宇迦橋上部工工事における温度ひび割れ制御対策について

出雲県土整備事務所　都市整備第一係長　大野　康

はじめに

神門通り線は、大正初期に出雲大社への参詣道として整備されたものであり、現在では大鳥居や松並木を生かした都市計画道路として整備され、大きな賑わいをみせる通りである。

神門通り線にある大鳥居の直ぐ南側には、堀川・古内藤川が日本海に向け流下しており、そこには昭和 12 年（1937）に架橋された宇迦橋（単純 RCT 桁橋（4 連））が供用されていた。本橋は出雲大社への参詣客や生活・観光用の通行車両が行き交う橋梁であるが、耐久・耐震性の面を踏まえた供用性の検討がなされ、現在、橋梁の架け替え工事を進めており令和 7 年 12 月 21 日には宇迦橋開通を予定している。

（旧宇迦橋と出雲大社大鳥居：下流より望む）

上部工検討

橋梁の整備方針については、現況の補強利用と架け替えを想定した供用性検討が行われており、後者での対応が決定されている。

橋梁構造については、

① 既設橋を撤去し同位置に架橋すること
② 橋面の高さを現状相当とすること
③ 斜角 45°に対して耐震性に優れた構造とすること
④ 橋面への石畳み舗装を採用すること
⑤ 各種の修景対応に配慮すること

などの課題事項に対して最適な構造を検討し、2 径間連続 PC 中空床版橋（高強度コンクリート現場打ち）を採用した。

本橋上部工は高強度コンクリート（60N/mm2）による現場打ちコンクリート（マスコンクリート：最大桁高 1.3m）であり新旧打継部の拘束や水和熱によるクラック発生などが懸念されることから、懸念事項に対する対策について報告する。

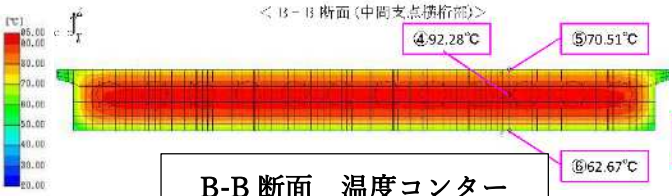
新宇迦橋の諸元

橋　　種　：　プレストレストコンクリート道路橋
橋　　長　：　L=68.00m（曲線長）
上部工形式　：　2 径間連続 PC 中空床版橋（高強度コンクリート現場打ち）
設計活荷重　：　B 活荷重

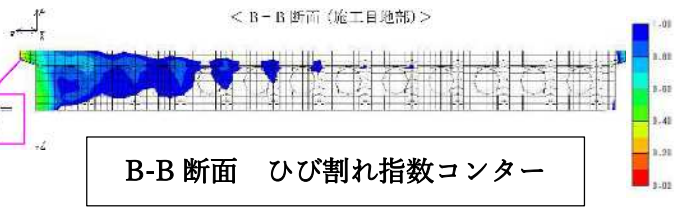
温度応力解析の実施

上述のとおり温度応力による初期ひび割れの発生が懸念されることから、温度応力解析を行い対策の検討を行った。

解析結果としては夏期施工ではコンクリート温度は最高 92.28℃となり、一般的な上限値である 70℃を広範囲で大きく上回ることが判明した。また、コンクリートのひび割れの可能性を示すひび割れ指数 Icr（＝[引張強度 F（t）]/[引張応力度 σ（t）]）の最低値は 0.30 となり、目標値の 1.0 を大きく下回りひび割れが起こる可能性が非常に高いという結果であった。



B-B 断面　温度コンター



B-B 断面　ひび割れ指数コンター

温度応力解析結果を踏まえた対策

①打設時期の変更

温度ひび割れ制御対策の手引き（案）（中国地方整備局 中国技術事務所（令和 5 年 3 月））（以下「手引き」とする）では「コンクリートの打込み温度は、最高温度、温度降下量に強く影響を及ぼす。その結果、温度ひび割れ発生の有無、温度ひび割れの幅などに影響を与えることになる。」としている。

宇迦橋では当初予定していた夏期施工ではひび割れ可能性が高まることや強度発現上の問題が生じることから、コンクリート温度を下げるために夏期施工（8～9 月）を秋期施工（10～11 月）に変更した。

	CASE1（夏期施工） ｺﾝｸﾘｰﾄ温度【℃】	CASE2（秋期施工） ｺﾝｸﾘｰﾄ温度【℃】	施工時期変更による ｺﾝｸﾘｰﾄ温度低減効果【℃】
A-A断面内部①	88.72	73.05	-15.67
A-A断面上面②	72.86	58.07	-14.79
A-A断面下面③	65.34	50.77	-14.57
B-B断面内部④	92.28	74.51	-17.77
B-B断面上面⑤	70.51	53.56	-16.95
B-B断面下面⑥	62.67	45.71	-16.96

②混和材料の使用

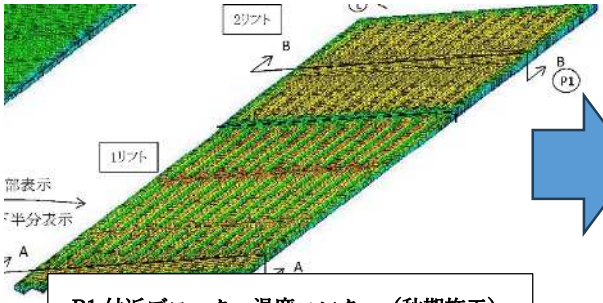
手引きでは「化学混和剤のうち、高性能 AE 減水剤と AE 減水剤の使用は単位水量を減少させることができ、流動化剤の使用は単位水量を増加させることなく、流動性を向上させることができる。」としている。

宇迦橋では高性能 AE 減水剤（マスターグレニウム SP8HVM）を使用することで単位水量を抑えながら高い流動性を保持したコンクリートにて施工することとした。

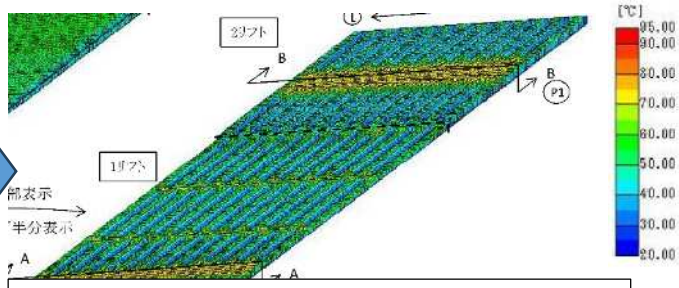
③ポストクーリングによる養生

手引きでは「ポストクーリングは、外部拘束および内部拘束が卓越する構造物のいずれにも有効であるが、コンクリート温度が上昇している時期に適用することが重要」としている。

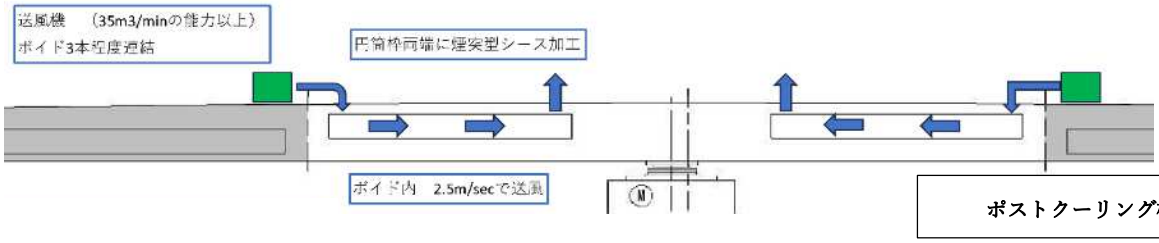
宇迦橋ではコンクリート温度上昇を抑制するため、コンクリート養生時に中空床板の円筒型枠内部に空気を送風することで内部温度を下げることとした。



P1 付近ブロック　温度コンター（秋期施工）



P1 付近ブロック　温度コンター（秋期施工＋クーリング）



ポストクーリング模式図

ポストクーリング実施状況

④収縮ひずみを低減する混和材料の使用

手引きでは「膨張材は，コンクリートに生じる収縮ひずみをコンクリートの膨張によって低減するため、温度応力によるひび割れの制御に有効である。」としている。

宇迦橋では膨張材 20 型を使用することにより乾燥収縮の低減によりひび割れの制御を行うこととした。

⑤補強鉄筋の配置

手引きでは「温度ひび割れの幅をひび割れ幅の基準値以下とするためには、温度応力を低減する適切な対策を選定して実施した上で、適切な量の鉄筋を適切な位置に配置することが有効である。」としている。

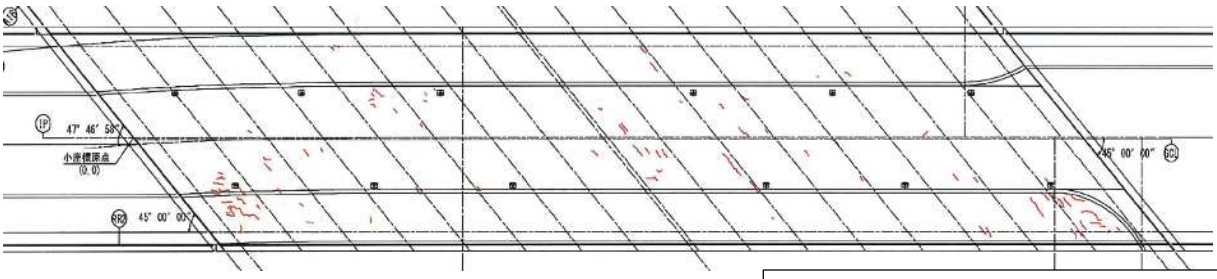
宇迦橋ではひび割れ対策レベルは、安全係数 γ cr =1.0 以上、許容ひび割れ幅 0.2 mm とし必要鉄筋量を算定し、局所的に補強鉄筋（D22：20 本、D13：10 本）を配置することとした。

コンクリート硬化後のひび割れ調査・診断結果

①調査結果まとめ

発生しているひび割れは、幅 0.2mm～0.5mm のひび割れが全体的に確認された。

高強度コンクリートのためセメント量が多く硬化始めからの床版表面の硬化熱及び乾燥収縮による表面ひび割れと判断できる。



赤い線：ひび割れ　計 89 箇所

②ひび割れに対する対応

橋梁補修補強マニュアル【実施編】（令和 4 年 1 月　島根県土木部道路維持課）（以下「県マニュアル」とする）では「ひびわれ補修工はひび割れ幅 0.2mm 以上のものを対象とし、ひび割れ幅 1.0mm 未満のひび割れにはひび割れ注入工法を適用する」、「曲げ強度および引張強度が大きくひび割れ深部までの重点性に接着性も良くかつ経済的で適用範囲の広い「エポキシ樹脂注入材」を用いることを基本とする」としている。

本件において貫通ひび割れは無いため、0.2mm～0.5mm 幅のひび割れ部にはエポキシ樹脂注入を行った。

また、0.2mm 以下の微細なひび割れには、反応型けい酸塩系表面含侵材（化学反応によりひび割れ深部を含む表層部の空隙を緻密化し、水や各種劣化因子の侵入を長期にわたり抑制する塗布材）塗布にて対処した。

おわりに

本橋では高強度コンクリートかつマスコンクリートであることから、ひび割れ発生が懸念されていたことから温度応力解析を行い、手引きに基づき様々な対策を実施した。

0.2 mm を超える幅のひび割れを複数個所確認したが、貫通ひび割れに至らずかつ 0.6mm 未満のひび割れ幅に抑制できた。また、試験施工時のひび割れ個所数 1.23 箇所/㎡に対して実施工時のひび割れ個所数 0.11 箇所/㎡とひび割れ個所数を約 1/10 に低減できたことは対策実施による一定の成果があったと言える。

発生したひび割れに対しては県マニュアルに基づき適切に処置を行い、神門通りの玄関口として多くの観光客を迎え入れる宇迦橋上部工が完成に至った。

今後、同種の橋梁を施工する際の参考になれば幸いである。