

橋梁基礎にテフロンを用いた免震構造の模型実験結果に関するシミュレーション

早稲田大学 正会員 安 同祥
 早稲田大学 学生会員 近藤 岳史
 早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. まえがき 従来一体型の下部構造と基礎構造を分離し、その間に緩衝材或はすべり材などで形成する免震層を設置し、下部構造と基礎構造との相対変位（ロッキング・すべり）及び緩衝材の履歴減衰を積極的に利用して地震エネルギーの吸収を図る免震構造は大きな免震効果と優れた耐震性能を有することが模型実験によって検証された^{1) 2)}。構造物の耐震性能などを確認するために実験は最も有効な手段であるが、然しながら実験はコストが高くて、効率が悪くて、かつ実験は大抵限定される条件のなかで行われ、実験結果を直接実用するのは限界がある。実験の結果を基に適切な解析手法を確立するのは重要である。そこで、模型実験結果に対して動的解析法によってシミュレーションを実施した。

2. 解析モデル

実験に用いた模型は図1(a)に示す。この模型を2つ集中質点の振動系にモデル化して図1(b)に示す。免震層より上にある上部構造、下部構造の質量は m_1 とし、免震層より下にある基礎部分の質量は m_2 とする。 m_1 、 m_2 はそれぞれ各々の重心位置に集中させる。免震材及び杭の変形に比べ、柱、フーチング及び受台の変位が

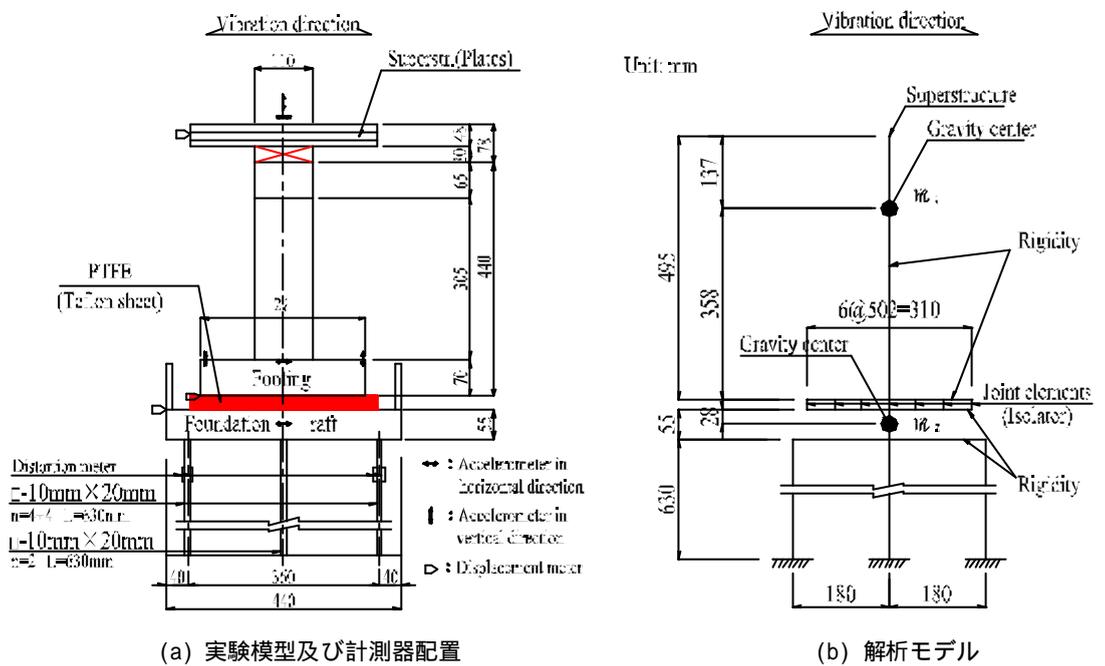


図1 実験模型及び解析モデル

微小と考え、柱、フーチング及び受台は剛部材とする。すべり及びフーチング縁端部の浮き上がりを忠実に反映するために免震材はジョイント要素にモデル化する。ここで、一例として免震材がテフロンとした場合の結果を紹介する。解析に用いたモデルの諸元は表-1に示す。ここに、ジョイント要素のせん断剛性 k_h は式-1によって算出した。

$$k_h = \mu m_1 g / (2l \cdot B \cdot \delta_0) \quad (1)$$

ここに、 μ ：摩擦係数で、ここで静的摩擦係数と動的摩擦係数を区別せず、同一値 $\mu = 0.11$ とした

l ：フーチングの加振方向の幅 $l = 310\text{mm}$

B ：フーチングの加振直角方向の幅 $B = 360\text{mm}$

δ_0 ：免震材のすべり始まる変位で、 $\delta_0 = 0.055\text{mm}$ とした。

なお、免震層の鉛直バネは水平バネ（せん断剛性）の3倍とした。

地震入力は1995年兵庫県南部地震の時に神戸海洋気象台構内地盤

表-1 解析モデル諸元

質量(kg)	上部構造 m'_1	49.5
	下部構造 m''_1	32.8
	小計 m_1	82.3
	受台 m_2	39.9
重心位置 (mm)	上部構造 h'_1	494
	下部構造 h''_1	155
	免震層より上 h_1	358
	免震層より下 h_2	28
減衰比	免震層	1%
	杭 (アルミ棒)	3%
免震層剛性	初期剛性	1.474×10^4
	剛性低下率	1.0×10^{-4}

キーワード 免震構造, 模型実験, 滑り材, シミュレーション

連絡先 〒169 8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16F-01 TEL&FAX03-5286-3852

上で得られたEW成分記録とした．解析はニューマーク法による直接積分を行い，各応答値を求める．

3．シミュレーションの解析結果と実験結果の比較 実験結果は参考文献2)によるものである．

・水平変位 水平変位は図2に示す．最大すべり変位について，解析値は14.9mmで，実験値の11.7mmより少し大きくなっており．残留変位についても，解析値の7.0mmは実験値の5.5mmよりやや大きくなる．変位の波形からみれば，図2からわかるように解析結果は実験結果とよく似ている．

・上部構造の水平加速度 図3に上部構造の水平加速度を示す．最大加速度について，解析値は 3.70m/s^2 であるが，実験値は 4.40m/s^2 となっており，解析値は実験値の84%である．

・杭の断面力 杭の断面力については杭頭の曲げモーメントに着目し図4に示す．杭の最大モーメントにおいて，解析値の $10.5\text{N}\cdot\text{m}$ に対して実験値は $9.1\text{N}\cdot\text{m}$ である．その比は1.15となる．

・すべり材（免震材）の摩擦力～すべり変位履歴曲線 免震材の摩擦力とすべり変位の履歴曲線は図5のようになっており．解析結果と実験結果は概ね一致していることがわかる．

・振動位相について 上部構造加速度のフーリエ解析結果は図6に示す．図6によれば解析結果は実験結果によく一致していることが明白である．

4．まとめ ここで，解析及び実験による上部構造の変位・加速度と基礎材の断面力および免震材の履歴曲線を取上げて比較した．実験結果はジョイント要素で繋がる二つの集中質点の振動系によってよく再現することができる．これによって，実験の理論根拠はつけられると思われる．

5．参考文献 1) 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 2) 安同祥、清宮理、渡辺勉、近藤岳史：橋梁基礎にテフロンを用いた免震構造の地震時挙動、平成16年度全国大会第59回年次学術講演会2004.9

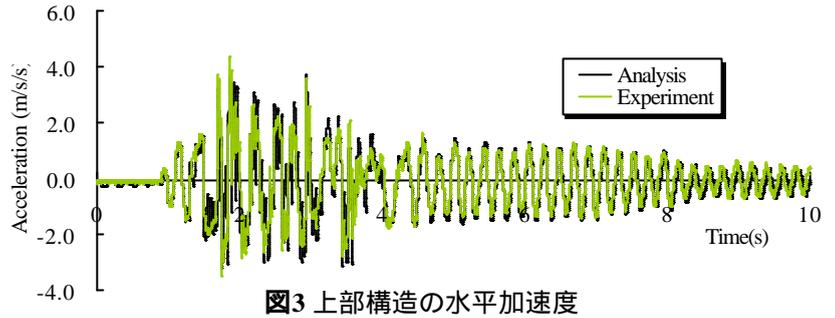


図3 上部構造の水平加速度

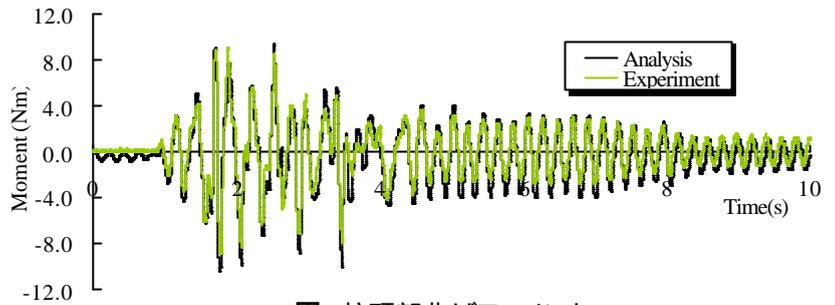


図4 杭頭部曲げモーメント

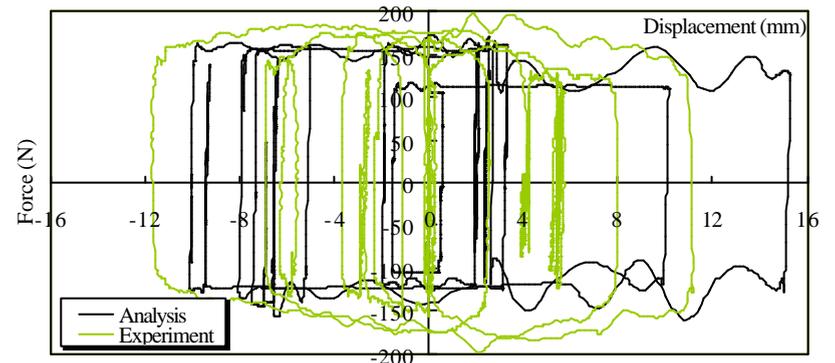


図5 摩擦力～すべり変位

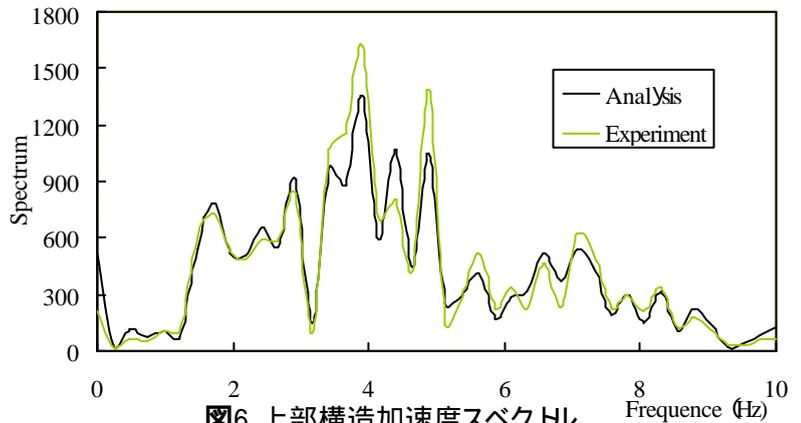


図6 上部構造加速度スペクトル