

I-470

強震時の地盤の応答特性に関する模型振動実験と解析

清水建設（株）技術研究所 正会員 佐藤 正義 社本 康広
同 正会員 石川 裕

1. はじめに

ウォーターフロント開発が注目を集め、軟弱地盤に大規模な構造物の建設が計画されている。問題となるのは、軟弱地盤における強震時の構造物の耐震安全性である。過去の地震被害事例の研究により、構造物の被害が地盤に大きく影響されることから、構造物の耐震安全性を評価するためには、強震時の軟弱地盤の非線形挙動を予測することが重要となる。

実地盤の強震記録に基づく地盤の非線形挙動の解析手法の適用性については、田蔵らの報告がある¹⁾～²⁾。本報では強震時における地盤の模型振動実験を実施し、地盤の非線形挙動に関する解析手法の適用性を検討した。

2. 振動実験

図1に模型地盤および計器配置を示す。せん断土槽³⁾は50mmのアルミ角パイプを積重ねたもので、土槽の内寸法は長さ1.2m（加振方向）、幅0.8m、高さ1.0mである。模型地盤材料は千葉県浅間山砂であり、空中落下法により模型地盤を作成し、乾燥砂の実験を行った。測定計器は模型地盤中に設置したひずみゲージ式加速度計および基盤との相対変位を測定するためのインダクタンス型変位計を設置した。

3. 実験ケースと解析条件

ここでは、地震波加振実験の基盤最大加速度98gal (CASE1)と291gal (CASE2) の2ケースと修正R-Oモデル⁴⁾を用いた逐次積分法による地震応答解析について報告する。なお、基盤入力地震波は1940年エルセントロN-S成分を時間縮尺1/4としたもので、加振は水平一方向加振である。

表1に解析モデルおよび解析定数の一覧を示す。解析モデルはせん断型の5質点ばね系モデルであり、各々の質点は加速度計および変位計の設置位置に対応する位置とした。解析に用いた定数のうち、地盤の単位体積重量は地盤全体の重量測定の結果であり、S波速度は板たたき法による測定結果である。基準ひずみ γ_r は松田らの逆解析手法⁵⁾により求めた剛性低下曲線および岩崎らの実験曲線⁶⁾における $G/G_0=0.5$ の時のひずみを参考にして決定した。せん断ひずみ γ が無限大のときの減衰定数 h_{max} は、基盤最大加速度98gal (CASE1)の場合には $h_{max}=0.19$ 、基盤最大加速度291gal (CASE2)の場合には $h_{max}=0.26$ とした。

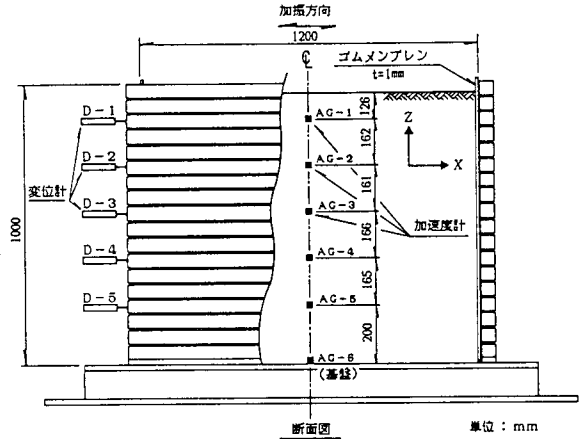


図1 模型地盤および計器配置

表1 解析モデルと解析定数

解析モデル GL±0mm	単位体積重量 (tf/m ³)	S波速度 Vs (m/sec)	基準ひずみ γ_r	最大減衰 h _{max} ^{*)}	最大減衰 h _{max} ^{**)}
-126					
-288	1.5	55	8.0×10^{-5}	0.19	0.26
-449	1.5	60	9.9×10^{-5}	0.19	0.26
-615	1.5	85	1.1×10^{-4}	0.19	0.26
-780	1.5	90	1.3×10^{-4}	0.19	0.26
-980	1.5	95	1.4×10^{-4}	0.19	0.26

(基盤)

*)CASE1: 基盤最大加速度=98gal
**)CASE2: 基盤最大加速度=291gal

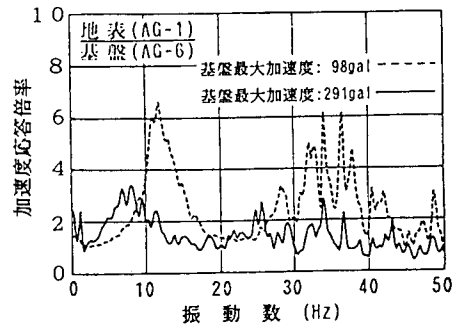


図2 基盤に対する地表の周波数伝達関数

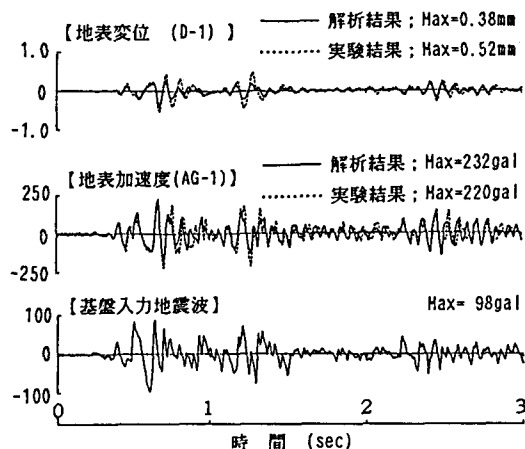


図3 実験結果と解析結果の応答波形
(CASE1: 基盤最大加速度: 98gal)

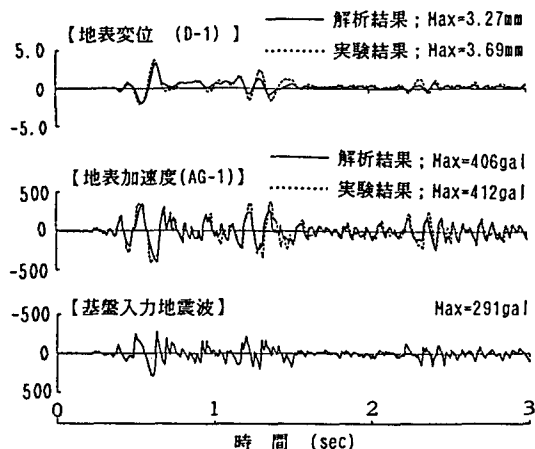


図4 実験結果と解析結果の応答波形
(CASE2: 基盤最大加速度: 291gal)

4. 実験結果と解析結果

図2は基盤(AG-6)に対する地表(AG-1)の周波数伝達関数を示したものである。この模型地盤の弾性時の卓越振動数は常時微動測定によると約20.5Hzであったが、基盤最大加速度 98galにおいては約12Hz、291galにおいては約7Hzと加振レベルの増加に伴って卓越振動数の低下、すなわち卓越周期の伸びがみられるとともに応答倍率の低下が見られる。これは、地盤剛性の低下と履歴減衰の増大という地盤の非線形化の現象が現れたものである。

図3に基盤最大加速度98gal (CASE1)に関する変位波形および加速度波形を示す。同様に、図4は基盤最大加速度291gal (CASE2)に関するものである。図3と図4において、地表加速度波形は実験と解析に良い一致がみられるが、地表変位波形については波形の形状は良く似ているものの、振幅は実験よりも解析のほうが小さい。また、図4は地表変位波形および地表加速度波形とも図3よりも短周期成分が無くなっていることが分る。

図5に基盤最大加速度98gal (CASE1)に関する加速度および変位の最大値分布を示す。図6は基盤最大加速度291gal (CASE2)に関するものである。図5、図6とも加速度の最大値分布は実験と解析が良く一致しているが、変位の最大値分布は良く一致しているとは言い難い。

5. まとめ

せん断土槽を用いて乾燥砂による模型地盤の振動実験を実施し、結果として入力加速度の増大に伴い卓越周期の伸びがみられるとともに、応答倍率も低下するという地盤の非線形挙動特性が確認された。さらに、修正R-Oモデルを用いた逐次積分法による地震応答解析を行い、加速度に関しては実験結果と解析結果に良い一致が見られた。

【参考文献】

- 1) 田蔵、清水、横田：地盤の非線形地震応答特性、第15回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、1987年8月
- 2) 田蔵、佐藤、畠山：強震記録に基づく地盤の非線形地震応答解析、第19回地震工学研究発表会、1987年
- 3) 社本、佐藤、石川：せん断土槽による模型地盤の振動実験、第23回土質工学研究発表会、1988年
- 4) 龍岡、福島：砂のランダム繰返し入力に対する応力-歪関係のモデル化について(I)、生産研究、1978年9月
- 5) 松田、後藤：大型せん断土槽を用いた地盤動特性に関する実験手法、第7回日本地震工学シンポジウム、1986年
- 6) 岩崎、龍岡、高木：地盤の動的変形特性に関する実験的研究(Ⅱ)、土木研究所報、第153号、1980年

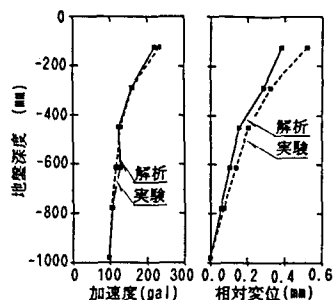


図5 実験結果と解析結果の最大値分布
(CASE1: 基盤最大加速度: 98gal)

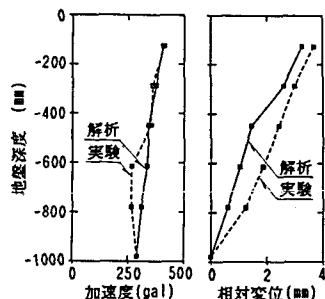


図6 実験結果と解析結果の最大値分布
(CASE2: 基盤最大加速度: 291gal)