

2004年新潟県中越地震による小千谷の波形を対象とした強震動シミュレーション Strong motion simulation for the 2004 Chuetsu earthquake with special reference to large velocity at Ojiya

野津 厚^{1*}, 坂井公俊²

Atsushi Nozu^{1*}, Kimitoshi Sakai²

¹ 港湾空港技術研究所, ² 鉄道総合技術研究所

¹Port and Airport Research Institute, ²Railway Technical Research Institute

1995年兵庫県南部地震後の研究により, 1) 震源近傍でのやや短周期パルスが大きな破壊能を有すること(例えば川瀬, 1998), 2) やや短周期パルスの再現に特性化震源モデルが有用であること(例えば釜江・入倉, 1997)が示されているが, その際のやや短周期パルスはフォワードディレクティビティの影響でもたらされたものであった. しかし, それ以降のわが国では, 2004年新潟県中越地震におけるK-NET小千谷の波形, 2007年能登半島地震におけるK-NET穴水の波形, 2007年新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の波形など, 逆断層地震に伴い, 破壊伝播方向に該当しない観測点において, 約100km/sあるいはそれ以上の大振幅の速度波形が観測される例が相次いでいる. これらの波形は, フォワードディレクティビティ効果によって生じたものとして説明することはできない. これらの波形に対しても特性化震源モデルが有効であるかを確認しておくことは工学上重要な意義を有する.

このうち2004年新潟県中越地震については, 既往の研究で特性化震源モデルの作成が試みられてはいるものの(例えばKamae *et al.*, 2005), K-NET小千谷や川口町で観測された大振幅の速度波形を統一的に再現するものとはなっていない. そこで著者らは, 経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法(古和田他, 1998; 野津他, 2009)を利用し, 2004年新潟県中越地震の特性化震源モデルに関する再検討を行った. その結果, K-NET小千谷や川口町をはじめ, 震源近傍の観測点でのやや短周期の地震動を良好に再現できる震源モデルを作成することができた(坂井・野津, 2011)ので, その結果の概要について報告する. 結論から言えば, 1) 位相特性として用いる余震記録の選定を慎重に行うこと, 2) 表層地盤の非線形挙動を考慮すること, 以上の2点が, 小千谷での波形を適切に再現する上でのkey factorであった.

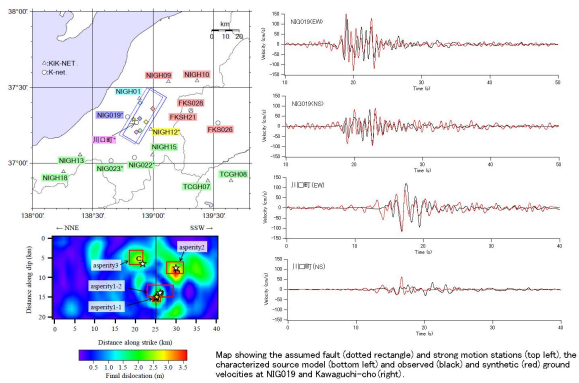
作成した特性化震源モデルは図の左下に示すとおりである. 波形インバージョン(野津, 2005)の結果(図のコンター)に基づき, 周囲よりも相対的にすべり量が大きいと考えられる場所にアスペリティを置き, それらのパラメータ(長さ, 幅, 地震モーメント)を変化させ, 震源周辺の観測点での0.2-2Hzの帯域での速度波形が出来るだけ良好に再現されるように, 特性化震源モデルを作成した. 破壊開始点付近のアスペリティを1-1と1-2に分けているのは, K-NET小千谷における18-19秒付近の特徴的なパルスを再現するためである. なお同様のパルスはJMA小千谷でも観測されており, 著者の震源モデルにより良好に再現されることが確認されている(福島, 私信).

経験的サイト増幅特性は原則として既往の研究(野津・長尾, 2005)のものを利用したが, 既往の研究の対象外である川口町については, 2007年新潟県中越沖地震による川口町とNIGH12でのフーリエスペクトルの比が両地点でのサイト増幅特性の比を表していると考え, これにNIGH12でのサイト増幅特性を乗じることにより, 川口町でのサイト増幅特性を評価した. 位相特性の評価に用いる余震記録は, 本震記録と位相特性の類似しているものを選定した. その結果, K-NET小千谷については2004/10/24 16:04の余震($M_j 4.2$)の記録が選定された. 川口町については選択肢があまり無く, 2004/10/23 18:57の余震($M_j 5.3$)の記録を用いた. その他の地点を含め, 震源断層面上で比較的観測点に近い位置で発生している余震が選定された.

K-NET小千谷の速度波形は, 18-19秒付近の大振幅に続く1.5Hz程度の後続波によって特徴づけられている. これに対応して, 観測フーリエスペクトルにも1.5Hz付近に顕著なピークがある. 一方, K-NET小千谷での線形時のサイト増幅特性は表層地盤に対応する4Hz付近の顕著なピークがあり, これをそのまま用いる限り, 1.5Hzの卓越した地震動を再現することはできない. K-NET小千谷の表層地盤については, 本震時に G/G_0 が約0.13であったこと(時松他, 2006), 減衰定数が0.06-0.15であったこと(時松・関口, 2006)などが指摘されている. そこで, これらを用い, 地表での合成波形をいったん線形の伝達関数で工学的基盤に引き戻し, 非線形の伝達関数を乗じることにより, 地表での波形の推定を行った. その結果, 図の右上に示す結果が得られた. 図の右下に示す川口町での結果とともに, 観測波の特徴が比較的良好に再現されていると考えられる.

今後は, 他の内陸地殻内地震との比較検討を行う予定である.

謝辞: 本研究では防災科学技術研究所のK-NET, KiK-net, 自治体震度計の強震記録を利用させていただいています. 記して謝意を表します.



キーワード: 強震動, 特性化震源モデル, サイト増幅特性, 位相, 非線形, 2004年新潟県中越地震

Keywords: strong ground motion, characterized source model, site amplification factor, phase, nonlinearity, The 2004 Chuetsu earthquake