

河川橋りょうを全体で捉えた耐震補強対策に関する検討について

JR東日本コンサルタンツ株式会社 技術本部 技術第一部 正会員 ○大矢 智之
 正会員 関 貴志
 正会員 築地 秀和
 東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 耐震補強対策室 正会員 青木 勇

1. はじめに

JR東日本では、首都直下地震に備えた耐震補強対策として、高架橋柱や橋脚等の耐震補強を進めている。これまで行ってきた耐震補強は、対象構造物ごとに耐震性能を確認し、設計・施工を行ってきており、具体的な補強方法としては、鋼板巻き補強やRC巻き補強等の部材単体の補強方法を主として採用してきた。しかし、今後補強を計画している一部の高架橋柱や橋脚では、周辺の状況等により部材個々の補強が困難であり、工期・工事費ともに膨大になると想定される箇所が存在している。

このような背景の中で、より短期間かつ低コストな耐震補強の実施を目的として、橋全体系による解析を基に、新たな耐震補強の考え方について検討したので報告する。

2. 対象構造物

本稿で対象とする構造物は3径間の河川橋りょうであり、レンガ造の橋台および橋脚をそれぞれ2基、鋼単純桁を3連有する構造である。なお、橋台は背面に土砂を背負っており、地震時には背面土の土圧を受ける構造となっている(図-1)。また、中央径間については船の航路となっており、耐震補強に伴う橋脚の拡張や桁下空頭の縮小は難しく、施工上、協議上ともに従来の補強工法による耐震補強は困難となっている。

そのため、本橋りょうに対し、粘性ダンパーや橋台アンカーの設置といった耐震補強案が、橋全体系の耐震性能に及ぼす影響について検討を実施した。なお、本検討において、線路直角方向の幅は、線路1線分の4.0mとした。

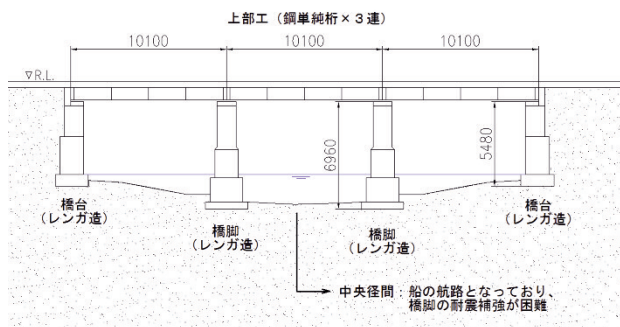


図-1 対象構造物 (側面図)

3. 解析モデル

本稿における解析モデルは、既設構造を含め、以下の6パターンの解析モデルを用いた。

① パターン1 (既設構造)

既設構造モデル；支承条件は、左より固定、

キーワード 首都直下地震対策、耐震補強、橋全体系、粘性ダンパー、橋台アンカー

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川一丁目1番1号住友不動産大崎ガーデンタワー14階 TEL 03-5435-7627

可動、固定、可動...とする。固定支承は、桁側の節点の回転を考慮した剛なはり要素とし、可動支承は鉛直支持力の0.25倍(摩擦係数に相当)の水平力で滑るバネ要素としている。橋台には背面土から受ける受働土圧を考慮するための地盤バネと、慣性力に比例する主働土圧を質量に換算した仮想質量を付加している。

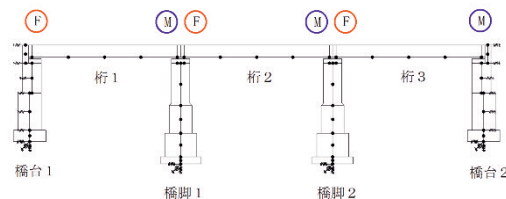


図-2 解析モデル (パターン1)

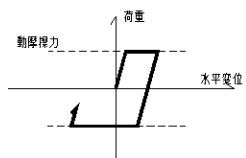


図-3 可動支承モデル

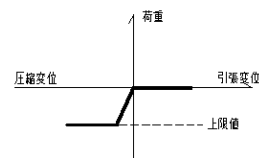


図-4 受働土圧バネ

② パターン2～5 (粘性ダンパー設置)

パターン1の既設構造において、可動支承位置に粘性ダンパーを設置したモデル；粘性ダンパーは、速度依存のダッシュポットを用いることとし、最大抵抗力はそれぞれ100kN、500kN、1000kN、2000kNとする。ダッシュポットに用いている非線形モデルについて、図-6に示す。

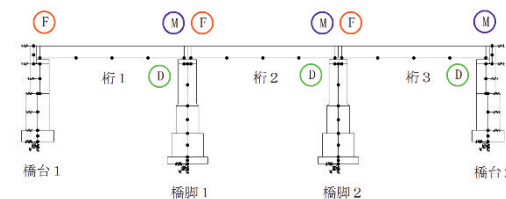


図-5 解析モデル (パターン2～5)

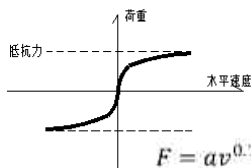


図-6 粘性ダンパーモデル

解析モデル	抵抗力
パターン2	100kN
パターン3	500kN
パターン4	1000kN
パターン5	2000kN

③ パターン6（橋台アンカー設置）

パターン1の既設構造において、橋台アンカーを設置したモデル；橋台アンカーにおける抵抗力は、橋台背面にかかる主働土圧力相当とし、主働土圧力分として橋台に付加していた仮想質量を省略することで、これを考慮する。

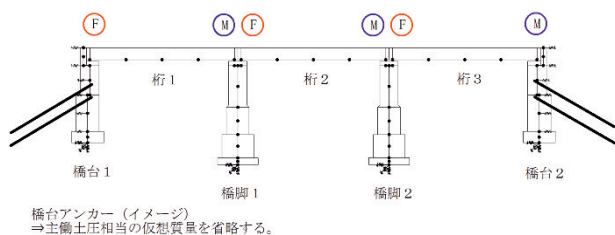


図-7 解析モデル（パターン6）

4. 解析条件

入力地震動は、レベル2地震動（スペクトルⅡ，G3地盤（普通地盤））とし、線路方向に入力した。また、本稿では結果の評価として、橋台および橋脚基部に発生する最大曲げモーメントを用いる。各下部工名称は図-8において左から橋台1、橋脚1、橋脚2、橋台2とする。

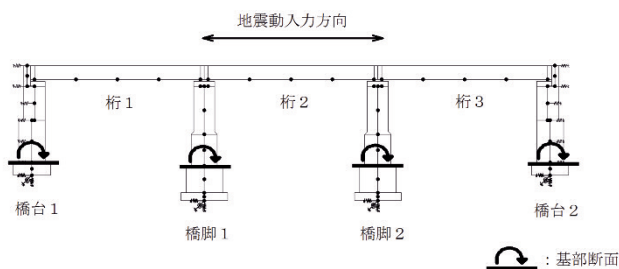


図-8 解析条件

5. 解析結果

(1) 時刻歴応答解析結果

前記の条件設定のもと、時刻歴応答解析を実施した。表-1にそれぞれのパターンにおける橋台および橋脚基部の最大応答曲げモーメントの既設構造に対する割合（パターン1を100とした場合の割合）を示す。いずれのパターンの解析においても、既設構造よりも応答が低減することがわかった。粘性ダンパーについては、抵抗力が大きくなるにつれ応答が小さくなっており、抵抗力100kNで10%程度の低減だったものが、抵抗力2000kNでは50～70%低減した。また、橋台アンカーを設置したパターン6では、橋台で40%程度、橋脚で20%程度減少することがわかった。

表-1 時刻歴応答解析結果

解析モデル	橋台1	橋脚1	橋脚2	橋台2
パターン1（既設構造）	100	100	100	100
パターン2（100kN）	89.8	93.9	95.8	91.5
パターン3（500kN）	80.0	75.9	76.1	62.5
パターン4（1000kN）	46.6	62.6	57.4	35.5
パターン5（2000kN）	49.7	58.3	51.7	27.4
パターン6（橋台アンカー）	57.6	82.6	71.4	50.6

※パターン2～5の（）内数値は、粘性ダンパーの抵抗力を示す

(2) 粘性ダンパーの効果について

図-8に解析で得られた各粘性ダンパーの荷重変位曲線を示す。抵抗力100kNおよび500kNにおいては履歴減衰がみられるものの、抵抗力1000kNあるいは2000kNでは、ほぼ線形の挙動を示していることがわかる。このことから、粘性ダンパーを設置することにより橋全体の応答が小さくなった要因は、粘性ダンパーの履歴減衰によるものではなく、高い剛性によるものであると考えられる。既設構造の可動支承位置に高い剛性のデバイスを取り入れることにより、桁と橋台あるいは橋脚が一体となって挙動し、両橋台背面の受働土圧の影響で橋全体の変位拘束がされたものと考えられる。

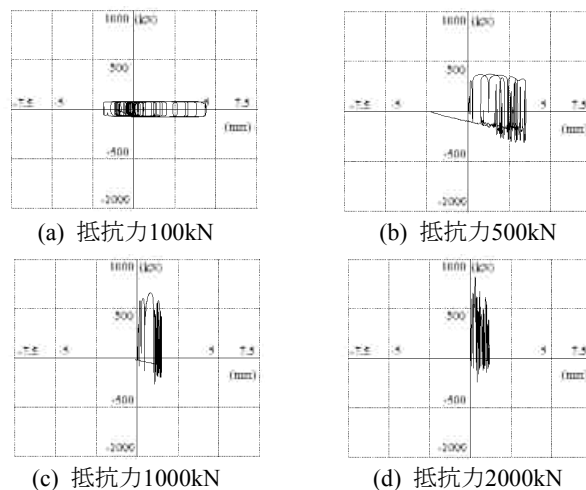


図-9 粘性ダンパーの荷重変位曲線

(3) 補強方法の組合せについて

ここでは、最も耐震補強効果のあった粘性ダンパー（抵抗力2000kN）と橋台アンカーを組み合わせたモデルについても解析を行った。表-2に解析結果を示す。橋台については70～80%の低減、橋脚については80%の低減となった。以上の結果より、効果のある耐震補強を組み合わせることにより、より高い耐震性能を発揮することがわかる。

表-2 時刻歴応答解析結果

解析モデル	橋台1	橋脚1	橋脚2	橋台2
パターン1（既設構造）	100	100	100	100
粘性ダンパー(抵抗力2000kN)+橋台アンカー	31.9	17.5	16.8	20.7

6. 結論

今回の検討により、得られた結論を以下に示す。

- 1) 橋台背面に土を背負っている河川橋りょうにおいては、上部工と下部工を抵抗力の高いダンパー等で拘束することにより、橋全体の耐震性能を向上できる。
- 2) 橋台アンカーを設置し、橋台背面に作用する主働土圧力を省略することにより、橋全体の地震時応答値は大きく低減する。

以上より、これまでの耐震補強の考え方では対応が困難であった河川橋りょうにおいても、橋全体系で補強を検討することにより、より短期間あるいは低コストで耐震性能の向上を図ることができる可能性があることがわかった。今後は、今回の結果を活かし、耐震補強の更なる推進を図りたい。