

高速道路橋梁の更なる耐震補強設計における 支承取替対策事例

横田 真育
首都圏技術部 構造橋梁グループ
技術士補 (建設部門)
m.yokota@shinnihon-cst.co.jp

丸山 貴弘
首都圏技術部 構造橋梁グループ 課長
RCCM (鋼構造及びコンクリート)
t.maruyama@shinnihon-cst.co.jp

1 はじめに

高速道路の橋梁においては、過去の耐震補強対策の効果により、平成16年新潟県中越地震、平成23年東北地方太平洋沖地震、平成28年熊本地震といった大規模地震による被災を経験したものの、一部の橋梁を除き、落橋・倒壊などの致命的な被害は回避している。しかしながら、被災した橋梁の対策については復旧完了までに時間を要しているとの課題があることから、現在、落橋・倒壊の対策に加え、落橋防止システム等の支承周りの対策や未補強である可動橋脚の補強、また現行基準で耐震性が不足している場合は追加対策を施すなど、緊急輸送道路としての更なる機能向上を目指した対策が求められている。

本業務は、こうした高速道路における橋梁の更なる耐震補強事業の一環として、橋長約3kmの連続高架橋の耐震性能照査及び補強設計を行ったものである。対象橋梁は、構造形式ならびに規模の類似した橋梁が多数あり、部分的な下部工の補修・補強履歴を有する。補強に当たっては、様々な高架下条件による制約や構造的な課題を整理し、最適な技術的解決策を検討する必要があった。本稿では特に技術的課題のあったRC連続ラーメン橋及び鉄道を跨ぐ鋼連続桁橋について「支承取替」に着目した対策事例を報告する。

2 対象橋梁

(1) A橋

- ・上部工：RC連続ラーメンスラブ橋(上り)
- 代表として12径間を有する連を抽出する。
- ・橋長：144m 幅員：12.5m(全幅)
- ・下部工：二柱式橋脚(上部工と剛結)
- ・耐震補強履歴：縁端拡幅、柱RC巻立て(H9年度)
- ・高架下：駐車場、公園、資機材置場等



図-1 A橋外観

(2) B橋

- ・上部工：鋼3径間連続桁橋(上り・下り)
- ・橋長：75.75m 幅員：12.5m(片路線全幅)
- ・下部工：単柱式橋脚、ラーメン式橋脚
- ・耐震補強履歴：縁端拡幅、柱RC巻立て/鋼板巻立て等(H10年度)
- ・高架下：JR線、市道等



図-2 B橋高架下状況

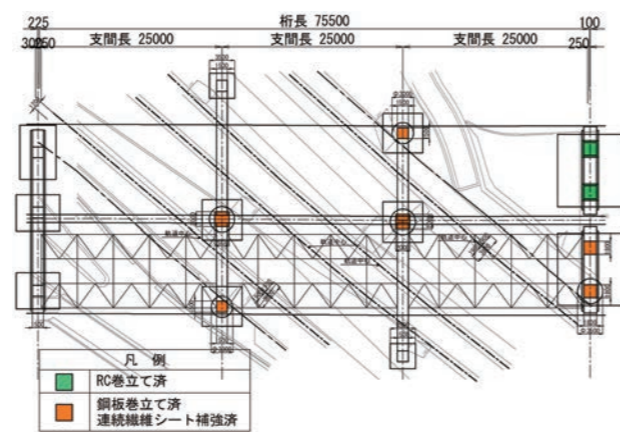


図-3 B橋平面図

3 RCラーメン橋における構造特性を活かした支承取替対策[A橋]

(1) 現橋の耐震性能及び構造的課題

a) 耐震補強済み橋脚柱の曲げ耐力不足

当該橋は剛結している全ての橋脚において、アンカー定着を有するRC巻立て工法により柱下端の曲げ耐力の向上を目的とした耐震補強が実施されていたが、レベル2地震時の橋軸直角方向における発生断面力が柱上端の桁との付け根における曲げ耐力を超過する状態であった。(図-4)これはRC巻立ての上端においては補強軸鉄筋の定着長の考えにより、軸鉄筋による断面力の負担を考慮できないことにある。(図-5)

RC巻立て補強済みの橋脚柱に追加補強[軸鉄筋の上部工側定着]を行う場合、定着長の確保のための上部工改修が必要となる他、既往巻立て部のはつりを伴い全体の施工数が非常に膨大で施工工期が長期間となる等、橋脚柱の直接補強が困難な状況であった。

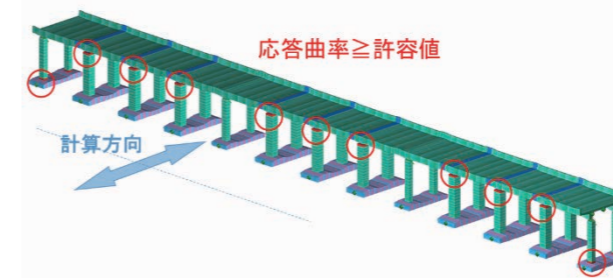


図-4 非線形動的解析結果



図-5 橋脚柱RC巻立て状況

(2) 補強対策概要

a) 端支点すべり機構による柱曲げ耐力不足の改善

橋脚柱は追加補強が困難であることから、端支点の支承を鉛直支承[橋軸方向・橋軸直角方向:可動]に取替えることで、地震時慣性力を軽減させる。(図-6、図-7)

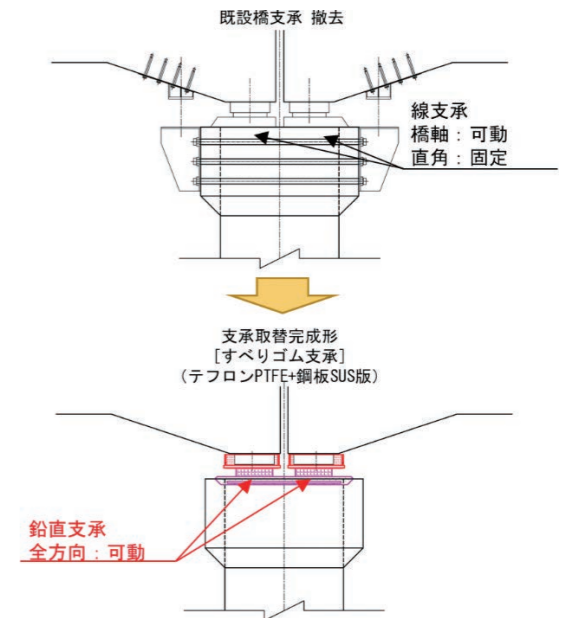


図-6 すべり支承への取替概要

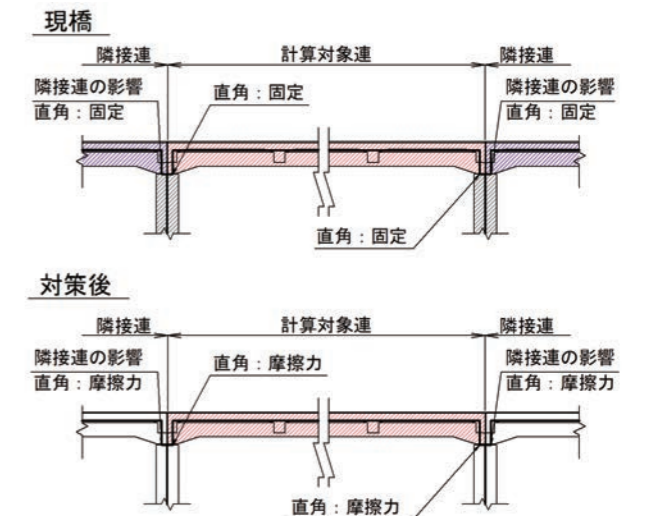


図-7 橋軸直角方向の拘束条件による作用力の違い

対策の効果としては、上部構造慣性力作用位置の応答変位について、既設モデルの場合133mmに対して対策後は95mmと低減しており、剛結柱上端の応答曲率についても軽減している旨を確認し、曲げ耐力内に発生力が収まった。(図-8、図-9)

鉛直支承は単独で配置することはあまり無く、水平力分担構造との機能分離としての計画や一時的な補修工事において採用される。本橋では、道路橋示方書・同解説V耐震設計編(平成24年3月)の「16章 落橋防止システム」に準拠し単独で計画した。ラーメン橋は剛結部の破壊が上下部構造間の分離に繋がる可能性が極めて低く、仮に端支点部の支承部が破壊しても大きな変位は発生せず落橋に対する安全性が高い構造であるためである。

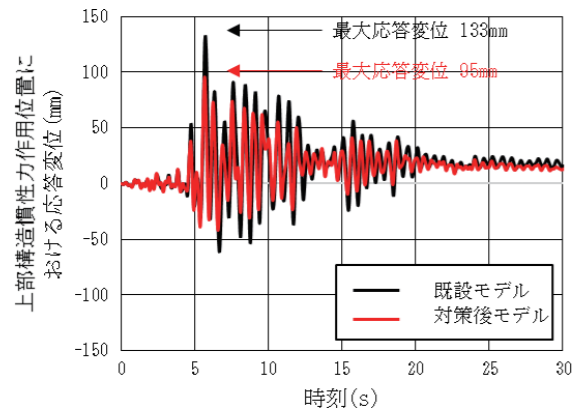


図-8 上部構造の時刻歴応答(タイプII-1波)

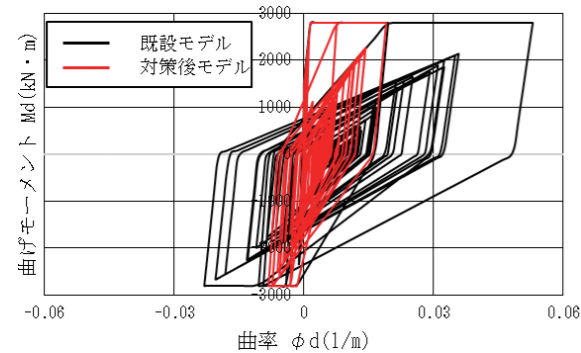


図-9 剛結柱上端のM-φ履歴(タイプII-1波)

上沓の取替が不要な案として、箱状の上沓を既設上沓に被せ、内部に無収縮モルタルを充填することで一体化を図る対策を採用した。鉛直支承は橋軸方向及び橋軸直角方向に対して上沓下面(SUS板)とゴム支承上面(PTFE)の境界面で滑らせることで変位に追随する。なお、ゴム支承には滑動防止ソケットを埋め込み取付部の滑動を防止するとともに、内部のせん断キーにより確実にゴム体に作用力を伝達させる。(図-12)

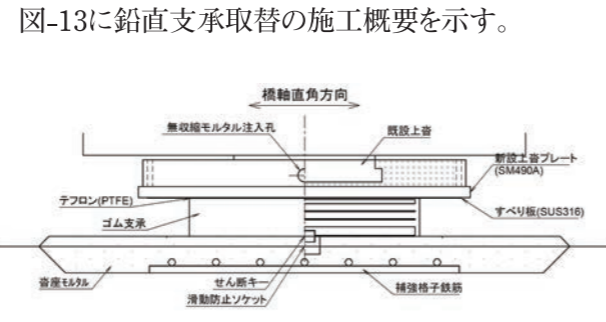


図-12 新設鉛直支承

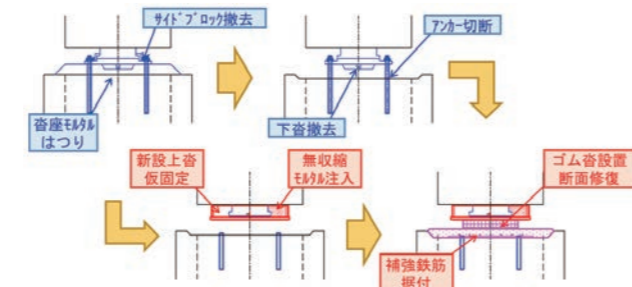


図-13 取替施工概要

4 現橋補強を有効利用するための免震及び制震構造化[B橋]

(1) 現橋の耐震性能及び構造的課題 a) 耐震補強済の起点側橋脚柱の曲げ耐力不足(JR境界と隣接)

当該橋梁は可動支点を除く橋脚において、線路内の柱を含め、アンカー定着を有する鋼板巻立て工法により柱下端の曲げ耐力補強の他、段落とし及びせん断耐力の向上を目的とした連続繊維シート巻立て/接着工法により耐震補強が実施されている。しかし、JR境界の近傍に立つ橋脚(固定支点)においてはレベル2地震時の発生断面力が柱基部の曲げ耐力、及び段落とし耐力を超過する状態であった。

鋼板巻立て補強済みの橋脚柱に追加補強[RC巻立て]を行う場合、鋼板とRC巻立ての境界面にずれが生じ所定の耐力が発揮できない可能性がある他、橋脚がJR線境界と隣接している(図-14)事や、特別高

圧架線が近接している(図-15)ため、き電停止を行い施工したとしても、施工工期が非常に長期間になる他、JRとの施工協議にかなりの時間を要するため、橋脚柱の直接補強が困難な状況であった。

可動支点の終点側橋脚においても、レベル2地震時に耐力不足となるため補強が必要となる。当該橋脚では、柱間の交差市道、及びJR境界の隣接が課題ではあるが、未補強であり鉄道の架線状況が起点側に比べ柱と近すぎないことから、関係機関との施工協議は比較的難易度が低いと考える。(図-16)



図-14 JR線境界分離



図-15 特別高压架線状況



図-16 終点側橋脚周辺状況

一方で、免震構造化の適用により上部工の移動量が増加したため、「桁と隣接する桁との衝突」と「桁と掛け違い橋脚段差部との衝突」という新たな課題が生じた。

100mmの遊間に対して、衝突を回避するため、支承の取替に併せて、未補強の可動橋脚に制震ダンパーの設置を行い、移動量を現在の遊間内で収まるよう計画することで対応した。(図-17)なお、この可動橋脚については免震支承への取替え並びに、橋脚柱の巻立て補強を併せて行う。

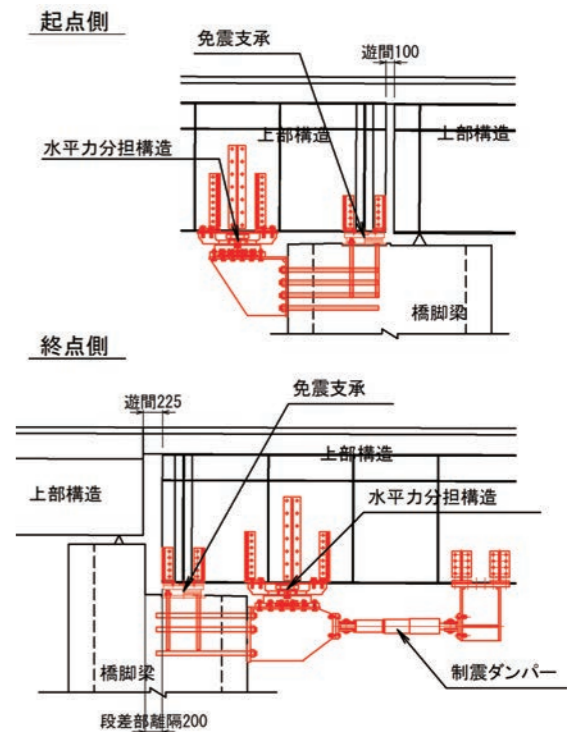


図-17 免震及び制震構造化による補強概要

5 本業務の成果及び今後の課題

本業務の技術的成果として、既往の補強履歴を踏まえた現橋の構造特性を詳細に把握することで、現橋補強を有効活用し、効果的かつ最適な耐震対策を実現した。現地条件等から部材の直接的な補強が困難な状況にある中では、状況に応じ地震時慣性力の低減に着目した対策を講じることが有効である。

今後の課題として、多数橋梁の早期の耐震補強完了のために、個々の橋梁に対する設計をいかに効率化するかが重要である。耐震補強設計は、現場での物理的な制約が多いことから、幅広い観点から対策方法を見出すスキルが求められていくものと考えられるため、今後更に知識と経験を蓄積し、臨機応変な提案ができるよう意識して業務に取り組む所存である。

(2) 補強対策概要 a) 免震構造化による橋脚柱曲げ耐力不足の改善

起点側の橋脚柱は追加の巻立て補強が困難なことから、橋軸方向の免震構造化[免震支承への取替え]により地震時慣性力を軽減させることで、曲げ耐力不足を改善した。