

桁式高架橋を全体で捉えた耐震補強対策に関する検討について

東日本旅客鉄道株式会社 東京耐震補強工事区 正会員 ○ 小笠原 賢

正会員 青木 勇

渋谷 敏男

JR東日本コンサルタンツ株式会社 技術本部 技術一部 正会員 関 貴志

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、高架橋柱の耐震補強を進めている。

これまでの耐震補強は、柱ごとに耐震性能を確認してから設計し、高架下利用者と地道な協議を行い、個々の柱の補強を行ってきた。しかし、今後補強予定である一部の高架橋では、従来の補強方法を適用すると補強量が多くなり、高架下利用者との協議が難航すると考えられている。

そこで、柱ごとの補強ではなく、構造物に対して部分的な補強を行うことで、耐震性能を満足できるような補強方法を確立すべく、橋全体系での解析を行い、新たな耐震補強の考え方を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、桁式高架橋で、上部工はRC造の単版桁7連、橋脚はRC造の壁式I型断面が6基連なっている(図1)。当該高架橋は既設鉄筋が少なく、降伏震度が低いことから、耐震性能を満足するためには、橋脚の補強に加え、梁を設置してラーメン化を図る必要がある(図3)。しかし、現在は高架下を全てテナントが利用しており、施工に向けての協議の長期化、補強増によるコストアップが課題であったため、今回の検討対象とした。

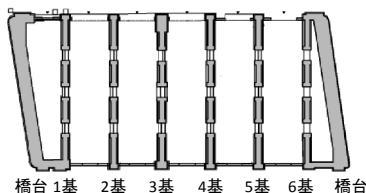


図1 高架橋平面図

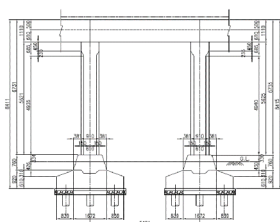


図2 高架橋断面図

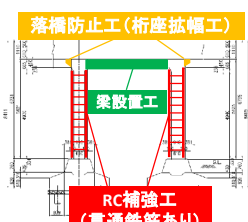


図3 通常の補強方法

3. 解析モデルの検討

今回は既設構造を含め、4パターンの解析モデルを用いて、橋全体の応答に及ぼす影響について検討を行った。

解析モデルの●は質量を有する節点であり、節点を結ぶ線は、はり要素を示している。基礎の底面には、地盤バネとして節点バネ(水平、垂直、回転の3成分)を接続した。

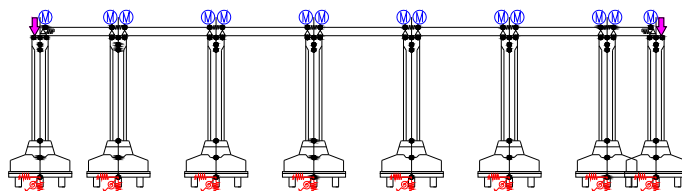


図4 ベース解析モデル図

(1) パターン1 (既設構造)

既設構造のモデルであり、現地において隣接するスラブ桁同士及び桁と橋台間が密着していると認められることから、衝突(遊間2mm)を考慮した。

支承条件は、全て可動支承とし、RC部材は線形部材とした。また、可動支承は動摩擦力0.25とする構造とした。



図5 パターン1解析モデル図

(2) パターン2 (径間補強)

図6に示す通り、全7径間中の両端部2径間のみを補強(壁を設け橋脚同士を一体化)することで、端部の橋台および橋脚の剛性を上げ、変位を抑えることを目的とした構造である。

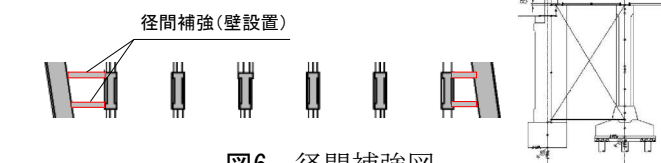


図6 径間補強図

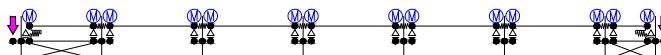


図7 パターン3解析モデル図

キーワード 首都直下地震対策、高架橋耐震補強、橋全体系

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田1-17-4 東京支社 東京耐震補強工事区 TEL03-3257-1751

(3)パターン3（径間補強＋両端固定支承化）

パターン2の径間補強モデルにおいて、径間補強上の支承を固定化し、上部工の水平力を補強した端部径間に集中させる構造である。



図8 パターン3解析モデル図

(4)パターン4（ダンパー（抵抗力100kN））

可動支承部に粘性ダンパー（抵抗力100kN）を設置し、ダンパーにおける減衰効果を期待した構造である。ダンパーは速度依存で、最大抵抗力を100kNとした。

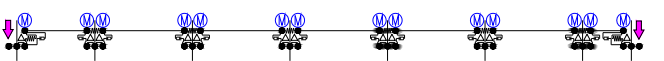


図9 パターン4解析モデル図

4. 解析条件

(1)解析箇所の選定

解析対象幅は線路1線分4,110mmとした。（図10）
本稿では、地震時に当該高架橋の弱点部となる橋脚基部に発生する最大曲げモーメントに着目して評価する。（図11）

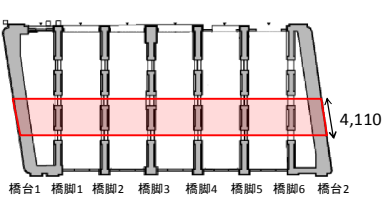


図10 解析対象幅

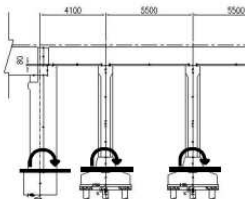


図11 解析対象箇所

(2)解析条件

解析は、時刻歴応答解析で効果の確認を行った後、非線形解析にて最終的な損傷レベルを確認した。その他の解析条件は下記のとおりとする。

① 入力地震動

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。

② 地盤条件

基礎構造が明確でないため、N値30の砂質土地盤とし、直接基礎と同等の構造として評価した。なお、地盤バネにおける材料減衰比は0.15とした。

5. 解析結果

(1)時刻歴応答解析結果

これまでの条件設定のもと、時刻歴応答解析を実施した結果を表2に示す。パターン1の応答値を100とした場合の割合で効果について評価を行った。結果はパターン2及び3の径間補強を行うことより、中

央径間の橋脚（2～5）の基部に発生する曲げモーメントは60%程度減少することが分かった。これは、径間補強により、両端の下部工変位が拘束され桁衝突の影響により、中央部の桁の変位も拘束されたものと考えられる。

一方、パターン4のダンパーについては効果が見られなかった。これは、本橋りょうの橋脚上の支承条件が可動支承であったため、橋脚に伝わる力が動摩擦力のみとなっていたが、ダンパーを設置することにより、上部水平力が余分に伝わる構造となったことで、応答が増加したと考えられる。

以上の時刻歴応答解析の結果より、本橋りょうにおいてはパターン2とパターン3が効果的と判断された。

表1 時刻歴応答解析結果

	橋台1	橋脚1	橋脚2	橋脚3	橋脚4	橋脚5	橋脚6	橋台2
パターン1（既設構造）	100	100	100	100	100	100	100	100
パターン2（径間補強）	13.9	3.1	39.1	41.8	44.1	42.2	7.7	28.7
パターン3（径間補強＋両端F）	13.8	3.2	35.4	37.5	39.6	37.7	8.6	29.2
パターン4（ダンパー100kN）	99.9	101.3	102.1	102.3	102.5	102.5	101.5	99.9

(2)非線形解析結果

ここで、必要な補強量が少なく、コスト面で優位であるパターン2で橋脚基部の非線形解析を行い、より詳細な効果実証を行った。結果を表2に示す。

径間補強を行うことで、橋脚の損傷は損傷レベル2の修復容易な変位レベルまで落とせることが確認でき、耐震性能の向上が実証された。

表2 非線形解析結果

		橋脚1	橋脚2	橋脚3	橋脚4	橋脚5	橋脚6
パターン1（既設構造）	最大応答値	0.0465	0.0471	0.0481	0.4805	0.4620	0.0423
	損傷レベル	3	3	4	4	3	3
パターン2（径間補強）			0.0066	0.0071	0.0078	0.0078	
			2	2	2	2	

応答値：基部の最大曲率 単位：1/m

6. おわりに

今回の検討により、本橋りょうの条件においては橋全体の変位拘束を行うことが最も効果的であることが分かった。実際の設計・施工においては、現場の状況を考慮し、変位の拘束に最も適した補強部材や構造を採用することで、従来の柱や橋脚ごとの施工よりも短期間かつ低コストで耐震性能の向上を図ることができると考えられる。

今回の検討結果を活用し、今後、耐震補強のさらなる推進を図り、鉄道の安全・安定輸送の確保に努めていきたい。