

I-B 215 1995年兵庫県南部地震での鉛直アレー観測による地震動増幅特性

電力中央研究所 正会員○佐藤清隆
 関西電力 正会員 松本正毅
 (株)吉沢技研 山田栄樹

1. 目的

昨年の年次講演会において著者らは、神戸市ポートアイランドのダウンホール鉛直アレー観測で得られた兵庫県南部地震の本震（マグニチュード7.2）および余震記録を用いて、その増幅特性に適合する地盤物性（S波速度、P波速度、Q値）を同定し、液状化による非線形効果を推定した。本報告では、震源近傍の3カ所のダウンホール鉛直アレー観測（関西電力所有、深さ100m）での非線形効果も同様に推定し、本震による埋立土、沖積層、洪積層を含む表層地盤のひずみレベルに応じた非線形震動特性と地盤物性について検討を加え、地震動増幅特性を明らかにする。

2. ダウンホールでの観測記録

図-1は震源からの距離が異なる4ヶ所において得られたダウンホール観測点の位置と京都大学防災研究所により決定された本震、余震の震央分布である。図中の矢印の方向は、各地点のダウンホール記録の水平面内の軌跡（オービット）より求めた最大主軸方向を示し、本震、余震の震央分布の震源断層に最も近いポートアイランドにおいて震動の方向が断層に直交する方向へ著しく卓越することが認められた。

同一地点のダウンホール記録の水平面内の軌跡（オービット）より明らかに極性が逆方向を示したり、最大主軸の方向が20度を上回る回転をしている測点については、他の測点に一致するように極性および回転を修正した。また、最も深い測点は4地点ともGL-80mから-100mの基盤にあり、この基盤層はKNKが硬岩であるほかは、いずれも大阪層群の砂礫層からなる。表層12m~20m程度は沖積の砂や粘性土からなり、ポートアイランド（PI）ではさらにその上に17.5mの厚さの埋め立て砂層がある。図-2は、4地点の最深点における観測波形の疑似速度応答スペクトル（減衰5%）を示す。その形状は1秒付近を中心に振幅が卓越する様子がうかがえる。

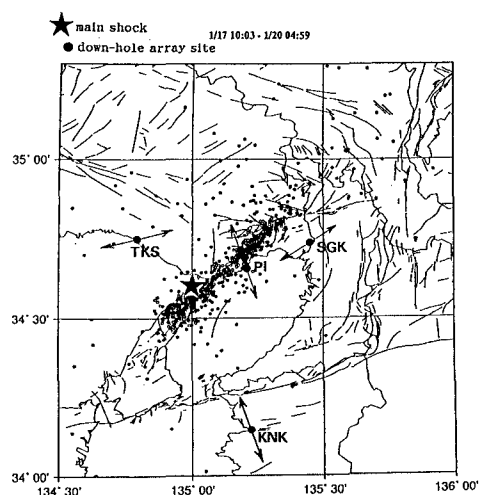


図-1 大阪湾周辺でダウンホール記録の得られた観測点と本震(★)および余震(○)の震央分布（京大防災研阿武山観測所の自動処理結果）

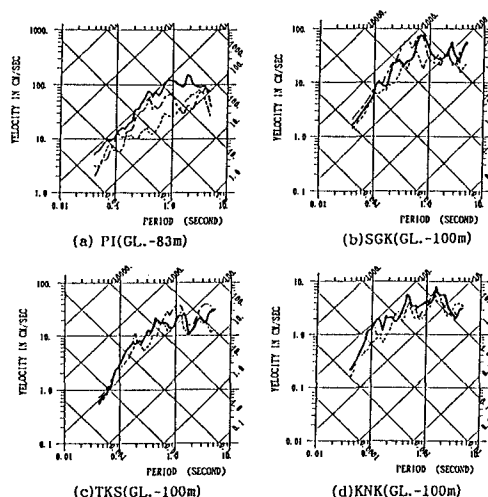


図-2 最深部(GL-100m)の疑似速度応答スペクトル($\eta=7\%$)
 (実線:NS,一点鎖線:EW,点線:UD)

3. 他の3地点の同定された物性による応答解析結果と増幅特性

昨年実施したPI地点と全く同様にSGK、TKS、KNKの3地点におけるインバージョン解析を実施し、同定した物性とこれに基づく応答解析と観測による最大加速度の分布を図-3～4に示す。

どの地点も洪積砂礫層上に堆積する深さ20mより浅い沖積砂層内の水平成分の増幅度が高いことがわかる。最深点(GL-100m)での最大加速度が300galを示すSGKでは、深さ20m付近の沖積砂礫および粘土層における地盤の2割～4割の剛性低下に伴い、地中の加速度が地表に向かっていったん低下し、その後表層付近で増大する傾向を示す。他方、震源から約50km遠方のKNK地点においては最深点（深さ100m）の最大加速度が約25gal程度であり、地表に向かってほとんど線形に増幅する。上記の2地点の震央距離のほぼ中間約24kmに位置するTKS地点では、最深点(GL-100m)での最大加速度が100galであるが、地表で液状化による噴砂を確認しており、鉛直下方からの水平動の加速度が地下水面直下で一度減少し極小値を示す分布にこの現象が反映されている。

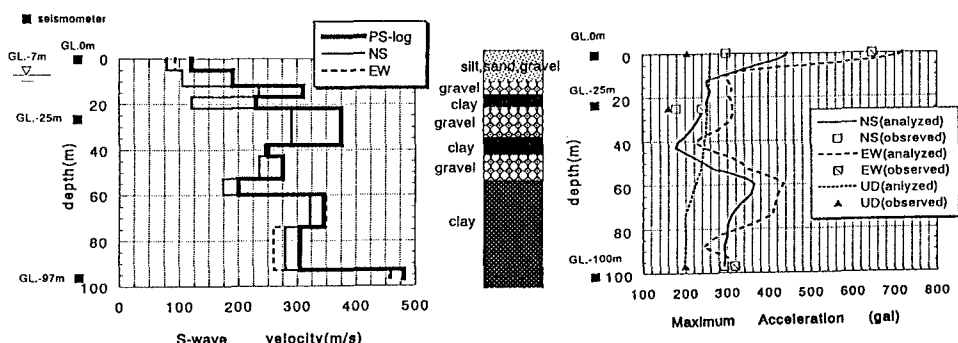


図-3 SGK地点の同定したS波速度(左側)と一次元解析、観測による最大加速度の深度分布(右側)

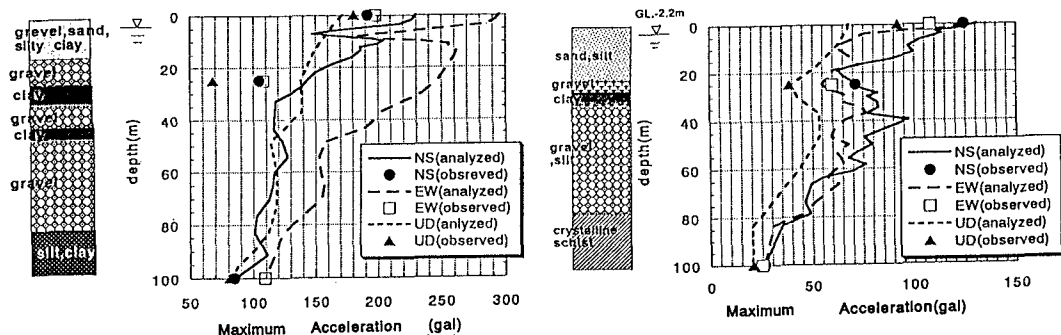


図-4 TKS、KNK地点の最大加速度の深度分布（左側：TKS地点、右側：KNK地点）

4. まとめ

①4地点の鉛直アレー観測記録による洪積層を含む表層地盤の増幅特性は、周辺地盤の広域の液状化現象が確認されたPI地点を除けば、地表に向かって沖積層内で大きく増幅し、同定した物性に非線形効果が認められたSGK、TKS地点では約2倍、ほぼ線形の特徴を示したKNK地点では約5倍の増幅を示した。

②地盤物性に非線形効果が現れた地点では、最深点(GL-100m)の洪積層での最大加速度が100galを上回る値を示すことがわかった。

5. 参考文献

- 1) 佐藤清隆, 国生剛治: 兵庫県南部地震(本震, 余震)による埋土地盤の非線形性の推定, 土木学会第50回年次学術講演会, 1995.
- 2) 石田勝彦, 佐藤清隆, 沢田義博, 矢島浩: 地震観測にもとづく軟質地盤の地下構造の推定と基準化応答スペクトル特性, 電力中央研究所研究報告385005, 1985.