熱により鋼管が熱膨張し、周囲のコンクリートが引張応力を受け、橋脚にひび割れが発生することが懸念された。そこで、事前に鋼管の剛性を考慮した3次元FEM解析を実施し、対策方法の検討を行い、実施工に反映した。本稿は、これらについて報告するものである。

2. 温度応力解析による事前検証

解析は、図3に示すように1/4モデルによる3次元FEMモデルを用いると共に、厚さ19mmの鋼管は要素厚さ19mmのソリッド要素でモデル化することにより、鋼管の剛性を考慮した。また、中詰めコンクリートは高さ約5m毎に3リフトに分割して打設する予定であった。コンクリートは単位セメント量357kg/m³の普通セメントあり、解析に関わるコンクリート、鋼材等の物性値、熱定数の設定は、文献1)に準拠した。また、ひび割れ対策の要否判定基準として、ひび割れ指数1.0以上とした。

解析結果を図4に示す。検討の結果、橋脚第1リフトおよび橋脚第2リフトよりも、橋脚第3リフト頂部のひび割れ指数が最も厳しい結果となった。第3リフト頂部のひび割れ指数が厳しくなったメカニズムを図5に示す。当部位の橋脚断面形状は長方形になっており、鋼管が膨張する際に拘束する壁が薄い方向である短辺方向に鋼管の変形が進み、薄肉部が曲げ変形を受け、引張応力が大きくなったものと推察できる。また、第3リフト頂部のひび割れ指数が最小となった時刻における主応力ベクトル図を図6に示す。これによると、鋼管の円周方向に沿ってコンクリートに引張応力が生じており、鋼管の膨張に

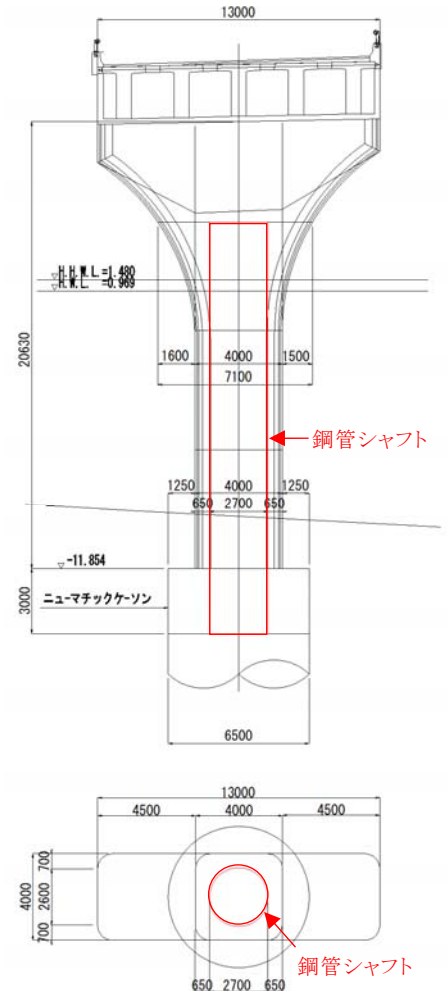


図2 橋梁下部工一般図

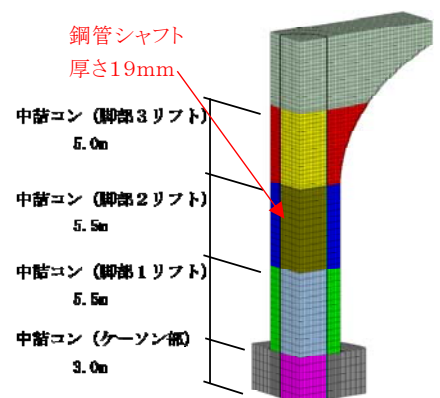


図3 解析モデル図

キーワード 温度ひび割れ、スリムケーソン、鋼管シャフト、中詰めコンクリート、橋脚、熱膨張

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設(株) 土木技術設計部 設計G TEL03-5466-5274

よりコンクリートが引張を受けていることを確認できる。このとき、橋脚第3リフトのひび割れ指数は $0.80 < 1.0$ となりひび割れ対策が必要と判定された。

3. 対策方法の検討

対策方法としては、鋼管に大きな熱量を伝えないことが重要であると考え、図7に示すように、鋼管内側に厚さ100mmの壁を先行施工する方法を考えた。この方法は、先行壁から鋼管に伝わる熱量を抑制するとともに、後施工のコンクリートの熱量を先行施工した壁がある程度遮断することを期待した対策である。なお、採用部位としては、品質面の観点からはシャフト部全体とすることが理想的であったが、経済性と特に工程の観点から、ひび割れ指数が厳しい第3リフトの頂部のみとした。この対策による検討結果を図8に示す。この対策により、ひび割れ指数が1.19まで改善されることが確認できた。次に鋼管の温度に着目し、図9に無対策の場合と本対策の場合の比較を行った。無対策の場合、鋼管の温度は51℃であったが、本対策により先行壁打設時に37℃、中詰めコンクリート打設時に43℃に低減され、これにより橋脚のひび割れ指数が改善されたものと判断できる。以上から、本対策を対策方法として選定した。

4. 実施工とその結果

先行壁を施工する前に鋼管の温度を測定したところ、解析による想定よりも5℃程度高かったため、シャフト内を水で満たし、鋼管の温度を低下させた。さらに先行壁のコンクリート温度を極力低下させるために、写真1に示すように、先行壁打設後に内部を水で満たした。結果として、橋脚にひび割れの発生は確認されず、事前検証が妥当であったものとする。橋脚の完成状況を写真2に示す。

5. まとめ

本稿では、スリムケーソン橋脚において、中詰めコンクリートの水和発熱に伴う鋼管シャフトの熱膨張に起因する温度ひび割れのメカニズムを事前に検討し、対策方法の立案と実施工への適用事例を報告した。本稿のように、剛性の高い鋼管をコンクリート躯体内部に埋設する場合は、鋼管の剛性を適切に考慮して温度ひび割れの検討を実施する必要があると考える。本稿が、今後の同種工事の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008

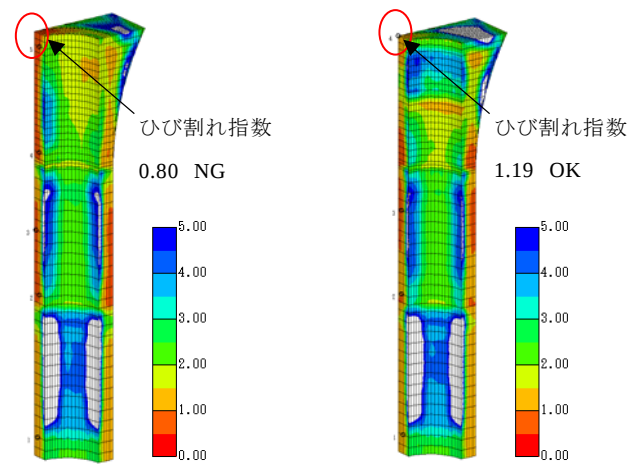
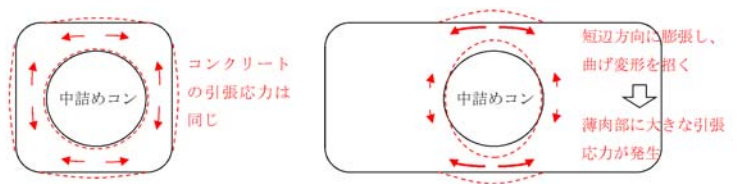


図4 ひび割れ指数(無対策) 図8 ひび割れ指数(対策後)



正方形断面の場合 長方形断面の場合(第3リフト頂部)
図5 第3リフト頂部のひび割れ発生メカニズム

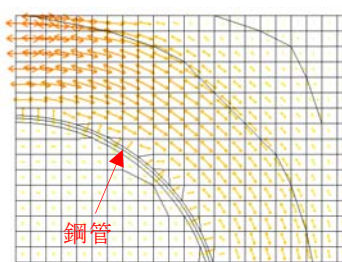


図6 主応力ベクトル図

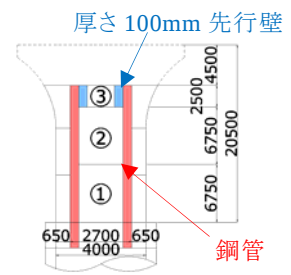


図7 対策工

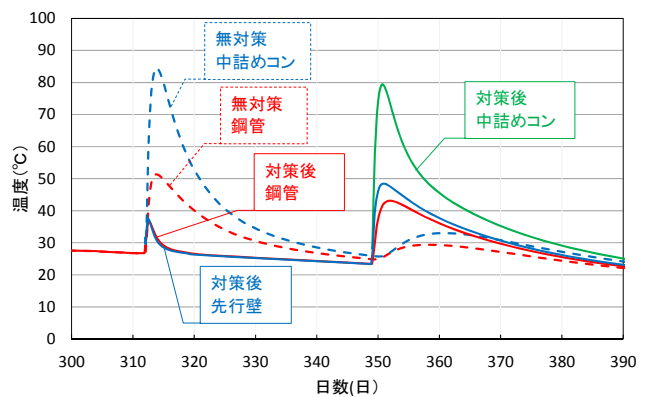


図9 対策前後の鋼管温度の比較



写真1 シャフト内満水対策



写真2 完成