

鋼・コンクリート複合柱における 施工時温度ひび割れ抑制の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

監理技術者

森 啓 行[○]

Takayuki Mori

現場代理人

松 原 年 紀

Toshiki Matsubara

担当技術者

菱 川 孝 博

Takahiro Hishikawa

1. はじめに

本橋は東九州自動車道の一部であり、鋼6径間連続合成ラーメン2主桁橋（都農川橋）と鋼2径間連続合成ラーメン2主桁橋（心見川橋）から成る。

連続合成桁形式を採用し、鋼桁（上部工）と中間支点のコンクリート橋脚（RC下部工）を剛結することで、中間支点部の支承を省略でき、初期コストおよび維持管理コストの低減を図ると共に、耐震性を向上させる思想で設計されている。

工事概要

- (1) 工 事 名：東九州自動車道都農川橋（鋼上部工）工事
- (2) 発 注 者：西日本高速道株式会社 九州支社 延岡高速道路事務所
- (3) 工事場所：宮崎県児湯郡都農町大字川北
- (4) 工 期：平成23年4月23日～平成25年7月10日

鋼上部工とRC下部工の剛結部の施工においては、マスコンクリートの打設方法、鋼桁と下部工鉄筋に囲まれた狭隘部での施工などが重要となることが分かっている。

剛結部のマスコンクリートとしての水和熱によ

る温度ひび割れを抑制するために、施工方法（架設、配合、施工時の温度管理、養生）の工夫と温度計測による設計検討との比較を報告する。

2. 現場における問題点

本工事の鋼・コンクリート複合柱の施工にあたっては、下記の問題点が挙げられた。

- (1) 下部工柱頭部を主桁と横桁で覆う被覆タイプの剛結構造であったため、中間支点上の剛結部鋼桁の架設精度を確保する必要があった。
- (2) コンクリート打設が春季～夏季にかけて実施するため、急激な温度変化が生じる可能性があった。
- (3) 施工時の温度ひび割れの発生を抑制するための配合を設定する必要があった。
- (4) 剛結部は主桁と横桁で囲まれ、下部工から立ち上がっている鉄筋が密である狭隘空間でのコンクリートの打ち込みが必要であった。
- (5) コンクリート施工後の養生と脱枠のタイミングを現地で管理する手法の確立が必要であった。

3. 対応策と適用結果

先の問題点に対して、各々下記に示す対策を実施した。

- (1) ブラケットベントによる剛結部ブロック架設剛結部ブロック（主桁・横桁）は、図-1に示



図-1 剛結部のブロック化による架設



図-3 養生材を貼り付けた型枠組立



図-2 ブラケットベントによる仮固定

すように、あらかじめヤードにて地組立と高力ボルトの締め付けを行い、360t吊りオールテレーンクレーンにて一括架設とした。架設に大型クレーンを使用することとなったが、一括架設を採用することで、主桁および横桁部材毎の架設に比べて、組立作業と形状管理を地上で精度よく行うことができ、高所作業を低減することで安全性を向上させることができた。

剛結部ブロックのコンクリート充填完了までの期間は、橋脚に先行設置した図-2に示すブラケットベントにて仮受けした。ブラケットベントの橋脚との仮固定はインサートアンカーを使用した。これらの工夫により、剛結部の桁架設精度を確保できた。

(2) 施工時温度変化に配慮した型枠組立

剛結部ブロックを架設した後、柱頭部型枠を堅

固に組み立てた。このとき型枠表面および鋼板部には、コンクリート硬化時の急激な温度低下に伴うひび割れを抑制するため、図-3に示す養生材（ウレタンフォーム）を貼り付けた。

(3) 施工時の温度ひび割れの発生を抑制する配合
コンクリートの材齢28日における圧縮強度は30 N/mm²とし、セメントは高炉セメントB種を使用した。また、単位水量の低減とフレッシュコンクリートの良好なスランプ保持を目的として高性能AE減水剤を添加した。さらに、乾燥収縮によって鋼板とコンクリートが剥離しないよう膨張材（混和材）を添加した。表-1に剛結部コンクリートの示方配合表を示す。

なお、コンクリートの打込み作業に先立ち、型枠内を高圧エアや掃除機で入念に清掃した。また、コンクリート打込み直前には、橋脚頂部のコンクリート打継面、型枠および鋼板部材を高圧洗浄水にて湿潤状態とした。

さらに、コンクリートの品質管理は、コンクリー

表-1 剛結部コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	荷卸時の 目標スラ ンプ (cm)	水結合 材比 W/(C+F) (%)	荷卸し 時の目 標空気 量 (%)	細骨 材率 S/a (%)	単位量(kg/m ³)					
					水 W	セメ ント C	混和 材 F	細骨 材 S	粗骨 材 G	混和 剤 A
20	12	50.0	4.5	43.9	163	306	20	777	1006	2.249

トの荷卸し地点においてスランプ、空気量および塩化物含有量等の試験を実施した。なお、圧縮強度測定用の供試体は標準養生供試体6体(σ_7 、 σ_{28})に加え、ブラケットベント解体時の強度確認用の現場養生供試体3体(σ_{14})を採取した。

(4) 狭隘空間でのコンクリート打設の工夫

剛結部コンクリートは、コンクリートポンプ車を使用し、図-4の①～⑧に示すように8層に分け、まず柱頭部（打継面から主桁下フランジ下面まで）を先行して打込んだ。

柱頭部の打込みが完了したら、柱頭部天端からのフレッシュコンクリートの溢出を防ぐために、コンクリートの流動性が落ち着くまで時間を置き、引き続き鋼殻部充填コンクリートの打込みを行った。なお、コンクリート打込みの1層当たりの高さは50cm程度以下とし、打込み時の温度が25℃～30℃であったため打ち重ね時間は2時間を超えないよう管理した。

打設開始9：00から打込み完了13：30までに1橋脚あたり概ね63m³を施工した。コンクリートの打ち込み状況を図-5に示す。

なお、主桁下フランジ下面はスタッドジベルと鉄筋が密に配置されており、締固め不足による充填不良を防止するために図-6に示す狭隘部でも挿入可能な小型の専用バイブレータ（ヘラ型）を使用して締固めを行った。また、図-7に示すように充填状況は下フランジの空気孔で確認した。

(5) 保湿保水に配慮したコンクリート養生と温度計測による脱枠時期決定の工夫

コンクリートの打込み終了後、木ごてによる荒仕上げを行った後、金ごてにより表面仕上げを行った。表面仕上げ時にはコンクリートの初期材令



図-5 剛結部コンクリートの打ち込み状況



図-6 小型の専用バイブレータ

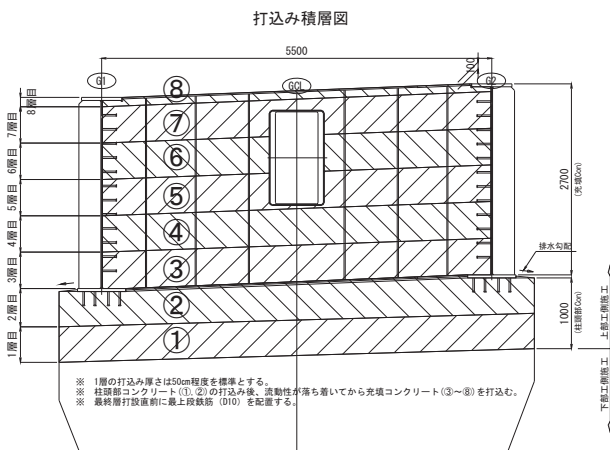


図-4 8層に分けたコンクリート打込み



図-7 空気孔による充填状況の確認



図-8 散水養生の状況

における保湿保水効果を高め、セメントの水和反応を最適の環境下で進行させるとともに、仕上げ作業効率を高めるために被膜養生剤を使用した。

コンクリート表面のブリージング水が乾いた後、表面硬化状態を確認してから養生を実施した。養生は「養生マット+エアマット+ウレタンフォーム+ブルーシート」とし、14日間散水により湿潤状態を保持した。散水養生の状況を図-8に示す。

剛結部のマスコンクリートとしての発生温度を設計段階において三次元FEM解析にて検証していたため、これを現地の脱枠時期の管理に応用することとした。実配合および養生条件に基づいた発生温度解析値を用いて、脱枠時期の参考にした。

小型の自動温度記録計を使用し、ア)柱養生面、イ)主桁腹板表面、ウ)主桁腹板養生材外側、エ)柱型枠側面、オ)柱型枠側面養生材外側の測点にて1時間毎の温度を計測した。

ここでは、図-9にア)柱養生面、図-10にエ)柱型枠側面の発生温度解析値(実線)と計測値(破線)の比較グラフを示す。

現地での温度計測値により、ア)柱養生面(図-9)およびエ)柱型枠側面(図-10)は解析値を概ね再現できたことが分かった。ただし、解析上想定できない通風環境などが生じ、鋼桁温度に解析と計測値に誤差が生じたことも否めないため、解析条件の精度向上は今後の課題といえよう。

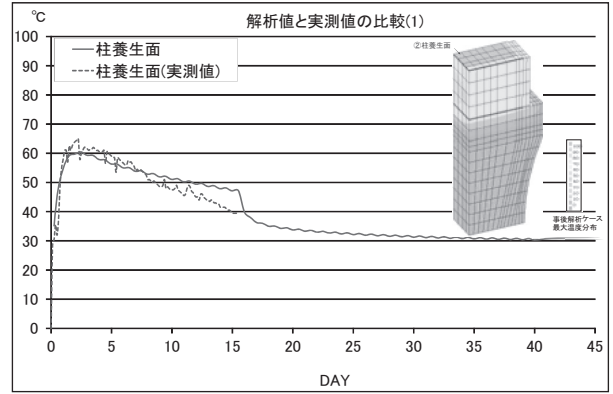


図-9 柱養生面温度の比較

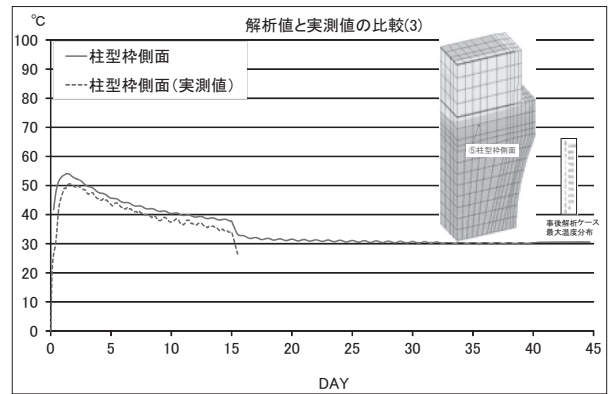


図-10 柱型枠面温度の比較

4. おわりに

剛結部のマスコンクリートとしての温度ひび割れを抑制するために、桁架設からコンクリート施工までの問題点を抽出し、配合や施工時の温度、養生方法などを検討した。その検討結果を反映させるための現場施工の工夫を記述した。

これらの対策を通じて、現場での施工によるひび割れは見られなかったため、対策が有効であることが確認できた。

本報告において、工事の設計・施工に関するご指導を頂きました西日本高速道路株式会社九州支社構造技術課および延岡高速道路事務所の関係各位に厚く御礼申し上げます。

また、本工事は無事故・無災害で竣工したため、西日本高速道路株式会社九州支社管内安全協議会より表彰を得ることができました。ここに、工事に携わった関係各位に謝意を表します。