

PRC 二主版桁の複数要因によるひび割れの検討 ー第二東名高速道路 榎山橋ー

中日本高速道路 正会員 五藤正樹

大林組 正会員 ○大場誠道 富永高行 中井章人

1. はじめに

PRC 二主版桁の主桁部に複数のひび割れが発生するケースが過去の事例に見られた。第二東名高速道路 榎山橋では、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特定したうえで、対策を施しておくことを方針とした。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。

本稿は、ひび割れ発生の機構と榎山橋における検討結果について述べるものである。

2. ひび割れの特徴

過去に観察されたひび割れは、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。ひび割れの方向はいずれの場合も鉛直方向である。ひび割れの形状は側面の中央位置で幅が広く、上下端で狭い凸型レンズ形になるという特徴が見られた。ひび割れ幅の実測値は 0.04 mm~0.25 mm の範囲であった。なお、床版にはひび割れは発生していない。

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令 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令 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る。

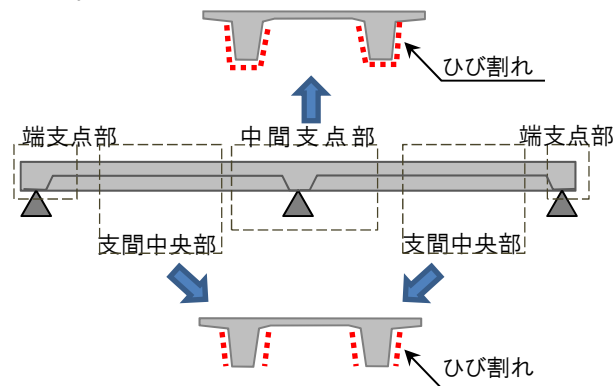


図-1 過去の二主版桁橋のひび割れ発生状況の模式図

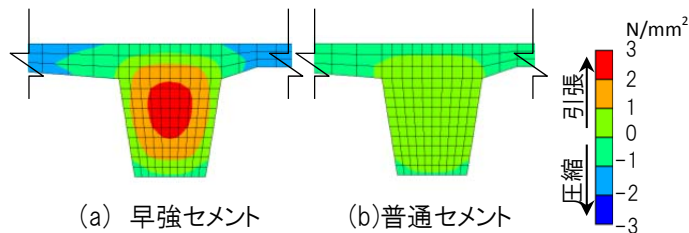
キーワード: PRC、二主版桁、ひび割れ、温度応力、2 径間一括架設、床版温度差

連絡先: (株)大林組 橋梁技術部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 Tel: 03-5769-1306、Fax: 03-5769-1979

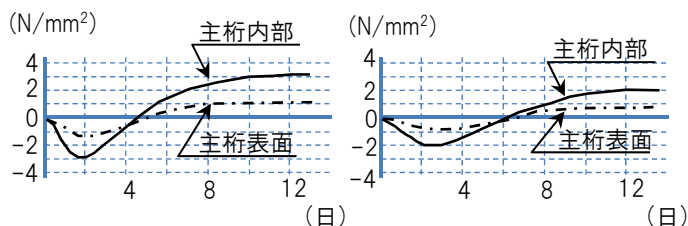
3. 事前検討の概要

(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もバネによってモデル化した 3 次元 FEM 解析を行った。図-2 に示すように、早強ポルトランドセメントを使用した場合、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 1.5~3 N/mm² 程度、主桁表面には 1 N/mm² 程度の引張応力度が発生する。普通ポルトランドセメントを使用した場合には、主桁内部の引張応力度は 2 N/mm² 程度に低減されるが、表面は約 1 N/mm² と早強の場合とほぼ同じ結果が得られた。どちらのセメントを用いても引張応力が主桁表面に残留するが、特に、早強を使用した場合には、内部に高い引張応力度を示しているため、貫通ひび割れに発展する可能性が高いと言える。



(1) 支間中央部 橋軸方向応力コンター



(2) 橋軸方向応力度時刻歴

図-2 FEMによる温度応力解析結果例

(2) プレストレス 2 次力

固定式支保工によって 2 径間を同時に施工する場合、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。この点について検討する際に、上記 (1) の影響も考慮しておくことで、ひび割れ発生状況をよく再現できる。

しかし、これら(1)と(2)の組合せだけでは、材令 10 日頃か

らひび割れが増加する現象を十分には表していない。

(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、床版温度差の応力度分布は、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。

4. 榎山橋における検討結果

第二東名高速道路 榎山橋の主な諸元を表-1に、主桁断面図を図-3に示す。

表-1 榎山橋 主な諸元

上部工形式	PRC8 径間連続桁橋(7径間連続二主版桁+単純箱桁)		
橋長(支間割)	283.9 m (26.2 m+6@33.3 m+55.5 m)		
施工法	固定支保工による2径間一括架設		
コンクリート	36 N/mm ² (普通)	二主版桁部 PC 鋼材	主方向: 1S28.6 横方向: 1S21.8

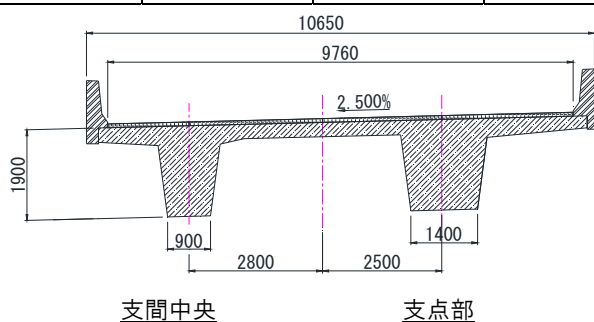


図-3 榎山橋 二主版桁部断面図

本橋のセメントは普通ポルトランドセメントであるため、温度応力の影響は早強よりも小さいが、残留引張応力度は発生する状態である。

プレストレス2次力の影響に関しては、自重分に抵抗する必要緊張力を求め、全鋼材緊張前に支保工のジャッキダウンを先行することで、2次力による過大な正の曲げモーメントを防ぐことにした。本橋では、温度応力による残留応力度にも配慮しながら、全鋼材の約25%の鋼材を緊張してから支保工をジャッキダウンした。これにより、縁応力度を施工時の引張応力度の目安値(-1.5 N/mm²)以内に抑えている。

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を実施した。図-4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。そして、支間中央付近、

支点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、これらの点を見落とす可能性があることが判明した。

本橋の設計では、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。

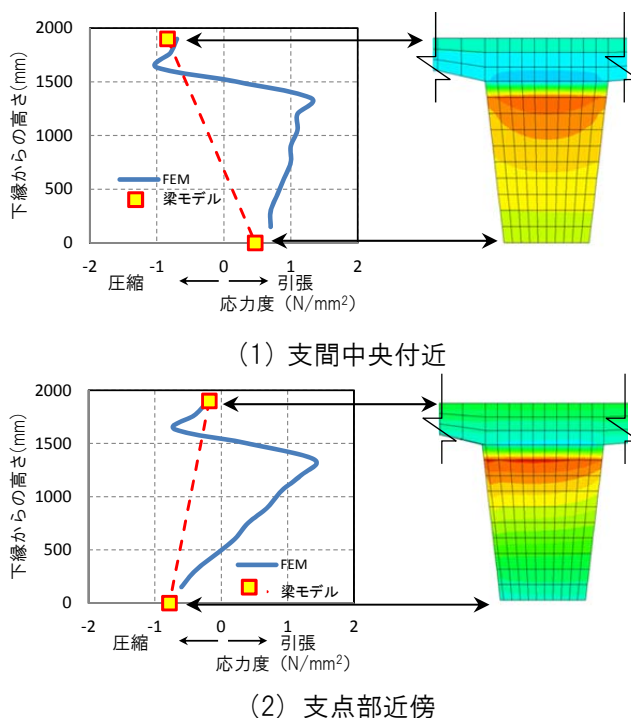


図-4 床版温度差による橋軸方向直応力度分布

5. まとめ

PRC 二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早強セメントを使用する場合、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。
- ②2径間を一括する場合には、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が、上記①と重なることでひび割れが増加する。
- ③床版温度差の影響により、桁図心付近にも強い引張応力度が発生することにより、さらに主桁のひび割れが増加する。

設計の段階でこれらに着目した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思慮される。