

2径間一括施工によるPRC2主版桁橋の設計 -第二東名高速道路 榎山橋-

(株)大林組	○中井 章人
中日本高速道路(株)	五藤 正樹
中日本高速道路(株)	香川 直輝
(株)大林組 正会員	大場 誠道

1. はじめに

2径間一括で施工するPRC2主版桁橋において施工中に鉛直方向のひび割れが主桁部に発生する特異なケースが過去の事例に見られた。検討の結果、ひび割れは単独の要因だけではなく、複数の要因が重なることで施工中に発生しうるものであることが明らかになった¹⁾。

第二東名高速道路 榎山橋も前述の橋梁と同種・同施工法の橋梁であったため、橋梁の耐久性向上、長寿命化を目的にそのひび割れの原因を事前に検討した上で対策を施しておく方針とした。本稿では、過去の事例で得られた知見に基づいて検討した結果について報告する。

2. 観測されたひび割れの特徴

過去に観測されたひび割れは、主に支間中央部と中間支点部付近に発生した。図-1 に示すように、支間中央部に発生するひび割れは主桁の側面部のみに発生し、中間支点部付近のひび割れは主桁の側面から底面まで連続していた。ひび割れの方法はいずれの場合も鉛直方向であり、ひび割れの形状は側面の中央位置で幅が広く、上下端で狭い凸レンズ状(ひび割れ幅:0.04~0.25 mm)になるという特徴が見られた。なお、床版にはひび割れは発生していなかった。

ひび割れの発生時期は、プレストレス導入前のコンクリート材齢4~5日であったが、プレストレスの緊張作業や橋面の養生作業も終了している材齢10日過ぎからひび割れ本数が増加するという現象も観測された。また、中間支点部付近のひび割れはプレストレス導入中に大きくなることも確認されていた。

上記のような特徴から観測されたひび割れは単純な曲げひび割れではないと推定し、さまざまな検討を行った結果、温度応力およびプレストレス2次力、床版温度差が主な原因であると判明した。

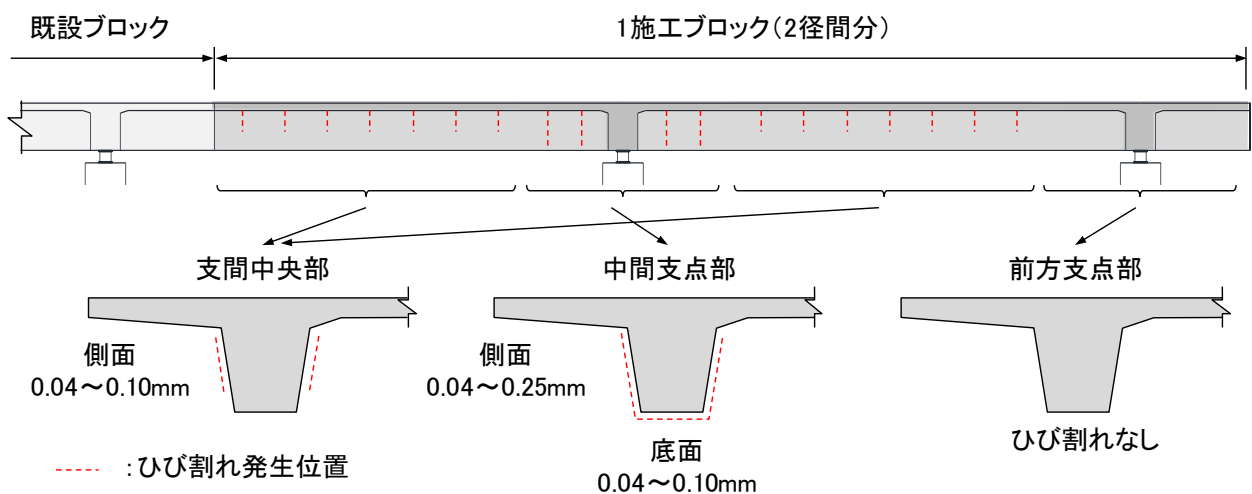


図-1 過去観測されたひび割れの模式図

3. 榎山橋の橋梁概要

榎山橋の工事概要を表-1 に、完成パース図および主桁断面図を図-2、図-3 に示す。橋梁構造は、A1～P7 間が桁高 1.9m の 2 主版桁断面、P7-A2 間が桁高 3.3m の箱桁断面となっており、主桁断面が変化しながら連続的に繋がる形状となっている。主桁は上下線分離形式、橋脚は 1 本柱形式の構造となっている。施工方法には固定式支保工を採用し、2 主版桁部分は 2 径間ずつ一括で施工する計画であった。

表-1 工事概要

工事名称	第二東名高速道路 榎山橋他 1 橋 (P C 上部工) 工事		
発注者	中日本高速道路株式会社		
施工場所	愛知県岡崎市榎山町		
工期	2010. 9. 22～2013. 9. 6		
構造形式	P R C 8 径間連続桁橋 (7 径間連続 2 主版桁+単純箱桁)		
橋長	283. 9m (上下線とも)		
支間割	26. 2m+6@33. 3m+55. 5m		
有効幅員	9. 76m	桁高	1. 9m～3. 3m
施工方法	固定式支保工架設		



図-2 榎山橋完成パース図

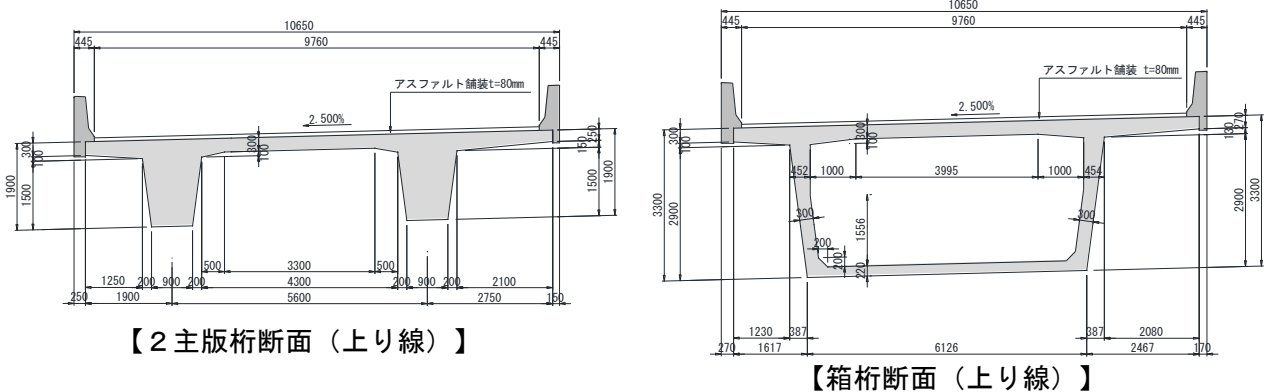


図-3 主桁断面図

4. 榎山橋における検討結果

4.1 温度応力

支承は免震支承であることから、支承の鉛直方向と水平方向をバネによってモデル化した 3 次元 FEM 解析を行った。榎山橋では普通ポルトランドセメントを使用することとなっていたが、図-4 に示すように材令 4～6 日以降に主桁内部の温度降下時における内部拘束効果によって主桁内部には橋軸方向に 2.0 N/mm² 程度、表面は約 0.5 N/mm² の引張応力度が発生することが分かった。

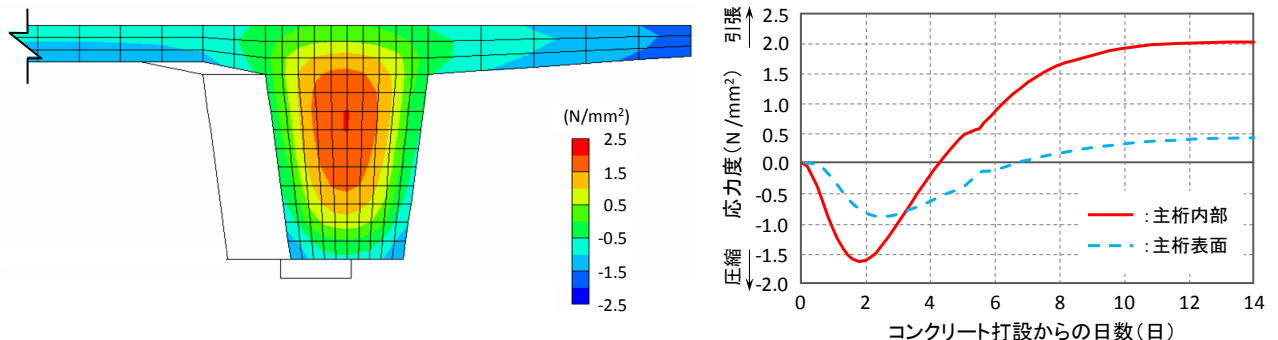


図-4 温度応力解析結果

4.2 プレストレス2次力

固定式支保工によって2径間を一括して施工する場合、中間支点部付近はプレストレス 2 次力により正の曲げモーメントが卓越する状態になる。檜山橋の場合、図-5 に示すように中間支点部の主桁下縁に 6.6N/mm² の引張応力度が発生した。これが自重による負の曲げモーメントと釣り合うことで、死荷重時には断面に過度な引張応力度がかからない設計となっているが、自重の作用するタイミングによっては、主桁に大きな引張応力度が作用することが分かった。

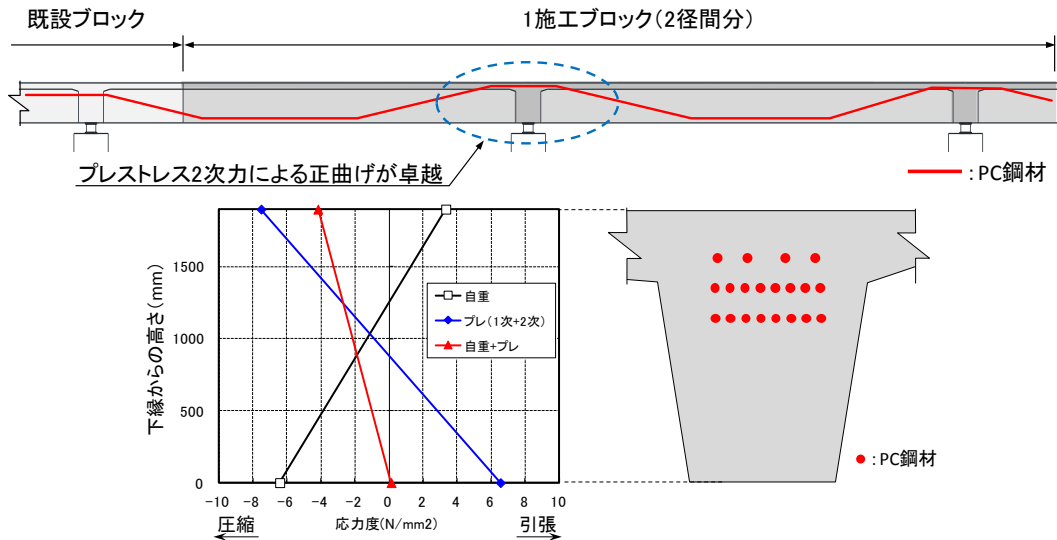


図-5 中間支点部近傍の応力状態

そこで、プレストレス 2 次力の影響を低減するために、プレストレスの導入と支保工の解体を段階的に行うこととした。檜山橋では図-6 に示すように、プレストレスの導入を 3 回、支保工の解体を 2 回に分けて作業を行った。なお、中間支点および支間中央において発生する引張応力度は、施工時の引張応力度の目安値 (1.5N/mm²) 程度に抑えることを目標とした (図-7)。

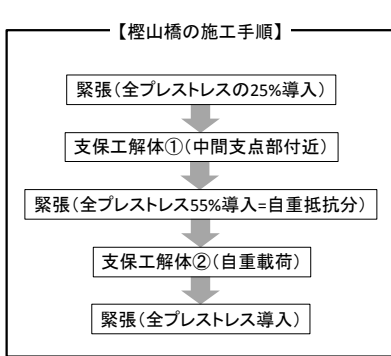


図-6 檜山橋の施工手順

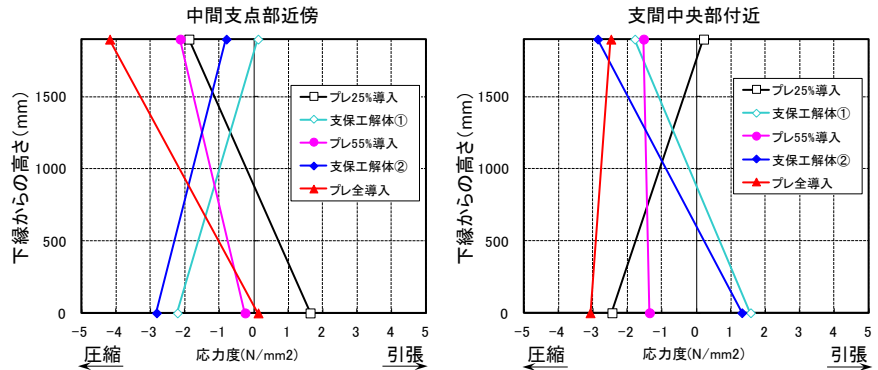


図-7 各施工段階における応力度の推移

4.3 床版温度差

多径間連続橋において2径間毎に施工する場合には、床版温度差による2次力が発生し、施工中の中間支点部付近には正の曲げモーメントが卓越し、ときには完成時よりも大きな正の曲げモーメントになることがある。さらに、床版温度差による応力度分布は、床版と主桁の境界において不連続となるが、場合によっては主桁断面の重心付近の応力度の方が最外縁の値よりも高くなる可能性がある。

床版養生工の後、養生水や養生シートを取り除くことで、舗装前の床版が直射日光の影響を強く受ける。これが、数日経った後に追加のひび割れを誘発していると考えられた。

床版温度差については、梁モデルに加えソリッド要素による3次元FEM解析(図-8)を実施した。図-9に示すように上縁、下縁ともに両者の解析結果はよく一致している。支間中央付近、支保工部近傍

ともに図心付近で上縁あるいは下縁よりも強い引張応力度が発生していることが FEM の結果で示されている。特に、支点部付近の例では最上縁と最下縁の両方が圧縮領域であるにも係わらず、主桁中央部は引張領域となり、上下縁だけに着目した設計では、これらの現象を見落とす可能性があることが判明した。

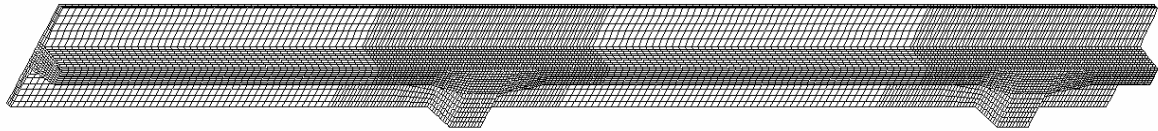


図-8 解析モデル

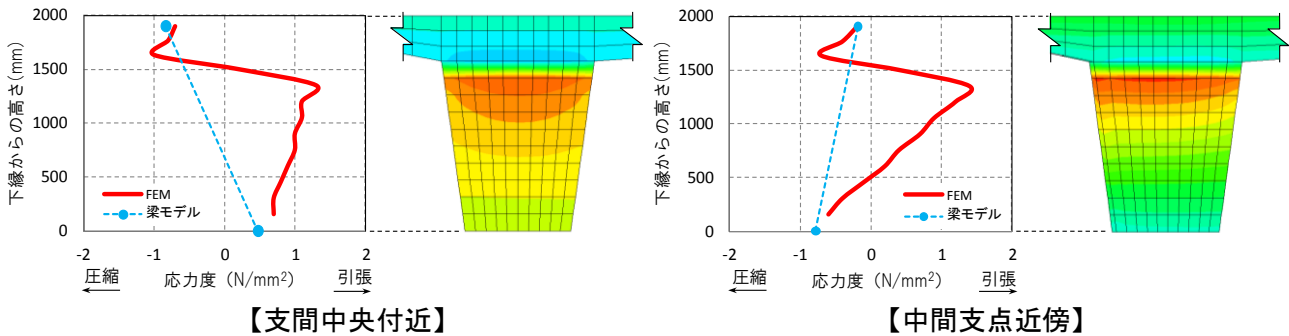


図-9 梁解析と 3 次元 FEM 解析の結果比較

5. まとめ

PRC 2 主版桁のひび割れ検討を通じて得られた所見を以下にまとめる。

①材料条件によっては、温度降下時の内部拘束効果によって温度ひび割れが発生する可能性があるため、3次元 FEM 解析などを用いて断面内の応力状態を適切に評価する必要がある。②2 径間を一括して施工する場合には、プレストレスによる 2 次力と自重のバランスに配慮する必要がある。③施工時にも床版温度差による縁応力度が許容値内であることを確認するとともに、主桁のひび割れの要因となる主桁重心付近の引張応力度の評価に対して 3 次元 FEM 解析などを実施する必要がある。

設計の段階でこれらの対策を講じておくことで、初期欠陥の発生を抑え、橋梁の耐久性向上に寄与するものと考えられる。

6. おわりに

檜山橋の設計では、ここで述べた 3 つの要因を重ね合わせることで、一部の区間で完成時に決定されていた鉄筋量に対して許容値を満足しない結果となった。不足している箇所の鉄筋量を増やすことで、ひび割れ幅を抑え、初期欠陥の発生を防止した。施工が完了した実橋においても、耐久性の低下につながる有害なひび割れは発生していない。

平成25年5月現在、檜山橋は主桁の施工を完了しており、しゅん功に向けて鋭意施工中である(写真-1)。本稿が同種同施工法の橋梁の今後の参考となれば、幸いである。最後に、本橋の設計・施工にあたりご指導・ご支援をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。



写真-1 檜山橋

参考文献

1) 五藤, 大場, 富永, 中井: PRC二主版桁の複数要因によるひび割れの検討 - 第二東名高速道路 檜山橋-, 土木学会 第68回年次学術講演概要集, 2013年9月