

I-B 299

上部構造の支承条件を考慮した高架橋の大地震時挙動

北海道大学 学生員 大嶽 敦郎  
宇都宮大学 正会員 中島 章典

1. はじめに

先の兵庫県南部地震に際して、高架橋の支承条件は各部の損傷に深く関連することが確認された。よって今後的高架橋の耐震設計は、構造全体系を支承条件も考慮した一つのシステムとして捉えた上で、バランスの取れた耐震性の検討を行う必要がある。

そこで本研究では、2径間連続高架橋において、各タイプの支承の実挙動をシミュレートしたモデル化を行い、支承条件の差異が大地震時の鋼製橋脚の弾塑性挙動、あるいは支承部に作用する力に及ぼす影響について検討した。

2. 解析モデルと解析方法

本研究では、図-1に示す2径間連続高架橋を対象とした。上部構造の重量は約600tfとし、両端と中間橋脚の断面は、断面二次モーメントが約1:2の割合になるよう表-1に示す通りに設定した。

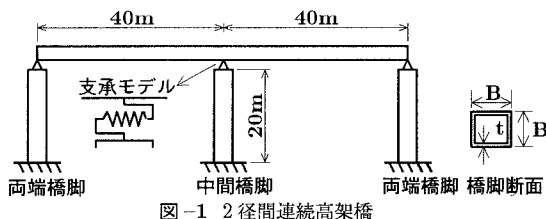


図-1 2径間連続高架橋

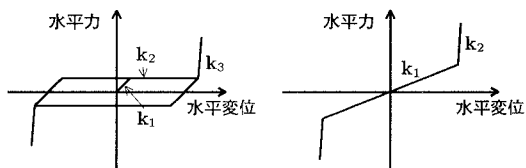


図-2 鋼製可動支承モデル

図-3 ゴム可動、水平反力分散支承モデル

この全体系モデルの支承条件として次の場合を考える。1)基本モデル 中間橋脚上を鋼製の固定支承、両端橋脚上を鋼製の可動支承とした場合。2)鋼製支承 基本モデルの鋼製の可動支承に

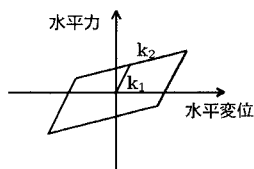


図-4 免震支承モデル

対して、摩擦係数(5.75tf)と変位制限(0.1m)を考慮して図-2のようにモデル化した場合。3)ゴム支承 中間をゴムの固定支承、両端をゴムの可動支承として図-3のようにモデル化し、変位制限(0.035m)を設けた

場合。4)水平反力分散支承 すべての支承を水平反力分散タイプのゴム支承とし、図-3のようにモデル化して変位制限(0.035m)を設けた場合。5)免震支承 すべての支承を図-4のような復元力特性を持つ免震支承としてモデル化した場合。

ここでは支承部を鉛直、水平、回転の3方向ばねにモデル化し、その水平方向ばねに上述の復元力特性を導入した。鋼製支承、ゴム支承、水平反力分散支承、免震支承の各ばね剛性は、文献1), 2), 3)を参考に表-1に示す通りに設定した。なお、鉛直ばね定数は $1.8 \times 10^8 \text{tf/m}$ と十分大きくし、回転ばね定数は $10 \text{tf/m}$ と十分小さくした。

全体系モデルの橋軸方向に、文献2)に示されるI種地盤用レベル2の地震波を水平方向に作用させ、材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮した平面骨組のための弾塑性地震応答解析プログラムを用いて、大地震時の挙動を解析した<sup>4)</sup>。

3. 解析結果

(1) 支承の水平力-水平変位関係

両端橋脚上の各支承モデルの水平力-水平変位関係を図-5に示す。図-5-aは摩擦と変位制限を考慮した鋼製支承、図-5-bは水平反力分散支承、図-5-cは免震支承の場合である。変位制限装置を有する鋼製支承、水平反力分散支承には、変位制限によって大きな水平力が作用し、震度法の2倍の設計水平震度で設計される落橋防止装置の設計荷重を大きく上回っている。また、水平反力分散支承では、中間橋脚の水平分担が小さいため、鋼製の可動支承より大きな水平力が支承に作用している。免震支承では、水平変位は大きくなるが、水平力は抑えられていることがわかる。

(2) 中間橋脚基部の曲げモーメント-曲率関係

中間橋脚基部に作用する曲げモーメントと曲率の関係を図-6に示す。図-6-aは基本モデル、図-6-bは鋼製支承、図-6-cは免震支承の場合である。基本モデルは両端橋脚へ水平力が伝達されないために、この履歴ループは大きくなる。しかし、鋼製支承の場合には摩擦や変位制限によって、水平力が両端橋脚でも負担されるために、履歴ループは基本モデルに比べて小さい。一方、免震支承の場合には、支承部のエネルギー吸収によって、基部はまったく塑性化していない

表-1 支承モデルの剛性と橋脚の断面諸元

	鋼製支承			ゴム支承		水平反力分散支承		免震支承		B (m)	t (mm)
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>		
両端橋脚	5.0×10 <sup>3</sup>	1.0	6.0×10 <sup>4</sup>	1.2×10 <sup>3</sup>	6.0×10 <sup>4</sup>	1.3×10 <sup>3</sup>	6.0×10 <sup>4</sup>	0.4×10 <sup>2</sup>	0.2×10 <sup>2</sup>	2.0	25
中間橋脚	1.8×10 <sup>8</sup>			6.0×10 <sup>4</sup>		1.9×10 <sup>3</sup>		1.6×10 <sup>3</sup>		2.0	50

B: 断面幅 t: 板厚 k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>: 各支承モデルの水平剛性 (tf/m)

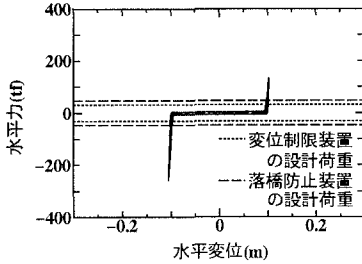


図-5-a 鋼製支承

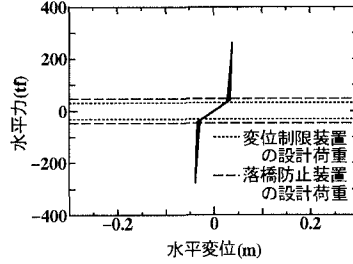


図-5-b 水平反力分散支承

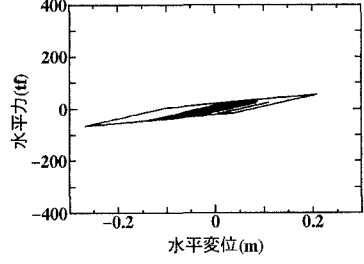


図-5-c 免震支承

図-5 支承の水平力-水平変位関係

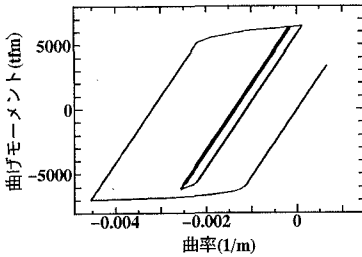


図-6-a 基本モデル

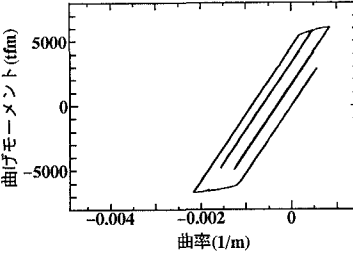


図-6-b 鋼製支承

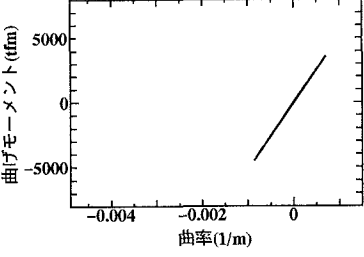


図-6-c 免震支承

図-6 中間橋脚基部の曲げモーメント-曲率関係

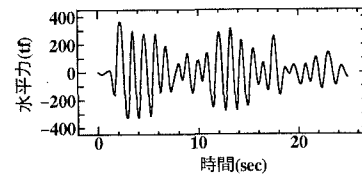


図-7-a 基本モデル

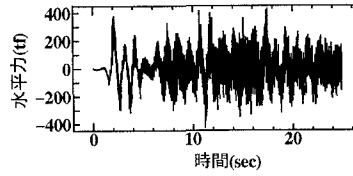


図-7-b 水平反力分散支承

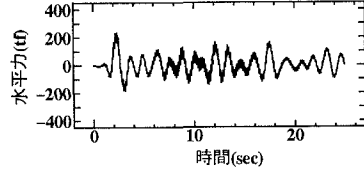


図-7-c 免震支承

図-7 中間橋脚基部の水平反力応答

ことがわかる。

(3) 中間橋脚基部の水平反力応答

中間橋脚基部の水平反力応答を図-7に示す。図-7-aは基本モデル、図-7-bは水平反力分散支承、図-7-cは免震支承の場合である。基本モデルに比べて、水平反力分散支承では、激しく大きく振動する水平反力を受けていることがわかる。これは変位制限を考慮することによる剛性の急激な変化のためと考えられる。これに対して、免震支承の場合には地震力が最も小さいことがわかる。

4. おわりに

支承条件を考慮した2径間連続高架橋を対象として弾塑性地震応答解析を行った結果、鋼製支承、ゴム支

承および水平反力分散支承では、変位制限装置によって水平力が外側の橋脚にも分担され、中間橋脚に作用する地震力が低減されることがわかった。また、免震支承では、そのエネルギー吸収能力によって各橋脚に作用する地震力が低減され、最も有効な支承条件であることが確認された。

最後に本研究の一部は新日本製鐵(株)からの補助をいただき、実施したことを付記し、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, 1991.3.
- 2) 土木研究センター: 道路橋の免震設計法マニュアル(案), 1992.10.
- 3) 川島一彦: 動的解析における摩擦力のモデル化に... 土木学会論文報告集 第309号, pp151-154, 1981.5.
- 4) 中島・倉西: レベル2地震に対する鋼製橋脚の基本... 構造工学論文集 vol.40A, pp227-234, 1994.3.