

牧町天空大橋の施工における技術検討

川田建設(株) 正会員 ○好田 武史
 川田建設(株) 正会員 藤原 敏晃
 川田建設(株) 正会員 安部誠一郎
 川田建設(株) 正会員 大久保 孝

キーワード：曲線橋，非対称張出し，マスコンクリート

1. はじめに

牧町天空大橋は，平面線形 R=200m を有し橋脚から左右に張出し施工される張出し架設曲線橋である。

張出し架設橋は施工ステップが進むにつれ，逐次構造系が変化する。とくに，本橋のような曲線橋で，非対称張出し架設をする場合は，ねじりやアンバランスモーメントによって，施工時に複雑な挙動が予想された。

本稿では，非対称張出し架設曲線橋における，アンバランスモーメントおよびねじりモーメントに対する施工時品質確保の対策事例を報告する。

表-1 橋梁諸元

構造形式	PC3径間連続ラーメン箱桁橋
橋長	267.000m
桁長	266.591m
支間長	91.000m+127.000m+47.000m
有効幅員	6.925m
設計荷重	B活荷重
平面線形	A100~R=200~A=100~R=∞
縦断勾配	4.00%∕
横断勾配	1.50%∕~6.00%∕~1.50%∕\1.50%
斜角	θ=90° 0' 0" (道路中心に対して)

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に，全体一般図を図-1に示す。

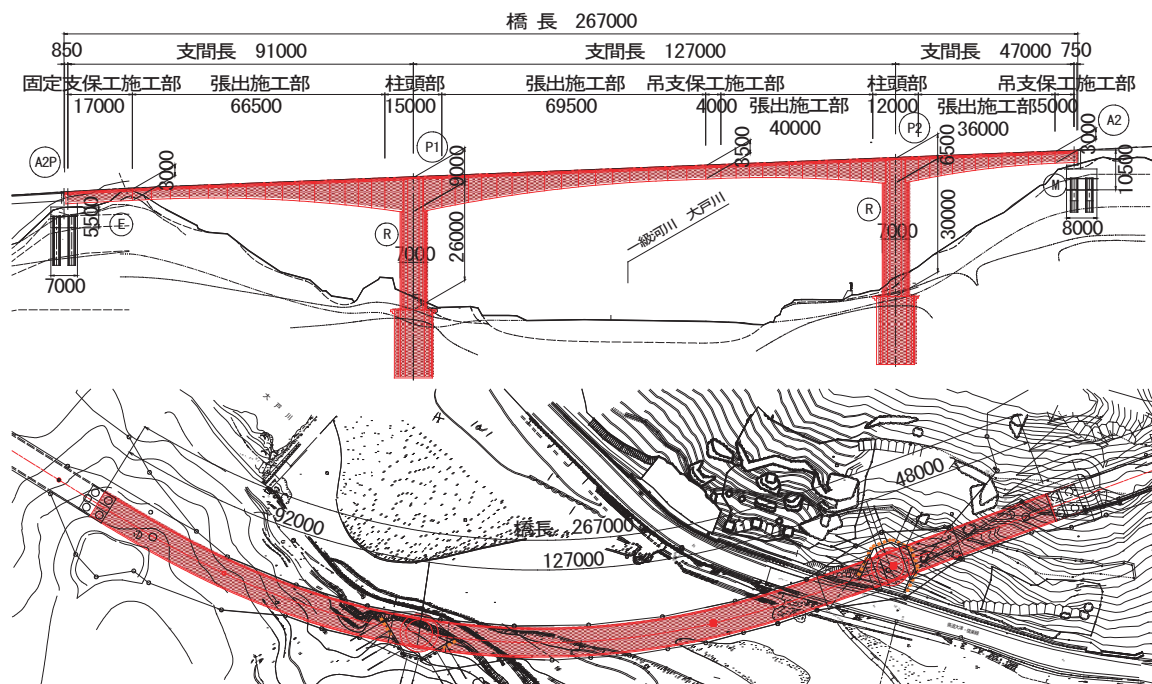


図-1 全体一般図

3. 架設時ねじりモーメントに対する対策

3. 1 解析概要と対策

曲線の張出し架設橋では、橋脚が曲率中心方向に傾き、さらに主桁のねじり変形により、大きなねじりモーメントが生じる(図-2)(写真-1)。架設系で生じるねじりモーメントと完成系で作用する後荷重によるねじりモーメントは、向きが逆になることは自明であるが、張出し架設橋では、架設時の自重によるねじりモーメントが卓越し完成系にも残留する。本工事では、施工時にねじりに起因するひび割れ発生の懸念があったため、3次元FEM解析を用いた逐次解析を行い、架設時のねじり挙動と発生応力度を精度良く求めた(図-3)。

ねじりひび割れの抑制対策としては、主桁断面のねじり変形を拘束することが有効であることから、ねじりによる引張応力度が最大となる付近(4BL)に、コンクリートによる中間隔壁を追加配置した(図-4)。対策結果を表-2に示す。



写真-1 施工写真

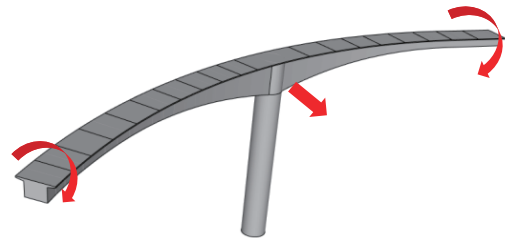


図-2 曲線張出し施工時の挙動

対応策	概要図 および コンター図 (直角方向応力)
概要	対応策なし
対応策なし	<p>主桁断面にねじり変形が生じて上下両縁に引張応力が発生</p>
概要	4BL中央に中間横桁を増設する
概要	<p>横桁配置で変形が拘束されねじりによる引張応力を抑制</p>

表-2 ねじり抑制対策結果

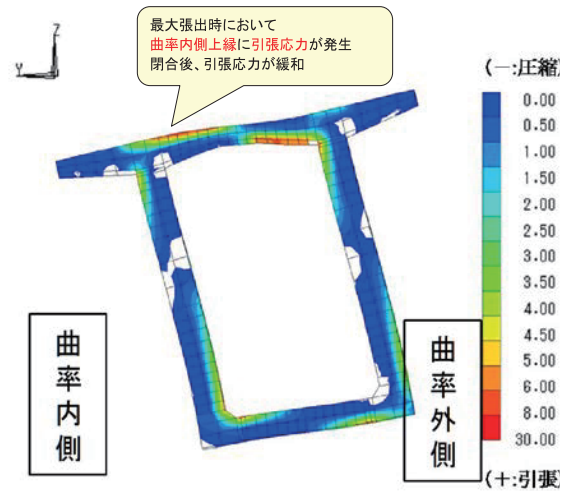


図-3 架設時ねじりによる引張応力度

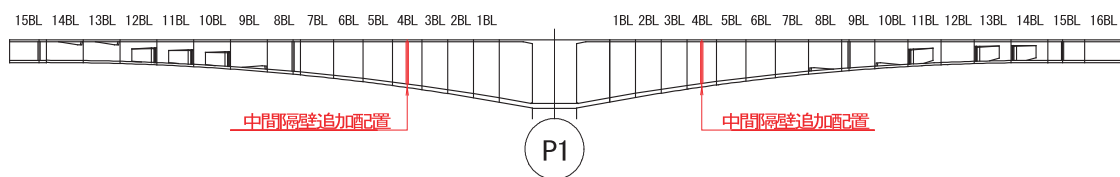


図-4 中間隔壁追加配置

3. 2 応力計測によるねじり挙動の確認

張出し架設時のねじり挙動の把握と、FEM解析の妥当性を確認することを目的に、中間隔壁追加後の最大応力発生箇所である上床版(7BL)に鉄筋計を配置し、7BL張出し施工時から中央閉合時(構造系完成時)まで応力計測を行った(図-5)。この結果、鉄筋計の値は、張出し架設が進むにつれ最大張出し時を頂点に引張応力が増大し、閉合後の構造系変化後では、ねじりに伴う応力が緩和するという、解析同様の挙動をしていることが確認でき、逐次FEM解析によるねじり検討の妥当性が検証できた。

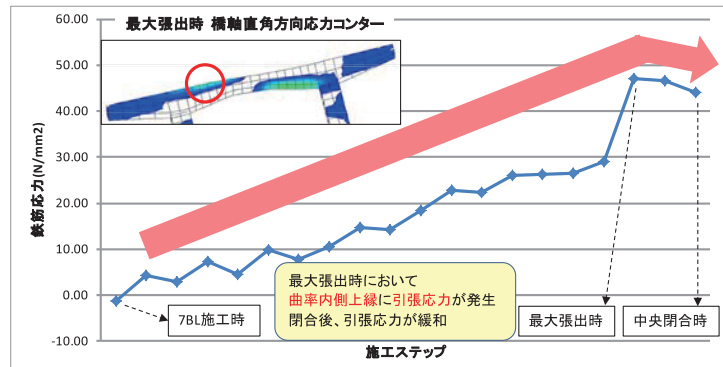


図-5 計測結果

4. 架設時アンバランスモーメントに対する対策

上下部接合部となる柱頭部には、非対称張出し施工によりアンバランスモーメントに起因する引張応力が生じる(図-6)。構造上重要な部位となる上下部接合部に生じる引張応力の抑制は、施工時品質確保における課題であった。

対策として、脚頭部から柱頭部にかけて鉛直PC鋼棒の配置を提案した(図-7)。アンバランスモーメントの性状に合わせて脚断面に非対称配置とし、施工時はその鉛直プレストレスにより引張応力を抑制した。なお、構造系完成後は緊張力を解放し、鉛直PC鋼棒を撤去した。

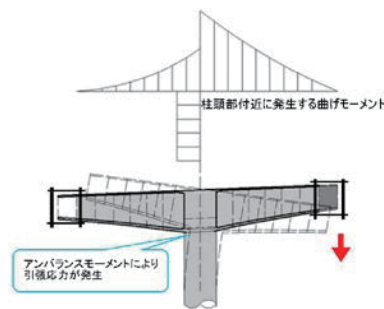


図-6 アンバランスモーメント

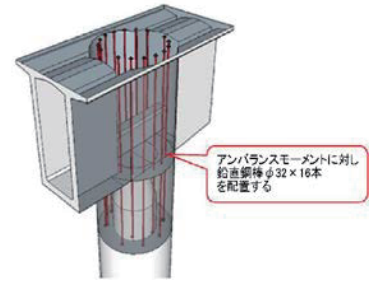


図-7 上下部接合部の鉛直鋼棒

5. 柱頭部マスコンクリート対策

5. 1 概要

本橋の柱頭部は、マスコンクリート(直径 7.0m×高さ 9.0m 475m³)であり、水和反応による内部の温度上昇量が大きいため、部材内部と外表面との温度差による引張応力が生じ、温度応力ひび割れが発生するおそれがあった。このため温度応力によるひび割れを抑制する対策が必要であった(図-8)。

5. 2 対策

現場条件(コンクリート配合・施工時の外気温・施工工程・養生条件)を考慮した3次元FEM温度応力解析を行った。その解析結果に基づきエアパイプクーリングを実施した。クーリ

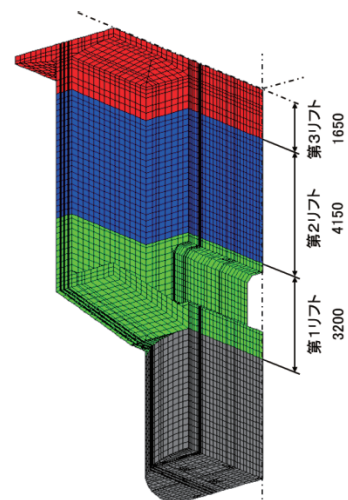


図-8 柱頭部モデル図

ングは、追加配置した鉛直管 (Φ300mm) および、内ケーブルシース (Φ75mm) に送風 (7.5m/s) してエアパイプクーリングを行うこととした (図-9)。解析結果に基づく最高温度発生位置とコンクリート外表面に温度計 (熱電対) を設置し、内外温度差の測定を行い、測定結果により内外温度差が 20℃以下になるまでクーリングを継続し、15℃以下となってから脱型した。

5. 3 結果

エアパイプクーリングにより部材中心の最高温度を緩やかに低減させたことで、初期材齢における内外温度差を小さくし、ひび割れ指数1.0以下の領域を縮減することができた (図-10) (図-11)。さらに、脱型時期を内外温度差15℃以下とすることで、外表面の急冷による内外温度差を緩和し、温度応力ひび割れを抑制することができた。

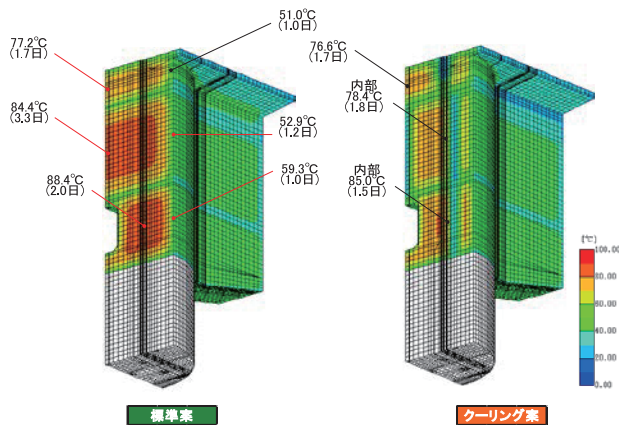


図-10 3次元 FEM 温度応力解析結果

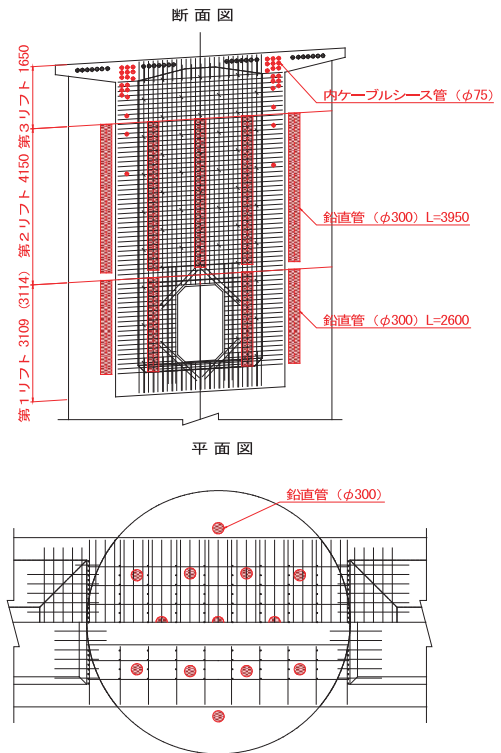


図-9 エアパイプクーリング配置

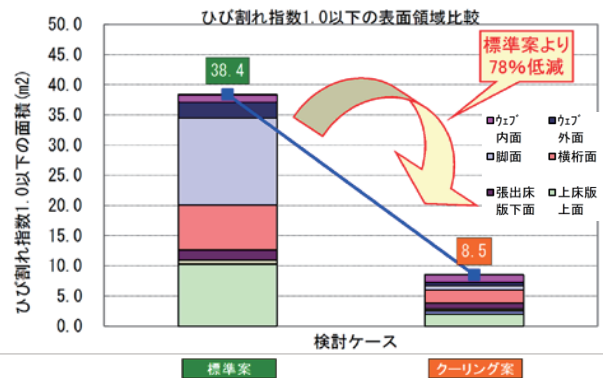


図-11 ひび割れ指数 1.0 以下の表面領域比較

6. おわりに

本橋のような曲線橋で非対称張出し架設の構造では、施工時品質確保の観点から構造特性に留意した検討が重要である。本稿が類以工事の参考となれば幸いである。

最後に、本橋は深礎工および下部工を含む上下部一式工事で、約3年3ヶ月の工期を経て、平成30年3月、無事に竣工した。関係各位に謝意を表する (写真-2)。



写真-2 完成写真

参考文献

- 1) 安部誠一郎, 神後雅文, 藤原敏晃, 大久保孝: 非対象張出し架設される曲線 PC 箱桁橋における施工品質確保の対策事例, 土木学会第73回年次学術講演会, (投稿中)