

性能照査に基づく鋼2主鈎桁床版コンクリートの施工に関する検討

ドーピー建設工業㈱ 東北支店 コンストラクティブ 正会員 ○小野 俊一
 国土交通省 東北地方整備局 青森工事事務所 五所川原出張所 所長 腰山 武治
 (旧 東北地方整備局 森吉山ダム工事事務所 建設監督官)

ドーピー建設工業㈱ 東北支店 ビジネスグループ 正会員 平野 至史
 ドーピー建設工業㈱ 東日本プロジェクト設計部 正会員 門脇 新之助

1. はじめに

向様田1号橋は森吉山ダム工事建設に伴い、県道付替えのため施工される橋梁である。近年建設コストの縮減という観点から、コンクリートと鋼部材の特徴を相互に活かした合理的な構造形式の構築が盛んに行われている。これら複合構造の中で本橋は、鋼2主鈎桁橋の床版をPC構造とした鋼少数主桁形式の桁である。

本橋における床版は、場所打ちコンクリートを用いた非合成桁として設計されており、鋼桁との接合部には橋軸直角方向の水平力に対するずれ止め(スタッドジベル)が用いられている。

スタッドジベルの存在は、その接合効果によって橋軸方向の性状が必ずしも非合成構造とはならないことが知られている。このため特に場所打ちコンクリートで施工する場合、セメントの水和熱による膨張と硬化後の収縮、あるいは材齢に伴う乾燥収縮等の経時変化がスタッドジベルによる拘束力と相俟って、床版にひび割れ等の変状をもたらすことが懸念された。これらの施工段階において生ずるひび割れ等の変状は、品質保証、あるいは構造物性能の観点から好ましいことではなく、これらのリスクに対処した施工方法の検討が必要となった。本稿は、場所打ちPC床版のひび割れ対策について報告するものである。

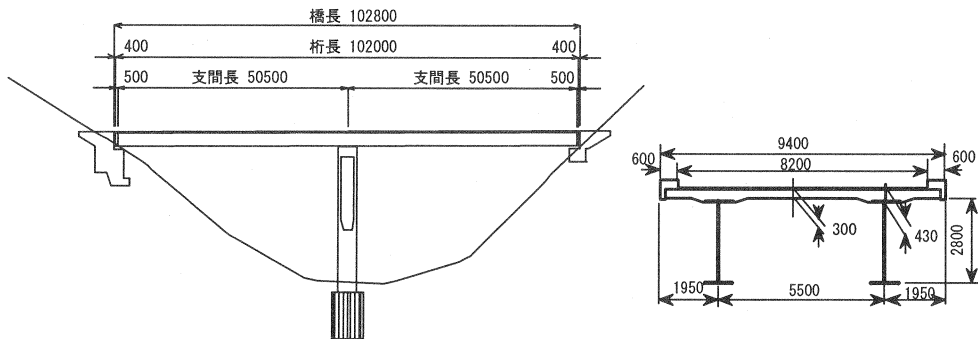


図-1 橋梁一般図

表-1 設計条件

2. 設計上のひび割れ照査

ひび割れに対する照査方法は、コンクリートの持つ引張強度に達した状態において、配置されている鉄筋量により所定のひび割れ幅以下であることを確認した。

・初期ひび割れ状態

コンクリートの応力が引張強度に達するとひび割れが発生し、ひび割れの間隔がある間隔になるまで進行する状態である。(図-2)

コンクリートにひび割れが発生した時のモーメン

工事名	平成13年度向様田1号橋床版工工事
路線名	秋田県道 比内森吉線
施工場所	秋田県北秋田郡森吉町森吉地内
活荷重	B活荷重
支間長	L=2@50.100m (道路中心線上)
有効幅員	W=8.500m
構造形式	鋼2径間連続2主鈎桁橋
橋長	L=102.000m (道路中心線上)
道路規格	第3種 第4級

トを初期ひび割れモーメント (MR) と呼ぶ。この初期ひび割れモーメント発生時からひび割れが発生し、ひび割れの開口と共に床版軸力の減少と鉄筋応力度の急増が繰り返され、ひび割れ間隔は細かくなっていく。

ひび割れは導入長さの2倍より小さな間隔になると新しいひび割れ発生は終了する。

・完全ひび割れ状態

新しいひび割れが発生しなくなると、ひび割れ幅の増加と共に鉄筋の応力度が増加する状態である。すなわちひび割れが存在している状態である。初期ひび割れ状態終了後は、完全ひび割れ状態となる。

本橋では初期ひび割れ状態及び完全ひび割れ状態ともに、許容ひび割れ幅 0.2mm を満足した。

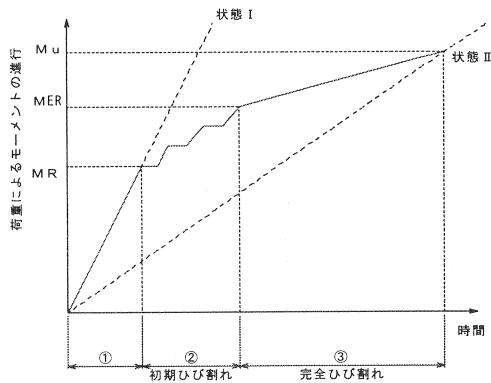


図-2 曲率と曲げモーメントの関係

3. 施工計画における性能照査

1) 施工条件

床版コンクリート性能照査を行う解析の施工条件として

- ・水平換算距離約 200mのコンクリート圧送を実施するため配管によるロスが発生すること
 - ・打設時期が7月中旬となり暑中コンクリートとなることが予想されたこと
- があった。これらの条件については以下の様に基づき施工計画を行った。

- ① コンクリートのポンプ圧送を行う為に、ポンプにかかる最大圧送負荷がポンプ車の最大吐出圧力の80%であることを確認する。(図-3) ポンプ圧送は、スランプ 12cm で可能である。

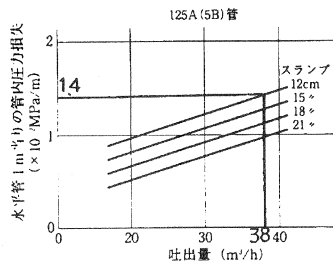


図-3 管内圧力損失の標準値

$$P_{max} = (\text{水平管 1m 当たりの管内圧力損失}) \times (\text{水平換算距離})$$

スランプ 12cm とすると。

使用するポンプ車の最大吐出圧力圧力 : 4.4MP

時間当たりの吐出量 : 38(m³/h)

$$P_{max} = 0.014 \times 200$$

$$= 2.8 \text{ MP} < 4.4 \times 0.8 = 3.5 \text{ MP} \quad \text{ok}$$

②コンクリート配合の調整

ポンプ圧送を可能とするためには 12cm のスランプが必要であるが W/C が大きくなるため、乾燥収縮低減とは相反する事となる。この問題を解決するため高性能減水剤を用いて水およびセメント量の低減をはかれる、表-1 の配合を用いることとした。

この配合により、コンクリートの耐久性を向上させ、更に引張強度の増加も期待できた。また、施工時期が暑中コンクリートとなることを考慮して流動化剤を添加し、スランプを 4cm 増大させることとした。品質の確認のためスランプを継続的に測定することとした。

表-2 コンクリートの配合仕様

f'ck (N/mm ²)	G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m ³)				
				C	W	S	G	AD
45	25	39.0	42.0	385	150	367	1085	4.23

2) 性能照査の実施

躯体の温度変化、およびひび割れ指数について土木学会標準示方書（ひび割れ調査）に対応した3次元温度応力解析専門プログラムを使用してシミュレーションを行った。尚、解析は日本大学工学部原研究室に依頼した。解析ソフト：ASTEAMACS（株式会社計算力学センター）

性能照査に用いた床版コンクリートの打設工程、配合計画、および養生方法は、以下ようになる。

- ・コンクリートの打設日：平成14年7月10日、午前6時と12時
- ・コンクリートの仕様：40-8-25H → 45-12-25Hに変更
- ・打設時の推定気温：25℃、養生方法：養生マット、3日間、配合：前記の通り

解析では経時変化を考慮するためにクリープ、乾燥収縮、および自己収縮を考慮している。

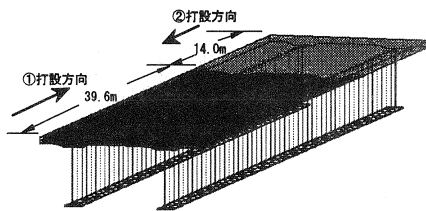


図-4 打設区分および要素分割図

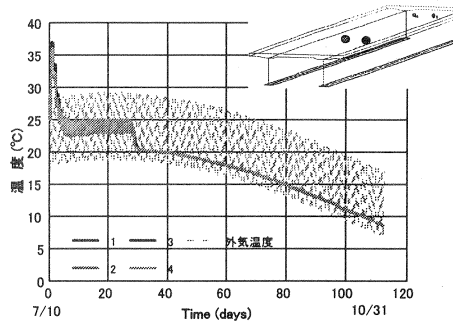


図-5 床版内部の温度変化

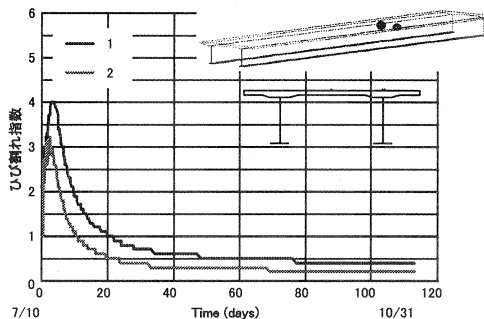


図-6 床版上面のひび割れ指数変化

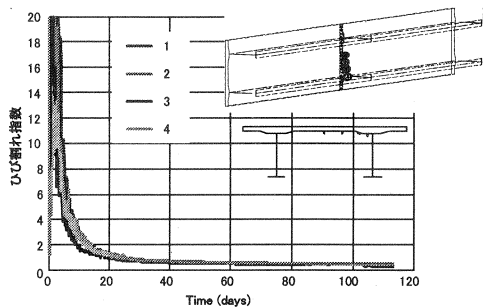


図-7 床版下面のひび割れ指数変化

図-4は、解析での打設区分、および要素分割を示したものである。

性能照査結果は、図-5～7に示すとおりである。このうち、床版内部の温度は、図-5に示すように、コンクリート打設後より上昇し、その後、材齢の経過とともに、下降し、3～4日以降は外気温に近いところで推移していることが分かる。

本解析の場合、最高温度と外気温の差は、約10℃から15℃程度の変化を示し、温度応力による影響は少ない結果が得られた。

相対的に温度が高かった箇所は、橋軸中央断面の床版中心部と主桁付近であった。また、打設順序では、後から打設した橋梁中央の橋脚側が若干高くなる傾向を示した。これは、正午の打設としたため、外気温が高くなった時間の影響によるものと考えられる。

本解析結果より、床版上下面におけるひび割れ指数の経時変化を示したのが図-6、および図-7である。ひび割れ指数は、コンクリートの打設後、約20日付近より小さくなり、その後の材齢経過に伴って、徐々に低下する傾向にある。これは、比較的材齢が経過した後ひび割れ指数が小さくなっているため、スタッドジベルによる鋼主桁との拘束がコンクリートの硬化や、乾燥に伴う収縮によって引張応力を生じさせ、ひ

ひび割れ指数が小さくなったものと思われる。以上の結果から以下のことが要約される。

- ① 場所打ちコンクリートによる床版の施工の場合、比較的部材厚が少ないことから、打設後1ヶ月未満でひび割れの発生確率が高くなる。
- ② これらひび割れ発生は、主として、乾燥収縮によるもので、2次的な誘因として主桁との拘束力の影響が挙げられる。

ひび割れ指数の変動が床版下面の方が高いことより、拘束力の影響は下面が大きいと考えられる。

4. 施工上のひび割れ対策

性能照査により、施工上でのひび割れ対策が重要となった。場所打ちコンクリートにより施工される本橋においては、乾燥収縮による影響が大きいため、施工上における対策として以下の項目を実施した。

①補強鉄筋の配置

引張応力の大きくなる支点部にスタットジベル補強筋を配置し、引張り応力に抵抗させた（写真-1）

②打設方法の検討

打設はポンプ2台で均等に行い、コンクリート自重に対する応力格差を極力少なくし不等たわみによるひび割れの発生を防いだ。

③養生の徹底

乾燥収縮によるひび割れを低減するために、コンクリートの湿潤養生を徹底した。施工では養生マットを敷設し、継続的な散水養生を行い、コンクリート表面を7日間湿潤状態に保った。（写真-2）

また、コンクリート温度の測定を行った結果、初期温度は若干高めに発生しているが、事前解析とほぼ同様な温度変化で推移した。これによりひび割れ指数も事前解析とほぼ同じく移行したと考えられる。

④脱型時期の調整

型枠は緊張終了後に解体する予定であったが、コンクリートの急激な乾燥収縮防止のため打設後2週間経った後に脱型作業をした。

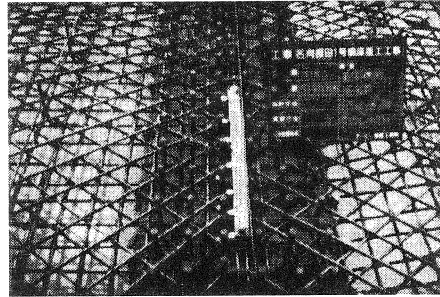


写真-1 スタットジベル補強筋

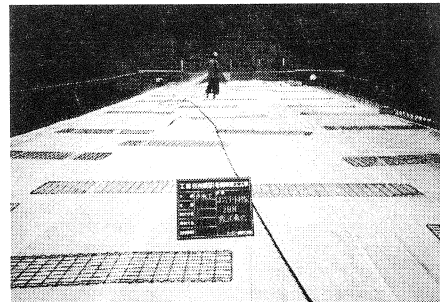


写真-2 散水養生状況

5. 施工結果報告

実施工においては、設計上、乾燥収縮ひび割れを許容しているため、膨張剤や補強材の使用までには至らず、施工方法のみの対応となった。結果としては、想定されたように床版下面に若干のひび割れが発生したが、初期ひび割れの範囲に収まり、設計上の性能は十分に確保する事ができた。

6. おわりに

本工事のような場所打PC床版少数鉄桁橋は、施工例も少なく施工上100%の検討が行われたわけではないと考える。今後、耐久性向上を目的として膨張剤、または補強材料の使用も視野に入れる必要性があるのではないだろうか。

本報告が今後同じような橋梁建設の参考になれば幸いである。