

兵庫県南部地震におけるポートアイランド・表層地盤での鉛直動の伝播特性

奥村組 情報システム室 正会員 ○森尾 敏・技術研究所 正会員 日下部伸

1. まえがき

前報告¹⁻³⁾では、兵庫県南部地震におけるポートアイランド・鉛直アレー観測で得られた本震と余震記録にみられる S 波 (NS 成分) の伝播特性について検討した。この結果、埋立土層の液状化を考慮して大ひずみ領域のせん断剛性を低く設定した等価線形解析を実施することにより、動的変形試験に基づく通常の等価線形解析で現れる共振現象を避けることができ、波動伝播現象がうまく表現されることを示した。本報告では、鉛直動を P 波と仮定して同様の検討を行い、観測記録にみられるパルス波と地盤のダイレイタンスについて考察した。

2. 解析方法と解析条件

解析には、重複反射理論に基づく等価線形解析プログラム (SHAKE) を用いる。P 波の支配方程式は境界条件も含めて SH 波の垂直入射時の式と同じである。せん断剛性 G の代わりに $\lambda + 2G (= \rho V_p^2)$ 、応力についてはせん断応力 τ_{xy} の代わりに垂直応力 σ_{zz} を用いる。ここに、 λ はラーメの定数、 ρ は質量密度、 V_p は P 波速度である。

本震・鉛直成分の各測定点間のフェイズスペクトルのうち GL-0m/-16m 間の結果を図-1 に示す。図中に相互相関の最大ピーク時の時間遅れから得られる伝播速度 V を併記した。各測定点間とも両者は概ね一致しており¹⁾、この $V (= V_p)$ から決まる $\lambda + 2G$ を一定とした解析を行う。減衰については、減衰定数 h のばらつきが大きいため前報と同様に等価線形解析を適用する。入力地震動は、GL-83m での観測記録 (図-5(a)) を同深度に地中振幅として入力する。

3. 解析結果と考察

観測結果と解析結果の加速度時刻歴の比較を図-2 に示す。最大振幅も含めて各深度とも両者の対応は概ね良好である。ただし、GL-16m の観測記録の 10 秒以降にみられるパルス波、及び GL-0m の 14 秒以降にみられる長周期の波が解析では表現できない。パワースペクトルの比較を図-3 に示す。矢印で示

すように、解析では GL-0m において 2Hz 付近までの低振動数成分、GL-16m において 5~9Hz の高振動数成分が表現できない。GL-0m での観測結果において 0.1~2Hz のバンドパスフィルター通過後の波形を図-4(a)に、GL-16m において 5.5~8.5Hz のバンドパスフィルター通過後の波形を同図(b)に示す。前者は 14 秒以降にみられる長周期の波に、後者は 10 秒以降にみられるパルス波に対応している。

図-5(b)は GL-0m での観測波形を同深度に入力した時の GL-83m での加速度波形である。同図(a)に GL-83m での観測波形を併記した。SHAKE による解析では、GL-0m の 14 秒以降にみられるの長周期の波を表現するには、入力地震動にこの成分を持つ必要がある。

観測記録における GL-0m と GL-16m の加速度波形の比較を図-6 に示す。GL-16m の 10 秒以降にみられる矢印のパルス波の位相と GL-0m でのピークが概ね対応しており、パルス波の位相が伝播しているように見える。図-7 は図-6 の 10.5~11.5s 間を拡大したものである。図-8 に、GL-16m での UD 成分と EW 成分及び UD 成分と NS 成分の 11.5~12.5s 間の加速度波形の比較を示す。UD 成分のパルス波と水平成分のピーク位相が対応しており、UD 成分が水平動の影響を受けているように見える。UD 成分が SV 波でないことは図-1 より明かであり、SV 波であれば主要動の時間帯にも水平動との対応がみられるはずである。

GL-16m の 10 秒以降にみられるパルス波が電気

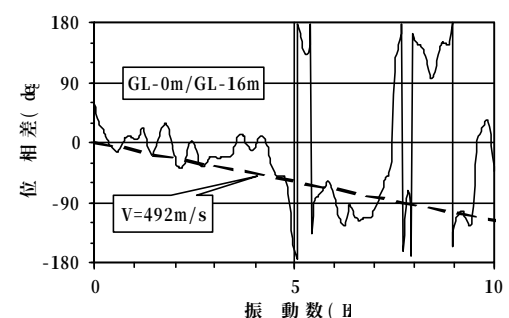


図-1 GL-0m/-16m 間のフェイズスペクトル

キーワード：兵庫県南部地震、ポートアイランド地盤、鉛直動、等価線形解析、ダイレイタンス

連絡先：〒545-8555 大阪市松崎町 2-2-2 奥村組 情報システム室 TEL06-6625-3772 FAX06-6623-7699

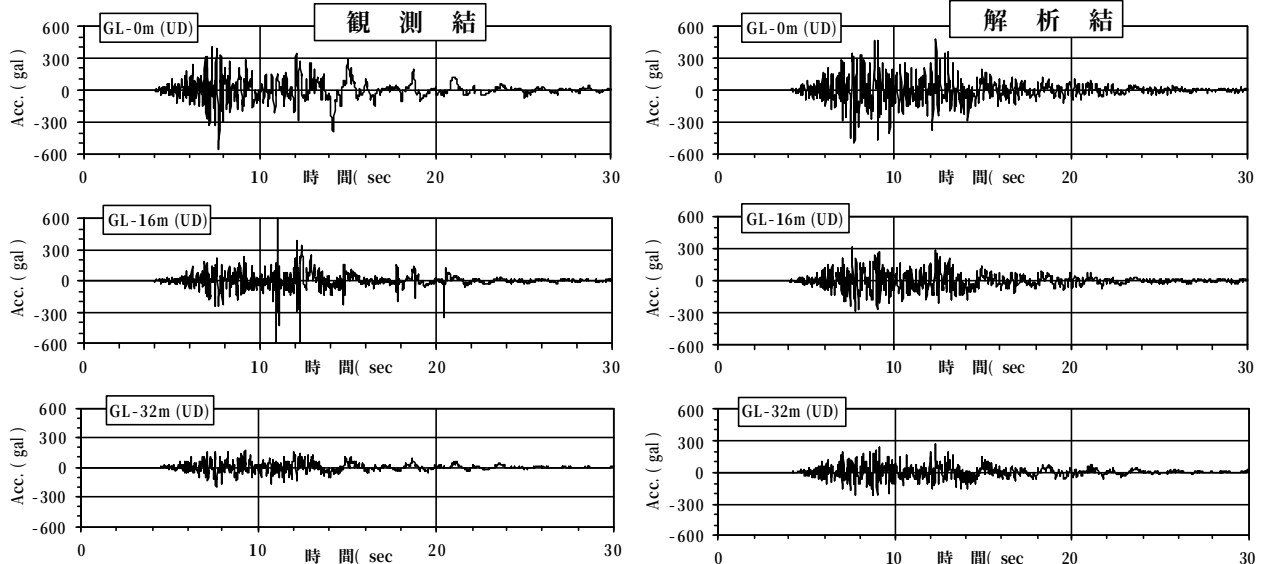


図-2 加速度時刻歴における観測結果と解析結果の比較

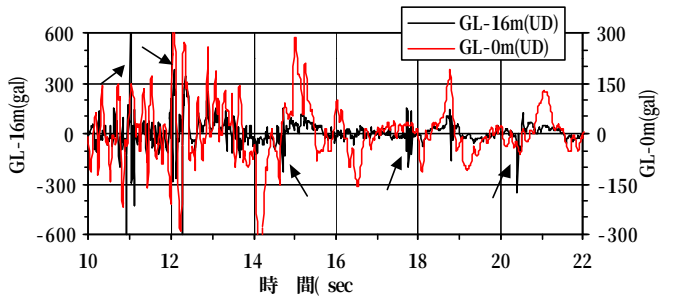


図-6 パルス波の位相 (1)

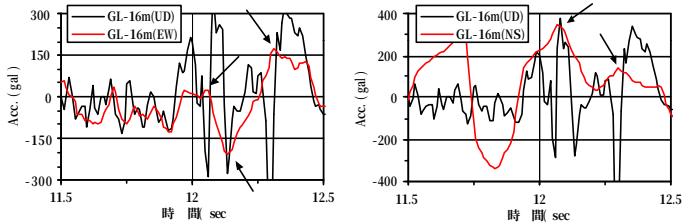


図-8 UD成分と水平動の対応

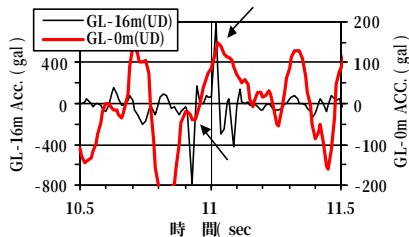


図-7 パルス波の位相 (2)

ノイズ等であれば、他のチャンネルにも現れるはずである。又、地震計の誤作動であれば、直ぐに回復するとは考え難い。

4. 結論

観測記録の UD 成分にみられるパルス

ス波はせん断に伴うダイレイタンスによって発生した可能性が考えられる^{4),5)}。

参考文献

- (1)森尾、北角、日下部：ポートアイランド鉛直アレー観測記録における波動の伝播特性、第31回地盤工学研究発表会、pp.1093-1094
 (2)森尾、北角、日下部：同上（その2）、第32回地盤工学研究発表会、pp.879-880 (3)森尾、北角、日下部：同上（その3）、第35回地盤工学研究発表会、pp.2347-2348 (4)森尾、日下部：地盤のダイレイタンスに起因する上下動について、第52回土木学会年次学術講演会（Ⅲ）、pp. 234-235 (5)寺田：兵庫県南部地震による堆積地盤の挙動、土と基礎、48-2、pp.21-24、2000.2。

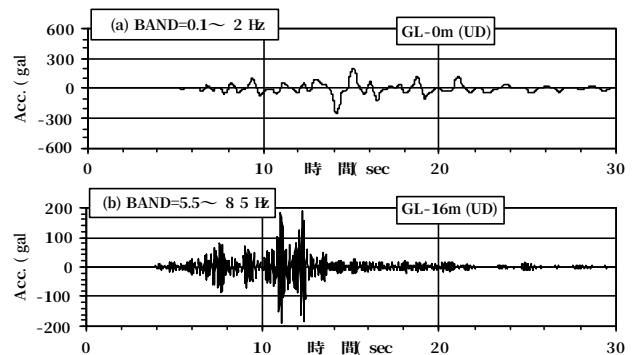


図-4 バンドパス・フィルタ通過後の波形

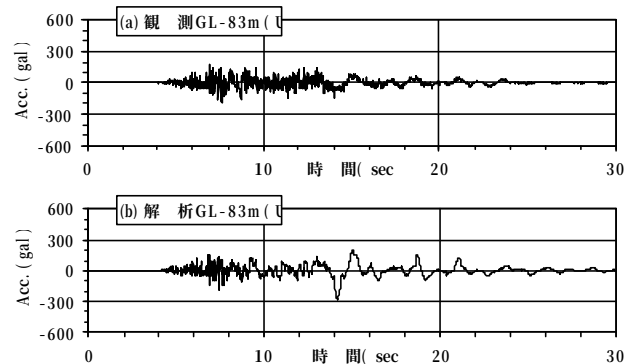


図-5 地表面波形を入力した場合の解析

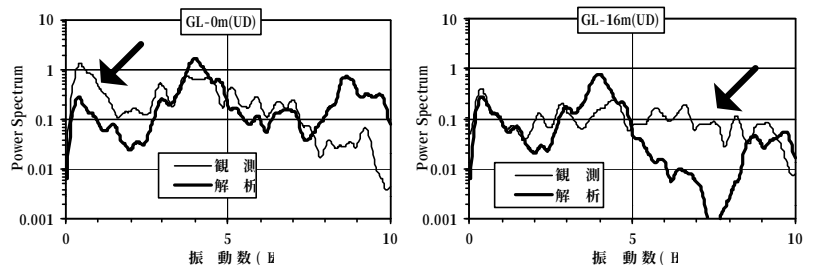


図-3 パワースペクトルの比較