

改良地盤に支持された免震建物の振動特性に関する研究
その1 地震観測記録に基づく建物応答特性分析

地盤改良
駿河湾の地震

免震建物
動的相互作用

振動性状
地震時土圧

1．はじめに

名古屋市昭和区鶴舞にある免震構造の病院建物においては、大地震後の建物安全性を確認することを主たる目的として、地震計・土圧計・変位計等による高密度観測が実施されている。筆者らは、これまでにこの観測システムを利用して、上部建物工事の進行中に定期的に計測を行い、建物施工段階と土圧等との関係について検討を行ってきた^{1,2)}。また、地震観測を開始して以来、これまでに複数の地震や台風時の観測記録が得られている³⁾。

本建物では、建築面積の75%程度を対象に地盤改良が実施されているが、改良領域がL字形となっており、地震時に基礎のねじれ振動を誘発する可能性がある。基礎のねじれ振動は、免震層端部における擁壁と上部建物のクリアランスの余裕度を低減する可能性がある。

本論ではその1として、地震観測記録に基づいて、上部建物振動性状や地震時土圧と免震基礎応答の関係について分析する。その2では、部分的な地盤改良による基礎のねじれ振動誘発の可能性に関する解析的検討を行う。

2．対象建物、及び観測システムの概要

観測対象は、名古屋市昭和区鶴舞にある地上4階でRC造(一部SRC造)の免震建物である。平面形状は、長辺方向(EW方向)が約100m、短辺方向(NS方向)が約55mのほぼ長方形である。免震層は、天然ゴム、LRB、CLBに加え、オイルダンパーにより構成されている。基礎は直接基礎で、4.4mの根入れを有する。建物直下の地盤では、地盤改良が施されているが、その概要については、その2で述べる。

図1に加速度計の配置図を示す。また、図2に免震層の平面図に併せ、地盤改良の施工範囲と土圧計の配置を示す。加速度計は中央部においては屋上階、1階、基礎に3方向、西側の擁壁にEW方向、屋上階、1階、基礎の東端にNS方向、基礎の北端および東端にUD方向を設置した。なお、当該敷地内では、やや離れた位置で地盤地表の地震観測(gr)を実施している。一方、底面土圧は、北西部と中央の未改良地盤に2点、南西部と南東部の改良地盤の未改良部分に2点、および南東部の改良地盤の改良体内に1点の計5点設置した。側面土圧は西側の擁壁上部、南西、北東、南東の同深度(esswUP、esneUP、esseUP)、及び耐圧盤の深度(esswBT、esneBT、esseBT)

正会員 ○護 雅史*1 正会員 福和伸夫*2
正会員 飛田 潤*3 正会員 後藤圭佑*4

に設置した。さらに、建物中央南の耐圧盤下にも水平方向に設置した(ebcs0U)。

3．上部建物の振動性状

対象建物においては、これまでにいくつかの地震観測記録が得られている。本稿では、2009/7/27の愛知県西部の地震、2009/8/11の駿河湾の地震の観測記録に着目して分析を行う。地表最大加速度は、愛知県西部の地震では15cm/s²程度(震度1)、駿河湾の地震では23cm/s²程度(震度3)であった。図3に、各観測記録(NS方向)の加速度波形とフーリエスペクトルの一例を示す。この図から、両地震で継続時間が大きく異なること、駿河湾の地震の方が相対的に長周期成分を多く含んでいることが分かる。建物応答については、ピーク振動数が長周期側に移動する傾向が認められる。

図4に各地震における伝達関数(05cc/01cc、05cc/bmcc、01cc/bmcc、全てNS成分)を示す。図中には、微動計測の分析結果を併せて示している。05cc/01ccの伝達関数から、振幅レベルにはやや差があるものの、両地震と微動、いずれにも共通して2.9Hz付近にピークが認められた。一方、05cc/bmcc(中)をみると、揺れの規模小さくなるにつれて、ピーク振動数が低振動数側へ移行し、かつ振幅が小さくなっており、免震装置の効果が明瞭に現れる結果となった。01cc/bmcc(右)の結果も同様の傾向を示している。なお、EW方向でも同様の傾向が見られた。

図5は駿河湾の地震における1F/bm、及びbm/grの伝達関数、及びコヒーレンスを示している。bm/grより、相関はやや低い、3Hz付近と6,7Hz付近に入力損失効果によると見られる谷間が認められる。

表1 観測された地震の諸元

地震名	日付	規模(Mj)	震源		深さ(km)	震源距離(km)
			緯度	経度		
愛知県西部	20090727	4.0	35.08N	137.27E	41	30.5
駿河湾	20090811	6.5	34.78N	138.50E	23	102.2

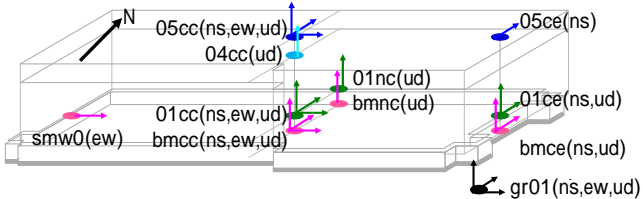


図1 加速度計の配置図

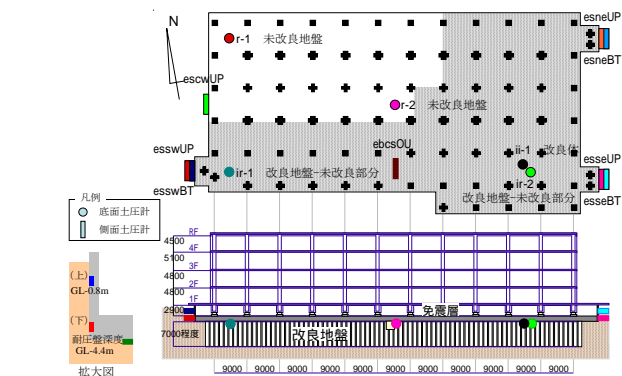
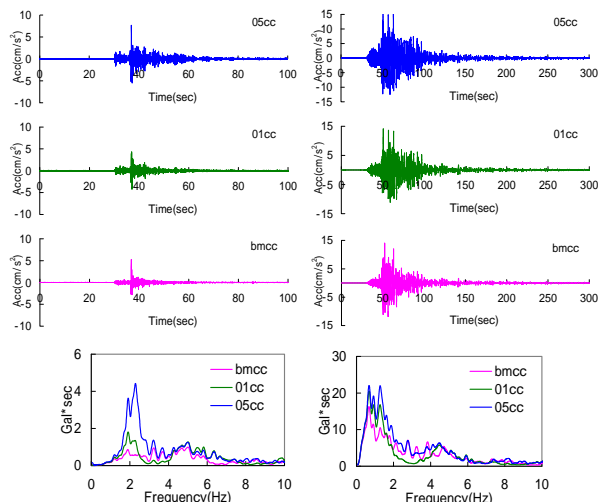


図2 土圧計の配置図



(a) 愛知県西部の地震

(b) 駿河湾の地震

図3 加速度波形とフーリエスペクトル (NS 方向)

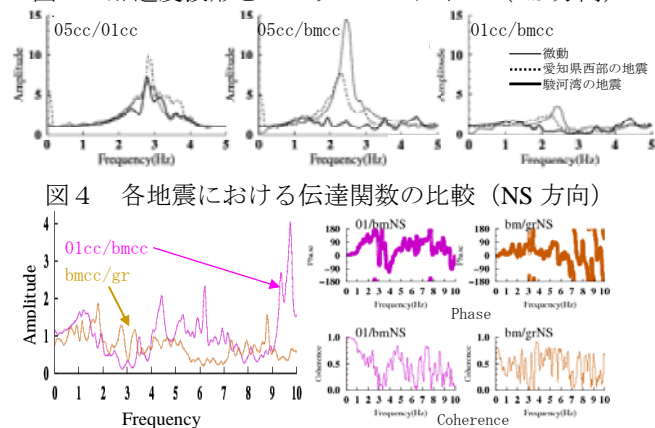


図4 各地震における伝達関数の比較 (NS 方向)

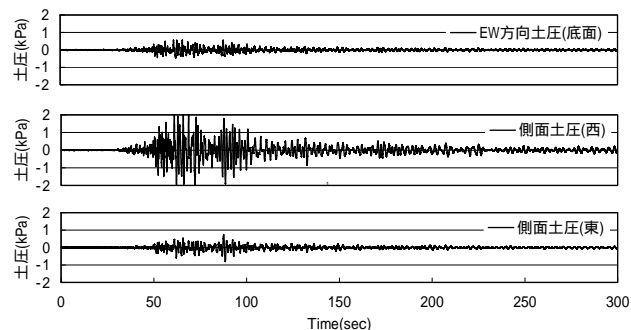
図5 駿河湾の地震における伝達関数の比較 (NS 方向)

4. 駿河湾の地震における土圧と加速度記録の関係

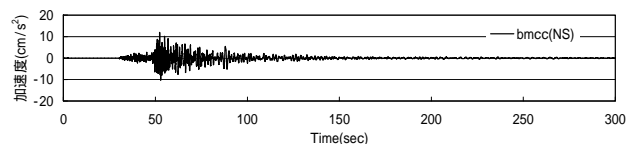
ここでは、地震時土圧と基礎部の加速度記録 (bmcc、EW 方向) の関係について分析する。

図6に、東側にある側面土圧計 (esneUP, esneBT, esseUP, esswBT) の平均値、西側にある側面土圧計 (esswUP, esswBT) の平均値、及び耐圧版直下の水平土圧計 (ebscOU) の波形を示す。併せて、基礎部の加速度記録 (bmcc、EW

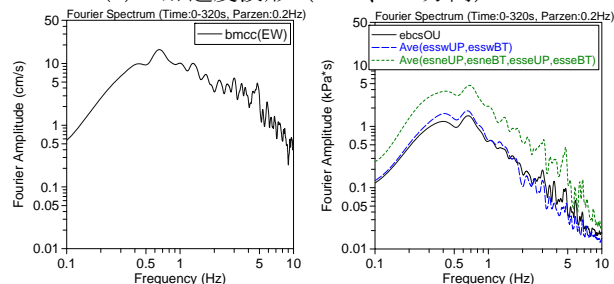
方向) を示す。また、加速度、土圧のフーリエスペクトル、及び両者のコヒーレンスを示す。これらの図より、波形の包絡形にはやや違いが見られるが、スペクトル形状は対応が良く、土圧と加速度との相関も比較的高いことが分かる。



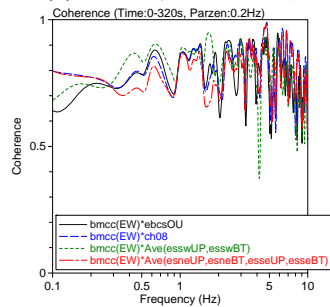
(a) 土圧波形



(b) 加速度波形 (bmcc、EW 方向)



(c) フーリエスペクトル (左: 加速度、右: 土圧)



(d) コヒーレンス

図6 駿河湾の地震における水平方向の土圧記録と免震基礎の水平加速度応答との関係

謝辞

本研究にあつては、(株) 免震装置デバイス、NTT ファシリティーズの関係者各位、及び工事関係者各位には多大なご協力をいただくと共に、貴重なご意見を賜りました。また、解析の一部には、建築研究所鹿嶋博士作成の強震記録表示用プログラム ViewWave を使用致しました。ここに記して謝意を表します。

<参考文献> 1) 後藤, 護, 福和, 飛田: 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 25-26, 2008. 9、2) 後藤, 護, 福和, 飛田: 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 335-336, 2009. 8、3) 後藤, 護, 福和, 飛田: 東海支部研究報告集, pp. 233-236, 2010. 2

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士(工学)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*4 株式会社大成建設(元名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生)

*1 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*2 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Taisei Corporation, Mr. Eng.