

I-613 兵庫県南部地震の神戸本山における振り切れ記録再現に関する基礎的検討

京都大学大学院	学生員	山下典彦
京都大学工学部	正会員	土岐憲三
京都大学工学部	正会員	澤田純男

1.はじめに 1995年1月17日5時46分、兵庫県・淡路島付近を震源とする兵庫県南部地震が発生し、大きな被害をもたらした。気象庁によると、震央は東経135.179度、北緯34.641度、震源の深さ13.3Km、地震の規模はM7.2とされる。官民学共同で設置された関西地震観測研究協議会では、かねてから大阪平野を中心として高精度地震計による強震観測を行っていたが、今回の地震において余震も含めて数多くの強震記録が得られた。しかし、神戸本山・尼崎の両観測点での本震記録は最大測定値の40cm/sを越え、観測波形に振り切れを生じた。そこで本研究では、神戸本山における本震の振り切れ記録を再現することを目的として、まず、重複反射法により地表面の速度応答を求め、次にその結果得られた知見を利用しベイズの手法を用いた非線形逆解析を行い神戸本山での振り切れ波形の同定を行った。

2.強震動記録 図1は、観測点(神戸大学工学部[KOBE-UNIV.東経135.240度,北緯34.725度];岩盤点、神戸本山[KOBE 東経135.281度,北緯34.725度];地表面)と震央及び推定断層の位置を示したものである。これらの観測点において速度サーボ式強震計(東京測振製)が設置されている。各々の観測点で観測された速度波形のNS成分を図2に示す。神戸大学工学部での記録は水平動で約55cm/sの最大振幅を示している。しかし、神戸本山では最大測定値が40cm/sであったことから2ヶ所にわたって振り切れている。しかしながらこれら両者の波形形状は良く似ていて、大きなピークに関しては対応づけることが可能なことがわかる。

3.強震波形の推定法 図3に観測点位置と予想される地盤構造を示す。神戸大学工学部の記録は開放岩盤記録と見なすことが可能で神戸本山における基盤入力としても良いと考えられる。そこで重複反射法により地表面の速度応答を求め、さらにベイズの手法を用いた非線形逆解析を行い神戸本山における強震波形の推定を行うこととする。詳細に示すと以下の手順となる。

- 1) 図4に示すように神戸大学工学部を基盤とし、その上に3層の沖積層を考え各層のせん断波速度を200~700m/s、密度を1.6~2.2t/m³、減衰定数を0.01~0.03とした地盤モデルを仮定する。
- 2) 神戸本山における波形は、神戸大学工学部の観測波形振幅の1/2を入射波形とし重複反射法により推定する。なお、地盤材料の非線形特性は等価線形化の方法により考慮している。
- 3) 最も振り切れ波形に近い沖積層の深さ $d_1 \sim d_3$ をパラメータとし、ベイズの手法を用いた非線形逆解析を行い推定時刻歴波形を求める。すなわち、図2の神戸本山の振り切れ波形のA~Dの各範囲で推定波形とのRMSを最小にするように沖積層の深さ $d_1 \sim d_3$ を未知とし適当な初期値を与え、非線形逆解析手法によって沖積層の深さ $d_1 \sim d_3$ を同定し、最も振り切れ波形と一致する推定波形を求める。
- 4) 神戸本山の振り切れた所を推定時刻歴波形と比較し、図5に示すように時間幅を規準に振り切れ記録の再現を行う。

4.推定結果 A~Dの各範囲を最小にする解析をおこなったが、ここでは、Aの範囲のRMSを最小化した結果のみを示す。解析に用いた初期値及び収束値を表1に示すが沖積層の深さは各々1.8m、10.3m、58.0mとなった。次に収束値を用いて求めた推定時刻歴波形を図6に示す。これと図2の神戸本山の波形を比較すると振り切れていない部分の傾向や振幅はよく似ていることがわかる。第1、第2のピークはそれぞれ56cm/s、61cm/sである。さらに、振り切れ記録を再現したものを図7に示す。神戸本山の本震記録は第1のピークについては振り切れた中に凹部があり実際には2つのピークが存在したと考えられるが推定時刻歴波形では凹の部分が現われず再現波形は凹の部分を見捨てて再現した。第1、第2のピークはそれぞれ56cm/s、62cm/sである。最後に神戸本山の振り切れ波形及び再現波形についてフーリエ変換による微分を行い、加速度波形を得ることにより応答スペクトルを求めた。なお、再現加速度時刻歴波形は高周波数成分の影響を除くために30Hz以上の周波数をカットしている。図8に各々の加速度波形を示すが再現波形の最大値は474cm/s²となった。図9に振り切れ波形及び再現波形の応答スペクトルを示す。実線が

再現波形、破線が振り切れ波形を表わしている。1~2secでは両者はほぼ等しいが、その他の傾向では再現波形の方が大きくなっている。

5.まとめ 兵庫県南部地震本震の神戸本山における振り切れ記録の再現に関する検討を、神戸大学工学部における記録を入力とし重複反射法によって神戸本山地点の地震動を推定した。その結果、神戸本山の最大値は速度が61cm/s、加速度が474cm/s²程度であることがわかった。

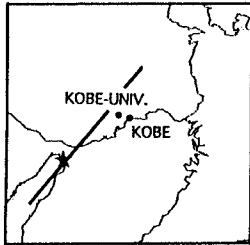


図1 震央と観測点

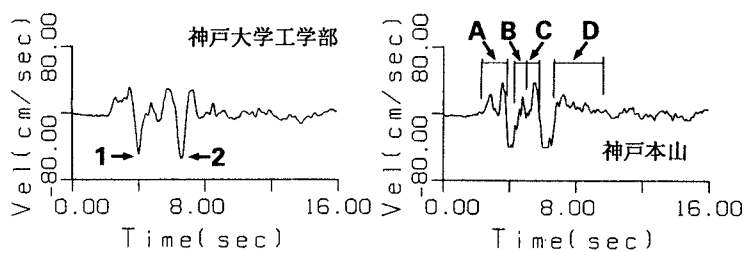


図2 速度波形のNS成分

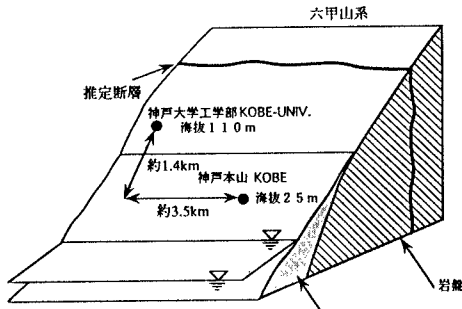


図3 観測点位置

	V_s (m/s)	ρ (t/m^3)	h
0	200	1.6	0.03 d_1
沖積層	400	1.8	0.02 d_2
500	2.0	0.01 d_3	
基盤	700	2.2	

図4 地盤モデル

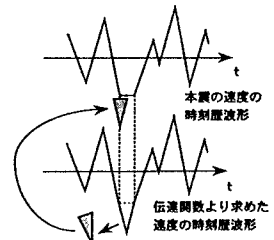


図5 強震波形の推定法

表1 逆解析に用いたパラメータ

	初期値 (m)	収束値 (m)
d_1	15.0	1.8
d_2	20.0	10.3
d_3	35.0	58.0

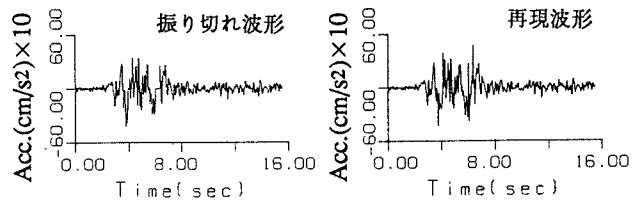


図8 加速度波形

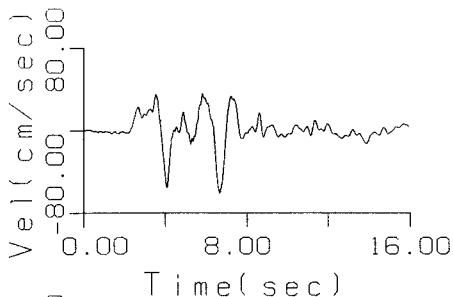


図6 推定時刻歴波形

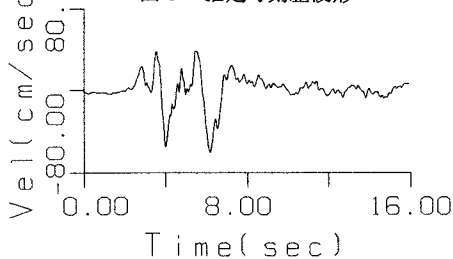


図7 振り切れ記録の再現

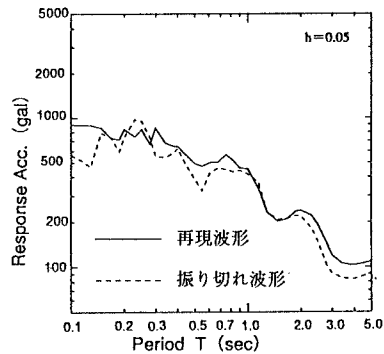


図9 応答スペクトル