

1. はじめに

現在わが国では、大地震発生時には地震動観測網により得られた観測波から即時的に震源決定や津波予測、震度予測等が行われている。しかし強震計は全国に数キロ～数十キロ間隔での配置となるため、概ね市町村ごとの震度予測しかできない。地震動は地中で増幅し表層に到達するため、実際にはより狭い範囲で震度が異なり、被害の状況にも地域差が生じているはずである。本研究は、強震計による即時的な地震動記録に加え、地盤情報データベースを活用し解析を行うことで、大地震発生時の即時的かつ局所的な地震動増幅特性の予測を目的としている。本稿では、その一環として大阪府北部の地震に対する解析を実施し精度検証を試みる。

2. 非線形地震応答解析法

多曲面モデルを構成則とした有限差分解析法による非線形地震応答解析法（NERA：Nonlinear Earthquake site Response Analysis）¹⁾を使用する。対象地盤を層分割し、設定した節点に加速度を与えることで地震動を入力し、応答加速度、速度、変位、応力、ひずみ、スペクトルなどを出力する。各層に対するパラメータは、要素の層厚、S波速度 V_s 、単位体積重量 γ 、 $G-\gamma$ 曲線である。 $G-\gamma$ 曲線（図1）は、今津・福武²⁾を参考に10本想定し、土質とN値（表1）から適する曲線（ここでは各曲線をMat1からMat10とする）を選択した。

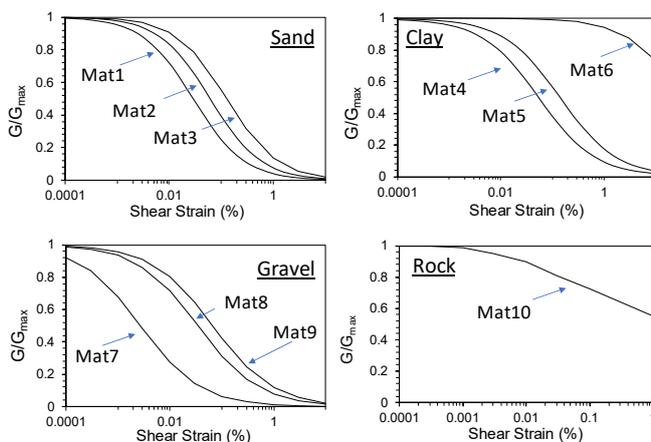


図1 $G-\gamma$ 曲線 (Mat1~10)

表1 各土質、N値と $G-\gamma$ 曲線の関係

	N値	Mat
砂	1~10	1
	11~30	2
	31~	3
粘土	1~4	4
	5~8	5
	9~	6
礫	1~30	7
	31~50	8
	51~	9
岩		10

3. 入力地震動と解析対象地点

入力地震動は、2018年6月18日07時58分、大阪北部の地震（13km, M6.1⁵⁾）発生時、KiK-net, OSKH051 大阪観測地点³⁾において得られた観測記録のうち、振幅が大きいNS1（地中観測記録、設置深さ約1,000m）を使用する。同観測点では、観測井掘削時の調査から土質柱状図と検層データが公開されているため、各層の土質分布、区間S波速度を読み取ることが可能である。これを用いて、道路橋示方書⁴⁾によりS波速度からN値に変換し、表1により各層に対する $G-\gamma$ 曲線を決定する。

4. 解析結果

最大加速度（図2）は観測結果0.268gに対して解析結果では0.101gと過小評価となっている。原因として、

Hiromi ONISHI and Tetsuo TOBITA

tobita@kansai-u.ac.jp

解析時のせん断ひずみ深度分布 (図 4) より, 地表面の N 値が低い軟弱層付近で大きなせん断ひずみ (約 0.09%) が発生しており, これが免振層のような効果をもたらしたため加速度が地表面まで伝達されなかったことが挙げられる. そこでせん断ひずみの過大評価を避けるため, 軟弱層に定義していた G- γ 曲線を, 硬い層に定義していたものに変更し再度解析を行ったところ (図 2 の Modified), 加速度が約 0.197g となり, 観測結果に近づいた. 最大ひずみも小さくなっており (約 0.07%), 課題であった軟弱層での加速度の減衰は低減されたと考えられる. フーリエスペクトルについても, G- γ 曲線変更後 Modified の方が観測記録に近づいている.

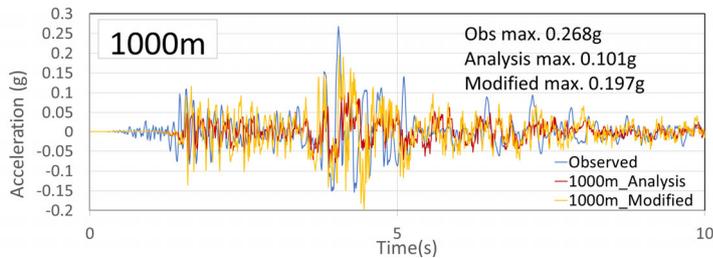


図 2 加速時刻歴 (入力深度 1,000m)

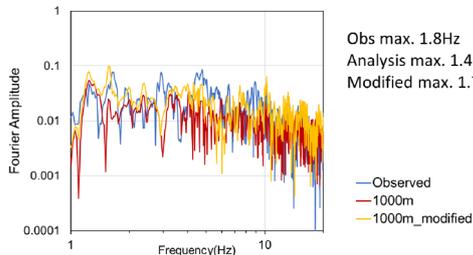


図 3 フーリエ振幅スペクトル比 (入力深度 1,000m)

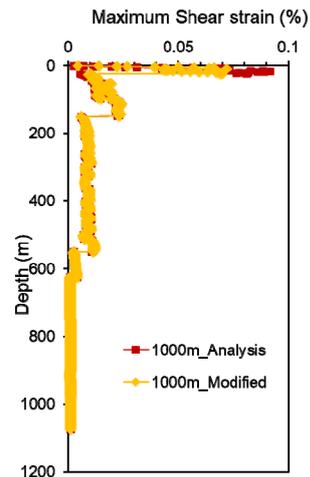


図 4 せん断ひずみ深度分布 (入力深度 1,000m)

5. 入力加速度の深度を変えた場合の解析結果

構造物の耐震設計では, 入力地震動は工学的基盤 ($V_s=300\sim 700\text{m/s}^2$)に入力することが一般的である. そこで, OSKH051 大阪観測点の深度 300m 地点 ($V_s=690\text{m/s}^2$)に地震動を入力した場合 (図 6) について考察する. 比較のため, 深度 20m に入力した場合 (図 5) についても示す. 入力深度 1,000m の解析結果も合わせて比較すると, 波動伝播時間については, 入力深度が浅いときはピークの到達時刻が早くなることがわかる. また, 入力深度が観測深度に近くなるほど加速度振幅の最大値が増幅し観測値に近づくことがわかる. このことから, 工学的基盤以深においても地震動は増幅する可能性があるといえる.

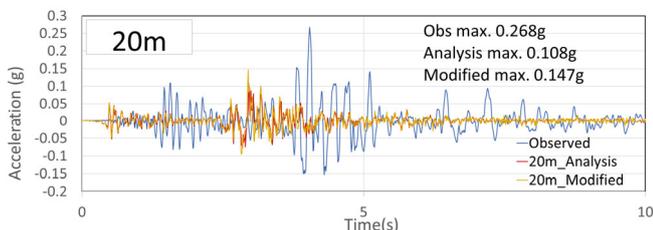


図 5 加速時刻歴 (入力深度 20m)

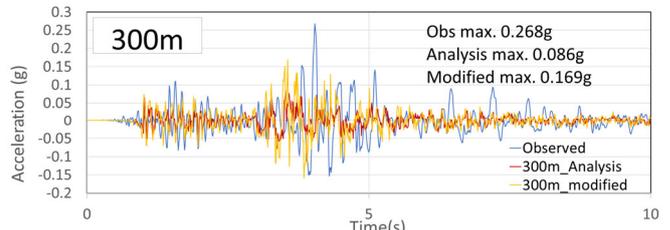


図 6 加速時刻歴 (入力深度 300m)

5. まとめ

大阪府北部の地震に対する解析を実施し精度検証を試みた. 地盤パラメータを適切に設定することで観測記録に近い地震動が再現された. また, 入力深度が観測深度に近くなるほど加速度振幅の最大値が増幅し観測値に近づくことがわかった. このことから, 工学的基盤以深においても地震動は増幅する可能性があるといえる.

参考文献: 1) Bardet, J. P. and Tobita, T. (2001). "NERA: A computer program for Nonlinear Earthquake Site Response Analysis of Layered Soil Deposits." Report submitted to the Department of CE, Univ. of Southern California. 2)土質工学会 (1992), わかりやすい土質力学原論. 3) 防災科学技術研究所 [http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/overview_kik.shtml\(2019/2/7\)](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/overview_kik.shtml(2019/2/7)). 4)N 値と S 波速度の関係, [https://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Mie9/3-2-4-2.htm\(2019/2/7\)](https://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Mie9/3-2-4-2.htm(2019/2/7)). 5)地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2018): 2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震の評価.