

2003年十勝沖地震における KiK-net を用いた地盤の非線形増幅特性

中央大学工学部 正会員 國生 剛治
 中央大学工学部 学生会員 長尾 晋悟
 中央大学工学部 学生会員 餅井 絵里香

1.はじめに

表層地盤での地震動増幅特性は地盤の層厚、弾性波速度、減衰定数、密度に基本的に支配されるが、軟質な土質地盤においてはさらに地盤物性の非線形性が重大な影響を及ぼすと考えられる。現在、全国を約 20km 間隔で覆う約 700ヶ所に基盤と表層の地震計がセットの観測システム KiK-net が設置され、多くの地震記録が得られている。そこで今回、2003年十勝沖地震の水平動についての本震と余震記録を用いて、加速度増幅率、スペクトル比、S波速度比の点から地盤の震動増幅特性に影響を及ぼす地盤物性の非線形性について検討を行う。



図-1 観測点地図

2.解析方法

今回解析に用いたのは、表層最大加速度が 200gal 以上の観測点(図-1)のデータである。まず加速度波形の基線補正を行い、地震計の設置誤差が 10 度以上の観測点では方向修正を行う。そして、そこから得られた加速度データを用いて表層の最大水平加速度を基盤の最大水平加速度で割ることにより加速度増幅率を求める。次に、地表と基盤での加速度記録のフーリエスペクトルを算出し、それに 0.3Hz の Parzen Window をかけ、(地表)/(基盤)のスペクトル比を計算する。さらに、各層の S 波速度と層厚から 1/4 波長則により算出した複数の境界層までの一次固有振動数 f と上述の観測波スペクトル比の 1 次ピーク周波数を比較し、一致度が高い観測点に関して、

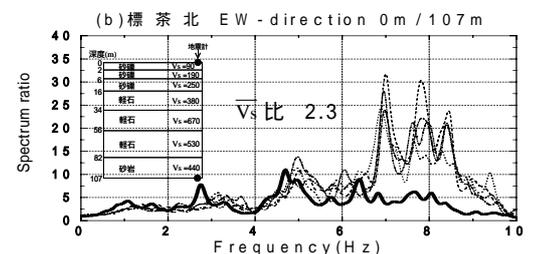
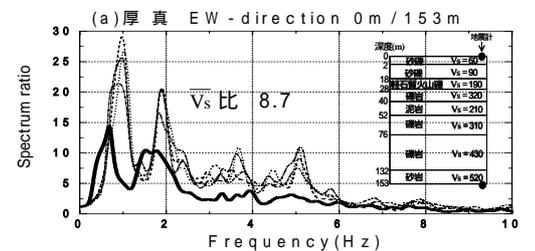


図-2 十勝沖地震の本震と余震の地表と基盤でのスペクトル比

$$\bar{V}_s = H / \sum_i (H_i / V_{si}) \quad (H_i : \text{各層の層厚} \quad V_{si} : \text{各層の S 波速度})$$

により表層の平均 Vs (\bar{V}_s)を求める。そして

$$\bar{V}_s \text{ 比} = (\text{基盤での S 波速度}) / \bar{V}_s$$

を算出した。

3.解析結果と考察

図-2(a)、(b)は十勝沖地震の厚真と標茶北での本震(太線)と余震(細線)のスペクトル比を例示している。まず、図-2(a)の厚真(\bar{V}_s 比 8.7)では全体的に余震のピーク値に比べ本震でのピーク値が低く、1次ピーク周波数で 0.5Hz 弱、2次以上のピークでも約 0.5Hz 程度低下していることが分かる。この様に \bar{V}_s 比が比較的大きい観測点では 1次、2次、そして高次においても非線形性の影響が表れやすい傾向がみられる。また、1次ピークが全ピークの中で最も高くなっている。一方、

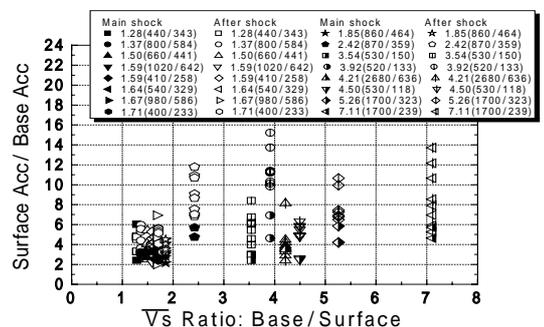


図-3 十勝沖地震の本震と余震での水平加速度増幅率と \bar{V}_s 比の関係

図-2(b)の標茶北(\bar{V}_s 比 2.3)では 1次・2次ピークでわずかな違いしか見られず、3次以上のピークで余震と本震のピークの違いがはっきりすることが分かる。この様に \bar{V}_s 比が比較的低い観測点においては高次のピークにのみ非線形性

keyword : 十勝沖地震、S 波速度、減衰定数

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1799 FAX 03-3817-1803

の影響が表れやすい。

図-3は水平加速度増幅率(地表最大値/基盤最大値)と \bar{v}_s 比の関係を示したものである。図中に示す凡例はそれぞれの観測点における \bar{v}_s 比(基盤でのS波速度)/ \bar{v}_s を表したものである。また、塗りつぶしのマークは本震、同じマークで白抜きのは同観測点での余震を意味している。ばらつきが大きい本震、余震ともに \bar{v}_s 比の増加に伴い増幅率が増加する傾向が認められる。また \bar{v}_s 比が2以上の観測点において増幅率の違いが大きくなり地盤物性の非線形性の影響が表れやすい傾向がみられる。図-4はスペクトル比の最大ピーク値と \bar{v}_s 比の関係を示したものである。ばらつきが大ききはっきりとした傾向を見いだすことができない。図-5はスペクトル比の1次ピーク値と \bar{v}_s 比の関係を示したものである。図-4では本震と余震でのピーク値に明瞭な違いが見られたのに対し、図-5では \bar{v}_s 比が4程度より低い観測点では \bar{v}_s 比1.7の1ヶ所の観測点を除いて、本震と余震の1次ピーク値がほぼ一致している。また、 \bar{v}_s 比が大きい観測点では、最大ピーク値(図-4)と1次ピーク値(図-5)であまりおおきな違いが見られない。これは、 \bar{v}_s 比の大きい地点では、1次ピークが10Hz以下に存在する全ピークうちの最大ピークとなっている場合が多いことを意味している。

図-6は個々の本震と余震でのスペクトル比の最大ピーク値と水平加速度増幅率の関係を示したものである。図中で実線、破線で示したものは本震、余震のデータをそれぞれ最小2乗法により近似したものである。ばらつきはみられるものの全体的に増幅率の増加に伴いスペクトル比のピーク値が増加する傾向がみられ本震においては平均3倍程度の値をとっていることが分かる。また各々の観測点についてみると余震では比較的 \bar{v}_s 比の大きい観測点において増幅率に対するスペクトル比のピーク値の割合が他の観測点に比べ減少する傾向がみられる。図-7は本震と余震でのスペクトル比の1次ピーク値と水平加速度増幅率の関係を示したものである。図-6に比べてはるかに相関性が低く、最大加速度の増幅率はスペクトル比の1次ピークではなく、高次を含めた最大ピーク値により支配されていることが分かる。

4.まとめ

- (1) \bar{v}_s 比が大きい地盤ほど、1次ピークが全ピーク中の最大となる傾向がみられ、また本震と余震でのスペクトル比のピーク値の違いが大きく、1次ピークにおいても地盤物性の非線形性の影響を受けやすい。
- (2) \bar{v}_s 比が低い地盤では本震と余震で1次のピークにあまり違いが表れず、高次ピークに地盤物性の非線形性の影響が表れやすい。
- (3) 十勝沖地震における加速度増幅率に対する最大ピーク値の割合は本震で平均2.5倍程度であり、余震では \bar{v}_s 比の比較的高い観測点においてその割合が他の観測点に比べ減少する傾向がみられる。
- (4) 加速度増幅率はスペクトル比の1次ピークではなく最大ピーク値に支配される。

<謝辞> 最後にウェブサイトで地震観測データを使わせていただいた防災科学技術研究所の関係の方々へ感謝の意を表します。

【参考文献】 1) 國生剛治、松本正毅、他「兵庫県南部地震の鉛直アレー記録によるサイトの非線形増幅特性」第10回地震工学シンポジウム論文集/第1分冊 pp999-1004

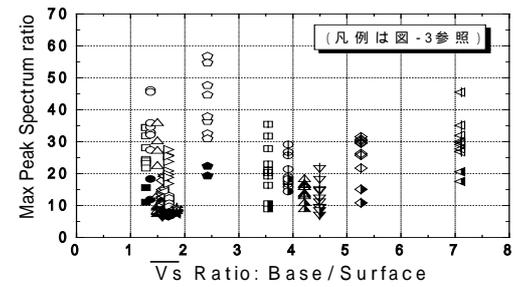


図-4 十勝沖地震の本震と余震でのスペクトル比の最大ピーク値と \bar{v}_s 比の関係

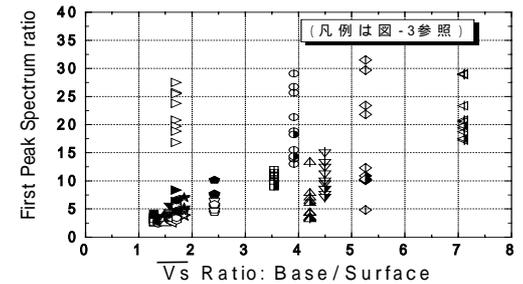


図-5 十勝沖地震の本震と余震でのスペクトル比の1次ピーク値と \bar{v}_s 比の関係

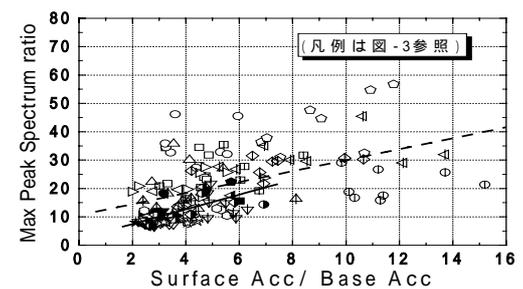


図-6 本震と余震でのスペクトル比の最大ピーク値と水平加速度増幅率の関係

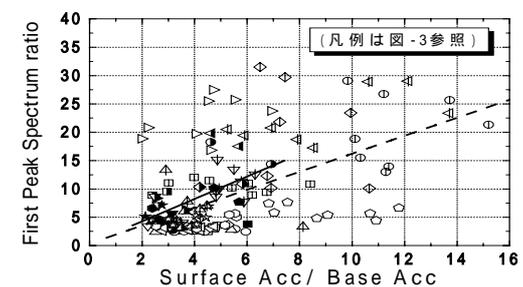


図-7 本震と余震でのスペクトル比の1次ピーク値と水平加速度増幅率の関係