

免震基礎を有する橋梁の動的応答計算

早稲田大学理工学部土木工学科 学生会員 渡辺 勉
 早稲田大学理工学部土木工学科 正会員 安 同祥
 早稲田大学理工学部土木工学科 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た地震応答計算を行い、免震層の摩擦係数・バネ定数・降伏変位を変化させて杭に作用する断面力、橋脚の応答について検討を行ったので、その結果について報告する。

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3.5m×3.0mのT型橋脚で、質量は33.6t、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1.2m、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である。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3×4=12本で構成され、10m以深は段落とする。非線形特性は、地盤と杭では考慮し、橋脚躯体は考慮していない。杭のM-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。地盤の物性値は、表1に示すとおりである。地盤の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。

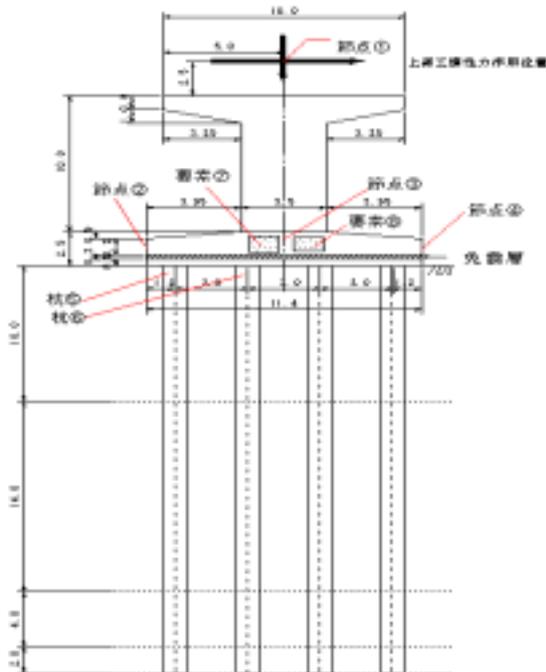


図1 対象構造物

表1 地盤の物性値

No	土質	層厚 (m)	平均 N値	単位体積重量 (t/m ³)	内部摩擦角 (deg.)	粘着力 (KN/m ²)	せん断波速度 (m/s)	せん断剛性 (KN/m ²)	ポアソン比
1	埋め土	4	4	1.8	23	0	127	29000	0.49
2	粘性土	10	2	1.7	0	19.6	126	27000	0.49
3	粘性土	14	8	1.8	0	78.4	200	72000	0.49
4	砂質土	4	16	1.9	31	0	202	78000	0.49
5	砂質土	8	50	2.0	42	0	295	174000	0.49

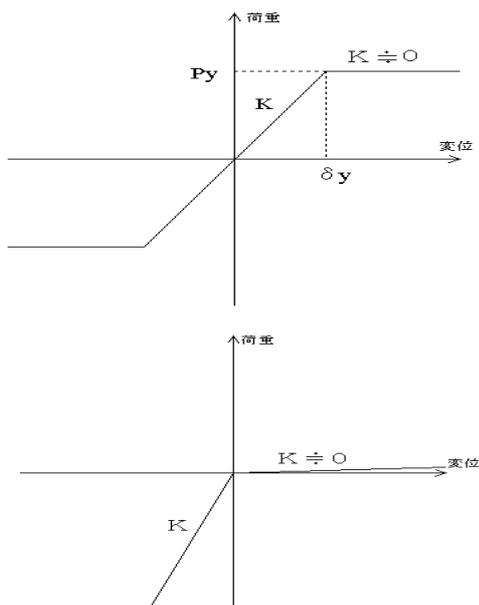


図3 バネモデルの荷重-変位図

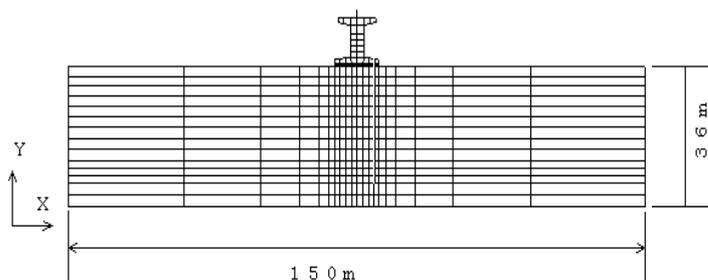


図2 2次元モデル

キーワード：免震構造、動的応答計算、橋梁基礎、材料非線形、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土木工学科清宮研究室) TEL/FAX 03-5286

3. 解析 解析に使用したプログラムはTDAP で2次元モデルを作成し解析を行った。モデルは図2に示す。解析にあたり免震層の摩擦係数、バネ定数、降伏変位量の値を変えて応答値の比較を行い、さらに免震化されていない耐震構造とも比較を行う。耐震構造は免震層の部分がコンクリートにしたものである。解析条件は、摩擦係数は0.10、0.25、0.36、0.50の4ケース、バネ定数は10000、100000、1000000 (KN/m)の3ケース、降伏変位量は3mmで一定とした。

4. 入力地震波 解析に使用した入力地震波は、1995年兵庫県南部地震でポートアイランドの鉛直アレー観測によって観測された地震記録(NS成分継続時間20sec)である。(最大加速度679gal)これは加速度記録でありその波形を図3に示す。

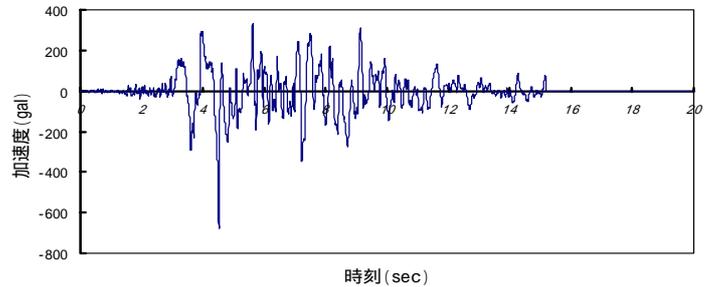


図4 入力地震波形

5. 解析結果と考察 解析で求めた応答値は、図1に示す節点と要素についてである。節点1~4につい

ては変位、速度、加速度を求め、要素5・6については応力とひずみ、要素7・8については軸力、せん断力、曲げモーメントを求めた。免震層を有する橋脚基礎と耐震構造と比較してみると、免震層を導入したことにより杭の断面力が低減できることがわかった。そのバネ定数による低減の違いを表2に示す。摩擦係数の違いによってはそれほど大きな値の差は現れなかった。降伏変位量を一定にした場合にはバネ定数による違いが低減率においても卓越し、バネ定数を小さくすればするほど杭の断面力は低減できる。また要素と要素において耐震構造より免震構造の方がせん断力とせん断ひずみが増加する傾向が見られた。さらに橋脚躯体の節点の応答値を比べると免震層を導入したことによりY方向の変位、速度、加速度が耐震構造に比べてかなり大きく発生してしまう

表2 杭の断面力の比較

		耐震構造	K=10000	K=100000	K=1000000
軸力	要素	1.00	0.21	0.40	0.73
	要素	1.00	0.16	0.40	0.48
せん断力	要素	1.00	0.14	0.33	0.83
	要素	1.00	0.16	0.39	0.94
曲げモーメント	要素	1.00	0.88	0.83	1.01
	要素	1.00	0.82	0.77	0.97

ことがわかった。これはロッキングによる影響が大きく、そのロッキングしている波形を図4に示す。節点とのY方向変位の波形は傾きがお互い逆になっていることから、橋脚躯体はロッキングしている事がわかる。ロッキングは耐震構造ではほとんど見られない現象である。これが免震構造

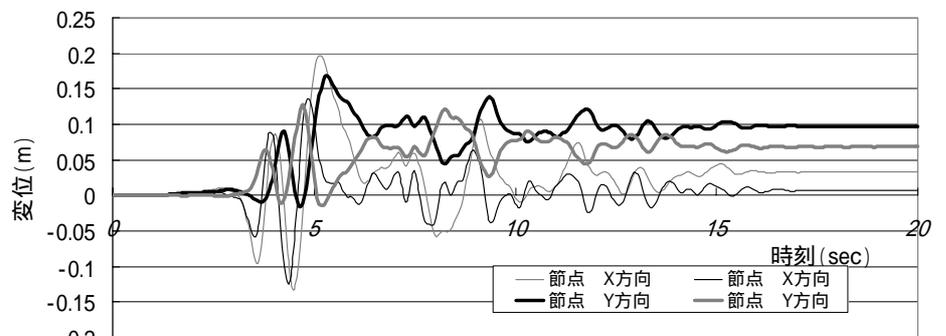


図5 節点変位の波形

を有する橋脚基礎では発生する可能性がある。また、地震終了後には残留変形が発生する。その様子も図4の波形を見ると節点変位が0(m)に戻っていないことから明らかである。

6. 結論 橋脚基礎に免震構造を導入したことによって杭基礎の断面力は耐震構造よりも低減できることがわかった。これにより、耐震構造よりも杭基礎の構造を簡素化できることになる。しかし、橋脚にロッキングと残留変形が生じてしまう。これによって橋脚基礎に発生する応力が大きくならないように、橋脚のフーチングを埋設形式にしたり多大な変形防止用のストッパーを付けるなどの工夫が必要であると思われる。また、ロッキング等によって橋脚躯体で応力とひずみが耐震構造のものより増加してしまう箇所(要素、要素の部分)が出てしまうが、これはフーチングの高さを大きくしたり、せん断補強鉄筋を入れるなどして対処することが必要である。