

防災・減災の強化に向けた更なる耐震補強報告
—河川内施工に制約を受ける河川橋の全体系耐震補強対策の報告—

(株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○富田 毅, 審良郁夫, 熊坂徹也, 澤井公哉, 八島孝太
東日本高速道路(株) 佐々木俊樹, 藤沼祥規

1. はじめに

高速道路では、地震によって被災しても速やかな復旧により緊急輸送路として機能させることが求められており、東日本高速道路株式会社では「更なる耐震補強」(平成28年熊本地震以降に実施する既設橋の耐震補強)に取り組むことで防災・減災に向けた耐震補強を実施している。本稿では、「更なる耐震補強」対象橋梁のうち、河川低水路への進入期間が約2か月に制限され、河川内施工が困難である河川橋に対して、橋梁全体系での耐震補強対策を検討した結果を報告するものである。

2. 対象橋梁の諸元

対象橋梁の側面図、平面図を図-1に示す。対象橋梁は斜角(54~67度)を有する上下線分離橋である。鋼3径間連続桁2連の橋梁であり、起点側P1橋脚、終点側P4橋脚が1点固定の固定可動構造の橋梁である。一級河川を横過し、P4、P5橋脚は河川流水部に位置する。

- ・橋長：262.500m ・最大支間長：43.4m
- ・上部工型式：鋼3径間連続鉄桁橋×2連
- ・下部工型式：逆T式橋台、RC小判型張出式橋脚
- ・竣工年：1989年(上り線)、1988年(下り線)
- ・適用示方書：道路橋示方書(昭和55年2月)

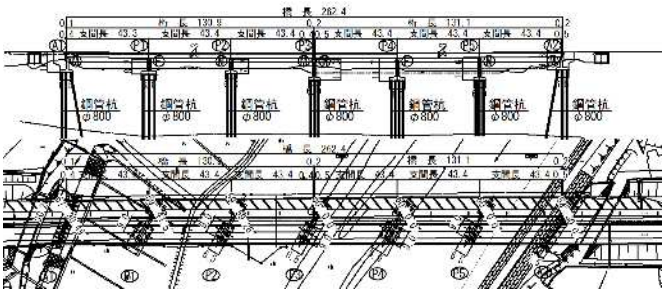


図-1 側面図、平面図

3. 現況耐震性能照査

(1) 解析モデル

本橋は多連の鋼桁橋であり、掛け違い部橋脚への荷重分担、全体挙動や桁遊間を適切に評価するため、連続した橋梁全体をモデル化した。また、橋台フーチングは上下線が一体化されており、解析モデル上基礎工を分

割することは困難であるため、上下線一体の3次元モデルにてモデル化した。

(2) 現況耐震性能照査

本橋は60度前後の斜角を有しているため、耐震性能照査は、橋軸、橋軸直角方向に加え、橋脚の強軸、弱軸方向の4方向に対して非線形動的解析を実施した。

耐震性能照査結果を図-2に示す。本橋は、弱軸方向加振時が最も厳しく、全橋脚が耐震性能を満足しない結果となった。支承可動方向は橋軸方向(主桁方向)に向いており、弱軸方向(斜角60度程度)に加振された際、各橋脚が固定化され、橋脚耐力の小さい弱軸方向に上部工慣性力が作用したためであると考えられる。

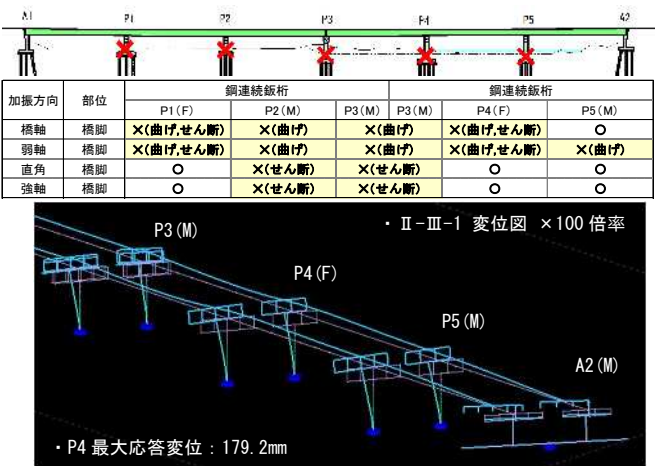


図-2 現況耐震性能照査結果

4. 耐震補強対策の検討

(1) 耐震対策案の選定

P1~P3橋脚は高水敷にあり一般的な橋脚巻立て補強が可能となるが、P4、P5橋脚は低水路のため、治水安全および河川環境保全の観点より河川内施工期間が制限され、P4、P5橋脚巻立て補強は工程上不可能であった。

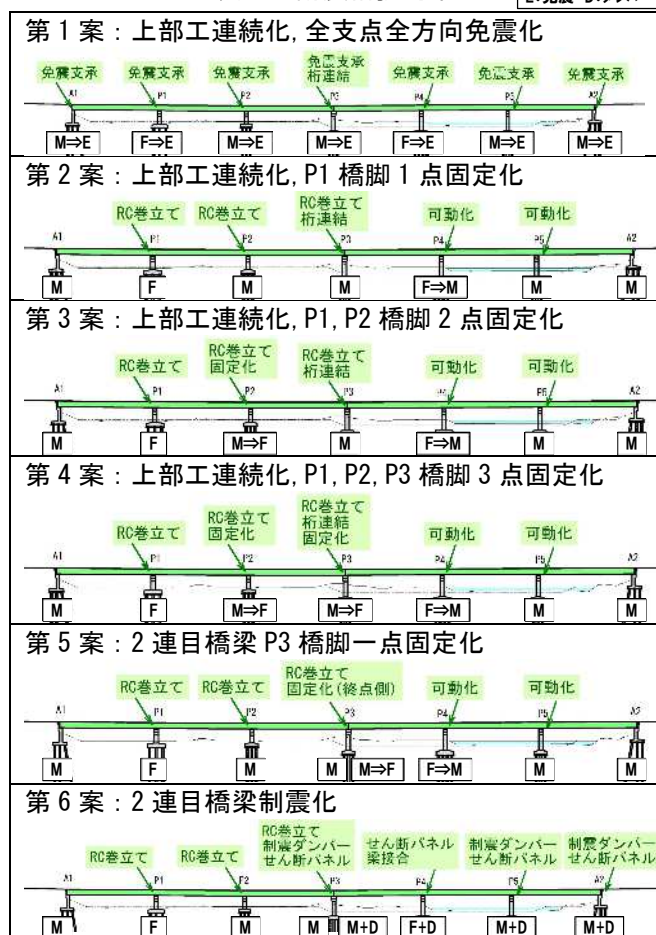
そこで、橋脚巻立て補強回避のため、支点構造の変更による橋梁全体系での耐震性能の確保を目指す耐震補強対策として、表-1に示す6案に対して検討を行った。

検討の結果、既設可動橋脚の耐荷力は小さく、第1案免震工法ではP5橋脚の無補強化は困難であった。

キーワード 耐震補強, 非線形動的解析, 河川橋, 制震橋, 上下線連結

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町4丁目6-1(株)オリエンタルコンサルタンツ東北支社 TEL022-215-5625

表-1 耐震補強対策

F:固定 M:可動
E:免震 D:ダンパー

第2～5案は、P4、P5橋脚の可動化により慣性力を低減させることができ、低水路部（P4、P5）の無補強は可能であるが、固定化橋脚の慣性力が増加し、基礎工（鋼管杭）は、レベル1、2地震動の耐荷性能を満足せず、増し杭補強が必要となる。河川橋であり、橋脚の土被りは大きく、増し杭補強のためには大規模土留工が必要となる。また、桁下施工による低空頭での杭打設が必要となるため、コストが増大し、施工期間が長期化する。基礎工はレベル1地震動の耐荷力を確実に確保しておく必要があり、支点構造の変更には、基礎工の増し杭補強を先行して実施しなければならないが、非出水期内の施工期間を確保することができず、耐震対策としての採用は困難であった。

第6案は、2連目橋梁の各支点に制震ダンパーを配置してエネルギー吸収を図るとともに、耐荷力を満足する範囲内で各橋脚に慣性力を分散させ、橋梁全体で耐震性能を確保させるものである。支点構造の変更（免震対策、固定可動構造変更）による耐震補強対策は困難であり、橋脚巻立て補強も不可能であることから、本橋の耐震補強対策は「第6案：2連目橋梁制震化」のみが適用可能であった。次項に制震工法による耐震補強対策

の検討結果を記載する。

（2）耐震補強対策の詳細検討

2連目橋梁はP4橋脚が1点固定の橋梁であり、可動橋脚の耐荷力は小さいため、各橋脚が分担できる範囲内での制震ダンパーを設置する必要があった。また、橋脚弱軸方向加振時における現況照査結果を踏まえ、橋軸直角方向固定支承の拘束を緩和させなければならなかった。そこで、橋軸方向固定橋脚（P4）および橋軸直角方向全支点は、常時、レベル1地震時に固定支承としての橋梁構造を維持させ、レベル2地震時にのみダンパー機能を発揮させる「せん断パネル型制震ストッパー」を配置する計画とした。また、可動橋脚の橋軸方向には、温度変化による移動に影響を与えず下部工分担水平力の調整が可能となる「粘性ダンパー」を配置した。

低水路部橋脚（P4、P5）の巻立て補強を回避するため、各制震デバイスの抵抗力の最適化を検討した結果を図-3に示す。可動橋脚（P5）の耐震性能確保のため、他下部工に地震時慣性力を分担させP5橋脚の無補強を目指したが、P4橋脚は分担水平力の増加により耐震性能を満足せず、強軸方向への変形が見られた。そこで、並列する上下線下部工を連結して橋脚面外剛性を高め、橋梁全体としての耐震性能を確保することとした。その結果、低水路部下部工は巻立てを回避し、上下部連結部（気中部）のみで耐震性能を満足することができた。

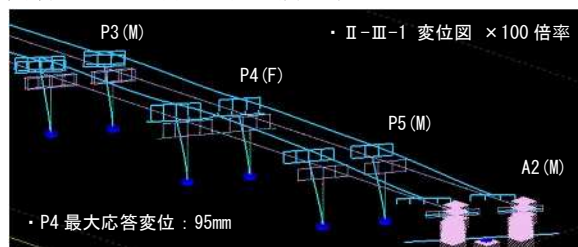


図-3 補強後耐震性能照査結果

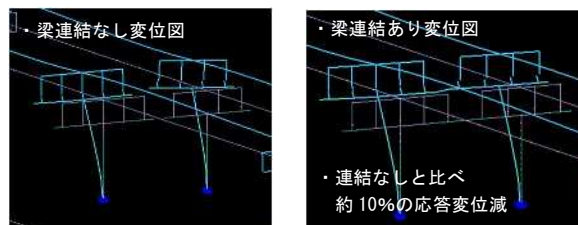


図-4 梁連結による効果

5. まとめ

本検討により、河川内施工期間が制限された上下線並列橋に対して、慣性力の分散化、上下線連結により上下線橋梁全体で耐震性能を確保することができた。今後、桁下利用が困難となる上下線並列橋梁の耐震補強対策として、参考になれば幸いである。