

2019年山形県沖による小岩川地区の地震動と地震被害に関する研究

長岡技術科学大学 地震工学研究室 鈴木 陽貴

1. はじめに

2019年6月18日22時22分に山形県沖でMj6.7の地震が発生した。震源近傍の新潟県村上市府屋で最大震度6強、最大加速度 1191.3cm/s^2 が観測されたが、甚大な被害は見られなかった。主な被害は木造住宅の屋根瓦の損傷であり、山形県鶴岡市小岩川地区ではその発生数が特に多かった。しかし、小岩川地区に隣接している大岩川地区や早田地区は、屋根瓦の被害は少なかった。小島ら²⁾の空中写真から屋根瓦の損傷率の算出に加えて、小岩川自治会が算出した家屋の損傷状態マップを参照した結果、屋根瓦の損傷率は大岩川地区で1.0%、小岩川地区で34.7%、早田地区で2.6%という結果となった。震央からの距離は3地区において概ね8km程度であり、基盤への入力地震動レベルは同じであると考えられる。隣接した地区で屋根瓦被害に差異が見られた原因を地盤条件の違いに着目し、地震応答解析を実施することで小岩川地区の地盤特性と屋根瓦被害の関係性を明らかにした。

2. 物理探査

(1) 調査側線

各種物理探査を図2-1に示す側線及び地点で実施した。表面波探査は小岩川地区を南北に縦断するように側線を配置し、常時微動計測地点はK1及びK2地点で実施した。常時微動計測は屋根瓦の被害率に違いが見られたことから小岩川地区内において地盤構造が異なっていると考えたため2地点で計測を実施した。これらの物理探査を実施することで小岩川地区の地盤構造の把握とともに解析パラメータを入手した。また、現地調査におけるヒアリングや地形把握などから小岩川地区は砂や礫が堆積した地盤であることが考えられ、地区南部は比較的硬固な地盤であることが考えられる。



図 2-1 物理探査調査地点

(2) 常時微動計測

本計測では、小岩川地域において被害率が高かった地点(K1)と低かった地点(K2)でのH/Vスペクトルを図2-2に示す。被害率が低かった地点(K2)の卓越振動数は10Hz以上であったのに対し、被害率が高かった地点(K1)の卓越振動数は7Hzと木造家屋の固有周期内に入っていることがわかった。また、1/4波長則から表層のせん断波速度を200m/sと仮定すると表層深さはK1地点で7m、K2地点で4m程度という結果となった。これらから被害集中エリアは表層が深くなっていることが考えられる。

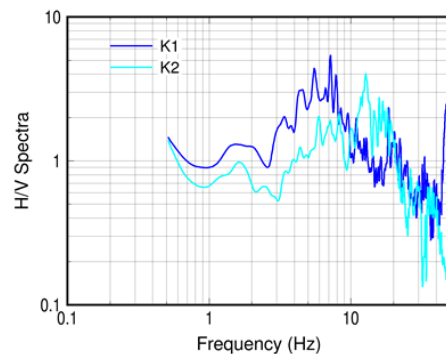


図 2-2 小岩川地区における常時微動計測結果

(3) 表面波探査

表面波探査とは、地表面を伝播する表面波(レイリー波)を観測して深度 10m 程度までの S 波速度構造分布を求める物理探査手法である。本研究では図 2-1 に示すエリアでランドストリーマーを使用した表面波探査を 2020 年 8 月 18 日から 21 日にかけて実施した。

解析結果を図 2-3 に示す。解析結果を見ると、各側線の連続性が確保されており、ヒアリングや被害状況から推定した小岩川地区の地盤構造と概ね整合していることから本検討の解析精度は良いと考える。しかし解析結果のうち、ごく浅いエリアの S 波速度が不自然になっている地点がいくつか見られる。この地点に関しては、ごく浅い地点の位相速度イメージにおける分散曲線が得られなかったため解析の精度は悪いと考えられる。

3. 地震応答解析

小岩川地区の地震動を評価するためには入力地震動が必要となる。小岩川地区に基盤の観測波形が存在しないため、最大震度を観測した新潟県村上府屋の地表面の観測記録に対して引き戻し計算を実施し、基盤の地震動を小岩川地区の入力地震動として設定した。小岩川地区における地盤のモデル化は被害の多かったエリアと被害の少なかったエリアの 2 地点のモデル化を行い、解析パラメータに関しては土質区分における一般的な平均値や物理探査解析結果から設定した。地盤の動的変形特性に関しては土質試験結果が得られなかったことから古山田らの整理の数値を採用した。小岩川地区における地震応答解析結果を図 3-1 に示す。

4. 考察

各物理探査結果から、小岩川地区の被害が多かったエリアは S 波速度が比較的低いことがわかる。また、常時微動計測による基盤深さの推定と表面波探査結果から $V_s=400\text{m/s}$ 以深から工学的基盤であることが考えられる。これらより、小岩川地区内において地盤構造が異なることが想定され、屋根瓦被害は表層深さが影響しているのではないかと考えられる。表層深

さによる影響であると明らかにするために地震応答解析を実施し、屋根瓦被害に最も影響を及ぼしたと考えられる加速度応答の比較を行った。解析結果を見ると、被害の多かったエリアは被害の少なかったエリアの 1.3~1.4 倍の揺れを観測したと想定される。また、2 階建ての木造家屋の固有周期は一般に 0.3 秒前後であることから解析結果を見ると、0.3 秒付近に応答値のピークが存在することから共振現象が発生し、小岩川地区は全体的に大きな揺れが発生したのではないかと想定される。しかし、被害小エリアに関しては屋根瓦が落下するに至らず、軽微な被害にとどまったのではないかと考えられる。この大きな要因として表層深さが影響しているのではないかと考えた。本研究では表層地盤特性と屋根瓦被害に関する研究のうち、地盤による影響の中の加速度応答の比較を行った。今後の研究計画として多次元による地震応答解析や築年数や耐震性能などの家屋による影響を考慮していく必要があると考える。

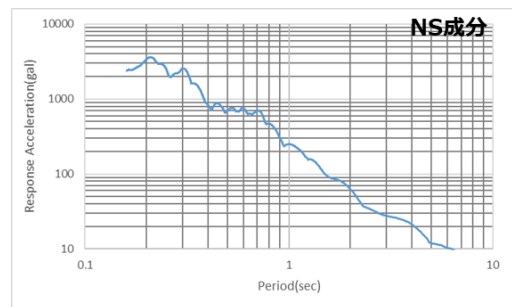


図 3-1 被害大エリアにおける加速度応答スペクトル

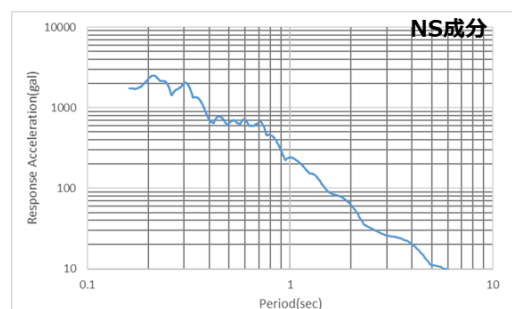


図 3-2 被害小エリアにおける加速度応答スペクトル

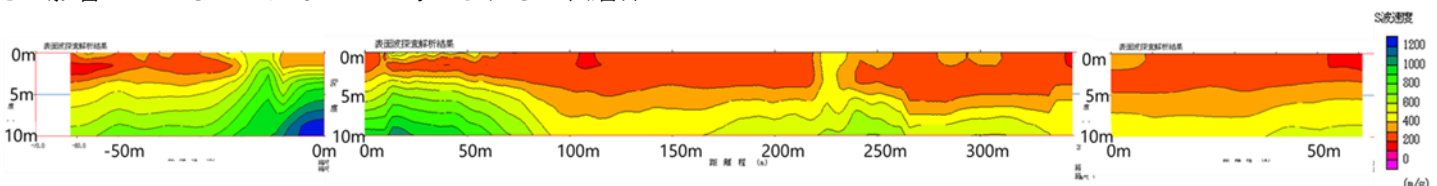


図 2-3 表面波探査解析結果