

西松建設 正員○馬場 正成
立命館大学理工学部 正員 伊津野和行

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、RC橋脚域と鋼製橋脚域が連結した箇所やRC橋脚群内に鋼製橋脚が含まれた箇所において、RC橋脚と隣接した鋼製橋脚に被害が発生した。本研究では、鋼製橋脚の被害に及ぼす隣接RC橋脚の影響に着目し、RC橋脚域と鋼製橋脚域が連結した橋脚群モデルを用いて時刻歴地震応答解析を行い、被害の原因を考察した。さらに、すべての橋脚を免震化した橋脚群モデルについても耐震安全性の考察を行った。

2. 解析の概要

本研究では、既存RC橋脚および鋼製橋脚の単体を非線形応答特性を示す1自由度系モデル（初期剛性から求まる固有振動数は、RC橋脚は3.4Hz、鋼製橋脚は3.2Hzである）としたものを線形応答を示す梁部材で連結している橋脚群モデル（図-1）とした。このモデルの橋軸直角方向および橋軸方向について、入力地震波に神戸海洋気象台で記録されたNS成分を用いて時刻歴地震応答解析を行った。そして、橋脚単体と橋脚群内で異種橋脚が隣接している橋脚との比較を行った。なお、各橋脚単体モデルの非線形履歴骨格曲線を図-2に記す。実線はRC橋脚、破線は鋼製橋脚を示している。

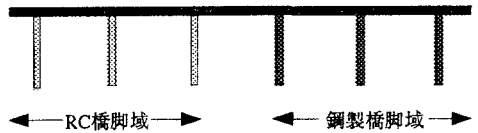


図-1 橋脚群モデル

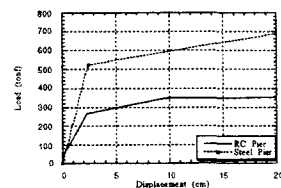


図-2 各橋脚の地震時保有水平耐力

3. 解析結果と隣接異種橋脚の地震時相互作用

RC橋脚および鋼製橋脚単体の時刻歴応答解析の結果を図-3.4に記す。RC橋脚の時刻歴応答変位は、正負に約10~15cmの振幅が数回あり、固有振動数が約1~2Hzの振動である。また、履歴エネルギー吸収は地震波入力約4~10秒後の間に総吸収量の大部分を占めている。一方、鋼製橋脚の時刻歴応答変位は、地震波入力約4秒以降に振幅が最大5cm程度で最終的に残留変形が生じた。また、履歴エネルギー吸収は地震波入力約4秒後に始まるが、総吸収量の大部分を占めているのは約7~10秒後の3秒間である。

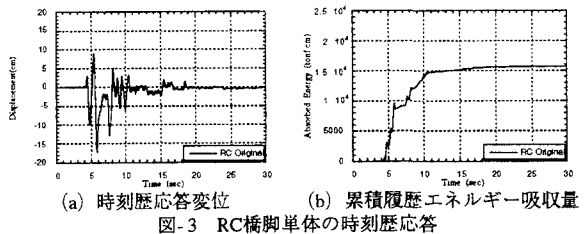


図-3 RC橋脚単体の時刻歴応答

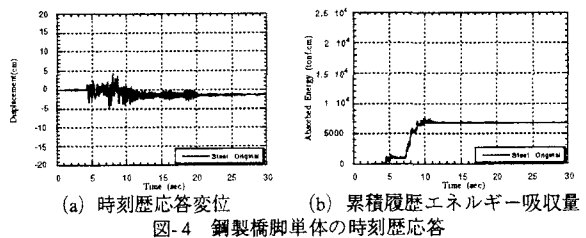


図-4 鋼製橋脚単体の時刻歴応答

次に、RC橋脚域と鋼製橋脚域が連結している箇所の各々の橋脚の時刻歴応答を図-5に記す。両橋脚の応答変位波形は相似形で、各橋脚の応答特性が含まれた波形であるといえる。その結果、RC橋脚は応答変位が抑えられたが、鋼製橋脚の応答変位は大きくなった。

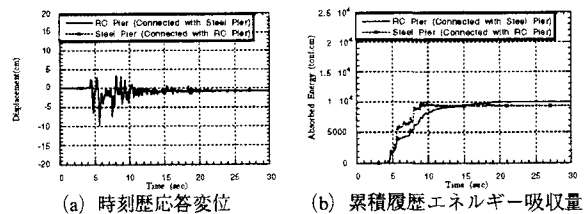


図-5 異種橋脚に隣接している橋脚の時刻歴応答

また、累積履歴エネルギー吸収量でも、RC橋脚は応答変位が抑えられたため少なくなったが、鋼製橋脚は応答変位が大きくなったため多くなった。さらに、鋼製橋脚単体の結果と比較すると、地震波入力約4-10秒後の間に総吸収量の大部分を占めている。したがって、鋼製橋脚は隣接しているRC橋脚の応答特性の影響を不利に受けていることがわかる。

4. 地震時相互作用対策としての免震補強

鋼製橋脚の応答が隣接しているRC橋脚の振動の影響を受ける問題の対策として、ここでは免震化を考えた。前章の解析で用いた橋脚群モデルの全橋脚天端部に、線形応答を示す免震支承を取り付けたモデルについて時刻歴地震応答解析を行った。なお、免震支承は両橋脚単体の固有振動数が約0.5Hzとなるように設定した。

次に、免震RC橋脚域と免震鋼製橋脚域が連結している箇所各々の橋脚の時刻歴応答を図-6,7に記す。異種免震橋脚と隣接することによって、免震RC橋脚は単体と比較して、さらに応答変位が抑えられる。一方、免震鋼製橋脚は単体と比較して若干大きくなった。しかし、免震鋼製橋脚の履歴エネルギー吸収量が最終的にゼロとなり、応答変位が線形応答内に抑えられた。また、免震RC橋脚域と免震鋼製橋脚域が連結している箇所付近の橋脚の応答量を免震化の有無を比較して図-8に記す。図の同一橋脚枠内の棒グラフは、左側は全橋脚が免震化していない場合、右側は全橋脚が免震化した場合を示している。また、実線は、左側がRC橋脚単体、右側が鋼製橋脚単体、いずれも免震化していない場合の応答量を示している。これらの図を見ても、全橋脚を免震化することによって、鋼製橋脚の応答が隣接しているRC橋脚の振動の影響を受ける問題は全橋脚において解消されたといえる。

さらに、橋軸直角方向についても同様の結果が得られた。

5. まとめ

- 1) RC橋脚域と鋼製橋脚域が連結する箇所では地震時の相互作用により、鋼製橋脚に隣接しているRC橋脚は応答変位は小さくなる。一方、隣接している質量の大きなRC橋脚の応答の影響を受ける鋼製橋脚は応答変位が大きくなる。また履歴エネルギー吸収量についても、鋼製橋脚に隣接しているRC橋脚は応答変位が抑えられたことから少なくなった。一方、RC橋脚に隣接している鋼製橋脚はRC橋脚の振動特性の影響を不利に受け、履歴エネルギー吸収を余儀なくされる結果となった。
- 2) 鋼製橋脚の応答が隣接しているRC橋脚の振動の影響を受ける問題で全橋脚を免震化することにより、地震時に隣接橋脚に及ぼす相互作用の影響が大きく低減され、RC橋脚域と鋼製橋脚域が連結する箇所での耐震安全性が確保できることが明らかとなった。

謝意

対象構造物の震災被害調査にあたっては、中村一平氏をはじめ阪神高速道路技術管理センター開発部の方々にお世話になった。記して謝意を表する。

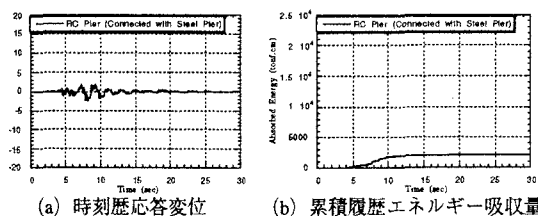


図-6 免震鋼製橋脚に隣接している免震RC橋脚の時刻歴応答

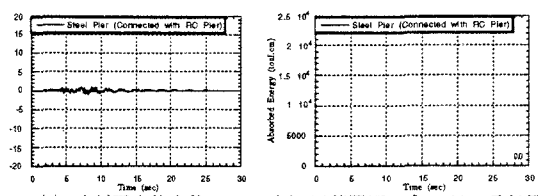


図-7 免震RC橋脚に隣接している免震鋼製橋脚の時刻歴応答

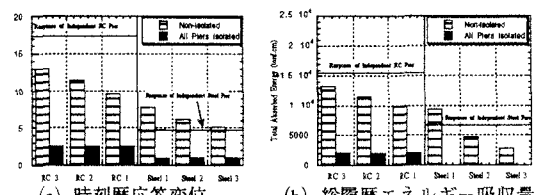


図-8 異種橋脚隣接箇所付近の橋脚の応答量