

I-309 段丘崖線での地震観測 - 1992年2月2日東京湾地震の挙動と数値解析 -

(株)フジタ 技術研究所 正会員 ○中野浩之, 小林範之, 高崎芳夫, 齊藤悦郎

1. はじめに

東京都小金井市に建設した免震構造の3階建共同住宅の実証実験に伴い、建物および敷地内の地盤において地震観測を実施している。観測を始めて間もない1992年2月2日に東京湾を震源とした強い地震が発生し、当地点でも震度Vに相当する加速度記録が得られた。立地条件が段丘崖線の傾斜地であることから地盤の記録は不整形地盤の振動特性を持つと思われる、本文ではFEMによる数値シミュレーションと観測値と解析値から不整形性の影響を検討した。

2. 観測概要

本地点は武蔵野台の南縁に位置し、河岸段丘である武蔵野台段丘と立川段丘の境目にある比高差約10mの傾斜地である。高位部は武蔵野台段丘であり表部より関東ローム、武蔵野礫層、東京層群という層を成し、低位面は立川段丘面にあたり表部より立川ローム、立川礫層という層構成になっている。基礎部分に免震装置を有する建物は平面形で長辺26.2m、短辺10.7mの壁式鉄筋コンクリート構造であり、地震観測は加速度計と変位計が建物内外に計27成分設置されている。また地盤情報としては建設に先立ってボーリングによる地質調査の他にPS検層と振動三軸試験が実施されている。図-1に地形と観測位置の概略を示す。

3. 観測結果

これまでに観測された地震は2つであり収録された加速度波形の最大値を表-1に示す。また図-2には1992年2月2日東京湾地震で得られた崖上観測点Bでの3成分加速度波形を、図-3には同地点での変位波形(加速度の積分値)の水平面内軌跡を示す。この地震では最大加速度や変位の軌跡からY方向(崖方向)での振幅がX方向に比較して大きくなっているのがわかる。

4. 数値解析

解析には有限要素法を用いた2次元地震応答解析プログラム(SuperFLUSH)を用いた。図-4と表-2に地盤モデルとPS検層結果より算出した地盤物性値を示す。6つの材料物性のうち表土およびローム層、武蔵野礫層、東京層上部の計3層についてはG、hのひずみ依存性を考慮した。図-5に土のひずみ依存曲線を示す。表土およびローム層については動的変形試験結果がないため今回はH-Dモデルの基準ひずみ $\gamma_y = 5 \times 10^{-4}$ としてG/G₀~ γ 関係を設定した。側面の境界条件は波動エネルギーの吸収のためFEM部分の両端に自由地盤を設け粘性境界とした。またモデル底面では観測地震動を入力波形とするためトランスミッション(上昇波+下降波)として剛体基礎の境界条件とした。入力地震動は深度-50mで観測されたY方向(崖方向)およびZ方向(上下方向)の2波形を用い、水平・鉛直の同時加振とした。

図-6に水平および上下動に対する伝達関数の観測値と解析値の比較を、図-7には水平方向の加速度波形の比較をそれぞれ示す。観測の伝達関数(水平方向)からわかる崖上と崖下の相違は、崖下で2次モード部分(7-9Hz)の振幅が1次モードに比べかなり大きくなっている点である。解析結果は崖上、崖下とも全体的に各モードの振動数と概ね一致しているものの、この崖下で見られる卓越した2次モードの挙動が現れていない。このため図-7の時刻歴比較でも崖下については高振動数成分が十分に含まれず解析値が観測値より小さくなっている。崖下の2次モードの卓越は事前に実施した常時微動の観測結果やNo.1地震(11月19日)の際にも同様の傾向がみられたことからこの地点特有の性状と考えられる。崖下の2次モード部分の振幅の不一致が不整形性の影響かそれともモデル化の際の低位面での地盤物性値の設定の問題か現段階では明らかでないが、今後の解析に際しては物性の見直しや振動数に依存した減衰定数の導入等により詳細に検討していきたい。

5. おわりに

不整形地盤での地震観測結果を対象に原位置試験と室内試験結果で得られた地盤データを用いてFEMによる等価線形解析を実施した。崖下で見られた2次モードの卓越は十分に表せなかったものの解析値は観測値と概ね一致した。今後データを蓄積し実測値から不整形地盤の挙動を把握し整理していきたい。

【参考文献】高崎ら：小金井免震社宅での地震観測(㊦1), (㊦2), 日本建築学会1992年度大会学術梗概集

表-1 観測地震と各点の最大加速度 (gal)

NO	年月日震源	方向	基盤	地盤A	地盤B	建物1F
1	1991.11.19 東京湾M4.1 Dep:81km	X	2.42	15.01	6.31	6.36
		Y	2.71	9.77	7.40	9.21
		Z	1.03	5.58	2.48	3.12
2	1992.02.02 東京湾M5.9 Dep:93km	X	24.11	74.42	51.41	24.39
		Y	60.00	132.60	141.51	41.11
		Z	10.70	45.46	23.92	24.69

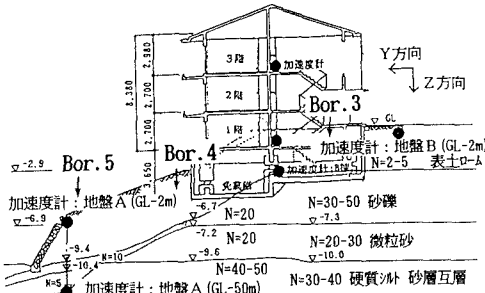


図-1 地形概要と観測位置

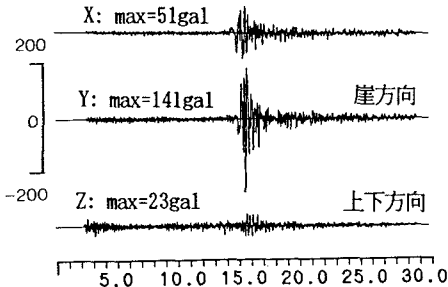


図-2 1992年2月2日地震の加速度波形(B点)

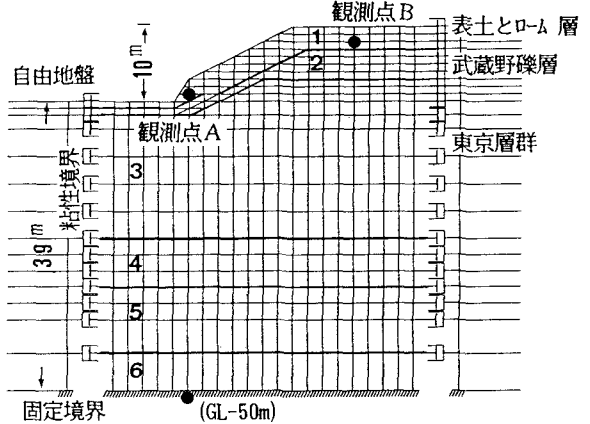


図-4 解析モデル

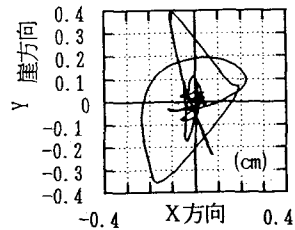


図-3 水平面内の軌跡(B点)

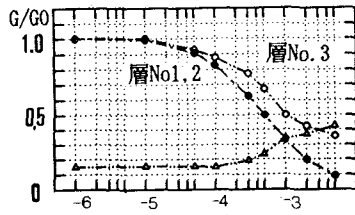


図-5 歪依存曲線

表-2 解析モデルの地盤定数

NO	ρ t/m ³	ν	V_{so} m/s	h_0	歪依 存性
1	1.41	0.477	110	0.03	等価
2	1.85	0.474	260	0.03	等価
3	1.70	0.444	390	0.03	等価
4	2.05	0.431	530	0.02	線形
5	1.60	0.448	350	0.02	線形
6	1.92	0.429	540	0.02	線形

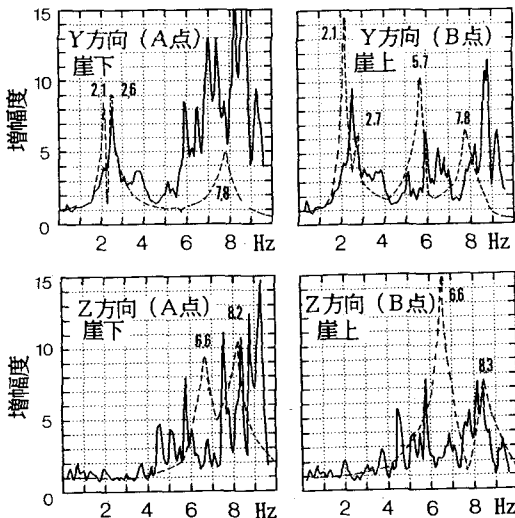


図-6 伝達関数の比較(点線:解析, 実線:観測)

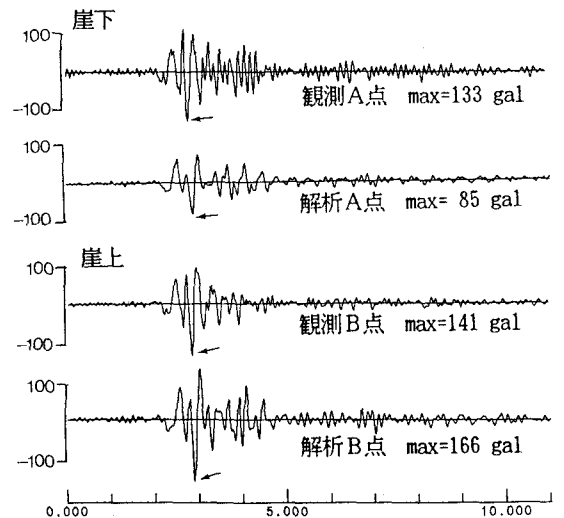


図-7 加速度波形の比較(水平Y方向)