

道路鉄道併用トラス橋の免震化対策

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○花井 拓
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 河藤 千尋
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 平山 靖之

1. はじめに

本四高速(株)では、瀬戸大橋の耐震補強に平成25年度から本格的に着手し、平成32年度の完了を目指して実施中である。瀬戸大橋の一部を構成する櫃石島高架橋トラス部の耐震補強については、鉄道上空での作業を最小限とすることを目的に、国内の道路鉄道併用橋では実績の無い、トラス桁支承の免震化を行うこととした。本稿では、トラス桁免震化に至る経緯と、その実現に向けて行った技術的検討について報告する。

2. 対象橋梁

櫃石島高架橋トラス部は、櫃石島島内の櫃石島高架橋(PC橋部)とその南側の二連の斜張橋、櫃石島橋・岩黒島橋の間に位置する、支間長約100mの単径間トラス橋である(写真-1、写真-2)。



写真-1 櫃石島周辺



写真-2 櫃石島高架橋トラス部

3. 耐震補強の考え方

耐震性の照査、補強検討に用いた大規模地震動は、東南海・南海地震1波、中央構造線(鳴門-石鎚断層)1波、及び伏在断層4波とした。これら的大規模地震に対し、現状の耐震性能について照査した結果を図-1に示す。損傷は主に橋軸直角方向の地震波入力によって生じており、トラス部材、トラス桁支承、道路桁支承に及んでいる。

耐震補強の考え方として、部材補強、支承交換、制振・免震デバイスなどが考えられたが、このうちトラス桁支承の交換については、道路鉄道併用橋特有の構造的課題や列車走行への影響などの検討が必要となることから当初除外することとし、実績の多い床組免震(道路桁支承の免震化)とその他の対策の組み合わせで検討が進められた。しかし、この計画を進めていく中で、道路桁支承の免震支承への交換については、72箇所の支承交換に必要な足場の設置・撤去作業を、列車が運行していない深夜1時から始発の4時までの3時間の間にしか行えないこと、また鉄道上部への落下物対策が必須となることから、国内の道路鉄道併用橋では実績の無い、トラス桁支承の免震化の可能性について検討することとした(図-2)。

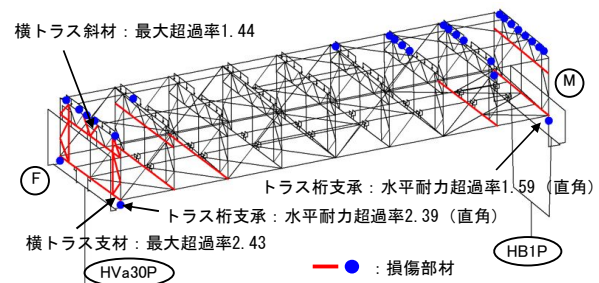


図-1 現状での損傷部位

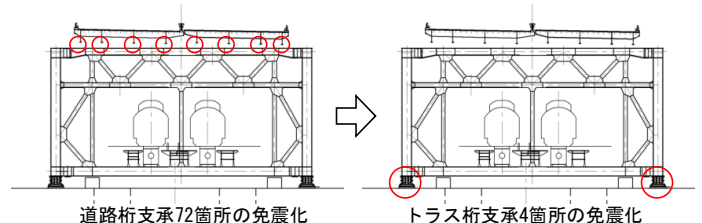


図-2 耐震補強の考え方の推移

キーワード 道路鉄道併用橋, トラス橋, 本四連絡橋, 耐震補強, 免震化

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 TEL 078-291-1071 FAX 078-291-1359

4. 耐震補強検討

トラス桁支承免震化の実現に向けて、1) 免震支承の構造的成立性、2) 道路鉄道併用橋特有の構造的課題、3) 列車走行への影響について検討を行った。

免震支承の構造的成立性としては、大きな常時荷重や地震荷重に対しての設計可能性、既存の部材への設置可能性、ジャッキアップ補強構造の可能性などについて検討を行い、問題ないことを確認した。

道路鉄道併用橋特有の構造的課題として、隣接する PC 橋部を含めて軌道が連続して設置されており（ロングレール区間）、免震化における橋軸方向への軌道の拘束効果の影響が懸念された。そこで、レールの拘束効果を検証する解析方法¹⁾を採用して検討を行った。軌道による拘束については、文献 1) で提案されている復元力モデルを用いた。また、隣接する 29 径間（4+4+3+8+10）の PC 橋部は 2 層の立体ラーメン等の複雑な構造であり、支持地盤状況も区間によって異なるため、全橋のモデル化ではなく、簡易なモデルにより影響を判断することとした。検討に用いた解析モデルを図-3 に示す。隣接する PC 橋部全体を 1 質点系のバネマスモデルに置き換え、質量は PC 橋部全体の質量、またその質量と既知の PC 橋部の固有周期より、バネ値を算出した。結果として、軌道の拘束を考慮した場合、拘束を考慮しなかった場合と比較して固有周期が約 15%低下した。また、拘束を考慮しなかった場合には支承の免震化により他の部材の損傷は無くなったが、拘束を考慮すると固定条件の道路桁支承が損傷する結果となった。

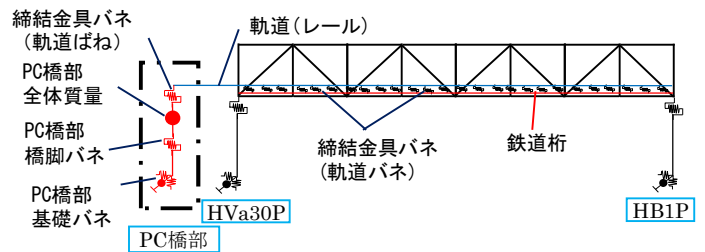


図-3 軌道拘束効果検討モデル

また列車走行への影響については、レベル 1 地震時の列車走行安全性をシミュレーションで確認し、支承交換時については走行安全性を確保するジャッキアップ量での施工計画を策定した。

以上より、榎石島高架橋トラス部の耐震補強対策はトラス桁支承免震化と道路桁支承補強とし、さらにジャッキアップ箇所の部材補強を行うものとした（図-4）。

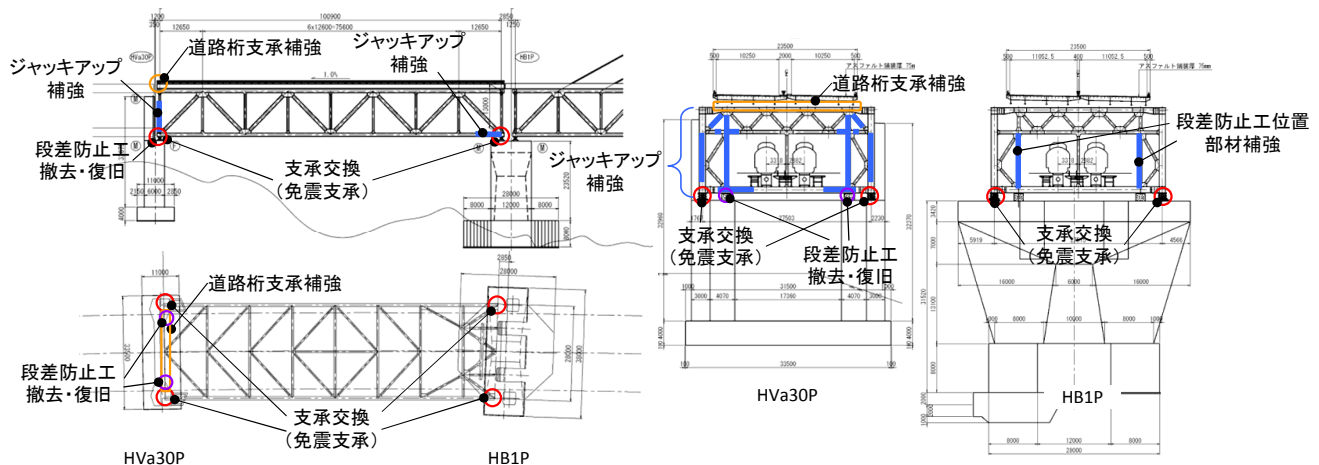


図-4 耐震補強対策

5. おわりに

道路鉄道併用トラス橋の耐震補強対策として、鉄道上空での作業を避けるために、国内では実績の無い支承の免震化について検討を行った。軌道による拘束効果なども考慮したうえで、列車走行に支障がないことも確認された。補強工事は平成 29 年 5 月から現地での作業を開始し、平成 29 年度末に完成の予定としている。

謝辞

本耐震性能照査、補強設計の実施に際しては本四耐震補強検討委員会（委員長：家村浩和京都大学大学院名誉教授）にてご検討頂き貴重なご意見を頂いた。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献: 1) 池田, ほか: ゴム支承を用いた鉄道橋の地震時挙動に及ぼす軌道の影響, 土木学会論文集 A1, Vol. 70, No.1, 1-16, 2014