

地盤特性に着目した新潟県中越地震における武道窪地区の地震被害の解明

長岡技術科学大学 ○ 大矢永遠
長岡技術科学大学 正会員 池田隆明

1. はじめに (研究背景)

日本は地震発生が非常に多い国である。1995年の兵庫県南部地震以降、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年胆振東部地震など最大震度7を観測する地震も発生¹⁾し、家屋の倒壊や斜面災害、津波などの被害を引き起こし、多くの犠牲者を出した。このように、地震は人命や生活を脅かすため、被害研究の究明とその対策は日本において非常に重要である。

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震においても最大震度7を観測し、多くの観測点で大きな被害をもたらした。震度7を観測した新潟県旧川口町でも多くの被害が発生した。しかし、武道窪地区での家屋被害の状況は一集落の1km²未満という狭い範囲内であるにも関わらずエリアによって異なる³⁾ことから、地盤特性が地震被害に影響を与えている可能性が指摘された。既往研究では当該地域における家屋の被害状況の詳細分析と常時微動を用いた地盤特性の評価が行われた。家屋の被害状況の詳細分析では、地震前後での住宅地図の変化や空中写真、現地での3日間のヒヤリング等から家屋の被害情報のアップデートが行われた。常時微動探査を用いた地盤特性の評価について既往研究による武道窪地区の被害と卓越振動数の関係を図5-2に示す。当該地域における複数箇所の地盤の卓越振動数を算出し、その結果と被害分布の比較を行っている。被害大の領域では2.5Hz以下が卓越し、被害小の領域では3.0Hz以上が卓越していることが確認され、被害が大きくなるほど地盤の卓越周期が長くなる傾向を示し、表層地盤の卓越周期と地震被害の分布に相関があることを示唆した⁴⁾。しかしながら、被害大と小の大まかな相関は示されたものの、中程度の被害と卓越振動数との関係については不明瞭な結果となった。これは常時微動計による測定では点でのデータしか取得できないためである。そこで本研究ではより詳細な検討を行うため、各カテゴリの境界部の地盤特性の連続的評価を目的に表面派探査手法を用いて2次元S波速度構造を推定し、結果の地盤特性と地震被害の関係について検討を行う。

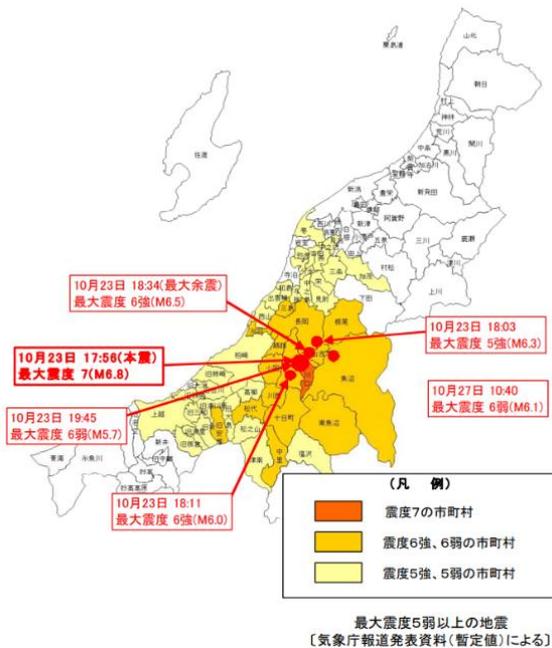


図 1-1 震央分布図²⁾

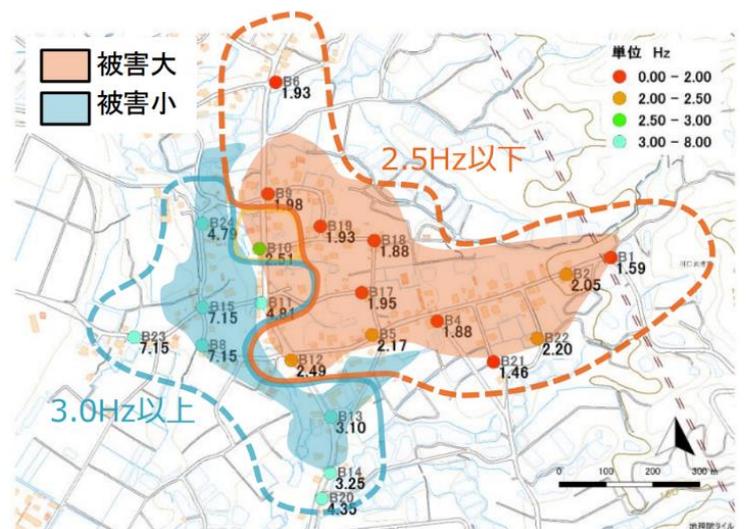


図 1-2 既往研究による武道窪の被害と卓越振動数⁴⁾

2. 対象地域

2.1 武道窪の位置

図 2-1 に対象地域を示す。対象地域は、新潟県中越地震で震度 7 の揺れを観測した新潟県旧川口町の武道窪地区とする。旧川口町はおおよそ新潟県の中央に位置し、地区の西側には信濃川、中央には魚野川が流れており、二大河川の合流地点に位置している。尚、武道窪は震央から最も近い地域の一つである。

武道窪の地形はかつて大きく蛇行していた旧信濃川が河道短路によって切断・放棄された馬蹄形の低地内に位置し、当該地域を南北に縦貫する県道付近を境として主に二つに構成されている。武道窪の地形分類図を図 2-2 に示す。図 2-2 によると武道窪の東側、西側ともに「礫・砂及びシルト」となっているが性質が違い、東側は氾濫堆積物 a と段丘堆積物 T₇、西側は段丘堆積物 T₁ と示されている⁶⁾。段丘堆積物 T₇ は段丘堆積物 T₁ より新しく堆積したものであることから、東側はかつて氾濫原と背後斜面からなり、その後背後斜面から供給された地すべりによる崩積土が氾濫原の上に乗り生成された扇状地段丘であり、西側や西側周辺地域には河岸段丘であると考えた。

当該地域から旧川口町役場や長岡市に対して井戸の申請がないことが確認できた。理由として、当該地域の地盤は水はけもよく地下水位も低いことが原因である。この特徴は扇状地性段丘や河岸段丘の性質にも一致すると考えられる。

図 2-3 に武道窪斜面中腹の様子を示す。この写真からもわかるように現地には多くの丸くなった石が存在している。このことから河川の影響を受け、かつて河床であったことが考えられる。

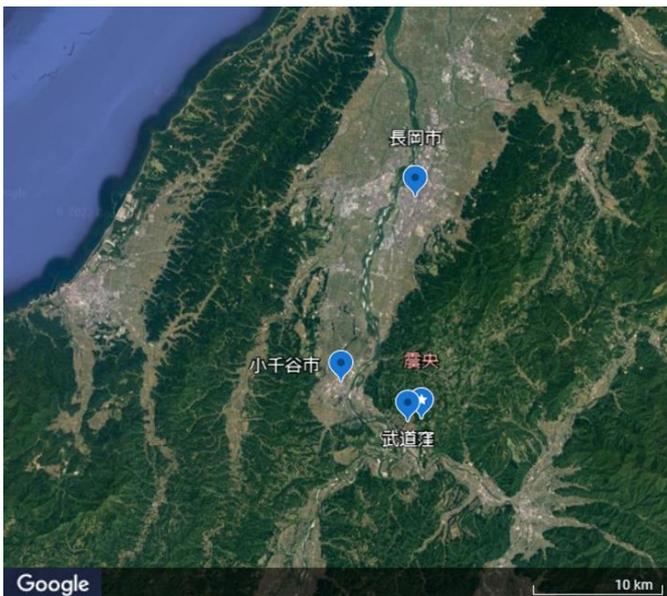


図 2-1 対象地域

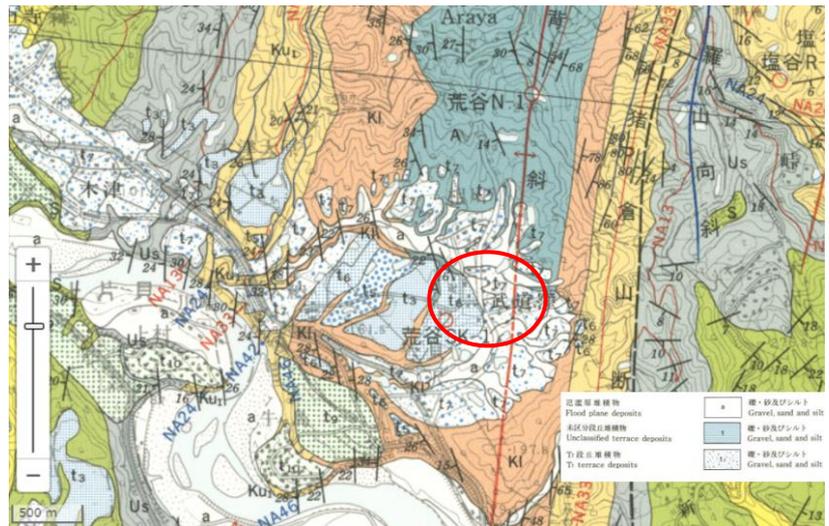


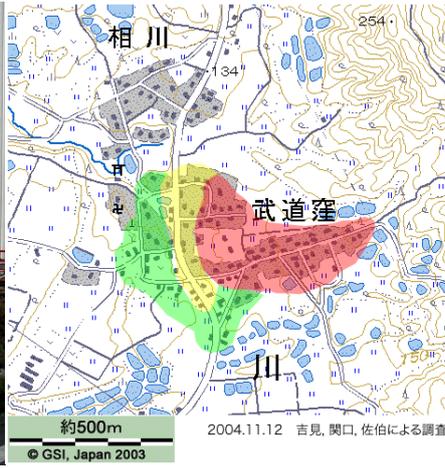
図 2-2 武道窪の地形分類図⁶⁾

2.2 武道窪の被害

旧川口町各地区の家屋の被害割合では、田麦山・小高や木沢・峠、和南津など全壊率が高い地区があることに對し、武道窪では全壊率が半分程度である。おおよそ直下で発生した地震であるにもかかわらず被害状況が異なることから、被害原因が異なると考えられる。全壊率の高い田麦山などでは地すべりが被害の主な原因であることに對し、武道窪では地滑りや地盤変形がみられなかったことから、地震動が主な原因であるとする。また、図 2-4 に示した産業技術総合研究所の調査によると、武道窪の東側(山側)では大破・倒壊が多く、中央部では中破・小破が多く、西側(平地側)では小破・被害なしが多い⁵⁾という被害状況であり、狭い範囲の中で被害はエリアによって異なっていた。このような理由から本研究では武道窪を対象地域とする。



図 2-3 武道窪斜面中腹の様子³⁾



木造住宅の被害度合
(雪国住宅、新しいものを除く)

被害大:大破・崩壊が中心

被害中:小破・中破が中心
木造倉庫は大破

被害小:小破・被害なしが中心

2004.11.16版

図 2-4 武道窪の家屋の被害状況³⁾

3. 表面派探査

表面派探査の方法・手順は参考文献⁷⁾に従って行った。

測線箇所を以下の図 3-1 に示す。測線は被害の異なるエリアをまたぐように、南側被害大エリアから被害小エリアに向けての測線 1。南側被害小エリアから被害大エリアにかけての測線 2。中央の県道から東に未判定のエリアへ測線 3。北側被害大エリアから東に向けて測線 4。北側被害大エリアから被害小エリアの測線 5 とした。なお、県道によって分断されているため、測線 1 と測線 2 で分割して測定を行った。

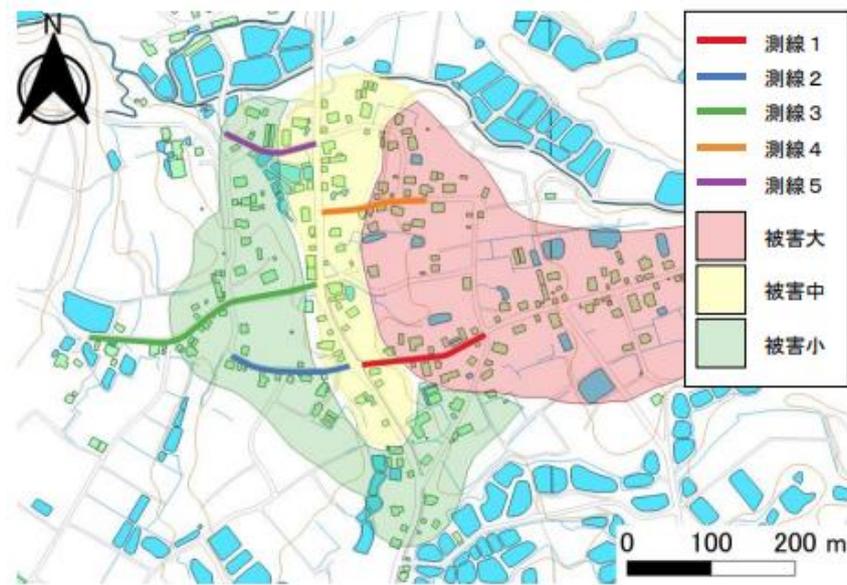


図 3-1 測定箇所

4. 結果

測線 1 の S 波速度構造を図 4-1 に示す。この測線は被害大エリアと被害中エリアをまたぐように設定されている。図 4-1 より距離程 70~90m 付近、深度 10m 以下では少し S 波速度が速くなっていると考えられる。

図 4-1 は表面派探査で得られたデータから作成した分散曲線を元に作成されている。分散曲線作成時には基本的に各周波数で位相速度の振幅の大きい部分を選択していくが、地盤の連続性から分散曲線が急激に変化するとは考えにくいので、分散曲線が連続的に変化するように設定している。ここで、作成した地盤モデルの妥当性を検証するために 1/4 波長則を使用する。1/4 波長則を用いることで簡易的に地盤の固有振動数を求めることができる。分散曲線のデータから 1/4 波長則を用いた 1 次固有振動数を図 4-2 に示す。図 4-2 の 1 次固有振動数からも距離 70~90m 付近では 1 次固有振動数が少し高くなっていることが確認できる。図 4-1、図 4-2 の特徴と地震被害の関係については今後検討していく必要がある。

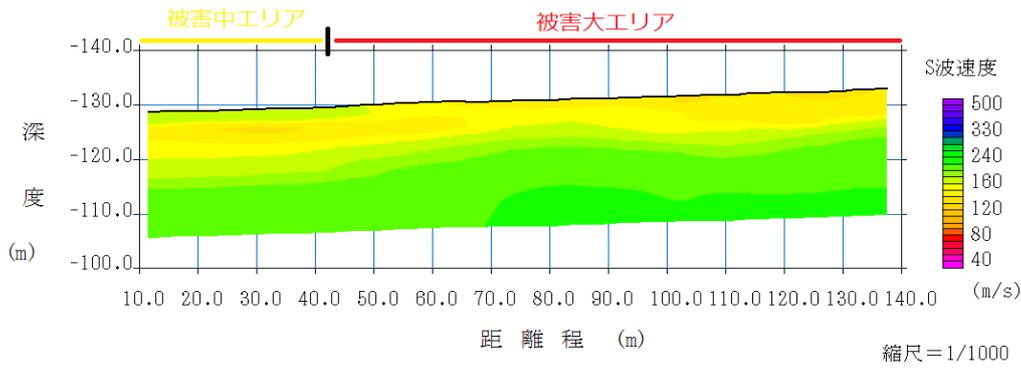


図 4-1 測線 1 の S 波速度構造

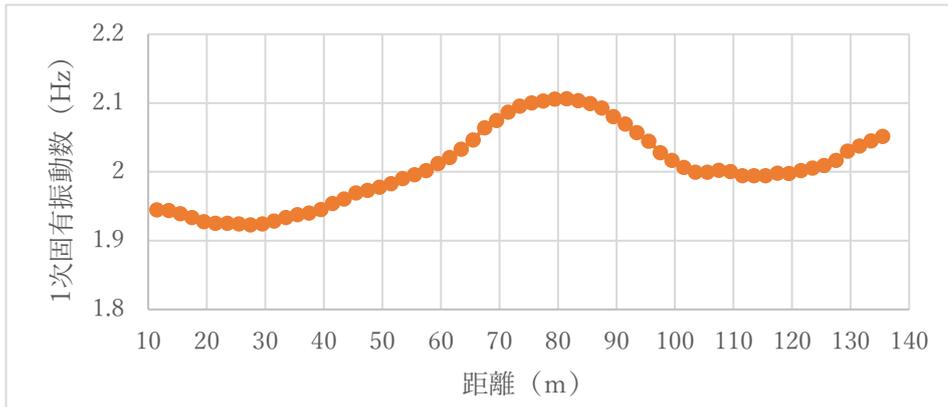


図 4-2 1/4 波長則を用いた 1 次固有振動数

5. 今後の展望

本研究の課題として、対象地域の被害の区分についてと表面派探査結果の S 波速度構造の妥当性の検証が挙げられる。被害については長岡市役所川口支所への新潟県中越地震の罹災証明についての情報公開や現地でのヒヤリングなどから当時の家屋被害を把握、区分を行う。表面派探査の解析については分散曲線や 1/4 波長則、土地の成り立ちなどから妥当性について検討し、その後その基準を全測線で適応し S 波速度構造を作成する。5 測線の結果が揃い整合性がとれた後、地震被害との比較や作成した S 波速度構造を用いて地震応答解析を行い、地震被害と比較する等検討を行っていく中で地震被害の解明を試みる。

6. 参考文献

- 1) 気象庁 | 日本付近で発生した主な被害地震 (平成 8 年以降),
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai1996-new.html>, 閲覧日: 2022/10/06
- 2) 新潟県 | 新潟県中越大震災の記録, 閲覧日: 2022/10/07
[4D6963726F736F667420576F7264202D2091E682508FCD91E6825090DF8169926E906B82CC94AD90B68FF38BB5816A2E646F63](https://www.niigata.lg.jp/4D6963726F736F667420576F7264202D2091E682508FCD91E6825090DF8169926E906B82CC94AD90B68FF38BB5816A2E646F63) (niigata.lg.jp)
- 3) 産業技術総合研究所: 新潟県中越地震被害調査速報 武道窪,
https://staff.aist.go.jp/yoshimi.m/damages_hp/index.html, 閲覧日: 2022/10/07
- 4) 浅間美萌沙: 2004 年新潟県中越地震における被害地域の地盤特性評価, 学士論文, 閲覧日: 2022/10/07
- 5) 内閣府 | 防災情報のページ, 200407: 2004 年新潟県中越地震・川口町, 閲覧日: 2022/10/07
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/saigaitaiou/output_html_1/case200407.html
- 6) 地理院地図 | 国土地理院, 閲覧日: 2022/10/09,
<https://maps.gsi.go.jp/#14/37.294574/138.863754/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m>
- 7) 応用地質: 高精度表面派探査システム, 閲覧日: 2022/10/07
https://www.oyo.co.jp/oyocms_hq/wpcontent/uploads/2014/12/C20141226_McSEIS-SW.pdf