

(株) 間組技研研究所 正員 山口 靖紀

〃 〃 辻田 義

〃 〃 〇三原 正哉

1. ま え が き

地盤の地震応答解析を行うにあたっては、土の応力～ひずみ関係を適確に表現することが重要であり、剛性や減衰性のひずみ依存性を表す近似的な方法として、等価線形化法が設計においても用いられてきた。一方、近年R-0モデルやH-Dモデルと呼ばれる履歴型の応力～ひずみ関係を用いて、時刻歴上での直接積分によって応答計算を行う解析手法が開発され、その有用性が認められてきた。本報では、等価線形化法などの程度の範囲までであれば、履歴型非線形解析結果と差異なく適用できるかの応の目安を把握するため、単純化した地盤モデルを用いて、地盤種別、入力地動の最大加速度の2点に注目し、数値計算を行った。

2. 解 析 概 要

解析条件の一覧を表-1に示す。表層は一層系とした。そのせん断速度の相異により、道路橋示方書・耐震設計編の分類による第1種から第4種の地盤に相当している。履歴型モデルは、式-1に示すR-0モデルを用い、等価線形化法の剛性および減衰定数

$$r = \frac{\tau}{G_{max}} (1 + \alpha |z|^2) \quad \text{--- 式-1}$$

のひずみ依存性は、R-0モデルより直接求めたものを用いた(図-1参照)。履歴型非線形解析は、一次元質点系のモデルを直接積分法(Newmark-β法、 $\beta=0.25$, $\Delta t=0.004\text{sec}$)で解くプログラム(ELASP)を用いて行った。一方、等価線形化法による解析は、SHAKEを用い、有効ひずみの係数は0.65とした。

入力地動は基盤面からの入射波の形で与え、質点系モデルでは、基盤内へ伝散するエネルギーを考慮するため、下端に粘性境界としてのダッシュポット($C=PV_0$)を設定した。入力波形としては、短周期成分の比較的多いA波と、A波に比べ長周期成分の多いB波を用いた(図-2, 3参照)。

3. 解 析 結 果

図-4に最大加速度の深度分布の比較(第1種、第4種地盤)を、図-5に地表面における応答波形の加速度応答スペクトルの比較(A波の第1種、第4種地盤)を示す。また、両手法による応答結果の差異を比較するために、図-5に示す斜線部の面積の大小を示す指標($ER = \frac{\sum |a_i - a_j|}{N}$ 、ここで、 a_i 、 a_j は各周波数における加速度応答スペクトル値、 N は分割数)を求めた。図-6に、入射波の最大加速度($2E$)と ER の関係を示す。なお、ここでは10Hz以上の高周波成分はカットした。以下より以下のことが認められた。

- ① 同一地盤では、入力加速度が大きいほど、 ER の値は大きくなる。
- ② ER の値は、第2, 3, 4種地盤では、B波の方がA波より大きい。これは、これらの地盤の卓越周期付近では、A波よりもB波の方が応答しやすいためであり、卓越周期付近で両手法に差異が生じやすいことを示していると考えられる。逆に、第1種地盤ではA波の方が卓越周期付近に対し応答しやすく、 ER も大きくなっている。
- ③ 入力加速度が等しい場合、一般に地盤が軟かい方が、 ER は大きくなる傾向がある。しかし、②を述べたように、入力波の周波数特性も微妙に影響を与えているようである。
- ④ 第1種地盤で、入力加速度($2E$)が100 gal以下では、 ER の値はA, B波に対しともに5 gal以下であること、および最大応答加速度の分布がほぼ等しいことから、両手法はほぼ同じ結果を与えると言える。

4. あ と が き

本解析ケースでは、等価線形化法による応答結果は、第1種地盤で入力加速度($2E$)が100 gal以下では、履歴型非線形モデルによる応答結果とほぼ等しいことが示された。

しかしながら、地盤モデルが一層系であること、粘性減衰を考慮していないこと、手計算による解析手法が有効なみの範囲や分割数により応答に差があることなど問題点も多く、これらについてさらに検討を進めたい。

表-1 解析条件の一覧

表層の特性	厚さ(H)単位重量(γ)	$H=20^{(m)}$	分割数: 10, $\gamma=18^{(1/4)}$		
	せん断波速度(V_s)	(m/Sec)	(m/Sec)	(m/Sec)	(m/Sec)
R-0モデルの係数	α	26.2	18.2	4.8	1.3
	β	1.4	1.5	1.5	1.6
$T_g = \frac{4H}{V_s}$	(Sec)	0.8	0.5	0.32	0.18
基礎(半無限弾性体)の特性	$V_s=750^{(m/Sec)}$	$r=2.0^{(1/4)}$			
	$C=PV_s=0.153^{(kg^2 \cdot sec/cm^2)}$				
最大入力加速度(2E)	$2E=50, 100, 200 \text{ (GAL)}$				
入力波形	A, B 波(図-2, 3 参照)				

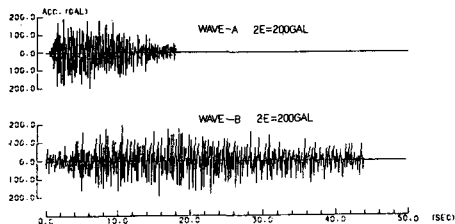


図-2 入力波形

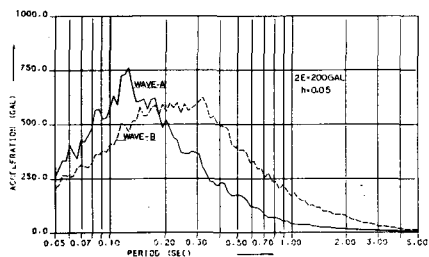


図-3 入射波の加速度応答スペクトル

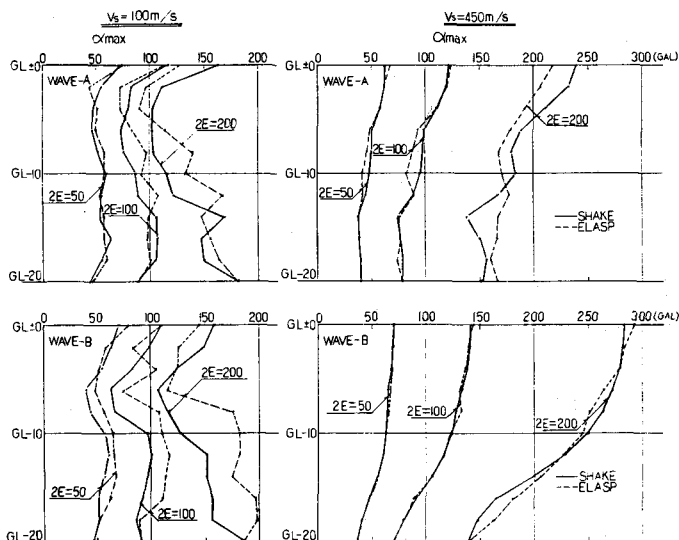


図-4 最大応答加速度の分布

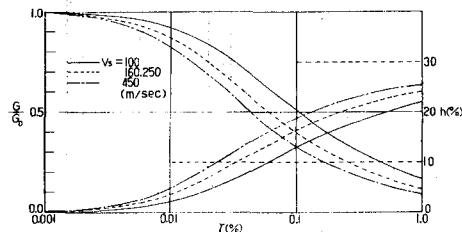


図-5 地表面の加速度応答スペクトルの比較

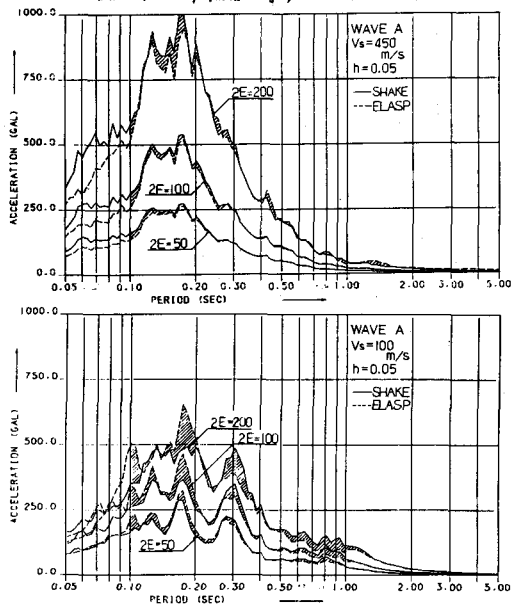


図-6 入力加速度とERの関係