

経験的グリーン関数法における震源のモデル化が強震動予測結果に与える影響

名古屋大学工学部社会環境工学科 建築学コース
4年 福和研究室 鶴ヶ野 翔平

1 序論

強震動予測手法の一つである経験的グリーン関数法は、サイトにおいて適切な地震観測記録が存在する場合、震源からサイトまでの地震波の伝播経路特性、サイトの増幅特性などの情報が地震波そのものに含まれているため、信頼性が最も高い手法といわれている。しかし、強震動予測結果は、想定する震源モデルや用いる観測記録の評価に大きく影響を受ける。したがって、それらの要因が予測結果にどの程度寄与するかを把握することは、強震動予測を行う上で極めて重要である。

本論では、より精度の高い強震動予測を目的として、まず要素地震となる中小地震の震源パラメータの推定を行い、次いで経験的グリーン関数法を用いた波形合成を行い、震源モデルや各パラメータが予測結果に与える影響を比較検討する。検討項目を以下に示す。

- (1) 波形合成に用いる波形が与える影響
- (2) 伝播経路の減衰特性のモデル化が与える影響
- (3) 要素地震の震源パラメータ推定方法が与える影響
- (4) 震源モデルの違いが与える影響

なお紙面の都合上、これらの項目のうち(3)要素地震のパラメータ推定方法が与える影響及び(4)震源モデルの違いが与える影響の検討結果を例に挙げて下記に記す。

2 震源パラメータの推定方法が予測結果に与える影響

2.1 震源パラメータの推定

ここでは、推定方法が要素地震として用いる中小地震の震源パラメータ推定にどの程度影響するかを検討する。

経験的グリーン関数法で波形を合成する場合、要素地震として用いる中小地震の応力降下量 σ の推定が重要となる。震源スペクトルが推定できればコーナー振動数 f_c より、応力降下量 σ を下記のように求めることができる。

$$f_c = 4.9 \times 10^6 \times V_s \times (\sigma/M_0)^{1/3}$$

(1)

ここで V_s は地震基盤以深のS波速度、 M_0 は地震モーメントである。地震モーメント M_0 については防災科学技術研究所F-netの結果を採用した。震源スペクトルの推定は、震源から100km・200km・300km以内にあるK-NET・KiK-netそれぞれの観測点における地震観測記録を用いて行った。また、コーナー振動数の推定は、震源スペクトルを最小二乗法で近似することで推定した。

要素地震の震源パラメータ推定に用いた諸元及び推定した震源パラメータを表1、表2にそれぞれ示す。なお、表2のK-100、KiK-300の表記は、K-NETの100km以内の観測点における観測記録を用いた結果、KiK-netの300km以内の観測点における観測記録を用いた結果をそれぞれ表している。

応力降下量の推定値について、100km以内と200km以

内の差と、200km以内と300km以内の差を比較すると、前者の方がK-NET、KiK-netともに大きい傾向にある。これは、震源スペクトルの推定に用いる観測点の数が影響していると考えられる。また、例としてKiK-100とKiK-200を比較すると、コーナー振動数が0.2Hz変化すると応力降下量は2倍にもなっている。コーナー振動数と応力降下量には(1)式の関係があるため、コーナー振動数のわずかな変化により応力降下量 σ の推定値が大きく変化していることが分かる。

2.2 推定方法が予測結果に与える影響

要素地震の震源パラメータ推定方法が予測結果に与える影響を検討するために、名古屋市三の丸地区を対象に壇・佐藤による経験的グリーン関数法を用いて強震動予測を行った。経験的グリーン関数として用いる要素地震は表1のEQ003を用いる。震源モデルは、図1に示す三の丸モデル(名古屋市三の丸地区を対象とした設計入力地震動策定時に作成したモデル)の西側断層を用いる。検討に用いた震源モデルを図2に示す。

波形合成結果の速度波形(NS方向)を図3に、擬似速度応答スペクトル(NS方向、減衰5%)及びK-200のパラメータを用いた結果を基準とした応答スペクトル比を図

日付	深さ	M_0 (dyn·cm)	M_w	V_s (km/s)	ρ (t/m ³)	
EQ003	2000/10/31 01:43	38km	1.70E+24	5.5	4	3

EQ003	K-100	K-200	K-300	KiK-100	KiK-200	KiK-300
観測点数	42	146	181	22	59	99
f_c (Hz)	1.01	1.14	1.2	0.77	0.97	1.04
応力降下量(bar)	232.62	334.5	390.14	103.07	206.06	253.97
面積(km ²)	6.818	5.352	4.83	11.73	7.392	6.431
すべり量(m)	0.519	0.662	0.733	0.302	0.479	0.551

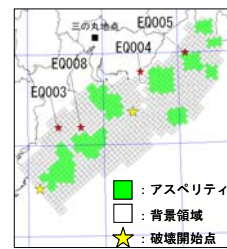


図1 三の丸モデル (震源モデル①)



図2 検討に用いた震源モデル

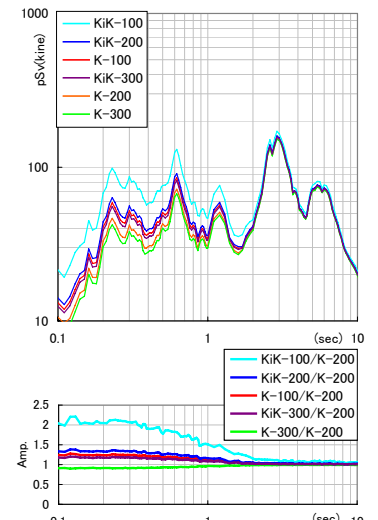


図4 擬似速度応答スペクトル及び応答スペクトル比 (NS方向、減衰5%)

4にそれぞれ示す。2秒から短い周期域でばらつきが見ら

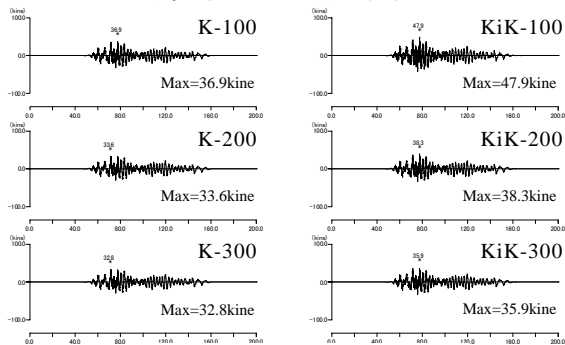


図3 速度波形(NS方向)

れ、特に KiK-100 のパラメータを用いた結果が最も大きな応答を示した。ほかのパラメータでも同じ周期域での予測結果のばらつきが明瞭である。この周期域のばらつきは、中低層の建築物の設計に大きな影響を及ぼす。また、速度波形の最大値にも対応したばらつきが見られる。以上から、震源パラメータの設定の重要性が確認された。

3 アスペリティ配置が予測結果に与える影響

断層の不均質性を考慮する場合、大きなエネルギーを放出するアスペリティは、強震動予測結果に多大な影響を与える。ここでは三の丸モデルに着目し、アスペリティ配置が予測結果に与える影響を検討した。経験的グリーン関数として用いる要素地震とその震源パラメータを表3に示す。震源モデルは、図1に示す三の丸モデルを基準(震源モデル①)とし、対象となる名古屋市三の丸地区に一番近い西側断層のアスペリティを、沖のほうに移動距離を変えてずらしたモデル(震源モデル②、震源モデル③)と、名古屋に一番近い部分のみを沖のほうにずらしたモデル(震源モデル④)を用いて行った。図5に検討に用いた震源モデルを示す。また、震源モデルの東側断層(想定東海地震)にはEQ004とEQ005を、西側断層(想定東南海地震)にはEQ003とEQ008をそれぞれ割り当てる。

波形合成結果の速度波形(NS方向)を図6に、擬似速度応答スペクトル(NS方向、減衰5%)及び震源モデル①を基準とした応答スペクトル比を図7にそれぞれ示す。

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。アスペリティの位置が沖のほうに離れていくに従い、速度波形の最大値・応答スペクトルの応答値は共に小さくなっている。また、震源モデル①と震源モデル④の短周期側には明瞭な差異が見られないことから、アスペリティ配置を変化させたことによる、距離減衰の影響と考えられる。

以上より、震源モデルのアスペリティ配置の重要性が確認された。また、アスペリティの数やサイズの影響などの検討も必要と考えられる。

4 結論

本論では、より高精度の強震動予測を目的として、経験的グリーン関数法を用いて、震源モデル・各パラメータが予測結果に与える影響を、様々な観点から比較検討した。紙面の都合上、他の検討によって得られた知見を含

めて以下に述べる。

- (1)波形合成に用いる中小地震の違いは、予測結果に大きく影響する。したがって、対象サイトで複数の利用可能な中小地震がある場合、複数の予測を行う必要がある。
- (2)対象サイトと想定地震の間の Q 値を変えただけでは、明瞭な差異は見られなかった。対象サイトと中小地震の間の Q 値による影響も検討する必要がある。
- (3)用いる観測データ数を変えて震源パラメータを推定し、波形合成を行った結果、中低層の建築物の設計に大きな影響を及ぼす短周期域で、応答値にばらつきが見られた。
- (4)震源モデルの違いによる影響を検討した結果、アスペリティ配置や震源の破壊開始地点、断層形状の違いなどにより予測結果への影響が見られた。特に、アスペリティ配置により、短周期域で応答値のばらつきが見られた。これは距離減衰の影響と考えられる。また、想定する要素断層の1辺を大きく設定することにより、長周期側で大きな応答を示した。これにより、予測結果を過小あるいは過大評価してしまう恐れがある。

なお、本論で行った検討はごく一部でしかなく、強震動予測をより精度の高いものにするために、今後さらに多くの観点から検討を行う必要があると思われる。

表3 中小地震の震源パラメータ

No.	日時	震央地名	深さ	M_0 (dyn·cm)	f_c (Hz)	σ (bar)	S (km ²)	D (m)
EQ003	2000/10/31 01:43	三重県南部	38km	1.70E+24	1.14	334.5	5.352	0.662
EQ004	2001/02/23 07:23	静岡県西部	32km	2.43E+23	1.93	232.01	1.867	0.271
EQ005	2001/04/03 23:57	静岡県中部	35km	8.17E+23	1.11	148.4	5.645	0.302
EQ008	2004/01/06 14:50	志摩半島	38km	6.74E+23	1.27	183.36	4.312	0.326

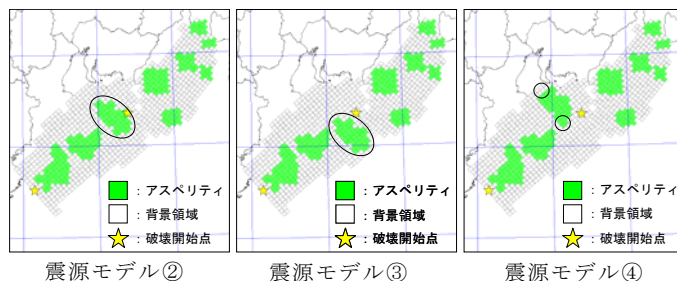


図5 検討に用いた震源モデル

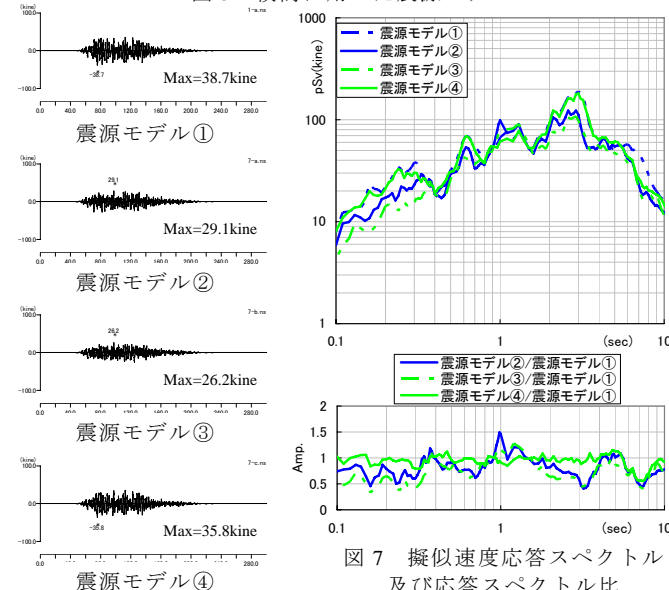


図6 速度波形(NS方向)

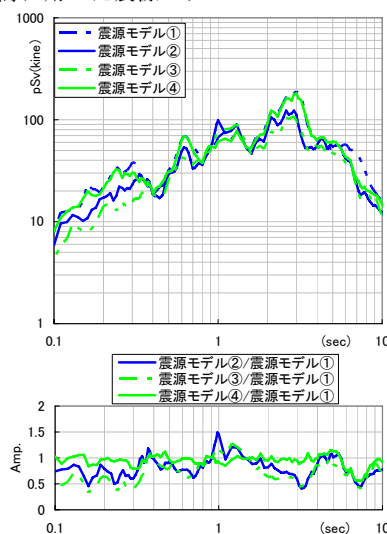


図7 擬似速度応答スペクトル及び応答スペクトル比(NS方向、減衰5%)