

建物近傍での地震記録から自由地盤相当の地震動特性を推定する方法

東京工業大学総理工 学生会員 小嶋 潤
明星大学理工 正 会 員 年縄 巧

東日本電信電話株式会社 佐々木 理
東京工業大学総理工 翠川 三郎

1. はじめに

地盤特性評価のための地震観測は、構造物の影響を受けない地盤上に設置し観測を行う必要がある。しかし観測点によっては、設置条件の制約などから、建物近傍で地震観測を行っている場合がある。そのような点では観測記録に建物振動の影響が含まれている可能性がある。本研究では、建物近傍の観測記録に及ぼす建物振動の影響を地震時と微動時で比較・検討し両者の関係を用いて、建物近傍で観測された地震動特性から自由地盤相当の地震動特性を推定する手法を提案する。

2. 観測点の概要

本研究で対象とした建物は、RC 造 2 階建てで、基礎は杭打ち基礎である。また、周辺には他に影響を及ぼすような構造物は存在せず、地形も平坦になっている。

対象サイトの概要を示す(図 1)。図中の■が地震観測点であり、それぞれ建物から直線距離にして約 26m 離れている小屋内にあり自由地盤上を想定した KG0、建物の長辺方向面内、東端から 2m のところに位置する KGD、建物北西端 1 階部分の KG1、南東端 2 階部分の KG2 である。これらの観測点では、微動の同時観測も行っている。なお、観測記録はすべて建物の長辺・短辺方向に方位補正して解析に使用しているが、長辺・短辺の各方向で結果に大きな違いが生じなかったことから、本論文では長辺方向の結果のみを代表して示すこととする。

3. 地震時と微動時の建物振動特性の比較

99 年 12 月までに 37 の地震記録が各点で観測されている。このうち KGD における計測震度が最大(3.5)であった 99 年 9 月 13 日の地震(M=5.1, 深さ=80km, 千葉県北西部)による観測波形を示す(図 2)。各観測点と同様な波形を示しているが、KG0 に見られる短周期成分が KGD, KG1, KG2 にはないことが分かる。

建物内の地震観測点、KG1 と KG2 の地震記録、微動記録から、それぞれ KG1 を基準としたスペクトル比を求め、地震時と微動時の建物振動特性を比較した。図 3 に、KG1 と KG2 で同時に得られた 17 地震の相加平均(太実線)と相加平均±標準偏差値(細実線)を、微動観測による結果(太点線)と共に示す。地震時と微動時のスペクトル比は、周期 0.1 秒以上で大きな違いがないと言える。

4. 建物近傍と自由地盤上の振動特性の比較

図 4 に、地震記録による自由地盤上 KG0 に対する建物近傍 KGD のスペクトル比を示す。これはこれまでに観測されている 33 地震のそれぞれの結果(細点線)とその平均(太実線)である。地震ごとのばらつきは小さく、ほぼ一定の傾向を示すことがわかる。即ち周期 0.4 秒前後において、

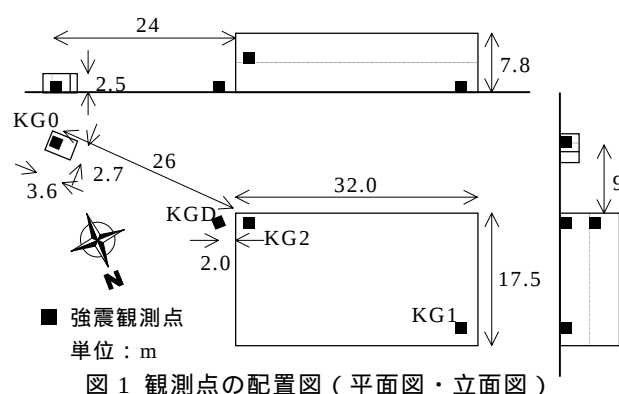


図 1 観測点の配置図(平面図・立面図)

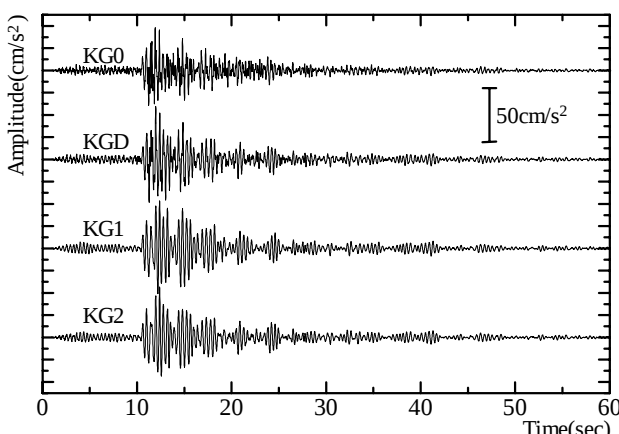


図 2 各観測点における長辺方向の加速度地震波形

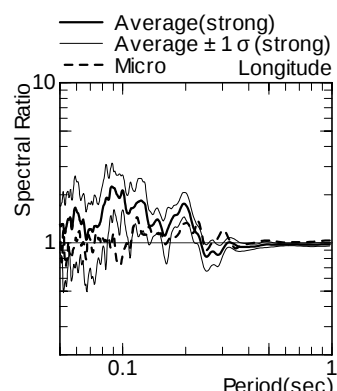


図 3 KG2/KG1 スペクトル比

Keywords: 地盤振動特性, 低層建物の振動, 地震観測, 常時微動観測

東京工業大学総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259 TEL 045-924-5602 FAX 045-924-5574)

KG0 に対し KGD の振幅が大きくなっている。また、周期約 0.3 秒以下では KGD の振幅が全体的に抑制されているように見え、その周期帯域の中には逆に増幅される周期も存在する。このように建物近傍 KGD の観測記録は、自由地盤上 KG0 に対し周期によって抑制や増幅を受けていることがわかる。同様の検討を微動観測についても行い、その結果（太実線、3 回の観測結果の平均）を図 4 の地震時の KGD/KG0 スペクトル比から求めた相加平均 ± 標準偏差値（細実線）と重ねて示す（図 5）。微動時のスペクトル比は、殆どの周期帯域において地震時のスペクトル比の標準偏差内に収まり、両者が良く対応していることがわかる。

以上より地震時と微動時で、建物近傍の観測記録に建物振動が及ぼす影響は、同様のものと推測できる。この結果と、先ほど述べた地震時と微動時で建物振動特性が同様であることから、微動によって地震時に建物振動が周辺の地盤振動に及ぼす影響を評価できると判断した。

5. 微動を用いた自由地盤上での増幅特性の推定

これまでの結果をもとに、建物の近傍に強震計を設置している地震観測点 A, B, C において、建物近傍の地震記録と建物近傍と自由地盤上での微動観測結果から、地震時における自由地盤上での増幅特性 $A_G'(\omega)$ （工学的解放基盤に対する自由地盤のスペクトル比）を推定した（図 6）。具体的には建物近傍の微動記録から求めたフーリエスペクトル $f_B(\omega)$ を自由地盤上での微動記録によるフーリエスペクトル $f_G(\omega)$ で除したものの（図 5 に対応）

で、工学的解放基盤で得られた地震記録に対する建物近傍の地盤上の地震記録のスペクトル比 $A_B(\omega)$ を除すことにより以下のように算出した。

$$A_G'(\omega) = A_B(\omega) \div f_B(\omega) / f_G(\omega)$$

比較のために建物近傍の増幅特性 $A_B(\omega)$ 、および地盤データから算出した理論増幅率 $T_G(\omega)$ も図 6 に示した。

観測点 A では $A_G'(\omega)$ と $T_G(\omega)$ を比較すると、全体的に $A_G'(\omega)$ の振幅が大きくなってしまい、あまりよい推定はできていない。これは表層部分の S 波速度が土質や N 値から推測される一般的な値よりも大きく、地盤モデルが適当でない可能性があることが挙げられる。観測点 B では $A_B(\omega)$ が $T_G(\omega)$ と良く対応しており、 $A_G'(\omega)$ も短周期側で若干大きくなるがほぼ同様の傾向を示す。よってこの場合は、地盤の基本周期付近に及ぼす建物振動の影響はほとんどないものと思われる。観測点 C では $T_G(\omega)$ による基本周期において $A_B(\omega)$ が落ち込んでおり、両者の対応はよくない。それに対し $A_G'(\omega)$ は基本周期およびそのときのピーク値とも $T_G(\omega)$ と良く対応している。このことから $A_B(\omega)$ には建物振動の影響が含まれており、それを微動のスペクトル比によって除去できた考えられる。

6. 結論

低層建物の近傍と自由地盤上で、地震動の比較観測を行った結果、建物近傍の観測記録には建物振動の影響が含まれており、対象とする周期によっては自由地盤相当として用いるには注意を要することがわかった。地震時と微動時の建物振動特性および、建物振動が及ぼす周辺地盤への影響が同様であることを利用して、建物近傍の地震記録と微動の観測結果から自由地盤上での増幅特性を推定した。その結果、理論的な増幅特性と比較すると、建物近傍の観測記録のみを用いて推定した増幅特性よりも改善されることを示した。

謝辞 本研究では、横浜市高密度強震計ネットワークによる記録を用いており、また横浜市地域研究費補助金の援助を受けている。記して謝意を表します。

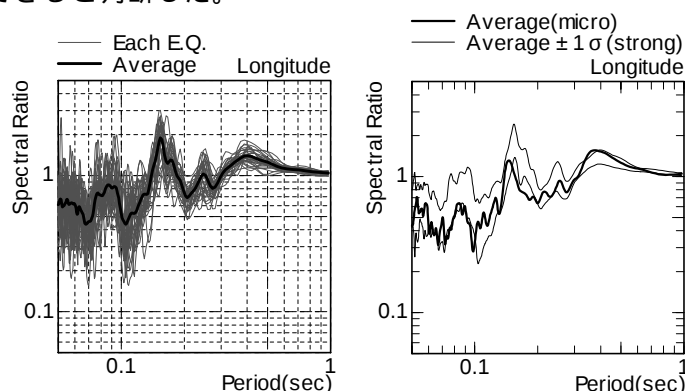


図 4 KGD/KG0 スペクトル比

図 5 KGD/KG0 スペクトル比

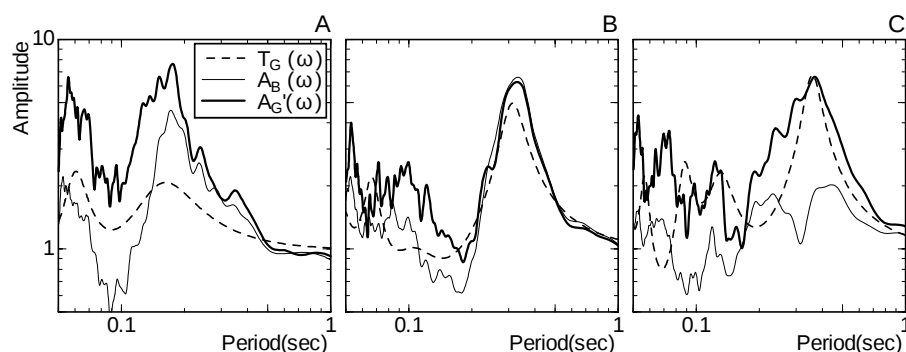


図 6 推定した自由地盤上での増幅特性