

連続合成桁におけるコンクリート床版のひび割れ防止対策と有効性について

九鉄工業株式会社 正会員 ○石原 広一

1. はじめに

本事業は、JR熊本駅周辺の地域交通の円滑化や東西の一体化、さらに都市機能強化を図るため、鉄道高架化事業が6kmに渡り計画されている。本稿は、その事業区間の一部である3径間連続合成桁における、コンクリート床版のひび割れ防止対策と有効性について報告する。

2. 工事概要

工事場所の熊本市中央区は、熊本城を中心に城下町として栄え、埋蔵文化財が多く残る地域である。その埋蔵文化財を包蔵地として残すため、当初計画のラーメン高架橋ではなく、より径間を長くでき橋脚の数を減らせる鋼桁に変更となった。また、3径間連続合成桁が適用された理由として、単純桁を複数連並べるより桁高を低減でき、さらに地震時における落橋の可能性も少なくできるためである。

- 工事内容：鋼床版2主箱桁橋、総橋長 $\Sigma L = 257.6$ m、鋼桁総重量 $\Sigma W = 1381.0$ t
- コンクリート床版（幅員 $W = 9.7 \sim 9.5$ m、厚さ $t = 0.27 \sim 0.25$ m）
- Gc180（1径間単純合成桁） 橋長 $L = 60.0$ m 鋼桁重量 $W = 348.6$ t
- Gc182（3径間連続合成桁） 橋長 $L = 156.0$ m 鋼桁重量 $W = 833.4$ t
- Gc186（1径間単純合成桁） 橋長 $L = 41.6$ m 鋼桁重量 $W = 199.0$ t

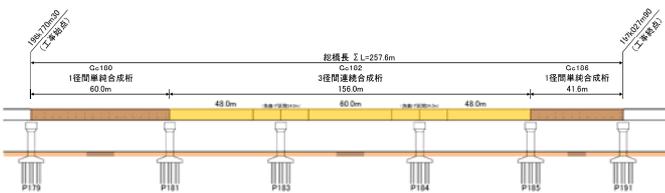


図-1 工事概略図

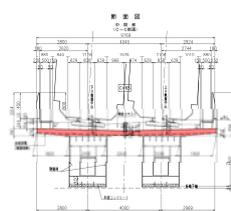


図-2 断面図（中間支点）



写真-1 完了全景（土木工事）

3. コンクリート床版（負曲げ区間）の特性

連続合成桁の概要は、メリットばかりではない。合成桁は引張に強い鋼桁と圧縮に強いコンクリート床版を合成させた合理的な構造だが、連続合成桁の場合は、中間支点付近のコンクリート床版に引張力（負曲げ）が生じ、ひび割れが発生する可能性がある。そのため、引張力が生じる負曲げ区間において、ひび割れの抑制とひび割れが発生した際に有害なひび割れに進展させない対策としてコンクリートの剛性（合成断面）を考慮した鉄筋量の増大のみではなく、「プラスαの対策」が必要と考えた。

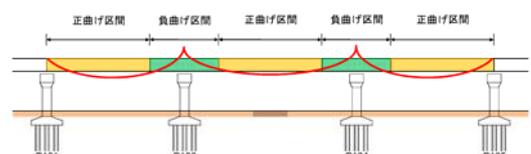


図-3 コンクリート床版応力図（合成断面）

4. 対策1：鋼繊維補強コンクリート（Steel Fiber Reinforced Concrete）の採用

負曲げ区間におけるコンクリートの曲げ強度および曲げじん性係数を増大させるため、鋼繊維補強コンクリートを採用することにした。これは、鉄道構造物等設計標準（H21鋼標準）にも合成桁コンクリート床版の負曲げ区間の検討が重要であり、材料および施工に起因するひび割れについても考慮することが望ましいとされており、その中の対策から鋼繊維補強コンクリートを採用した。



写真-2 鋼繊維（スーパークラックレス）

キーワード 連続合成桁、負曲げ、ひび割れ、鋼繊維補強コンクリート、鉄道橋、鋼床版2主箱桁橋
連絡先 〒860-0047 熊本県熊本市西区春日 2-9-5 九鉄工業株式会社 熊本支店 TEL 096-352-4452

鋼繊維の種類および混入率は、鉄道運輸機構における施工実績を参考とし、室内配合試験を実施した。鋼繊維の種類は2種(断面円形)、標準寸法は公称長さ30mm、直径0.8mm(鋼線切断法)、混入率は1.0%(容積比)とした。確認項目としては圧縮強度等の通常の試験に加え、曲げ強度、曲げじん性係数を追加した。曲げ強度は設計値である 2.1 N/mm^2 以上、曲げじん性係数は鉄道運輸機構仕様である 2.0 N/mm^2 以上とした。室内配合試験のコンクリートは比較用のプレーンコンクリートと、それに加え鋼繊維のみを混入したパターンと、鋼繊維混入時のスランプロスを考慮し流動化剤を加えた3パターンで実施した。結果は共にプレーンコンクリートを上回り、曲げ強度で 6.73 N/mm^2 (プレーン： 6.02 N/mm^2)、曲げじん性係数で 3.71 N/mm^2 (プレーン： 0 N/mm^2 ※測定不可)となった。

5. 対策2：コンクリート床版の打設順序

連続構造である合成桁は、後打ちコンクリートの重量により先打ちコンクリートに負曲げが生じる。そこで、現場水中養生における先打ちコンクリートの強度が呼び強度の85%以上発現した場合に、後打ちコンクリートを打設するようにした。また、打設順序は、後打ちコンクリートにおける先打ちコンクリートの挙動を最小限にするため、正曲げ区間両端、正曲げ区間中央、負曲げ区間の順に打設した。なお、コンクリートの設計基準強度は 40 N/mm^2 のため、後打ちコンクリート打設時における先打ちコンクリートの強度は、85%の 34 N/mm^2 以上が必要となる。

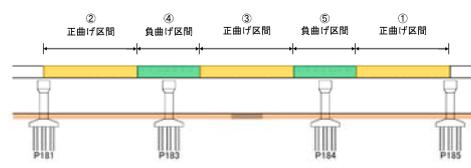


図-4 コンクリート床版打設順序

6. 対策3：コンクリート床版の打設および養生

正曲げ区間は平成26年7月初旬から中旬にかけて、負曲げ区間の鋼繊維補強コンクリートは同年7月中旬から下旬にかけて打設した。コンクリートの総数量は約 460 m^3 で、1打設あたりの数量は正曲げ区間で約 100 m^3 、負曲げ区間で約 80 m^3 となり、計5回に分けて打設した。鋼繊維混入時のスランプロスは、ベースコンクリートスランプ試験値の 18.5 cm からマイナス $5\sim 4\text{ cm}$ で、スランプは $14.5\sim 13.5\text{ cm}$ であったが、試験圧送時に閉塞したため流動化剤を混入し、 $17.0\sim 15.5\text{ cm}$ で打設を行った。また、コンクリートの養生は、養生マットを敷設し、散水による湿潤養生を85%以上の強度発現確認日まで(平均5日間)行った。



写真-3 鋼繊維投入攪拌状況

7. 結果：コンクリート床版の状態

コンクリート床版打設後、地覆・ダクトコンクリートおよび箱桁内の制振コンクリートの打設を完了し、軌道工事へと引き継いだ。軌道工事は、弾性バラスト構造である軌きょうを組み立て、調整コンクリートを打設している。平成27年3月14日には在来線が高架化され、消音バラストを除く全ての設計作用荷重(永久作用と変動作用)が載荷されたが、現時点(平成27年3月末日)では有害なクラック(0.2 mm 以上)は発生していない。これは、鋼繊維補強コンクリートの採用や打設順序および強度発現確認によるものと考えられる。



写真-4 コンクリート床版全景

8. まとめ

試験的ではあったが、連続合成桁におけるコンクリート床版(負曲げ区間)のひび割れ対策について設計手法(パターン)が種々ある中で、上記3つの対策が有効な手法であったと考える。まだ開業間もない高架橋ではあるが、継続して注視し、より良い構造物の築造に活かしたいと考える。また、今後の連続合成桁における負曲げ区間のひび割れ対策の一つとして参考になれば幸いである。