

日立製作所 正員 秋山弘樹 京都大学工学部 正員 山田善一
京都大学工学部 正員 野田 茂

1. まえがき 本研究は、過去に南海沖で発生した巨大地震の震源域に設定した断層モデルに基づき、近畿・中京圏までの伝播経路を考慮し、各地において予想されるやや長周期の地震動を推定することを主目的としている。さらに、大型構造物の地震応答を算定するとともに、現行の耐震設計基準との比較検討を行った。予測方法としては、著者らが新しく開発した、余震記録から大地震動を推定する半経験的手法を用い、断層の破壊過程に確率モデルを導入した。

2. 方法論 半経験的手法の詳細は文献1)に譲るとして、以下その骨子を述べる。本研究では、波形合成のもととなるグリーン関数として選ばれた地震記録に方位補正・距離補正を施し、本震と余震の震源パラメータの違いによる両者の方位特性関数や余震と本震時に断層面上で発生する震源深さの相違を明確にしている。表面波の分散性は周波数領域の解析によって取り入れている。また、地下構造を仮定することにより走時の計算を理論的に行ない、さらに加速度波形に周期的な高周波成分がのらないような手法を考えた。

なお、入倉と同じように、Hartzellの方法におけるスケール・ファクターQの与え方の物理的なあいまいさを、スケーリング則を用いて克服した。本研究は将来起こりうるであろう巨大地震動を予測することが主眼であるから、断層の破壊過程に関する確率モデルを導入し、地震動のランダム・シミュレーションを実施した。特に、ライズタイムと破壊伝播速度が断層面上でランダム（一様分布）に分布するとした。

3. 断層モデルと地下構造 震源域が陸地に一番近い南海トラフ沿いの巨大地震は、歴史的に、地震動による被害を最ももたらしてきた。本報告で対象としたのは、1946年12月21日に発生した南海道地震である。この地震の断層の巨視的パラメータは、安藤、金森、Fitch、相田らによって推定されたものがある。本研究では、主に安藤による研究成果を用いて、断層モデルを決めた。

図1は、断層面の水平面上への投影図である。図中の◎印と×印は、本震および数値計算の対象とした余震（本震発生日、7h45m）の位置を示している。

断層パラメータとしては、断層長、幅、走向、傾斜角、食い違いの方向、断層上端の深さ、本震と余震の深さ、Q値、本震と余震のモーメント比を、150km, 70km, $M_{25} 0^{\circ}E, 25^{\circ}$, 116.57° , 4km, 7.7km, 20km, 300, 1220 とした。確定的な断層モデルとしては、ライズタイム τ を5sec破壊伝播速度 V_R を2.3km/sec とし、不規則なサブスリップを伴う断層モデルとしては、 τ が3~9sec, V_R が1.6~3km/sec の範囲で断層面上に一様に分布するとした。断層の破壊は、図1に示す本震の位置から断層上を拡がるものと仮定した。

爆破探査による、東海・近畿・四国地方および南海トラフ付近の地殻構造の推定結果を参考にして、図2に示す地下構造を仮定した。これより、走時解析をし、Love波とRayleigh波の分散曲線、変位と応力のモードを計算した。

4. 地震計の特性と実測地震記録 解析に先立ち、日本全国で過去に発生した地震の自記紙を、マイクロフィルムの形で入手した。さらに、1944年東南海地震、1946年南海道地震と1948年4月18日の紀伊半島沖の地震の本震と余震（特に $M>5$ ）の記録を写真撮影した。対象とした地震計は、中央気象台の強震計、ウィヘルト式地震計、簡単微動計などである。図3は、今回、記録の数値化

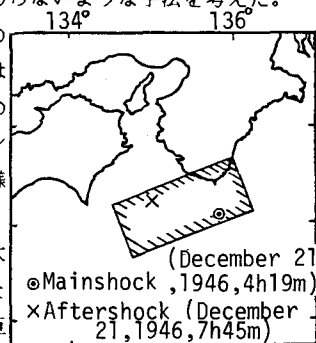


図1 1946年の南海道地震の断層モデルと本震および余震の位置

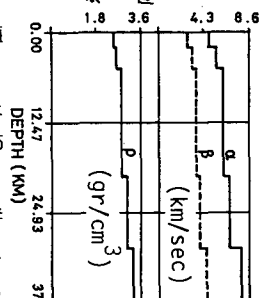


図2 採用した地下構造のモデル



図3 特に写真撮影を実施した観測点の位置

を行なった観測地点である。なお、地震計の時定数は、当時の観測原簿から調べた。数多くある余震のうち、南海道地震発生日のもので、洲本における地動の変位波形を示したのが、図4である。波形は数値フィルターを通して、周期2～20sec以外をカットした。地震計の特性としては、NS成分で、固有周期=4.4sec、制振度=2、摩擦値=0.003cm、倍率=2、紙送り速度=2.46cm/minであった。

5. 地動と応答スペクトル 計算の対象とした地点は神戸と洲本である。地震波動のシミュレーションは以下の3ケースについて実施した。

Case 1; 非弾性減衰と方位特性関数の補正を考えず、距離補正のみ考慮する。

Case 2; 方位特性と距離の補正を行なう。ただし、方位特性の計算に必要な震源深さは断層上の各グリッドで同一とし、余震の震源深さに等しくする。

Case 3; 前述と同じ補正を行なうが、震源深さは異なるものを用いる。

以下、破壊過程を確定的にした結果はCase U1～Case U3とし、不規則な破壊過程の結果はCase R1～Case R3と明示する。

図5は、Case R3における洲本の水平加速度波形の一例である。図6は、神戸と洲本におけるEW成分に対する加速度応答スペクトル($h=2\%$)である。一方、確率量としての τ と V_R の乱数の初期値が図6と異なる場合、図7のような結果が得られた。図中には本四スペクトルも併記している。

各ケースについて波形を計算したところ、Case 2とCase 3による波の形の相違はあまり見られなかった。神戸のNS成分の最大変位は他の成分のものよりも少し小さかった。洲本の水平成分の最大加速度はUD成分に比べて15～20倍程度大きく、最大変位はEW成分で大きく、乱数の発生仕方によっては40数cmにも達した。ただし、余震の記録自体に信頼性があり、実測の方位特性が理論通りに従うと仮定したときの結果であることは言うまでもない。図6と7の加速度応答スペクトルを見ると、神戸では規定値をかなり下回るが、洲本の水平動の応答は規定値と同程度か少し上回る場合がある。洲本の変位応答は周期が20sec近くにもなると、水平動で1mを越える。入力が数10gal程度でも、この程度の応答が生じることは注意を要する。計算結果は断層の複雑な破壊様式に左右されるので、実際に基準値を上回るほどの値になるかどうかさらに詳細なシミュレーションを実施してみる必要がある。

6. あとがき 本研究では限られた計算しか行わなかったが、オーダーを知るといふ意味である程度の成果を得た。中部地方、紀伊半島から瀬戸内海沿岸にかけては石油タンクなどの大型かつ長大構造物が立地している。そこで現在、本手法を今回数値化した他の地点にも適用し、将来の地震動予測を行なっているところである。その結果については、別途発表を予定している。

謝辞 資料収集に際し御協力頂いた、気象庁地震火山部と統計室、各地の管区気象台、地方気象台、測候所の方々に感謝致します。

参考文献 1) 富本・山田・野田: 半経験的手法を用いたやや長周期地震動の評価に関する一提案, 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集, 第1部, 昭和60年9月(投稿中)。

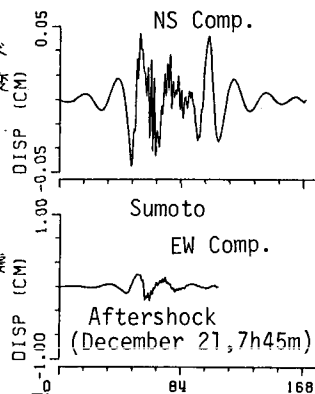


図4 余震による洲本の方位地動

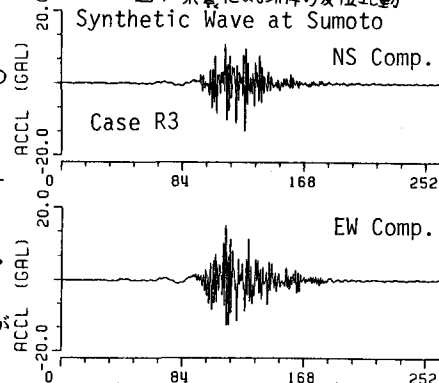


図5 ランダムシミュレーションによる洲本の加速度波形

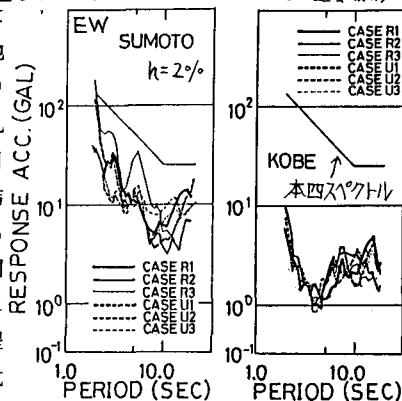


図6 合成波による加速度応答スペクトル($h=2\%$)と本四スペクトルとの比較

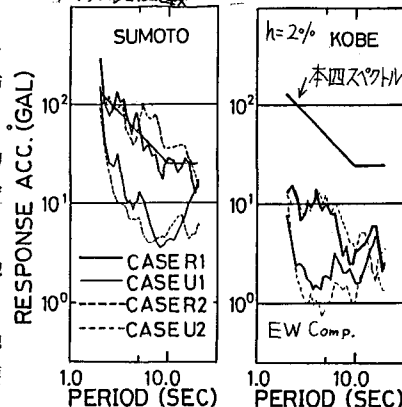


図7 破壊過程の不規則さが図6と異なる場合の加速度応答スペクトル($h=2\%$ EW成分)