

橋脚基部を免震化した2層ラーメン高架橋を支持する 基礎構造の動的挙動について

九州大学大学院工学府建設システム工学専攻 学生員 ○栗木 茂幸
九州大学大学院工学研究院建設デザイン部門 フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

橋脚基部に免震支承を設置したダブルデッキ型鋼ラーメン高架橋を支持する杭基礎構造の地震時挙動を把握することを目的に、橋脚・杭基礎一体モデルを用いて地盤との相互作用を考慮した非線形時刻歴応答解析を実施した。その結果と、橋脚基部に免震支承を持たない従来タイプの非線形時刻歴応答解析結果との比較を行い、本構造の耐震有効性について検討を行った。

2. 対象橋の概要

解析対象は橋長771mの鋼11径間連続ダブルデッキラーメン高架橋の一橋脚である。径間長は概ね70mであり、各橋脚は約750tfの桁重量を負担するが、若干のばらつきをもつ。上部構造は図-1に示すように上下線とも幅員11.15mの鋼桁である。従来の構造形式では、鋼製橋脚はアンカーフレームによって鉄筋コンクリートフーチングに剛結合されることが一般的であるが、著者らは耐震性の向上を目的として橋脚基部に免震支承を設置し、橋脚を含めた上部構造と基礎構造を中心とする下部構造を分離する新しい構造形式を提案している。架橋地点の地盤条件は道路橋示方書¹⁾による耐震設計上の地盤種別のⅢ種地盤を想定した。土質条件については表-1に示すとおりである。また、基礎構造は杭長30mのRC杭基礎とし、免震モデル及び基部固定モデルともに同一の基礎構造をモデル化した。ここで、RC杭の直径は150cm、主鉄筋はD29-28本、帯鉄筋はD16etc150である。

3. 解析手法

大地震時における杭と地盤の非線形動的挙動の解明に関しては様々な試みがなされているものの、その解析手法は確立されていない。ここでは、杭先端部に基盤加速度を与え、地盤内の固定点には基盤部との相対変位を入力する解析法を用いた。道路橋示方書V耐震設計編²⁾では地表面での入力地震動を与えられているため、等価線形法を用いた重複反射法による一次元地盤応答解析により基盤での波形に変換し、地盤内各固定点の相対変位波形を算出し、基盤加速度及び地盤と杭の相対変位を地盤内の固定点に入力した。図-2に一次元地盤応答解析結果について示す。最大加速度は基盤面で740galであるが、深度15m付近で400galまで低下した後、再び増加に転じ、地表面では515galとなった。一方、最大応答変位は地表面で10cmと基盤面まで単調に増加している。

本論文では、橋脚基部とフーチングを剛結した基部固定モデルと橋脚基部に免震支承を設置した基部免震モデルの、両者の地震応答解析結果を比較した。免震支承はLRB(鉛プラグ入積層ゴム支承)とした。橋脚は曲げモーメント-曲率関係にバイリニアモデルを使用、フーチング部は剛体とし、杭頭とフーチングは剛結とした。杭軸方向の地盤抵抗特性、杭周辺地盤及びフーチング前面地盤の水平抵抗特性は弾塑性型とした。部材の減衰定数は、構造物は2%、杭・地盤パネは10%とした。入力地震動は神戸ポートアイランド(NS波)を用いた。

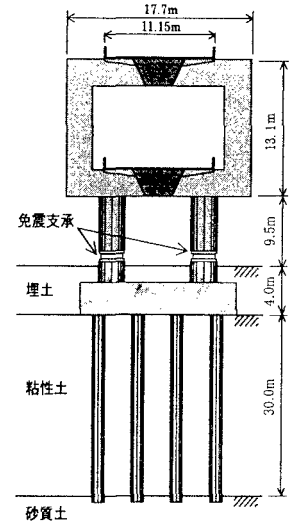


図-1 対象橋脚

表-1 土質条件

地層	層厚 (m)	N 値	ϕ (deg.)	c (tf/m ²)	γ (tf/m ³)
埋土	4.0	4	25.0	0.0	1.6
粘性土	30.0	7	0.0	4.0	1.6

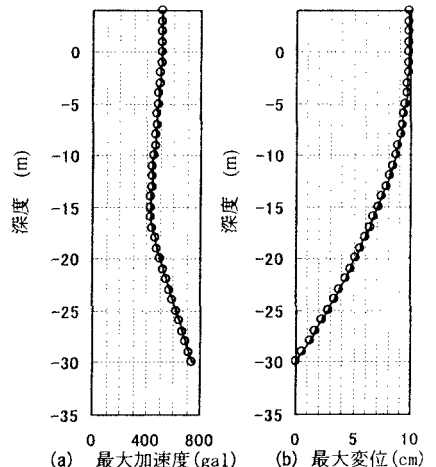


図-2 一次元地盤応答解析結果

(深度0mは杭頭的位置を示す)

4. 解析結果

図-3に橋脚柱の曲げモーメント-曲率関係を示す。基部固定モデルでは最大応答曲げモーメントが50MN/mを超えており弾塑性応答を生じているが、基部免震モデルでは橋脚は塑性化することはない、免震化によって上部構造の応答断面力が低減されていることがわかる。

図-4に杭頭部の鉛直変位-水平変位関係を示す。基部固定モデル、基部免震モデルともに水平方向には最大10cm程度の応答変位が生じているが、鉛直方向には基部固定モデルの応答が2.5cm程度の応答が生じているのに対し、基部免震モデルではその10%程度の変位しか生じていない。これは、基部固定モデルでは橋脚全体の曲げ変形が主要な振動モードであるのに対し、基部免震モデルでは免震支承が支持している構造の並進運動が主要な振動モードとなるためである。図-5に杭頭の応答軸力時刻歴、図-6に杭頭の応答曲げモーメント時刻歴を示す。基部固定モデルでは大きな軸力変動が生じているが、基部免震モデルでは軸力変動はほとんど生じておらず、上部構造の主要振動モードの変化の影響を強く受けていることがわかる。一方、応答曲げモーメントも免震化により低減されているが、その程度は応答軸力に比べると著しく小さい。これは、杭体に生じる応答曲げモーメントが、主に周辺地盤の変位の影響を強く受けるためであると考えられる。

5. まとめ

橋脚基部の免震化が基礎部の地震時挙動に与える影響に関して次のことが明らかになった。大地震時のフーチング部の挙動は、基部固定モデルのフーチング重心を中心とした回転を伴う並進運動から、基部免震モデルの並進運動のみが卓越する運動に変化する。このため、杭体に生ずる軸力は大きく低減され、曲げモーメントもある程度減少する。これは、橋脚基部免震化による基礎構造の縮小化の可能性を示唆するものである。

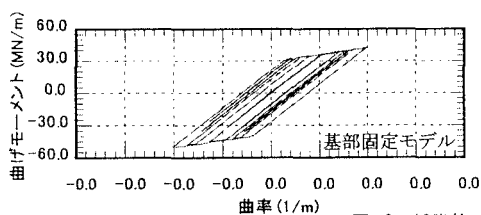


図-3 橋脚柱の曲げモーメント-曲率関係

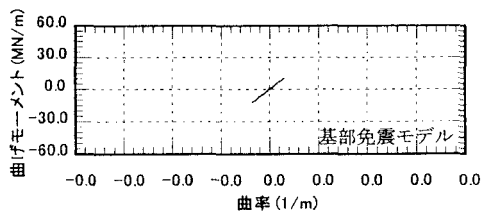


図-4 杭頭の水平変位-鉛直水平変位関係

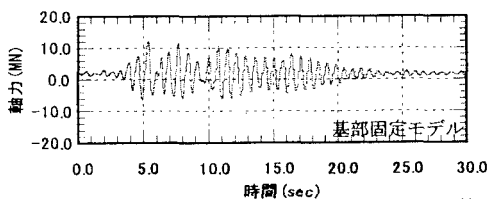


図-5 杭頭の応答軸力時刻歴

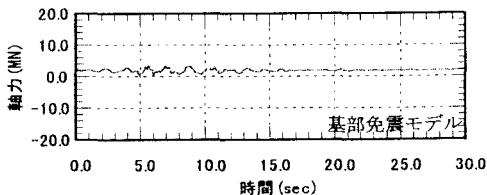


図-6 杭頭の応答曲げモーメント時刻歴

[参考文献] 1) 道路橋示法書・同解説V耐震設計編, 日本道路協会, 1996 2) 栗木, 大塚: 橋脚基部を免震化したダブルデッキ鋼ラーメン高架橋の動的挙動に関する考察, 第2回免震・制震コロキウム, 2000. 11