

鉄筋拘束を考慮した場所打ち PC 床版に生じる膨張材効果に関する一提案

駒井鉄工 正会員 ○高瀬和男, 石川島播磨重工業 正会員 倉田幸宏, 三井造船 正会員 内田大介
宮地鉄工所 正会員 坂根秀和, 駒井鉄工 正会員 中本啓介

1. まえがき

鋼 2 主桁橋に用いられている場所打ち PC 床版は、従来の RC 床版に比べ床版が厚く、早強ポルトランドセメント（以下、早強セメント）を用いた高強度コンクリートが使用されている。このようなコンクリートにおいては、セメントの水和熱による温度応力が大きくなり、初期材齢時に有害なひび割れが発生する危険性が大きい¹⁾。この初期材齢時に発生する温度応力を評価するために近年多くの論文が発表され、温度応力について多くの時間を割いて計算が行われた。しかし、その多くにおいては床版内部の鉄筋は詳細にモデル化せず、膨張材の効果はコンクリート要素にある鉄筋拘束下での膨張ひずみ履歴を与えた解析を行っている。つまり膨張材の効果には、内部鉄筋の拘束によるケミカルプレストレスが考慮されていない。このように解析において鉄筋をモデル化しない理由としては、1) 合成桁では外部拘束として鋼桁の拘束が主であること、2) 鉄筋モデル化した場合に無拘束下の有効自由膨張ひずみの設定が困難なこと、3) 鉄筋要素のモデル化が非常に煩雑になること等が挙げられる。ここでは、辻らの仕事量一定則²⁾の考え方を取り入れ検討を行った。床版の鉄筋のモデル化を行わない場合の解析結果より算出される仕事量は、合成断面としての求まる全仕事量に対して小さくなる傾向にあることから、仕事量一定則を考慮して算出した鉄筋拘束分のケミカルプレストレスを別途足し合わせることで、鉄筋をモデル化した場合のケミカルプレストレス（膨張材の効果）を算出できることを示した。ここにその概要を報告する。

2. 解析手法の提案

床版内部の鉄筋拘束によるケミカルプレストレス（膨張材の効果）は以下の考えに基づき算出した。

鉄筋をモデル化しない（鉄筋拘束を考慮していない）温度応力解析より算出した仕事量 U_a と拘束膨張試験 A 法より得られる全仕事量 U_s の差分のひずみが床版断面内の鉄筋になす仕事量 U_{RC} と考え（式(1)）、式(2)を用いて鉄筋拘束分のケミカルプレストレス σ_{RC} を算出する。

$$U_s - U_a = U_{RC} \quad (1)$$

$$\sigma_{RC} = \sqrt{2U_{RC} \cdot p_1 \cdot E_s} \quad (2)$$

ここに、
 p_1 : 床版断面内の鉄筋比（橋軸 $p_x=1.5\%$ 、橋直方向 $p_y=0.8\%$ ）
 E_s : 拘束鋼材のヤング係数（ $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ）

3. 膨張材の効果

打込み温度 20°C 、単位粉体量 350kg/m^3 のケースで計算した結果、主桁上の橋軸方向応力 σ_x および打継ぎ近傍橋軸直角方向応力 σ_y の各仕事量は、図-1 のように算出される。いずれも式(1)より、 $U_s - U_a = U_{RC}$ の関係が成り立つ。それぞれの評価位置での σ_{RC} を図-2 に示す。主桁上の橋軸方向の鉄筋拘束によるケミカルプレストレスは -0.28 N/mm^2 、打継ぎ近傍の橋軸直角方向の鉄筋拘束によるケミカルプレストレスは -0.19 N/mm^2 となった。なお、橋軸方向の鉄筋比は 1.5% 、橋軸直角方向の鉄筋比は 0.8% を想定している。

図-2 に示したケミカルプレストレスを打込み温度 20°C の場合に膨張材の効果に足し合わせ、鉄筋拘束を考慮した場合の膨張材の効果として図-3 にまとめた。これによると橋軸方向では約 -0.5 N/mm^2 の引張応力が低減となる膨張材の効果を得られ、橋軸直角方向では約 -0.7 N/mm^2 の応力低減となる膨張材の効果を得られることが示された。

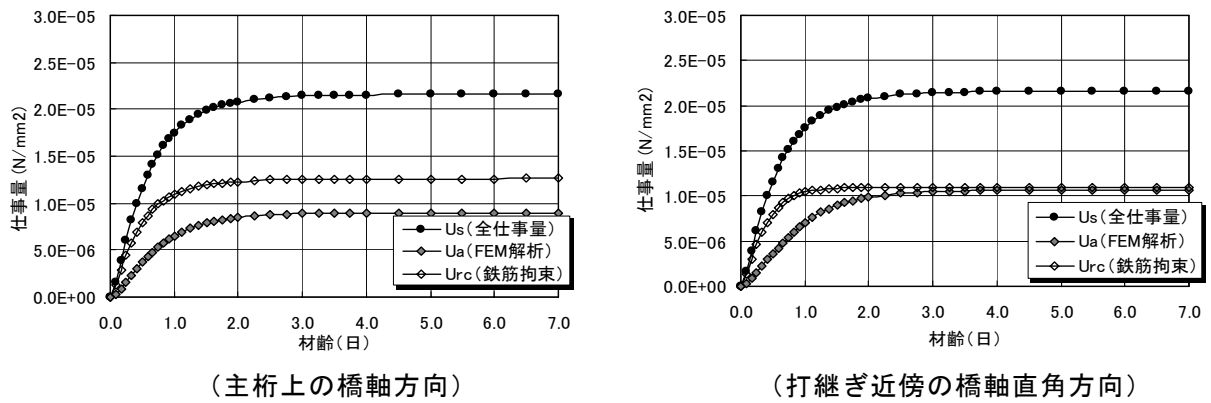


図-1 鉄筋拘束による仕事量の算出

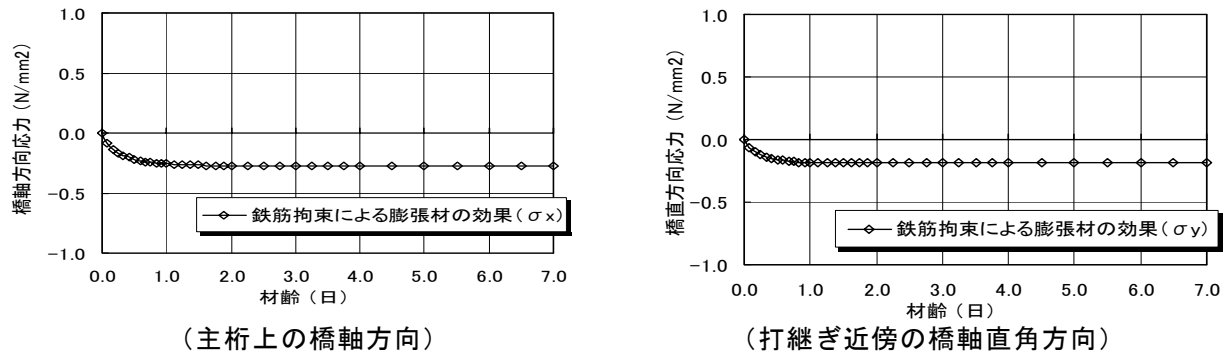


図-2 鉄筋拘束によるケミカルプレストレス

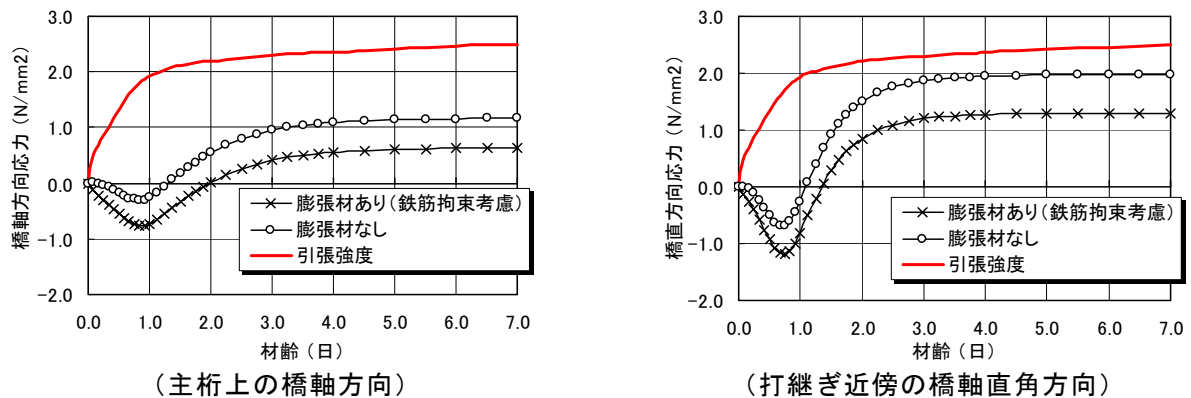


図-2 鉄筋拘束によるケミカルプレストレス

4. あとがき

この解析値の精度については、まだ十分な検証がされておらず、現段階では仕事量一定則等の理論をもとにした推定値である。また、鉄筋をモデル化した解析において膨張材による圧縮応力が導入されるのと同様に、乾燥収縮ひずみに対しては鉄筋拘束に伴う引張応力の増加も考えられる。これは RC 構造物において従来から考慮されていない点であり、今後の課題である。しかし、筆者らは本研究の目的とした初期材齢のひび割れに対する膨張材効果の定量評価という観点で、鉄筋をモデル化しない膨張ひずみだけの応力評価でなく、鉄筋による拘束効果を考慮することにより、現実に発現した膨張材の効果により近づくことから、実務上ここに示す考え方が有効であると考えている。

5. 参考文献

- 1) 寺田典生，福永靖雄，本間淳史，會澤信一，高瀬和男，福田長一郎：長支間場所打ち PC 床版における温度応力に関する考察，橋梁と基礎，pp.36-45，2002.9
- 2) 辻幸和：コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する研究，土木学会論文報告集，第 235 号，No.5，pp.111-124，1975.3