

免震橋梁-地盤系の耐震性能評価に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○木村友則

鹿児島大学大学院 正会員 河野健二

鹿児島大学大学院 正会員 木村至伸

1. はじめに

1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震以降、耐震設計手法として「免震構造」が多く採用されている。その為、免震支承を有する構造物の解析を正確に行う事は、今まで以上に重要になっている。解析を簡単にする為に基礎を固定状態で解析している場合も多いが、地盤と構造物系の動的相互作用の影響が大きいと考えられる場合は、全体系としての解析が必要になる。そこで本研究では、多径間連続免震橋梁を解析モデルとし、地盤の影響を考慮した全体系地震応答解析を行い、動的相互作用系が免震橋梁に与える影響について基礎的研究を行なった。また、免震支承の損傷を塑性率と履歴吸収エネルギーの項で表す、損傷指標 D を用いて検討した。

2. 解析概要

本研究で用いた解析モデルを Fig.1 に示す。節点数 30、要素数 29 の全長 140m の不等橋脚で橋脚 1・2 の高さを 15m、橋脚 3 の高さを 20m とし、5 径間連続免震橋梁構造物を用いた。部材は全て鋼材を使用し、断面は円形中空断面を用いた。免震支承は鉛入り積層ゴムとし、復元力特性のモデル化としてバイリニア型を使用している。構造

物基礎は基礎-地盤系の下部構造物を水平・回転方向のバネ-ダッシュポット系モデルに変換した 2 自由度系で考え、全体系の動的相互作用系を考慮した動的応答解析を行う。この際、基礎はケーソン基礎を想定し、各基部にそれぞれ導入している。Table.1 に地盤のせん断波速度、Table.2 に全体系を考慮した場合の固有周期を示す。元々長周期の構造物においては固有周期に地盤の影響が現れにくい為、固有周期に大きな差が生じていない。本研究では、このように解析モデルを設定し、時間刻みを 0.005 秒とした場合の Newmark の β 法により地震応答解析を行った。この時、 β は 0.25 としている。地震動は 2 種地盤におけるタイプ II 地震動を 600gal で基準化した入力地震動を用いている。また、損傷指標 D は塑性率と履歴吸収エネルギーの線形結合として定義されており、次式で与えられる。

$$D = \frac{x_{\max}}{x_u} + \frac{\beta}{Q_y x_u} \int dE$$

ここで、 $x_{\max}$: 最大変位、 x_u : 終局変位 (25cm)、

Q_y : 降伏耐力、 $\int dE$: 履歴吸収エネルギー、 β : 部材の断

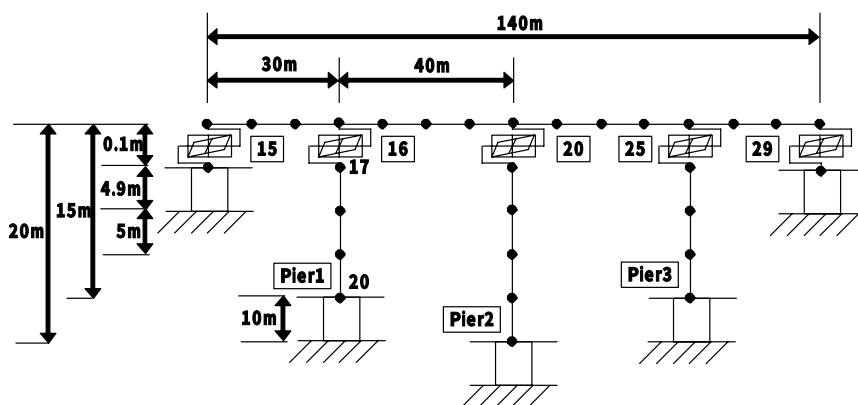


Fig.1 解析モデル

Table.1 地盤のせん断波速度

一層目のせん断波速度VS1(m/s)	250
二層目のせん断波速度VS2(m/s)	300

Table.2 固有周期 (sec)

Ground Vel.(m/s)	250	Fix
1次	1.23	1.22
2次	0.25	0.25
3次	0.23	0.23

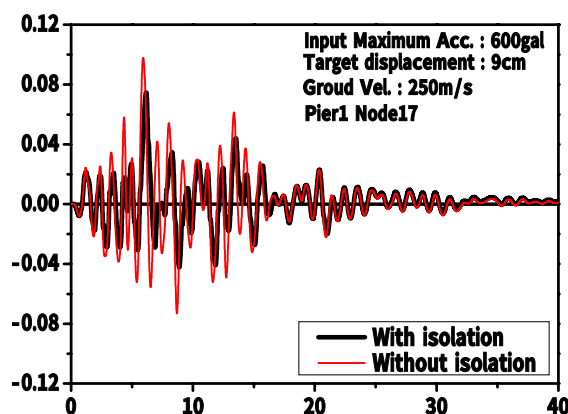


Fig.2 時刻歴応答変位 (免震効果)

面特性等に依存する正の係数で、本解析では 0.15 と仮定した。

3. 解析結果及び考察

Fig.2 に基礎—地盤系を考慮した場合（以下全体系）の Pier1 橋脚天端の時刻歴応答変位を示す。免震時と非免震時の比較で目標変位 9cm と設定している。橋脚天端における免震効果は、非免震時よりも長周期化し、応答が小さくなることである。図から、免震導入時の方が、長周期化して、応答も小さくなっていることから、全体系でも免震効果を確認することができる。

Fig.3 に全体系と基礎固定時を比較した Pier1 橋脚天端の時刻歴応答変位を示す。全体系による影響を明確にする為に非免震時に検討している。全体系の応答は、基礎固定時に比べ小さくなっている。これは、基礎の振動が生じる事で上部構造物の変位が抑えられた事によると考えられる。

Fig.4 に全体系と基礎固定時を比較した Pier1 橋脚天端部の免震支承の復元力特性を示す。全体系の復元力は、基礎固定時に比べ小さくなっている。これは、動的相互作用系を考慮した場合、上部構造物の変位が抑えられる為、免震支承の復元力も抑えられたと考えられる。

Fig.5 に Pier1 橋脚基部における最大曲げ応力変化を示す。図は全体系と基礎固定時の比較である。どちらも最大入力加速度が増加するにつれて最大曲げ応力は増加しているが、基礎固定時より全体系の方が応答は小さくなっている。これは、基部に発生する曲げモーメントが全体系の方が小さくなっているからと考えられる。

Fig.6 に Pier1 橋脚天端部の免震支承の応答に関する損傷指標を示す。図は全体系と基礎固定時の比較で、基礎固定時に比べ全体系の方が応答は小さい事が確認できる。損傷指標 D において、1.0 を超えると、大きな損傷が予想されることから、600gal 以上の入力強度を持つ地震波が作用する場合には注意が必要となる。

4. まとめ

全体系の応答は基礎固定時と比べて本解析モデルでは小さくなる事が分かる。この為、基礎固定の地震応答解析では、全体的に応答を大きく評価してしまう可能性がある事を示している。また、全体系において免震支承の最大応答は低減されるが、同時に免震効果の減少にも繋がる可能性があり、地盤種や地震動のタイプ別に免震効果を検討しておく事が重要となると考えられる。

参考文献

松田泰治、大塚久哲、神農誠、入江達雄：変位制御型の道路橋の免震設計法に関する一考察、構造工学論文集、Vol.46A, pp.907-909, 2000

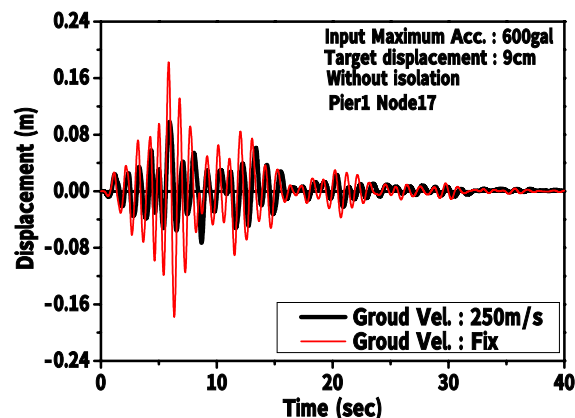


Fig.3 時刻歴応答変位 (地盤の影響)

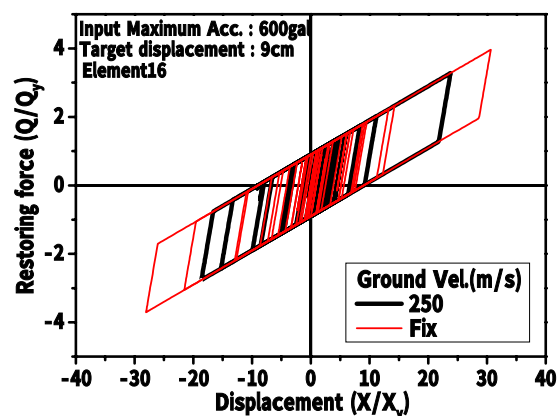


Fig.4 復元力特性

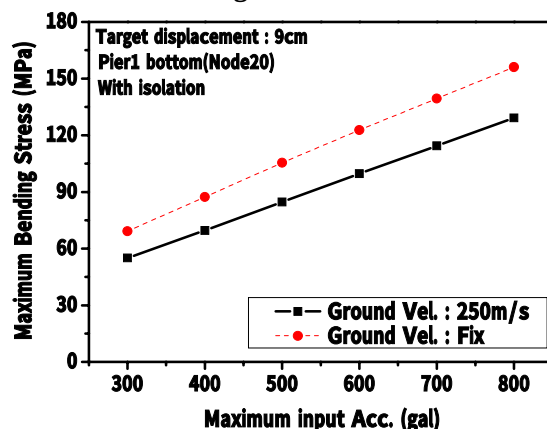


Fig.5 最大曲げ応力の変化

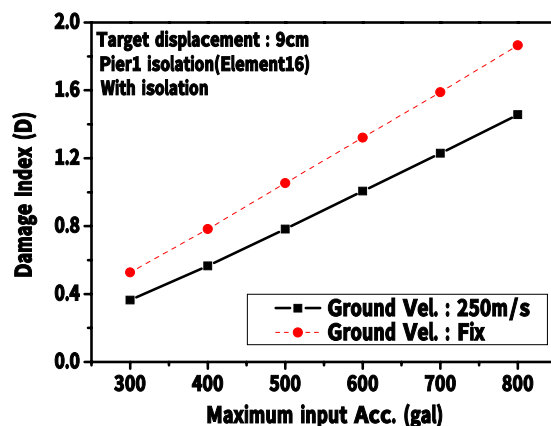


Fig.6. Pier1 支承部の損傷指標