

構造物の耐震設計に用いる地盤の動的解析法に関する研究

(株)フジヤマ 正会員 内田 篤志
 前田道路(株) 大島 丈宗
 芝浦工業大学大学院 学生会員 伊藤 亮一
 芝浦工業大学 正会員 松浦 章夫

1. はじめに

兵庫県南部地震等の過去における震災事例および解析事例によれば、表層地盤の特性が構造物の被害に大きな影響を与えたことが判明している。したがって、構造物の耐震設計にあたっては、表層地盤の動的解析を行なうことが必要不可欠である。地盤の動的解析法には様々なものがあるが、本研究では一般に用いられている「1次元重複反射理論による動的解析法」に関して、通常用いられる手法と地盤モデルを簡易化する手法による動的解析を行ない、それぞれの結果を比較、ならびに検討することとする。

2. 解析方法

「表層地盤に鉛直下方から地表面に向かって地震波が入射すると、地表面と基盤との間の重複反射によって、振幅が増幅されることがある」というのが1次元重複反射理論であり、これを用いた動的解析法を、本研究では1次元重複反射法と称す。

今回の1次元重複反射法による動的解析の対象地盤として、表1に示すデータをもつ全10層からなる地盤を用いる。対象地盤への入力地震動は、マグニチュード($M=8.0$)ならびに震央距離(23.5km)をパラメータとして作成した解放基盤面における模擬地震動(図1)とする。また、模擬地震動の対象地盤への入力位置を内部基盤面(第10層上面)とし、各層上面における加速度時刻歴を求める。これは通常用いられる手法であるが本研究では【方法a】とする。

しかし、【方法a】を用いるにあたっては、表1のように対象地盤の全ての層に関するデータが必要となり、データの入手が困難な場合には適用できない。そこで、「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」(以下 耐震標準と称す)を参考に、図2に示すようなダッシュ・ポットを設けて簡易化した地盤モデル(以下 簡易地盤モデルと称す)を用いての動的解析を試みる。

この簡易地盤モデルの特徴は、表層地盤中下方の層のデータが不足していても1次元重複反射法による動的解析が行なえることである。すなわち、データが不足している層をダッシュ・ポットで置き換え、ダッシュ・ポットの粘性減衰係数を、解放基

表1 解析に用いる地盤データ

深さ (m)	層 厚(m)	土質	単位体積 重量 (tf/m ³)	標準貫入試験 N値			平均 S波速度 (m/sec)	せん断 弾性係数 (tf/m ²)	減衰係数		
				0	20	40			(1/sec)		
0.0	1	3.3	AS	1.9			30.0	201.0	7833	2.0	0.02
3.3	2	3.4	AC	1.4			7.3	162.1	3754	2.0	0.02
6.7	3	5.0	AC	1.4			4.6	159.3	3625	2.0	0.02
11.7	4	5.0	AC	1.4			3.4	155.2	3441	2.0	0.02
16.7	5	2.5	AC	1.4			3.3	153.9	3384	2.0	0.02
19.2	6	6.6	AC	1.4			3.8	158.7	3598	2.0	0.02
25.8	7	7.5	AC	1.4			3.5	158.3	3580	2.0	0.02
33.3	8	4.2	AC	1.4			7.3	163.7	3828	2.0	0.02
37.5	9	1.7	AS	1.9			27.5	201.7	7887	2.0	0.02
39.2	10		BR	2.1				500.0	53571	2.0	0.02

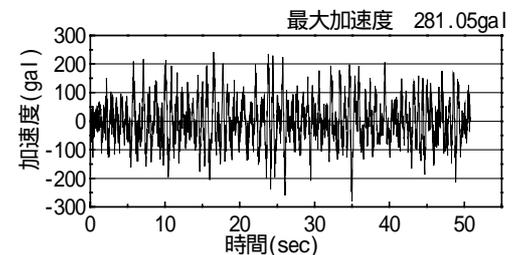


図1 入力地震動の加速度時刻歴

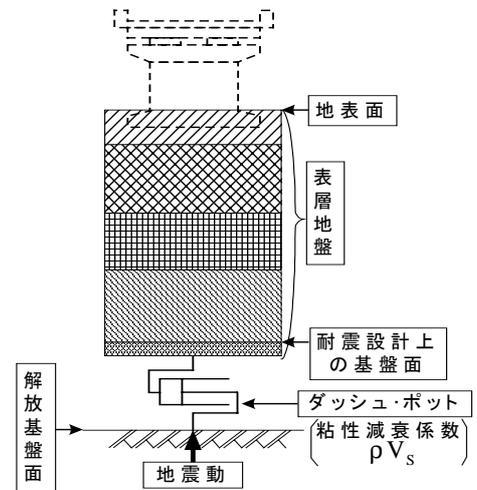


図2 簡易地盤モデル

《キーワード》耐震設計, 動的解析, 1次元重複反射法, 簡易地盤モデル

(連絡先) 〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 芝浦工業大学構造工学研究室 TEL:03-5476-3047 FAX:03-5476-3166

盤の密度 ρ とせん断弾性波速度 v_s で与えることにより, 動的解析が可能になる. 本研究では, 第9層をダッシュ・ポットに置き替え, ダッシュ・ポット上に載せる表層地盤を第1層のみ, 第1層~第2層と変化させていき, 第1層~第8層を載せた場合まで考え, 表層地盤の層数を変えるごとに模擬地震動を入力し, 各層上面における加速度時刻歴を求める. このような手法を本研究では【方法b】とする.

3. 解析結果と考察

【方法a】内部基盤面と地表面との間において, 加速度とフーリエ・スペクトルがともに変化を生じ, 最大加速度で比較してみると, 図3に示す内部基盤面での 205.78gal に対して図4に示すように地表面では 230.30gal と約12%の増幅が見られた.

【方法b】地表面における加速度時刻歴をそれぞれ図4と比較してみると, 波形は表層地盤の層数を変えてもほぼ近似したのものとなっている. その中で最大加速度が最も近いのが第1層~第8層を載せた場合(図5)である. その時の値を比較してみると【方法a】の 230.30gal に対して, この方法では 288.41gal と差が生じている. 同様に地表面のフーリエ・スペクトル(図6・図7)で比較してみると, グラフ形状が互いによく似たものになっており, 卓越振動数も互いに近い値となっているが, フーリエ・スペクトルの値に関しては, 明らかに大きな差が生じていることが分かる.

このように解析値に差が生じた原因としては, ダッシュ・ポットで置き換えた層の地盤データが考慮されていないことによるものである. しかし, 地表面の加速度時刻歴を比較してみると, 簡易地盤モデルの最大加速度の方が, 大きくでているので, 安全側の結果を与えている.

4. まとめ

地盤の動的解析には, 1次元重複反射法が一般に用いられるが, 耐震標準で提案されているような地盤モデルを簡易化する手法でも, 最大加速度については近似した値が得られたといえる. しかし, フーリエ・スペクトルについては大きな差が生じており, このことに関してはさらに詳細に検討する必要がある. 本研究では, ダッシュ・ポット上を何層の表層地盤に設定したら良いのか等について, 法則的なものを見出すには至らなかった. より多くの地盤を対象にした動的解析が必要である. また, 地盤の動的解析を行なうにあたって, 1次元重複反射法では限界があり, 2次元や3次元での動的解析を行なう必要があると考えられる.

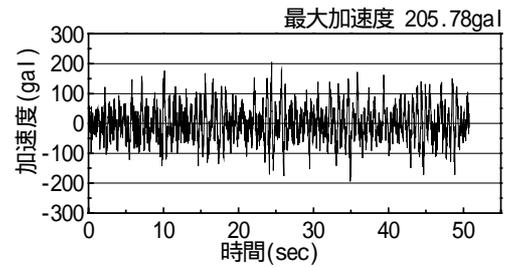


図3 内部基盤面の加速度時刻歴 (1次元重複反射法)

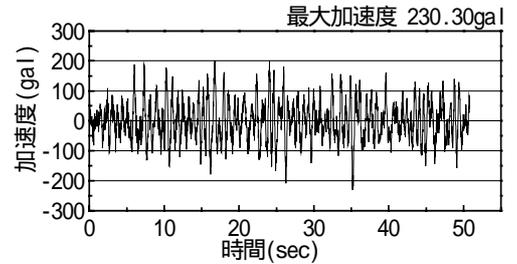


図4 地表面の加速度時刻歴 (1次元重複反射法)

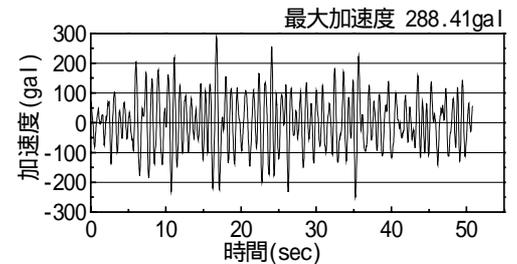


図5 地表面の加速度時刻歴 (簡易地盤モデル・第1層~第8層を載せた場合)

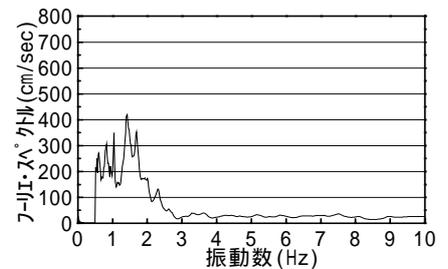


図6 地表面のフーリエ・スペクトル (1次元重複反射法)

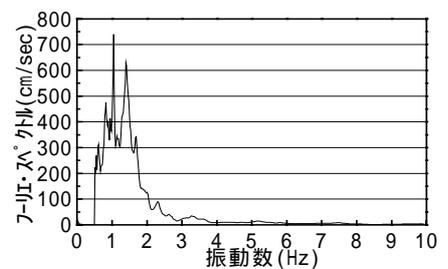


図7 地表面のフーリエ・スペクトル (簡易地盤モデル・第1層~第8層を載せた場合)