

3. ひび割れ抑制対策の検討

3.1 打込み順序の変更

箱桁断面のポータルラーメン橋の打込み順序は、最初に橋台部・ウェブ・下床版、次に中間横桁、最後に上床版を施工するのが一般的である。この場合、上部工全体が下部工に拘束され、上部工へのひび割れ発生が懸念される。そこで、**図-3**に示すように、3mの閉合部を設け、最初に支間中央のウェブ・下床版、次に橋台・中間横桁、最後に上床版・閉合部の順序で施工することを検討した。なお、ひび割れ指数の目標値は、ひび割れ防止を目的として、ひび割れ発生確率5%以下となる1.85以上に設定した。打込み順序変更により、下床版(閉合部)の局所的なひび割れ指数は低下するものの、橋台上面・上床版・張出し床版のひび割れ指数が大幅に改善した(**図-3**)。このことから、閉合部を設ける打込み方法を採用した。ひび割れ指数が低い下床版閉合部の対策については、**3.3**に後述する。

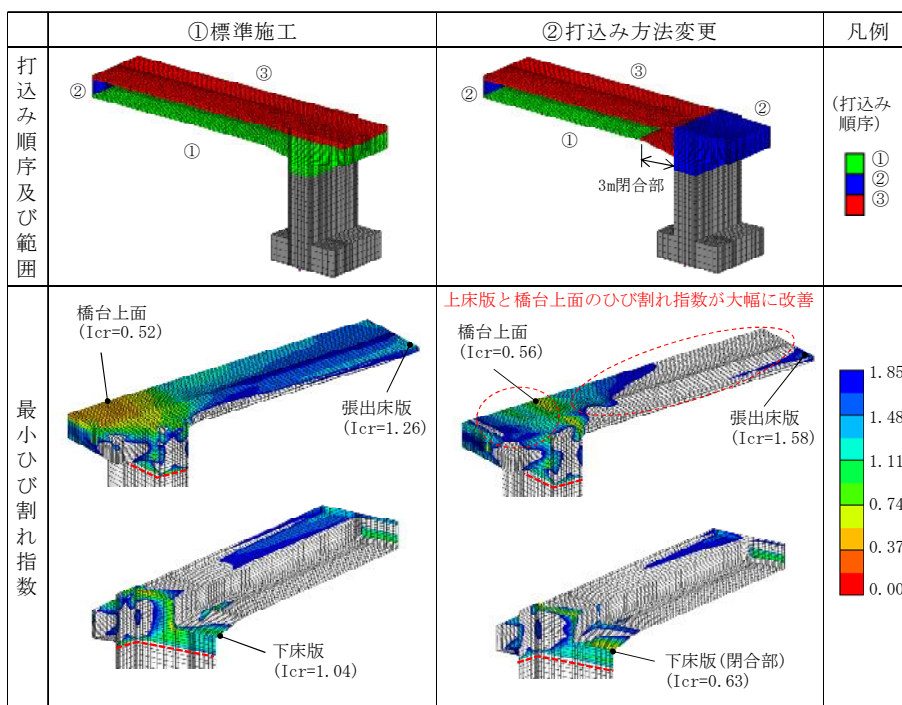


図-3 打込み方法の検討

3.2 橋台部のひび割れ抑制対策

橋台部は、膨張材の使用(低添加型, 使用量:20kg/m³)と橋台中央への鉛直パイプクーリング(クーリングパイプ:鋼製シースφ60mm, 配置間隔:1.0m, 冷却水(流量:3L/min, 平均水温:30℃, 通水期間:5日))の有効性を順次検討した結果、ひび割れ指数1.85以下の範囲はほぼみられなくなった(**図-4**)。よって、橋台部打込み時には膨張材の使用と鉛直パイプクーリングを実施することにした。

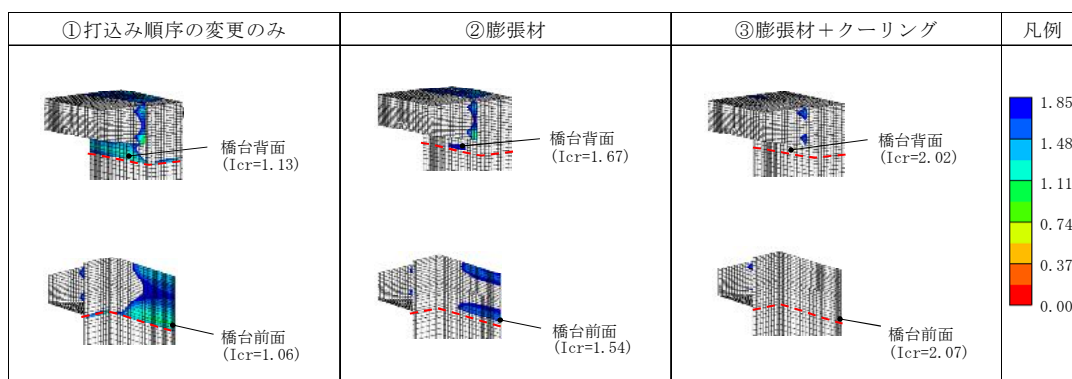


図-4 橋台部打込み時のひび割れ抑制対策の検討

3.3 上床版および下床版閉合部のひび割れ抑制対策

上床版および閉合部については、膨張材の使用を検討した。上床版・閉合部打込み時のコンクリートに膨張材を使用すると、上床版のひび割れ指数は大幅に改善された(図-5)。一方、閉合部もひび割れ指数が改善される傾向はみられたが、橋台部との打継ぎ部のひび割れ指数は小さいままであった。この箇所は、上床版打込み30日後までひび割れ指数1.85以下の範囲は残存したため、ひび割れが発生した場合においてもひび割れ幅を抑制させることを目的に、補強鉄筋を配置することにした。

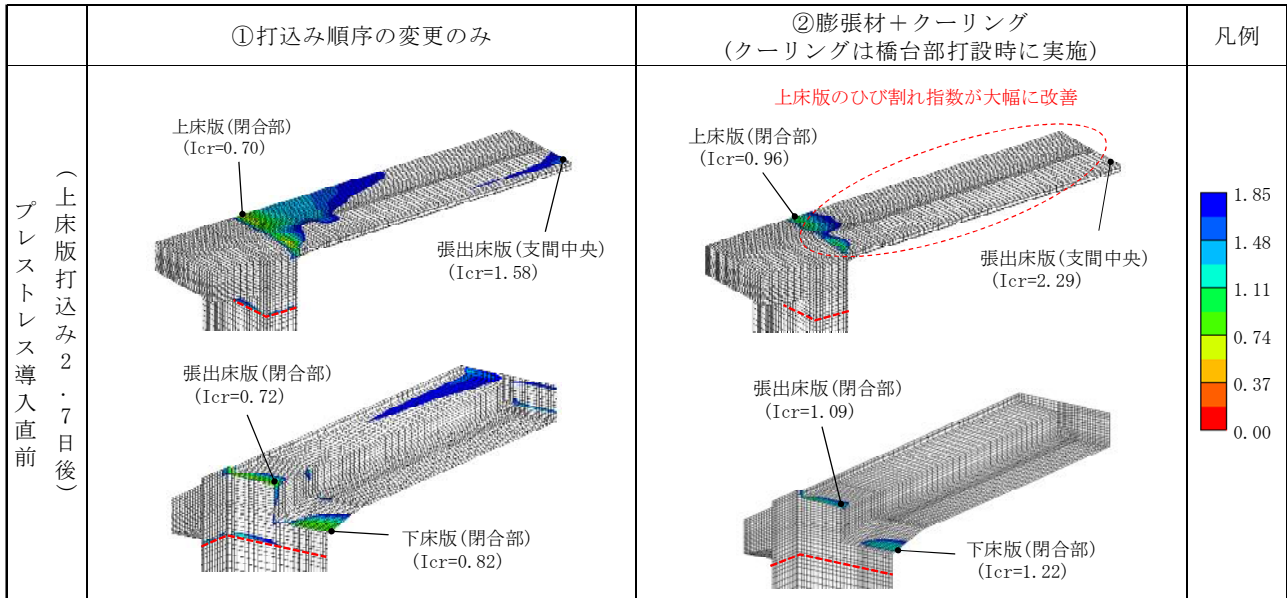


図-5 上床版・閉合部打込み時のひび割れ抑制対策の検討

4. ひび割れ抑制対策の実施

4.1 実施したひび割れ抑制対策

FEM解析を用いた検討結果を踏まえ、本橋で実施した各施工時におけるひび割れ抑制対策を表-2に示す。既設コンクリートによる拘束応力が生じる橋台部(下部工との打継ぎ箇所)と主桁閉合部(橋台前面から3mの区間)には、ガラス繊維ネットによる補強(製品幅:210mm, 設置間隔:50cm)も行い、確実なひび割れ抑制に努めた(図-6, 写真-1)。

表-2 ひび割れ抑制対策一覧

	膨張材の使用	鉛直パイプ クーリング	補強鉄筋の 配置	ガラス繊維 ネットの配置
①ウェブ・下床版	—	—	—	—
②橋台・中間横桁	○	○ (橋台部)	—	○ (橋台部)
③上床版・閉合部	○	—	○ (閉合部)	○ (閉合部)

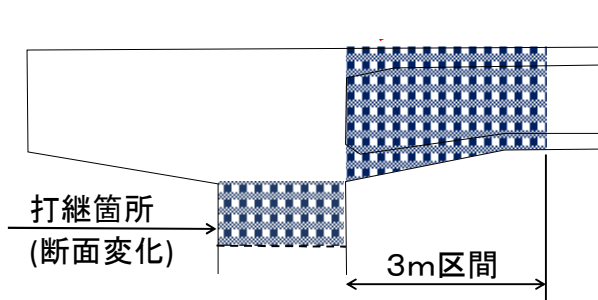


図-6 ガラス繊維ネット配置箇所

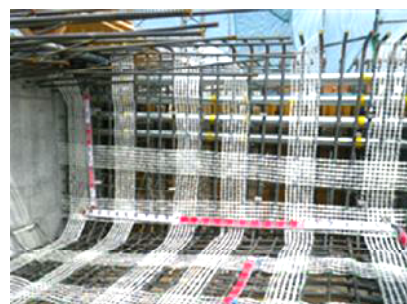


写真-1 ガラス繊維ネット設置状況

4.2 鉛直パイプクーリング

橋台部の鉛直パイプクーリングの実施状況を写真-2~4に示す。実施工時には、クーリングによる温度ひび割れ抑制効果を高めるため、以下のことを実施した。

- (1) ポンプ2台を用いたクーリング水の流量増加
- (2) 水温コントロールユニットを用いたクーリング水冷却 (クーリング水を循環使用)

これにより、実施工時のクーリング水の流量は18L/min (解析: 3L/min) となり、クーリング中の平均水温はもっともコンクリート温度が高かった時でも17°C (解析: 30°C) であった。

橋台部のコンクリート打込み時の温度計測結果を図-7に示す。この図に示すように、橋台部中心の最高温度は80°C (解析: 88°C) , さらに内外温度差は最大でも12°C (解析: 18°C) であった。外気温が解析値よりも高かったにもかかわらずこのような結果となったのは、実施工時におけるクーリング水の流量増加と冷却水使用の影響が大きいと考えられる。

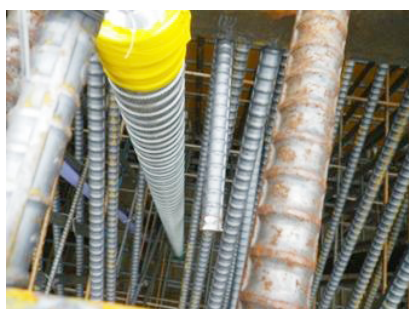


写真-2 クーリングパイプ



写真-3 クーリング状況

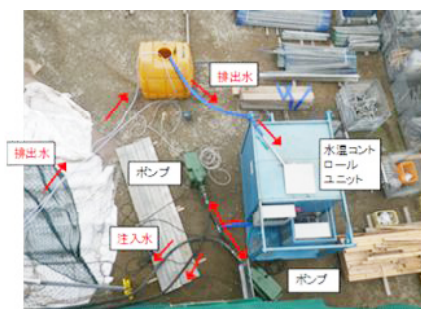


写真-4 クーリング水循環状況

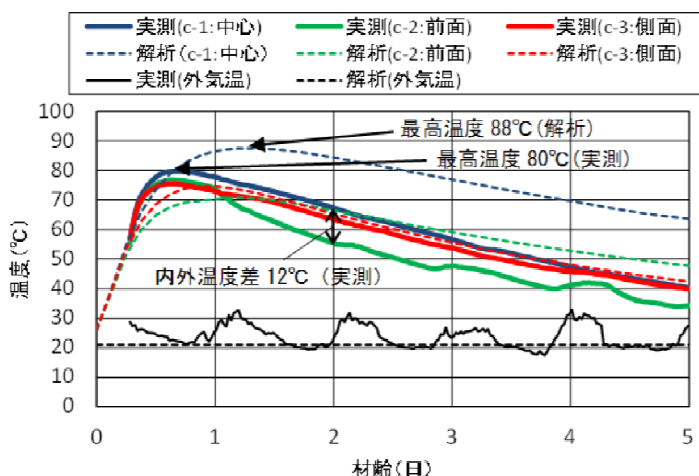
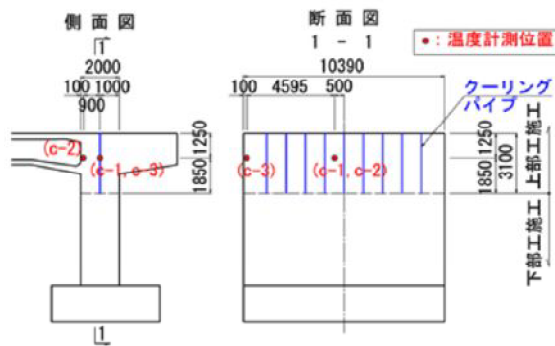


図-7 クーリング中の温度計測結果 (A1 橋台部)



5. おわりに

ポータルラーメン橋は、上部工と下部工を剛結させることによって、主桁に生じる断面力低減や支承と伸縮装置の省略による維持管理部位軽減を図ることができる。一方、コンクリートの水和熱や収縮に起因した主桁の体積変化を下部工が拘束することによる施工時のひび割れ発生が懸念された。そのため、本橋の施工に際し、さまざまなひび割れ抑制対策を実施した。工事完了時において、橋台部と主桁部ともに有害なひび割れは発生しておらず、今回実施したひび割れ抑制対策は十分な効果があったと考えている。

本報告が、ポータルラーメン橋施工におけるひび割れ抑制対策の参考となれば幸いである。