

断層モデル理論による伊豆半島沖地震の地震動解析

東京大学地震研究所	正 員	伯野元彦
建設省土木研究所	正 員	岩崎敏男
建設省土木研究所	正 員	若林 進
建設省関東地建	学生員	堀内俊一

1. まえがき

長大構造物の耐震設計に際しては、長い周期まで含まれた強震時の記録波形が必要となる場合がある。しかし現在までの強震観測では、長い周期の波形記録は得られていない。そこで長い周期の地震入力を考慮するために、断層モデル理論による地震動波形の工学的な利用の可能性について検討を行なった。ここでは、伊豆半島沖地震を例にとり、断層モデル理論による地震動波形を推算し、実測波形との比較を行なうとともに、加速度応答スペクトルを計算し、同様に実測記録との比較検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 断層モデル理論による地震動の解析

断層モデル理論による地震動の計算は、一様な半無限弾性体中に考えた長 L 、幅 W の面(断層面)を境にして、立上がり時間 T の ramp function で表わされる大きさ D のずれが生じた時に、任意の点の地動(変位)を計算する方法である。

1974年伊豆半島沖地震($M=6.9$)の断層モデルとして、東京大学理学部の川崎一郎氏が提案したモデルを摘要した。このモデルを図示すると図-1に示すような断層面の形状となっており、その諸元を要約すると次のとおりである。

媒体のP波速度	$V_p = 6.0 \text{ Km/sec}$	媒体のS波速度	$V_s = 3.5 \text{ Km/sec}$
震源の深さ	$Z = 11 \text{ Km}$	fault trace direction	$\alpha_f = 135^\circ$
dip angle	$\delta = 90^\circ$	slip direction	$\lambda = 165^\circ$

ずれ(破断)の進行

	Part 1	Part 2
ずれの方向	$AV1 = 0^\circ$	$AV1 = 90^\circ$
ずれの方向	$AV2 = 90^\circ$	$AV2 = 180^\circ$
ずれの幅	$W1 = 10 \text{ Km}$	$W1 = 10 \text{ Km}$
ずれの幅	$W2 = 10 \text{ Km}$	$W2 = 10 \text{ Km}$
ずれの速度	$vR1 = 3 \text{ Km/sec}$	$vR1 = 3 \text{ Km/sec}$
ずれの速度	$vR2 = 3 \text{ Km/sec}$	$vR2 = 3 \text{ Km/sec}$

ずれの最終値 (Part 1, Part 2 共に) $D_0 = 1 \text{ m}$

ずれの risetime (Part 1 Part 2 共に) $t_0 = 1 \text{ 秒}$ 、(ずれの形状については図-3 参照)

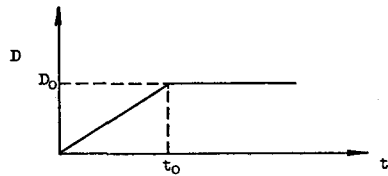
図-1において斜線部分が断層面を表わしている。地動変位を計算した地点と震央を図示すると図-2に示すとおりで、本郷、観音崎、伊東および静岡の4地点である。また震央と計算地点の位置関係を示すと表-1のとおりである。断層モデル理論による計算波形と観測点の実測波形を比較するためには、計算された地動変位を地震計の特性(固有周期、減衰定数)に応じた応答値に変換しなければならない。比較出来る実測波形(変位)が得られているのは、東大本郷、東京(気象庁)及び静岡(同)であり、表-2に示す各地震計の計器定数を使って計算した。なお、東京での地動変位は、距離の近い東大本郷の計算波形を用いた。本郷、東京および静岡の3地点において、計算波形と実測波形を比較すると、図-4のようになる。本郷および静岡の比較では、N-S、E-W成分について理論値と実測値とで初動の状況がかなり良く一致している。細かく比較すれば、実測値が理論値より周期の短い成分を含んでいる。U-D成分については、本郷

では実測値がないため比較できない。また静岡での理論値は、モデルの性質上振幅が零となっているが実測値では変位が記録されている。

以上と異なり東京の実測値は、3成分ともに理論値より短い周期成分が顕著であって、両者の対応は十分とはいえない。実測値には、このモデルでは計算できない短かい周期成分の変動が混入しているの

表－1 震央と計算地点の位置関係

№	観 測 点	方位角(度)	距 離 (Km)
1	観 音 崎	50	110
2	本 郷	35	150
3	伊 東	35	37
4	静 岡	315	55



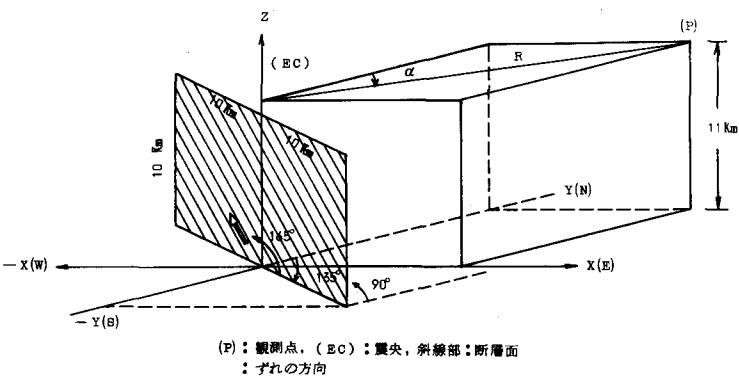
図－3 ずれの形状(One-stage ramp sourcefunction)

であろう。しかしN－S、E－W成分に比べてU－D成分の振幅値の小さいことは明らかで、この点モデルの定性的な妥当性を示していると言えよう。

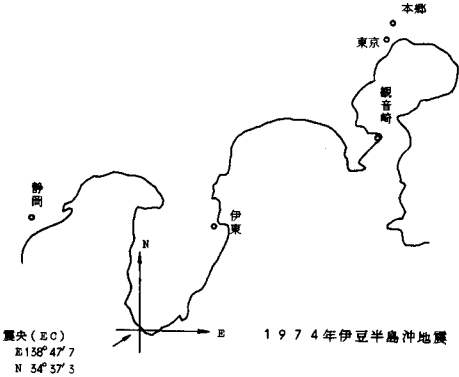
3. 加速度応答スペクトルの比較

4地点の理論値の変位波形から数値微分により加速度波形を計算し、さらに加速度応答スペクトルを計算した。そのうち観音崎の観測点では実測波形（SMAC型強震計及び地中地震計）に基づく応答スペクトルを計算し、両者を比較してみた。

その結果を図示すると、図－5のようになる。周期2秒以下の領域では、理論値のデータ間隔が0.5秒であり誤差が含まれているため実測値の応答スペクトルに対し、かなりの開きがある。2秒以上の周期領域になると少し開きがせばまっている。このことから、かなり長い周期領域では断層モデルによる波形の性質と実測波形の性質との間で傾向的一致がみられるといえる。



図－1 断層モデルの概略図



図－2 伊豆半島沖地震の震央と計算地点

表－2 各地の観測所計器の定数(変位計)

成 分	地 名	本 郷 (東 大)	東 京 (気象庁)	静 岡 (気象庁)
N－S	T(秒)	31.0	6.2	6.1
	h	0.148	0.55	0.53
E－W	T	19.9	6.2	6.0
	h	0.23	0.55	0.53
U－D	T	—	4.9	4.8
	h	—	0.53	0.54

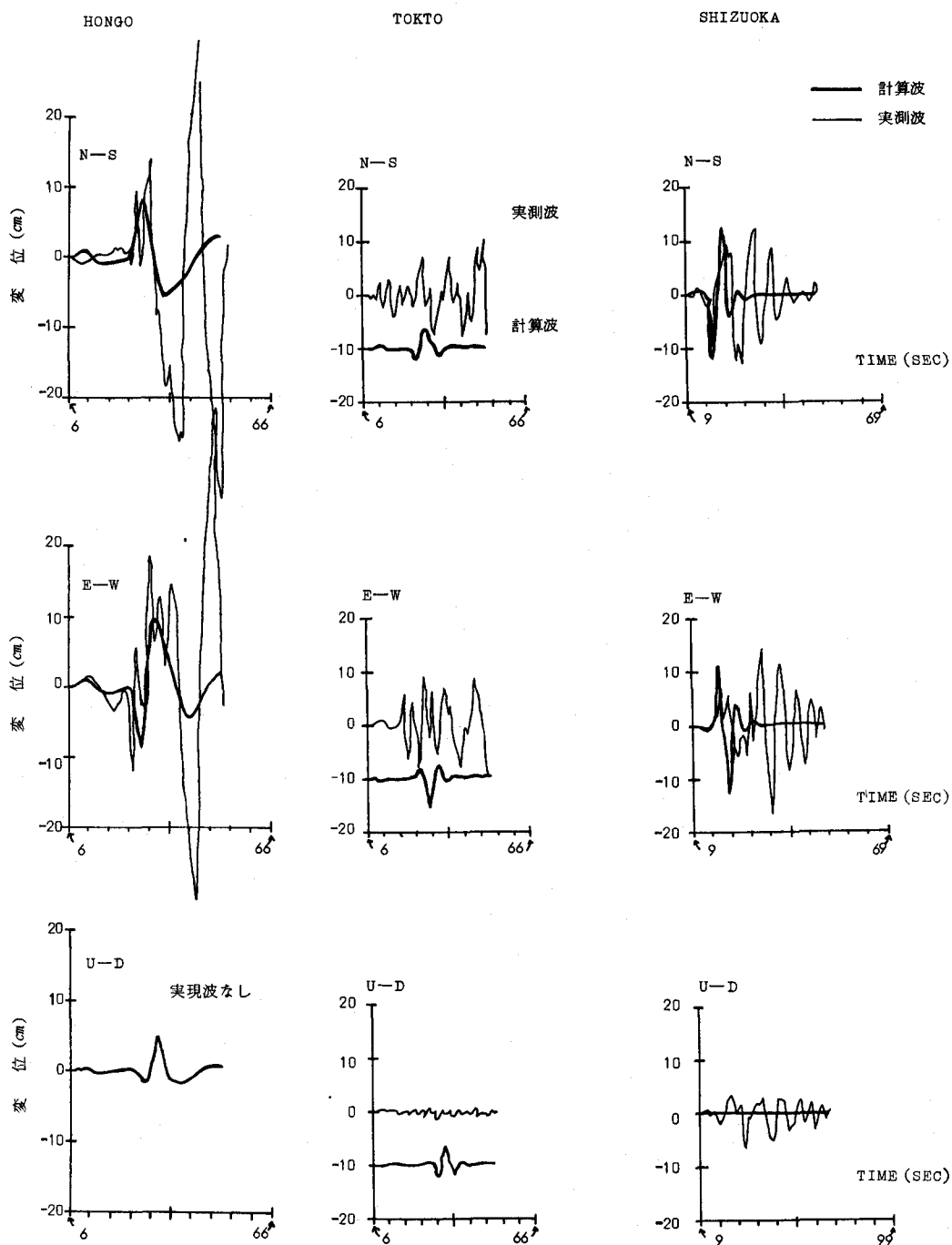


図-4 実測波形と計算波形の比較 (Tokyo の計算波形は原点が -10cm 移動している)

4. あとがき

断層モデルによる地震動および加速度応答スペクトルなどを実測値と比較したが、今後、この解析法を耐震設計に応用する際に問題となる点をあげると次のようになる。

- i) 現在のプログラムで計算される地震波には、周期の長い成分のみが含まれ、短い周期成分はほとんど

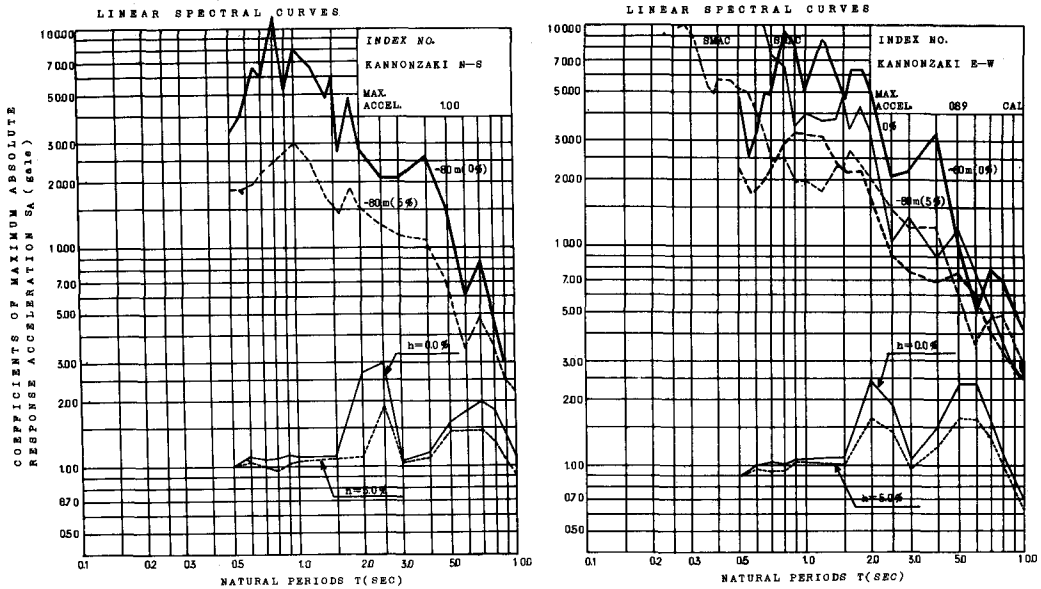


図-5 加速度応答スペクトルの比較（観音崎）

ど含まれていない。従って本理論は、構造物の周期に対応させれば利用できる可能性を持っているが、周期の短い構造物に対してはさらに検討が必要である。

ii) 理論値では、初動部の1、2波が大きく、その後は急激に減衰してしまうため実測波と異なっている。今後、断層モデルを半無限体から、2層構造あるいは多層構造に改良する必要がある。また、source functionも1つのramp sourceでなく、多段階のramp source〔N. A. Haskell, 1969など〕を用いるか、割れ目伝播の停止機構の理論〔竹内 均、1971〕などを用いれば短い周期領域でもっと対応が良くなる可能性がある。

iii) 半無限体で計算した理論波形を各観測点の基盤層の地震波と仮定し、多重反射理論により地表面の地震波を計算する必要がある。

iv) 震源から観測点までの伝播経路における地盤を均一な一層構造と仮定している点を改良することも、将来考える必要が出てこよう。

v) 本理論を用いれば、地震動のうちの長い周期をもつ変位をある程度推定できる。従って、長大橋、地中の線状構造物など長い周期の変位が重要となる構造物に対する設計用地震入力として利用できる可能性が高い。

尚、本調査は建設省が総合技術開発プロジェクトの1つとして推進中の「新耐震設計法の開発」に関連して実施された。ここに示した成果は土木研究所が(財)国土開発技術研究センターに委託して設置された耐震技術開発研究委員会（岡本舜三委員長）の地震力・地盤部会（久保慶三郎部会長）において審議検討されたものである。また断層モデルの理論計算及び断層パラメータの決定にあたっては東京大学理学部佐藤良輔教授および川崎一郎氏に御指導を得た。関係者の皆様に感謝の意を表するものである。