

鉄道ラーメン高架橋の効率的な大断面修復に関する検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○北田 宗一郎, 垣野内 隆一郎, 吉田 幸司, 他谷 周一
株式会社日建設計シビル 正会員 田辺篤史

1. はじめに

RC 構造物における修繕工法として、不健全なコンクリートを撤去し、新たなコンクリートに置換する断面修復工法がある。この断面修復工法を効率的に実施するためには、施工範囲をなるべく広くすることが望ましい。しかし、鉄道ラーメン高架橋の梁部やスラブ部において、広い範囲でコンクリートを撤去した場合、梁やスラブの動的変形量が増大する懸念があるため、列車の走行安全性も考慮する必要がある。

本稿では、鉄道ラーメン高架橋の断面修復工を安全にかつ効率的に行うため、コンクリートを広範囲で撤去した状態での列車の走行安全性について、3次元 FEM 解析により検討した結果について述べる。

2. 方法

(1) 解析ケース

検討対象とする鉄道ラーメン高架橋と想定した補修範囲を図-1 に示す。補修範囲としては、中央支間と桁端の片持ち支間の2か所について、それぞれ縦梁、横梁、橋軸方向に分割したスラブ、線路横断方向に分割したスラブの補修を想定した。これに部材撤去を行わないケースを加えて、計8モデルを対象とした。コンクリート強度(f_{ck})については、材料の劣化は進んでおらず、局所的に変状がある場合を模擬した 24N/mm^2 と、構造物全体にわたって材料の劣化が進み、多数の変状がある場合とを模擬した 12N/mm^2 の2区分とした。列車荷重は、実営業車(列車速度 285 km/h)を想定した軸重 120 kN の H 活荷重と、保守用車(列車速度 70 km/h)を想定した軸重 160 kN の N 活荷重の2種類を想定した¹⁾。以上より、8モデル×2強度×2列車=32ケースについて検討を行った。

(2) 解析モデル

作成した解析モデルの例を図-2 に示す。解析コードはコンクリートのソリッド要素内に鉄筋の梁要素を埋め込むことが可能である Abaqus/Standard²⁾ を使用した。RC 高架橋のスラブの上にはバラスト軌道をモデル化し、ここに列車荷重を作用させた。解析モデルのレール端部は、実構造物でレールが連続していることを考慮し、接地ばねを設ける。フーチング下面の境界条件は、変位を完全固定した。

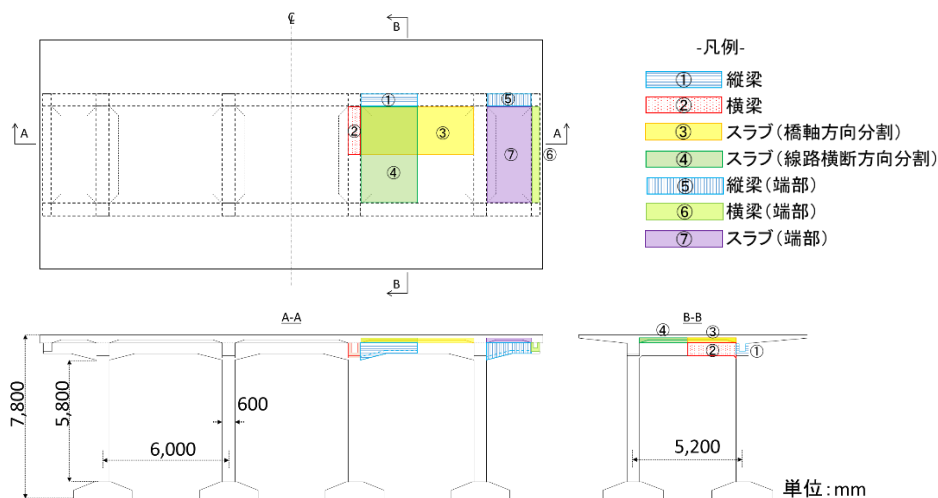


図-1 対象構造物及び想定補修範囲

キーワード 断面修復, FEM 解析, 走行安全性

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1535-33 東海旅客鉄道株式会社 総合技術本部 技術開発部 TEL:0568-47-5370

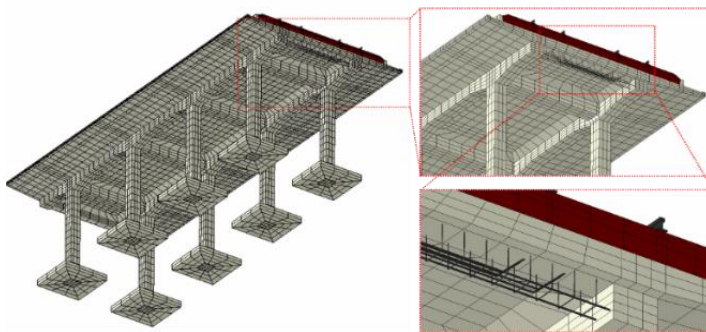


図-2 解析モデルの例（片持ち支間，横梁補修時）

表-1 算出した衝撃係数

補修箇所	f _{ck}	角折れ・最大たわみ		評価位置	鉛直目違い		評価位置
		衝撃係数 (H活荷重)	衝撃係数 (N活荷重)		衝撃係数 (H活荷重)	衝撃係数 (N活荷重)	
なし	24	0.765	0.161	桁中間部	0.873	0.318	桁端部
	12	0.765	0.161		2.900	0.318	
中間縦梁	24	0.765	0.161		2.900	0.318	
	12	0.765	0.161		2.900	0.318	
中間横梁	24	0.765	0.161		2.900	0.318	
	12	0.948	0.161		2.900	0.390	
中間スラブ	24	0.765	0.161		2.900	0.318	
	12	0.948	0.161		2.900	0.390	
端縦梁	24	2.439	0.318		2.439	0.318	
	12	2.900	0.390		2.900	0.390	
端横梁	24	2.439	0.318		2.439	0.318	
	12	2.900	0.390		2.900	0.390	
端スラブ	24	2.439	0.318	2.439	0.318		
	12	2.900	0.390	2.900	0.390		

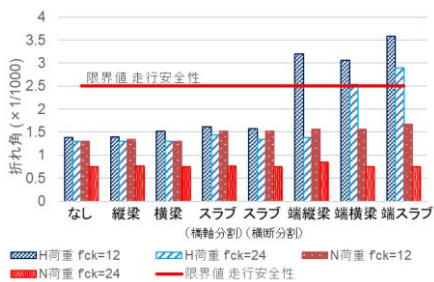


図-3 鉛直角折れ

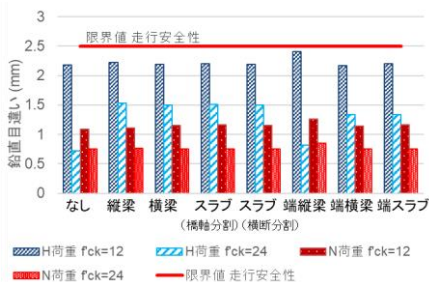


図-4 鉛直目違い

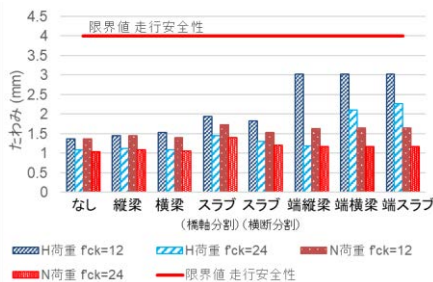


図-5 最大たわみ

(3) 評価項目

列車走行時の応答から、走行安全性の評価指標である「鉛直角折れ」、「鉛直目違い（桁端の最大鉛直変位）」、「最大たわみ」を算出し、列車荷重に対応した設計限界値との比較により、評価を行った。

列車走行による動的荷重は、鉄道構造物設計標準・同解説^{1) 3)}に準拠した性能照査プログラム VePP-I⁴⁾を使用して、別途衝撃係数を算出し、解析に組み合わせた。なお、衝撃荷重の算出に使用した固有振動数は、固有値解析を実施し、梁やスラブの補修部位の振動が卓越するモードに対する固有振動数を適用した。

3. 解析結果

算出した衝撃係数を表-1に示す。傾向として、N活荷重に比べて高速走行であるH活荷重の衝撃係数が高い値となった。なお、鉛直目違いは鉄道構造物設計標準³⁾により、評価位置を桁端部のみとしている。

解析により算定した評価値を図-3、図-4、図-5に示す。なお、評価値は想定した各補修範囲のケースに対する最大の応答値を示している。N活荷重の場合はすべてのケースで走行安全性を超過するものはなかったが、H活荷重の場合は、強度12N/mm²の高架橋における端縦梁、端横梁、端スラブの部材を撤去するケース、および強度24N/mm²の高架橋における端横梁、端スラブの部材を撤去するケースでは、角折れについて走行安全性の限界値を超過した。限界値を超過したのはH活荷重の場合のみであることから、高速走行時の衝撃荷重が関与しているものと推察される。

4. まとめ

中間縦梁、中間横梁、中間スラブにおいては、H活荷重、N活荷重とも走行安全性の限界値を超過するケースがなかったことから、断面修復を実施する際に本稿で想定した範囲の修繕を実施しても安全性に影響はないと考えられる。一方、端部縦梁、端部横梁、端部スラブにおいてはH活荷重時に走行安全性の限界値を超過するケースがあるため、営業列車の徐行や運行時間帯外での施工、施工範囲の縮小または支保工などの検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造，丸善，2006
- 2) ダッソー・システムズ：Abaqus/Standard 2018 User's manual，2018
- 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限，丸善，2006
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道コンクリート構造物性能照査支援プログラム VePP シリーズマニュアル，2021