

気象庁1倍強震計記録を用いた速度応答スペクトルの地域特性

鳥取大学工学部 正員 野田 茂

1. まえがき

やや長周期(約2~20秒)の地震動は、深さ数百m~十数kmにおける地盤の影響を受けると考えられる。岡田・鏡味¹⁾は、周期5~6秒までの地震動に対して影響を及ぼす地下構造の特性を検討するために、日本全国の気象庁観測点での揺れ易さを求めている。揺れ易さの大きい地点には、一般に、大型の石油タンクが設置されている。約100kineの速度応答スペクトル S_v を基準にして、スロッシングの設計水平震度は規定されている。しかし、 S_v 値は、地盤の揺れ易さを勘案して、地域・地盤別に設定すること($S_v=100(1\pm f(T))$)が望ましい。本研究は、全国各地の地盤震動の揺れ易さを分析することにより、 $f(T)$ を検討する際の基礎データを提供することを目的としている。

2. 分析方法と考え方

本研究では、気象庁1倍強震計記録から求められた速度応答スペクトル($h=0.1\%$, 2~20秒)を用いた。対象とした地震は、1)1964年新潟地震(25観測地点)、2)1968年十勝沖地震(14地点)、3)1968年日向灘地震(18地点)、4)1978年宮城県沖地震(19地点)と5)1983年日本海中部地震(28地点)である。

特定の地震に対し、観測地点 i (総数 N)の k 成分(kine) $S_v^{ik}(T)$ (kine)は、以下の式によって回帰する。

$$\log S_v^{ik}(T) = -0.5 \log \Delta^i - a(T) \Delta^i + \sum_{j=1}^N A_j(T) X_j + \sum_{k=1}^3 B_k(T) Y_k + C(T)$$

ここで、説明変数としては、震央距離 Δ (km)、観測点の違いを変数化するためのダミー変数 X と方位特性(記録成分)を表わすためのダミー変数 Y を考えた。

各観測点の地盤の揺れ易さは、増幅スペクトル $\alpha_i(T)=10^{A_i(T)}$ を計算することによって、定量化した。これは、理論的には表面波(Love波、Rayleigh波)のMedium Responseに対応するものである。上式は、幾何学的な広がり(表面波)だけでなく、伝播経路における媒質の内部減衰の影響も考慮して設定した。

回帰係数($a(T)$, $A_j(T)$, $B_k(T)$ と $c(T)$)の決定に当たっては、特異値分解法に基づく実行列の最小2乗最小ノルム解を用いた。これは、 $Ax=b$ (m 行 n 列)の連立1次方程式を解くのに、 $\|b-ax\|$ (ユークリッドノルム)が最小となる n 次元ベクトル x の中で、 $\|x\|$ が最小となる解を求める方法である。

3. 周期毎の地盤の揺れ易さの地域特性

回帰モデルを適用して求めた S_v を実測スペクトルと比較した結果、卓越周期や応答のピークに若干のずれは認められるものの、実測と推定のスペクトルは実に良く対応していた。最小2乗最小ノルム解の原理からすれば、当然予想されたことである。従って、回帰係数 $A_j(T)$ から得られる増幅スペクトル $\alpha_i(T)$ は、各地の揺れ易さを定量的に表わすことができる。

図1は、対象とした5地震におけるデータ取得地点の増幅スペクトルの代表例を示したものである。地盤の揺れ易さは、地域によって、周期に依存していたり、独立している。卓越周期は地域によって異なっているが、表面波モードに対応するものと考えられる。卓越周期におけるスペクトル振幅は、地域によって大きく異なっている。同一地点であっても、この傾向は地震ごとに異なる。回帰式は点震源モデルに基づいている。従って、site effectとsource effectを完全に分離して、増幅スペクトルを表現することは困難である。

1964年新潟地震の結果により、東京、横浜、秋田、軽井沢、前橋、熊谷と高田はやや長周期帯域で揺れ易いことがわかる。東京や横浜では、震央距離が離れていても、6秒前後で揺れ易くなっていた。1964年十勝沖地震の際、スペクトル振幅も大きく、全体的に揺れ易い地点は、秋田、広尾、盛岡、宮古と森である。これらの地点の中には、地盤の卓越周期が明瞭に見られた。

1968年日向灘地震時の増幅スペクトルより、大阪は周期5秒付近で、佐賀と鹿児島は2~3秒、延岡は7~10秒において、大きなスペクトルを示していた。特に鹿児島は揺れが際立っている。これらの地域は揺れ易い

地点として有名であり、岡田・鏡味による揺れ易さのランクも高い。1978年宮城県沖地震時の山形のSvは他地点に比してそれほど大きくなかったが、増幅スペクトルは約3.5秒付近に鋭いピークがある。新潟の増幅スペクトルは異常に大きな値を示し、特に約8秒で揺れ易くなっているのが特徴である。これは、1983年日本海中部地震の際のスロッシング現象と調和する。

森は、やや長周期地震動が励起され易い地点である。日本海中部地震の本震と余震のスペクトルは周期2.5秒と7.5秒付近で卓越し、数秒付近では異常に大きな値となっていた。これは、観測点近傍の局所的な地盤構造によるものであろう。寿都、室蘭と八戸は、周期10~12と周期9秒付近で、スペクトルのピークがあり、また長周期においても振幅レベルは低下していない。札幌の増幅スペクトルは、数秒付近でも1.5~2の値を有し、周期5秒付近で谷となり、長周期になるほど増加する傾向にある。

4. あとがき

本研究では、ダミー変数の概念を用いて、速度応答スペクトルを予測する方法を提案した。推定した速度応答スペクトルは実測のスペクトルと良く対応していた。各地の揺れ易さを表わす増幅スペクトルより、周期に従属した特徴的な増幅度が明瞭に見られる地域のあることがわかった。これは文献2)で指摘したことと同じである。今後は、都市域の揺れ易く社会的に重要な地域に注目し、多数の地震記録データベースと数値解法を併用し、 $f(T)$ を定量化する予定である。

謝辞 本研究は、「屋外タンクのスロッシングに関する調査検討委員会」(委員長・奥村敏恵東大名教授、

主査・片山恒雄東大教授)の一環として実施したものである。ここに関係各位に心より感謝と謝意を表します。

参考文献

- 1)岡田成幸・鏡味洋史:日本各地におけるやや長周期の地盤特性の定量評価の試み、日本建築学会論文報告集、第267号、pp. 29~38, 昭和53年5月.
- 2)山田善一・野田茂・広瀬鉄夫:日本海中部地震地のやや長周期の速度応答スペクトルの統計解析モデル、構造工学論文集、第33A巻、pp. 645~658, 1987年3月.

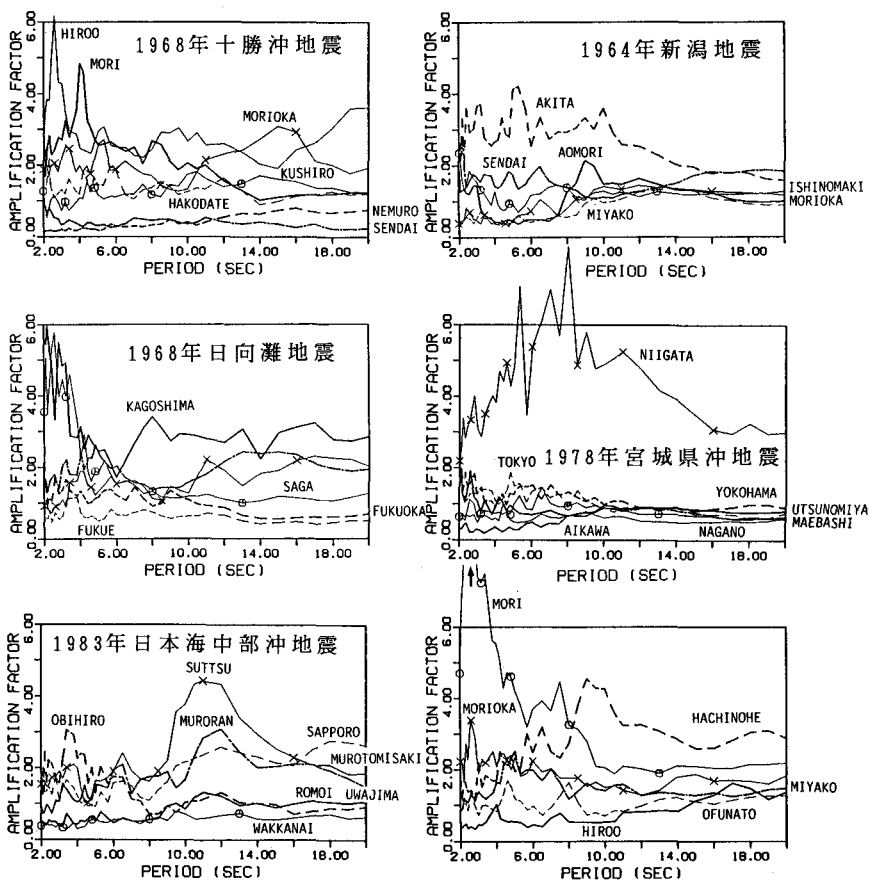


図1 地盤の増幅スペクトル