

2019年山形県沖地震で被災した小岩川地区の二次元応答解析による詳細評価

長岡技術科学大学 ○ 蓮岡 大我
長岡技術科学大学 正会員 池田 隆明
基礎地盤コンサルタンツ株式会社 吉川 猛

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/s²が観測¹された。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%という結果であった。また, 3地区の震央距離はとも概ね8km程度であり, 基盤への入力地震動レベルは同じである。

図1 小岩川地区の被害の大きさと表面波探査測線について示す。小岩川地区は全長500m程度の狭い地区でありながら, 被害を詳細に観察すると図1のように被害が集中している範囲と, 被害が少ない範囲があることが分かった(被害大30%以上, 中20~29%, 小19%以下)。この地区の建物の構造, 築年数等に大きな変化が見られなかった。また, 狭い地区であるため, 入力地震動レベルはほぼ等しいと考えると, 被害の状況に差があることは地盤構造の変化によって, 地表面地震動に差異があったと推定した。

そこで, 地盤構造推定のため, 人工起振によるレイリー波の分散性を利用し, 深度約10m程度の地盤における二次元的なS波速度分布を推定する表面波探査(SWS)を実施した。測線は図1に示すように,

小岩川地区を縦断する側線I~IIIで実施した。その結果を図2に示す。図2から被害大の箇所から急に基盤深さ(S波速度400m/s以深から工学的基盤とする)が深くなっていることが分かった。

今回は表面波探査より求めたS波速度構造を用いて地盤モデルを作成し, 基盤構造の変化を考慮できる二次元地震応答解析(Super FLUSH)を用いて地表面の地震動分布を求める。その結果から実際の被害と比較し, 狭い範囲で急な地盤構造が変化する地域への影響を確かめることを目的とする。

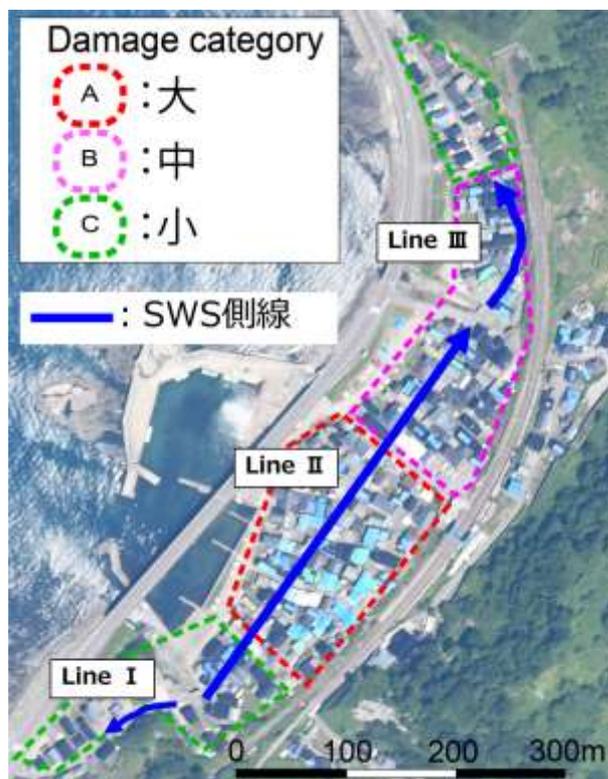


図1 小岩川地区被害と表面波探査の測線

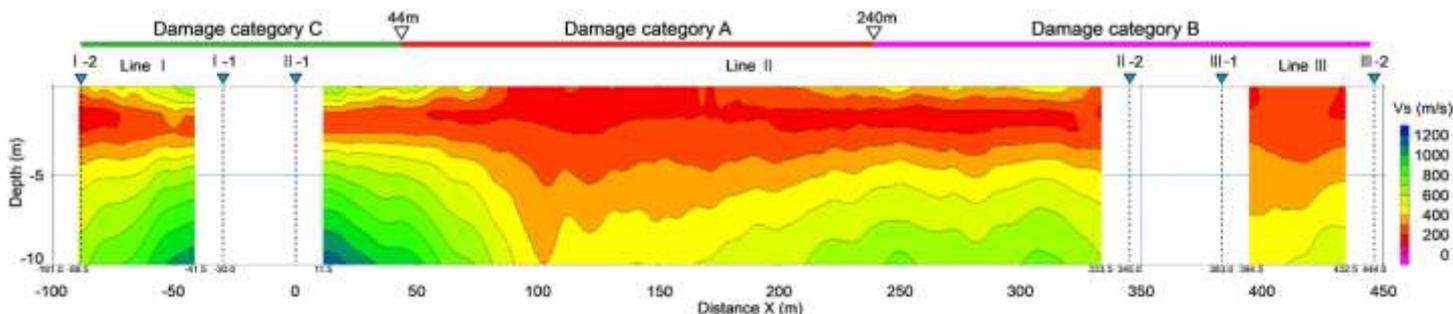


図2 小岩川地区の表面波探査結果

2. Super FLUSH

Super FLUSH³⁾は3方向入力に対応した2次元有限要素法による地盤-構造物連成系の動的相互作用解析プログラムであり、2次元有限要素法、複素応答解析法、等価線形化法に基づいて解析を行う。

小岩川地区では3測線行ったが被害に差のあるLine IIをモデル化する。また、対象地の住宅のモデル化は、木造の二階建て住宅が多くモデル化が難しいため地表面付近の影響をそのまま受けたと考え、住宅のモデル化は行わない。また、図2のS波速度構造は地表面に地中に比べ大きなS波速度が分布しているが、小岩川地区では地表面に大きなS波速度が分布する現象は起きていないため、その断面において一番小さいS波速度が地表まで分布しているとしてモデル化を行う。モデル化を行ったものを図3に示す。モデル化にあたって使用した地盤諸元を表1に示す。鉛直方向は深度5mまでは0.5m、15mまで1mごとに分割する。水平方向は、地盤構造の被害Bのエリアは水平方向1mごとに、それ以外を2mでとりモデル化を行った。

入力地震動は小岩川地区に一番近い山形県鶴岡市温海川の、地表での強震観測データ（最大633gal）を

表1 地盤諸元

材料番号	区分	ポアソン比	密度 (g/cm ³)	初期せん断波速度 (m/sec)	初期せん断力弾性係数 (kN/m ²)	初期減衰定数
1		0.4999	1.85	100	18500	0.02
2		0.4999	1.85	150	41625	0.02
3		0.4999	1.85	200	74000	0.02
4		0.4999	1.85	250	115625	0.02
5		0.4999	1.85	300	166500	0.02
6		0.4999	1.85	350	226625	0.02
7		0.4999	1.85	400	296000	0.02
8		0.4999	1.85	500	462500	0.02
9		0.4999	1.85	600	666000	0.02
10		0.4999	1.85	800	1184000	0.02

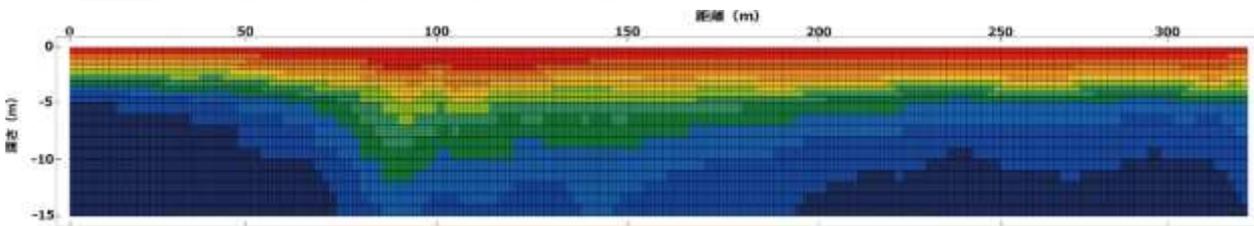


図3 小岩川地区の測線IIにおける地盤モデル

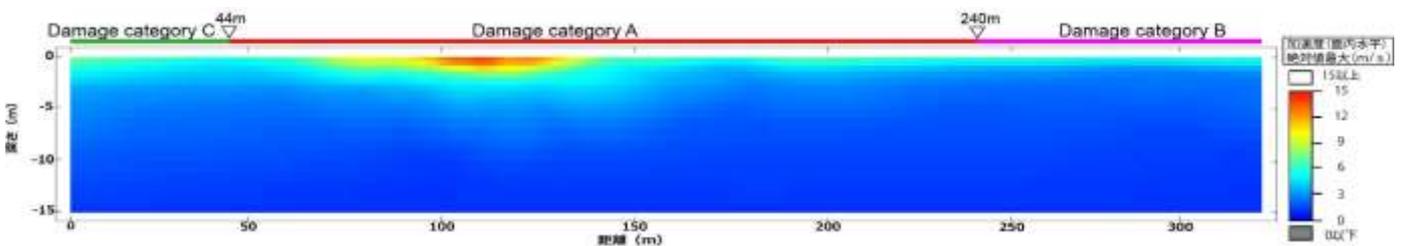


図4 図3の地盤モデルの2次元応答解析（最大加速度）

用いる。今回は、水平方向にのみ揺れたと考え、NS方向のみ地震動を入力し実施した。またこのままの入力地震動で行ったところ、現在のモデルでは深度3m付近で加速度が大きくなり、地表に揺れが伝わらないことから100gal程度になるよう調整し入力し解析を行った。

3. 小岩川地区の地盤モデルの二次元応答解析結果

図4に小岩川地区の地盤モデルの2次元応答解析の結果を示す。結果から工学的基盤までの深くなっている地点のみで加速度が大きくなっている。このことから、地盤構造の変化で被害に差があったことが分かった。

4. おわりに

今後、地盤構造の急な変化をよりつけたもの、フラットな地盤構造だった場合のもので同様の解析を行い、急な地盤構造の変化が地震動の増幅に影響しているのではないかと検討する。また、小岩川地区の被害や卓越振動数と比較を行い妥当性を確かめる。

5. 参考文献

- 1) 気象庁：強震波形（山形県沖の地震）
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/1906182222_yamagata-oki/index.html
- 2) 小島由記子・他：2019年山形県沖の地震（Mj6.7）における震源近傍域の被害調査 第39回JSCE地震工学研究発表
- 3) 二次元応答解析；Super FLUSH/2D