

鋼・コンクリート合成床版のひび割れ抵抗性の管理方法

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

技術計画室

監理技術者

現場代理人

神頭 峰磯[○]

和田 昌浩

千葉 徳光

Mineki Kozu

Masahiro Wada

Norimitu Chiba

1. はじめに

近年、鋼橋の床版には、鋼とコンクリートとの特徴を生かした鋼・コンクリート合成床版（以下、合成床版）が用いられることが多い。合成床版は、一般的なRC床版よりも耐久性が高いが、コンクリートが鋼材に覆われ、強い拘束を受けることから体積膨張・収縮に起因するひび割れが発生し易い特徴を有する。そのため、材齢初期の収縮によるひび割れ発生を防止する目的として、膨張コンクリートを採用している。合成床版に使用する膨張コンクリートの品質管理は、主に材齢28日の圧縮強度とJIS A6202A法による膨張性検査となり、直接的に合成床版のひび割れ抵抗性までは管理していない。

本稿では、コンクリートの品質管理に、ひび割れ抵抗性を加えて、合成床版の品質管理を行った事例を報告する。

工事概要

- (1) 工事名：圏央道三坂新田高架橋上部その1 工事
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局
- (3) 工事場所：茨城県常総市三坂新田町地先
- (4) 橋梁形式：4径間連続鋼少数鈹桁橋
- (5) 工期：平成26年11月18日～平成26年1月22日

2. 現場における問題点

合成床版は、材齢初期の収縮に起因する引張応力度を相殺するために、膨張率が収縮補償範囲（ $150 \times 10^{-6} \sim 250 \times 10^{-6}$ ）となるように膨張材を使用する。なお、現在の膨張材は、低添加型が主流であり、収縮補償範囲とするために、定量として 20kg/m^3 使用している。しかし、昨今の橋梁は多径間が多く、温度変化の影響やコンクリートの打設順序などの外的要因により、コンクリート内に材齢初期の収縮以外の引張応力度が発生し易い環境にある。また、コンクリートの主要な材料である骨材は地産地消であることから、コンクリートの収縮性能にバラツキが生じやすく、膨張材を定量（ 20kg/m^3 ）使用しても膨張率が低くなることもあり、施工後にひび割れが発生する懸念がある。

特に本橋の場合、中間支点の支承条件が全て固定であったため、材齢初期の収縮以外の要因による引張応力度の増加が懸念された。本橋の合成床版に対する中間支点上の発生応力度を表-1に示す。

本橋の合成床版に発生する引張応力度を改善す

表-1 合成床版の発生応力度 (N/mm²)

| 引張強度 | 初期収縮 | それ以外 | 合計応力度 |
|------|------|------|-------|
| 2.22 | 0.77 | 1.43 | 2.20 |

る方法として、膨張材を増量することにより、合成床版内に発生するケミカルプレストレスを増加させて引張応力度を低減することを検討した。しかし、床版下面が鋼板で覆われている合成床版は、断面方向の拘束力が均一でなく、ひび割れに有効な床版表面のケミカルプレストレスの定量評価が課題となった。膨張コンクリートに作用するケミカルプレストレスの仕組みを図-2に示す。

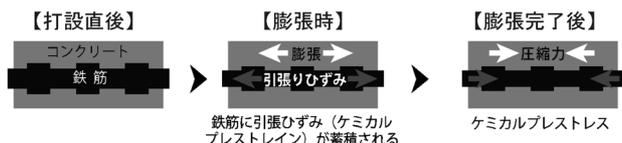


図-2 ケミカルプレストレスの概要

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) ケミカルプレストレスの定量評価

合成床版のひび割れ抵抗性の検討を目的に、膨張材によって合成床版内に導入されるケミカルプレストレスの定量評価方法を検討した。一般的な膨張コンクリートでは、仕事量一定則の概念を用いた積層断面解析により、管理供試体の膨張率を使用して、コンクリート内のひずみ分布を算出し、ケミカルプレストレスを推定できることが知られている^{*1}。この積層断面解析が、断面方向に拘束度が大きく異なる合成床版に適用可能であるか、合成床版を模した1.5m×1.5mの大型試験体により確認を行った。実験の様子を図-3に示す。



図-3 試験状況

図-4に示すように、実験では、大型試験体の下面、中央、上面鉄筋位置にひずみ計を設置して、

3ヶ月以上ひずみの挙動を計測した。また、打設コンクリートから供試体を作製し、JIS A6202B法によりコンクリートのひずみを計測し、積層断面解析を行い、各位置でのひずみの推定を行った。実験結果のひずみと解析結果のひずみの整合性を確認し、解析により、合成床版のケミカルプレストレスの推定が可能か検証を行った。

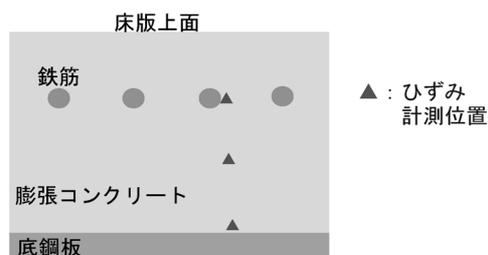


図-4 試験体のひずみ計測位置

図-5に示すように、積層断面解析結果は、概ね実験結果と整合した。これにより、仕事量一定則の概念を利用した積層断面解析によって、管理供試体の膨張率から合成床版内のひずみ分布とケミカルプレストレス分布が推定できることになる。

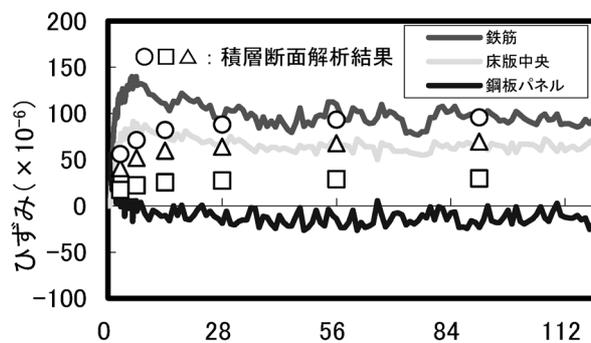


図-5 実験と積層断面解析結果との整合性

積層断面解析から得られた合成床版の断面方向に対するひずみ分布とケミカルプレストレス分布を図-6に示す。床版下面は拘束が強いため、上面に向かいひずみが大きくなり、ケミカルプレス

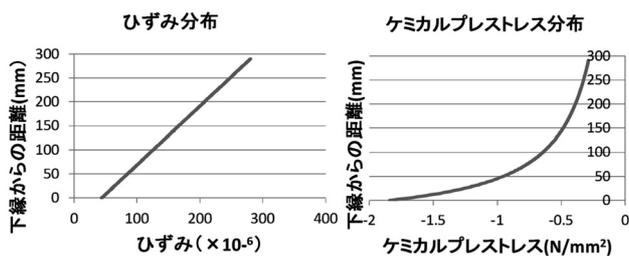


図-6 ひずみとケミカルプレストレス分布

トレスは、上面に向かい小さくなっている。合成床版のひび割れは、表面で発生するため、床版表面のケミカルプレストレスをコントロールできれば、ひび割れが抑制できる。

(2) ひび割れ抵抗性の検討

仕事量一定則の概念を用いた積層断面解析により、合成床版上面のケミカルプレストレスが定量評価できることを実験で確認した。この技術を用いることにより、図-7に示すように、膨張率に対する合成床版表面のケミカルプレストレスが算出できるため、ひび割れを抑制できる膨張率を算出することができる。なお、ケミカルプレストレスの算出では、膨張率の上限を収縮補償範囲である 250×10^{-6} として検討を行うことも、それ以上の膨張率に対して検討を行うことも可能である。

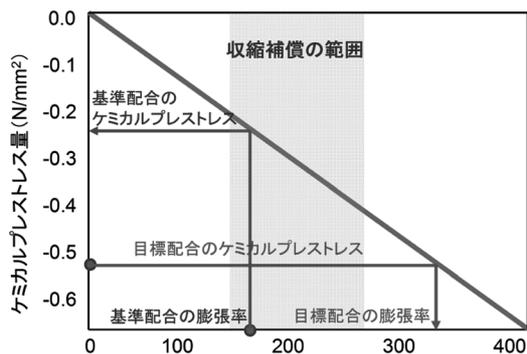


図-7 膨張率とケミカルプレストレスの関係

図-7の検討を行う際は、あらかじめ膨張材の標準使用量 (20kg/m^3) に対する膨張率の測定が必要となる。本橋で実施した検討方法を図-8に示す。本橋では、合成床版の設計完了後に積層断面解析を行い、図-9に示すようなケミカルプレストレス算出グラフを作成した (①)。本橋の配合では、膨張材の標準使用量 (20kg/m^3) に対する膨張率が不明であったため、標準使用量と標準使用量から 5kg/m^3 と 10kg/m^3 に増量した配合で試験練りを行った (②)。各配合に対してフレッシュ性状の確認と膨張性検査 (JIS A6202A 法) により膨張率の測定を行った (③④)。その後、材齢7日および28日の圧縮強度と膨張率を確認する (⑤)。本橋の場合、膨張率の上限を収縮補償

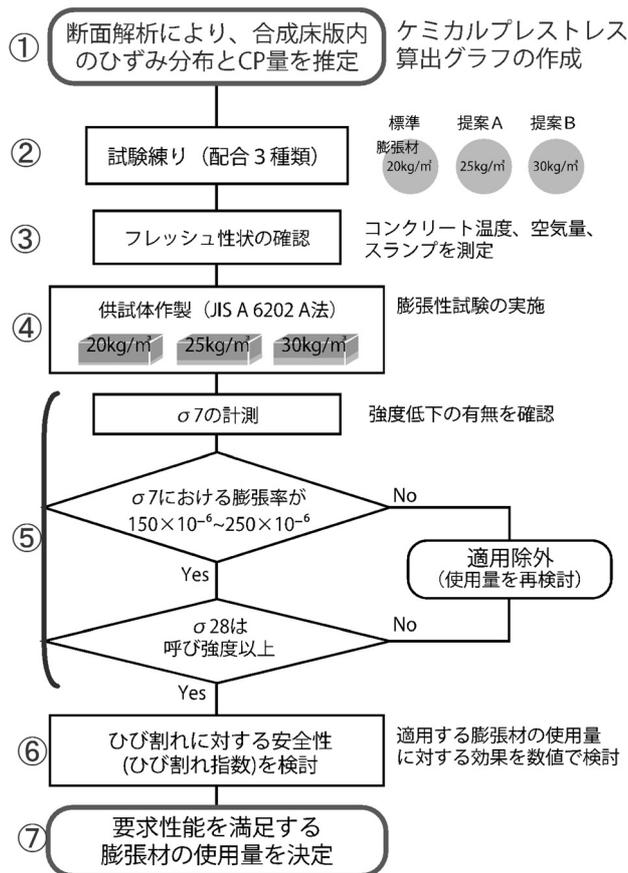


図-8 施工方法

範囲の上限 (250×10^{-6}) としたため、これを超える配合は適用しないこととした。圧縮強度および膨張率の上限を満足する配合から最も膨張率が上限に近い配合に対して、ケミカルプレストレス算出グラフより改善効果を確認する (⑥)。改善効果が品質向上に寄与できるレベルであれば、その配合に決定する。

なお、本橋の場合、膨張材を 20kg/m^3 使用した標準施工のひび割れ発生確率を10%程度低減できる合成床版とすることを目標とした。

次に、圧縮強度と膨張率の結果を表-2に示す。膨張材を増量した場合、圧縮強度が低下することがあるため、留意が必要である。しかし、今回のコンクリートでは、著しい圧縮強度の低下がみられず、 30kg/m^3 の膨張材の使用も可能であった。しかし、 30kg/m^3 の場合の膨張率が収縮補償範囲の上限である 250×10^{-6} を超えたため、 30kg/m^3 の使用は見送ることとした。

表-2 圧縮強度と膨張率の結果

| | 材齢 (日) | 膨張材 | | |
|---------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 20kg/m ³ | 25kg/m ³ | 30kg/m ³ |
| 圧縮強度 (N/mm ²) | 7 | 28.3 | 28.7 | 28.0 |
| | 28 | 38.4 | 38.6 | 37.5 |
| 膨張率 (×10 ⁻⁶) | 7 | 179 | 229 | 388 |

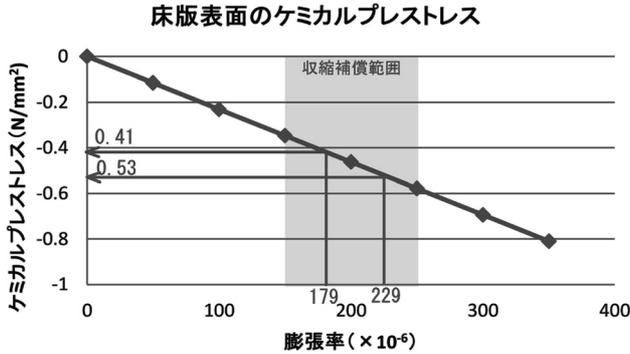


図-9 本橋のケミカルプレストレス算出グラフ

表-2に示す膨張率と図-9のケミカルプレストレス算出グラフから、膨張材の増加による効果を定量評価できる。表-3に今回の膨張材の使用量に対する検討結果を示す。膨張材20kg/m³のケミカルプレストレスは、-0.41N/mm²であり、25kg/m³の場合は、-0.53N/mm²と約30%向上した。これをひび割れ指数に反映すると、今回の効果はひび割れ発生確率で約8%向上する結果が得られた。これらの検討結果から本橋の膨張材の使用量は25kg/m³を採用した。

以上により、合成床版のひび割れ抵抗性を定量化して、対策を講じることにより、合成床版のひび割れ発生リスクを低減することができた。今回は、膨張率の上限を収縮補償範囲の上限に設定したが、圧縮強度の低下に配慮すれば、それを超え

表-3 膨張材を増量した効果

| | 膨張材 | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 20kg/m ³ | 25kg/m ³ | 30kg/m ³ |
| ケミカルプレストレス (N/mm ²) | -0.41 | -0.53 | -0.90 |
| 引張応力度 (N/mm ²) | 2.20 | 2.08 | 1.71 |
| ひび割れ指数 | 1.01 | 1.07 | 1.30 |
| ひび割れ発生確率 (%) | 49.0 | 41.1 | 20.4 |

る膨張率での採用も可能となり、より一層ひび割れを低減することができる。また、膨張率の上限を収縮補償範囲の上限に設定し、膨張材の標準使用量に対する膨張率が、上限付近となるようなコンクリートの場合でも、鉄筋量の増加など合成床版の拘束度を高めることにより、膨張材の効果であるケミカルプレストレスの増強を図ることもできる。

4. おわりに

合成床版に使用するコンクリートのひび割れ抵抗性は、合成床版の剛性やコンクリートの材料依存性が高く、容易に管理できない。本技術を用いて、合成床版のひび割れ抵抗性を定量評価してコントロールすることにより、より信頼性の高い合成床版が提供できる。本手法がコンクリート工事の品質向上の一助になれば幸いである。

参考文献

- ※1 辻幸和, ケミカルプレストレスおよび膨張分布の推定方法, コンクリート工学, Vol. 19, No. 6, pp. 99-105, 1981.6