

## 外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造橋脚 における温度ひび割れ対策

東京土木施工管理技士会  
岩田地崎建設株式会社  
土木部 土木課

大田 雅之<sup>○</sup>  
Masayuki Oota  
佐藤 貴尚  
Takahisa Satou

### 1. はじめに

外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造橋脚は、高橋脚では実績の多い中空断面橋脚に対し、鋼管を主鉄筋の代替および内型枠として使用することにより、鉄筋工、型枠工を削減し、省力化、工期短縮、作業環境の改善を図ることを目的に開発された構造である。

しかし、橋脚躯体内に鋼管を有する断面特性から温度ひびわれが発生しやすく、対策が必要とされる。

本報告では、事前解析を踏まえた温度ひび割れ対策と施工後の評価について述べる。

#### 【工事概要】

- (1) 工事名 : 一般国道44号 釧路町  
オビラシケ川橋 P2 工事
- (2) 発注者 : 国土交通省北海道開発局  
釧路開発建設部釧路道路事務所
- (3) 工事場所 : 北海道釧路郡釧路町字別保
- (4) 工期 : 平成19年3月21日～  
平成20年3月10日
- (5) 橋脚構造 : L = 7,500 (橋軸直角方向)  
W = 6,000 (橋軸方向)  
橋脚高 H = 29,500

(全 高 H = 46,300)

外面リブ付鋼管 9 本  $\phi = 1,100$

L = 35,300 (t = 9 ~ 22mm)

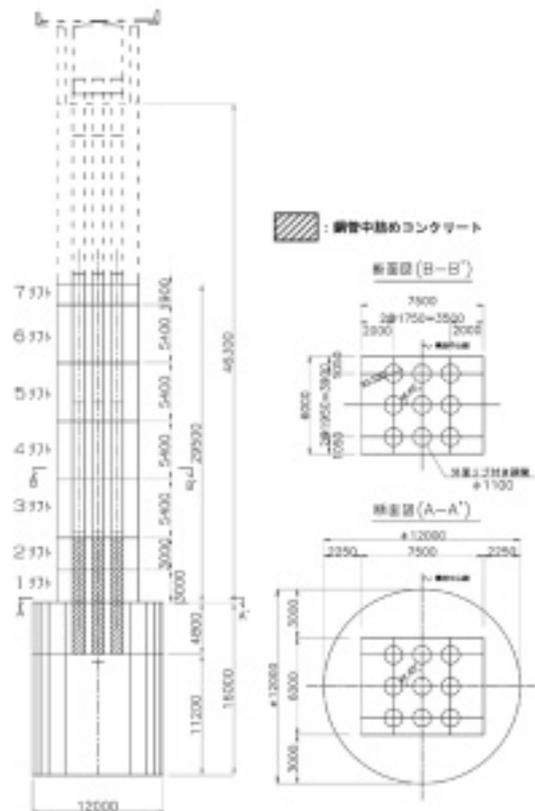


図-1 橋脚正面および断面図

## 2. 現場における課題・問題点

当橋脚は、気象条件の厳しい積雪寒冷地に建設されるため、特にコンクリートの耐久性向上が発注段階から求められた。

外面リブ付鋼管・コンクリート合成構造橋脚は、一般に、以下に示す特徴からコンクリートの発熱に起因した温度ひび割れが発生しやすい構造である。

- ・断面寸法からマスコンクリートとしての取り扱いが必要。
- ・鋼管の存在によりコンクリート厚さが部分的に不均一となる。

そこで、当現場では、温度ひび割れの低減を課題として種々の対策を検討・実施し、コンクリートの耐久性の向上を図った。次項よりその内容について示す。

## 3. 対応策・工夫・改良点

施工に先立ち、ひび割れ対策を考慮した3次元温度応力解析を実施し、ひびわれ対策の効果を検討した。図-2に施工管理フローを示す。

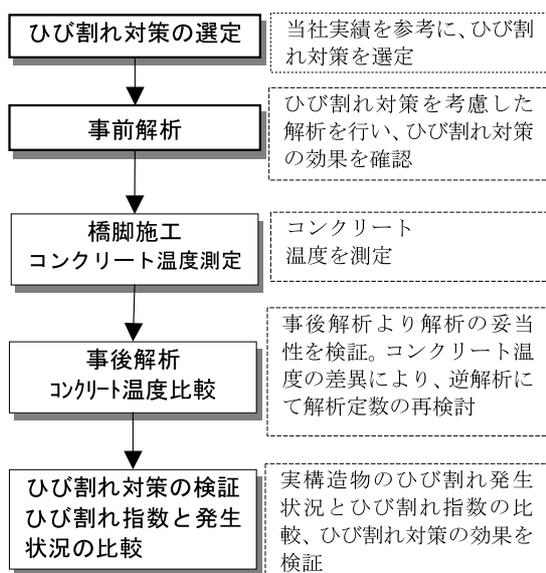


図-2 施工管理フロー

### (1) ひび割れ対策の選定

ひび割れ対策は、文献および当社の施工実績等

も参考に表-1に示す項目を選定した。

表-1 温度ひび割れ対策一覧表

ひび割れ抑制対策		
	項目	実施内容
①	・セメント量の低減	ひび割れ指数が0.5程度と低く、最もひび割れの発生が予想される1~2リフト、そして、 <b>ひび割れが波及する恐れのある3リフトにおいて膨張材を使用(セメント低減効果+膨張材効果)</b>
②	・ひび割れ制御鉄筋の設置	さらに、 <b>1~3リフトの表面部にひび割れ制御鉄筋(溶接金網)を設置</b>
③	・水和熱低減リフトの割付	中詰め施工範囲の橋脚下部1,2リフトの打設高さ3.0m、以降5.4m
④	・鋼管中詰めコンクリートの先行打設	中詰め打設後に1リフト打設
⑤	・強制送排風による鋼管内クーリング	打設後4日以上実施
⑥	・保温性に優れた断熱マットを用いた養生	脱型後に1週間程度
⑦	・改質剤の塗布(ケイ酸質系)	マット養生終了後に1~3リフトに塗布

注) 表中の①、③~⑥が解析に反映される項目

### (2) 事前解析

温度応力解析は、断面の対称性を考慮して1/4モデルとし、鋼管内の空気についてもモデル化を行った。表-2に事前解析に使用した材料物性値を示す。また、事前解析による無対策と対策実施の場合のひび割れ指数分布図を図-3に示す。

表-2 材料物性値一覧

物性値	コンクリート	基礎地盤	鋼管	鋼管内空気
比熱 kJ/kg°C	1.16 (1.05~1.26)	0.8 (0.71~1.08)	0.46	1.0
密度 kg/m³	2400	2400	7850	1.3
熱伝導率 w/m°C	2.7 (2.6~2.8)	3.45 (1.7~5.2)	83.7	2.4~500 <sup>*)</sup>
熱膨張率 10 <sup>-6</sup> /°C	10	8	11.8	0
ポアソン比	0.16 (0.2)	0.2	0.3	0.45
弾性係数 N/mm²	土木学会規定式 φ(%)×4700 ×√f' (φ)より	4000	2.0×10 <sup>5</sup>	0.05

\*) 内注、コンクリート標準配合の平均値

膨張材効果：セメントメーカーによる膨張特性推定式を採用

なお、温度ひび割れ発生に対する判断（安全性の尺度）は、ひび割れ指数にて行った。

コンクリート標準示方書によるひび割れ指数の参考値を表-3に示す。

表-3 一般的な配筋構造物のひび割れ指数

・ひび割れを防止したい場合	1.75以上
・ひび割れ発生をできるだけ制限したい場合	1.45以上
・ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように	1.00以上制限したい場合

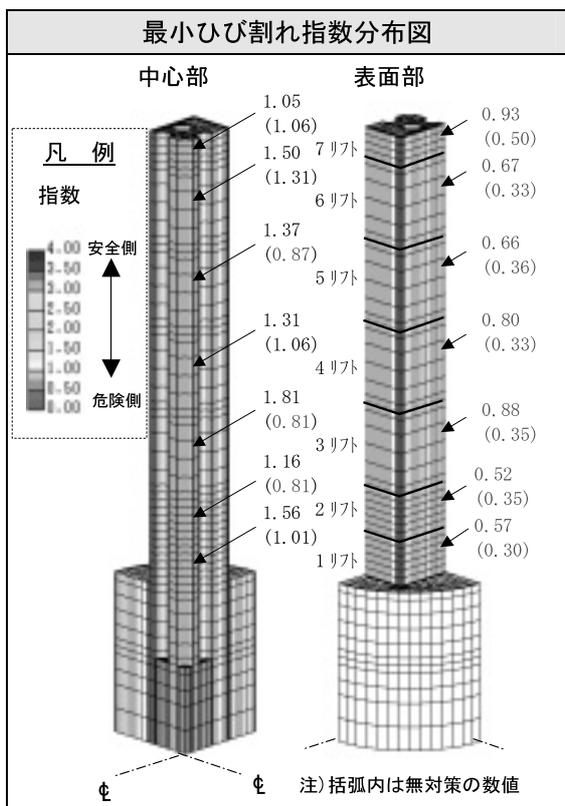


図-3 ひび割れ指数分布図

三次元温度応力解析から、図-3のように、無対策の場合、1リフト部で最小ひび割れ指数0.3であったが、対策を施す事で表面部のひび割れ指数が0.52と向上する結果となった。

しかし、大型構造物にため、種々の対策を実施しても表面部においては、ひび割れ指数1.0以上を確保することが困難な条件であった。

そこで、表面部のひび割れ対策として、解析上は考慮することはできないが、文献および当社が施工した同様の構造物において、効果が確認され

ているひび割れ制御鉄筋（φ10mm×100メッシュ）を設置することとした。

### (3)橋脚施工

当現場で実施した温度ひび割れ対策について以下に示す。

#### ①セメント量の低減

コンクリートの水和発熱量を抑えるためにセメント量を低減する事は有効な対策となる。

当初、高性能A E減水剤の使用を検討したが施工時期等の関係で混和剤用のタンクが確保できず、膨張材を使用することによりセメント量（-20kg/m<sup>3</sup>）の低減を図った。ただし、膨張材も水和反応発熱する事から、純然たる低減とはならないが、膨張効果による応力緩和も期待して採用した。

#### ②ひび割れ制御鉄筋の設置

ひび割れ制御鉄筋は、φ6mm×100mmメッシュの溶接金網を用い帯鉄筋表面側（1～3リフト）に45°の角度をつけて配置した。（写真-1）

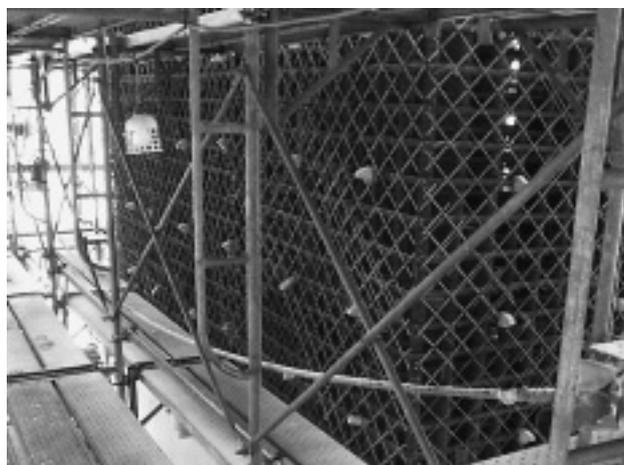


写真-1 ひび割れ制御鉄筋設置状況

#### ③水和熱による温度上昇低減リフトの割付

水和熱によるコンクリートの温度上昇を低減させるため、1リフトあたりの打設高さを抑える事は、有効である。特に鋼管中詰めコンクリートが施工される橋脚部分は、コンクリートの温度上昇が大きく、ひび割れ発生確率が非常に高くなる。そこで、少しでも温度上昇を低減させるために、1～2リフトの打設高さを3.0m、3リフト以降

は⑤に述べるクーリングを行なうことから施工性を優先し5.4m／リフトとした。

#### ④鋼管中詰めコンクリートの先行打設

当社の施工実績等から躯体コンクリート打設前に鋼管中詰めコンクリートを打設することでひび割れを抑制する効果が確認されている。よって、当橋脚においても採用した。

#### ⑤強制送排風による鋼管内クーリング

ポータブル送風機を全ての鋼管上部に設置し、外気を鋼管内に送風することで、水和熱により上昇した空気を強制的に外気と入れ替えた。これにより、コンクリート温度の上昇を抑制させひび割れ発生の低減を図った。

送風期間は、水和熱のピークが過ぎる打設後4日間とした。

#### ⑥保温性に優れた断熱マット養生

型枠脱型後の急激な温度降下および乾燥収縮を抑制する目的で、脱型後1週間程度保温性のあるマットを躯体に巻きつけ養生を行なった。マットは、容易に設置可能な樹脂発泡体を使用した。

#### ⑦改質剤の塗布

当地域は、路面凍結防止剤が散布され、凍害と塩害の複合劣化が懸念される環境下にあるため、今後ひび割れが発生しても著しい耐久性の低下を防止する目的で、コンクリート表面部を緻密化し、耐久性の向上を図った。

#### (4)ひび割れ対策の検証

実測したコンクリート温度履歴を基に事後解析を行なった結果を図-4に示す。

図-4より、躯体表面部におけるひび割れ指数が事前解析に比べ低下している。この違いは、打設工程の違い、設定より外気温度が3～4℃低かった点および給熱養生期間と養生温度の違いにより生じたと推定される。

ただし、鋼管中詰めコンクリートが施工される付近（2リフト）の表面部で大きく低下する傾向は、事前解析と同様であることから、解析は妥当であったと判断した。

目視によるひび割れ調査を行った結果、最小ひび割れ指数が0.4程度と低いにもかかわらず、ひび割れは確認されなかった。このことから、解析に反映できなかったひび割れ制御鉄筋の設置、改質剤の塗布といったひび割れ対策も含めて、当現場で実施したひび割れ対策および施工方法は有効であったと考えられる。

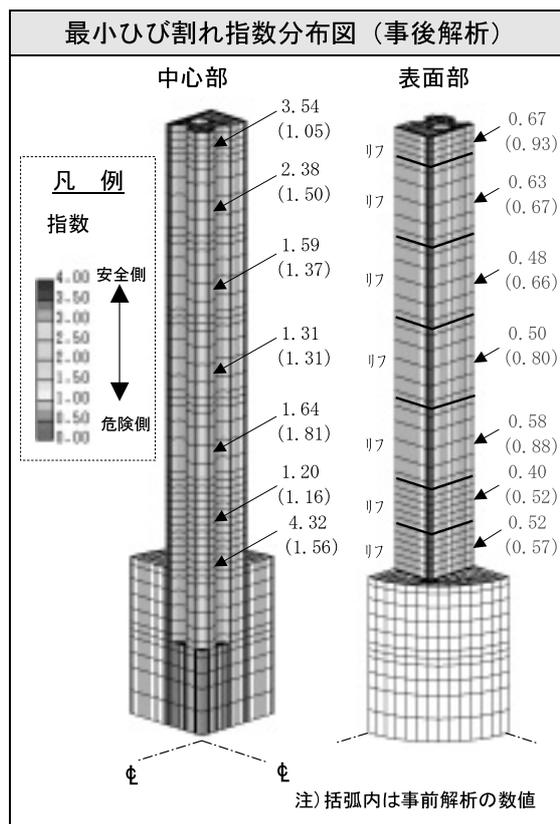


図-4 ひび割れ指数分布図

#### 4. おわりに

当現場では、温度ひび割れ低減を課題として対策を講じた結果、ひび割れの発生は確認されなかった。

事前解析結果を踏まえ、ひび割れ発生の可能性が高い部位に集中して対策を講じたため、どの対策が最も効果的であったかの照査ができなかった事が反省点として挙げられる。

コンクリート構造物の長期耐久性の向上を図るためには、施工段階におけるひび割れ防止が寄与するところが大きい。従って、施工者は施工時におけるひび割れ防止に対する取り組みが重要である事を念頭に施工する必要があると考える。