

断層分割数が統計的グリーン関数法による仮想関東地震の 地震動評価結果に与える影響について

前田建設工業（株） 正会員 ○吉田 隆治
香川大学工学部 フェロー会員 野田 茂

1. はじめに

超高層ビル、長大橋梁等の固有周期の長い構造物の耐震設計ではやや長周期成分を含んだ適切な設計用地震動を用いることが必要である。1983 年日本海中部地震の新潟での揺れや 2003 年十勝沖地震の苫小牧での揺れから分かるように、やや長周期地震動は平野の深い地盤構造に大きく影響され、長周期構造物の設計用地震動評価では建設地点の深い地盤構造の影響を反映できる手法を用いることが必要となる。これを受けて、最近では広帯域の地震動評価にハイブリッド法が用いられるようになってきた。

ここでは、ハイブリッド法による広帯域の地震動評価の前段として、短周期帯域の評価に用いられる統計的グリーン関数法を用いて仮想関東地震の地震動評価を行い、断層の分割数が評価結果に与える影響について検討した。以下に結果の一部を報告する。

2. 検討方法

地震動評価手法は釜江ほか¹⁾の統計的グリーン関数法に久田²⁾による長周期領域への拡張法を導入した方法とし、表層地盤の非線形性の影響を受けない工学的基盤面（せん断波速度 $V_s=400\text{m/s}$ 程度の地盤）で地震動を求め、比較検討する。

想定地震は 1923 年の関東地震（地震規模 $M=7.9$ ）とし、断層モデルは Wald & Somerville³⁾の研究に基づいたモデルとする。断層の巨視的パラメータ、微視的パラメータは地震調査研究推進本部地震調査委員会⁴⁾による海溝型地震の地震動評価レシピに基づいて設定する。図 1 に仮想関東地震の断層の平面位置を、表 1 に断層モデルの諸元を示す。

要素地震は想定断層の中央部に設定し、地震基盤面で求めた要素波を工学的基盤面まで重複反射理論（計算機コード SHAKE）により引き上げ、それを地震動合成に用いる要素波とする。

3. 検討結果

検討ケースは久田による長周期領域への拡張法の適用の有無および断層の分割数を変えた表 2 に示す 4 ケースとした。地震動評価地点は図 1 の断層の直上に位置する YOK、断層の北側に位置し、埋め立て地盤上の TOY、同じく断層の北側に位置し、比較的硬質地盤の SIN の 3 地点としたが、ここでは TOY 地点の EW 成分の結果を示す。

図 2 に TOY 地点の解放工学的基盤面における要素波の加速度波形（EW 成分）を示す。久田による長周期領域への拡張法を適用していないケース 1 と適用したケース 2 を比較すると、要素波の包絡形はほぼ同じ形状を示すが、ケース 2 の加速度波形はケース 1 に比べ、周期 2～3 秒の周期成分が明瞭に現れた加速度波形となっている。断層の大きさを変えたケース 2～4 からは、断層の大きさが小さくなるに従い振幅が小さく、継続時間も短くなり、ケース



図 1 仮想関東地震の断層の平面位置

表 1 仮想関東地震の断層モデルの諸元

巨視的パラメータ	マグニチュード	7.9
	地震モーメント	$7.8 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$
	断層長さ	130 km
	断層幅	70 km
	断層上端深さ	2 km
	走行	290°
	断層傾斜角	25°
	すべり角度	138°
	地殻のせん断波速度	3.71 km/s
	破壊伝播速度	3 km/s
アスペリティ1	面積	1,560 km ²
	すべり量	4.93m
	地震モーメント	$2.96 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$
	応力降下量	$85.1 \times 10^5 \text{ Pa}$
	立ち上がり時間	4.7 sec
	高振動数限界	13.5 Hz
アスペリティ2	面積	780 km ²
	すべり量	3.49 m
	地震モーメント	$1.06 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$
	応力降下量	$85.1 \times 10^5 \text{ Pa}$
	立ち上がり時間	3.3 sec
	高振動数限界	13.5 Hz
背景領域	面積	6,760 km ²
	すべり量	1.45 m
	地震モーメント	$3.78 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$
	応力降下量	$85.1 \times 10^5 \text{ Pa}$
	立ち上がり時間	9.7 sec
	高振動数限界	13.5 Hz

キーワード 強震動予測、統計的グリーン関数法、仮想関東地震、断層分割数

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業（株）技術研究所 TEL 03-3977-2590

2に見られる2～3秒の周期成分も周期が短くなる傾向が見られる。

図3にTOY地点の解放工学的基盤面における合成波の加速度波形(EW成分)を示す。久田の方法を適用したケース2と適用していないケース

表2 検討ケース

ケース No.	久田の方法		要素地震の断層の大きさ(長さ×幅)		
	無	有	13km×10km	6.5km×5km	1km×1km
1	○	—	○	—	—
2	—	○	○	—	—
3	—	○	—	○	—
4	—	○	—	—	○

1を比較すると、包絡形はほぼ同じであるが、ケース2はケース1に比べ、最大加速度が大きく、周期の長い成分を含んだ加速度波形となっている。断層の大きさを変えたケース2～4からは、加速度波形の包絡形はほぼ同じ形状を示すものの、断層の大きさが小さいほど加速度が小さく、断層を1km×1kmに分割したケース4ではケース2、3に比べ、短周期成分を多く含む波形となっていることがわかる。また、ここでは示していないが、断層分割数が大きくなると加速度波形に蛇行するような見かけの長周期成分が現れる現象が見られた。

図4には図3の合成波の疑似速度応答スペクトル(減衰h=5%)を示す。久田の方法を適用したケース2の疑似速度応答スペクトルと適用していないケース1を比較すると、およそ1秒以上の周期帯域で差が現れ、ケース2では長周期成分が増大していることがわかる。また、断層の大きさを変えたケース2～4からは、断層を1km×1kmに分割したケース4では13km×10kmに分割したケース2に比べて周期0.3～5秒の帯域でスペクトルの大きな落ち込みが見られる。一方、断層を6.5km×5kmに分割したケース3では、周期1～5秒の帯域で多少小さなスペクトル値を示すものの、ケース2と同等の結果となった。

4. おわりに

統計的グリーン関数法による仮想関東地震の地震動評価を試みた結果、久田の方法を適用することにより周期の長い帯域で改善が見られること、合成波形は断層の分割数に大きく影響され、従来から指摘されているように細かい分割では粗い分割に比べて疑似速度応答スペクトルに中間周期帯域での落ち込みが見られることが確認できた。このことは、3次元差分法とのハイブリッド法を考えた場合、山田ほか⁴⁾は3次元差分法による関東地震の解析で1.2km×1.4kmに断層を分割しているが、これと整合するように統計的グリーン関数法の断層分割を行うと中間周期帯域で過小評価の可能性があることを示唆する結果と言え、注意が必要である。

参考文献

1) 釜江、入倉、福知：地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測 統計的波形合成法による予測、日本建築学会構造系論文集、第430号、pp.1-9、1991年12月。 2) 久田：統計的グリーン関数法の震源域及び長周期帯域への拡張、日本地震工学会大会—2004梗概集、2005年1月。 3) Wald and Somerville: Variable-Slip Rupture Model of the Great 1923 Kanto, Japan, Earthquake: Geodetic and Body-Waveform Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 1, pp.159-177, 1995。 4) 地震調査研究推進本部：地震に関する評価、<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>、2007年3月現在。 5) 山田、山中：地下構造モデルの違いが関東地震の強震動シミュレーション結果におよぼす影響、第11回日本地震工学シンポジウム、273-276、2002年11月。

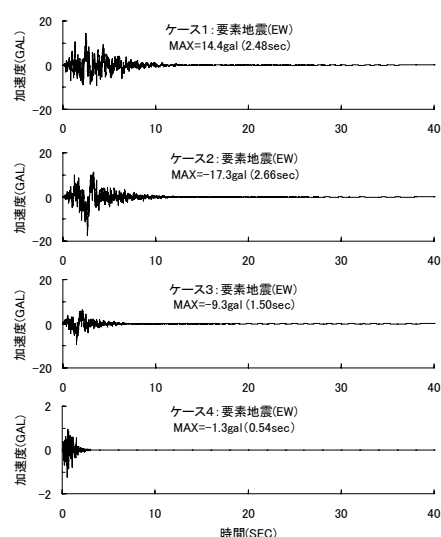


図2 工学的基盤での要素波
(TOY: EW成分)

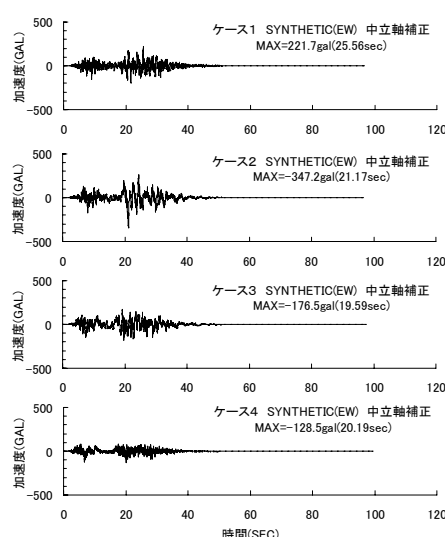


図3 工学的基盤での合成波
(TOY: EW成分)

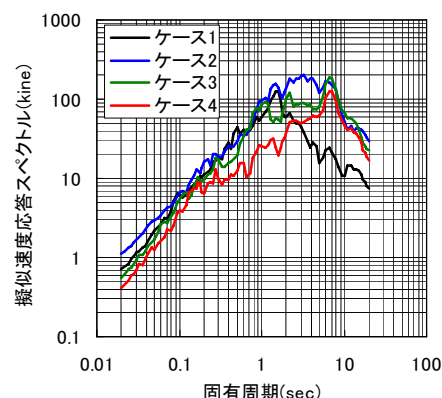


図4 図3の疑似速度応答
スペクトル(h=5%)