

数量化理論I類による大阪地盤の震動予測

京都大学防災研究所 正会員 土岐憲三
飛島建設 〇正会員 戸早孝幸

1. まえがき: 地震発生時における地表面下の応答特性は、震源の破壊機構、震源距離、波動の伝播経路、地表付近の地盤特性などさまざまな要因に影響され変化する。本研究では、これらのうち地表付近の地盤の構成要素が地表面の応答特性に与える影響を、モデル地盤を用いて検討し、次いで大阪地盤の動的定数に関するデータベースを用いて応答解析を行なった。さらに応答計算結果に対して、多数いくつかの要因を考慮して数量化理論と適用することにより、重要な要因と見い出すとともに、応答値の予測式を提示した。

2. 表層地盤の応答特性: 強震時には、地盤の弾性定数が非線形となることから、応答解析に必ずみ依存性を取り入れたマトリックスによる重複反射法を用い、モデル地盤に対する計算結果より、地盤構成の各要因が応答特性に及ぼす影響度評価を行なった。モデル地盤として、5層の非線形せん断ばねと想定し、入射波は、TAF T (1952) のN2/Eの波形を使用した。図-1は各層厚を一定(各5m)、第5層を基盤($\mu=350$)とし、表層の各層の μ として100, 150, 200, 250よりなるランダムな組み合わせを仮定したときの最大加速度応答と軟弱層($\mu=100$)の出現位置別に分類したものである。これらの解析により、軟弱層の出現位置が応答の大きさに重要な影響を持つことが見い出されたが図-1よりも明らかになるように、軟弱層が上方にある程応答値が大きくなるということが明らかにされた。また、従来の研究より第1層と基盤のインピーダンスが応答値に与える影響が顕著であることが知られているが本研究でも同様の結論が得られた。

3. 大阪地盤のモデル: 大阪地盤のモデルは、土木学会関西支部と土質学会関西支部によって作成され、関西情報センターがユーザーサービスに当たっているデータベースに基づいて設定した。この61個所の地盤に対し、TAF T (1952)の最大値を50, 100, 150 galと修正した波形を入射波とし、ときの最大加速度、速度応答値の頻度分布を図-2, 図-3に示す。

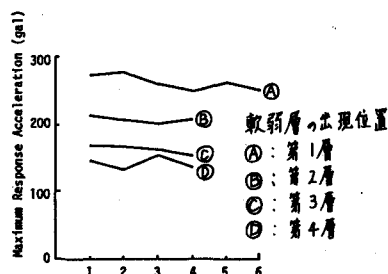


図-1 軟弱層($\mu=100$)の出現位置と応答との関係

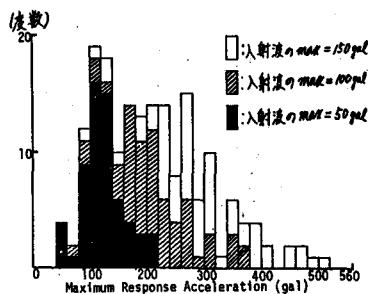


図-2 最大加速度応答値の頻度分布

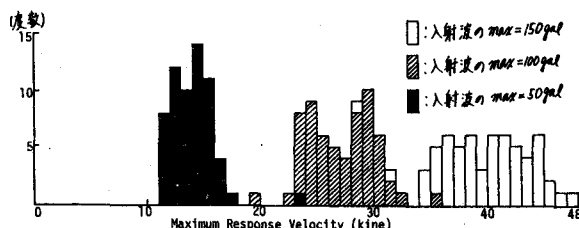


図-3 最大速度応答値の頻度分布

表-1 数量化理論I類に使用するアイテムの組合せ

CASE	第1層の μ	表層厚	基盤の μ	最小の μ	最大の μ の深さ
1	○	○	○		
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	
6	○	○	○		○

Kenzō TOKI, Takayuki TOHAYA

4. 応答予測: 表-1

のように地盤特性を表現する5つのアイテムを選択し、その組み合わせにより、6つのCaseを設定して

、図-2、図-3の計算結果

果のうち入射波の最大値が100galの場合の加速度応答に対して数量化理論により多変量解析を行なった。この結果得られる予測値に対する応答計算値の比と横軸にとった頻度分布が図-4であるが、この結果からCase 2が最も精度が良いことがわかる。次に、Case 2のアイテムに入射波の強度も取り入れたときの最大加速度、速度応答値に対する解析結果を表-2、表-3に示す。図-5、図-6に面表に基づく予測値に対する計算値の比の頻度分布を示す。数量化理論I類では、予測値をカテゴリー値の線形和で表わされるので、予測式は次のようになる。

$$d = \sum_{j=1}^n \delta_j(x_j) x_{jk}$$

ただし、 x_{jk} はカテゴリー値。

$\delta_j(x_j) = \begin{cases} 1: \text{外的基準が} j \text{項目の} k \text{カテゴリーに反応するとき} \\ 0: \text{外的基準が} j \text{項目の} k \text{カテゴリーに反応しないとき} \end{cases}$

5. 結論: 以下のように要約される。

(1) 表層地盤の構成要素のうち、軟弱層の地表面からの距離、表層厚、第1層の λ 、基盤の λ が最大加速度応答値に影響を及ぼす要因の主なものであることが判明した。

(2) 表-2、表-3より加速度振幅に与える影響は、入射波の強度、軟弱層の出現位置、表層厚がせん断波速度の大きさより顕著であり、速度振幅については、入射波の強度がかなり支配的であって他のアイテムについては、せん断波速度の大きさが、表層厚や軟弱層の出現位置の影響より大であるがその程度は顕著でないことなどがわかった。

(3) 図-5、図-6より計算値は予測式により非常に良い精度で再現されている。また入射波と開化橋(1968)の波形を使い、同様の解析を行なった結果でも予測値と計算値は良い相関を示した。

参考文献 ①土岐憲三; 土木学会編新体系土木工学II, 構造物の耐震解析, PP.71~94, 1981.
②伯野元彦, 井上凉介; 地盤の鉛直剛性分布が地表震動特性に及ぼす影響, PP.1~10, 1981.

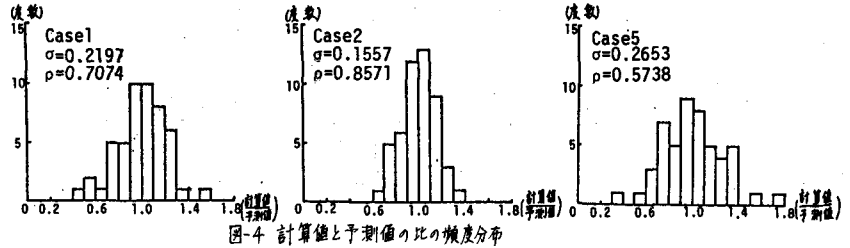


図-4 計算値と予測値の比の頻度分布

表-2 数量化理論I類の結果
外的基準: 最大加速度応答値

アイテム	カテゴリー	反応数	カテゴリー値	レンジ	重相関係数
第1層の λ (m/s)	70 ~ 110	42	207.045	47.578	0.297
	110 ~ 140	48	183.146		
	140 ~ 200	45	168.027		
	200 ~	51	199.467		
基盤の λ (m/s)	250 ~ 360	60	0.0	55.577	0.454
	360 ~ 410	42	4.787		
	410 ~ 500	42	10.626		
	500 ~	39	58.577		
表層厚 (m)	6 ~ 22	39	0.0	70.237	0.477
	22 ~ 35	48	-31.294		
	35 ~ 50	54	-70.238		
	50 ~	42			
最小の λ (m/s)	60 ~ 100	45	0.0	50.968	0.340
	100 ~ 120	51	13.440		
	120 ~ 140	39	30.271		
	140 ~	48	50.968		
軟弱層の深さ (m)	0 ~ 3	48	0.0	98.431	0.602
	3 ~ 6	42	-49.706		
	6 ~ 11	45	-49.225		
	11 ~	48	-98.431		
入射波の最大値 (gal)	50	61	0.0	173.256	0.872
	100	61	98.279		
	150	61	173.256		

表-3 数量化理論I類の結果
外的基準: 最大速度応答値

アイテム	カテゴリー	反応数	カテゴリー値	レンジ	重相関係数
第1層の λ (m/s)	70 ~ 110	42	13.287	3.825	0.505
	110 ~ 140	45	12.037		
	140 ~ 200	45	11.127		
	200 ~	51	10.472		
基盤の λ (m/s)	250 ~ 360	60	0.0	3.953	0.564
	360 ~ 410	42	1.147		
	410 ~ 500	42	1.474		
	500 ~	39	3.953		
表層厚 (m)	6 ~ 22	39	0.0	1.685	0.283
	22 ~ 35	48	0.231		
	35 ~ 50	54	1.335		
	50 ~	42	1.685		
最小の λ (m/s)	60 ~ 100	45	0.0	1.879	0.306
	100 ~ 120	51	0.263		
	120 ~ 140	39	-0.272		
	140 ~	48	-1.316		
軟弱層の深さ (m)	0 ~ 3	48	0.0	1.713	0.285
	3 ~ 6	42	0.211		
	6 ~ 11	45	0.406		
	11 ~	48	-1.045		
入射波の最大値 (gal)	50	61	0.0	25.242	0.904
	100	61	13.309		
	150	61	25.242		

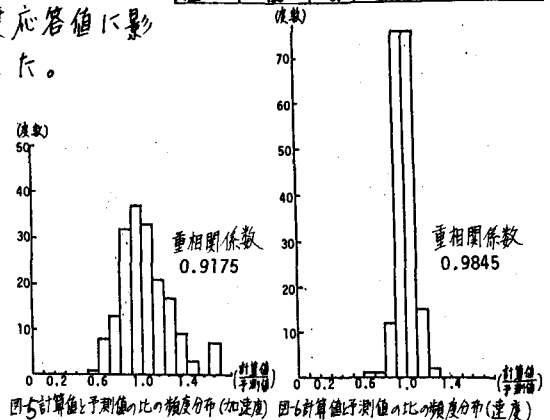


図-5 計算値と予測値の比の頻度分布(加速度) 図-6 計算値と予測値の比の頻度分布(速度)