

I-687 都市地震防災のための脈動観測による堆積地盤のマイクロゾーニング ー京都盆地、サンフランシスコ湾岸地域、上海平野、大阪港湾埋立地の比較ー

京都大学防災研究所

正 員

亀田弘行

京都大学防災研究所

赤松純平

京都大学大学院工学研究科 学生員

盛川 仁

京都大学大学院理学研究科

斉藤秀雄

1. はじめに 京大防災研究所都市施設耐震システム研究センターでは、長周期の地震波に対する表層地質の影響を脈動(周期1秒以上の微動)観測資料により推定し、これを地盤のマイクロゾーニングに利用する方法を主として京都盆地を対象に研究してきた。さらに地質条件の異なる地域においてこの方法の有効性の検討を進めている。本論では、地盤増幅特性と基盤岩の深度や3次元構造との関係を報告し、都市地震防災に脈動観測資料を用いる際の有効性と問題点について論じる。

2. スペクトル比(地盤/岩盤)による地盤増幅特性

脈動は主に近海の波浪により励起される表面波群であり、そのスペクトル構成(卓越周期、振幅)は周辺の気象条件により時間的に大きく変化する。調査対象地域に入射する脈動の波動源の影響を除去するために、地盤上と基準の岩盤上との同時観測に基づくスペクトル比を統計的に評価して地盤増幅率を推定する¹⁾。

京都盆地は南北に長く、北部から南部へ基盤岩深度は増大する。盆地南部の基盤岩深度は約700mと推定されている。地盤は薄い沖積層と厚い洪積層とから成る。図1は京都盆地における増幅率のコンターマップの例である。主な特徴は(1)地域性:北部から南部へ、周辺部から中央部へ移行するに従い各成分各周波数帯域共増幅率は増大する、(2)上下動・水平動成分の違いと類似性:水平動は上下動に比べ、低周波数域にまで増幅されるが、水平成分のコンターマップは1オクターブ高周波数の上下成分のマップに類似する、(3)異方性:水平2成分では盆地内の位置と周波数(波長)に応じて、盆地長軸方向(南北)の増幅が短軸方向(東西)より大きい。これらの特徴は、不均質な基盤構造を有する地盤による表面波増幅特性として解釈できる。さらに、図には示さないが深さ数km以浅の密度分布を表すブーゲー重力異常図との対比から、S波速度2.6 km/s以上の岩盤が脈動増幅の基盤と考えられる²⁾。

1989ロマプリエタ地震の被害地域において、同様の方法により地盤震動特性と表層地質との関係を調査した。図2にサンフランシスコ湾岸地域における増幅率と特性周波数の地域的変化の例を示す³⁾。ベイマッド

上の埋立地での増幅率が特に大きい。基盤岩深度は50 m程度と京都盆地に比べて浅いにも拘わらず、軟弱な地盤特性を反映して増幅率は大きい。また、基盤構造を反映する水平成分の異方的な増幅も観測された。特に、増幅率の増加する周波数とピークの周波数とが基盤深度に関係して顕著に地域的変化を示すことが特徴的である。図には次に示すH/Vのピーク周波数も示した。

3. 水平動成分と上下動成分のスペクトル比(H/V)

国際防災十年に関連する事業として上海地域の地震危険度評価の研究が同済大学と共同で推進され⁴⁾、その一環として脈動観測による上海平野のマイクロゾーニングが実施された。同平野は長江による堆積平野であり、基盤岩深度の変化は緩やかである。同地域では基準とすべき露岩が調査対象地域から遠く隔たっているため、地盤/岩盤のスペクトル比を評価するには脈動の距離減衰を考慮する必要がある。減衰についての資料が無いので、H/Vにより入射特性の除去を試みた。図3はスペクトルとH/Vの例、およびH/Vのピーク周期と基盤岩深度(ボーリング資料による)との関係である。H/Vのピーク周波数と基盤岩深度とは顕著な相関を示す。

図4に大阪港湾埋立地におけるH/Vの例を示す。深い(1500m程度)基盤岩を反映してH/Vのピークは0.13 Hzと観測例の中で最も低周波数であった。

4. 議論 脈動の主成分は表面波群と考えられるのでスペクトル比(地盤/岩盤)は地震波の表面波成分の増幅特性に対比し得る。京都盆地の例では両者はほぼ等しい。レーリー波のH/Vは地盤構造に依存するので、脈動のH/Vが基盤岩深度に強く依存している上記の観測結果は、地盤震動特性を吟味する上で非常に興味深い。レーリー波水平動成分のスペクトル特性とラブ波のそれとの類似性に関する検証を行うことにより、基準観測点として適当な岩盤サイトが得られない場合にも、地盤震動特性を議論する上でこの方法の利用価値は大きいと思われる。ただし、脈動のH/Vによる地盤増幅特性の議論はこれらのモードの分離が不可欠である。

参考文献 1)安井・赤松・亀田:脈動観測による厚い堆積層を有する都市地盤のマイクロゾーニング、土木学会第48回年次学術講演会。2)赤松・西村・駒澤:地震動災害と基盤構造、日本地質学会第101年総会・討論会、環境地質学と地震工学の接点を探る。3)AKAMATSU et al.: Assessment of the effects of local geology using long-period microtremors and the 1989 Loma Prieta Earthquake motions, 都市耐震工学研究報告別冊6号、1991。4)KAMEDA and ZHANG(Ed.): Seismic risk assessment of urban facilities in a sedimentary region, Natural Hazard Reduction Mitigation in the East Asia, Part 3, 文部省特別事業報告書、1984。

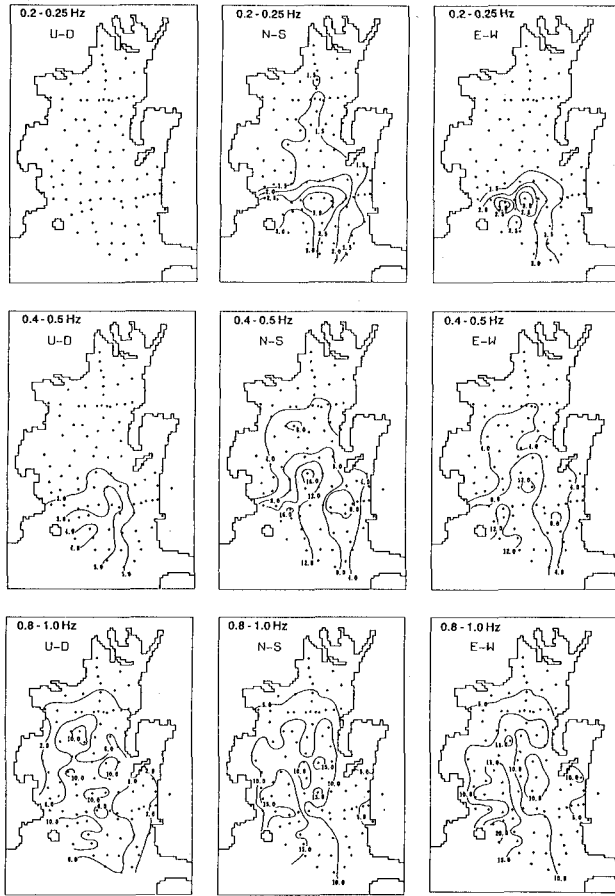
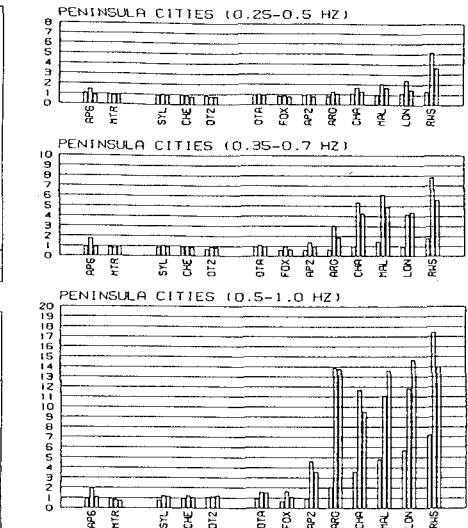


図1 京都盆地における脈動の周波数毎の増幅率。

左からUD, NS, EW, 上から0.2-0.25, 0.4-0.5, 0.8-1.0Hz。(b)ピーク周波数とその観測地盤サイトの違いによる空間的变化。○：水平動成分のピーク周波数，●：岩盤サイトに比べ地盤増幅の始まる周波数，△：地盤サイトにおけるスペクトル比(H/V)のピーク周波数。



(a)地盤/岩盤スペクトル比の1オクターブ幅における平均値。各地点の棒グラフはそれぞれ左から、上下動、地質構造に平行な方向の水平動(N40W)、それに直角方向の水平動(N50E)の成分を表す。

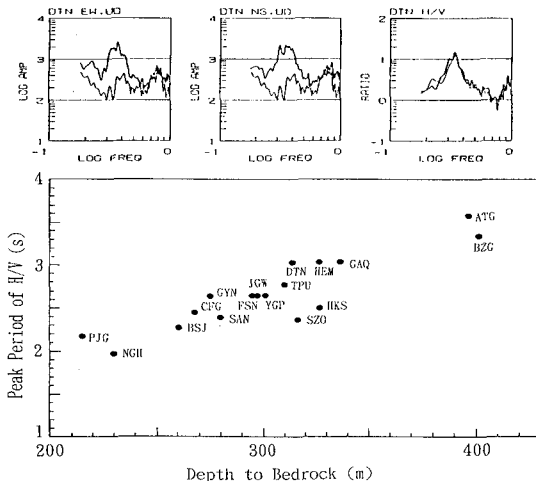
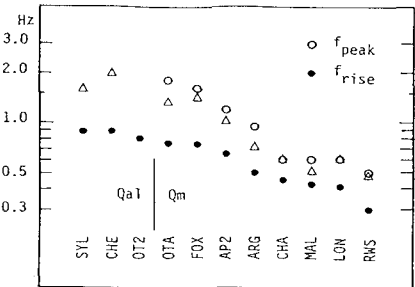


図3 上海平野における脈動のスペクトルとH/Vの例、およびH/Vのピーク周期と基盤岩深度の関係。

図2 サンフランシスコ湾岸地域の地盤による脈動の増幅特性。

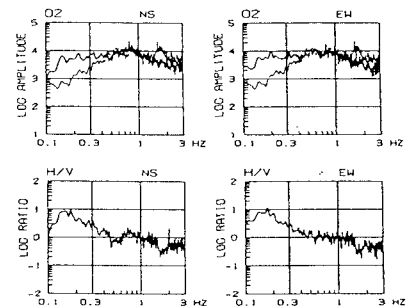


図4 大阪湾埋立(築港)の脈動のスペクトル(太線：水平動成分，細線：上下動成分)とH/V。