

地震動 H/V スペクトル比を用いた地盤構造の推定と強震動予測 Soil structure inversion and strong motion estimation based on H/V spectral ratio for earthquakes

長嶋 史明^{1*}, 川瀬 博¹, 松島 信一¹, フランシスコ J. サンチェスセスマ², 早川 崇³, 佐藤 智美³, 大島 光貴³
Fumiaki Nagashima^{1*}, Hiroshi, Kawase¹, Shinichi Matsushima¹, Francisco, J. Sanchez-sesma², Takashi Hayakawa³, Toshimi Satoh³, Mitsutaka Ohshima³

¹ 京都大学, ² メキシコ国立自治大学, ³ 清水建設

¹ Kyoto University, ² Universidad Nacional Autonoma de Mexico, ³ Shimizu Corporation

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、多くの観測点で1Gを超える加速度や6強以上の震度が観測された。宮城県大崎市にあるK-NET古川(MYG006)では最大加速度585.7m/s²、震度6強が観測され、周囲の建物は強震動や地盤の液状化により深刻な被害を受けた。我々は臨時余震観測を行いK-NET古川周辺の地下構造を推定するとともに、本震時のサイト増幅特性についての検討を行った。

MYG006周辺に5点臨時余震観測点を設置し、2011年6月から6か月間連続余震観測を行った。MYG006で記録された63地震を用いてNSとEW両方向に対しH/Vスペクトル比(HVR)を計算しその平均をとった。MYG006を含む全観測点で0.2Hzに共通のピークが見られ、1.5Hzあたりまで同様の形状を示した。これは古川地域で共通の深部地盤の影響が現れたものと考えられる。

MYG006において、上記の弱震の平均と本震、2011年4月7日の最大余震のHVRとの比較を行った。本震と最大余震ではHVRは同様の形状を示したが、弱震平均よりも長周期側にシフトしており、これは地盤の非線形の影響であるとされる。また、本震、最大余震では建物被害を引き起こすと思われる0.5~2Hzの周波数範囲に大きな増幅が見られ、これが古川地域の建物被害の一因であると考えられる。

弱震動のHVRを再現できるように観測点直下の地盤構造を同定した。初期モデルには先行研究(川瀬・松尾2004)をベースに、より複雑な構造を表現できるように2層増やしたものをを用いた。理論HVRはKawase et al.(2011)の拡散波動場理論に基づいて計算し、S波速度と層厚を変数として観測HVRとの残差を最少とするようハイブリッドヒューリスティック法(山中2007)を用いて同定した。初めに全観測点で共通の深部地盤を同定するために、1秒以上の長周期で全ての観測HVRに合うよう深部3層を同定した。その後個々の観測HVRに合うように0.1~20Hzの範囲で浅部構造を同定した。結果として、観測HVRを広い周波数範囲でよく再現できる構造が得られた。

同定した構造を用いて、地盤の非線形を考慮し等価線形解析で表層を剥ぎ取った。0.1~20Hzの周波数範囲で本震の地震動を地震基盤面まで剥ぎ取った。得られた基盤波の最大加速度はNS方向で159.5m/s²、EW方向では10Hz以上の周波数域で大きく増幅されて454.2m/s²となった。

逆算した基盤波を用いて、ある臨時余震観測点での本震時の地震動を推定した。対象の観測点はMYG006の近くの観測点であり、同定した速度構造もMYG006と似ているので、MYG006での土質構造を参考にG/G0曲線等を与えた。推定した地震波の最大加速度はMYG006での観測波とほぼ同じとなり、地震基盤から表層の伝達関数は地盤の非線形により両者とも同程度長周期側へシフトした。

我々はK-NET古川周辺で臨時余震観測を行い、得られた地震動のHVRから弱震時および強震時の地盤の増幅特性を把握した。得られた弱震時の増幅特性を再現するよう、拡散波動場理論に基づいて地盤構造の同定を行い、広い周波数範囲で観測結果をよく再現できる構造が得られた。また、本震時の地震基盤面の地震動を逆算し、臨時観測点で強震動予測を行った。予測結果はMYG006と似た非線形挙動を示した。

キーワード: H/V スペクトル比, 強震動, 拡散波動場理論

Keywords: H/V spectral ratio, strong motion, diffuse field theory