

I - B 290

大型せん断土槽での振動実験結果についての等価線形法によるシミュレーション解析

鉄道総合技術研究所 正会員○長縄卓夫 永妻真治

同 上 正会員 室野剛隆 王 海波

同 上 正会員 西村昭彦

科学技術庁 防災科学研究所 正会員 箕輪親宏

1. はじめに

兵庫県南部地震以降の構造物の耐震設計では、土木学会の「土木構造物の耐震基準等に関する2次提言」¹⁾に基づき設計地震動を基盤面で設定することを基本としており、従来にも増して地震時における地盤の挙動予測が構造物の耐震設計を行う場合に重要になると考えられる。

このことから、地盤の非線形性を考慮した地震応答解析手法として最も一般的であると考えられる1次元重複反射理論を用いた等価線形解析法により大型せん断土槽で行った振動実験結果のシミュレーション解析を行い解析精度について検討を行った。

2. 実験概要

実験は、科学技術庁防災科学科学研究所所有の内寸法 11.6m、幅 3.1m、高さ 6.0m の大型せん断土槽で行ったもので、地盤試験体は自然乾燥状態の霞ヶ浦産の標準砂を空中落下法で投入することにより作成した²⁾。加振条件は表1に示すとおりである。ここで、G0C とは鉄道構造物の耐震設計において兵庫県南部地震クラスの検討に用いている基盤入力標準地震波である³⁾。

地盤の挙動を把握するため4本杭の中央、地盤内およびせん断フレームに加速度計を設置し、またせん断フレームには変位計を設置した。

3. 解析手法

上記の実験について「SHAKE」を用いて解析を行うこととし、地盤を10層に分割してモデル化した。単位体積重量については、土槽内に投入した土の重量の測定結果と予備加振後の体積より算出した土槽全体の平均的な値である 1.75 tf/m^3 を全ての層に用いた。せん断弾性波速度 (V_s) については、板たたき法による測定結果から case 1 は V_s の平均値を 120 m/s 、case 2 は地盤の締固りを考慮して 130 m/s とした。せん断剛性 (G) と拘束圧 (σ') との間に $G \propto (\sigma')^m$ の関係が成立つと考えられ、 $m(\gamma)=0.5$ として拘束圧を土槽の深さ (d) に応じて考慮した。 G はせん断弾性波速度 (V_s) の2乗に比例することから、深さ 3 m での V_s が V_s の平均値となるように各層の V_s を設定した。動的変形特性 ($G/G_0 \sim \gamma$, $h \sim \gamma$) については、拘束圧に依存させた龍岡ら⁴⁾ の関係式を用いたが、実験結果では case 2 の G0C 加振時には地盤のひずみが 10^{-2} を超えていることから、 10^{-2} 以上のひずみレベルについては $G/G_0=0.5$ となるひずみを基準ひずみとした R-O モデルにより定式化した。また減衰については $h_{\max}$ は 0.35 として H-D モデル ($h-h_{\max} \times (1-G/G_0)$) を用い、(有効せん断ひずみ/最大せん断ひずみ) の値は一般的な値として 0.65 を用いて解析を行った。

4. 実験結果と解析結果の比較

case 1 におけるホワイトノイズ⁵⁾ 100, 400gal および case 2 におけるホワイトノイズ⁵⁾ 400gal, G0C 加振時についての最大加速度および最大変位量分布を図1~8に示す。

キーワード：地震応答、振動台実験

住所：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel.(042)573-7262 Fax.(042)573-7248

最大加速度の分布図では case 1 については解析結果と計測値が非常に良い一致を示している。それに対して case 2 初忩ノイズ 400gal では地表付近で解析値が計測結果より大きな値となっているが、これは土槽に設置した杭モデルに取付けた上部工重量が case 1 より重いことによる慣性力の影響や Vs の平均値を 130m/s としたことなどが考えられる。また、G0C についてはひずみが 10^{-2} を超えていることもあり、解析値と計測値が大きく異なっている。

最大変位量の分布については全て計測値より解析値が小さい値となっている。

case 1 初忩ノイズ 400gal および case 2 Gg0C の地表面波の弾性応答スペクトルについて解析値と実測値を比較したものを図 9 に示す。初忩ノイズ 400gal は非常に良い一致を示しているが、G0C については固有周期 1.0s 以下では解析値が実測値よりも大きくなっている。

5. まとめ

地震応答解析に 1 次元重複反射理論を用いた等価線形解析法を用いる場合、加速度については地盤ひずみが 10^{-2} 以下の場合には地盤の物性値を適切に定めることにより十分な精度があると考えられるが、地盤変位については観測値に対して小さくなることわかった。今後更により適切な物性値の設定方法について検討を行いたいと考えている。

謝 辞

本解析を行うにあたり、ご指導とご協力を頂きました「基礎と地中埋設物の大型振動実験」(EDUS) 研究会の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：土木構造物の耐震基準等に関する第二次提言，1996.1.2）長縄・室野・王・西村・箕輪：基礎と地中構造物の大型振動実験 その 10 砂地盤における鋼管杭の振動実験，第 33 回地盤工学研究発表会，平成 10 年 7 月。3) (財) 鉄道総合技術研究所：新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料 4) 岩崎・龍岡・高木：地盤の動的変形特性に関する実験的研究 (II) — 広範囲なひずみ領域における砂の動的変形特性 —，土木研究報告，第 153 号，1980。

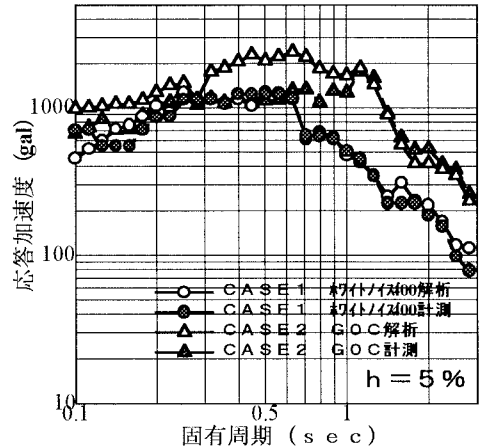
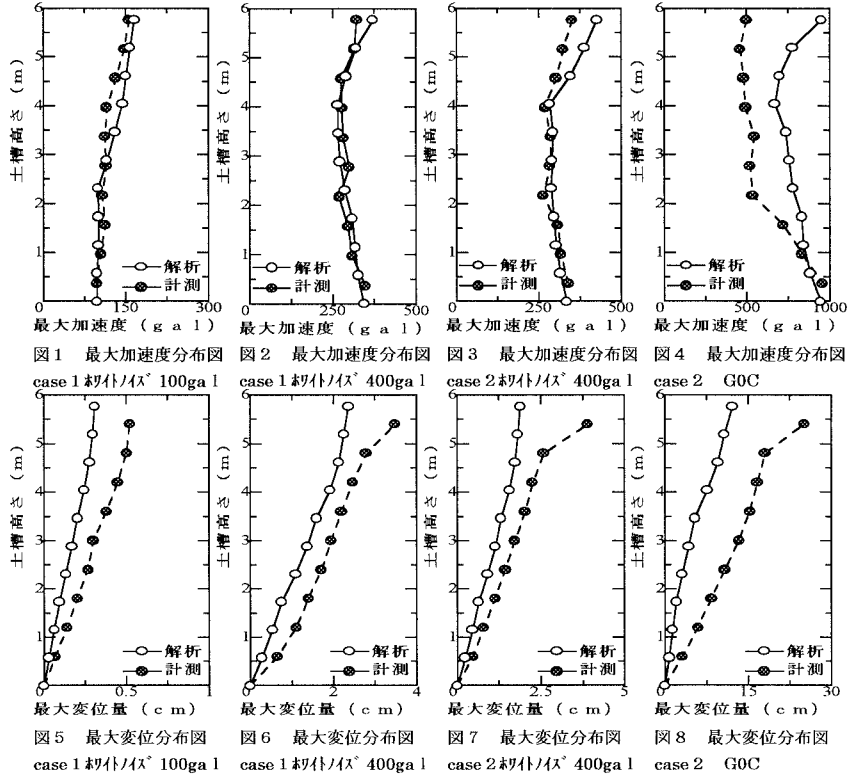


図 9 弾性応答スペクトルの比較