

鉄道高架橋分割施工におけるひび割れ対策について

東海旅客鉄道株式会社

正会員 早川泰央 正会員 礪野純治

正会員 三宅修司 正会員 稲熊 弘

1. はじめに

鉄道の連続立体交差化事業における高架化工事は、用地の制約上、高架橋上下線を分割施工とする場合が多い。この場合、2期施工のスラブコンクリートは1期施工の縦梁に打継ぐことになり、コンクリート打継目からのひび割れの発生が懸念されている。ひび割れの発生原因は、2期施工のコンクリートの自己収縮や乾燥収縮によって体積変化が生じる際に、1期施工との打継目により一辺が拘束され、この部分からひび割れが発生し、経時的な温度変化によって更に進展するものと推測されている。

本稿では、打継目から発生するひび割れの抑制を目的として、各種ひび割れ対策の試験施工および温度応力解析を実施し、その効果を確認したので以下に報告する。

2. 試験施工による対策工の効果確認

(1) 試験概要

試験施工は、実際に新設する高架橋の1期施工区間における後打ち地覆部において実施した。試験ケースを表1に、試験概要を図1に示す。試験要素は、無対策、用心鉄筋（補強金網）の配置、膨張材を添加したコンクリートの採用の3ケースとし、施工延長はそれぞれ高架橋の1スパン分（ $L \approx 10\text{m}$ ）とした。なお、本対策は、無対策時における事後のひび割れ補修費より経済的となる方法を選定した。ひび割れの測定は、打設完了時から80日後までの期間でひび割れの発生および進展状況を目視にて確認した。

(2) 試験結果

ケース1は、コンクリート打設完了後28日でヘアークラックが約1.0mの等間隔で発生し、60日後までひび割れの進展が確認された。ケース2もケース1と同様に打設後28日でヘアークラックが発生したが、間隔は約1.5～2.0mであった。両ケースともに最大ひび割れ幅は0.04mmと微小であり、60日以降の進展は確認されなかった。ケース3は、

表1 試験ケース

ケース	セメントの種類	コンクリートの配合	膨張材 (20kg/m ³)	補強金網 (φ2.6×50)
1	N	30-12-25	無	無
2			無	有
3			有	無

コンクリート打設後80日まで観察したが、目視で確認出来るクラックは発生しなかった。

本結果から、補強金網を配置することによりひび割れの本数を低減できること、膨張材を添加すれば更に効果が高いことが確認できた。

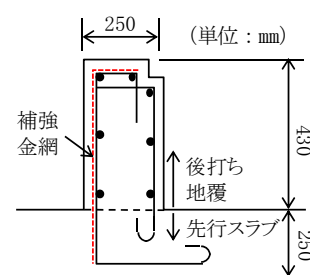


図1 試験概要図
(ケース2)

3. 温度応力解析による対策工の効果確認

(1) 解析概要

試験施工で一番効果があつた膨張材を採用したケース3と無対策のケース1を対象に、実際の高架橋2期施工の打継ぎ状況を考慮して、3次元のFEMによる温度応力解析によるシミュレーションを実施した。解析モデルを図2に、解析ケースを表2に示す。解析パタ

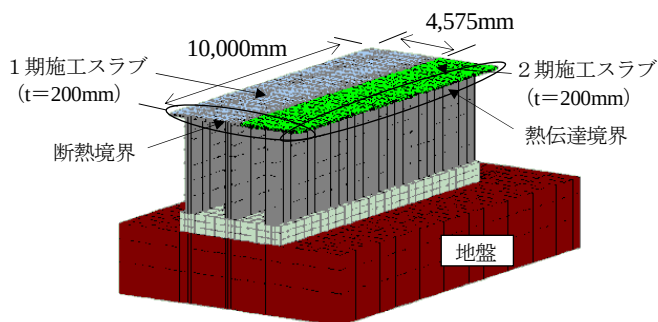


図2 解析モデル

表2 解析ケースおよび解析結果

ケース	セメントの種類	膨張材	初期温度 (°C)	最大応力 (N/mm ²)	ひび割れ指数	解析による最大ひび割れ幅
1	N	無	30.3	3.97	0.62	0.38mm
2		有	30.3	1.90	1.29	0.16mm
3		無	9.7	3.22	0.76	0.34mm
4		有	9.7	1.75	1.40	0.15mm 以下

ーンは、膨張材の有無およびコンクリートの打設時期を考慮して 8 月と 12 月の気温をそれぞれ設定した 4 ケースを実施した。解析条件である熱物性値、コンクリートの圧縮強度の特性値などは土木学会式¹⁾を採用し、打継目部はすべりを許さない完全拘束とした。

評価方法は、打設時期から半年間における打継目部の発生応力からひび割れ指数を算出し、最大ひび割れ幅を算定した。ひび割れ指数と最大ひび割れ幅との関係は、土木学会の関係図¹⁾を用いた。

(2) 解析結果

解析結果を表 2 に、応力分布図を図 3 に示す。発生応力はコンクリート打設時期が影響しているものの、膨張材を添加したケース 2、4 は最大応力でも 2.0N/mm^2 以下であり、膨張材無しのケース 1、3 と比較して非常に小さい値となった。ケース 1、2 は 8 月に打設したケースであり、打設時期の平均気温を 27.3°C 、コンクリートの初期温度を 30.3°C として解析した。結果は膨張材無しのケース 1 で最大ひび割れ幅 0.38mm 、膨張材有りのケース 2 で 0.16mm となった。ケース 3、4 は 12 月に打設したケースで、打設時期の平均気温を 6.7°C 、コンクリートの初期温度を 9.7°C として解析した。膨張材無しのケース 3 で最大ひび割れ幅 0.34mm 、膨張材有りのケース 4 で 0.15mm 以下となった。

本結果より、高架橋 2 期施工で一边が拘束された場合でも、膨張材を用いることによって、ひび割れ幅を抑制できることを確認した。なお、打設時期におけるコンクリート初期温度も発生応力に影響するものの、一边が拘束された場合においては、ひび割れ幅に与える影響は小さいことが確認された。

4. 実施工における検証

前項までの検討結果を踏まえて、実際に高架橋 2 期施工の 1 期施工との打継目付近に補強金網を設置し、さらに 2 期施工の高架橋スラブコンクリートに膨張材を添加して施工した。

結果は、過去に施工した高架橋 2 期施工と比較するとひび割れの発生を大幅に抑制することができ、目視で確認できるクラックはほとんど発生しなかった。一部で 1 期施工の拘束による影響と見られるひび割れも発生したが、ひび割れ幅は 0.2mm 以下であり、耐久性から定まるコンクリートのひび割れ幅の制限値²⁾を満足する結果であった。試験施工と異なり、実施工においてひび割れが発生した要因としては、1 期施工の高

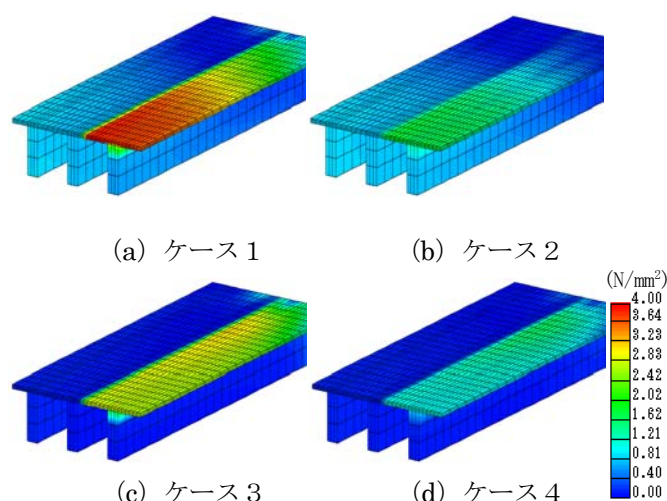


図 3 応力分布図

架橋が試験施工後に供用を開始しており、常時、列車による繰返しの振動を受けるため、試験施工のような理想的な養生環境になかったことなどが考えられる。

5. まとめ

鉄道高架橋の分割施工における、2 期施工分のひび割れ対策を検証するため、現地での試験施工および温度応力解析を実施し、以下の知見が得られた。

- 1) 補強金網の設置および膨張材を添加したコンクリートを採用して試験施工した結果、補強金網を配置することによりひび割れの本数が抑制できること、膨張材を添加すれば更に効果が高いことを確認した。
- 2) 膨張材の添加の有無について、3 次元 FEM による温度応力解析を実施した結果、膨張材を使用することにより、使用しない場合に比べて最大ひび割れ幅を半分以下に低減できることを確認した。

これらの知見から、実際の高架橋 2 期施工において補強金網および膨張材を用いて施工を行ったところ、ひび割れの本数を大幅に低減でき、制限値を超えるひび割れ幅の発生を抑制することができた。本対策は、過去に無対策で実施した高架橋 2 期施工でのひび割れ補修費よりも安価であるため、経済的で品質の良いコンクリート構造物を構築するうえで、有効であると考えられる。

なお、本高架橋においては、今後も長期的にモニタリングしていく予定である。

《参考文献》

- 1) 土木学会:コンクリート標準示方書 施工編, 2002.
- 2) 鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.