

大規模非岩盤支持構造物における地震観測結果とシミュレーション解析

東京電力（株） 藤田朝浩¹⁾ 上條直隆 田中英朗
前田建設工業（株） ○玉腰直樹²⁾ 大嶋義隆 荒 泰雄

1. はじめに

筆者たちは、地盤中に埋め込まれた大規模な非岩盤支持構造物（以下建屋）とその周辺地盤において、平成10年から加速度および地震時土圧の観測を行ってきた。本文では、観測した地震動の特性と地震時増分土圧の傾向およびシミュレーション解析の結果について報告する。

2. 観測概要

加速度計は、建屋の地上部、建屋近傍地盤および遠方地盤の15ヶ所に設置した。土圧計は、建屋側面に16ヶ所設置した。設置位置を図1に示す。建屋周辺地盤は、図2に示すように基盤は $V_s=630\text{m/s}$ の泥岩層である。表層地盤は砂層と砂岩・泥岩互層からなり、1次固有振動数は $f_1=1.82\text{Hz}$ と推定できる。

3. 観測結果の考察

地震記録の中から、表1に示す地震について考察する。ただし、考察にあたり同じ加速度レベルで比較するため、測点F5の最大加速度を1galに規準化しデータを補正した。

測点F5の加速度フーリエスペクトルを図3に示す。どの地震動もNS成分とEW成分の10Hzまでの周波数特性は、ほぼ同じであることがわかる。各地震動を比較すると、EQ1とEQ2の周波数特性は、どちらも4~5Hz付近の振動数が卓越し、それ以外はほぼ平坦であり同じ傾向であるが、EQ3は表層地盤の1次固有振動数付近の2~3Hzが卓越しており、EQ1とEQ2とは傾向が異なることがわかる。

地震時増分土圧の最大値の深度方向分布を図4に示す。地震時増分土圧は、NS成分、EW成分共に地表面に近づくにつれ増加する傾向がある。これは、図2のような地表面からせん断剛性(= ρV_s^2)が次第に増加していく地層構造の地盤変位分布は、地表面に近いほど大きいので、構造物に作用する地震時増分土圧を地盤変位の大きさに応じて与える応答変位法の基本概念と一致している。また、

EQ1とEQ2の深度分布はほぼ同じであることに対し、EQ3では浅い深度で特に大きくなっている。これは先述したように、EQ3の地震動の卓越振動数と表層地盤の1次固有振動数が一致したためと思われる。

4. シミュレーション解析

シミュレーション解析は、表1の地震観測記録の中から最も大きな加速度を記録したEQ1を対象に実施し

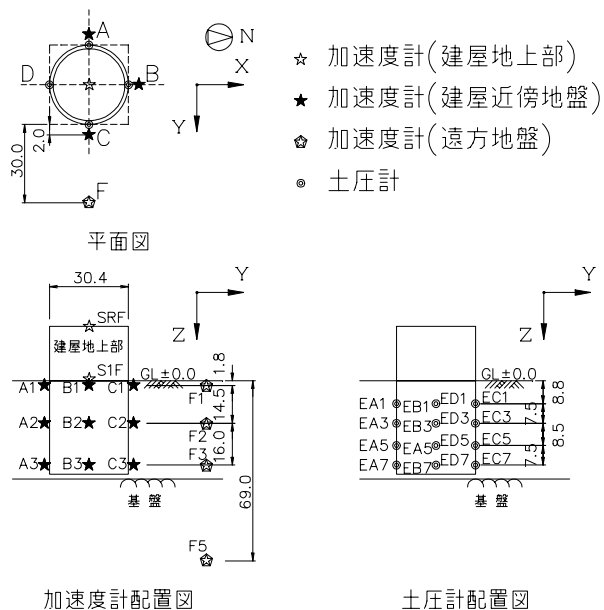


図1 測点位置概要図

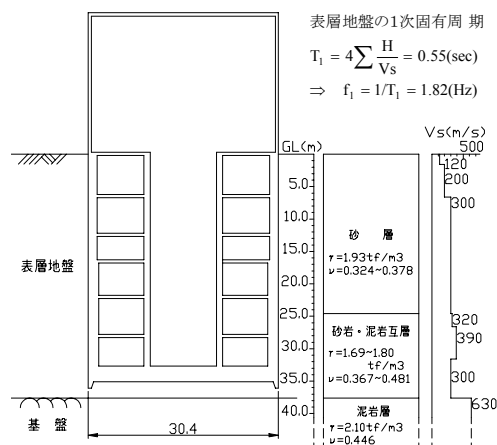


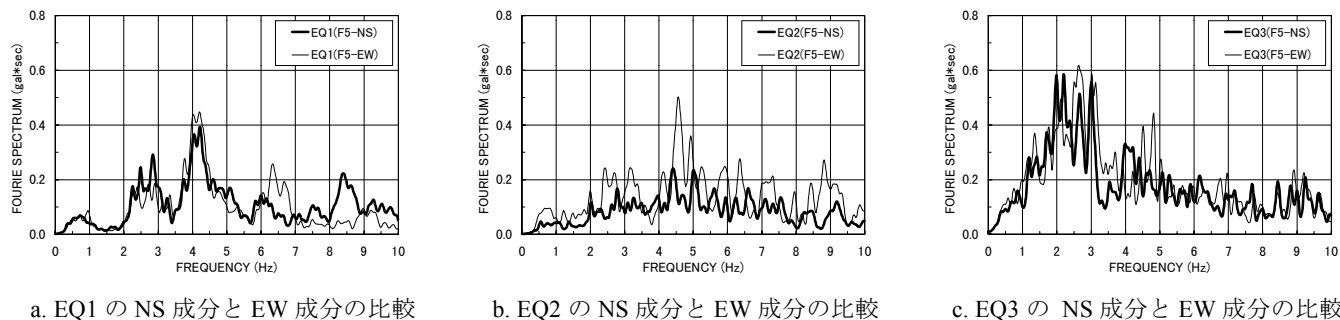
図2 建屋周辺地盤

表-1 地震観測記録の最大値

呼称	観測日	方向	最大加速度 (gal)		最大増分土圧 (tf/m ²)
			SRF(建屋屋上)	F5(基盤内)	
EQ1	1998/11/16	NS	39.5	16.5	0.24
		EW	79.8	39.5	0.29
EQ2	1999/11/14	NS	54.3	18.9	0.21
		EW	33.0	12.8	0.17
EQ3	2000/02/29	NS	7.3	3.3	0.09
		EW	5.4	3.6	0.06

キーワード：地震観測 地震時増分土圧 シミュレーション解析

連絡先 1) 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町4番1号 TEL 045-613-3438 FAX 045-613-3459
2) 〒179-8903 東京都練馬区高松5-8 J. C I T Y TEL 03-5372-4743 FAX 03-5372-4768



a. EQ1 の NS 成分と EW 成分の比較

b. EQ2 の NS 成分と EW 成分の比較

c. EQ3 の NS 成分と EW 成分の比較

図3 測点 F5 における地震動の加速度フーリエスペクトル (最大加速度を 1gal で規準化)

た。解析は、図5に示す軸対称 FEM モデルを用いて、時間領域における直接積分法により動的に行った。減衰は地盤を対象に設定したレーリー減衰($f_1=0.5\text{Hz}$, $f_2=10\text{Hz}$, $h_{1,2}=2\%$)で評価した。地盤は、ソリッド要素でモデル化し、物性値は図2に示す値を用いた。ただし、地震動が小さいので地盤ひずみは微小と判断して、地盤剛性の低減は行わなかった。建屋の地下部は薄肉シェル要素、地上部は質点系でモデル化した。地上部の下端は、地下部と同じ並進・回転変位となるように地下部モデルと接続した。入力地震動は、測点 F1 で観測された地震動を、1次元地盤応答解析(SHAKE)により解析モデル底面まで引き戻すことにより作成した。

図6に地震時増分土圧の最大値分布についての観測と解析の比較を示す。解析は、地震時増分土圧が深くなるにつれて減少する傾向を捉えており、特に NS 成分については、観測と解析は良く一致している。

5. おわりに

地震観測およびシミュレーション解析から、以下のことが分かった。

- (1) 地震時増分土圧は、深くなるにつれて減少する傾向がある。この傾向は、地震動の周波数特性の相違によらず一定である。
- (2) 浅い深度の地震時増分土圧は、表層地盤の1次固有振動数における地震動の周波数特性の影響を強く受ける。
- (3) 最大加速度を記録した地震(EQ1)については、FEM による動的解析により、地震時増分土圧を精度良く評価できた。

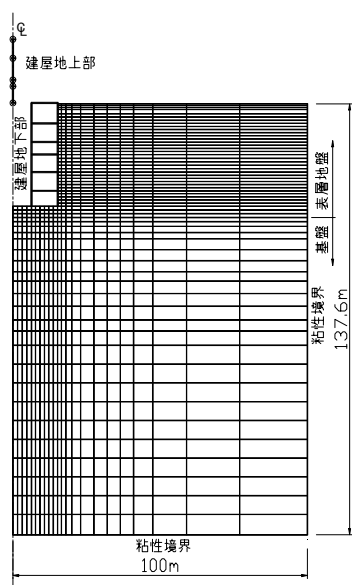
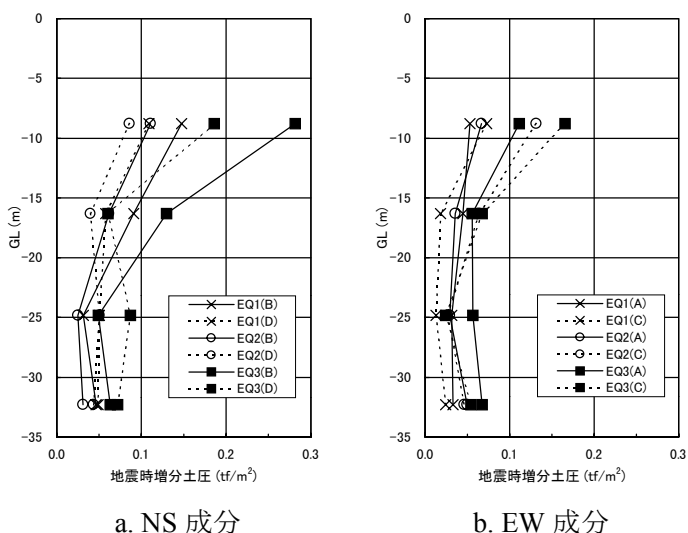


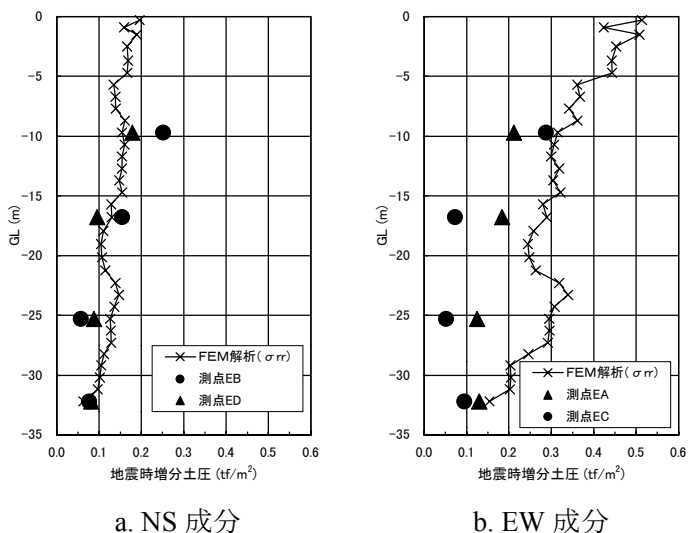
図5 軸対称 FEM 解析モデル



a. NS 成分

b. EW 成分

図4 地震時増分土圧の最大値分布(測点 F5 の最大加速度で規準化)



a. NS 成分

b. EW 成分

図6 最大地震時増分土圧の観測と解析の比較