

既設橋梁の免震化工法による耐震補強について

日本技術開発㈱ ○正会員 高木 正行 正会員 吉川 悟司
正会員 木原 裕司 正会員 森 敦

1. はじめに

既設橋梁の耐震補強としては、耐力やじん性の向上を目的とした RC 巻立てに代表される橋脚構造の耐力を増大させるものが一般的である。しかしながら、橋脚の耐力が大きくなるため、基礎構造の耐震安全性が損なわれる場合や、橋梁の支承条件（固定、可動）により既設橋脚の保持する耐力が橋脚によって著しく異なる場合もあり、耐力力の向上が不合理となることがある。本検討は、既設橋梁の構造特性を利用した合理的な耐震性向上方策として、地震時慣性力を低減させる免震化工法を実際の橋梁の耐震補強対策に適用し、ダンパー特性に着目した橋梁の耐震性に関して考察を加えたものである。

2. 対象橋梁と耐震性向上にあたってのポイント

検討対象橋梁は、図-1 に示す PC15 径間単純プレテンション方式 T 桁橋である。本橋の固定支承橋脚の耐力力は可動支承橋脚のおおむね 2 倍であり、地震時慣性力の分担比率とダンパーの減衰効果をチューニングすることで、橋脚の補強諸元を最低限に留め、かつ基礎構造の補強を最低限に抑えることをねらう。

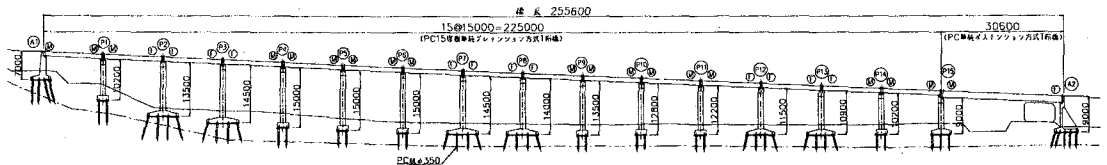


図-1. 検討対象橋梁の側面図

3. 解析モデルとダンパー諸元

解析モデルは上部工および下部工を 3 次元骨組みモデル（図-2）とし、下部工の高さ、隣接する橋梁の地震応答にあまり差がでないこと、および掛違い橋脚上での位相差が問題にならないこと等の諸条件を考慮し、5 径間毎に上部構造の連結化を図り地震時慣性力の分散化を図ることとした。ここでは、P5-P10 径間に着目して行った検討結果について示す。

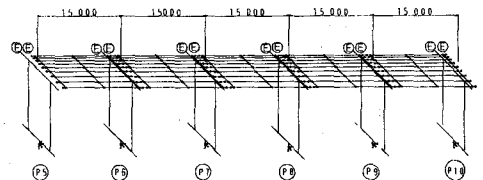


図-2. 解析モデル図

表-1 に主な解析基本条件を示す。

免震化工法は、新設する LRB をダンパーとして、既設ゴム支承を鉛直荷重を受け持つ支承として適用した。

解析ケースは、ダンパーの最適形状を決定するために表-2 に示す 3 ケースとした。

表-1. 解析基本条件

解析方法	直接積分法による非線形弾性時域応答解析
数値積分法	Newmark-β法 (β=1/4)
復元力モデル	武田モデル
入力地震動	道路橋示方書補強編に示される I 種地震に対するタイプ II の標準地震波（地震補正係数 α=0.7 を考慮）
基礎	マトリックス法（減衰定数 20%）

表-2. ダンパーの諸元

	ケース1		ケース2		ケース3	
下部工	P5,6,9,10	P7,8	P5,6,9,10	P7,8	P5,6,9,10	P7,8
既設橋梁の支承条件	可動	固定	可動	固定	可動	固定
形状(mm)	200×200	200×200	200×200	350×350	200×200	350×350
Σte(mm)	30	20	30	36	20	36
K1(kN/m)	5061	7592	5061	11560	7592	11560
K2(kN/m)	779	1168	779	1779	1168	1779

ダンパーの諸元は、耐震性向上の方針として、固定支承橋脚については可動支承橋脚より剛性が高く減衰効果が得られやすいことを考慮し、固定支承橋脚に地震時慣性力を集めるために、固定支承橋脚でダンパー剛性を大きく、逆に可動支承橋脚では相対的にダンパー剛性を小さくすることとした。ケース1は、予備検討（単一橋脚モデルを用いた概略検討）で有効と判断されたダンパー諸元のうち、固定支承橋脚および可動支承橋脚のダンパーが最も小さな剛性を有するものである。ケース2とケース3は、固定支承橋脚のダンパー剛性が最も大きいものに、前者は可動支承橋脚のダンパー剛性をケース1と同様にし、後者はケース1における可動支承橋脚のダンパーと固定支承橋脚のダンパーの剛性比率を同等にした剛性として設定した。

4. 解析結果と考察

(1) 橋脚の応答特性

図-3に、ダンパー諸元の違いによる橋脚基部塑性ヒンジ部に生じる応答回転角/許容回転角の比を示す。可動支承橋脚ではダンパー剛性の違いによる差がほとんど現れないが、固定支承橋脚ではケース2と3には優位な差は見られないものの、ケース1が大幅に小さくなっている。これは、橋脚剛性とダンパー剛性の相対的な関係において、固定支承橋脚のダンパーが橋梁応答に影響を及ぼす役割を持っていることを示している。また、図-4のダンパー水平変位量との関係から、固定支承橋脚のケース2と3のダンパー剛性が、橋脚の曲げ剛性に近づいたことで、塑性ヒンジ部に大きな回転変形を生じたものと思われる。なお、ケース1の固定支承橋脚におけるダンパー等価剛性/橋脚曲げ剛性は、おおむね0.2程度となっており、可動支承橋脚や他のケースにおける比率の半分以下であった。

(2) ダンパーの応答特性

図-4のダンパーの水平変位量から、可動支承橋脚ではすべてのケースでそれほどの違いはないが、固定支承橋脚ではケース1の変位量が3割程度大きくなっており、固定支承橋脚のダンパーに変形が集中していることが分かる。固定支承橋脚のP7に着目したダンパーのエネルギー吸収量（履歴ループの面積）の累積変化を図-5に示すが、ケース1は入力地震動の主要動部が始まる4秒あたりから単調にエネルギー吸収が大きくなっており、主要動が後半まで有効に機能していることがわかる。一方、ケース2と3のダンパーは、主要動の短い間のみで機能しており、しかもケース1の1/3程度のエネルギー吸収しか発揮していない。ケース2と3のダンパー諸元は、橋脚剛性との相対的な関係から明らかに有効性の低いことがわかる。P9とP10がP5とP6よりダンパー変位が大きくなるのは、前者の橋脚高さが後者より低いことに起因しており、可動支承橋脚のダンパー諸元をさらにチューニングすれば、橋脚の塑性変形の低減が可能である。

5. まとめ

- 1) 既設橋梁の耐震性向上方策として、既設支承を利用したダンパーによる免震化工法の有効性を確認した。
- 2) 橋脚とダンパーの剛性バランスおよび可動～固定支承橋脚上のダンパーの剛性バランスに着目して、既設橋梁の耐震性を向上させるダンパーの諸元設定に関するひとつの考え方を示し、その有効性を確認した。
- 3) 本工法を適用することで通常のRC巻立て等による耐震補強工法に比べ工事費を縮減できた。

<参考文献>

・道路橋示方書・解説V耐震設計編 平成8年12月 社団法人 日本道路協会

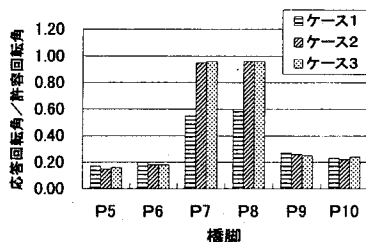


図-3. 橋脚基部塑性ヒンジの
応答回転角/許容回転角（橋軸方向）

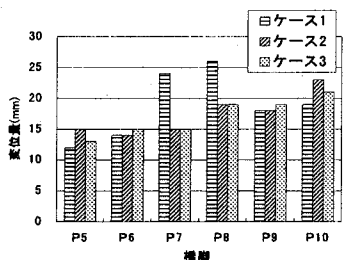


図-4. 水平ダンパー水平変位量（橋軸方向）

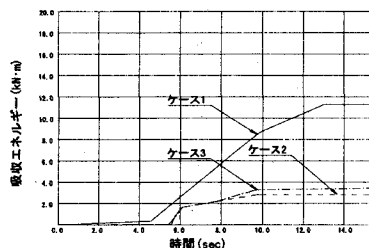


図-5. 水平ダンパー(P7 橋脚)のエネルギー吸収の累積変化