

2011年長野県北部地震被害集中域の地下構造研究への地中レーダの適用 Application of GPR to a near-surface structure study for damaged zones of the 2011 Naganoken-Hokubu earthquake

宮田 隆夫^{1*}, 大塚 勉², 吉岡祥一¹
MIYATA, Takao^{1*}, Tsutomu Otsuka², Shoichi Yoshioka¹

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 信州大学全学教育機構

¹Graduate School of Science, Kobe University, ²School of General Education, Shinshu University

【はじめに】東日本太平洋沖地震 (Mw9.0) の誘発地震の一つとみなされる長野県北部地震 (M6.7) が 2011 年 3 月 12 日に発生した。この震源域には、青倉断層、宮野原断層等の活断層が分布する (池田ほか, 2002)。長野県北部地震によって、山間部における大規模な崩壊や耕地・道路の被害が発生したほか、多数の家屋に被害が出ている。とくに栄村における家屋の全半壊の被害は 202 件あり、そのうち最も被害の集中した地域は青倉地域 (39 件) で、次いで森地域 (32 件) であった (大塚ほか, 2012)。また、地震直後の調査で、長野県下水内郡栄村宮野原地域に地表変状の存在が報告されている (松多ほか, 2011)。そこで、家屋被害の大きかった同村青倉・森地域と地表変状の見られる宮野原地域において、浅部地下構造を明らかにするために、地中レーダ探査を 2008 年の 8 月に行った。

【地質概説】森地域では、森宮之原駅の南側に隣接する部分において家屋の被害がとくに顕著であり、また泥水の噴出も駅南西側に隣接する部分で発生した。森地域の集落は段丘上に発達しているが、駅付近は地形的に小規模な凹地を形成している。駅北西側の谷の沢水が、鉄道路線に平行な人工の流路を通して東南東に流下している。駅付近の凹地と河川の流路が人工ものでなければ、山向きに傾斜した不自然な地形である。一方、青倉地域の集落は段丘上に発達している。北東-南西方向の旧国道に沿って並んだ家屋の被害がとくに顕著であった。一方、栄村に隣接する新潟県中魚沼郡津南町上郷大井平地域では、南側が低い撓曲崖 (池田ほか, 2002) が知られている。この撓曲崖を南北に横切る道路にラプチャーがいくつも現れた。

【解析方法】地中レーダ解析は、SIR-3000 システム (GSSI 社) と周波数 100MHz のアンテナ 2 台を使用して調査し、得られたデータを解析ソフト (RADAN6) で下記のような処理を行い、反射シグナルのパターンの変化から、浅部地下構造を推定する方法である。測定はレンジを 100ns (ナノ秒) および 150ns にして行った。処理はまず水平方向のスケール補正を行い、次いで高周波のシステムノイズと低周波のノイズを除去するためのハイパスフィルター処理及びローパスフィルター処理をし、必要に応じてマイグレーション処理を行った。さらに、ワイドアングル測定の結果にもとづいて、電磁波の伝播速度と往復時間から深度情報を得て、往復時間で表された時間断面を深度断面に直した。地中レーダ探査は、森地域で 4 測線 (MRI-1, 2, 3, 4) を、青倉で 3 測線 (ARA-1, 2, 3), 宮野原で 2 測線 (MRA-1, 2) 行った。

【結果】(1) 青倉地域では、北西-南東方向にとった測線 (ARA-1 と 3) の地中レーダ画像において、それぞれ反射パターンの不連続が認められる。(2) 森地域では、JR 森宮之原駅の南西側に反射強度の弱い、おそらく含水率が高い層が存在していることが明らかになった。また、(3) 宮野原地域の地震性ラプチャーが現れた崖を横切る測線の地中レーダ画像には、反射パターンの明瞭な不連続が認められる。

【まとめ】(a) 長野県北部地震によって、家屋の被害が大きかった青倉地域と森地域には、含水率が高い層が存在していることが明らかになった。森地域には少なくとも森宮之原駅の南西側に小規模な凹地状の地形に沿って分布する軟弱層の存在が考えられる。この軟弱層は、森宮之原駅北西から段丘上に流出し、南東方向の千曲川に向けて流下する沢の流路を埋積する堆積物である可能性が高い。森地区における家屋の被害や液状化現象による泥水の噴出は、軟弱層の分布予想域に集中している。(b) 青倉地域では、旧国道を含む北東-南西方向の領域に軟弱層の存在が予想される。この軟弱層の分布予想域に被害が集中しているようにみえる。その軟弱層の成因は明らかでないが、北東-南西方向の明瞭な物性境界が存在することから、その境界に伏在断層が存在する可能性がある。(c) 宮野原地域の反射パターンの不連続は、池田ほか編 (2002) の宮野原断層に相当すると考えられる。以上のように、地震性地表変状や被害集中域の浅部地下構造の把握に地中レーダは有効であることがわかった。

【文献】[1] 大塚 勉・宮田隆夫・吉岡祥一, 2012, 長野県北部地震による栄村の被害と地盤条件に関する地中レーダを用いた調査・長野県北部地震災害調査報告書, 信州大学山岳科学総合研究所, 8p.; [2] 松多信尚・杉戸信彦・廣内大助, 2011, 2011 年 3 月 12 日長野県・新潟県県境付近の地震に伴う地表変形 (速報). 名古屋大学地震火山・防災研究センター, 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震 (M.9.0) の特集ページ (2011 年, 4 月 28 日更新) <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/INFO/tohoku20110311/chiyou.110317.pdf>; [3] 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編, 2002, 第四紀アトラス, 東京大学出版会, 254p.

キーワード: 長野県北部地震, 地中レーダ探査, 撓曲崖, 宮野原断層

Keywords: Naganoken-Hokubu earthquake, ground-penetrating radar (GPR), flexure scarp, Miyanohara fault