

I - B161 摩擦減衰型免震装置と橋脚の非線形性を同時に考慮した連続高架橋の挙動

川崎重工業(株)正会員 橋本 靖智 同左 正会員 河 東 鎬 同左 正会員 小川 一志
同上 正会員 磯江 暁 同上 正会員 玉木 利裕

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋脚の設計方法が見直され、レベルⅡの地震が発生しても構造部材の変形性能によって落橋を免れるように設計するようになり、さらに道示では挙動が複雑な橋は非線形動的解析によって照査を行うことになった。確実に落橋を防止するためには多径間連続構造にするのがよいが、地震力が1つの橋脚に集中しないようにするために地震時水平力分散構造が望ましいこと、また、支承は設計で想定していない方向の変形にも対応可能なものがよいことから、支承にはゴム支承及びエネルギーの吸収性能のある免震支承の採用が推奨されている。玉木らは地震時にも摩擦によって高い減衰効果が得られる摩擦減衰型免震装置を開発した¹⁾²⁾。本論文は摩擦減衰型免震装置を適用した橋梁を対象に、その地震時の挙動を橋脚と摩擦減衰型免震装置の非線形性を同時に考慮した非線形動的解析によって検討する。

2. 解析モデル

(1) 解析対象橋梁のモデル化

解析対象橋梁は図1に示すような鋼製橋脚に支持される3径間連続橋である。橋脚の非線形性は、応力-歪関係が歪み硬化係数0.01のバイリニアとした梁要素によるファイバーモデルで表現した。各橋脚毎の諸元を表1に示す。また、構造減衰はレーリー減衰を用いた。地盤はH2道示Vに示されている下田市下田の地盤(第3種地盤)を想定し、H8道示IV・Vに示されている方法に従い表2に示すような地盤ばねにモデル化した。なお、入力地震動は図2のような修正東神戸大橋の地震波(道路橋示方書の耐震設計に関する資料、1997:最大加速度591gal)を使用した。

(2) 摩擦減衰型免震装置のモデル化

摩擦減衰型免震装置の構成要素は摩擦減衰支承とゴム水平バネである。これを図3のように、バネ・ダンパーと摩擦要素でモデル化した。摩擦減衰支承の摩擦係数は $\mu=0.1$ とした。ゴム水平バネのバネ定数は設定固有周期が非免震時($T1 \approx 1.02s$)の2倍程度($T2=2.19s$)になるように設定し、減衰係数は $h=0.02$ とした。免震装置は各橋脚全てに導入した。なお、非免震時はP2,P3のみ固定とした。

3. 解析結果

修正東神戸大橋の地震波を使用した時の、非免震時及び免震時のP2橋脚上の桁加速度、橋脚天端加速度、水平力-変位関係を図4で比較する。これらの結果から、非免震時に比べて免震時の橋脚天端変位は約60%減少し、水平力は約30%減少する。また、免震時の加速度波形より、橋桁の挙動は橋脚に比べて非常に長周期化している。また、免震時の水平力-変位関係から橋脚は塑性化しないことがわかる。

また、摩擦減衰型免震装置を使用した時に橋脚が塑性化する場合についても検討するために現実的ではないが修正東神戸大橋の加速度を2倍にしたケースも計算した。この水平力-変位関係を図5に示す。この計算結果から非免震時に比べて免震時は、水平力はそれほど変わらないが、変位は約30%減少している。

修正東神戸大橋入力時における非免震時及び免震時のP1上の支承変位を図6で比較する。摩擦減衰型免震装置の変位は非免震時の倍ぐらの応答を示している。

また、摩擦を考慮した振動系の修正東神戸大橋波に対する非線形応答スペクトルを図7に示す。免震時の橋桁の変位及び加速度は摩擦を考慮した振動系の応答スペクトルとほぼ同じである。

キーワード：摩擦減衰型免震装置、非線形動的解析、塑性化、橋梁

連絡先 : 〒136-8588 東京都江東区南砂2丁目6番5号 TEL 03-3615-5127 FAX 03-3615-6988

4. おわりに

本橋の耐震性はもともと十分であったが、摩擦減衰型免震装置を適用することにより、橋脚の耐震性はさらに向上することがわかった。今後は落橋防止装置など桁の衝突も考慮に入れて検討をして行く所存である。

参考文献

- 1) 玉木他「免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台実験）」第 52 回年次学術講演会概要集 1997,9
- 2) 玉木他「摩擦減衰型免震装置の開発」JSSC No.28,1998

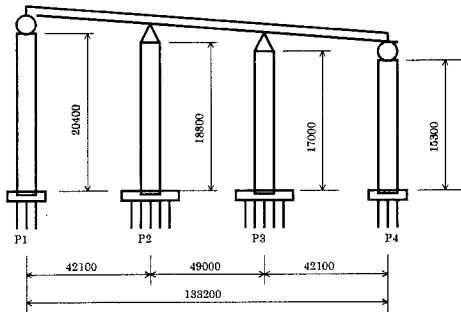


図1 解析対象橋梁概念図

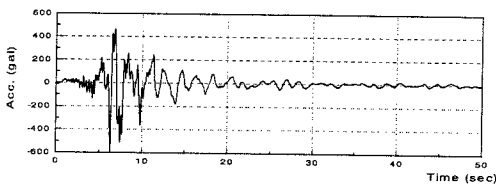


図2 入力地震動（修正東神戸大橋）

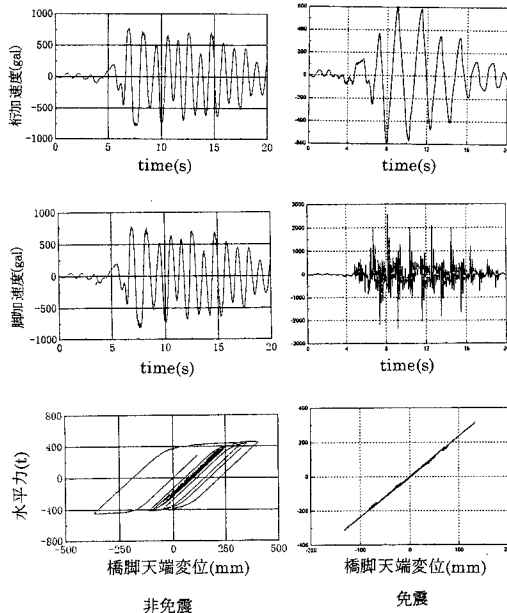


図4 P2橋脚の桁加速度、橋脚天端加速度、水平力-変位関係

表1 橋脚諸元

	P1	P2	P3	P4
死荷重反力 (tf)	161.2	505.4	505.2	161.3
橋脚高さ (m)	20.1	18.5	16.7	15.0
橋脚重量 (tf)	32.0	42.7	35.9	23.2
橋脚径 (m)	2.5	3.0	3.0	2.5
橋脚基部板厚(mm)	28	36	36	25
減衰定数	$h_1 = 0.01, h_2 = 0.03$			
固有振動数 (Hz)	$f_1 = 0.95 \text{ Hz}, f_2 = 39.23 \text{ Hz}$			

表2 地盤諸元

	P1	P2	P3	P4
重量 (tf)	488	945	945	442
回転慣性(tf·m)	1931	9869	9869	1746
鉛直バネ(tf/m)	289090	478629	478629	247791
水平バネ(tf/m)	209347	349664	349664	179440
回転バネ(tf·m/rad)	1199333	5579530	5579530	5579530
減衰定数	$b=0.2$			

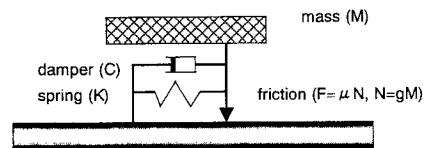


図3 摩擦減衰型免震装置のモデル化

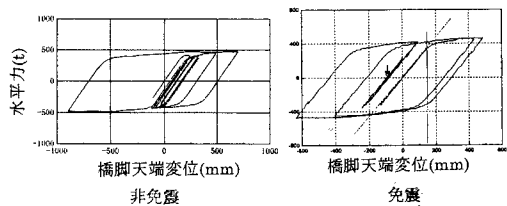


図5 P2の水平力-変位関係(修正東神戸大橋×2)

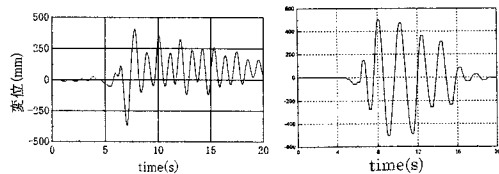


図6 P1橋脚上の支承変位

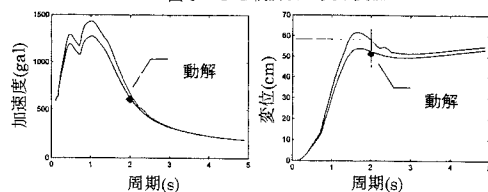


図7 修正東神戸大橋の応答スペクトル（免震時）($h=0.02, 0.05, \mu=0.1$)