

アンケート調査および地震観測記録から 得られるサイト増幅特性の比較

鶴来雅人¹・澤田純男²

¹ 正会員 工修 財団法人大阪土質試験所 (〒550-0012 大阪市西区立売堀 4-3-2)

² 正会員 工博 京都大学助教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

兵庫県南部地震の大阪府域における震度については大規模なアンケート震度調査が実施され、その詳細な分布が得られている。この調査では単にアンケート震度分布を求めるにとどまらず、アンケート震度から見かけの震源特性と伝播経路特性を取り除くことによりサイト増幅特性が評価されている。本検討では地震観測記録からサイト増幅特性を評価し、これとアンケート震度から求めたそれと比較することで、得られたサイト増幅特性の妥当性を検討した。その結果、地震記録から得られるサイト増幅特性の着目周波数を0.5Hz~4.0Hzとした場合、両者は良い相関を持つことが明らかとなった。

Key Words : Site Amplification Effects, Questionnaire Survey, Observed Seismic Records, Osaka Prefecture

1. はじめに

太田・他によって開発されたアンケート調査により震度を算出する手法¹⁾は詳細な震度分布が得られることから、最近の被害地震ではほとんど調査が行なわれている。これらの調査は単に震度分布を求めるにとどまらず、その結果に基づく震度予測式の作成²⁾や Seismic Microzonation への適用^{3), 4)}など、その工学的利用が検討されている。

兵庫県南部地震の大阪府域においても大規模なアンケート震度調査が実施され、その詳細な震度分布が得られている⁵⁾。この調査では得られた結果の信頼性を確認するため、府内で実施されている地震観測の記録から得られる計測震度との比較、および他機関による兵庫県南部地震のアンケート震度調査結果との比較が行なわれている。また、アンケート震度から見かけの震源特性と伝播経路特性を取り除くことによりサイト増幅特性が評価されている。さらに、得られたサイト増幅特性は断層モデルに基づく地震動シミュレーション結果と比較することにより、その妥当性が確認されている⁶⁾。

本検討では地震観測記録からサイト増幅特性を評価し、これとアンケート震度から求めたそれと比較することで、改めてこの妥当性を検証する。

2. アンケート震度調査に基づく サイト増幅特性⁵⁾

アンケート震度は約1.1km×約0.9kmのメッシュ毎に整理されている。各メッシュにおけるサイト増幅特性は、アンケート震度と次式から得られる「平均震度」との差で表現される。

平均震度 = $-0.0315X +$ 各メッシュのオフセット値
ここで、 X は断層からの最短距離であり、係数「-0.0315」は府全域に対するアンケート震度の距離減衰特性として得られた値である。各メッシュのオフセット値は、まず断層線からの角度等に応じて府域を16ブロックに分割し各ブロック毎に距離減衰特性のオフセット値を求め、このオフセット値を断層線からの角度等に応じて内挿あるいは外挿することにより得られる(図-1参照)。得られたサイト増幅特性を図-2に示す。

3. 地震観測記録に基づくサイト増幅特性

地震観測記録に基づくサイト増幅特性は鶴来・他による方法⁷⁾により評価した。この方法は観測スペクトルを「基盤スペクトル」で除することにより求めるものである(図-3参照)。ここで「基盤スペクトル」とは、対象とする地震の地震モーメントとコーナー周波

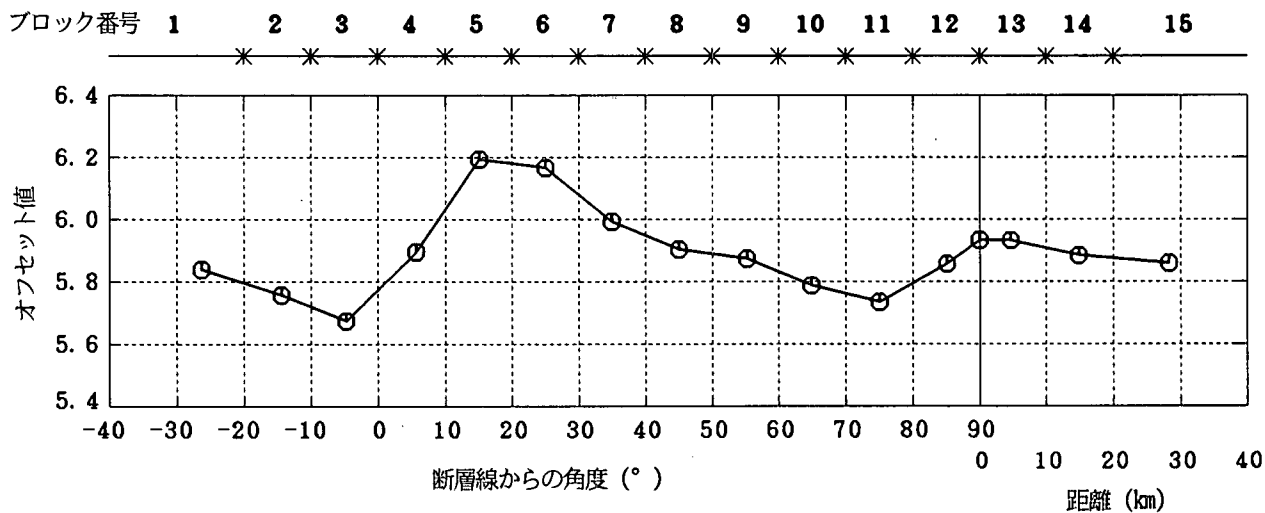


図-1 オフセット値と断層線からの角度等の関係

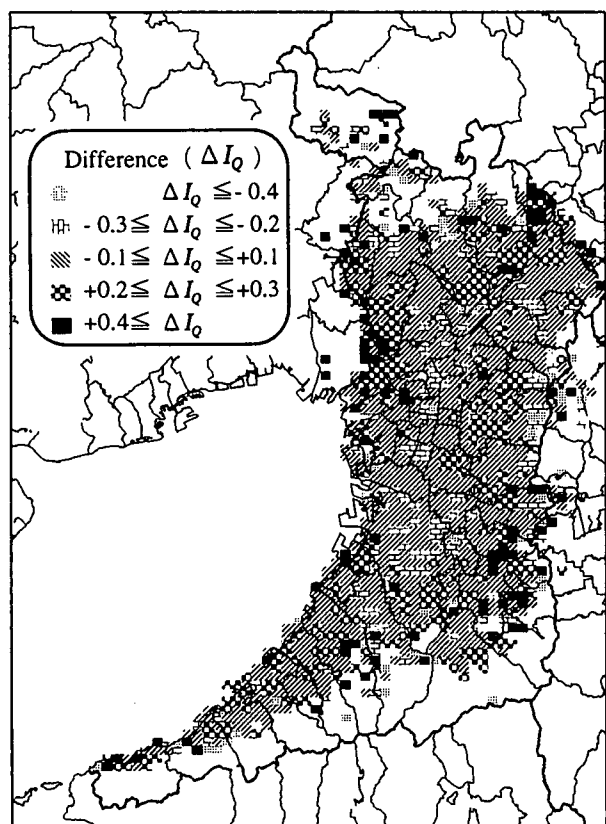


図-2 アンケート震度から得られるサイト増幅特性
(「平均震度」との差 ΔI_Q)

数を持ち、 ω^{-2} 則に基づくスペクトル特性に距離減衰と Q 値による減衰および自由地表面の影響による増幅を考慮したものである。検討の対象地点は科学技術庁防災科学技術研究所の強震ネット（以下「K-Net」）の観測点が9地点、関西地震観測研究協議会（以下「関震協」）による観測点が9地点の計18地点である。このとき、検討可能な地震数が1つしかない観測点は除外している。これらの位置を図-4に示す。図中●がK-Netの観測点、▲が関震協の観測点である。なお、

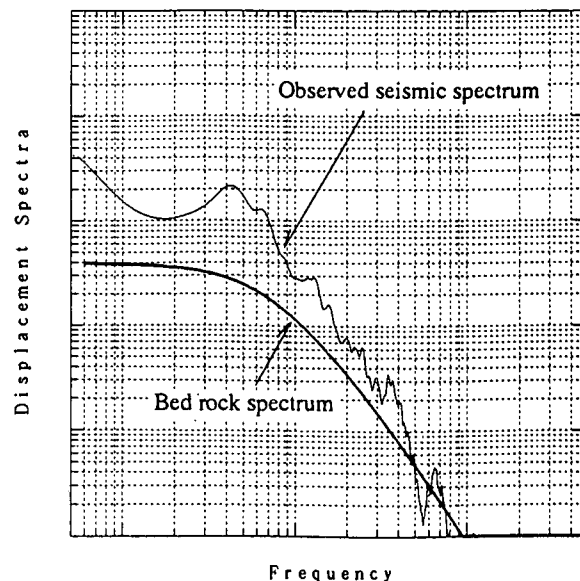


図-3 観測記録からサイト増幅特性を算出する方法の概念図

サイト増幅特性の算出に用いた地震数は、最多が TYN（関震協）の7地震、最小が OSK007（K-Net）の2地震である。

結果の一例を図-5に示す。示した結果は OSK001・OSK002・OSK009（K-Net）、FKS・TYN・YAE（関震協）の計6地点である。また、図中太線はサイト増幅特性の平均値を、細線は平均値±標準偏差を示している。なお、観測記録のSN比から有効な周波数領域はK-Net観測点が0.4Hz以上、関震協観測点が0.1Hz以上と考えられる。

4. サイト増幅特性の比較

大阪府内の計18地点の地震観測点において、上記の2つの方法で得られたサイト増幅特性を比較した。

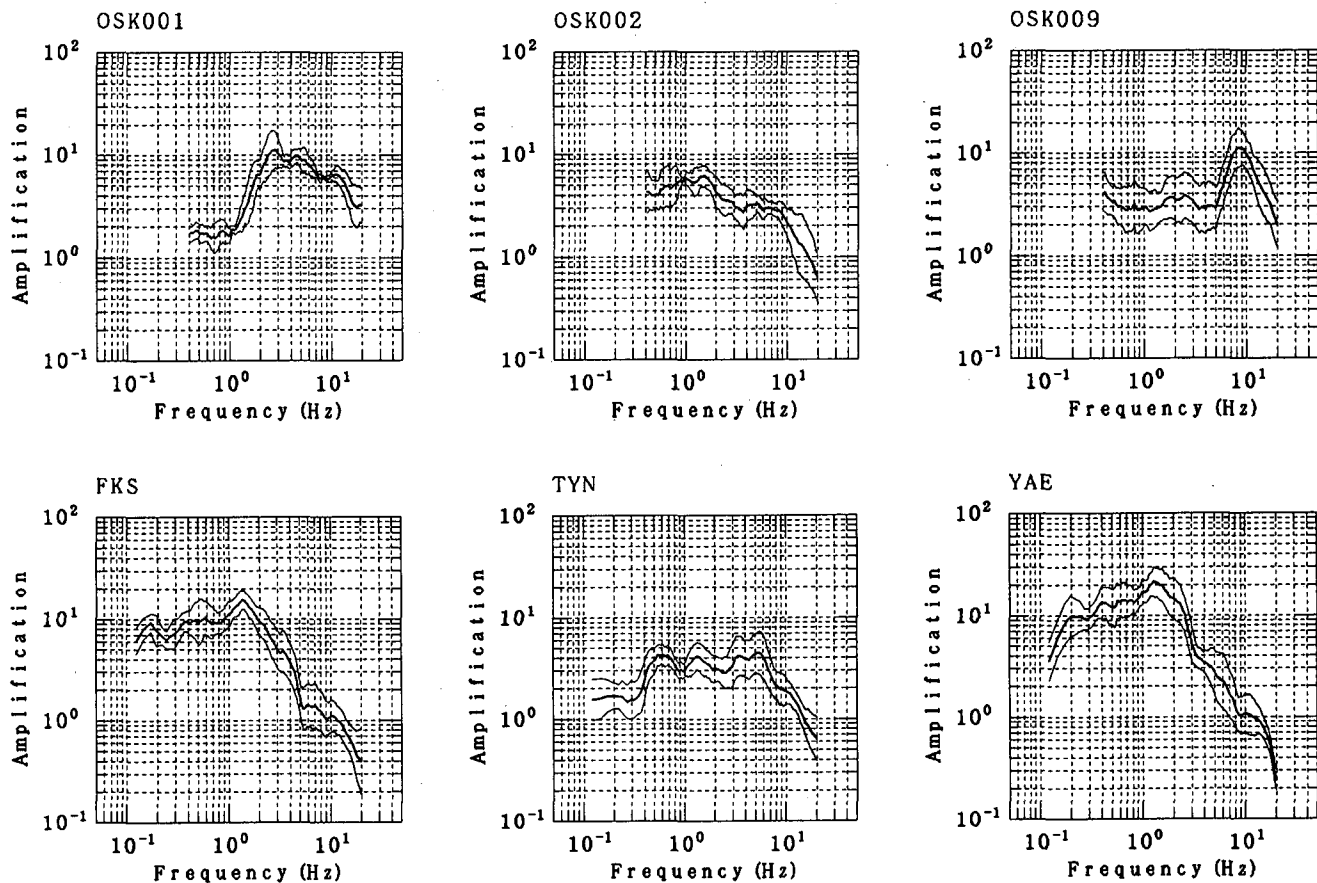


図-5 観測記録から得られるサイト増幅特性の一例

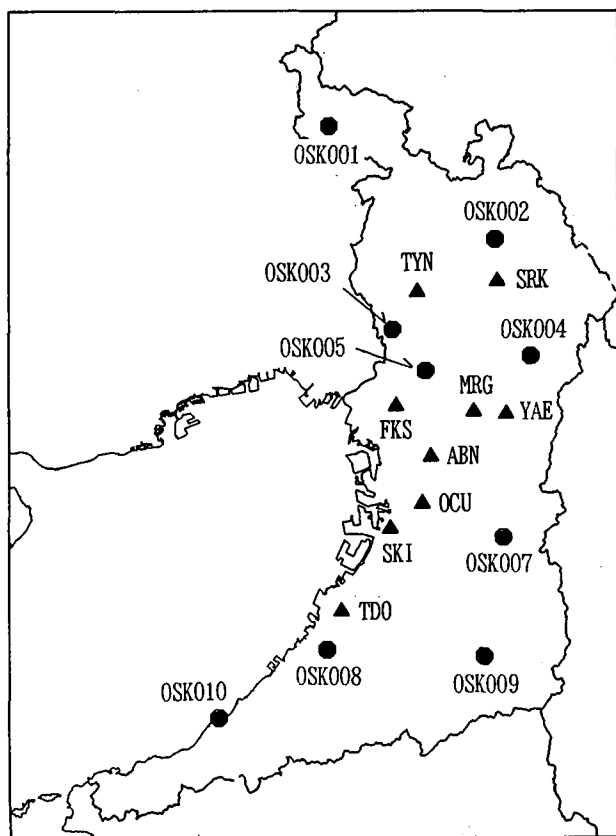


図-4 検討対象地点位置

この結果を図-6に示す。図中、横軸はアンケート震度と「平均震度」の差、すなわちアンケート震度から得られるサイト増幅特性である。一方、縦軸は地震観測記録から得られたサイト増幅特性のある周波数範囲での平均値である。着目周波数範囲は、①0.4Hz~15.0Hz、②0.5Hz~4.0Hz、③1.0Hz~2.0Hzである。いずれの場合も、両手法で求めたサイト増幅特性の間にはやや相関が認められるが、アンケート震度から得られる増幅特性が大きいにも関わらず、観測記録から得られるそれが小さい地点がいくつかあり、ばらつきは大きい。

そこで、ばらつきを大きくしている OSK001・OSK002・OSK009 (K-Net)、SRK (関東協) の4地点を除外して検討した結果を図-7に示す。着目周波数は図-6と同じである。いずれの場合も、両者の相関が図-6より認められるようになる。一般には、「震度が2大きくなると波形振幅が約10倍大きくなる」と考えられることを考え合わせると、现阶段では着目周波数を②0.5Hz~4.0Hzとした場合が、両手法で求めたサイト増幅特性の関係を最も良く表現していると考えられる。

上記4観測点において両者の相関が認められない原因は、アンケート震度から震源特性や伝播経路特性を完全に除去しきれなかったこと等が考えられるが、现阶段では明らかではない。

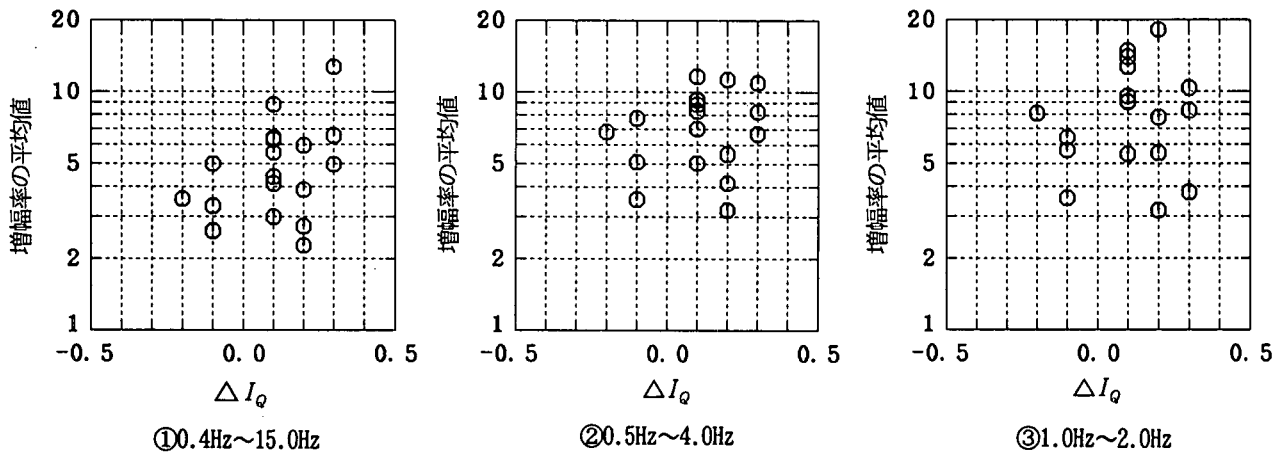


図-6 アンケート震度から得られるサイト増幅特性と地震記録から得られるそれとの比較

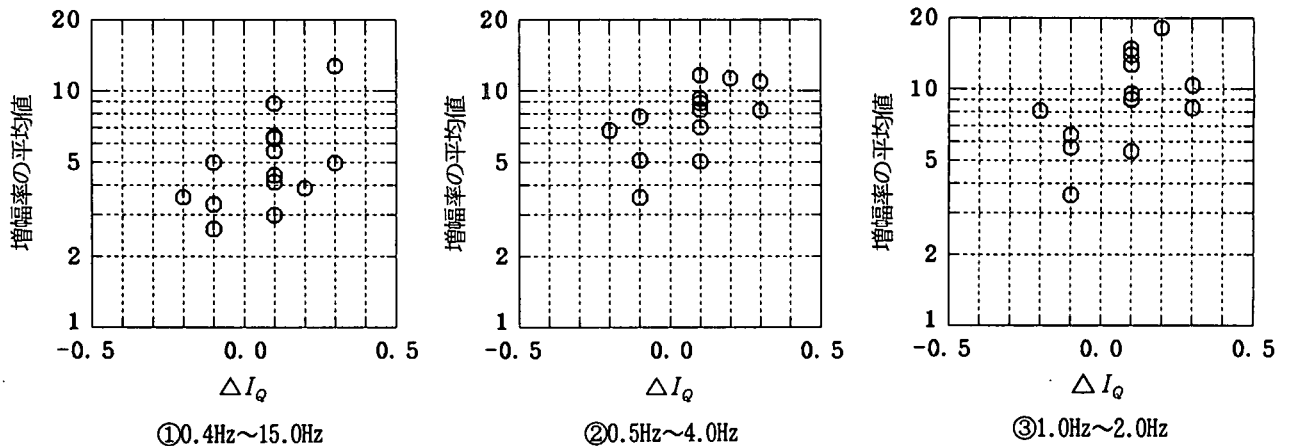


図-7 アンケート震度から得られるサイト増幅特性と地震記録から得られるそれとの比較（4地点を除いた結果）

5. おわりに

本検討では、アンケート震度から求めたサイト増幅特性の妥当性を確認するため、これと地震観測記録から得られるそれとの比較を行った。このとき、地震観測記録から得られる増幅特性の周波数範囲に関してパラメータスタディを行った。その結果、0.5Hz~4.0Hzの周波数範囲に着目すると、両手法で得られたサイト増幅特性は良い相関を持つことが明らかとなった。しかし、両者の相関が認められない地点も存在し、その原因について検討する必要がある。

アンケート震度調査から得られるサイト増幅特性と比較する指標として、今回は地震観測記録から得られるサイト増幅特性のある周波数範囲での平均値に着目したが、今後さらに良い指標がないか検討する予定である。

謝辞：本検討では科学技術庁防災科学技術研究所の強震ネット（K-Net）および関西地震観測研究協議会による観測記録を用いた。記して感謝します。

参考文献

1) 太田裕, 後藤典俊, 大橋ひとみ: アンケートによる地震時

の震度の推定, 北海道大学工学部研究報告, No.92, pp.241-252, 1979.

2) 岡田成幸, 宮川忠芳, 太田裕: 高密度震度調査にもとづく地域内震度予測式の構成 -札幌市を例として-, 日本建築学会構造系論文報告集, Vol.348, pp.11-17, 1985.

3) 鏡味洋史, 岡田成幸, 高井伸雄: アンケート震度調査に基づく北海道の地震危険度マップ, 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.139-144, 1994.

4) 宮崎雅徳, 秋吉卓: アンケート震度調査による表層地盤特性の抽出と Seismic Microzonation への適用性, 土木学会論文集, Vol.495, pp.119-126, 1994.

5) 鶴来雅人, 澤田純男, 入倉孝次郎, 土岐憲三: アンケート調査による兵庫県南部地震の大阪府の震度分布, 土木学会論文集, Vol.612, pp.165-179.

6) 鶴来雅人, 澤田純男, 香川敬生, 入倉孝次郎, 土岐憲三: アンケート調査に基づく兵庫県南部地震の大阪府域におけるサイト特性, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp.1047-1052.

7) 鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明: 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討, 地震2, Vol.50, pp.215-227.