

南海トラフでの地震の運動による強震動特性の差異の分析と強震動分析ツールの開発

正会員 ○鶴ヶ野翔平*1 同 高橋広人*2
同 福和伸夫*3 同 護 雅史*4

強震動予測 南海トラフでの想定地震 設計用地震動
震源モデル アスペリティ配置 強震動分析ツール

1. はじめに

南海トラフ沿いでは、M8 クラスの巨大地震が繰り返し発生しており、東海地域における地震防災に対する切迫性は極めて高い。また、これらの地震は過去に連続的あるいは連動して起こり、東海地域に甚大な被害を及ぼしてきた。このため、南海トラフにおいて起こり得る様々な想定震源モデルによる強震動予測が重要である。

本論では名古屋市三の丸地区を対象に、経験的グリーン関数法¹⁾を用いて想定東海地震、想定東南海地震、想定南海地震の震源モデル及びアスペリティ配置による強震動予測結果を比較検討する。また、震源モデルや伝播特性の重要性をビジュアルに示し、構造設計者の強震動への理解を促すことを目的とした、強震動分析ツール「Quakeviewer」を開発したので、ここに紹介する。

2. 震源モデルによる予測結果の比較検討

震源モデルは中央防災会議²⁾によるモデルを用い、(a)東海・東南海・南海地震の三連動、(b)東海・東南海地震の連動、(c)東南海地震、(d)東海地震の 4 つのケースで比較検討した。各震源モデルを図 1 に、合成に用いる要素地震及び震源パラメータを表 1 にそれぞれ示す。東南海地震にはEvt.1 の地震を、東海地震にはEvt.2 の地震を適用した。南海地震には、想定断層内で起きた適切な中小地震の観測記録が得られていないため Evt.1 を適用した。また、破壊伝播の揺らぎや特定の要素地震の影響が卓越しないようするため、各要素断層にあてがう中小地震の配置や、要素断層からの放射位置を乱数により決めた。

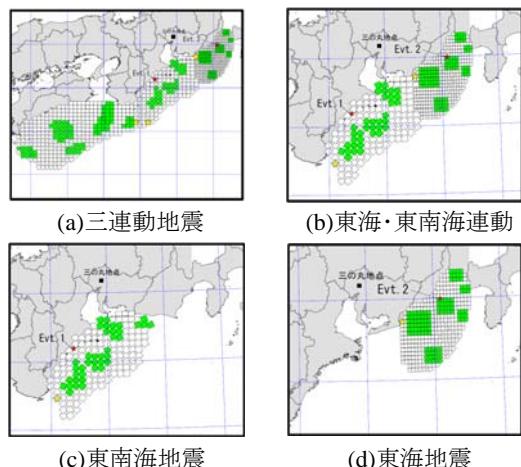


図 1 検討に用いた震源モデル

Analysis of Difference Characteristics of Strong Motion by Source Models at Nankai Trough and Development of Analysis Tool for Ground Motion Data

図 2 に波形合成結果の速度波形 (NS 方向) 及び擬似速度応答スペクトル (NS 方向、減衰 5%) を示す。

速度波形を見ると、三連動地震の継続時間が長いが、80~180 秒の強い揺れの部分では東海・東南海連動地震、東南海地震と波形の様相は類似している。東海地震は継続時間が最も短いが、破壊開始点が最も観測地点に近いため地震到達までの時間が短くなっている。最大振幅値について見ると、三連動地震が 59.9kine、東海・東南海連動地震が 55.5kine、東南海地震が 60.5kine とほぼ同じである。一方、東海地震では 18.7kine と小さくなる。

擬似速度応答スペクトルを見ると、東海地震が他の 3 地震に比べ応答値が低く、他の 3 地震は類似した応答を示している。以上から、三の丸地区においては想定東南海地震の震源断層からの影響が大きいことを示している。

3. アスペリティ配置による予測結果の比較検討

本節では、アスペリティ配置による予測結果を三の丸モデル³⁾に着目し比較検討した。震源モデルは、三の丸モデルを基準 (モデル A) に、対象となる名古屋市三の丸地区に一番近い東南海地震のアスペリティを、沖へ移動距離を変えてずらしたモデル (モデル B,C) と、名古屋に一番近い部分のみを沖へずらしたモデル (モデル D) を用いた。図 3 に検討に用いた各震源モデルを示す。また、用いる要素地震及び震源パラメータは 2 節と同様とする。

図 4 に波形合成結果の速度波形 (NS 方向) 及び擬似速度応答スペクトル (NS 方向、減衰 5%) 示す。

周期特性は対応しているが、短周期側において応答値の差異が明瞭である。アスペリティ配置が沖へ離れていくに従い、速度波形の最大値・応答スペクトルの応答値は

表 1 要素地震の震源パラメータ

No.	日時	震央地名	深さ	M_o (dyn·cm)	f_c (Hz)	σ (bar)	S (km ²)	D (m)
Evt.1	2000/10/31 01:43	三重県南部	38km	1.70E+24	1.35	413	4.65	0.587
Evt.2	2001/04/03 23:57	静岡県中部	35km	8.17E+23	1.4	222	4.32	0.3

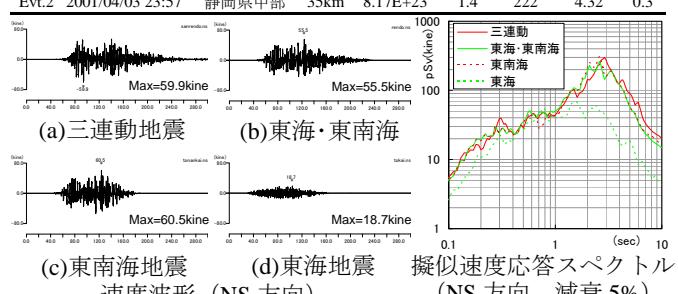


図 2 合成波形結果の一例

TSURUGANO Shohei, TAKAHASHI Hirohito
FUKUWA Nobuo and MORI Masafumi

共に小さくなっている。一方、モデル A とモデル D の短周期側には明瞭な差異が見られないことから、これはアスペリティ配置による、距離減衰の影響と考えられる。

4. 強震動分析ツール

本節では、震源モデルや伝播特性の重要性を視覚的に示し、構造設計者の強震動への理解を促すことを目的とした、強震動分析ツール「Quakeviewer」について述べる。

「Quakeviewer」は、対象とする震源データ、観測地点の地表面における推定波形及び建物応答波形、地図データなどを読み込み、断層破壊伝播の様子、最大 10 地点までの推定波形、建物の応答、震度、粒子軌跡（オービット）を同時にアニメーションで確認することができる。

例として、想定東海・東南海地震を対象とした本ツールの実行例を示す。図 5 に地震発生から 100 秒後の様子を示す。本ツールでは同図①のように、地震発生からの断層破壊の様子が見られる。また、断層の破壊が進行するに従い、震源や各アスペリティから波面が同心円状に広がっていく。これらは、震源や各アスペリティから発せられる P 波及び S 波を示しており、これにより各観測点への地震波の伝播の様子、またどのアスペリティの寄与が大きいかを視覚的に捉えることができる。

同図②は、各表示地点の異なる高さの建物の応答を表示しており、地表と建物頂部の10秒震度も表示している。これにより、地域や建物高さによる応答性状の違いを断層の破壊性状と併せて分析が可能となる。さらに、図3④のオービットと同時に見ることにより、観測点での建物高さによる揺れの違いを擬似三次元的にアニメーションで見ることができる。

また、同図②の表示を切り替えることにより、地表面

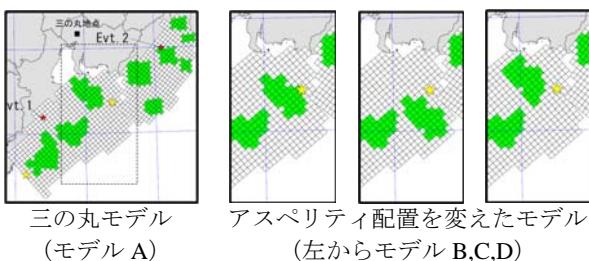


図 3 検討に用いた震源モデル

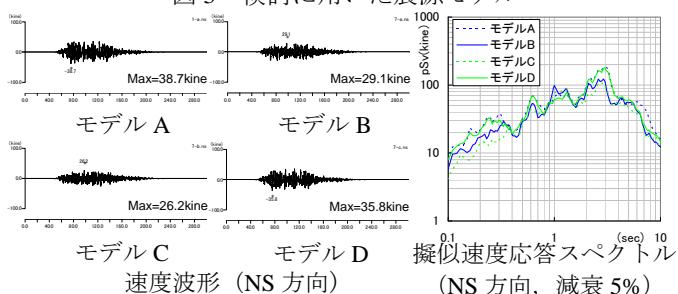


図 4 合成波形結果の一例

*1 名古屋大学大学院環境学研究科

*2 応用地質株式会社 博士（工学）

*3 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

*4 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・博士（工学）

の時刻歴波形を確認することができ、同図①と合わせて見ることで、各アスペリティが各評価地点に及ぼす影響や破壊開始点・破壊進行方向による影響も確認しやすくなる。また、同図③のように各地点の写真を表示することで、各地点周辺の状況をイメージしやすくしている。

以上のように、本ツールを用いることで、地震波の伝播や断層の破壊の様子を時刻歴で確認することができる。また、地震の運動の仕方やアスペリティ配置による揺れ方の違いを表示することにより、各震源域の寄与や、個々のアスペリティの寄与の分析が容易になった。

5. まとめ

本論では、想定東海地震・想定東南海地震・想定南海地震の震源モデル及びアスペリティ配置による強震動予測結果の違いを比較検討した。波形や応答スペクトルを比較した結果、名古屋市三の丸地区においては想定東南海地震による震動が卓越すること及びアスペリティ配置により短周期側で応答値の差異が生じることが確認できた。

また、想定地震の震源の破壊や地震波の伝播の様子と併せてみることで強震動予測結果を理解するためのツールである「Quakeviewer」を紹介した。本ツールにより、震源モデル、震源からの距離、地盤などが強震動特性に与える影響や、強震動特性による建物応答の違いを分かりやすく理解することができる。また、技術者だけでなく、一般の人々にも地震というものがイメージしやすいものになることで、防災意識への啓発にもつながることが期待できる。

謝辞

本ツール「Quakeviewer」の開発には、ジーエスアイ㈱の西開地一志氏のご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 増ほか、「断層の非一様すべり破壊を考慮した半經驗的波形合成法による強震動予測」日本建築学会構造系論文集、第 509 号、49-60、1998.7
- 2) 中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」
- 3) 国土交通省中部地方整備局ほか「名古屋市三の丸地区における地域特性を考慮した耐震改修のための基盤地震動の作成（概要版）」 p.48、2004

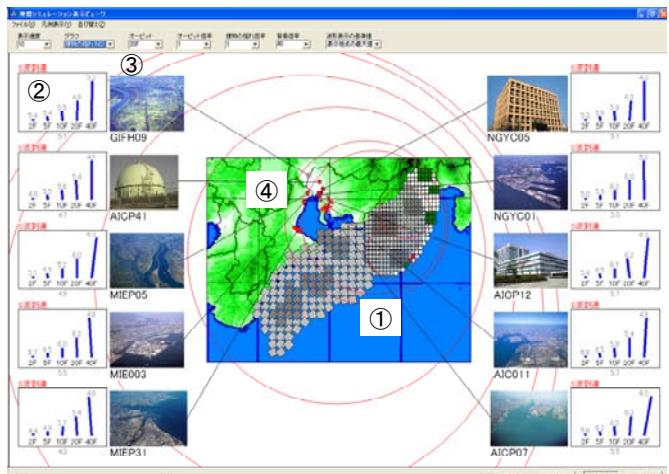


図 5 本ツール実行例

*1 Grad.Student,Grad.School of environmental Studies,Nagoya Univ.

*2 OYO Corporation,Dr.Eng.

*3 Prof.,Grad.School of environmental Studies,Nagoya Univ.,Dr.Eng.

*4 Assoc.Prof.,Grad.School of environmental Studies,Nagoya Univ.,Dr.Eng.