

愛知県名古屋市を対象とした設計用地震動策定のための強震動予測 (その5) 想定新東海地震による強震動の再評価

強震動予測 設計用地震動 東海地震
東南海地震 長周期地震動 ハイブリッド法

正会員 ○渡辺基史 * 同 藤川 智 *
同 早川 崇 * 同 佐藤俊明 *
同 福和伸夫 ** 同 久保哲夫 ***

1. はじめに

本稿(その5)では、想定新東海地震に対し、従来の計算手法に内在していた問題点を改善したハイブリッド合成法による強震動予測結果について述べる。

2. 想定新東海地震の計算手法

設計用地震動策定作業において以前実施した想定新東海地震の強震動評価¹⁾には、マグニチュードM8クラスの地震動評価手法上の問題点が内在していた。これは、近年の強震動予測手法の進展に伴い明らかになった問題で、特性化震源モデルを用いた計算手法では、周期2,3秒から10秒の長周期地震動を過小評価してしまうという問題である。この問題に対処するため、新たに理論グリーン関数を用いた波形合成法を適用し、地震動を再評価した。図1に地震の規模(マグニチュード)によるスペクトルの規模依存性、ならびに理論的方法による巨視的震源モデル、特性化震源モデルの適用可能周期範囲の模式図を示す。

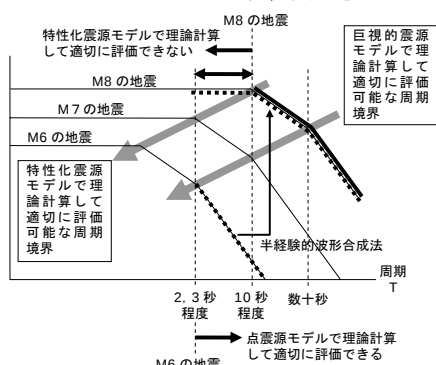


図1 スペクトルの規模(マグニチュード)依存性、ならびに理論的方法による巨視的震源モデル、特性化震源モデルの適用可能周期範囲の模式図

この図に示すように、特性化震源モデルを用いた場合の理論的方法の適用限界周期は、M8クラスの地震では約10秒、巨視的断層モデル(あるいは近似的に点震源モデル)を用いた場合の理論的方法の適用限界周期は、M8クラスの地震では数十秒、M6クラスの地震では数秒となる。理論グリーン関数を用いた波形合成法は、経験的グリーン関数法²⁾における実地震記録の代わりにM6クラスの理論地震動(理論グリーン関数)を3次元堆積盆地構造モデルを用いて、想定地震のアスペリティ位置付近に点震源モデルを設定して算定する。周期2,3秒よりも長い周期(図1に示すM6の地震のスペクトルのうち太い破線部)では、地盤構造が適切にモデル化されてさえいれば、その予測精度は実用可能な領域である。この理論グリーン関数を用いて経験的グリーン関数法と同様の ω^2 乗の震源スペクトルの相似

則に基づく計算手順を経ることで、3次元堆積盆地構造が適切に考慮され、しかも周期2,3秒から10秒の長周期地震動(図1に示すM8の地震のスペクトルのうち太線部分)を過小評価することのない、理論グリーン関数をもとにした任意地点での地震動評価が可能となる。これが理論グリーン関数を用いた波形合成法の概要である。本稿の強震動評価は、短周期帯域波に統計的グリーン関数法³⁾による計算結果を、長周期帯域波には、従来の手法で用いられてきた3次元有限差分法のかわりに、理論グリーン関数を用いた波形合成法による計算結果を用いたハイブリッド合成法によるものである。

図2には、想定新東海地震の断層モデルと計算地点を示す。なお想定新東海地震の短周期レベルに関しては、後述する結果の検証により、平均値の2倍の場合が適当と判断したため、最終的な強震動予測は、その結果を用いることとしている。

3. 強震動予測結果

名古屋市の中心部に位置する地点NSTの工学的基盤の波形と擬似速度応答スペクトルを図3に示す。波形から、主要動の継続時間が100秒程度と非常に長いことがわかる。加速度波形の振幅が小さくなる時刻140秒以降では、後続の表面波による速度波形の振幅が目立っている。擬似速度応答スペクトルには、稀に発生する地震動の告示スペクトル、及び極めて稀に発生する地震動の告示スペクトルをあわせて示した。予測結果は2つの告示スペクトルの間にほぼ収まっているが、計算地点における堆積層の固有周期付近(周期3.1秒付近)で、極めて稀に発生する地震動の告示スペクトルをやや超えている。

4. 結果の検証

強震動予測結果の検証は、過去に発生した類似の地震の震度との比較、経験的距離減衰式との比較により行った。予測結果の地表面波形から求めた計算震度と、1854年安政東海地震と1944年東南海地震の震度分布⁴⁾から読み取った計算地点付近の震度の比較を表1に示す。名古屋市内の9つの計算地点では、計算震度がすべて5強であり、過去の地震の震度と対応している。次に計算地点の工学的基盤の加速度および速度の最大値と距離減衰式との比較を図4に示す。計算結果は距離減衰式^{5),6)}から算定される平均値とばらつきの範囲内でよく対応している。また、過去の地震における液状化履歴と予測結果との対応も確認している。

5. ばらつきの検討

図3には、想定新東海地震の短周期レベルの変化に対す

る予測結果のばらつきの検討結果も示している。M8クラスの地震では短周期レベルの変動は周期10秒以下のスペクトルレベル全体の上げ下げに寄与し、震度の大小を決める。初期値として与えた短周期レベル（全国平均値⁷⁾）では過去の東海・南海地震の震度に比べ過小評価となったため、短周期レベルを初期値の2倍に設定したケースを最終的な強震動予測結果とした。また、波形合成法を基本とした本検討の地震動評価手法では要素地震の重ねあわせに大きく影響することが予想される破壊伝播速度を標準値から+10%と-10%だけ変化させた場合の検討も実施した。結果を図5に示す。影響は周期2〜3秒以上の周期帯で大きくなっているが、破壊伝播速度が速いと応答スペクトル値が大きくなるという単純な関係ではなく、評価地点と断層との相対的な位置関係や地盤構造の影響が複雑に関与し、波を強めあったり、逆に弱めあったりしてい

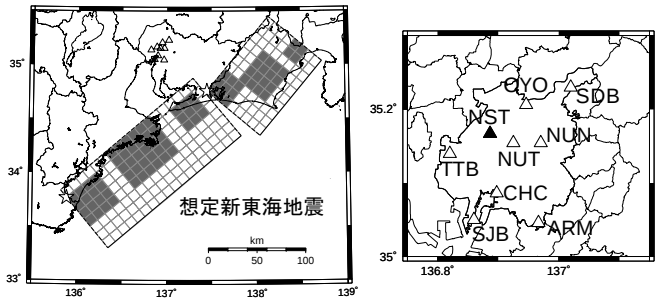
るものと考えられる。想定新東海地震に対する名古屋市内の計算地点においては、破壊伝播速度を標準値にしたケースが他のケースに比べて大きい評価結果を与える傾向があるようである。ただし、図5に示すスペクトルの周期1〜2秒付近のように、全体的な傾向とは異なる傾向を示す周期帯も存在することには留意が必要である。

参考文献：

1) 藤川・他(2003): 建築学会大会梗概集, B-2, pp. 155-156.
2) 壇・佐藤(1998): 建築学会構造系論文集, 第509号, pp. 49-60.
3) 壇・他(2000): 建築学会構造系論文集, 第530号, pp. 53-62.
4) 地震調査推進本部(1998): 日本の地震活動く追補版
5) Fukushima and Tanaka (1991): Shimizu Technical Research Bulletin, No. 10, pp. 1-11.
6) 安中・他(1997): 第24回地震工学研究発表会講演論文集, pp. 161-164.
7) 壇・他(2001): 建築学会構造系論文集, 第545号, pp. 51-62.

表1 計算震度と過去の地震の震度との比較

計算地点	計算震度	安政東海地震 (1854)	東南海地震 (1944)
SDB	5強	5	5
ARM	5強	5	5
NUN	5強	5	5
NUT	5強	5	5
OYO	5強	5	5
NST	5強	5	5
TTB	5強	5	5
SJB	5強	5〜6	5〜6
CHC	5強	5〜6	5〜6



△▲は計算地点。左図の☆は破壊開始地点で西側断層から破壊。矩形はアスペリティ位置。右図は名古屋周辺を拡大表示したもの。

図2 想定新東海地震の断層モデルと計算地点

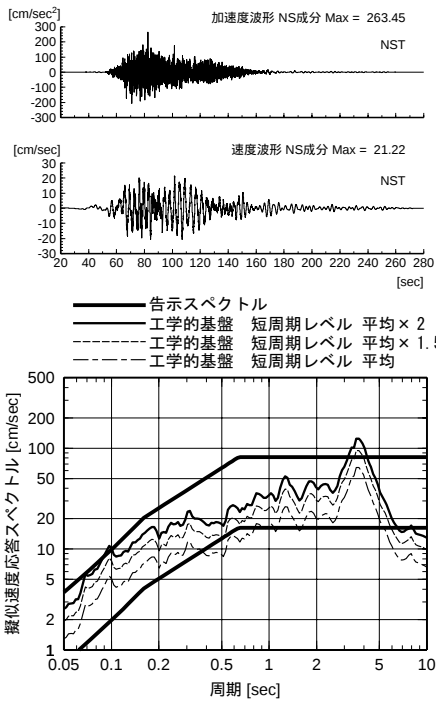


図3 工学的基盤における波形と擬似速度応答スペクトル [NST NS成分] (短周期レベル変化によるばらつき)

* 株式会社 大崎総合研究所
** 名古屋大学
*** 東京大学

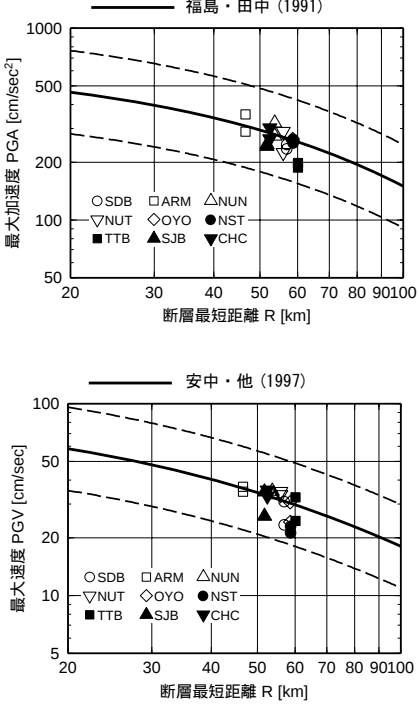


図4 距離減衰式との比較

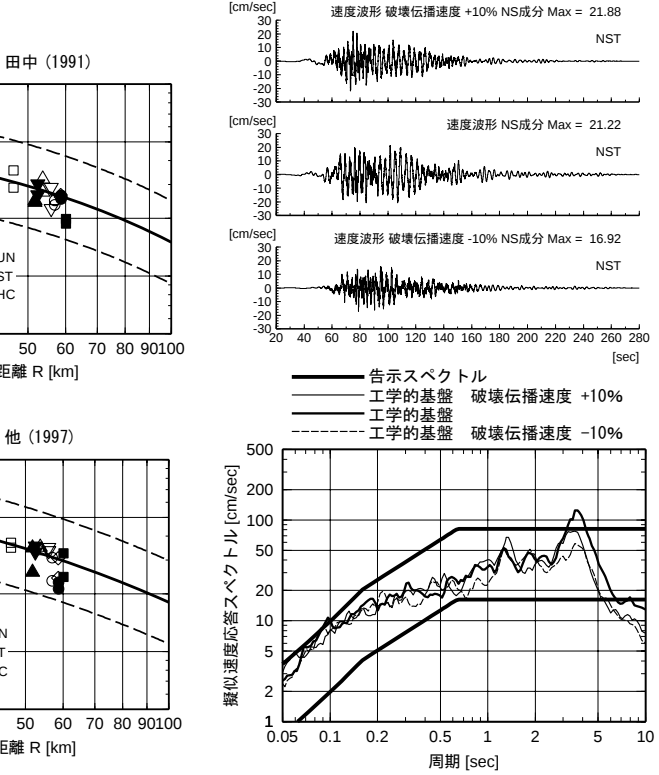


図5 工学的基盤における波形と擬似速度応答スペクトル [NST NS成分] (破壊伝播速度変化によるばらつき)

* Ohsaki Research Institute, Inc.
** Nagoya University
*** the University of Tokyo