

1993 年能登半島沖地震の震源域における地盤震動特性の評価

大阪大学大学院工学研究科 正 会 員 秦 吉 弥
大阪大学大学院工学研究科 学生会員 湊 文博

金沢大学 理工研究域 正 会 員 村 田 晶
金沢大学 理工研究域 正 会 員 宮 島 昌 克

1. はじめに

1993 年 2 月 7 日に発生した能登半島沖を震源とするマグニチュード 6.6 の地震(以後、本震もしくは 1993 年能登半島沖地震と呼ぶ)では、震源域において深刻な被害が報告¹⁾されている。例えば、木ノ浦トンネルにおけるトンネル天井の崩落、須受八幡神社における鳥居の倒壊などが挙げられる。しかしながら、震源域における観測地震動として、JMA 輪島と小屋ダム(図-1 参照)で得られた本震観測記録しか存在せず、木ノ浦トンネルおよび須受八幡神社に本震時に作用した強震波形を評価することは、非常に重要である。本稿では、強震動評価を行うための基礎的検討として、サイト増幅特性および常時微動 H/V スペクトルにより 1993 年能登半島沖地震の震源域における地盤震動特性の評価を行った結果について報告する。

2. サイト増幅特性の評価

図-2 は、JMA 輪島におけるサイト増幅特性²⁾、K-NET 正院におけるサイト増幅特性³⁾、KiK-net 珠洲におけるサイト増幅特性³⁾、JMA 舩倉島におけるサイト増幅特性、JMA 珠洲におけるサイト増幅特性(ともに地震基盤～地表相当)をそれぞれ重ね合せたものである。

JMA 舩倉島におけるサイト増幅特性は、JMA 舩倉島と KiK-net 珠洲で同時に得られた地震観測記録を対象に、両地点の距離の違いによる補正^{4,5)}を考慮した水平二成分合成のフーリエスペクトルの比率(JMA 舩倉島/KiK-net 珠洲)を計算し、この比率を KiK-net 珠洲における既存のサイト増幅特性³⁾に掛け合わせることで評価⁶⁾した。

JMA 珠洲におけるサイト増幅特性は、JMA 珠洲と K-NET 正院で同時に得られた地震観測記録を対象に、両地点の距離の違いによる補正^{4,5)}を考慮した水平二成分合成のフーリエスペクトルの比率(JMA 珠洲/K-NET 正院)を計算し、この比率を K-NET 正院における既存のサイト増幅特性³⁾に掛け合わせることで評価⁶⁾した。

3. 常時微動 H/V スペクトルの評価

1993 年能登半島沖地震の震源域に現在位置する既存強震観測点(図-1 参照)、木ノ浦トンネル(図-3 参照)、須受八幡神社(図-4 参照)において常時微動計測を行った。

図-5 および図-6 の枠内写真に木ノ浦トンネルおよび須受八幡神社での常時微動計測状況の一例を示す。計測期間は、2016 年 3 月 25 日である。計測は昼間に実施し、一体型微動探査兼地震計機器(白山工業(株)製)⁷⁾を採用した。計測機器の諸元については、文献 7)を参照された。計測方向は水平二成分と鉛直成分の計三成分であり、後述する常時微動 H/V スペクトルの計算では、水平二成分の平均をとった。計測時間は、1 計測点あたり約 30 分間の単点計測とした。

常時微動 H/V スペクトルの計算処理方法⁸⁾としては、まず、微動の加速度時刻歴に対して 0.1Hz のハイ・パスフィルターを施し、雑振動が比較的小さい 163.84 秒の区間を 7 区間抽出し、フーリエスペクトルの計算を行い、バンド幅 0.05Hz の Parzen Window で平滑化した後に、H/V スペクトルを算出し、7 区間の平均をとった。評価振動

数の範囲としては、使用した微動計測器の性能⁷⁾などを考慮して 0.2~10Hz とした。

図-5 および図-6 は、常時微動 H/V スペクトルをそれぞれ重ね合せたものである。図-5 および図-6 に示すとおり、木ノ浦トンネルと KiK-net 珠洲、須受八幡神社と K-NET 正院では、H/V スペクトルの特徴が概ね類似していることが確認できる。すなわち、木ノ浦トンネルと KiK-net 珠洲そして須受八幡神社と K-NET 正院では、地理的な位置関係がそれぞれ比較的近距離であること(図-3 および図-4 参照)、地盤震動特性がそれぞれ類似していること(図-5 および図-6 参照)、などを踏まえれば、KiK-net 珠洲・K-NET 正院におけるサイト増幅特性は、木ノ浦トンネル・須受八幡神社におけるサイト増幅特性とそれぞれ同等であると見なすことが可能であることが唆される。

4. まとめ

今後は、本稿で得られた知見に基づいて、疑似点震源モデル⁹⁾を用いた強震動評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 例えば、土質工学会 1993 年地震災害調査委員会：1993 年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書、土質工学会、404p., 1994.
- 2) Hata, Y. and Nozu, A.: Pseudo point-source models for shallow crustal earthquakes in Japan, *Proc. of the 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Istanbul, Turkey, Paper No.630, 2014.
- 3) 野津厚, 長尾毅, 山田雅行: スペクトルインバージョンに基づく全国の強震観測地点におけるサイト増幅特性とこれを利用した強震動評価事例, 日本地震工学会論文集, Vol.7, No.2, pp.215-234, 2007.
- 4) Boore, D. M.: Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.73, No.6A, pp.1865-1894, 1983.
- 5) 佐藤智美, 巽誉樹: 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性, 日本建築学会構造系論文集, No.556, pp.15-24, 2002.
- 6) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻), 国土交通省港湾局監修, pp.336-341, 2007.
- 7) 先名重樹, 安達繁樹, 安藤浩, 荒木恒彦, 飯澤清典, 藤原広行: 微動探査観測システムの開発, 第 115 回物理探査学会学術講演会講演論文集, pp.227-229, 2006.
- 8) 例えば、秦吉弥, 湊文博, 山田雅行, 常田賢一, 魚谷真基: 和歌山県串本町における高密度常時微動計測, 物理探査, Vol.68, No.2, pp.83-90, 2015.
- 9) Hata, Y. and Nozu, A.: Simulation of strong ground motions for a shallow crustal earthquake in Japan based on the pseudo point-source model, *Proc. of 6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, Christchurch, New Zealand, Paper No.73, 2015.

キーワード: サイト増幅特性, 常時微動 H/V スペクトル, 地震動評価

連絡先: 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL&FAX:06-6879-7626

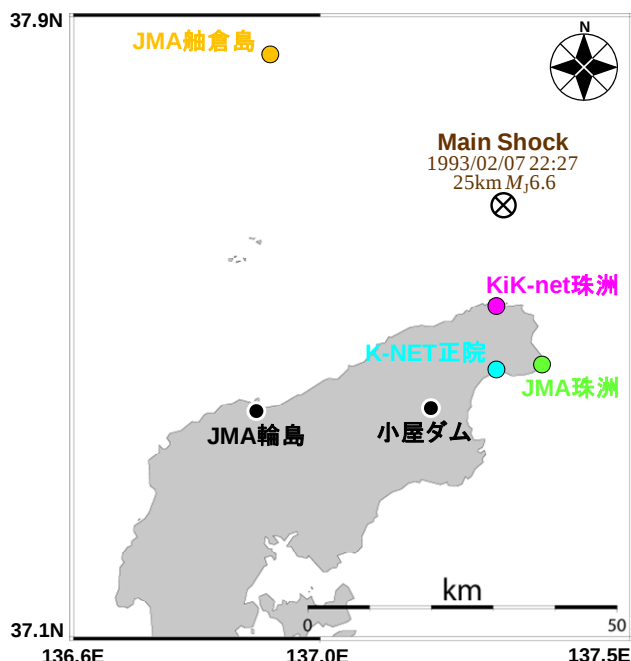


図-1 1993 年能登半島沖地震の震源域での観測点分布

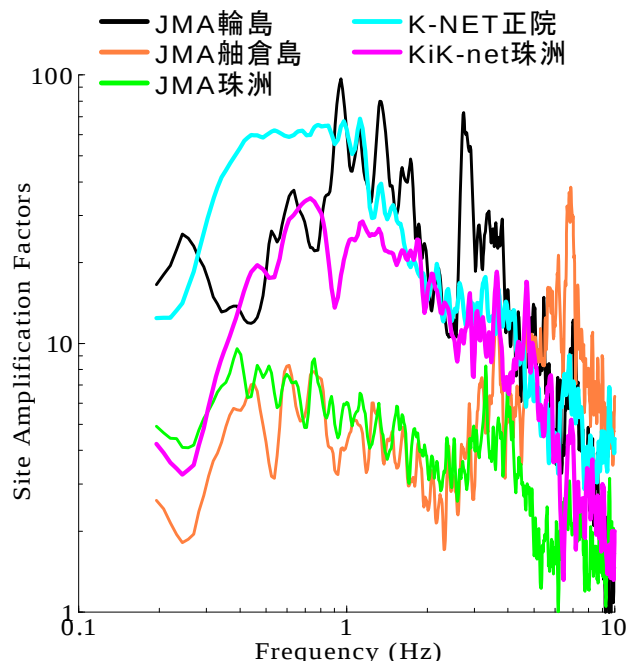


図-2 サイト増幅特性(地震基盤～地表)の比較

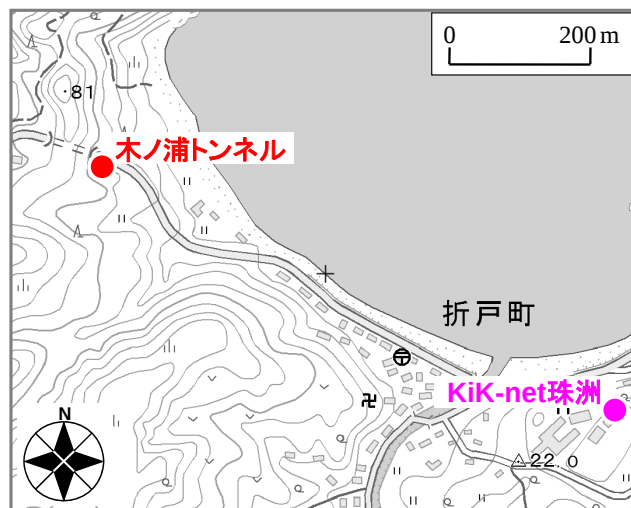


図-3 木ノ浦トンネルと KiK-net 珠洲の地理的位置関係

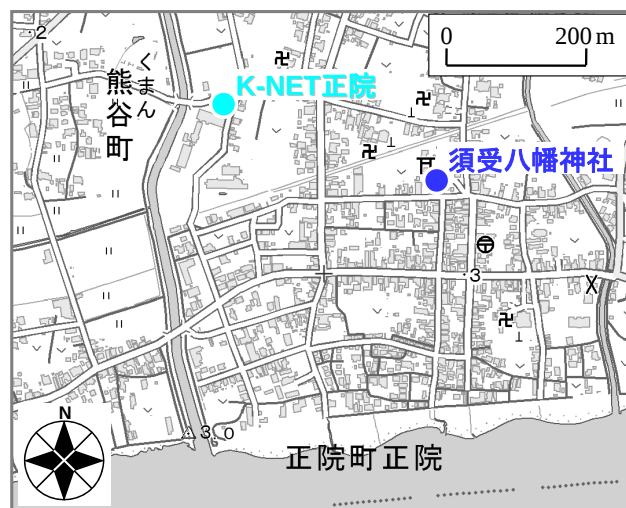


図-4 須受八幡神社と K-NET 正院の地理的位置関係

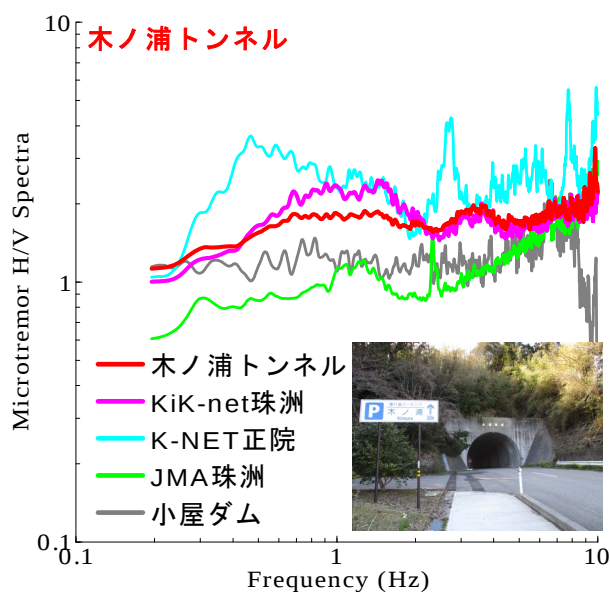


図-5 常時微動 H/V スペクトルの比較 (1)
[木ノ浦トンネルにおけるサイト増幅特性の評価]

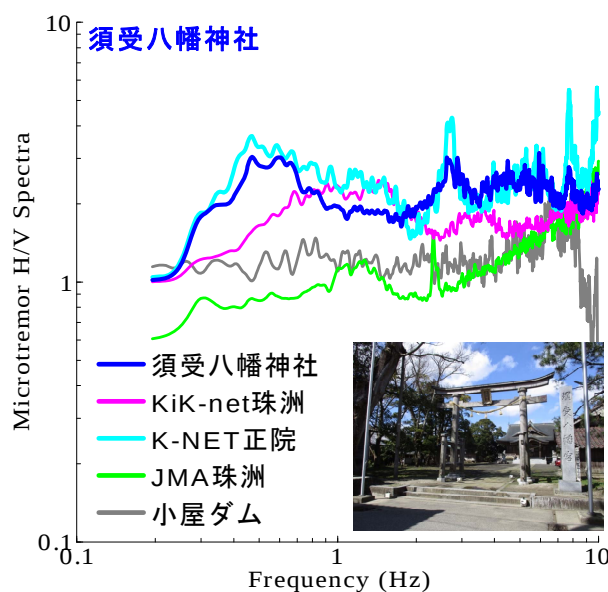


図-6 常時微動 H/V スペクトルの比較 (2)
[須受八幡神社におけるサイト増幅特性の評価]