

東北大学工学部 学生員 ○安斎 理宏
 東北大学工学部 正会員 柳沢 栄司
 東北大学工学部 学生員 大宮 宏之

1. はじめに

地震時における地盤の応答解析法は、これまでいくつか提案されており、また、地震時の間隙水圧の観測データも数例報告されている。しかし、実測データと間隙水圧の地震応答解析を直接比較した例は極めて少なく、応答解析法の有効性は間接的に論じられるのみであった。そこで仙台南部の船岡地区に設置されたアレー観測システムによって得られた実測記録を用い、石原・東畑¹⁾と Finn Martin²⁾らによる2通りの解析手法で、実測記録との直接的な比較を行なったので、ここに、その結果を報告する。

2. アレー観測地点での地盤状況および地震諸元

図-1はアレーの1つの観測点におけるボーリング柱状図を示したものである。この観測点では、図-1に示したように、H1, H2に速度計が、また、P1, P2, P3に間隙水圧計が埋設されている。解析に用いた地震は、昭和60年8月12日に観測されたもので福島県沖に震源を有し、その深さは54km、マグニチュードは6.4であった。

3. 解析方法

解析法は、非排水を仮定した一次元有効応力解析とし、図-1に示す地盤構造を13層に分割し、Newmarkの β 法を用いて逐次積分を行なう。各時間きざみ毎に、各層内の剪断応力を算出し、これを間隙水圧モデルに適用して間隙水圧の上昇量を決定する。これにより地盤内の有効応力の変化がわかり、有効応力の関数として剪断定数、土の強度を更新する。次の時刻に対する解析は同じ要領で繰返す。また、応力-ひずみ関係は Hardin-Drnevichモデルを使用する。間隙水圧モデルとしては、①石原・東畑による放物線型の応力経路モデルと、② Finn Martin らによる等価繰返し回教に基づく実験式の2通り（以下、①、②と略す）の解析方法を用いた。

4. 解析結果・考察

図-2に入力波、H1点の実測値、①および②の方法によるH1点での計算値が示してある。入力波は、H2点で記録された速度波形の震源直角成分を用い、時刻歴で15秒から30秒までの15秒間のものである。計算値は、①、②とも実測値よりやや大きめの値になっているが、波形、周期特性、包絡線形状等については、かなり良い近似が得られたと言える。間隙水圧発生モデル以外のモデルは、①②とも同じものを使っており、以後に示すように間隙水圧が極めて小さかった本解析においては、両者の速度応答の計算結果にはほとんど差が表われなかった。

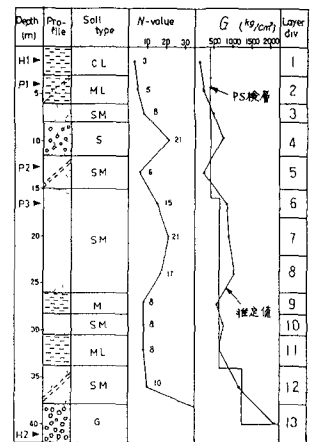


図-1 解析対象地盤の柱状図

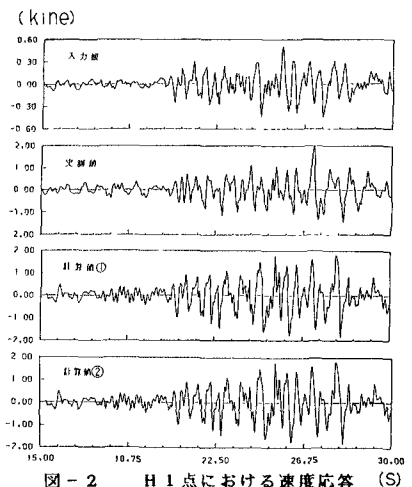


図-2 H1点における速度応答 (S)

図-3は、P1、P2、P3点における間隙水圧の時刻歴を
 実測値と①および②の解析結果について比較したものである。
 両者とも時間の経過とともに間隙水圧が蓄積されていく様子が
 わかかれ、実測値との対応も悪くない。しかし、②では時間の
 経過に従って①よりもやや大きめの値となっている。これは
 ①がYield lociにより弾性域と塑性域の区別を明確につけてい
 るのに対して、②ではその区別を体積ひずみ関数としており、
 この点、ややあいまいになっているためと思われる。

図-4、図-5はそれぞれ、9秒、12秒、15秒における
 地盤内の間隙水圧の分布を、実測値と①、②で比較したもの
 である。先に述べたように時間の経過に従って②の方が①よりも
 やや大きい値となっているが、特に12秒から15秒の間での
 この傾向が著しい。②の方は深さ13m付近(P2点)で実測
 値よりもたいがが大きくなっていたが、全体的な傾向やその
 大きさは両者ともほぼ近似されていると考えられる。どちらの
 図も30mより深い部分では間隙水圧の発生は小さいが、これ
 は、地震時のひずみが地表部分に比べて小さいためである。ま
 た、②の方は①よりも砂礫や礫まじりの層(深さ10m、40m
 付近)やシルト分を含む層(深さ27m、32m付近)で小さめ
 の値になっており、この部分に関しては①よりも②の方が妥
 当な値が出ていると考えられる。これらの計算結果から見る限り
 では、液状化の可能性は、深さ15m付近が最も高いと推定さ
 れる。

以上に述べたように、一次元の有効応力法による応答解析を
 行なった結果、地震時・間隙水圧応答は、①②ともある程度の
 良い対応を見せた。この解析法に要する計算時間は比較的短か
 く済む。①の方は、間隙水圧発生モデルにおけるパラメータ
 が2個で、その決定はさほど難しくないが、②の方はパラメ
 ターが6個あり、その決定には繰返し三軸試験を数回必要とす
 るなど容易ではない。このような事情と解析結果から①の方法
 の方がより実用的と思われる。しかしながら、解析対象とした
 地盤はほぼ水平成層になっており、地震も比較的小さなもので
 あるので、これらの解析方法の有効性の限界については言及でき
 ない。この点が今後の課題である。

5. あとがき

本解析に用いたアレ観測データは(株)熊谷組との共同研究
 によるものであることを付記する。

6. 参考文献

- 1) 石原・東畑(1980) Journal of the faculty of engineering, The University of Tokyo (B) Vol. XXV, No.4
- 2) Finn, Martin ら他(1977) "An Effective Stress Model for Liquefaction" ASCE, Vol. 103, 976

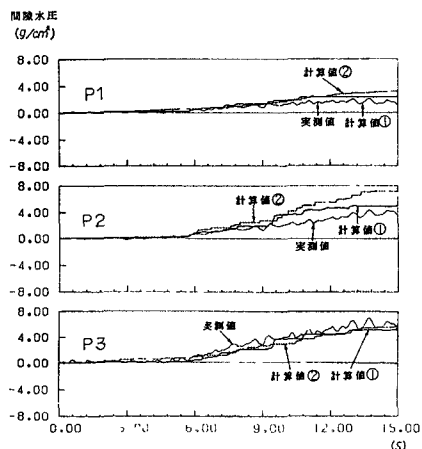


図-3 間隙水圧時刻歴の比較

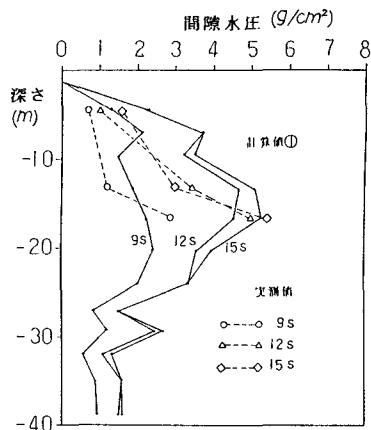


図-4 間隙水圧の分布

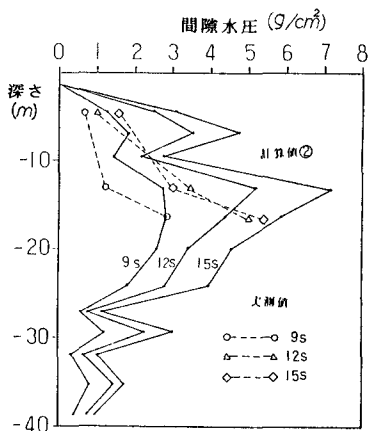


図-5 間隙水圧の分布