I－636　軟質層厚さの変化する地盤における地震動増幅の評価

建設省土木研究所 正会員　本田　利器
同　正会員　萩原　良二

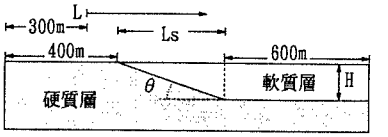
1 はじめに

地形や基盤の深さ、土質定数等の地盤条件が急激に変化する地盤上においては、地震動が増幅されることが分かってきている。本研究では、表層の厚さが変化する地盤における地震動の増幅を定量的に評価する手法について検討することを目的としている。

そのために、幾何条件等をパラメトリックに変えた28種類の地盤を対象として二次元地震応答解析を行い、その結果に基づき、地震動の増幅程度を評価する式について検討した。

2 解析条件

対象とした地盤は図－1に示されるように軟質層と硬質層の二層からなる。この二次元地盤モデルにおいて、①基盤の傾斜角度θ、②軟弱層厚さH、③軟質層と硬質層のインピーダンス比、の3種類のパラメータを変化させてモデルを設定した。まず、θとHを変化させて表－1に示される10種類の地盤モデルを設定し、このうちモデルNo.1～No.9においてはインピーダンス比を表－2に示される3種類に変えて合計28種類のモデルを設定した。なお、インピーダンス比の値は軟質層の土質定数を変化させて調整した。地盤モデルにおいて軟質層は沖積粘性土とし、せん断剛性の低下と減衰定数のひずみ依存性は岩崎、龍岡ら[1]による値を用いた。硬質層は洪積砂質土とし、そのひずみ依存性は岩崎、龍岡ら[2]による値とした。また、地盤モデルの境界条件は、左右側方については水平ローラ、モデル底面は固定境界とした。



図－1　地盤モデルの概略図

表－1　地盤モデルの幾何条件

モデルNo.	軟質層厚 H(m)	基盤傾斜角度 tanθ
0	10	∞
1		1/2
2		1/4
3		1/8
4	20	1/2
5		1/4
6		1/8
7	30	1/2
8		1/4
9		1/8

入力波形としては、茨城県南部地震（1983年2月27日）の際に土木研究所（Ⅱ種地盤）で観測された波形と、宮城県沖地震（1978年6月12日）の際に開北橋（地盤：Ⅰ種地盤）で観測された波形の二波形を最大加速度が100galとなるように調整したものを用いた。

また、地盤条件の変化を考慮した解析を行うための二次元解析に加え、一次元解析も行った。これは、地盤条件の変化がない成層地盤における地震動を算出するためのものである。一次元解析で用いた地盤モデルは、上述の地盤モデルの鉛直断面をモデル化したものを用いており、土質定数、層構成等は二次元モデルと全く同様に設定されている。なお、一次元及び二次元地震応答解析には、それぞれFLUSH及びSHAKEを用いた。

表－2　インピーダンス比と設定した土質定数

インピーダンス比	軟質層（沖積粘土）		硬質層（洪積砂）	
	S波速度 m/s	湿潤密度	S波速度 m/s	湿潤密度
0.31	100	1.55	270	1.85
0.48	150	1.60		
0.66	200	1.65		

3 地盤条件の変化による地震動増幅の評価について

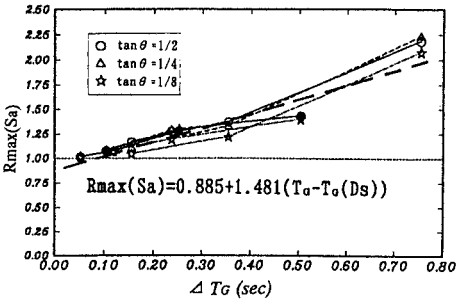
地盤条件の変化の影響による増幅を表す指標として、Rmax(Sa)を次のように定義した。まず、地盤モデル地表におけるある地点の二次元解析による地震波形の固有周期Tでの加速度応答$Sa(T)_{2D}$の、同地点の一次元解析による地震波形の固有周期Tでの加速度応答$Sa(T)_{1D}$に対する比を$R(Sa(T))=Sa(T)_{2D}/Sa(T)_{1D}$とする。

R(Sa(T)) の固有周期 T を変えたときの最大値を R(Sa) とし、R(Sa) の地盤上での最大値を Rmax(Sa) とする。

Rmax(Sa) に基づく検討の結果、増幅程度について、①基盤の傾斜角度θによらない、②軟弱層厚さ H が大きいほど大きい、③インピーダンス比が小さいほど大きい、という３点が確認できた。

この結果を考慮して、地盤の不整形性を評価するための指標として、軟弱層厚さとインピーダンス比の両者をまとめて評価できる、地盤の特性値 T_G を用いることを考えた。基盤の深さが異なる２地点における T_G の差を ΔT_G とし、この値と Rmax(Sa) の関係を図－２に示す。同図に見られるように両者には相関が見られたため、これを ΔT_G の一次式として回帰し、式 (1) を得た。図－２には式 (1) の与える値も点線で示した。

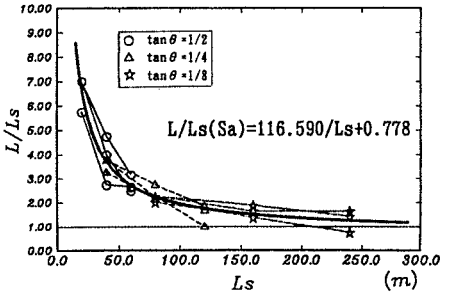
$$Rmax(Sa)=0.885 + 1.481\,\Delta T_G \qquad (1)$$



図－２　Rmax(Sa)とΔT_Gの関係

次に、Rmax(Sa) が最大となる地点を推定する方法について検討した。ここでは、物理的な意味は明確でないが、Rmax(Sa) が最大となる位置 L 及び基盤傾斜区間長さ Ls を図－１に示されるように定義した。L/Ls と Ls の関係を図－３に示す。回帰により両者の関係を表す式として式 (2) を得た。図－３には式 (2) の与える値も点線で示した。

$$L/Ls = 116.590/Ls + 0.778 \qquad (2)$$



図－３　L/LsとLsの関係

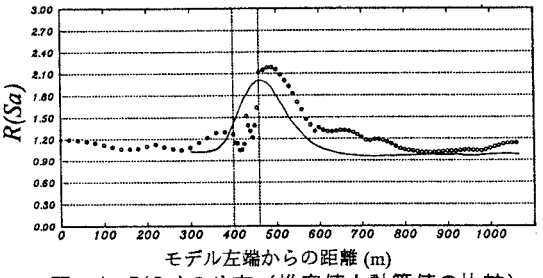
次に、R(Sa) の分布について検討し、次式を仮定した。

$$R(Sa) = A(x/\beta)^{\alpha}\exp(1-x/\beta) + 1.0 \qquad (3)$$

ここで

Rmax(Sa) : R(Sa) の最大値‥式 (1) による。
L : R(Sa) が最大となる地点‥式 (2) による。
$A = (Rmax(Sa)-1)/(\alpha^{\alpha}\exp(1-\alpha))$
$\alpha = 10$
$\beta = L/\alpha$

例として、図－４にモデル No.7（インピーダンス比は　0.31 ）における R(Sa) の分布と式 (3) の与える関数を重ねてプロットした。なお、図中で破線にはさまれた区間が軟質層厚さが変化している区間を示している。



図－４　R(Sa)の分布（推定値と計算値の比較）

4　おわりに

本研究では、軟質層厚さの変化する地盤における地震動の増幅を検討し、定式化した。今後は、増幅の大きい周波数帯に関する検討やここで示した式の適用範囲の検討などを行う予定である。

【参考文献】

1) 岩崎、龍岡ほか：共振法・振動三軸両試験による沖積粘性土の動的変形係数、第 13 回土質工学研究発表会、昭和 53 年 6 月

2) 岩崎、龍岡ほか：砂のせん断変形係数と減衰のひずみ依存性について、第 12 回土質工学研究発表会、昭和 52 年 5 月