

長野県神城断層地震における宅地のすべり面推定

長野高専 学生会員 徳竹朱里 長野高専 学生会員 堀内加菜
長野高専 正会員 古本吉倫

1 はじめに

2014 年 11 月 22 日 22 時 8 分に長野県神城断層地震 (M6.7, 最大震度 6 弱) が発生した。気象庁によれば, 本震震源は白馬村東部高戸山の南 500m (緯度 36°41.5'N 経度 137°53.4'E) の地下 5km にあり, 震源断層は白馬村と小谷村を縦断する神城断層 (図-1) である。⁽¹⁾⁽²⁾

本震では震源に最も近い白馬村役場の震度計で震度 5 弱を計測したが、それよりやや遠方の堀之内地区（以下地区 A と記す）では家屋が多数倒壊するなど特に甚大な被害が発生しており、震度 5 弱に想定される被害よりも大きいことは明らかだった。白馬村内の住家の被害の多くが地区 A で発生しており、全壊住家数からも被害の甚大さが分かる。⁽³⁾信州大学震動調査グループ 2017 が行った白馬村を含む県内 9 市町村を対象としたアンケート調査からも地区においては、震度 6 強の揺れがあったと考えられる。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

地区 A には地震時に液状化する可能性が高い緩い砂層などと被圧地下水が分布しており、地震発生後には、液状化による変形をうかがわせる地盤被害も確認されているため、地盤の側方流動が発生したと仮定した。さらに過去の研究においては、修正 Fellenius 法による斜面の安定計算を行い、円弧すべりに至るすべり面がいくつか存在することを確認した。しかし、すべり面の特定には至らなかった。本研究では、未だ入手できていない地盤解析や地下構造を推定しつつ、円弧すべりの発生する原因となったすべり面について考察する。また、側方流動が発生する条件や今後の液状化被害防止に対する対策を検討していく。

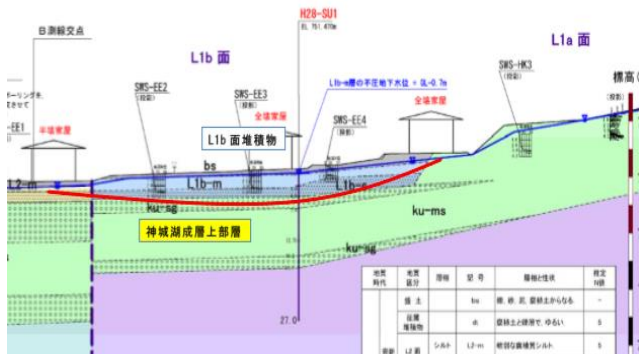


図-1 神城断層と震源

2 研究フレームおよび手法

- ① 信州大学震動調査グループ 2017 が作成したボーリング柱状図及び地質断面図^⑥をもとに、細粒分含有率や塑性指数などの土質条件や N 値データを入力し、簡易液状化判定（道路橋示方書）による液状化判定を行う。^⑦ここでは液状化抵抗率 FL を算出し、FL が 1.0 以下の層についてピックアップする。
- ② ①で確認した液状化抵抗率の小さい層を液状化の可能性のある層と仮定し、その層を通過するように、地すべりが発生したと思われるすべり面を仮定する。(図-2) 本研究では Fellenius 法を用いてすべり面の解析を行う。^⑧常時に安定でありながら、地震時に不安定となるすべり面の存在が確認できれば、地区 A において地震時に側方流動が発生した根拠と言える。すなわち、液状化層を通過するように斜面下方に向かって円弧の先を延長して、地震時の安全率が 1.000 となるようなすべり面を特定する。

図-2 仮定すべり面



- ③ 液状化層で円弧すべりが起きた時の斜面の変形を求める。⑨本研究では Drucker-Prager 弾塑性モデルを用いて FEM 解析を行なう。Drucker-Prager 弾塑性モデルとは、応力が降伏応力に達すると土が破壊したと考え、ひずみが残るモデルである。「データ入力」「メッシュ分割」「解析」「可視化」の順で解析結果を出力し、はじめに現場情報・地形構成座標・土質定数・水位・水圧・境界条件・荷重を入力する。その後全体領域を三角形メッシュ分割し、四角形メッシュ分

割を液状化層周辺に追加する。解析後、変位を可視化する。

3 研究成果

簡易液状化判定法による(道路橋示方書)液状化判定ではFLが1.000以下であるNo.1とNo.3が液状化の可能性がある層であることが分かった。(表-1)

表-1 液状化判定試験結果(L1b 面内)

No	深度 x (m)	N値 N	(レベル1)		
			せん断 応力比 L	せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F _L
1	0.700	7	0.272	0.264	0.971
2	1.100	7	0.288	4.020	13.958
3	3.100	7	0.275	0.218	0.793
4	10.500	50	0.242	9.877	40.814

Fellenius 法によって円弧の解析を行なった結果、L1b 面の砂層(表-1 No.3)を通過することが分かった。解析後、地震時に液状化したと想定し、円弧の先を延長してすべり面を作成した。(図-3)作成した結果、安全率が1.000を下回ることが確認できた。

次いで、地盤資料を基にFEM解析モデルを作成し弾塑性解析を行なった結果、水平変位、鉛直変位ともに、時間の経過に伴って斜面上部から下部にかけて変位量が大きくなった。このことから地震時に液状化が起きると側方流動が発生する可能性があることがわかる。(図-4)

4 今後の展開・まとめ

それぞれの手法によって解析し、算出したデータを整理する。実際に発生した被害と解析結果によって得られたデータから考えられる被害との比較・検討を行う。さらに、今後の液状化によって起こり得る被害の防止のための対策を考案する。

【参考文献】

- 1) 塩野敏昭 信州大学震動調査グループ 日本応用地質学会令和元年度研究発表会：2014年長野県北西部の地震による白馬村神城堀之内区の地盤変状とその原因
- 2) 気象庁 HP：震度データベース検索
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 3) 白馬村 HP：長野県神城断層地震_人的被害・家屋被害
<https://www.vill.hakuba.lg.jp/gyosei/soshikikarasagasu/somuka/somukakari/11/2/1105.html>
- 4) 信州大学振動調査グループ：糸静線活断層帯（神城盆地）における地震防災力の強化-長野県白馬村神城堀之内地区における地震被害調査研究-平成28年度中間報告書
- 5) 大西,松下（2017）「液状化被害を受けた白馬村堀之内区地盤内のせん断特性」（長野工業高等専門学校環境都市工学科卒業論文）
- 6) 糸静線断層帯（神代盆地）における地震防災力の強化（ボーリング柱状図）
- 7) （社）日本道路協会：道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説〔平成2年〕
- 8) 赤木知之（他）「土質工学」コロナ社 2001 10 章 3 節 P.197（環境・都市システム系 教科書シリーズ3）
- 9) 五大開発(株)：土留丸 Version4 取り扱い説明書

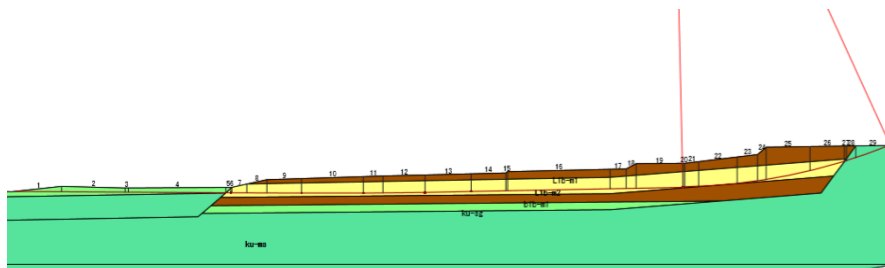


図-3 結果 L1b 面

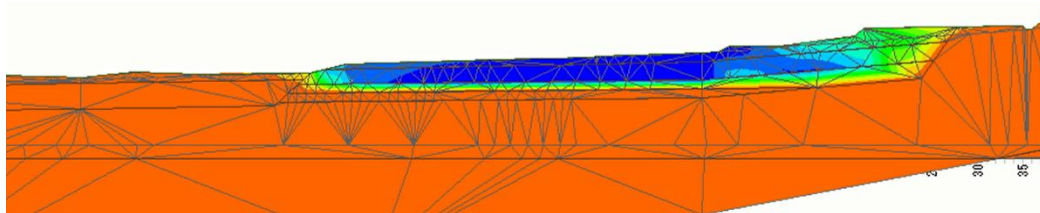


図-4 一部解析結果 体積荷重あり 水平変位

