

地震基盤から地表までの増幅率による地盤増幅度の評価

金沢大学工学部	フェロー	北浦 勝
金沢大学大学院	学生会員	西川隼人
金沢大学工学部	正会員	宮島昌克
金沢大学大学院		Abdolhossein Fallahi

1. はじめに

距離減衰式によって地表面の地震動強さを予測する際に工学的基盤から地表までの増幅の影響を的確に評価する必要がある。地盤による増幅は通常、工学的基盤を基準としたものであり（図-1）、工学的基盤までの地盤情報を有する場合は様々な方法によって地盤増幅度を評価することができる。しかし、実際に工学的基盤までの地盤情報が得られている箇所は限られており、そのような地点では地盤増幅度を評価することができない。一方、地盤情報が得られていない地点でも微動観測記録から増幅度を評価する方法などが提案されている¹⁾。本論文では福井、石川県の観測点の記録を用いて、経験的な方法²⁾によりサイト特性（地震基盤から地表までの増幅率）を求め、サイト特性から最大加速度の増幅度を評価する方法を提案する。

2. サイト特性の算出

サイト特性は図-1のように地表スペクトルと地震基盤でのスペクトル（基盤スペクトル）の比で表される。基盤スペクトルはBooreの方法³⁾により作成する。基盤スペクトルは対象とする地震の地震モーメント、コーナー周波数から、 ω^{-2} 則に従う震源特性と伝播特性より得られるものである。図-2に示す福井、石川県内のK-NET観測点20地点、KiK-net観測点15地点を対象としてサイト特性を求めた。求めたサイト特性の一例を図-3に示す。図-3の実線はサイト特性の平均値、破線は平均値 \pm 標準偏差である。なお、観測記録に含まれるノイズの影響を考慮して0.4~15Hzを解析対象としている。

3. 工学的基盤での最大加速度距離減衰式の算出

工学的基盤から地表までの増幅度を求める際、工学的基盤の最大加速度の値が必要となる。そこでKiK-net観測点の地中記録とK-NET観測点の地表記録より求めた工学的基盤での記録を用いて基盤最大加速度の予測式を求め、これより各観測点での増幅度を算出する。なお、解析に用いるのは2000年石川県西方沖地震（マグニチュード6.1）の記録であり、震央は図-2に示すとおりである。工学的基盤での最大加速度を次に示す距離減衰式モデルを用いて予測する。

$$\log A_{\max} = a - \log R - bR \quad (1)$$

A_{\max} は工学的基盤における最大加速度、 R は震源距離、 a, b は回帰係数である。右辺の第一項 a は補正項、第二項は幾何減衰を表している。第三項は内部減衰を表わす項である。既往の研究⁴⁾で明らかのように北陸地方では地域によって地殻での地震波の減衰の程度が異なるので、福井県と石川県に分けて予測式を求める。得られた予測式は福井、石川県の順に次のようになった。

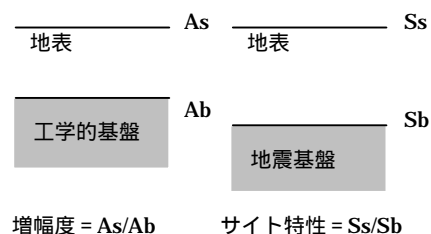


図-1 サイト特性と増幅度の概念図



図-2 観測点の位置

キーワード：地盤増幅度、サイト特性、最大加速度

連絡先：〒920-8667 石川県金沢市小立野2-40-20 Tel 076-234-4654

Fax 076-234-4644

$$\log A_{\max} = 4.128 - \log R - 0.009R \quad (2)$$

$$\log A_{\max} = 4.070 - \log R - 0.005R \quad (3)$$

図-4 に式 (2) (3) から得られる減衰曲線と福井、石川県の観測点の工学的基盤における最大加速度を示す。式 (2) (3) の内部減衰項の回帰係数を比較すると、福井の方が石川よりも大きくなっている。この結果は既往の研究⁴⁾で示されている石川よりも福井の Q_s 値の方が小さいという結果と対応していると言える。

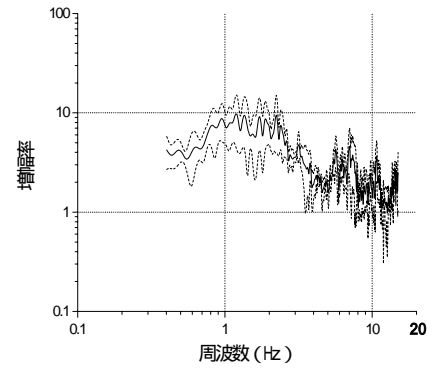


図-3 金沢 (ISK010) のサイト特性

4. 地盤増幅度とサイト特性の関係

3.で求めた予測式より各観測点の最大加速度の増幅度を算出する。サイト特性と増幅度の関係を調べるにあたり、どの周波数帯域のサイト特性が影響を及ぼすかを評価するために、1~4, 4~7, 7~10Hz の帯域に分けて、それぞれの平均値を算出する。図-5 に平均したサイト特性と地盤増幅度の関係を示す。図-5 から明らかなように、4~7Hz で相関が最も高くなっている。1~4Hz では相関係数が負となっている。これは、この帯域では加速度よりも速度が卓越するため、ここで対象としている加速度の増幅度との相関が低くなったと考えられる。最も相関が高くなった 4~7Hz でのサイト特性の平均値 \bar{S}_e と増幅度 A の関係式は以下ようになる。

$$A = 0.445 + 0.698\bar{S}_e \quad (4)$$

式 (4) のような相関係数の高い関係式を用いれば、工学的基盤までの地盤情報が得られていない観測点でも、サイト特性から最大加速度の増幅度を算出することが可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究ではサイト特性と地盤増幅度の関係を考察した。その結果、4~7Hz におけるサイト特性の平均値と増幅度の間に良い相関があることが明らかになった。今後はサイト特性と増幅度の関係を再考察するとともに、最大速度についても同様の検討を進めていく予定である。

謝辞：防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net 観測記録を使用させて頂きました。

参考文献

- 1) 小川安雄、清水謙司、前島大吾、江尻譲嗣：常時微動を用いた最大水平速度増幅特性評価手法の釧路市域強震記録を用いた検証、土木学会第 54 回年次学術講演会、pp.274 - 275、1999.
- 2) 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、第 50 巻、pp.215 - 227、1997.
- 3) Boore, D. M. : Stochastic simulation of high-frequency ground motion based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.73, pp.1865 - 1894, 1983.
- 4) 西川隼人、北浦勝：北陸地方における Q_s 値の推定、平成 13 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.21 - 22、2002.

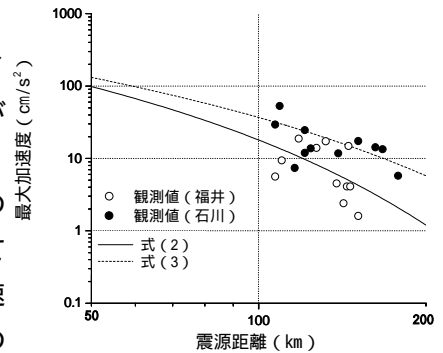


図-4 観測値と予測値

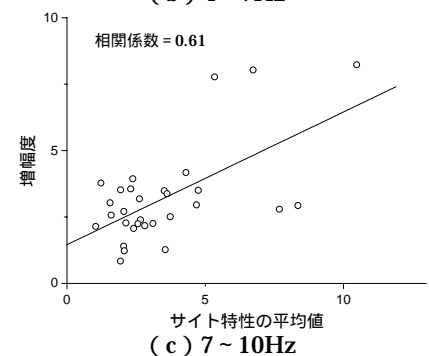
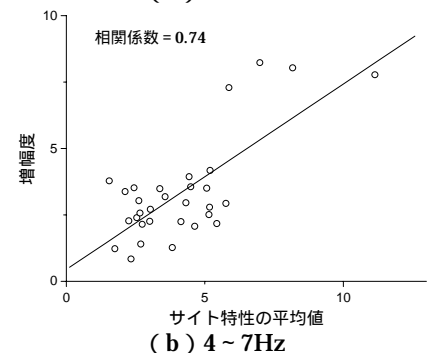
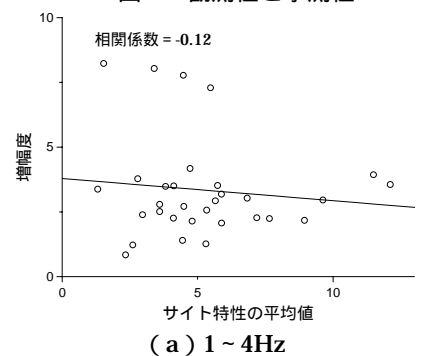


図-5 サイト特性と増幅度の関係