

強震動予測手法に関するベンチマークテスト (その8: 統計的グリーン関数法、ステップ3・4)

Benchmark Tests for Strong Ground Motion Simulations (Part 8: Stochastic Green's Function Method, Step 3 & 4)

加藤 研一^{1*}, 久田嘉章², 大野 晋³, 野畑有秀⁴, 森川 淳¹, 山本 優⁵

Kenichi Kato^{1*}, Yoshiaki Hisada², Susumu Ohno³, Arihide Nobata⁴, Atsushi Morikawa¹, Yu Yamamoto⁵

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

¹ Kobori Research Complex, ² Kogakuin Univ., ³ Tohoku Univ., ⁴ Obayashi Co., ⁵ 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、乱数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。本ベンチマークテストでは、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。それらの結果を相互比較し、統計的グリーン関数法を適用する際の留意点を、乱数位相の使用に起因する計算結果の差の観点から整理した。

2. ステップ1、2のベンチマークテスト結果の概要

ベンチマークテストは3年計画で実施予定であり(久田ほか、吉村ほか、加藤ほか、2011)、初年度にあたる2009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、SH波のみを対象とした。2層地盤についてはS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。シンプルな解析条件を用いていることもあり、参加者間の計算結果は概ね一致した(加藤ほか、2010)。

3. ステップ3、4のベンチマークテスト結果

2010年度はより複雑な条件のもと計5名が参加し、表1に示す点震源を対象としたステップ3と、面震源を対象としたステップ4を実施した。ステップ1、2との相違は4層地盤も検討対象に加えたこと、SH波に加えてSV波を考慮し、振動数依存のラディエーションと基盤からの斜め入射の影響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。

ステップ3の結果を相互比較すると、複雑な条件設定にもかかわらず、参加者間の結果は上下動も含めてステップ1と同程度に整合した。SHおよびSV波の斜め入射による地盤増幅率や、振動数依存のラディエーションも代表地点で比較し、参加者間で概ね一致することを確認している。

ステップ4では、面震源を断層長さ及び幅方向に離散化したことによる人工的な卓越周期が破壊伝播と逆方向で顕著になるが(モデルS41)、小断層の破壊開始時間にランダム性を与えることにより回避できること(モデルS42)、ライズタイムの逆数に相当する振動数でスペクトル振幅が落ち込むなどの傾向が、参加者間で共通に認められた。なお、1名(久田)は平行成層地盤の厳密なグリーン関数を用いて参加している。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。設定した震源が点震源では2km、面震源では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である。

より詳細な解析条件と計算結果は<<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/test/home.htm>>で公開されている。

謝辞: 本プロジェクトは文部科学省・科学研究費・基盤研究(B)「設計入力地震動作成のための強震動予測手法の適用と検証」(平成21-23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(主査:加藤研一(小堀鐸二研究所))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:

久田ほか(2011)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 理論的手法の場合(その1)、日本建築学会技術報告集、第17巻、第35号、43-48。

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)、日本建築学会技術

報告集、第 17 巻、第 35 号、49-54.

吉村ほか (2011)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 数値解析手法の場合 (その 1)、日本建築学会技術報告集、第 17 巻、第 35 号、67-72.

表 1 2010 年度ベンチマークテストの統計的グリーン関数法の解析条件一覧

モデル名	ステップ3 (点震源)				ステップ4 (面震源)			
	S31	S32	S33	S34	S41	S42	S43	S44*
地盤	一様地盤	2層地盤		4層地盤	2層地盤			
入射角	鉛直	斜め入射		斜め入射				
Q値	なし	あり		あり				
震源	点震源			横ずれ断層	逆断層	横ずれ断層		
ディレイション (SH & SV)	振動数 (f) 一定		振動数 (f) 依存		振動数 (f) 依存		任意	
破壊開始時間				一定	ランダム	一定		
有効振動数	0~20 Hz				0~20 Hz			
出力点	000, +002, +006, +010 (計4点)				000, ±002, ±006, ±010 (計7点)			
出力成分	水平2成分	水平・上下3成分		水平・上下3成分				
乱数の設定	各自の乱数3パターン				各自の乱数3パターン			

注*) S44はオプションケースで自由参加。近地項や中間項の考慮など各自のオリジナル手法を考慮

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, 点震源, 断層モデル

Keywords: Strong motion prediction methods, Benchmark tests, Stochastic Green's function method, Random numbers, Point source, Fault model