

免震基礎を有する橋梁の動的応答計算

早稲田大学 学生会員 ○渡辺 勉

早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに 層厚の厚い軟弱な地盤に大規模橋梁を建設する時、低コストを実現するため、下部構造と基礎構造を分離して、その間に緩衝材を用いた免震層を構築する新構造を提案した¹⁾。その構造ですべりを許して免震化させるが振動模型実験で条件によっては大きなロッキングが生じた。このロッキングに対処するためにフーチングの幅を広げて橋脚の重心位置を下げ、ロッキングを低減させる効果があるかどうかを確認するために動的応答計算を行った。その結果、効果が確認されたのでここに報告をする。

2. 解析対象構造物 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、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3×4=12本で構成されている。解析ソフトはTDAPIIIを使用しFEMモデルを作成した。非線形特性は、橋脚は考慮していないが、杭のM-φ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。

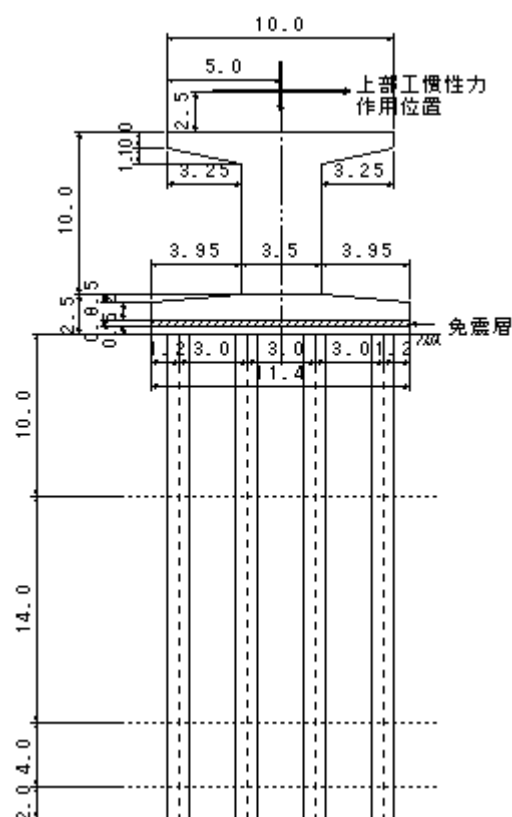


図-1 解析対象構造物

3. ロッキングの発生対策 今回の解析では、免震構造を有する橋脚に発生するロッキング対策として、フーチングの幅を本来の幅である11.4mから、①25%増しの14.25m、②50%増しの17.1mとしてモデルを変更した（図-2）。そして、地震動の応答に対する上部構造慣性力作用位置での回転角によって、ロッキングが低減されているかどうかを確認した。

4. 入力地震動 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)である（図-3）。

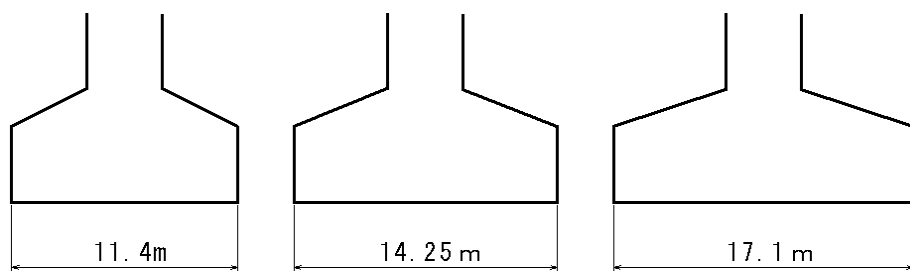


図-2 フーチングの幅を拡大

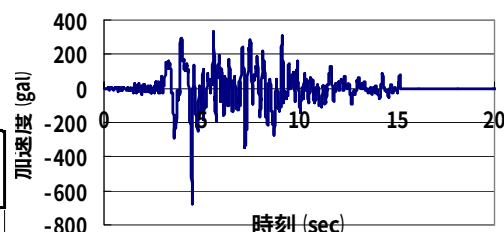


図-3 入力地震動

キーワード 免震 ロッキング 動的応答計算 非線形特性

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16階 清宮研究室 TEL03-5286-3852

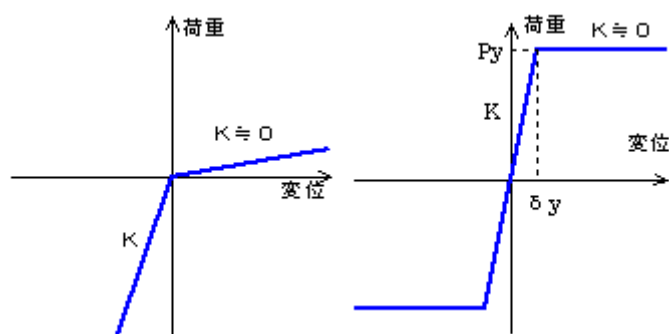


図-4 免震層のバネの非線形モデル

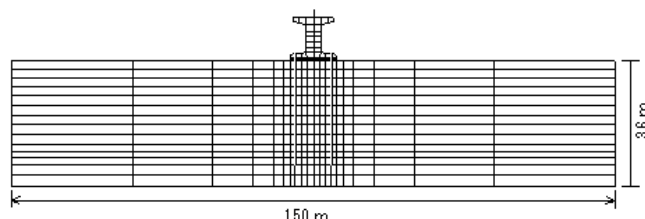


図-5 解析モデルの全体図

5. 解析 免震層のバネモデルを図-4にFEMモデルの全体図を図-5に示す。免震層では鉛直方向と水平方向に9個のバネで免震層をモデル化した。鉛直方向では引張力が生じた場合はバネ値を小さくし、圧縮力は免震層を構成する砂層の圧縮特性とした。せん断ばねはバイリニアで与え降伏変位約1mmで滑ると仮定した。ロッキングはこれらのばねで表現できるとした。

6. 解析結果 橋脚のロッキングによる回転角は次のように式(1)で定義した。

$$\phi = \frac{\delta_s - \delta_f}{h} \quad (1)$$

ここで、 δ_s 、 δ_f ：上部構造、フーチングの絶対水平変位
 h ：フーチングと上部構造の変位計間の距離

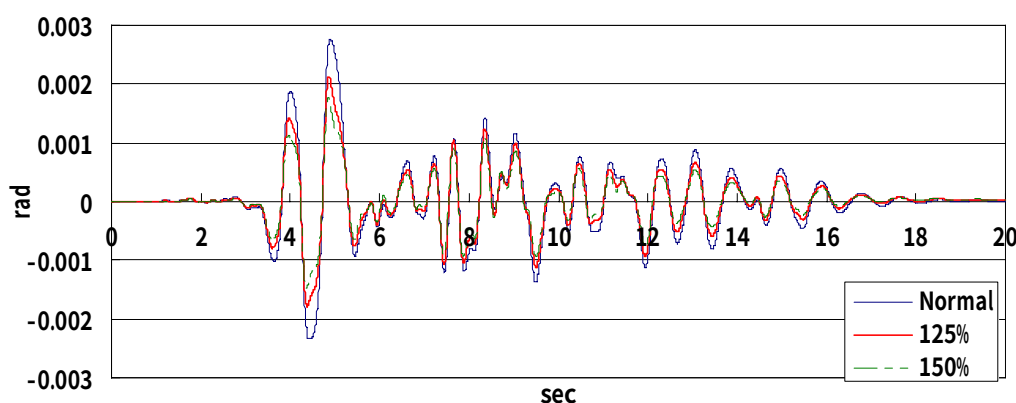


図-6 上部構造慣性力作用位置での回転角の時刻歴

図-7 回転角の最大値と比率

フーチング幅	回転角(rad)
Normal	0.00276
25%UP	0.00212
50%UP	0.00178

フーチング幅	比率
Normal	1.00
25%UP	0.77
50%UP	0.65

それぞれのフーチング形式のロッキングによる上部構造慣性力作用位置での回転角の時刻歴を図-6に示す。表-1には回転角の最大値と比率を示す。時刻歴のデータと最大値をみると、フーチングの幅を広げたことによりロッキングによって発生する上部構造慣性力作用位置での回転角が低減されていることがわかる。50%幅を広げることによって、もとの幅のものの65%ほどまで低減されており、25%幅でも77%ほどまで低減されていた。また免震層ですべりが生じ地震終了後、残留すべりが計算されたがフーチングの幅によりこれらのすべり量に差は見られなかった。

6. 結論 筆者らが提案している免震構造では、橋脚躯体にロッキングが発生することが実験²⁾と解析によって確かめられているが、その対策として、フーチングの幅を広げた橋脚基礎にすることによって効果があることが、今回の解析で確認することができた。しかし、あまり幅を大きくしすぎると、自重が大きくなり、基礎や免震層の下部の受け台に及ぼす影響も大きくなっていく。また、従来の橋脚基礎より低コストを目指すには、適切な範囲でフーチングの幅の設定を考える必要がある。

7. 参考文献

- 1) 渡辺勉、清宮理、安同祥：免震基礎を有する橋梁の動的応答計算、平成15年度全国大会第58回年次学術講演会2003.9
- 2) 安同祥、清宮理、渡辺勉：橋梁の免震基礎に関する模型振動実験、平成15年度全国大会第58回年次学術講演会2003.9
- 3) 渡辺勉、清宮理、安同祥：免震基礎を有する橋梁の動的応答計算、第27回地震工学研究発表会、2003.12
- 4) 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