

強震記録から得られる長周期域の等確率応答スペクトル

中央大学大学院
中央大学

○学生会員 丸山 大伍
正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

マグニチュード7程度以上の巨大地震では、震源から数百km離れた地点でも、大きな振幅のやや長周期地震動が観測されることがある。例えば、2003年に発生した十勝沖地震(M8.0)では、震源から200km以上も離れているにも関わらず、長周期地震動がタンクのスロッシングを引き起こし、大きな被害をもたらした。また、2004年の紀伊半島南東沖地震、2007年の新潟県中越沖地震などでも長周期地震動による被害が報告されている。

このようなことから、将来発生するであろう大地震による長周期の地震動強さがどの程度の発生確率になっているか、そして地域ごとにどの周期帯の地震動が、どの程度大きくなるかを把握しておくことは、重要な課題の一つである。既存の研究¹⁾では、地震動強さの指標に加速度応答スペクトルを用いて、日本の7都市における等確率スペクトル(UHS: Uniform Hazard Spectrum)を算出し、地点間の地震危険度の比較を行っている。しかし、この研究では短周期域(0.03s~2.0s)のUHSでしか評価を行っており、長周期域(2.0s~)のUHSは明らかにされていない。

そこで本研究では、比較的大きな地震による強震記録を用いて、加速度、速度応答スペクトルの距離減衰式を作成する。そしてその距離減衰式、日本の活断層データ、地震活動域データなどを用い、地点ごとに等確率スペクトルを算出し、地震動強さ、時間という二つの要素を用いて確率論的な視点から長周期地震動の危険度を地点間で比較・検討することを目的とする。

2. 解析手法

地震危険度解析については、これまでに様々な手法が提案されている。本研究では、地震調査委員会より公開されている「確率論的地震動予測地図」の作成に用いられた手法を参考に解析を行っていく。

解析手法の概略を以下に示す。

- i 対象地点周辺の地震活動をモデル化し、それぞれ地震規模の確率、距離の確率、地震の発生確率を評価する。図1にモデル化する活断層を示す。
- ii 地震の規模と距離が与えられた時の地震動強さの推定の確率モデルを設定する。その際に用いた距離減衰式が(1)式である。 $a(T)$, $b(T)$, $c(T)$, $d(T)$ は係数で回帰分析より求める。
- iii モデル化した全ての地震を考慮し、地震動の強さがある

着目期間内に少なくとも1度ある値を超える確率(ハザードカーブ)を算定する。

- iv 固有周期毎に求めたハザードカーブより超過確率の等しいスペクトル値を結ぶことでUHSを算定する。

$$\log S_v(T) = a(T)M_w - b(T)X + c(T) - d(T) \log X \quad \cdots (1)$$

$S_v(T)$: 速度応答スペクトル (cm/s) T : 固有周期(s)

M_w : モーメントマグニチュード h : 震源深さ(km) X : 震源距離(km)

3. 距離減衰式

距離減衰式の作成では、K-NETから得られる各地震の観測点における強震記録を用いて、速度応答スペクトルの距離減衰式の回帰係数を求めた。その結果を図2に示す。

係数 $a(T)$ は周期が長くなっても値は変わらず、長周期成分のマグニチュード依存性はないものと思われる。また係数 $b(T)$ は周期が長くなるほど小さくなる傾向が見られ、長周期成分の内部減衰が小さいことを表している。係数 $c(T)$, $d(T)$ について内陸型と海溝型を比較すると、他の係数と比べ大きな差が見られる。

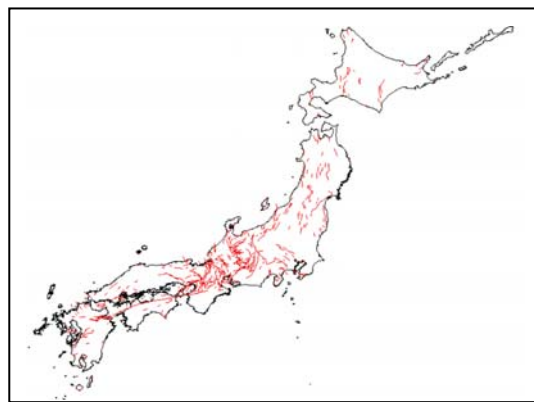


図1 日本の活断層

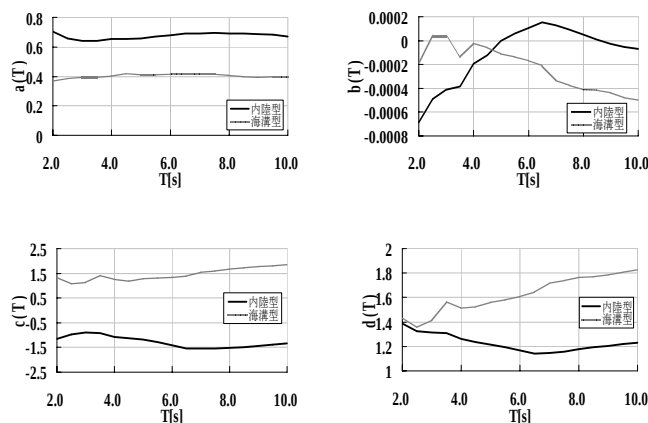


図2 距離減衰式の回帰係数(速度応答スペクトル)

キーワード：地震危険度解析、長周期地震動、等確率スペクトル

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

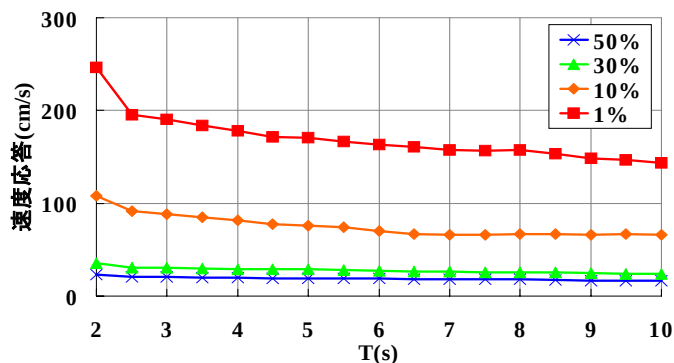


図3 東京におけるUHS

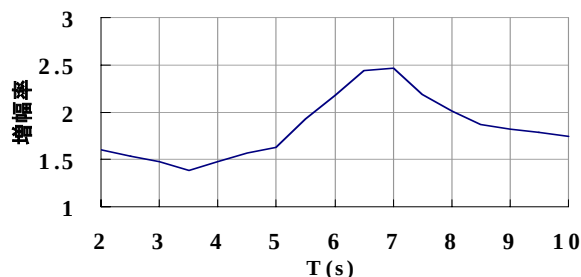


図4 東京の観測点(TKY007)における速度応答の増幅率

4. 解析結果

地震活動のモデル化の際に用いる活断層やその他の地震活動域のデータは文献2)から参照する。活断層の断層位置、地震活動域の震源域などの震源距離データは、地理情報システム(GIS: Geographic Information System)を用いて算出した。

図3に着目期間 50 年間の東京における速度応答のUHSの評価結果を示す。50%、30%の等確率スペクトルについては、構造物に対してそれほど問題にならない程度のレベルにあるが、1%の等確率スペクトルについては、2 秒以上の周期域でも100(cm/s)を超えるものとなっており、この周期範囲に固有周期を持つ構造物に対しては設計の際にこの速度レベルを考慮していく必要があると思われる。

しかし、ここでUHSを算定した際に用いた距離減衰式は全観測記録の平均的な傾向を表すものであるが、実際には地域間での地盤構造の違いの影響により、長周期地震動の振幅が増幅されやすい地点やされにくい地点がある。また増幅される周期間も地点によって異なる。そこで本研究では各対象地点における地震動の増幅率を周期ごとに計算し、それを用いて改めて各対象地点のUHSを評価する。

増幅率は各対象地点で定めた観測点で得られた強震記録の速度応答スペクトルを作成した距離減衰式を用いて求められる速度応答スペクトルで除した値を距離減衰式に対する増幅率とし、複数の観測記録から得られるものを平均して求める。図4に東京の観測点(TKY007)における速度応答スペクトルの増幅率を示す。図5にこれを考慮した東京におけるUHSの評価結果を示す。

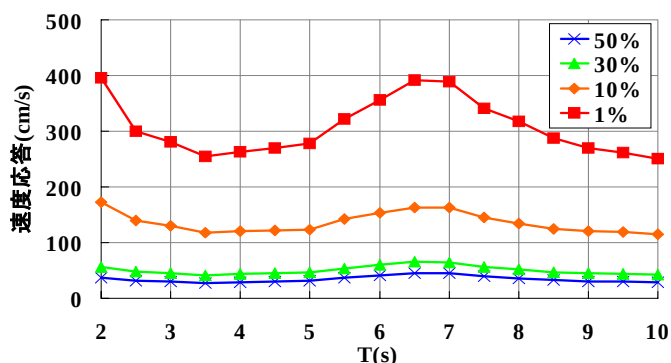


図5 増幅率を考慮した東京におけるUHS

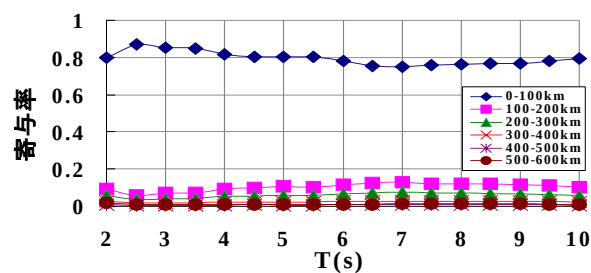


図6 対象地点からの震源距離別の東京の地震危険度に対する寄与率

これらによると、この観測点付近の地盤構造では特定の周期(6~7 秒付近)の地震動が増幅されることがわかる。その結果、増幅率を考慮したUHSにもその特徴が見られ、また速度レベルを見てみても、1%、10%の等確率スペクトルともに非常に大きな値を示している。

また、対象地点からどの程度の距離にある地震活動域がその地震危険度にどれほど寄与しているか、(2)式で定義される⁽⁴⁾寄与率 S_i を用いて評価した結果を図6に示す。

$$S_i = \ln \{G_{Yi}\} / \ln \{G_Y\} \cdots (2)$$

ここで、 G_{Yi} は震源区間*i*に関する50年最大地動*Y*の確率分布関数で、 G_Y は全体の確率分布関数である。この結果から、周期6~8 秒付近の100km以上の寄与率が增大していることがわかる。これは東京から離れた地点にある危険度の高い活断層や、東海、東南海地震の影響によるものだと考えられる。

5. まとめ

本研究では、観測記録をもとに速度応答スペクトルの距離減衰式を作成し、東京におけるUHS、また増幅率を考慮したUHS、さらに対象地点の地震危険度に対する各震源区間の寄与率の評価を行った。今後は日本の他の5都市(札幌、仙台、名古屋、大阪、福岡)のUHSの評価を行っていく。

<参考文献>

- 1) 福島 誠一郎:設計用スペクトルの確率論的相互比較, 信頼性設計技術ワークショップ報告書,
- 2) 防災科学技術研究所:全国を対象とした確率論的地震動予測地図作成手法の検討
- 3) 片岡正次郎他2名:やや長周期地震動の距離減衰式と増幅率の地域性, 海溝型巨大地震を考えるー広域強震動の予測2ーシンポジウム論文集, 2006
- 4) 川崎 美帆他:地震危険度解析における活断層の寄与率評価に関する研究, 1993