

理論的手法による強震動予測手法ベンチマークテストに関する研究

D3-06402 池田 優基

1. はじめに

近年、強震動地震学が急速に発展し強震動予測手法は「レシピ」や「強震波形の作成法」として体系化されつつある。一方、工学分野においてもその成果を応用し、多くの強震動シミュレーションが行われ、入力地震動の策定などに応用されている。しかしながら同じ地震・観測点を対象としていながら、用いた手法や計算コードにより得られた結果には大きな差異が生じる場合があることが報告されている。

上記の背景を踏まえ、強震動地震学分野の研究者・実務者の方々から参加を募り、同一条件のモデルの下で様々な手法による解析結果の比較を行い、それらの適用範囲（計算可能な振動数、震源距離、盆地や地形効果の影響など）やバラツキを検討していくベンチマークテストを2009年から2011年の3年計画で実施する。

本ベンチマークテストは先行研究であるPEER/SCECプロジェクト・Day他による数値解析手法のCode Test（以下、SCEC）を踏襲し行われる¹⁾。

本ベンチマークテストでは、強震動予測における代表的な手法である3手法、理論的手法（波数積分法、離散化波数法、薄層法など）、統計的手法、数値解析手法（差分法、有限要素法など）を対象として実施されている。なお、本報では理論的手法についての検証を行っていく。

2. 研究の流れ

①. 理論的手法で計算した結果を工学院大学の結果とし、SCECと比較することで理論的手法の基準となる結果の精度を確認する。なお、この確認は前年度で既に行われている²⁾ため、本報では省略する。

②. 本ベンチマークテスト参加者の方々から理論的手法について提出していただいた計算結果を工学院大学の結果と比較する。

③. ②を踏まえ、結果に差異が生じる要因を検討する。

3. 理論的手法について

理論的手法とは断層モデルの理論に基づいて震源特性を求め、地震波の伝播特性と表層地盤の増員特性を弾性波動論により理論的に評価が行われ、計算には断層震源モデルと震源パラメーターの設定が必要である。主に波数積分法、離散化波数法、薄層法などが挙げられる³⁾。

4. 現時点での結果

4.1 モデル概要と提出状況

提出された波形（提出状況は後述する）の比較を表1の全てのモデル（各モデルの全観測点・3成分の波形）について行った。なお、本報ではT41、T43モデルについて言及する。

表1に今回述べるステップ4の4種の面震源のモデル一覧を示す（以降、それぞれT41モデル、T43モデルと呼称）。今年度の本ベンチマークテストで検討されるT41、T43モデル図を図1に、物性値を表2にそれぞれ示す。

表1 本ベンチマークテストモデル一覧

モデル名	地盤	震源	Q値	有効振動数	破壊伝播
T41	二層	横ずれ断層(上端深さ2 km: 中村-宮武関数)	有り	0~5Hz	1km2間隔一定
T42	二層	横ずれ断層(上端深さ2 km: 中村-宮武関数)	有り	0~5Hz	1km2間隔ゆらぎ
T43	二層	横ずれ断層(上端深さ2 km: 中村-宮武関数)	有り	0~5Hz	連続
T44	二層	横ずれ断層(上端深さ0 km: 中村-宮武関数)	∞	0~5Hz	連続

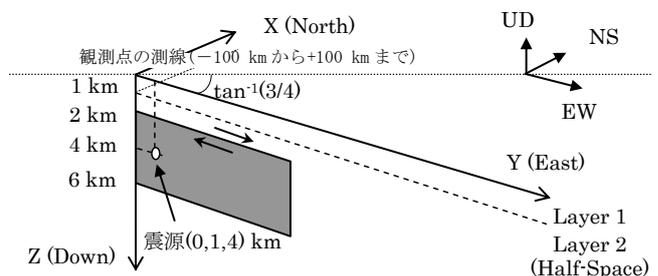


図1 T41、T43モデル図（震源深さ4km）

表2 T41、T43モデルの物性値

層	厚さ	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	密度(kg/m ³)	P波Q値	S波Q値
1	1,000	4,000	2,000	2,600	40f	40f
2 (半無限)	∞	6,000	3,464	2,700	70f	70f

断層長さは8、幅は4、震源深さは4 (km)。断層の走行角は90度、傾斜角は90度、すべり角は180度である。断層面に記された太矢印は破壊伝播の進行方向を表している。T41モデルは破壊伝播を1km²間隔一定、T43モデルは連続としている。

観測点はy軸からx軸にtan⁻¹(3/4)傾いた地点に、±2、±6、±10、±30、±50、±100kmの12地点に設けられている。出力波形は速度波形で、NS成分、EW成分、そして上下成分の3成分である。

理論的手法に関する参加者、手法を表3に示す(参加者の実名は伏せる)。工学院大学とC社は同じ手法で解析を行っている。

表3 ステップ4参加者と手法

	本報	B大学	C社(建設会社)
手法	波数積分法	3次元薄層法	波数積分法

4.2 本ベンチマークテスト参加者の結果と比較・検討

本ベンチマークテスト参加者との比較を図2、図3、図4に示す。図2はT41モデル、図3はT43モデルのそれぞれの+010km波形のNS成分速度波形である。なお、工学院大学とC社は同じ手法で解析を行っている。比較の際は0~5Hzのローパスフィルターを全波に施している。

図2、図3ともにそれぞれ参加者ごとの波形の一致度はほぼ良好である。図2、図3を見比べてみると、同じモデル・物性値であるにもかかわらず両者には違いが見られる。これは破壊伝播の違いであると考えられる。図4(観測点+010kmのNS成分速度波形)、図5(観測点+010kmのNS成分フーリエスペクトル)は同観測点において破壊伝播を変え比較したもののだが、破壊伝播が連続(間隔が狭まる)になればなるほど速度波形は滑らかになり、フーリエスペクトルの振幅が小さくなっている。破壊伝播の間隔が狭まると、破壊を受ける小断層も多くなり、小断層一つ一つの破壊の影響をキメ細かく表現できるため、図4のような違いを生み出している。

これらにより、破壊伝播の違いが波形に大きな影響を及ぼしているのがわかる。

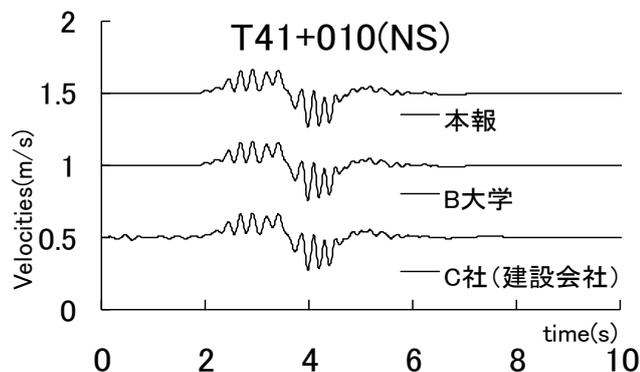


図2 T41モデル観測点+010km速度波形(NS)

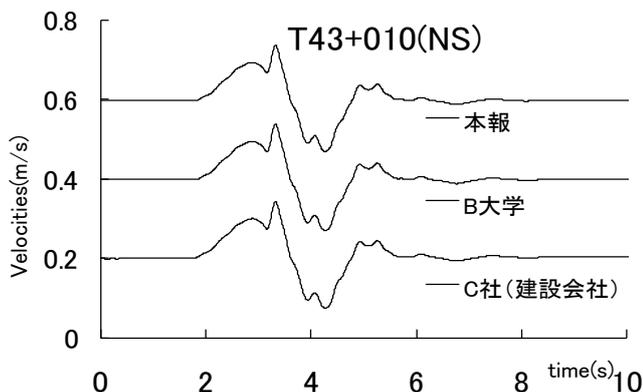


図3 T43モデル観測点+010km速度波形(NS)

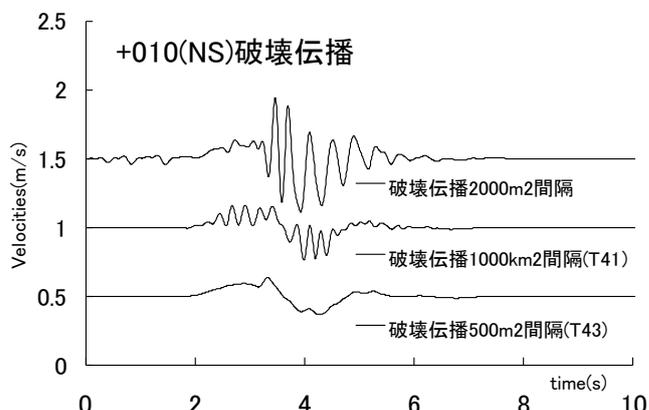


図4 観測点+010km速度波形(NS)

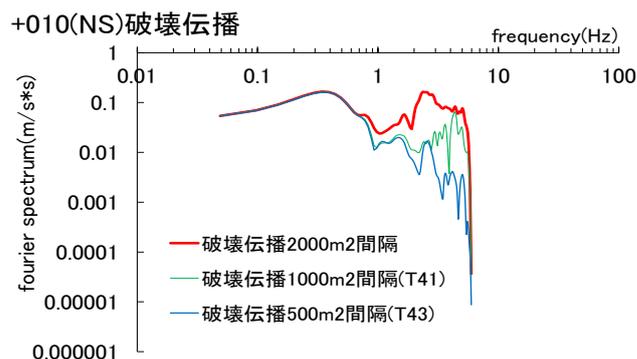


図5 観測点+010kmフーリエスペクトル波形(NS)

5. まとめと今後の研究方針

今回は①~③の流れでステップ4のベンチマークテストを行った。その結果、各参加者の結果は基本的には一致したこと、破壊伝播の違いが波形に影響を及ぼすことがわかった。

今後は今回行った手法の再検証を行っていくとともに、ステップ4に続く、自由度の高いブラインドプレディクション(観測データを伏せ、地震動を予測)を行い検討していく。そして波形データ等を公開することで多くの実務者に信頼性の高い強震動予測手法を使用可能とすることを目指す。

謝辞

本研究は、文部科学省・科学研究費補助金・基盤研究(B)「設計用入力地震動作成のための強震動予測手法の適用と検証」の研究助成で行われています。

多くの参加者方にご協力をいただいたことを、ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Final_Report_1A01.pdf PEER/SCECプロジェクト Code Test、2000年 Day 他
- 2) 松本俊明:強震動予測手法ベンチマークテストに関する研究、2009年度卒業論文
- 3) 日本建築学会:最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法、2009年