

免震基礎を有する橋梁の動的応答計算

早稲田大学理工学研究科 ○学生会員 渡辺 勉

早稲田大学理工学研究科 学生会員 安 同祥

早稲田大学理工学研究科 フェロー 清宮 理

1. はじめに 軟弱地盤に建設される橋梁基礎の橋脚躯体と杭基礎の間に免震構造を導入し、その減衰効果によって断面力を低減し、基礎構造を簡素化することを提案する。免震構造物に対して、材料非線形性を考慮し、水平方向と鉛直方向の2方向に地震波を入力して、動的応答解析を行いその効果について調べた。

2. 対象構造物 対象構造物は図1に示すとおりで、橋脚は断面が $3.5\text{m} \times 3.0\text{m}$ のT型橋脚で、重量は 336ton、上部工慣性力は 12000kN である。断面は橋軸方向が弱軸の長方形断面である。フーチングの厚さは最小で 2.0m、幅 11.4m、奥行き 8.4m で、免震層はフーチングの下に厚さ 0.3m あり、その下に厚さ 0.5m のコンクリート板がある。杭は場所打ちコンクリート杭で、直径 1.2m、長さ 30m で $3 \times 4 = 12$ 本で構成され、10m 以深は段落しとする。非線形特性は、橋脚は考慮していないが、杭の $M - \phi$ 骨格曲線はトリリニアとし、復元力特性は武田モデルとする。さらに、免震層は鉛直と水平の2方向のバネでモデル化（バネ定数の比は鉛直：水平 = 3：1）し、非線形性は鉛直バネが非線形弾性モデル、水平バネがバイリニアモデルを用いた（図4）。地盤は N 値 4 未満の軟弱地盤で、動的変形特性の骨格曲線および履歴特性は、Ramberg-Osgood モデルを用いた。

3. 解析 解析に用いたプログラムは、TDAP で2次元モデルを作成し解析を行った。2次元モデルを図2に示す。解析に用いた波形は、1995年兵庫県南部地震ポートアイランドで観測された地震記録（加速度）の水平方向(NS 成分)と鉛直成分である。上下動が橋脚躯体のロッキングに与える影響が大きいと考えたため上下動を与えた。それぞれの波形を図3に示す。

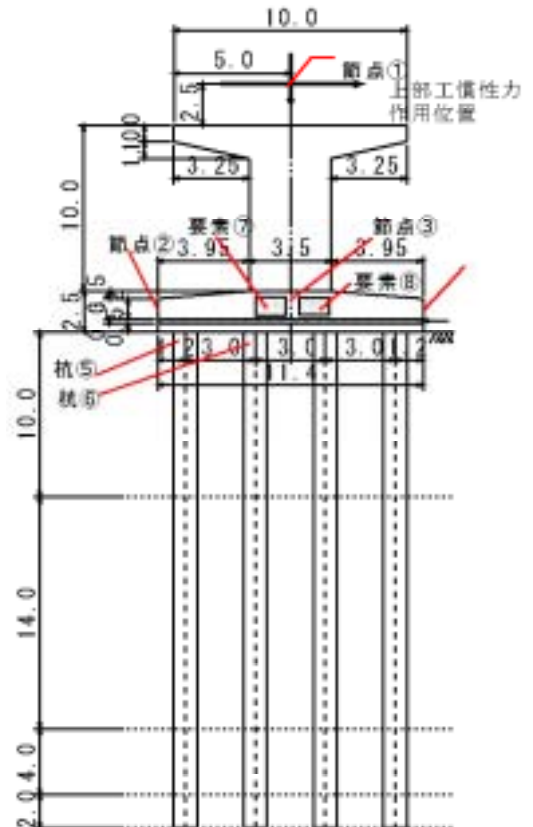


図1 対象構造物

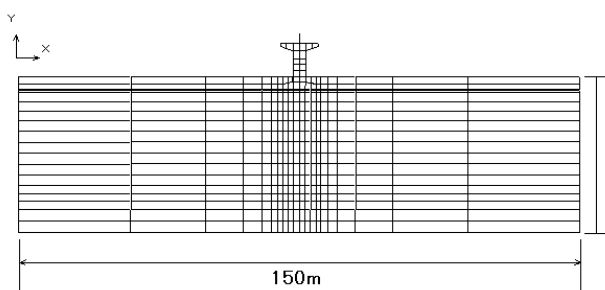


図2 2次元モデル

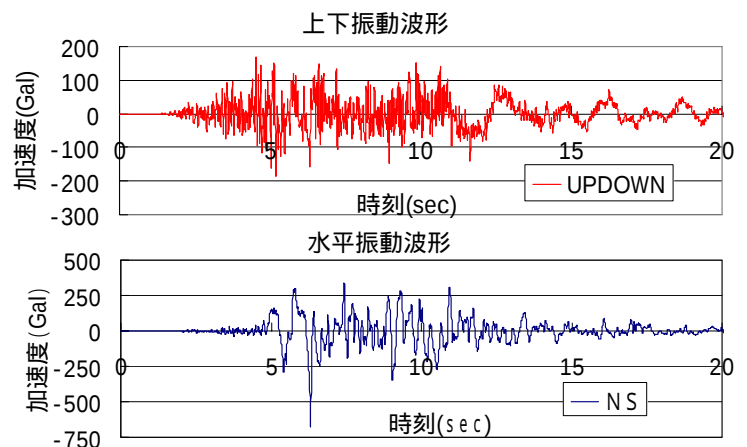


図3 入力地震動

キーワード 免震構造、動的応答計算、橋梁基礎、摩擦係数

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部社会環境工学科清宮研究室 TEL03-5286-3852

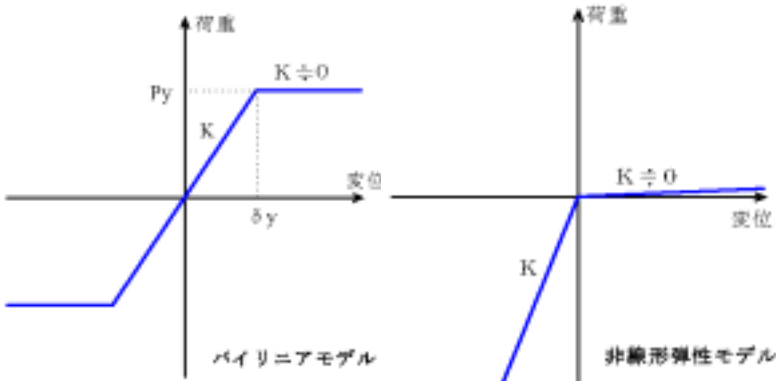


図4 免震層のバネの非線形モデル

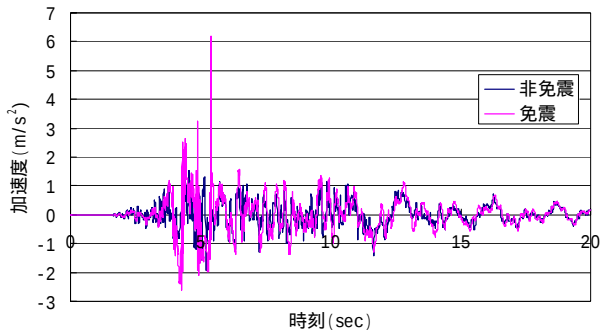


図5 フーチング左端の鉛直加速度

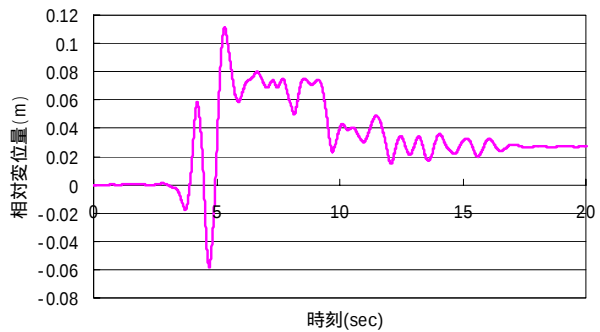


図6 相対変位 (=フーチング水平変位 - 受け台水平変位)

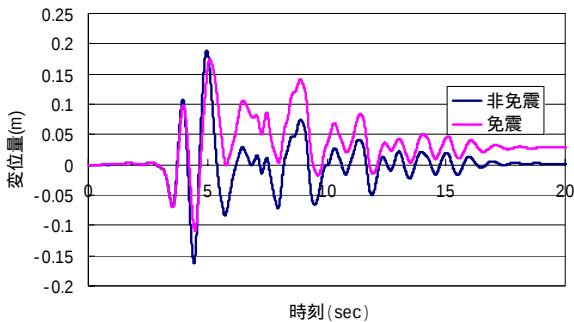


図7 フーチング中央部の絶対変位

4．解析結果と考察

解析で求めた応答値は、図1に示した4節点の変位と加速度、橋脚躯体の2要素の応力とひずみ、杭2要素の断面力である．今回の解析では、図1の免震基礎を有する橋脚と非免震構造の橋脚の応答値との比較を行う．ここで、免震層の水平方向のバネ定数は 10000 k N/m、摩擦係数は 0.25 である．

図5には、節点 の鉛直加速度を示す．免震構造は鉛直加速度が生じており、ロッキングが発生していることがわかる．図6には、免震構造のフーチングと受け台の水平方向の相対変位を示す．これより橋脚躯体は、受け台の上をスウェイしていることがわかる．図7には、節点 の絶対変位を非免震と免震構造の2つ示す．これより免震構造の波形は、地震終了後ゼロに収束していないので残留変形が生じていることがわかる．

表1 非免震と免震の比較

		節点 の水平加速 度の最大値(m/s ²)	発生時刻 (sec)
非免震		-7.19	4.84
免震		-5.87	4.94

杭断面力		軸力 (kN)	せん断 力(kN)	曲げモー メント(kNm)
非免 震	MAX	4658	953	1228
	MIN	-955	-871	-1118
免震	MAX	4282	451	1145
	MIN	319	-410	-1155

躯体応力		せん断応 力(kN/m)
非免 震	MAX	409
	MIN	-745
免震	MAX	1121
	MIN	-1875

表1には、非免震構造と免震構造の応答値の比較を示した．節点の水平加速度は、免震化することによって低減できている．また、杭の断面力を見ると、免震化することによって引張力が生じなくなっている．せん断力も低減できている．曲げモーメントにはそれほど差が見られなかった．また、橋脚躯体のせん断応力を比較してみると免震構造の方が耐震よりもかなり大きな応答を示している．これは、ロッキングによって橋脚躯体に回転変位が生じた影響や、免震層を挿入する際にフーチングの高さが減少していることなどが考えられる．

5．結論

免震化を行ったことにより、非免震構造と比べて次のような特徴が現れた．橋脚躯体にロッキングが生じ、地盤との間にスウェイが発生する．橋脚躯体に残留変形が生じる．杭の断面力を低減できる．躯体に生じる水平加速度を低減できる．躯体のフーチング部分のせん断応力が増加する．

6．参考文献

守屋武海、清宮理、横井孝征：橋梁基礎用コンクリート杭の終局耐力予測で2次元有限要素法と3次元有限要素法の比較第3回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集、pp.219-224、2002.2