

擬似経験的グリーン関数法を用いた長周期地震動の予測

その1 二次元有限差分法に基づく震源特性と地盤構造の伝達関数に及ぼす影響

伝達関数 二次元有限差分法 地盤構造
震源特性正会員 ○千賀英樹*1 同 高橋広人*2
同 福和伸夫*3 同 林 宏一*2
同 護 雅史*3

1. はじめに

擬似経験的グリーン関数法¹⁾は、高密度強震観測網の地震観測記録と、浅部及び深部の地盤モデルを活用し、任意地点での地震動推定を行う手法である。そのため、経験的グリーン関数法の適用範囲を拡張できる有効な手法と考えられ、本手法の適用例も示されている²⁾。しかし、本手法の適用範囲についてはまだ十分に検討がなされていない。

本稿その1では、二次元有限差分法を用いて、地盤構造や震源特性が予測結果に与える影響を検討する。その2では、地震観測記録を用いた検討、その3では、強震動予測の適用例を示す。

2. 擬似経験的グリーン関数法の概要

地震観測記録のある観測点をA点、地震波を求める任意地点をB点とする。B点の地震動 $O_B(\omega)$ は、A点の地震動 $O_A(\omega)$ 及びA点とB点の伝達関数 $R_{BA}(\omega)$ を用いて次の通り推定することができる。

$$O_B(\omega) = R_{BA}(\omega) * O_A(\omega) \quad (1)$$

$$R_{BA}(\omega) = \overline{O_B(\omega)} / \overline{O_A(\omega)} \quad (2)$$

ここで、 $\overline{O_A(\omega)}$ 及び $\overline{O_B(\omega)}$ は、地盤モデルを用いてシミュレートしたA点、B点における地震動で、長周期域は三次元有限差分法、短周期域は統計的グリーン関数法により求める。 $O_B(\omega)$ は、式(1)に基づき、長周期域及び短周期域の推定地震動をそれぞれ計算し、ハイブリッド合成することにより求める。こうして得られた推定波形をグリーン関数として経験的グリーン関数法に適用する。このため、式(2)により求める伝達関数 $R_{BA}(\omega)$ の精度が、強震動予測結果に大きく影響する。

3. 2 地点間の伝達関数の検討

本稿では、堆積層の形状、震源特性、堆積層の物性値に着目し、本手法の適用性を検討する。

3.1 不整形地盤による影響

表1及び図1に、検討に用いる地盤モデルを示す。modelAは平行成層モデル、modelBは垂直の段差を、modelCはmodelBに加え傾斜のある堆積層を、そしてmodelDは逆断層型の形状をそれぞれ有するモデルである。図中の段差のある地点を基点とし、基点から右方へ4km間隔の地点の出力波形を6km/2km、10km/6kmとそれぞれ区間をずらして得られる伝達関数の振幅比を比

較する。各モデルは200mグリッドで、震源は点加振とし、加振点に中心周期3秒のRicker波(SH波)を入力する。震央距離は基点から左方へ10km、震源深さを5km、解析時間は加振開始時から80秒間とした。

図2に、各モデルの応答波形による伝達関数の振幅比を、modelBと比較して示す。図2より、modelAとmodelBは基点に近い程、modelCとmodelBは基点から遠い程、振幅比にずれが確認できる。一方で、modelDとmodelBでは、振幅比に明瞭な差異は確認できない。これより、地盤モデルの設定においては堆積層の形状を正しく設定することが重要であるが、断層の段差形状の厳密性については大きな影響はないと考えられる。

3.2 震源特性による影響

震源の放射特性をSH波、P-SV波の加振方向の違いと見立て、震源深さを5km、40km、そして遠方の地震を想定し、震央距離を基点から40kmとした場合について比較検討する。地盤モデルはmodelAを用いた。

図3に、震源面外加振(SH波)と面内加振(水平方向、P-SV波)の伝達関数の振幅比を示す。震源深さが5kmの場合、SH波とP-SV波では振幅比の差異は明瞭である。一方、震源深さ40kmや震央距離40kmでは振幅比の差異は小さい。これより、揺れを予測する対象地が震源に近い場合、伝達関数は震源の放射特性の影響を受けるため、式(2)に用いる波形のシミュレートには震源のモデル化に注意を要するが、震源から遠い場合はその影響はほぼ無視できるといえる。

3.3 堆積層の周期特性による影響

表2に示すケース1からケース3の物性値を有する地盤モデル(modelD)を用い、震源深さ5kmでSH波を入力した時の伝達関数の振幅比を図4(上段)に示す。図4(上段)より、ケース3は他の2ケースに比べて伝達関数の振幅比は大きく変動する。これは地盤の周期特性に影響すると考え、堆積層が $V_s=500\text{m/s}$ で固有周期が8秒となるケース4を設定した。図4(下段)より、ケース2とケース4の振幅比は、震源近傍の組合せを除けば概ね類似している。図5に各ケースのラブ波のミディアムレスポンスを示す。図5より、ケース3では図中の破線で囲んだ高次モードが、対象とする振動数領域に影響していることが伝達関数の変動要因として考えられ

る。一方、ケース2とケース4は、高次モードのメディアムレスポンスの出現する周波数が対応しており、これが堆積層厚の相違にかかわらず振幅比が類似する要因と考えられる。これより、従来行われている卓越周期に基づいて地盤モデルをチューニングすることが擬似経験的グリーン関数法の適用に重要であると考えられる。

4. まとめ

2次元有限差分法に基づく検討の結果、伝達関数は急激な地下構造の変化、また震源に近い程震源特性の影響を受けることが分かった。

参考文献

- 1) 高橋広人・他：地盤モデルに基づく2地点間の伝達関数と地震観測記録を用いた任意地点における地震動の推定、日本建築学

- 2) 千賀英樹・他：擬似経験的グリーン関数法を用いた任意地点の強震動予測（その1～その2）、日本建築学会学術講演梗概集、pp381-384, 2006.8

表1 物性値一覧

No.	Vp(km/s)	Vs(km/s)	Q 値	$\rho(t/m^3)$	H(m)
1	3000	1000	100	2.00	2000
2	5500	3000	100	2.60	—

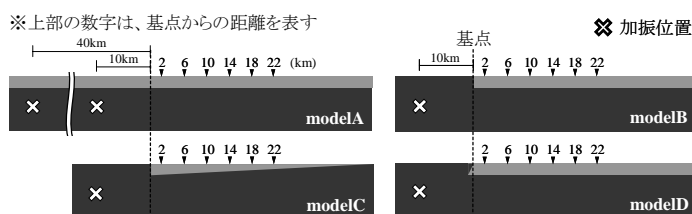


図1 検討地盤モデル

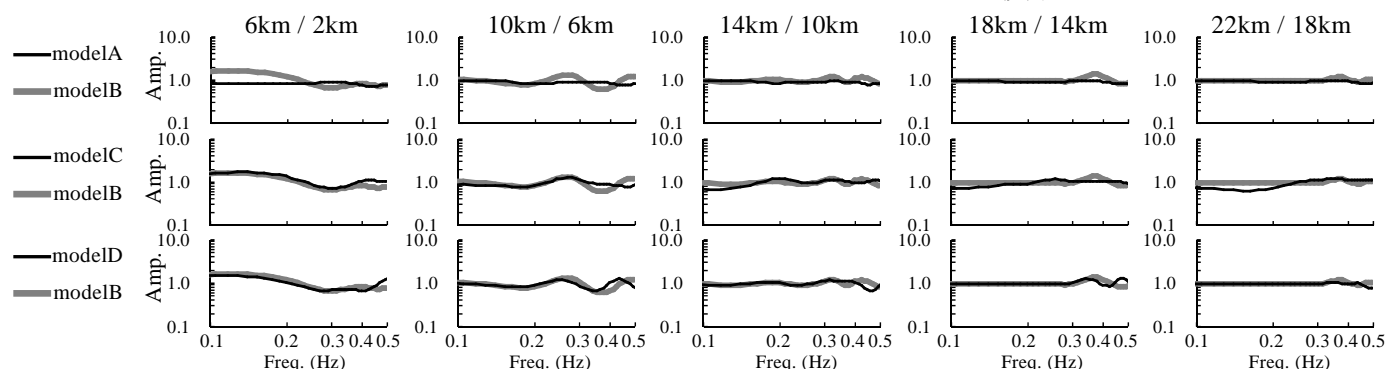


図2 各地盤モデルによる振幅比の比較(基準: modelB)

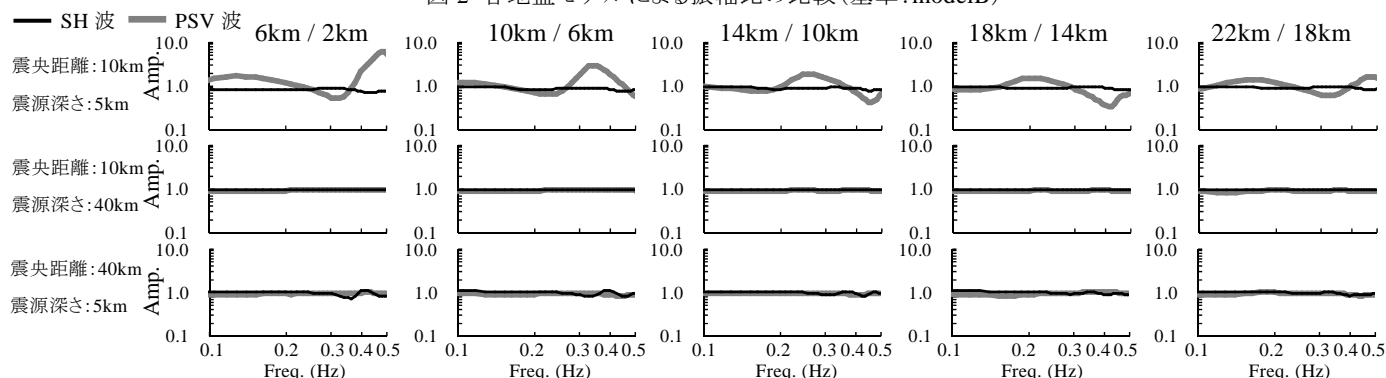


図3 震源特性による振幅比の比較

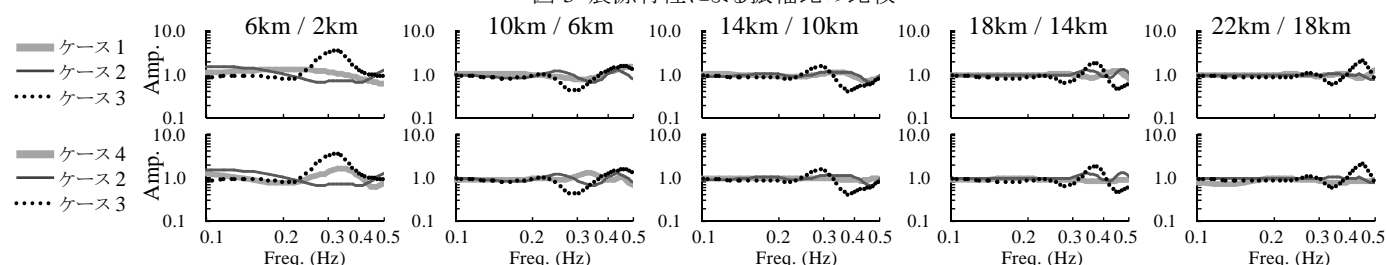


図4 地盤の速度構造と周期特性による振幅比の比較

表2 各ケースの堆積層の物性値

	Vs(m/s)	H(m)	固有周期(s)
ケース1	1500	2000	5.3
ケース2	1000	2000	8.0
ケース3	500	2000	16.0
ケース4	500	1000	8.0

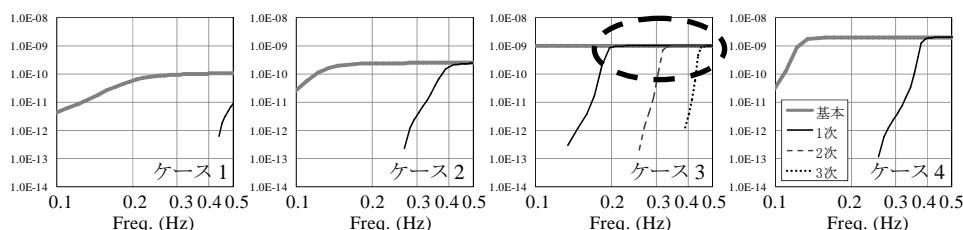


図5 ラブ波の振幅関数(メディアムレスポンス)

*1 株式会社竹中工務店(元 名古屋大学大学院生)
 *2 応用地質株式会社
 *3 名古屋大学大学院環境学研究科

*1 Takenaka Corporation
 *2 OYO Corporation
 *3 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.