

免震構造物の2011/3/11東北地方太平洋地震の実測結果とシミュレーション

正会員 ○島崎 和司*

免震建物 長大建物 地震観測
入力地震動 解析モデル

1. はじめに

神奈川県23号館は地上8階、地下2階で、地下2階と地下1階の間に免震層を有する鉄筋コンクリート造の免震構造物である。基礎は、鉄筋コンクリート造べた基礎で、GL-14m付近のN値50以上の相模層群砂礫層に直接支持されている。2001年4月に竣工して以来、地震観測が行われており、データが公開されている¹⁾²⁾。本論では、2011/3/11東北地方太平洋地震の観測データから入力地震動の特徴を示し、解析シミュレーション結果から免震構造の地震時挙動を評価する。

2. 地震観測

図1に計測位置を示す。免震層ではX1・X20-Y3の積層ゴム2ヶ所に、変位計と加速度計を設置し、建物両端部の免震層への入力加速度と免震層の相対変位をXY方向で計測している。本建物には、加速度計を建物内5ヶ所と地盤中2ヶ所 (GL-25.5m, GL-1.5m) に設置し、XYZ方向の加速度を計測しているが、このシステムは点検中で記録がとれていない。

1) 地震動記録 図2にX1-Y3位置の本震の加速度記録の時刻歴を示す。入力加速度は50秒過ぎから大きくなり始め、200秒程度でおおむね収まるが、その後は4~5秒程度の周期の波が続いている。入力加速度のフーリエ振幅スペクトルを300秒間と各100秒区間に区切ったものを横軸を周期として図3に示す。全300秒区間、0-100、100-200秒区間では1-4秒の周期の波の振幅が大きい、200秒以降では3秒以下の波の振幅は小さく、X方向で4-7秒、Y方向で7-8秒の周期の波の振幅が大きい。図4にh=0.05の応答スペクトルを示す。速度応答スペクトルを見ると、y方向では1秒強から10秒程度までほぼ一定であり、速度一定域がかなりの長周期まで続いており、周期が10秒程度では応答変位一定域になっていない。

2) 入力地震動の位相差 図5にX1-Y3, X20-Y3に設置した建物の両端での免震層への入力加速度の相関をX方向、Y方向それぞれ示す。図3(a)は本震、図3(b)は加速度記録が最も大きかった余震である。比較のため、過去に最大加速度記録を示した2005/7/23 千葉県北西部地震を図3(c)に示した。y=xの直線上で推移していれば、両端部の入力加速度が等しいことになり、ループ形状になっていれば、両者に位相差があることになる。図5(c)に示すように過去の関東地方の地震動では形状がループ状で、位相差が現れる傾向にあった。今回の本震ではX方向ではあまり位相差は見られないが、Y方向は楕円状になり、ある程度の位相差が見られる。

3) 免震層の相対変位記録 図6に免震層のX1-Y3位置の相

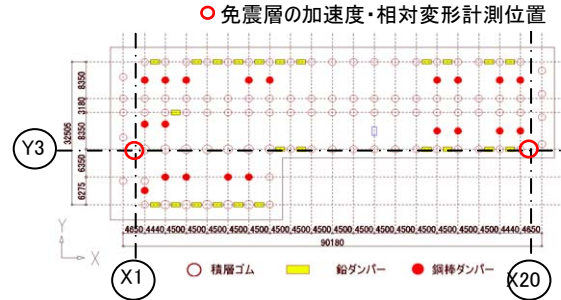


図1 地震観測位置

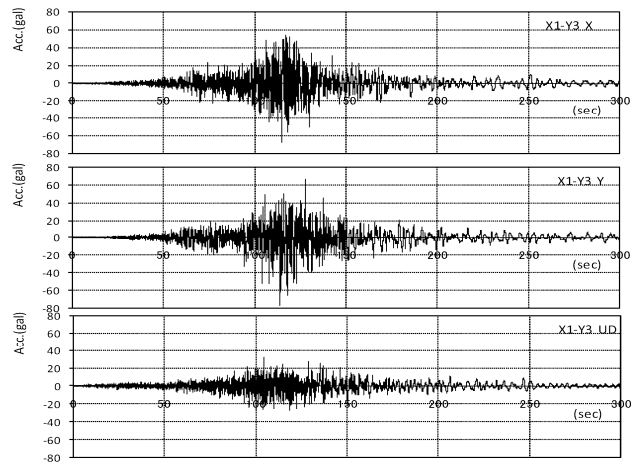


図2 X1-Y3 の加速度記録 (X,Y,UD)

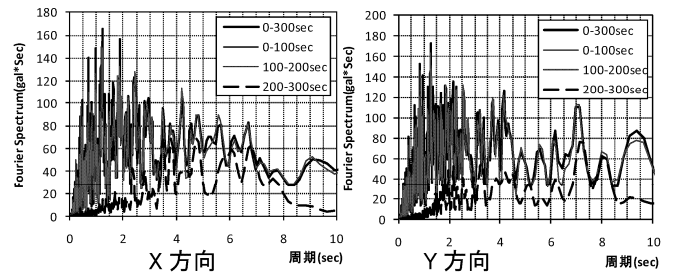


図3 X1-Y3 の加速度記録のフーリエ振幅スペクトル

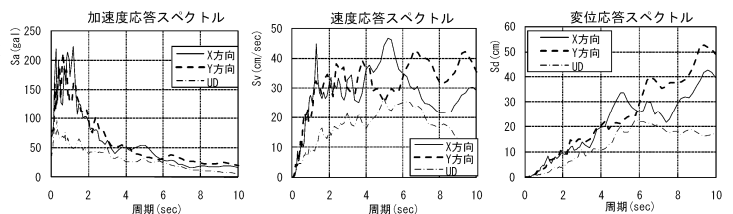


図4 X1-Y3 の加速度記録の応答スペクトル(h=0.05)

対変位記録の時刻歴を示す。100秒から200秒の区間で大きな応答値となっており、x方向で最大65.7mm、y方向で最大

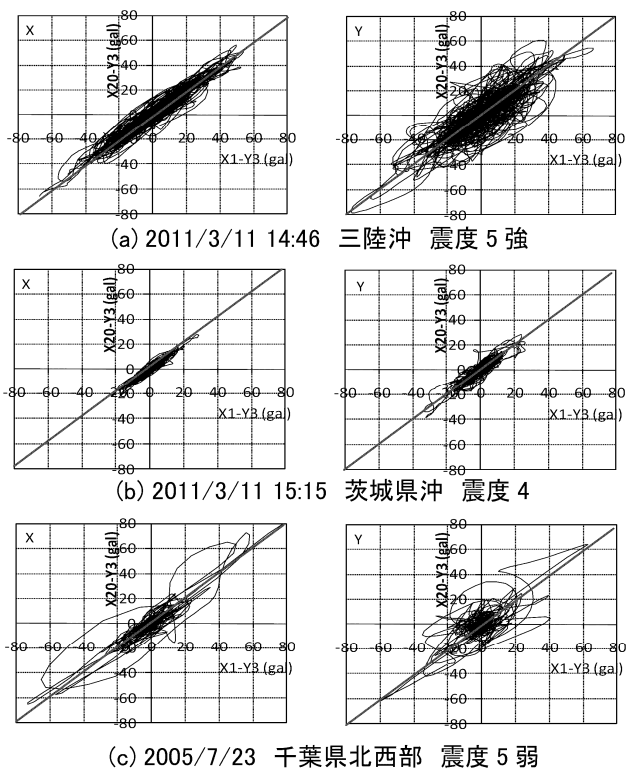


図5 建物の両端で記録された加速度記録の相関

56.8mm の変形となっている。入力加速度の小さい200秒以降も小振幅で変形している。図7に入力加速度と同様に区間分けをした時刻歴のフーリエ振幅スペクトルを示す。全300秒区間、0-100、100-200秒区間では2-2.5秒の周期の波の振幅が大きく、建物がこの周期で揺れているものと考えられる。200秒以降では3秒以下の波の振幅は小さく、加速度波形と同様に長周期の波の振幅がやや大きい。

図8に建物の両端の免震装置の変位記録のY方向の相関を示す。45° の線から外れ、振れを伴う振動をしている。図9は、両端のY方向変位から求めたねじれ角とY方向変形の関係である。最大のねじれ角はY方向最大変形時とは異なる時刻で生じており、ねじれによる最大変形の増大は少ないようである。

3. 地震応答解析

免震層の地震応答解析により復元力特性を検証する。解析プログラムとして、上部構造を無視し、各免震装置を個別にモデル化(復元力は設計値を使用)した平面型¹⁾モデルを用いた。図10に、解析結果と計測記録の変形の大きい区間の時刻歴の比較を示す。おおむね対応している。図11に免震層の復元力を示す。鋼棒、鉛両ダンパーが塑性化している。写真1は、鋼棒ダンパーの状況であるが、ペンキが剥離し塑性化した状況が伺える。

4. まとめ

東北地方太平洋地震における免震建物である神奈川大学23号館の入力地震動の特徴と地震時挙動を検証し、おおむね設計で想定した挙動を示していることを確認した。

*神奈川大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

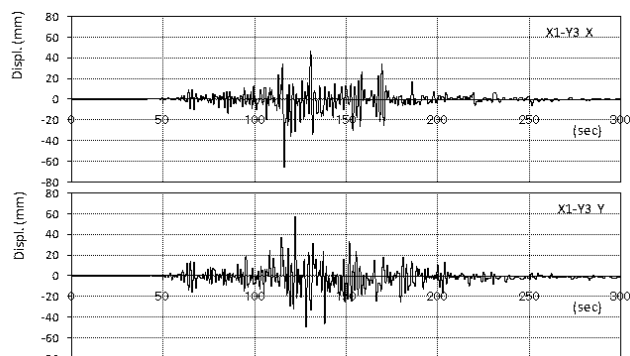


図6 X1-Y3 の免震層の相対変位記録(X,Y)

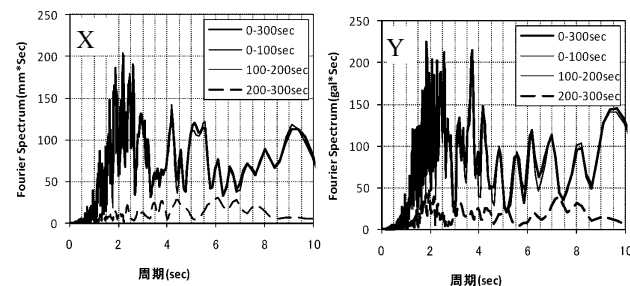


図7 X1-Y3 の相対変位記録のフーリエ振幅スペクトル

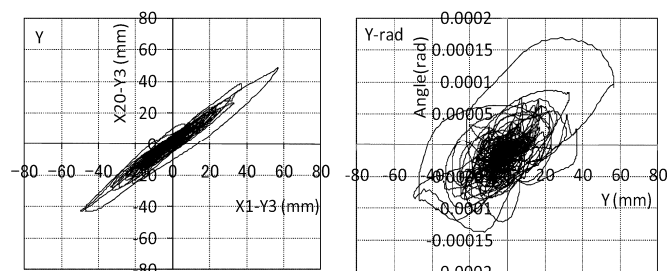


図8 建物の両端で記録された層間変位記録の相関

図9 Y方向変位-ねじれ回転角関係

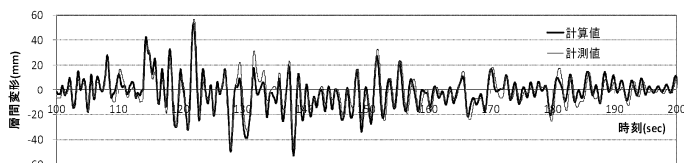


図10 Y方向層間変形の計測値と解析値の比較

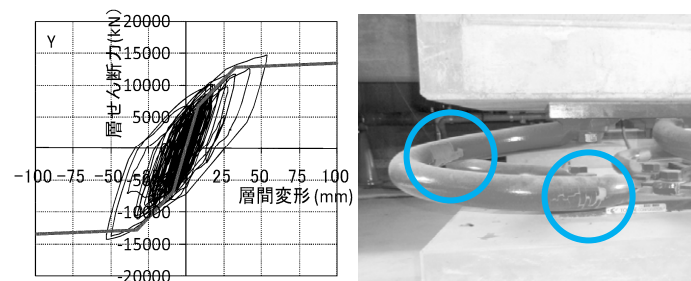


図11 免震層のY方向復元力 写真1 鋼棒ダンパーの状況

参考文献

- 1) 島崎和司：平面形状の大きな免震建物の地震時の振れ振動を伴う挙動，日本建築学会技術報告集，No.23，pp.77～82，2006年6月
- 2) 島崎和司：免震構造物の地震時挙動の実測結果と振動モデル，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，pp.853-854，2009年8月

* Prof., Department of Architecture, Kanagawa University, Dr. Eng.