

I - A333 免震支承と鋼板巻立て補強等を併用した橋脚耐震補強の設計・施工

首都高速道路公団	東京第一保全部	設計課	正会員	吉川直志
首都高速道路公団	東京第一保全部	設計課		小林 茂
佐田建設株式会社	東京支店	土木部技術課	正会員	山川智久

1. はじめに

既設橋梁を免震化する場合、通常の支承よりも免震支承の方が高さが高いため、大規模な工事となる。

ここでは、高架下に施設がある場所でRC橋脚を耐震補強する場合、施工条件により下部工における橋脚補強のみでは耐震性を確保できないため、上部工において免震化を併用することにより耐震性を確保するものである。免震化の方法は、既設の支承をすべり支承に取り換え水平力ダンパーを設置する工法である。本工法を適用した設計・施工事例を紹介する。

2. 補強工法の検討

今回検討を行ったRC橋脚は、図-1のように橋脚の3面が建物に近接しており、従来下部工補強方法では施工が困難であった。橋脚の施工条件により、基部アンカー定着による曲げ補強が難しく、橋脚の補強においては、せん断補強及びじん性補強とした。下部工の補強方法については、それぞれの橋脚の施工条件を考慮して、特許工法である「機械継手による鋼板巻立て工法」「1面プレキャストアラミド接着工法」「3面プレキャストアラミド注入工法」の3工法を採用した。いずれの工法も溶接の必要性がなく、鉛直方向に分割を行って、建物屋根部と橋脚横梁下端との間隙を利用して順次落し込む工法である。ここでは、下部工におけるせん断補強及びじん性補強である上記3工法のみでは耐震性を確保できないため、上部工において水平力の低減を図るための免震化を併用することにより、高架下の施設を壊すことなく補強を行う方法を採用することとした。

免震化の方法については、上部構造形式が3径間連続合成PC桁であり、支承構造がメナーゼヒンジであるため、支承高の関係により免震支承の適用が困難であった。検討の結果、すべり支承への交換は可能であるので、鹿島建設(株)・オイレス工業(株)・(株)ブリヂストンの特許工法であるすべり支承と水平力ダンパー（高減衰復元デバイス）設置との併用により高減衰化と長周期化で地震力の低減を図る方法を採用した。今回免震化を行う支承が171箇所と多いので、設置が容易である鋼製ブラケットにて水平力ダンパーを橋脚横梁に取付けることとした。

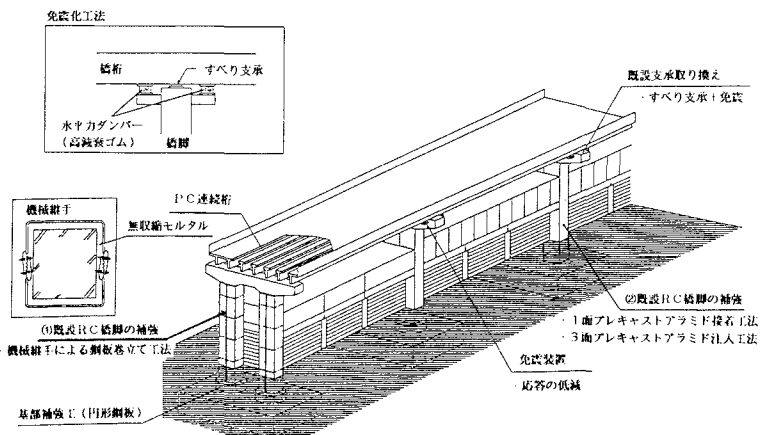


図-1 補強方法状況図

キーワード：耐震補強、免震化、すべり支承、水平力ダンパー

連絡先：佐田建設(株)東京支店土木部 〒171-0014 東京都豊島区池袋2-48-1 TEL 03-5391-1553 FAX 03-5396-5561

3. 簡易計算法による免震設計

設計は「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に関わる仕様」（建設省、1995年3月、以下復旧仕様と記す）および「道路橋の免震設計マニュアル（案）」（建設省土木研究所、1992年3月、以下免震マニュアルと記す）に従って行うことを基本とした。今回、補強方法が下部工との併用法のため、下部工における補強照査結果を順次反映させるため、上部工の照査は簡易計算法にて行うものとした。

簡易計算法は、復旧仕様の照査方法である動的解析と比べて計算結果が容易に算出でき、かつ、すべり支承の剛性・減衰効果を等価減衰として評価し、水平力ダンパーとの並列バネとしてモデル化した点が特徴である。最初に、図-2に示すとおり上部構造における変位の仮定を行い、すべり支承の等価剛性・減衰定数を図-3に基づいて式(1)(2)により算出を行う。

$$\bullet \text{ 等価剛性} : K_B = \mu Q_y / u_B \quad \text{式(1)}$$

$$\bullet \text{ 等価減衰定数} : h_B = 1/(2\pi) \times (\text{全エネルギー})/(\text{弾性エネルギー}) \\ = 1/(2\pi) \times 4 = 2/\pi \quad \text{式(2)}$$

次に、(水平力ダンパー)+(すべり支承)の計算を次式で行う。

$$\bullet \text{ 等価剛性} : K_s = K_D + K_B \quad \text{式(3)}$$

$$\bullet \text{ 等価減衰定数} : h_s = (K_D h_D + K_B h_B) / (K_D + K_B) \quad \text{式(4)}$$

K_D : 水平力ダンパーの等価剛性 h_D : 水平力ダンパーの等価減衰定数

下部構造の剛性を K_y とし、水平力ダンパー・すべり支承部の変位量を式(5)で算出し、 $u_B' \approx u_B$ となるよう繰返し計算を行う。

$$\bullet \text{ 変位量} : u_B' = u_T - u_B \cdot K_s / K_y \quad \text{式(5)}$$

橋梁の剛性・固有周期を式(6)(7)で算出する。

$$\bullet \text{ 橋梁の剛性} : K_T = 1/(1/K_y + 1/K_s) \quad \text{式(6)}$$

$$\bullet \text{ 橋梁の固有周期} : T = 2\pi \sqrt{W u / (g K_T)} \quad \text{式(7)}$$

最後に、免震マニュアルに基づいて橋梁の減衰定数 h 、設計水平震度 K_{hc} を求め、上部構造変位量を式(8)で算出し、 $u_T' \approx u_T$ となるよう繰返し計算を行う。

$$\bullet \text{ 上部構造変位量} : u_T' = W u \cdot K_{hc} / K_T \quad \text{式(8)}$$

以上の計算過程から等価水平震度 K_{he} が求められ、免震マニュアルに明記されているとおり、最大30%の水平力低減が可能となる。

4. 施工手順

施工手順は、①鋼製ブラケット取付②主桁ジャッキアップ③既設支承撤去・すべり支承取付④主桁受台取付⑤水平力ダンパー取付の順である。主桁ジャッキアップにおいては、既設支承の支承高がほとんどないことから、鋼製ブラケットを利用して行った。図-4に取付状況図を示す。

5. まとめ

本免震化工法は、高架下の施設に与える影響を最小限とする有効な補強方法である。耐震補強は、これまで比較的施工しやすい場所から対策が進められてきた結果、高架下に施設がある場合等の難しい場所が残されてきている。今後、このような条件下において、本免震化工法が役立てば幸いである。

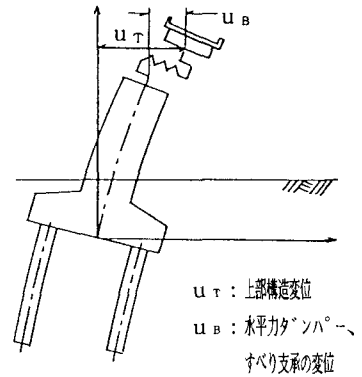


図-2 変位仮定図

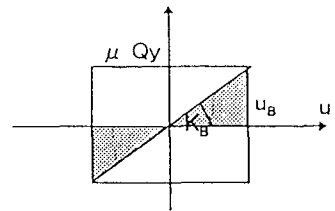


図-3 すべり支承履歴特性

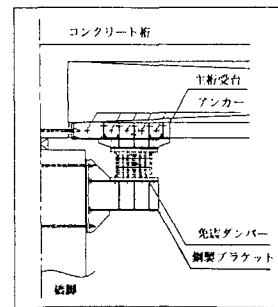


図-4 取付状況図