

I-333 非線形一次元解析法による足柄平野での地震動予測
(その1 強震動のブラインド予測)

飛鳥建設(株) 正会員 三輪 滋 同 正会員 武藤 正人
同 正会員 森 伸一郎 同 同 関 宝琪
同 正会員○池田 隆明

1. はじめに

地盤の地震時挙動を予測する場合、耐震設計実務では、表層地盤を水平成層と仮定した一次元応答解析法が良く用いられる。表層地質が地震動の増幅特性に与える影響を各種の応答解析法で比較検討するために、足柄平野の地震動観測地点を対象に地震動予測のブラインドテスト¹⁾が実施され、それに参加する機会を得た。ここでは、履歴型のHardin-Drnevich型非線形モデル(H-Dモデル)²⁾を用いた非線形一次元時刻歴応答解析法を用いたブラインド予測について述べる。

表-1 地震の諸元と観測点KRIでの最大加速度

	発生日時刻	震源			マグニチュード	震央距離(km)			KRIでの加速度(Cm/s ²)	
		北緯	東経	深さ(km)		KRI	KS1	KS2	NS	EW
本震	1990/08/05 07:13:02.1	35°12.4'	139°5.7'	13.6	5.1	7.6	8.1	8.4	127.6 (強震動)	72.4 (強震動)
前震	1990/08/05 05:24:44.6	35°13.0'	139°4.4'	15.1	2.9	7.6	8.5	9.0	4.9 (弱震動)	2.1 (弱震動)

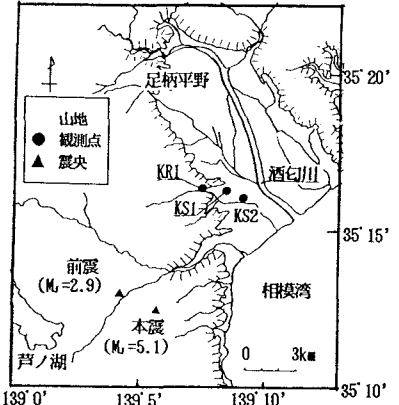


図-1 地震動観測点と2地震の震央(Kudo⁴⁾の地図に加筆、修正)

2. 解析モデル

ブラインドテストの実施された足柄平野の西端部の地震動観測地点の位置と解析の対象となったマグニチュードの異なる2地震の震央を図-1に、地震の諸元を表-1に示す。観測地点の地質構造¹⁾を図-2に示すが、岩盤上の観測点KRIからKS1・KS2に向けて地層が傾斜した不整形な地盤構造である。この地盤に対し、あらかじめ地盤調査結果に基づいて設定された表-2に示す「標準地盤モデル」が与えられ¹⁾、また、その非線形特性も図-3に例示したように与えられている¹⁾。地震動は岩盤上のKRIの記録が与えられている。これらの条件下で、KS1・KS2での地震動の予測が行われた。なお、KS1の弱震動記録は、あらかじめ与えられている。解析には履歴型のH-Dモデルを用いたせん断バネ質点系のモデルによる逐次積分の非線形一次元応答解析法を用いた。ここでは、KS1・KS2地点の地盤を独立した水平成層地盤と仮定して、与えられた地盤モデルに従いモデル化した。また、20Hz程度までの振動数に対して有効なように層分割を行ない、KRIでの記録を1/2にしたものをそれぞれの基盤での入射波入力地震動とした。せん断強度 τ_{max} は、H-Dモデルの非線形特性を表すパラメー

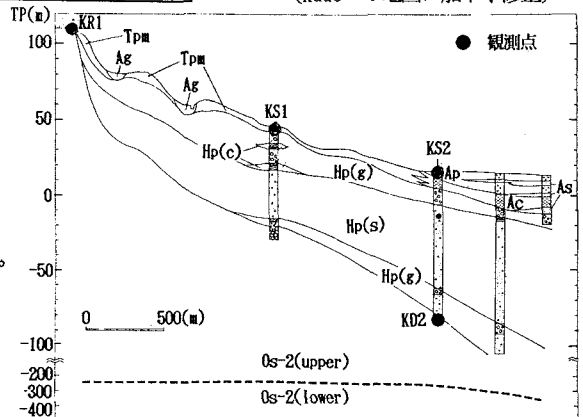


図-2 観測地点の地質断面(概東西方向)(文献1)より引用)

Ap:腐植土 Hp(s):新期箱根 軽石流:砂
Ag:沖積礫 As:沖積砂 Hp(c):新期箱根 軽石流
Ac:沖積シルト、粘土 :シルトまたは粘土
Tp:新期ローム
Hp(g):新期箱根 軽石流:礫
Os-2u(upper):古期箱根 火山砕積物
Os-2l(lower):古期箱根 火山砕積物

表-2(a)標準地盤モデル(KS1)

土質	層厚 m	γt tf/m ³	V_s m/s	τ_{max} tf/m ²
Tp	3.0	1.4	180	1.63
Hp(g)	8.5	2.3	700	1.94
Hp(c)	3.5	1.7	400	1.12
Hp(g)	10.0	2.3	700	
Hp(c)	4.5	1.7	400	
Hp(s)	31.5	1.8	400	
Hp(g)	5.0	2.3	700	
Os-2u	184.0	2.2	800	
Os-2l	-	2.4	1500	

表-2(b)標準地盤モデル(KS2)

土質	層厚 m	γt tf/m ³	V_s m/s	τ_{max} tf/m ²
Ap	4.0	1.4	70	1.11
Ac	7.0	1.5	150	1.39
Hp(g)	10.5	2.3	700	1.25
Hp(s)	56.5	1.8	400	0.25
Hp(g)	17.0	2.3	700	0.95
Os-2u	185.0	2.2	800	1.37
Os-2l	-	2.4	1500	1.37

γt :単位体積重量, V_s :せん断波速度, τ_{max} :せん断強度

タとして考え、その値は、それぞれの地震による地震動の際のひずみレベルを、別途、重複反射理論に基づく次元等価線形解析により予想し、そのひずみレベルで、非線形特性に適合するように設定した。図-3に設定した非線形特性の例を示す。なお、微小ひずみ時の減衰がゼロとなるのを防ぐためにレーリー減衰を用い、KS1での弱震動の振幅レベルが観測値と合うように $\alpha [M] + \beta [K]$ の係数を $\alpha = 0.0, \beta = 0.0005$ とした。

3. 予測解析結果

表-3に時刻歴応答の最大値を、図-4に基盤に対するフーリエスペクトル比を観測値とともに示す。予測結果は、最大値については観測値の±50%程度の値である。一方、スペクトル比では、地盤モデルから考えられる、ごく表層の固有周期のピーク(KS1: 0.08秒, KS2: 0.36秒程度)が観測値のピークよりも短周期側にあって一致しておらず、表層地盤の増幅のスペクトル特性を十分に予測できていない。また、図-5 (a)に同じ地盤モデルを用いた他の多くのブラインド予測の結果の統計値³⁾と観測値のと比較を示す。予測統計値でも本解析と同様に、全体的に観測値より短周期側にピークが見られる。これらは、平野の地盤構造の三次元的な不整形性をモデルに考慮できていないためだけでなく、次元地盤モデルそのものに再検討の余地があるためと考えられる。

また、図-5 (b)の本解析と予測統計値との比較より、本解析は他の多くの解析法の平均的な予測値を与えるものであることがわかる。

4. まとめ

以上の結果は次のようにまとめられる。

- ①与えられた地盤モデルによる予測解析では最大値は±50%程度で予測できるが、増幅スペクトル特性は十分に予測することができなかった。
- ②本解析の結果は、同時に行われた他の多くの解析手法による結果のほぼ平均的な値となった。
- ③次元地盤モデルの再検討や地盤の不整形性の考慮が必要と考えられる。

尚、本解析はESG国際シンポジウム推進委員会より提供を受けた地震動記録を用いて実施したものである。

<参考文献> 1)JESG,Ashigara Valley Blind Prediction Test,1991
 2)国生剛治,桜井彰雄:MODIFIED HARDIN-DRNEVICH等について,第33回土木学会年次学術講演会概要集第Ⅲ部,pp.116-117,1978
 3)S.Midorikawa:A statistical analysis of submitted prediction for the Ashigara valley blind prediction test,Proc. of the International Symposium on The Effect of Surface Geology on Seismic Motion,pp.65-77,1992.3
 4)K.Kudo:Objectives,distributed data for blind prediction at Ashigara valley test site and the target data,Proc. of the national symposium on effects of surface geology on seismic motion,pp.175-198,1989.11
 5)三輪滋,森伸一郎,武藤正人:非線形次元解析法による足柄平野での地震動予測(その2強震動記録に基づく地盤モデルの見直し),第47回土木学会年次学術講演会概要集第Ⅰ部,1992.9(投稿中)

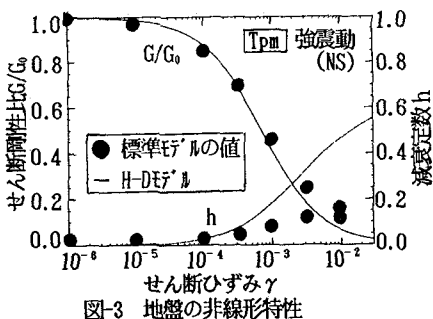


図-3 地盤の非線形特性

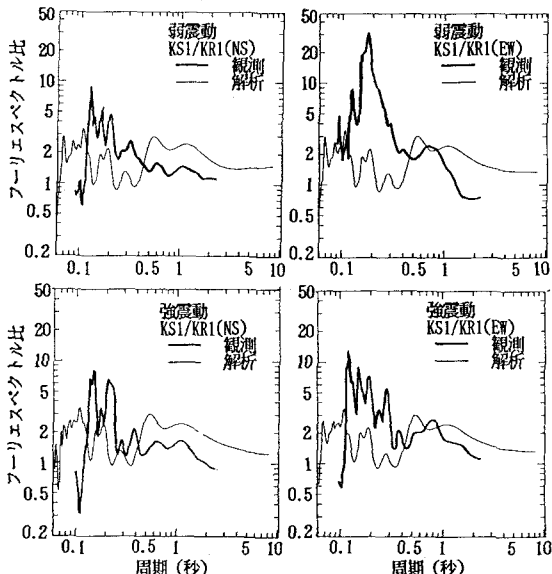


図-4 観測値と解析値のフーリエスペクトル比の比較(KS1/KR1)

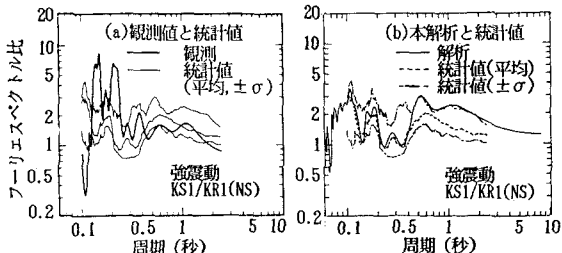


図-5 ブラインドテストの統計値との比較(Midorikawa³⁾の図に加筆)

表-3 最大応答値の比較

	地点	成分	加速度(cm/s ²)		速度(cm/s)	
			観測値	予測値	観測値	予測値
弱震動	KS1	NS	8.5	6.4	0.23	0.17
		EW	7.5	3.0	0.14	0.052
中震動	KS2	NS	4.8	9.7	0.18	0.30
		EW	2.0	3.9	0.074	0.090
強震動	KS1	NS	198.6	307.2	8.9	14.2
		EW	244.1	127.8	7.4	4.8
強震動	KS2	NS	219.9	279.7	21.9	19.5
		EW	106.5	132.4	10.7	8.1