

鉄道ラーメン高架橋の初期ひび割れに関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○笠 裕一郎 藤岡 慶祐 田所 敏弥 岡本 大

1. はじめに

ラーメン高架橋において、建設初期にスラブや梁にひび割れが生じる事例が散見されるが、過去に現地計測および温度応力解析等により、部材毎のひび割れ発生原因や対策工の効果について検討した事例は少ない。そこで、本研究では部材毎のひび割れ発生原因の明確化や膨張材の効果を確認することを目的として、実構造物における現地計測および温度応力解析による計測値の評価を行った。

2. 現地計測

対象構造物は4径間RCラーメン高架橋の高架橋A、Bであり、図1に一般図および主要な計測位置を、表1にコンクリートの配合を示す。高架橋A、Bの寸法および周辺環境は概ね同一であり、両高架橋の違いは、高架橋Bに混和材として膨張材 20kg/m<sup>3</sup>をセメント内割りで添加している点と、上部工の打込み時期が、高架橋Aが4月に対し、高架橋Bが1月という点である。計測装置については、縦梁・横梁・横小梁のスパン中央とスラブの各箇所にて測温機能付きのひずみ計および無応力計を設置し、各箇所におけるコンクリートの温度、実ひずみ、自由ひずみを計測した。

3. 温度応力解析による現地計測の評価

温度応力解析により、現地計測データの評価を行った。解析には、3次元有限要素法(FEM)による温度応力解析ソフト「ASTEAMACS ver.8.0」を使用した。図2に解析モデルを、図3および図4に、高架橋Aにおけるスラブおよび縦梁の発生応力について、計測値と解析値との比較を示す。それぞれ、(a)がコンクリート打込後20日までの主に温度ひび割れの影響を検討した短期的なグラフ、(b)が乾燥収縮等も考慮した長期的なひび割れの影響を検討したグラフである。

表1 コンクリートの配合

|      | 呼び強度 | スラブ<br>(cm) | 粗骨材の最大寸法<br>(mm) | セメント種類 | W/C or W/B (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |      |     |     |      | AE減水剤 |
|------|------|-------------|------------------|--------|----------------|--------------------------|------|-----|-----|------|-------|
|      |      |             |                  |        |                | 水                        | セメント | 膨張材 | 細骨材 | 粗骨材  |       |
| 高架橋A | 30   | 12          | 20               | N      | 49.2           | 164                      | 333  | —   | 870 | 1054 | 4.00  |
| 高架橋B | 30   | 12          | 20               | N      | 49.2           | 164                      | 313  | 20  | 870 | 1054 | 4.00  |

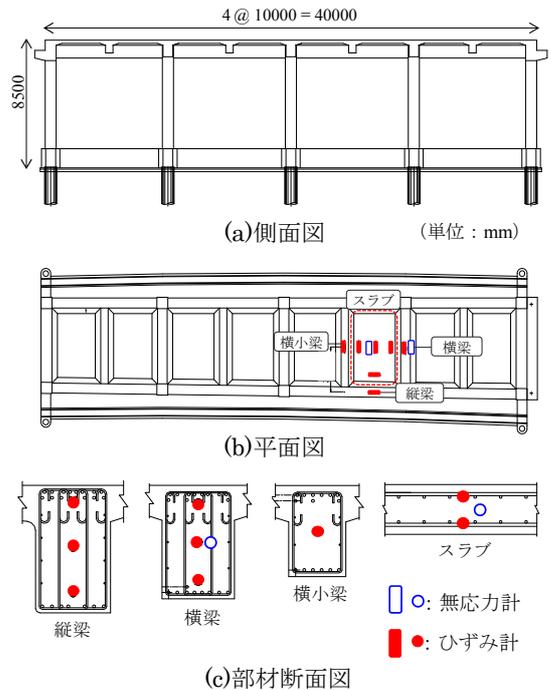


図1 構造物一般図および計測装置配置図 (高架橋A、B共通)

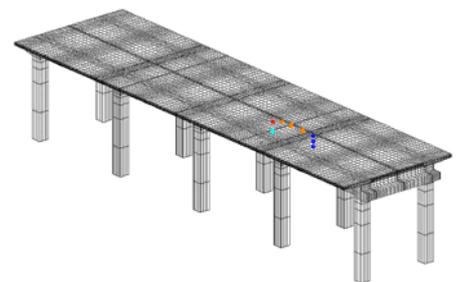


図2 解析モデル (高架橋A、B共通)

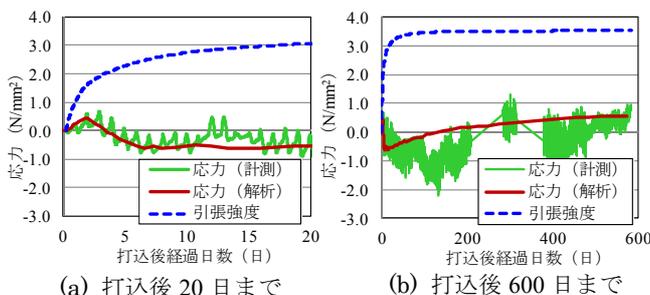


図3 計測値と解析値の比較(高架橋Aスラブ中央上面)

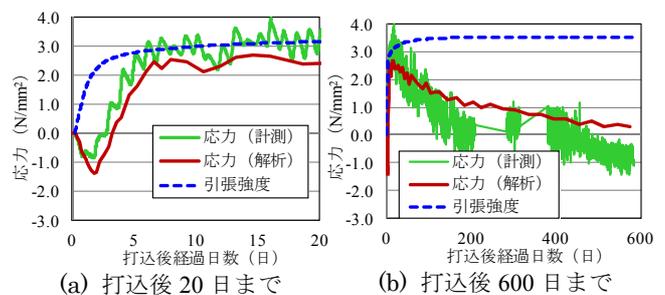
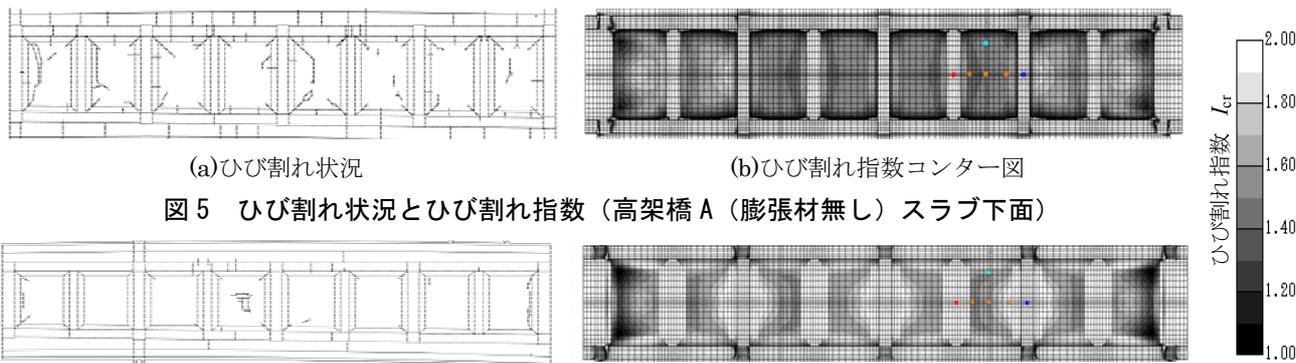


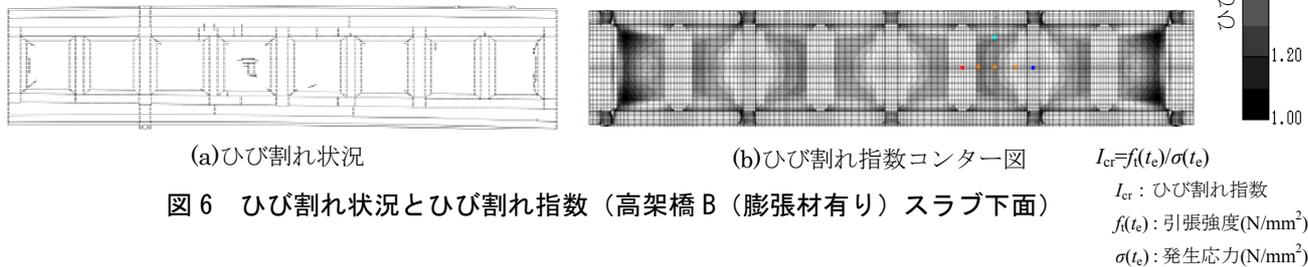
図4 計測値と解析値の比較(高架橋A縦梁部材中心)

キーワード 乾燥収縮ひび割れ, 温度ひび割れ, ラーメン高架橋, 温度応力解析, 膨張材

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL042-573-7281



(a)ひび割れ状況 (b)ひび割れ指数コンター図  
 図5 ひび割れ状況とひび割れ指数(高架橋A(膨張材無し)スラブ下面)



(a)ひび割れ状況 (b)ひび割れ指数コンター図  
 図6 ひび割れ状況とひび割れ指数(高架橋B(膨張材有り)スラブ下面)

スラブ、縦梁とも日変動の影響を除いては、解析で比較的精度良く計測値を再現することができた。スラブについては、部材厚が小さく、温度上昇量が少ないため、打込み初期の発生応力は小さくなったと考えられる(図3(a))。しかし、乾燥収縮の影響を受けやすいと考えられ、打込みから数十日経過後、長期的に引張応力が増加していく様子が確認できる(図3(b))。一方、縦梁については、打込み直後に圧縮応力が、その後温度収縮を拘束することによる引張応力が発生し、発生応力が引張強度に達した箇所も確認された(図4(a))。

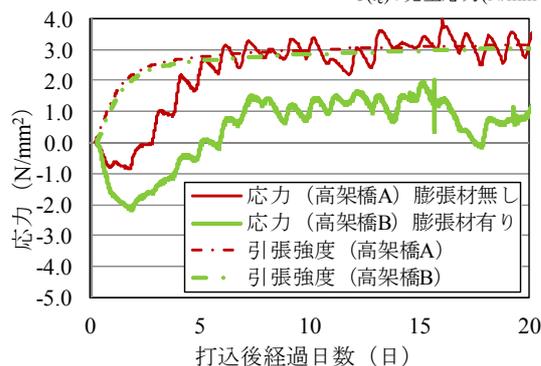


図7 各高架橋の発生応力と引張強度(縦梁部材中心)

4. 実構造物におけるひび割れ発生原因および膨張材の効果の検証

図5および図6に、実構造物におけるスラブ下面側のひび割れ状況と、解析により求めたひび割れ指数のコンター図を示す。ひび割れ指数とは、ひび割れ発生確率を表す指標であり、その値が小さい程ひび割れ発生確率が高いことを示している<sup>1)</sup>。図5(b)より、スラブの隅角部および縦梁に沿った箇所でひび割れ指数が小さくなっており、図5(a)の実構造物のひび割れ発生箇所と概ね整合する結果となった。この結果と、図3(b)において、長期的に応力が増加していることを考慮すると、スラブに発生するひび割れは、乾燥収縮が梁および柱によって拘束される、乾燥収縮ひび割れであると推定される。一方、梁部材については、梁のスパン中央または縦梁と横梁の交差部の部材中心部でひび割れ指数が最小となることを確認しており、こちらも図5(a)と概ね整合する結果となった。また、その時期は、コンクリートの温度が降下して外気温に漸近するコンクリート打込み後10日頃であった。以上のことから、梁部材に発生するひび割れは、コンクリートの温度降下による収縮を柱等が拘束することにより発生する、温度ひび割れであると推定される。

図7に、高架橋A、Bの縦梁スパン中央部における、発生応力と引張強度の関係を示す。膨張材を添加した高架橋Bについては、打込み直後に高架橋Aと比較して約1.3N/mm<sup>2</sup>大きな圧縮応力が発生しており、これに伴いピーク時の引張応力が約50%低減された。また、図5および図6より、膨張材を添加した高架橋Bは、高架橋Aに比べてひび割れ指数が大きく、実構造物のひび割れ数も少ないことから、初期ひび割れに対する膨張材の効果が確認できる。

5. まとめ

ラーメン高架橋について、スラブでは、乾燥収縮によるひび割れが隅角部や縦梁に沿った箇所で発生しやすく、梁では、温度ひび割れが縦梁のスパン中央や横梁との交差部において発生しやすいことがわかった。また、実構造物の現地計測および温度応力解析結果から、初期ひび割れ対策として膨張材が有効であることを確認した。

参考文献

1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針，2008