

半経験的地震動評価法による 余震観測波形を用いた本震動再現シミュレーションについて

電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター* 正会員 栗津 誠
電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター* 正会員 溝上 健
(株)開発計算センター 科学システム部** 三浦和美

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、建造物の供用期間中に発生する確率は低いが極めて強い地震動（レベル2地震動）を想定した耐震設計法が導入されることとなり、今後これに対応した設計入力地震動の作成実務が益々増えることが予想される。この様な情勢を背景として、当研究センターでは、設計実務担当者が対象とするサイトにおいて、合理的かつ簡便な入力地震動の予測を可能とする入力地震動作成システムの開発を進めてきた。本論文は、同システムのうち半経験的手法（入倉の手法¹⁾）を用いて、既設ダムで観測された同一断層から発震したと考えられる本震と余震の二つの地震動データを使用して余震から本震の再現を試みたところ、再現性のよい結果が得られたことから、今回用いた断層パラメータ等の設定手順や方法について報告するものである。

2. 対象地震及び観測点

1997年3月16日14:51に愛知県東部において発生したマグニチュード5.8の地震（本震）とその後に発生した余震が既設ダムの地震計で観測された。総理府の地震調査研究推進本部のインターネット情報によると、本震は震源の深さから沈み込んだフィリピン海プレート内の地震であると推定されている。余震は既設ダム地点で数回観測されたが、マグニチュードが大きいこと、震源位置が本震と近く本震の伝播経路をできるだけ再現できるものに着目して選ぶこととした。対象とした地震波形（本震及び余震）は、ダム（アーチ式）堤体からの影響が小さいと考えられるダム天端左右岸のアバット部（岩着部）に設置した地震計で観測されたものを用いて、アーチの半径方向成分、接線方向成分及び上下方向成分のそれぞれの余震データから本震地震動の再現を試みた。本震、余震、観測点（ダム地点）の位置的關係を、図-1に示す。

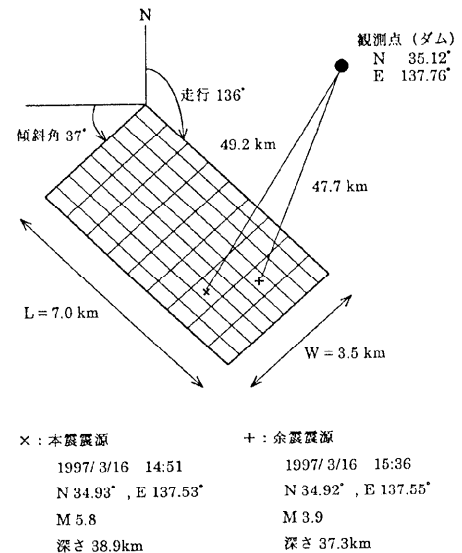


図-1 断層モデル及び観測点

3. 断層パラメータ等の設定

半経験的手法は、地震のスケーリング則を基に想定する地震断層面を小領域に分割し、実際に観測した小地震を小領域から発生する要素地震として用いて、これを断層の破壊過程に合わせて重ね合わせて大きな地震動を合成する手法であり、断層モデルの設定が必要となる。今回対象とした愛知県東部地震については地震調査研究推進本部より余震の震央分布図が公表されており、これにより断層長さ及び断層幅を設定した。断層の幅については断層長さの1/2という経験式がよく使われているが、余震分布より設定した断層幅もこの経験式に一致するものであった。本震のメカニズム解については複数機関により公表されたが、東京大学地震研究所地震予知情報センターが1997年6月9日に公表したものが今回の本震の再現性に最も良い結果

キーワード：入力地震動，半経験的手法，断層モデル，波動伝播経路

* 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 TEL 0467-87-1211 (FAX 0467-87-7319)

** 〒135-8451 東京都江東区深川 2-2-18 TEL 03-3642-9771 (FAX 03-3642-9796)

をもたらしたことから、これにより断層モデルの走向 θ 及び傾斜角 δ を設定した。地震モーメント M_0 、断層のすべり量 D_0 は、対象とする地震が海洋プレート型の地震であることから、 $\log M_0$ (dyne·cm) = 1.5M + 16.2, $\log D_0$ (cm) = 0.5M - 1.40 (佐藤の経験式) より設定した。断層のすべり速度 (V_{sl}) については、マグニチュードによらず一定 (80cm/s: 佐藤の式) とした。断層から観測点までのS波伝播速度 (V_s) は、 $V_s = V_p / \sqrt{3}$ (V_p : P波速度) より求め、 V_p は文献²⁾より 6.0 km/s と想定した。立ち上り時間 τ は、 $\tau = D_0 / V_{sl}$ より、破壊伝播速度 V_r は、 $V_r = 0.72V_s$ (Geller の式) より求めた。断層モデルの長さ及び幅の分割数 (n) は、本震と余震の地震モーメント M_0 、 M_{0e} から、 $n = (M_0 / M_{0e})^{1/3}$ より求めた。応力降下量は本震も余震も同じと考え、その比 (本震/余震) を 1.0 と設定した。設定したパラメータを、表-1に示す。

表-1 断層パラメータ

断層長さ L	7.0 km
断層幅 W	3.5 km
走向 θ	136°
傾斜角 δ	37°
地震モーメント M_0 (本震)	7.94×10^{24} dyn·cm
地震モーメント M_0 (余震)	1.12×10^{22} dyn·cm
すべり量 D_0	31.6 cm
立ち上り時間 τ	0.4 sec
破壊伝播速度 V_r	2.5 km/sec
断層分割数 n	9

4. 波形の合成

断層モデルにおける破壊開始点は、本震の震源位置からとし、放射状に破壊伝播するものとした。余震データから合成波形を作成する際には、各種パラメータを設定し直す初期の試行錯誤の段階では、合成波形と本震波形の包絡線の形状がおおよそ合うように注意し、その後、合成波形と本震波形の周波数特性 (フーリエスペクトルの形状) に注意したことが効率的であった。合成波形と本震記録の加速度最大振幅値 (絶対値) を比較したものが表-2である。これより加速度の最大振幅についてはダム右岸の半径成分を除いてはよい再現性を示していることが分る。特に上下成分については、ダムの両岸とも再現性が高いものとなった。図-2に、ダム右岸で観測した上下方向成分の余震 (要素地震)、目標地震とした本震、そして作成した合成波を示す。合成波形と本震記録を比較すると時刻歴波形の形状や周波数特性の相似性は高く、余震から本震をよく再現していることが分る。

表-2 最大加速度の比較 (gal)

	合成波 (①)	本震 (②)	①/②
ダム左岸 (半径成分)	54.0	44.1	1.22
" (接線成分)	66.0	56.8	1.16
" (上下成分)	54.5	53.4	1.02
ダム右岸 (半径成分)	102.0	68.1	1.50
" (接線成分)	34.3	44.9	0.76
" (上下成分)	71.6	69.9	1.02

5. おわりに

今回、半経験的手法により余震記録から本震をよく再現できることを確認したが、今後とも地震動を想定する場合の有効な要素地震の設定方法等に関する検討を加え、入力地震動作成システムの実用性の向上を図りたいと考えている。

最後に、本シミュレーションの検討に際して、東京工業大学大学院理工学研究科の大町教授、翠川教授、年繩助教に多大なる御指導、御助言を戴いており、ここに謝意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) Kojiro Irikura : PRIDITION OF STRONG ACCELERATION MOTIONS USING EMPIRICAL GREEN'S FUNCTIN, 1986, 第7回 日本地震工学シンポジウム
- 2) 吉井敏尅著, 日本の地殻構造, 1980, 東京大学出版会

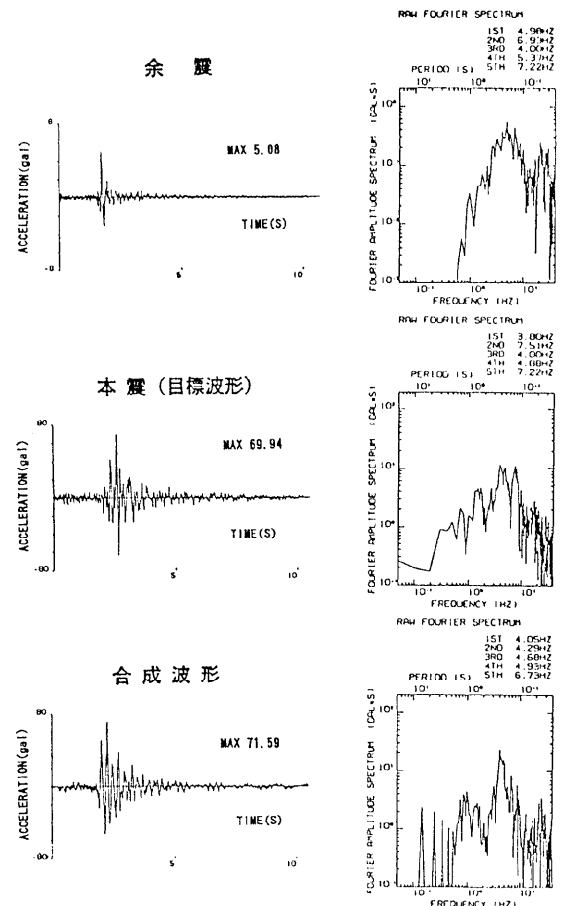


図-2 ダム右岸における余震, 本震, 合成波形 (時刻歴波形, 周波数特性: 上下成分)