

I - B 104

等価線形化法による地震動の増幅特性とその実測記録による検証

九州大学大学院工学研究科	学生員	豊永臣悟
九州大学大学院工学研究科	フェロー	大塚久哲
佐藤工業㈱	正会員	伊東守

1. はじめに

原子力分野や建築分野での重要地中構造物の耐震設計には上下動が既に取り入れられているが、一般の地中構造物ではまだ上下動は考慮されていない。しかしながら、1995年の兵庫県南部地震に代表される内陸活断層による都市直下地震では、水平方向に加え鉛直方向にも大きな地震動が観測されている。このような現状を踏まえ、本研究では鉛直地震動が地中構造物に及ぼす影響評価の基礎的研究として、鉛直地震動の増幅特性の検討を1次元、2次元地震応答解析により行い、鉛直アレー観測記録を用いて精度を検討した。

2. 地震記録とサイト条件

文献¹⁾の強震動アレー観測記録データベースに収録されている、兵庫県南部地震において観測された5地点の鉛直アレー観測記録(神戸ポートアイランド(KPI), 高見フローラルタウン(TFT), 高砂発電所(TKS), 総合技術研究所(SGK), 猪名川(ING))を用いて解析を行った。これらの地盤を1次元・2次元FEMでモデル化し、複素応答解析を行った。なお各地層の動的変形特性については、文献²⁾をもとに算出した $G/G_0 \sim \gamma$ 曲線、 $h \sim \gamma$ 曲線を用いて、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮した。1次元解析ではSHAKEを、2次元解析には地盤の有限要素汎用プログラムDINASを用いた。SHAKEについては、上下動の解析を行うために水平動の等価線形解析による収束物性値を用いた線形解析とした。ただしせん断弾性係数は $G' = 2(1-\nu)G/(1-2\nu)$ により置換した値を、減衰定数は収束値を用いた。DINASについては、地中構造物の解析において実現象に最も近いと思われる水平鉛直同時入力を想定して、同時入力解析(NS+UD, EW+UD)による解析を行った。

3. 解析結果

図1, 2に各鉛直アレー観測記録のNS, EW波を用いた解析におけるSHAKEおよびDINASの剛性比(収束せん断弾性係数/初期せん断弾性係数)の比較を示す。また図3, 4にSHAKE, DINASによる水平方向、鉛直方向の解析結果と観測波の最大加速度の比較を示す。ただしSHAKEでは水平動、鉛直動単独入力の最大加速度を、DINASでは水平鉛直同時入力の各方向の最大加速度を示している。

まず図3, 4から観測波と解析値との比較について述べる。水平加速度についてはポートアイランドを除いてSHAKE, DINASともにほぼ観測波を再現できている。ポートアイランドについては兵庫県南部地震において地盤の液状化が確認されていることから、その影響により観測値と解析値に差異が生じたと思われる。鉛直加速度ではポートアイランドを除く他の4サイトについても一致している観測点とそうでない点が見られる。TKSやSGKでは増幅傾向という点では観測値を再現できている。

次にSHAKEとDINASによる結果の比較を行う。この両者の差異は1次元解析と2次元解析の違いによるもの、鉛直動の単独入力(SHAKE)と水平鉛直同時入力(DINAS)の違いによるものである。図1, 2の剛性比の比較では、剛性低下が小さい比較的単純な地盤では両者の差異が小さいが、剛性低下の変化が複雑な地盤では両者に差異が見られた。図3の水平動による解析では両者の差異は小さいが、図5ではTFTやSGK, KPIなどDINASの最大加速度に対してSHAKEの最大加速度が大きく、DINASの方が観測値と合っている。これら観測点の共通点として剛性低下が大きいこと、逆に剛性低下が小さいINGでは両者の差異が小さいことなどから、同時入力の際に鉛直動が地盤の剛性低下や地震動の増幅に対して影響を及ぼしていることが考えられる。

4. 結論

本研究では、1次元の単独入力および2次元同時入力の解析結果と実観測波との比較から鉛直動の増幅特性について検証を行った。この結果、大規模地震動では軟弱地盤が等価線形化法の適用範囲を超えることが考えられるため、実観測波との一致は難しく、大ひずみに対する非線形動的解析が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 震災予防協会: 強震動アレー観測 No. 3, 平成10年3月. 2) 建設省土木研究所(1982): 地盤地震時応答特性の解析手法-SHAKE:DESRA-, 土研資料第1778号. 3) 伊東他: 鉛直アレー観測加速度波形に基づく鉛直方向成分の増幅特性, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 1998. 4) 伊東他: 鉛直アレー観測加速度波形を用いた地中構造物の応答に及ぼす鉛直地震動の影響, 構造工学論文集, Vol. 45A, 1999. 3.

キーワード: 鉛直アレー観測, 鉛直地震動, 同時入力

連絡先: 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院工学研究科, TEL 092-642-3268

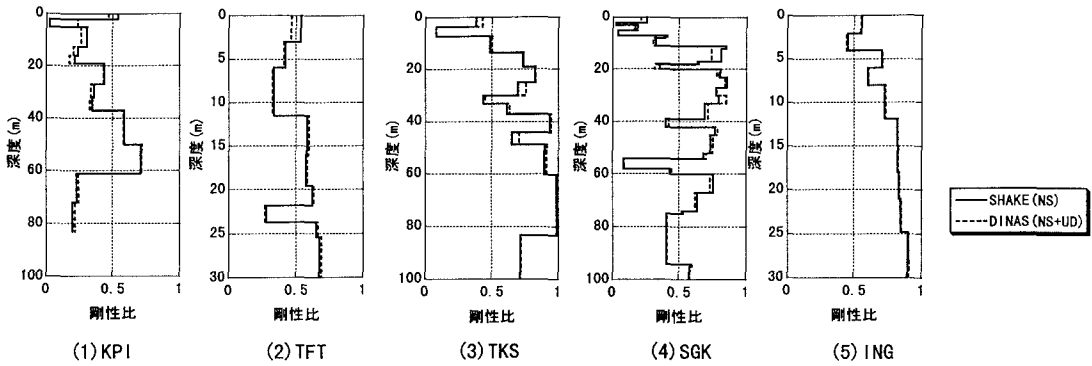


図1 剛性比の比較 (NS)

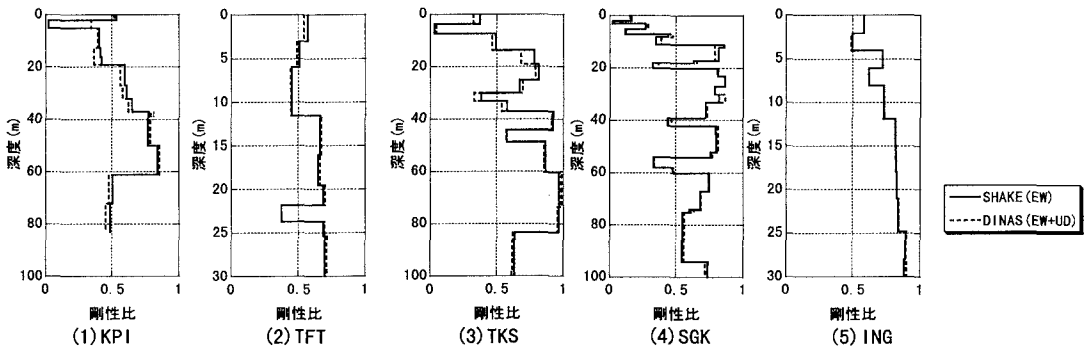


図2 剛性比の比較 (EW)

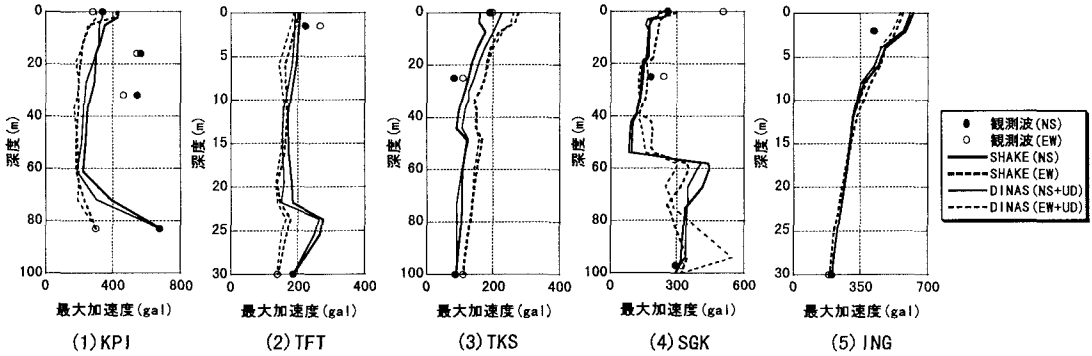


図3 水平方向最大加速度比較

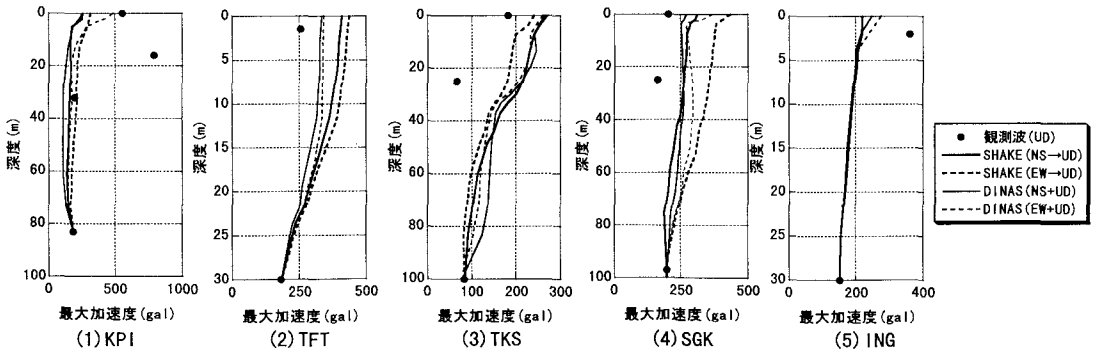


図4 鉛直方向最大加速度比較