

1 はじめに

1995年兵庫県南部地震の際，神戸市によりポートアイランドで観測された鉛直アレー記録は，液状化の発生したサイトにおける数少ない記録である。この記録については筆者<sup>1)</sup>をはじめ，多くの研究者がシミュレーション解析を行っているが，それらは一次元解析である。ところで，このサイトのすぐ北と西には図-1に示すように，ロードコンパクションで改良された敷地がある<sup>2)</sup>。地盤改良範囲では地表の地盤変状が観察されず<sup>2)</sup>，その挙動はアレーサイトとはかなり異なると考えられるので，その存在がアレー記録に影響を与えている可能性がある。ここでは二次元解析によりこの点を検討する。

2 解析モデルと解析方法

アレーサイトおよび改良範囲の柱状図は図-2の様である。埋土部分は各部分の調査に基づき図の右側に示すようにアレーサイトで3層，改良部分では5層に区分する<sup>3)</sup>。アレーと改良地盤に近いEW方向に関し，GL-32.4mの地震計より上の部分を解析することとし，図-3の様なメッシュを用いる。材料特性の詳細は，例えば文献2，3に示されている。解析はSTADASによる有効応力解析で，構成則として一般化双曲線モデル<sup>4)</sup>を用いる。このモデルのパラメータは，モールクーロンの破壊条件から決まる。また，ダイランシーは一般化応力 - ダイランシー則<sup>4)</sup>を用いているが，少し改良している。パラメータの値は液状化強度曲線のシミュレーションより決める。以下，未改良地盤，改良地盤として引用しているのはアレーの位置と図-3の改良地盤の中心である。

3 一次元解析

まず，解析の精度を確認する意味で，アレー記録の一次元解析を行った。図-4に地表の加速度を観測記録と比較して示すが，概ね挙動は再現されていると考えられる。次に改良地盤部の一次元解析を行った。図-5に過剰間隙水圧の時刻歴を示すが，表層付近は液状化していないが，深い所では液状化している。これは，これまでの解析や現地での観測<sup>3)</sup>と調和的である。

4 二次元解析と考察

図-6に一次元解析と二次元解析の地表の加速度時刻歴を比較して示す。主要動が終わる6秒付近までは両者の挙動に大きな差はないが，その後両者に差が現れ始める。既に報告したように<sup>1)</sup>，このサイトでは，埋土層の下にある軟弱な粘土層 (Ma13) の挙動が表層の挙動に大きく影響する。すなわち，この層は大きく非線形化し，

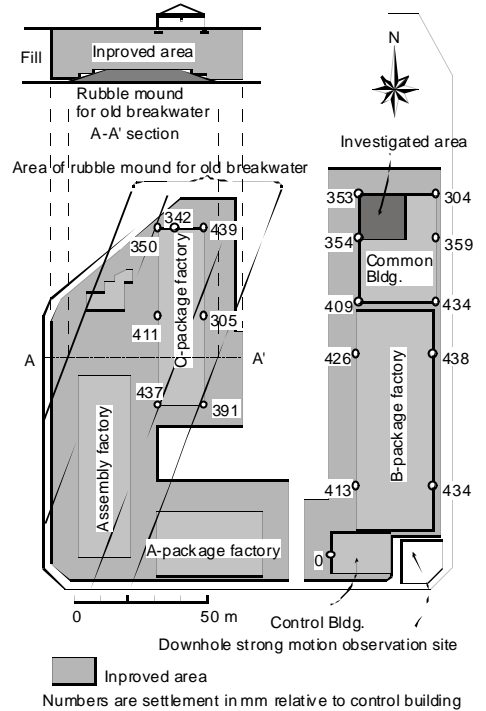


図-1 アレーサイトと改良範囲

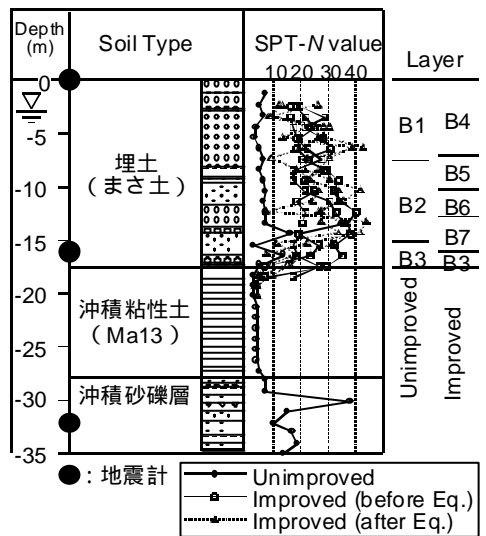


図-2 柱状図と層区分

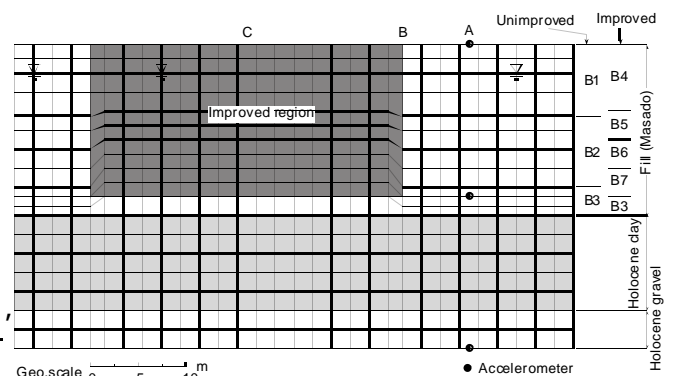


図-3 FEM メッシュ

キーワード：地震，地盤改良，有効応力，鉛直アレー

\* 東京都中央区日本橋本町4-12-20

その結果表層への波動の伝播に際し，加速度に上限を設けると共に，高周波成分の伝播を抑制する。

また，図-5および後に示す図-8の過剰間隙水圧時刻歴を見ると，このサイトで液状化が発生したのは7~8秒である。したがって，つまり，一次元と二次元の差が小さい5~6秒では液状化の影響はそれほど無い状態である。

液状化が始まると，一次元解析に比べ，未改良地盤では加速度が大きく，改良地盤では加速度が小さ

くなる。このことは両地盤が一体化して動いていることを意味している。実際，二次元解析で改良，未改良，その境界(図-3のB)の加速度時刻歴を比較すると図-7の様になり，ほとんど差がない。図-8は，未改良地盤の過剰間隙水圧発生を一次元と二次元で比較したものである。明らかに二次元解析の方が過剰間隙水圧の発生は遅れており，改良地盤の影響が表れていることが明瞭である。図-9は応答スペクトルを比較したものであるが，低周波数部分にはほとんど差がない。これは地表加速度が最大になるのは液状化前であるためである。

### 5 おわりに

ポートアイランド鉛直アレーサイトのすぐ近くにある改良地盤が記録に与える影響を調べた。改良地盤は周辺の未改良地盤の変位を拘束しているし，改良地盤も未改良地盤の影響を受けている。すなわち，改良地盤と未改良地盤の相互作用が起こっている。このため鉛直アレー記録も改良地盤の影響を受けている。しかし，その影響が大きくなるのはどちらかというところ液状化発生後である。一方，最大加速度は液状化発生前に起こっているため，応答スペクトルへの影響は少ない。最後に，本研究は「阪神・淡路大震災地盤調査研究会」による研究成果を利用した。関係各位に感謝します。

参考文献 1) 吉田望(1995)：1995年兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地震応答解析，土と基礎，Vol. 43，No. 10，pp. 49-54. 2) Ito, K., Goto, Y., Ishihara, K., Yasuda, S. and Yoshida, N. (1999): Detailed in-situ and laboratory tests on the improved ground in Port Island, Proc., 2nd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Lisboa, Portugal, pp. 47-52. 3) Yoshida, N. and Ito, K. (1999): Liquefaction of improved ground at Port Island, Japan, during the 1995 Hyogoken-nanbu earthquake, Proc., 2nd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Lisboa, Portugal, pp. 531-536. 4) 吉田望，辻野修一，中島智樹，矢野康明：多次元解析に用いる簡易な構成則 その2 ダイレタンスの考慮，土木学会48回年次学術講演会講演概要集，第3部，pp. 1218-1219，1993.

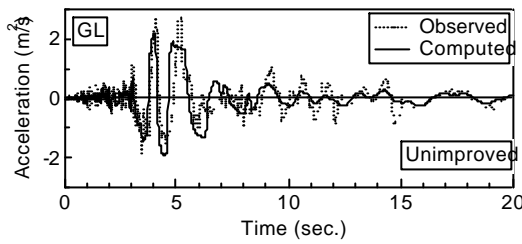


図-4 加速度時刻歴の比較 (一次元)

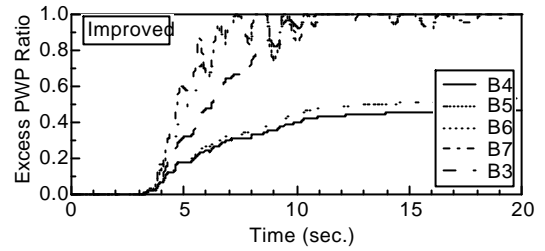


図-5 過剰間隙水圧比 (一次元，改良地盤)

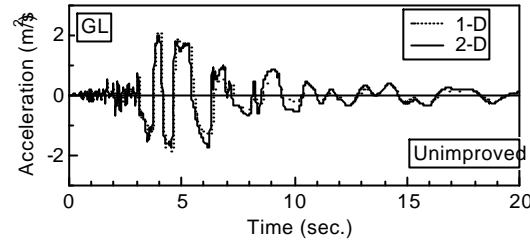


図-6 一次元と二次元の比較

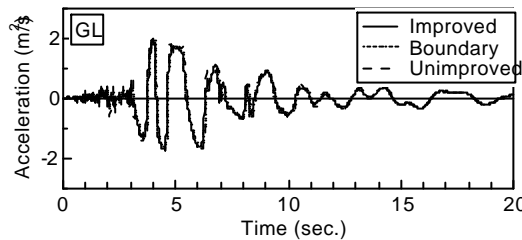
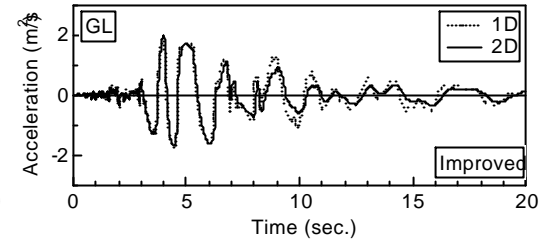


図-7 地表の応答の比較 (二次元)

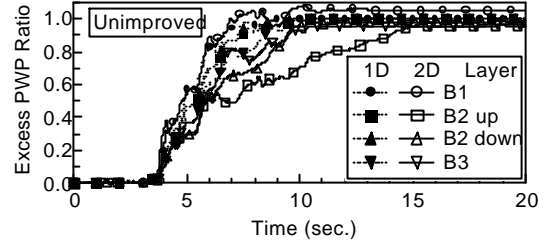


図-8 過剰間隙水圧比の比較

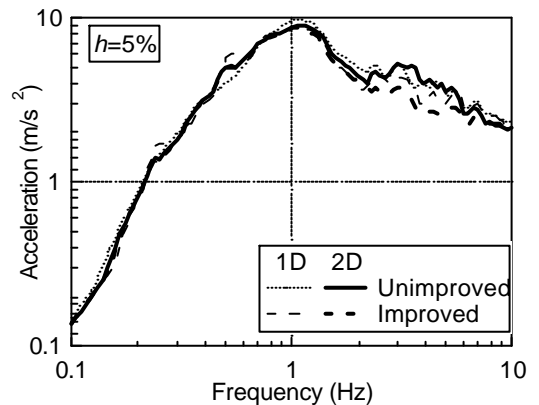


図-9 応答スペクトルの比較