

## ベンチマークテストから見えてきた強震動評価法の課題 (その3: 統計的グリーン関数法) Several issues revealed from benchmark tests for strong ground motion simulations (Part 3: SGF)

加藤 研一<sup>1\*</sup>, 久田 嘉章<sup>2</sup>, 大野 晋<sup>3</sup>, 野畑有秀<sup>4</sup>, 森川 淳<sup>1</sup>, 山本 優<sup>5</sup>

Kenichi Kato<sup>1\*</sup>, Yoshiaki Hisada<sup>2</sup>, Susumu Ohno<sup>3</sup>, Arihide Nobata<sup>4</sup>, Atsushi Morikawa<sup>1</sup>, Yu Yamamoto<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 小堀鐸二研究所, <sup>2</sup> 工学院大学, <sup>3</sup> 東北大学, <sup>4</sup> 大林組, <sup>5</sup> 大成建設

<sup>1</sup>Kobori Research Complex, <sup>2</sup>Kogakuin Univ., <sup>3</sup>Tohoku Univ., <sup>4</sup>Obayashi Co., <sup>5</sup>Taisei Co.

### 1. はじめに

統計的グリーン関数法は高振動数帯域までの強震動波形を簡易に計算できるため、現在、国や自治体による強震動の面的評価や建設地点のサイト波の評価などに広く用いられている。しかしながら、乱數位相を用いた小地震動の作成法や、重ね合わせ法などに関して多様な手法が提案されており、手法間の相違が計算結果に及ぼす影響を把握する必要がある。

以上の背景のもと、参加者が各々保有する計算コードを用い、同一条件の震源・伝播・地盤モデルに基づいて強震動計算を行うベンチマークテスト(ステップ1~6)を3年間のプロジェクトとして実施した(加藤ほか, 2011, 2012, 2013)。本報はその結果を再整理して統計的グリーン関数法固有の課題を抽出すると共に、観測記録のシミュレーションに基づく新たなベンチマークテストを計画し、課題の解決を図ることを目的とする。

### 2. ベンチマークテスト(ステップ1~6)の概要と課題の抽出

初年度は半無限および2層の平行成層地盤を対象として計6名の参加者のもと、点震源を対象としたステップ1、面震源を対象としたステップ2の2段階のベンチマークテストを実施した。震源の放射係数は振動数に対して一定としてSH波のみを対象とした。2層地盤についてはSH波の鉛直平面波入射を仮定して地盤増幅特性を評価した。その結果、応答スペクトルの計算結果は概ね一致したが、乱數位相の影響により違いが見られる周期帯もある。平均的なスペクトル振幅を得るには、乱數位相をどの程度発生させれば良いか等の目安が必要である。また、すべり速度関数の与え方により、ライズタイムの逆数に相当する振動数帯にスペクトル振幅の落ち込みが共通して生じており、過小評価となる可能性がある(加藤ほか, 2011)。

次年度のステップ3(点震源)とステップ4(面震源)ではより複雑な解析条件を設定し、計5名が参加した。ステップ1、2との相違はSH波に加えてSV波も考慮し、振動数依存の震源の放射係数と基盤からの斜め入射を考慮した点である。その結果、上下動も励起されることになり、3成分の地震動波形の提出を条件とした。なお、1名は平行成層地盤の厳密なグリーン関数を用いて参加した。この結果は周期約1秒以上の長周期側において他の参加者に比べて異なる傾向を示し、遠方10kmで顕著となっている。設定した震源が2~6kmと浅いこともあり、表面波の影響と考えられる。もともと統計的グリーン関数法は実体波を対象としており、手法としての制約も理解した上での適用が重要と指摘した。また、要素波のパルス性状の違いにより、長周期側がばらつくことも課題として挙げられる(加藤ほか, 2012)。

最終年度は1923年関東地震を取り上げ、実地盤と実地震を対象としたベンチマークテストを4名の参加者で実施した。ステップ5は特性化したアスペリティ内の1小要素を、ステップ6は特性化震源モデルに基づく面震源を対象とした。震源近傍の計算結果を距離減衰式による平均的なスペクトル振幅と比較したところ、周期0.2秒以下の短周期帯域は良く一致した。一方、周期0.2秒以上は計算結果が距離減衰式に比べて一様に小さい傾向を示した。その原因として、平面波斜め入射や震源の放射特性の平滑化が実現象と適合していない可能性が課題として挙げられた(加藤ほか, 2013)。

### 3. 新ベンチマークテスト(ステップ7)の概要

以上の課題を受け、2004年紀伊半島南東沖の地震(前震)を対象とし、平面波斜め入射と震源の放射特性の平滑化に焦点を当てたベンチマークテスト(ステップ7)を、表1に示すように企画した。対象の観測点は関東、濃尾、大阪平野内に位置するK-NETまたはKiK-netの数点であり、震央と対象観測点位置を図1に示す。対象地震と観測点は(その1: 数値解析手法)と同一である。実施要領の詳細は<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/test/home.htm>にて公開されている。講演当日に計算結果の速報を発表する予定である。

謝辞: 本プロジェクトは文部科学省・科学費・基盤研究(B)「大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策」(平成24-26年度)の研究助成で行われ、日本建築学会・地盤震動小委員会および工学院大学・総合研究所・都市減災研究センターとの連携のもとに行われています。

#### 参考文献:

加藤ほか(2011)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 統計的グリーン関数法の場合(その1)、日本建築学会技

SSS35-10

会場:103

時間:5月23日 15:00-15:15

術報告集、第17巻、第35号、49-54.

加藤ほか(2012)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 統計的グリーン関数法の場合(その2)、日本建築学会技術報告集、第18巻、第38号、67-72.

加藤ほか(2013)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 統計的グリーン関数法の場合(その3)、日本建築学会技術報告集、第19巻、第41号、37-42.

キーワード: 強震動予測手法, ベンチマークテスト, 統計的グリーン関数法, 乱数, 2004年紀伊半島南東沖の地震

Keywords: Strong motion prediction methods, Benchmark tests, Stochastic Green's function method, Random numbers, the 2004 Kii-hanto-nantou-oki earthquake

表1 統計的グリーン関数法の解析条件一覧

ステップ7: 2004年紀伊半島南東沖の地震(前震)				
モデル名	S71	S72	S73	S74
地盤	多層地盤(岩盤、平野内)			経験的地盤増幅率(野津・長尾、2005)
入射角	斜め入射		鉛直入射	
Q値	振動数依存のQ値(岩盤、平野内)			
震源	点震源			
ラティエーション(SH & SV)	振動数()依存		振動数()一定	
破壊開始時間				
有効振動数	0~20 Hz			
出力点	関東、濃尾、大阪平野内のK-NET、KiK-net地点(図1)			
出力成分	NS, EW, UDの3成分		NS, EWの2成分	
乱数の設定	各自の乱数3パターン			

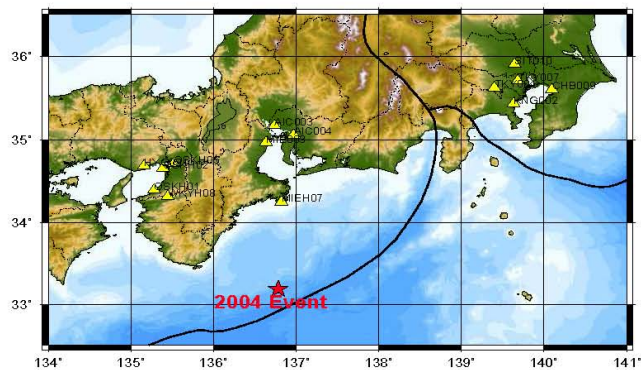


図1 2004年紀伊半島南東沖の地震(前震)と計算点位置