

III-80 地震時における地盤の液状化解析

東京大学 工学部 正員 石原 研而
大学院 学生員 ○平尾 秀雄

まえがき

地震時の地盤の液状化解析のひとつの試みとして、せん断波の多重反射理論に基づく地盤応答解析を行ない、これにくり返しせん断を受ける飽和砂の間隙水圧上昇モデルと組合わせることにより、地震時の地盤中の間隙水圧上昇過程を調べる方法を先に提案した(1)。そして、新潟地震において地表加速度記録の得られた川岸町付近の地盤を対象として行なった解析例を示した。ところで、多重反射理論による応答解析法の特徴として、地盤の仕様の深さにおける地震動を用いて、他の深さでの応答諸量を求めることが可能である。一才、地盤の振動特性から、普通の基盤と考えられる地層が存在するか、この基盤での応答諸量を求め、これを基盤振動として用いることにより、地震波記録の得られていない地実での応答解析を行なうことも多重反射理論により可能となる。そこで、地表加速度記録の得られている地実における基盤振動と相定することにより、他の地実での地盤の液状化解析を行なってみたので、以下簡単に報告する。

間隙水圧上昇モデル

間隙水圧上昇量は、先の報告(1)で示したモデルを用いて計算した。そこで、また、変相角 θ^* および *stress path* の中心の移動量 P^* が、このモデルにおける重要な要因であることと述べたが、今回の解析ではこれらの値と N 値との関連で表-1に示すように定めた。

地層 ⁽³⁾	N 値	θ^* (度)	P^* (kg/cm ²)
Um	4 ~ 5	45.0	0
Us	12 ~ 14	45.5	$-(\sigma_c/4)$ ^(注)
Ls	27 ~ 29	46.5	-1.5
Lm	30 ~ 50	48.5	-5.0

表-1. N 値と θ^* , P^* の値。

(注) 初期有効応力 σ_c の $1/4$ だけ移動させた。

地盤応答解析

地盤応答解析は、せん断波の多重反射理論に基づいている。地盤を線型粘弾性体と仮定し、弾性定数と粘性定数は土中に生じるせん断ひずみの大きさに適合するように繰り返し計算を行なっている(2)。また、せん断定数は間隙水圧の上昇量に無関係に一定であると仮定してある。

新潟地震の液状化解析例

以上の考え方に従って、新潟における3種類の地盤モデルを作成し、新潟地震の地表初速度記録($E-W$ 成分)を用いて、液状化の解析を行なった。図-1に地盤モデルの地層構成および単位体積重量、 N 値より推定したせん断弾性定数の初期値と示してある。粘性定数は、全層にわたって一律 0.05 と初期値として仮定した。これらの地盤モデルの普通の基盤としては、 N 値が 50 以上の地層をえらうのである。モデル1は沖積層の部分が浅い新潟市北部の砂丘地帯付近の地盤である。モデル2は新潟地震の地表加速度記録が得られた川岸町付近の地盤である。モデル3は、沖積層が深さ 15 m、また地層層と考えられる部分が深さ 60 m まで達する信濃川下流右岸付近の地盤である(3)。各モデルとも地下水面は深さ 0.5 m の実とした。

解析は次のように行なった。地表加速度記録をモデル2の深さ 0.5 m の実に入力し、基盤での加速度履歴を求める。つぎに、この加速度履歴をモデル1およびモデル3の基盤振動として用い、応答解析を行なう。応答解析に

より得られたせん断応力履歴に、間隙水圧上昇モデルを適用して間隙水圧の上昇量を計算する。

解析により得られた最大加速度、最大せん断応力、および、地震波が通過してしまいうちに発生した間隙水圧と有効拘束圧力 σ_c で除した値を深さ方向にプロットしたものが図-1に示してある。これらの結果から、モデル1では液状化が発生しておらず、モデル2では深さ2m～13mの地層で、またモデル3では深さ0.5m～15mの地層で液状化が発生していることが判る。一方、最大加速度と最大せん断応力の分布から、モデル1およびモデル2では地盤はほぼ剛体的な運動をしていると思われる。モデル3では最大加速度の分布は他の2つのモデルと異なった傾向を示しており、この場合、地盤の特性が強くあらわれていると思われる。

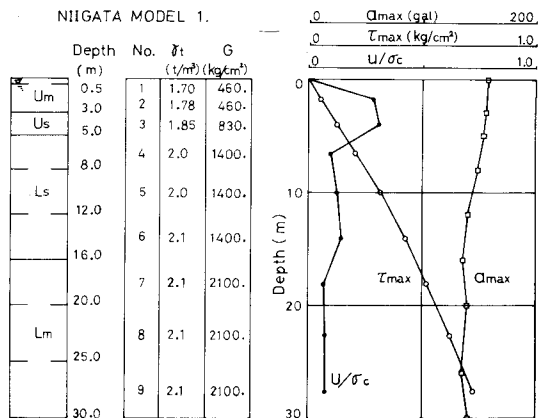
結 論

せん断波の多重反射理論による地盤の応答解析方法を用いて、新潟地震の地表加速度記録から地盤における加速度履歴と推定した。次に、この加速度履歴と地震波記録の得られていない地層での基礎振動として地盤応答解析を行ない、これらの地層での間隙水圧上昇過程を調べた。3種類の地盤モデルに対する解析結果の比較から、地盤の相違により地震応答および液状化発生の様子がかなり異なることが認められた。なお、共通の基礎としてN値が50以上ある地層をえらんだが、この点に関しては今後検討する必要がある。

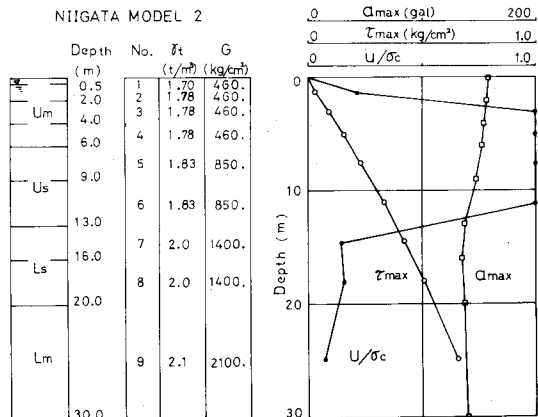
参考文献

- (1) 石原, 近藤, 平尾 “地震応答解析にもとづく地盤の液状化予測” 第8回土質工学研究発表会 P.P. 573 ~ P.P. 576, 1973年
- (2) Schnabel, P.B., Lysmer, J. and Seed, H.B. "SHAKE - A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered sites" Report No. EERC 72-12, Univ. of California, 1972
- (3) 建設省計画局, 新潟県編 “新潟地区の地盤” 都市地盤調査報告書 第16巻, 1967年

NIIGATA MODEL 1.



NIIGATA MODEL 2



NIIGATA MODEL 3.

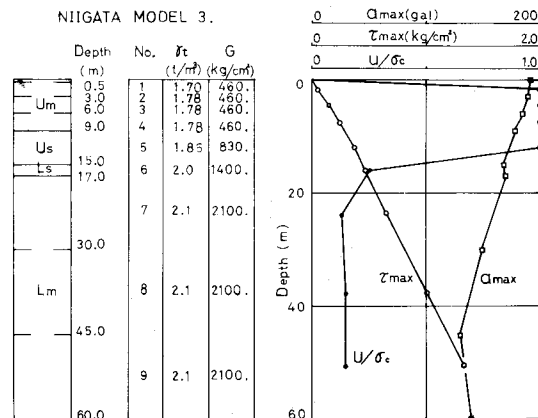


図-1. 3種類の地盤モデルの地層構成と各層の単位体積重量 γ_t , せん断弾性定数 G 。最大加速度 Q_{max} , 最大せん断応力 T_{max} , および、間隙水圧と有効拘束圧力で除した値 U/σ_c の深さ方向のプロット。