

免震補強された道路橋の地震時挙動に及ぼす支持地盤の影響

京都大学工学研究科	正会員	小野祐輔
京都大学工学研究科	正会員	清野純史
京都大学工学部	非会員	稲葉隆司

1. はじめに

近年の被害地震から、都市直下を震源とする地震では、従来の耐震設計で想定していたものを遥かに上回る大きさの入力地震動が構造物に作用することが明らかになった。このため、既存の構造物に対しての耐震補強が必要となった。耐震補強には様々な手法が存在するが、その一つとして既存の支承を免震支承に交換するものが挙げられる。免震支承を用いた耐震補強は構造物の震動特性を大きく変化させることから、その影響を把握することを目的として、動的解析が行われることも多い。しかしながら、そのほとんどの事例では基礎より下部の影響を考慮しない、いわゆる基礎固定の仮定のもとで解析がおこなわれている。

そこで、本研究では免震支承によって耐震補強された構造物を対象として、その地震時挙動に杭基礎-地盤系の動的相互作用が及ぼす影響について検討をおこなった。

2. 解析対象構造物とそのモデル化

解析対象とした構造物の正面図、側面図ならびに杭配置図を図-1 に示す。杭の直径は 1.2m、杭中心間隔は 3.0m である。杭長は 30m であり、杭先端は支持基盤へ達しているものとした。

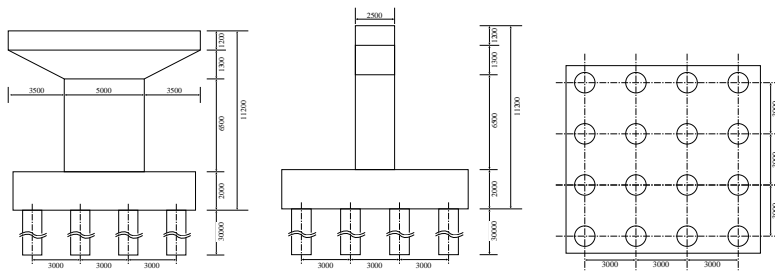
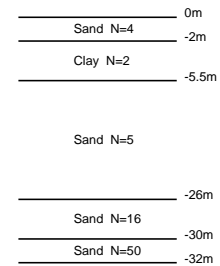
図-1 解析対象とした道路橋躯体の形状図及び杭配置図¹⁾

図-2 地盤モデル

杭体には線形梁要素、免震支承ならびに橋脚については線形ばね要素を用いた。フーチングには線形ソリッド要素を用い、地盤には弾-完全塑性型の非線形ソリッド要素を用いた。橋脚および免震支承の減衰定数は、それぞれ 2%、5% と設定した。免震支承による補強がされておらず、橋脚と上部構造の間が固定されている場合は、この構造系の固有周期はおよそ 0.49 秒である。地盤に関しては、図-2 に示すような成層構造を仮定した。この成層地盤モデルの T_g 値はおよそ 0.7 秒であり、道路橋示方書によれば第三種地盤に分類される軟弱地盤である。

解析に用いたメッシュを図 3 に示す。節点数は 7724 個である。計算時間と記憶容量の節約のため、Y 軸に対して半分の領域を用いた。そのため、構造物を含む x-z 面では y 方向の変位を拘束した。その他の境界には三浦ら²⁾ による粘性境界を用い、解析領域内部から外部へのエネルギーの逸散が考慮されるようにした。

入力地震動は、解析領域下部から 1995 年兵庫県南部地震においてポートアイランド G.L.-83m 地点で観測された記録の NS 成分を X 方向に与えた。

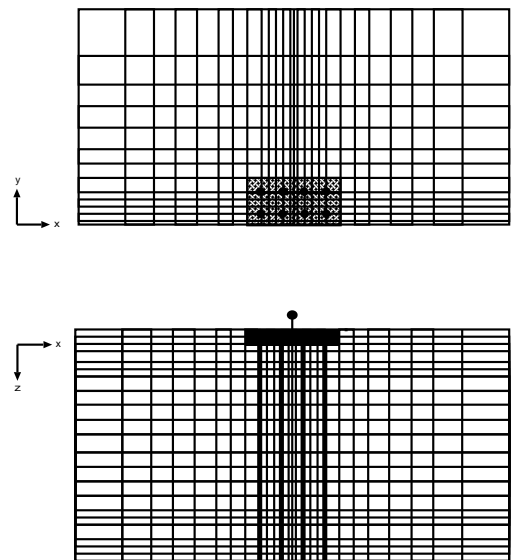


図-3 解析メッシュ

Key Words: 免震補強, 杭基礎, 有限要素法, 動的相互作用

〒 606-8051 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科都市社会学専攻 Tel: 075(753)5133 Fax: 075(762)2005

3. 解析結果と考察

解析を行った全ケースの一覧を表-1に示す．ケース B0 は構造物，杭ともに存在せず地盤のみが構成されるモデルである．一方，ケース B1 は橋脚ならびに構造物がなく，杭基礎のみが存在するモデルである．これらの2 ケースは，基礎固定モデルによる解析をおこなう際の入力地震動を設定することを目的として，解析をおこなった．ケース B1 において橋脚が接続される位置でのフォーミングの加速度応答波を B1 波，ケース B0 での同位置での地盤の加速度応答波を B0 波と呼ぶことにする．B1 波は基礎の影響を考慮して設定された入力地震動であり，入力損失の効果を含んだものである．

図-4 に解析によって得られた橋脚の加速度応答波形を示す．図-4 によると，同図 (a) に見られる高振動数成分が (b) ならびに (c) には見られない．これは，入力損失の効果によるものである．また，同図 (b) と (c) を比較すると，全体として波形の形状は非常に良く似ているが，(c) の方の振幅が小さくなっている．これは構造物から地盤へ波動が逸散することにより，減衰が増大するためであると考えられる．

図-4(b) において，免震支承の固有周期が 1.0 秒のケースで，支承部が固定されたケースよりも大きな加速度が生じている箇所が見られる．これは，免震の効果が発揮されておらず，むしろ危険な状態になっていることを意味している．一方，(c) に示した全体系を解析したケースでは，免震支承を入れたものに対する応答が，固定支承のケースを下回っており，免震効果が発揮されている．このことから，免震支承による補強の効果を確認する際には，全体系による解析によって地盤と杭基礎の間の動的相互作用の影響を考慮する必要があることが分かる．

4. まとめ

本研究では，免震支承によって耐震補強をされた道路橋を対象として，その地震時挙動におよぼす地盤-杭基礎系の動的相互作用について検討をおこなった．その結果，既存の構造物に対して免震補強をおこなう際にも，動的相互作用の影響を考慮する必要があることが示された．

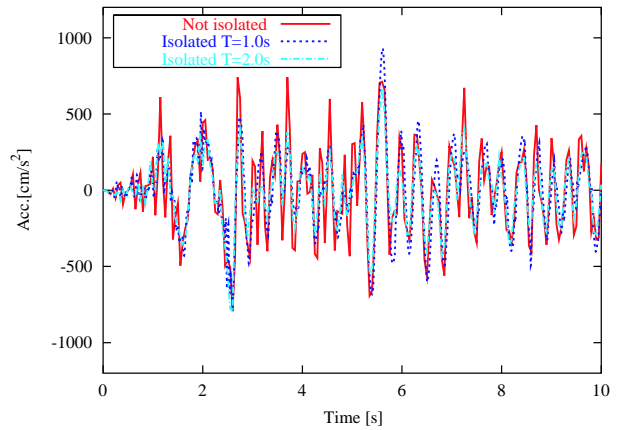
なお，杭体に非線形梁要素を用いたケースにおいても解析をおこなったが，若干のクラックが生じる程度で降伏には至らなかったため，橋脚ならびに上部構造物の応答には影響を及ぼさなかった．そこで，今後の課題として，地盤モデルや杭の本数，杭系などを変化させたケースについても解析をおこない，杭の降伏の影響について検討することが挙げられる．

参考文献

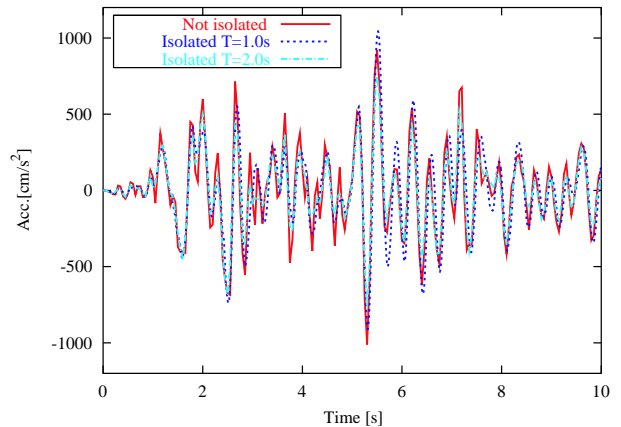
- 1) 大塚久哲：最新地中・基礎構造の耐震設計，九州大学出版会，2001．
- 2) 三浦房紀，沖中宏志：仮想仕事の原理に基づく粘性境界を用いた三次元構造物-地盤系の動的解析手法，土木学会論文集，No.404，I-11，pp.395-404，1989．

表-1 解析ケース一覧

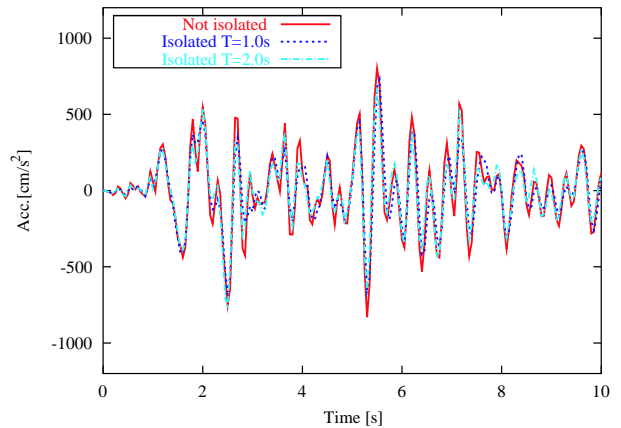
ケース	杭	免震支承
B0	無	なし
B1	無	なし
B2	有	固定
B3	有	1.0s
B5	有	2.0s



(a) 基礎固定モデル (B0 波)



(b) 基礎固定モデル (B1 波)



(c) 三次元有限要素法

図-4 橋脚の加速度応答の比較