

## 首都圏に建つ超高層キャンパスと地域連携による地震防災に関する研究(その2)

## 首都直下地震の強震動予測

正会員 ○田中 良一\*

同 久田 嘉章\*\*

強震動予測 首都直下地震 ハイブリッド手法 震源パラメータ 統計的特徴

## 1. はじめに

昨年発表の首都直下にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究(その2)<sup>1)</sup>(以下その2と呼ぶ)では切迫性の高い首都直下地震<sup>2)</sup>で、都心部への影響が特に大きいと考えられる東京湾北部地震について、最悪に近い想定で新宿における強震動予測及び指向性パルス等の発生可能性等の考察を行った。本報では同地震について破壊開始点等不確定性の大きいパラメータの Case study やランダム性の考慮をし、同地震の平均的な大きさや性質、ばらつきを知るため、合計 100 波の地震動の計算を行い結果の統計的な特徴や地震動の強さ等について報告する。

## 2. 強震動予測手法概要

本報における強震動予測では、長周期側に理論的手法(表現定理)を、短周期側に経験的手法(統計的グリーン関数法を改良した手法)<sup>3)</sup>をそれぞれ用い、ハイブリッド手法で計算を行った。接続振動数は 0.8Hz ~ 1.6 Hz とした。

## 3. 強震動予測計算モデル概要

本報ではその2と同様に長さ 63.6km、幅 31.2km、走行 296° 傾斜角 23° で潜り込むフィリピン海プレート上面の断層面を想定し、図 1 の震源①から⑤が震源となった場合、工学院大学地下工学的基盤上( $V_s=400$ )で観測される地震動について強震動予測計算を行った。

強震動計算のパラメータは、対象とする地震に似たシナリオの過去の地震のパラメータを与える場合や入倉レシビなどがあり、本報では前者は Wald による 1994 年ノースリッジ地震の各パラメータ<sup>3)</sup>をやや単純化し、スケールリング則に従い東京湾北部地震にあわせて与えたモデル(Wald モデルと呼ぶ)、後者は内閣府が東京湾北部地震について提示しているパラメータを参考にできるだけ近いパラメータを与えたモデル(内閣府モデルと呼ぶ、但し断層面の深さは新しい報告<sup>4)</sup>に基づき設定した)で大きく 2 通りでモデルを用いた。なお本報で参考にした Wald によるパラメータを用いたノースリッジ地震の強震動計算例<sup>5)</sup>では、観測波形の特徴をよく再現できることが確認されている。また、計算に用いた地盤モデルは、その2と同様、Sato など<sup>6)</sup>による地盤モデルを参考として与えた。Wald モデルと内閣府モデル各々の小断層のすべり分布を図 2 に、2 通りの応力降下量分布を図 3 にそれぞれ示す。

複雑なすべり分布の Wald モデルに比べ内閣府モデルは小断層のすべりがアスペリティに集中している。応力降下量分布は両モデルともにアスペリティに集中させた場合と、平均的な値を一様に与えた場合を計算し、結局、(元のモデル 2 通り×震源 5 通り×応力降下量分布 2 通り)×ランダム性各 5 通りの計 100 通り計算を行った。

## 4. 強震動予測計算結果

新宿点での計算結果の速度波形応答スペクトル(全て  $h=5\%$ )(NS)を図 4~図 6 に示す。図 4 には、100 波速度応答スペクトルの平均値と  $\pm\sigma$ 、及び基準法に定める速度応答スペクトル(工学的基盤)と 1995 年兵庫県南部地震の JMA 神戸の速度応答スペクトルを示す。100 波の平均値はほぼ基準法レベルでばらつきを考慮しても、 $1\sigma$  の範囲では JMA 神戸波と比べ小さいレベルで治まっている。

図 5 には応力降下量を一樣平均値の場合 50 波(図 5 no Asp)とアスペリティに大きな応力降下量を与え、背景領域と区別した場合 50 波(図 5 Asp)の比較である。応力降下量をアスペリティに集中させると一樣とした場合より短周期成分が大きくなる結果となった。

また、図 6 には 1~5 の各震源の計算地震動 20 波ごとの速度応答スペクトルの平均値を示す。破壊の伝播速度と地震動の伝播速度が近いため、観測点である新宿地点に対して、破壊が近づく震源 1 では短い時間に地震動が集中し、大きな地震動となっている。また震源 3 では周期 1 秒より長周期成分で極端に低い値となっている。加えて、図 7 右に示すように震源 3 や 4 のように破壊の伝播が地表から遠ざかると、震源 1 や 2 に比べ観測波も小さくなる傾向が見られた。

## 5. 指向性パルスの発生可能性

1995 年兵庫県南部地震などで震源近傍に甚大な被害をもたらせた指向性パルスは、今回対象としているような傾斜角の浅い逆断層(図 7 中央参照)から発生する地震動では、指向性パルスは観測されにくいことをその2でも示している。逆断層の場合、ノースリッジ地震のよう(図 7 左参照)に指向性パルスが顕著に現れるような震源断層は図 7 左側のように矢印のような破壊伝播で、深い傾斜角を持っている断層面で断層直方向の成分に現れ、断層面を延長した場所の地表面で顕著に現れる。

## 6.まとめ

本報では首都直下地震を対象にパラメータの Case study やランダム性を考慮し、合計 100 波の新宿における強震動予測と結果の考察を行った。その 2 で示した最悪に近い想定ではシビアな結果となったが、本報で示した平均的な速度応答スペクトルではほぼ基準法に定めるレベルとなった。また、パラメータの設定により計算結果に顕著な違いを与えることも再確認できたが、100 波では統計的性質を調べるには数が少ないことや、入力地震動を計算する際、どの様に適切なパラメータを設定するかなど課題も多かった。今後の課題として検討が必要である。

### 参考文献

- 1) 田中 良一：首都直下にある超高層キャンパスの地震防災対策に関する研究(その2),2007 日本建築学会大会(九州)梗概集 p.615
- 2) 中央防災会議 首都直下地震対策専門調査会：第12回 溝上委員説明資料 2-2
- 3) Y. Hisada : Broadband strong motion simulation in layered half-space using stochastic Green's function technique Journal of Seismology, Volume 12, p.,265-279
- 4) Wald, D. J., T. H. Heaton , K. W. Hudnut : The Slip History Of the 1994 Northridge, California, Earthquake Determined From Strong Motion, Teleseismic, GPS, and Leveling Data, Bull.Seism.Soc.Am., V.86, pp.49-70, 1996
- 5) Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Kawanaka, K. Kasahara and S. Harder(2005) Science, 309,462-464.
- 6) 久田 嘉章：震源アスペリティーと震源近傍の強震動特性 第12回日本地震工学会シンポジウム,p.186-p.189, 2006年
- 7) Sato, T., R. W. Graves, and P.G. Somerville : Bull.Seism.Soc.Am 89,3,pp. 579~607, June 1999

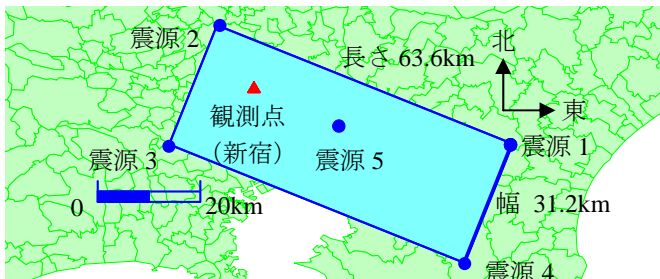


図1 設定断層面平面投影図及び震源観測点配置図

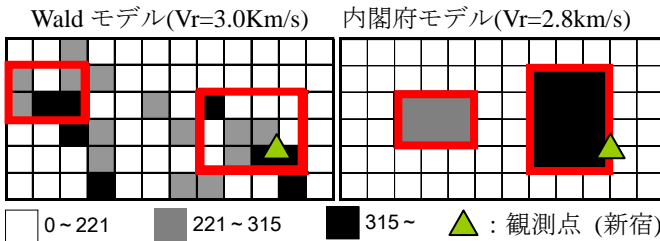


図2 各モデルの小断層分割とすべり分布(cm)

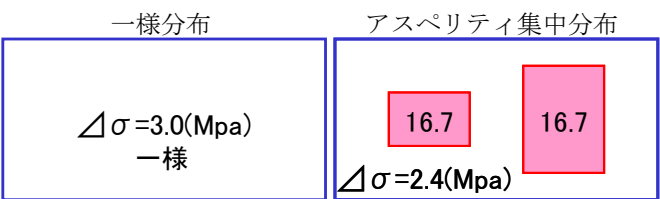


図3 各モデルの応力降下量(Mpa)

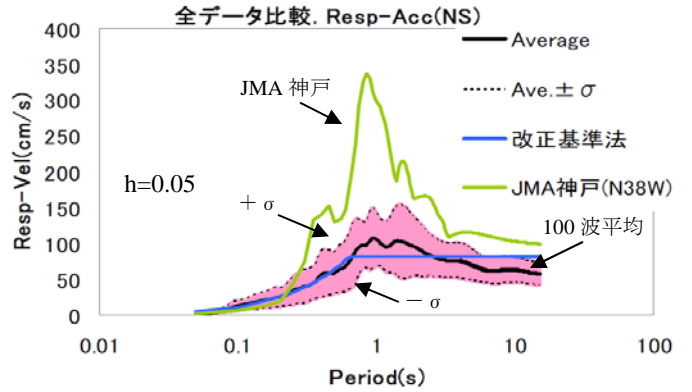


図4 全波形速度応答スペクトル比較

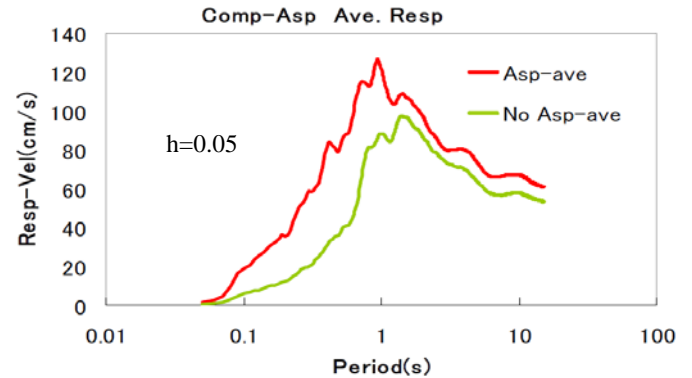


図6 全地震動速度応答スペクトル比較

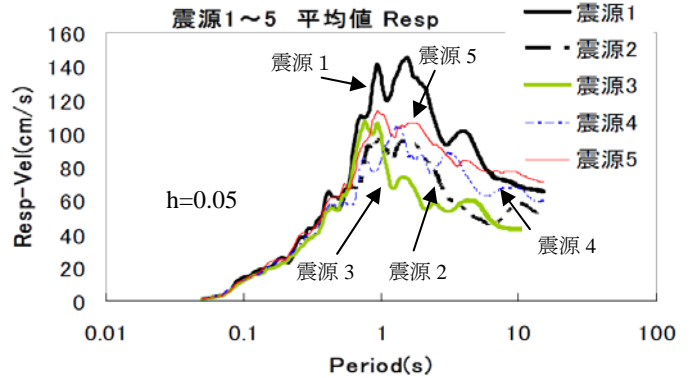


図6 全地震動速度応答スペクトル比較

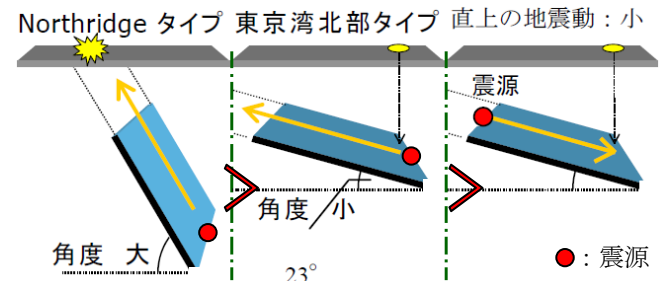


図7 逆断層の指向性パルス、震源との関係

### 謝辞

本研究は文部科学省の学術フロンティア事業「工学院大学地震防災・環境研究 センター」、及び国土交通省の建設技術研究開発助成「首都圏震災時における帰宅困難者・ボランティアと地域住民・自治体との協働による減災研究」による研究助成により行われました。

\* 工学院大学大学院工学研究科

\*\* 工学院大学建築学科

\* Graduate School of Engineering, Kogakuin University

\*\* Department of Architecture, Kogakuin University