

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

長野県北部地震による再滑動型地すべりに与える地下水の影響に関する研究

研究代表者氏名 蔡 飛¹⁾

研究分担者氏名 渡部 直喜²⁾、若井 明彦¹⁾、王 功輝³⁾、古谷 元⁴⁾、佐竹亮一郎¹⁾

1) 群馬大学 2) 新潟大学 3) 京都大学 4) 富山県立大学

研究要旨

2014年11月に発生した長野県神城断層地震により、長野県小谷村市場1号地区で大規模な地すべりが起こった。本地区は、地すべり指定区域に指定されており、地震後6基の集水井が追加設置され、排水効果による地すべり抑制対策が進められている。そこで、表層のひずみ軟化が本地すべりの発生要因であった既往の研究成果に加え、集水井の排水効果が地すべりに与える影響の解明が望まれる。本研究では、集水井の排水効果を飽和・不飽和浸透流解析により評価し、排水効果の崩壊機構に及ぼす影響を動的弾塑性FEM解析により検討した。集水井の打設による地下水位の低下は、変形やひずみを低下させ、地震時の地すべり抑制効果が発揮されたと推察される。また、急勾配の箇所では地下水位の低下に関わらず地震時斜面崩壊が発生する可能性が高いため、斜面勾配の影響が示唆された。今後は、斜面崩壊後の整備された斜面や降雨による地下水位の上昇を考慮した検討を行う必要がある。

A. 研究目的

2014年11月に長野県北部で発生した長野県神城断層地震(以後「本震」と表記)により、長野県小谷村市場1号地区で大規模な地すべりが発生した。過去の崩壊により発生した土砂などが堆積した粘土層(表層)が土砂化、泥流化し斜面を流下した。斜面上部(源頭部側)には複数の地すべりブロックや滑落崖、回転すべりによる隆起箇所が確認された。一方、斜面下部(麓側)には地すべりブロックや滑落崖は確認されず、表層部のみ泥流化しており、表層部より下部の地盤に大きな変動は見られなかった。泥流は左岸側と右岸側に分かれて流下したため、斜面中腹部は崩壊せずに残る形となった。ボーリング調査で、すべり面が表層粘土層と下部砂岩層の間(地表面から約10m)と砂岩層内(地表面から約25~30m)で確認され、砂岩層内のすべり面には大きな地盤変動は見られなかった。地下水位は地表面から約3~10mの深さに確認された。

本地区は地すべり指定区域とされており、地震

後6基の集水井が追加施工され、排水効果による地すべり抑制対策が進められている。そこで、表層のひずみ軟化が本地すべりの発生要因であった既往の研究成果に加え、集水井の排水効果が地すべりに与える影響の解明が望まれる。本研究では、集水井の排水効果を飽和・不飽和浸透流解析により評価し、排水効果の崩壊機構に与える影響を動的弾塑性FEM解析により検討する。

B. 研究方法

1. 飽和—不飽和浸透流解析

図1の赤線(点線)で示される測線にて浸透流解析を行った。有限要素分割を図2に示す。集水井横ボーリング部分に排水効果を設定し、飽和透水係数を集水井打設前は周囲の層と同じとし、打設後は打設前の100倍とすることで、集水井打設前後の比較を行った。また、ボーリング調査結果と地すべり地下部を流れる河川を基準に地下水位を既知とした。

2. 二次元動的弾塑性FEM解析

材料構成則として軟化モデルを使用し地震応

答解析を行った。有限要素分割は図2の両端に緩衝領域(図2に省略)を加えた分割図を使用した。



図1 解析対象地区

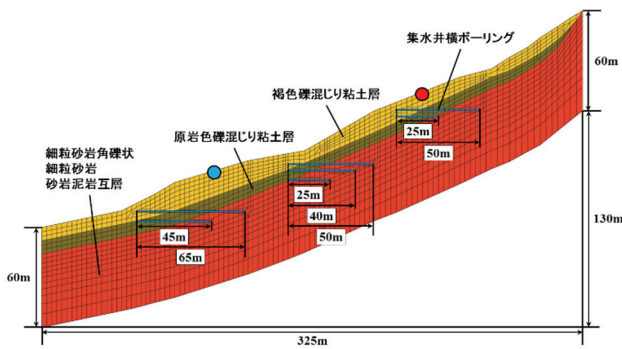


図2 有限要素分割(飽和・不飽和浸透流解析)

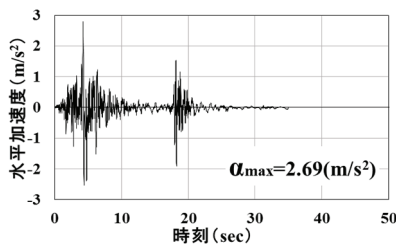


図3 入力地震動

解析で使用する各種パラメータを表1に示す。各種物性値に関しては、既往の資料によるN値や土質試験結果、文献を参考に決定した。ひずみ軟化を再現するパラメータ(軟化パラメータ)は、土質試験から得られた塑性指数や文献を参考にし、算出したせん断強度より決定した。また、粘着力から間隙水圧に $\tan \phi$ を乗じた値を引いて得られた擬似粘着力を解析に用いたことで、排水効果を地震応答解析に反映させた。

入力地震波形は、K-net(白馬)にて観測されたNS波とEW波から作成した解析断面方向の合成波(図3)であり、解析領域下端に入力した。境界条件は、両端を鉛直ローラー境界、底面を固定境界とした。

C. 研究結果

1. 飽和・不飽和浸透流解析

浸透流解析結果を図4に示す。集水井打設前の地下水位は表層から約2~6mの深さに位置していたが、打設後は全体的に地下水位が低下し、最大で約20mの低下箇所も確認された。

2. 動的弾塑性FEM解析

水平変位の時刻歴を図5に示し、斜面上部、斜面下部はそれぞれ図3の赤色、青色の節点の結果を表す。解析終了時のせん断ひずみ分布図を図6、変形図(変位倍率0.2倍)を図7に示す。集水井

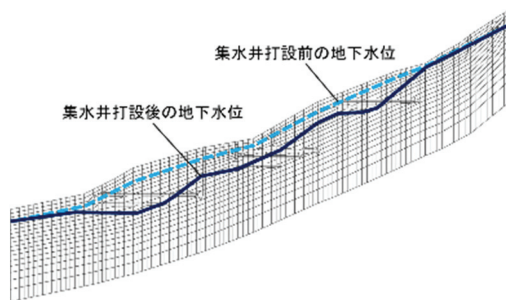


図4 浸透流解析結果

表1 解析で使用する各種パラメータ

	飽和透水係数 (浸透流解析)	ヤング率	ポアソン比	内部摩擦角	粘着力		単位体積重量	軟化		履歴減衰		Reyleigh減衰	
	K_s (m/s)				E (kN/m ²)	ν		ϕ (deg)	(地下水位外)	(地下水位内)	γ (kN/m ³)	τ_{fp}/τ_{f0}	A
褐色礫混じり粘土層	4.00×10^{-7}	9.08E+04	0.35	38	38.6	20.4	16.7	0.36	0.12	0.75	4.2	0.172	0.00174
原岩色礫混じり粘土層	4.00×10^{-7}	1.46E+05	0.32	38	38.6	20.0	16.7	0.36	0.12	0.78	3.8		
細粒砂岩角礫状 細粒砂岩 砂岩泥岩互層	1.05×10^{-7}	5.94E+05	0.25	41	200	164	19.7	-	-	6.5	1.43		

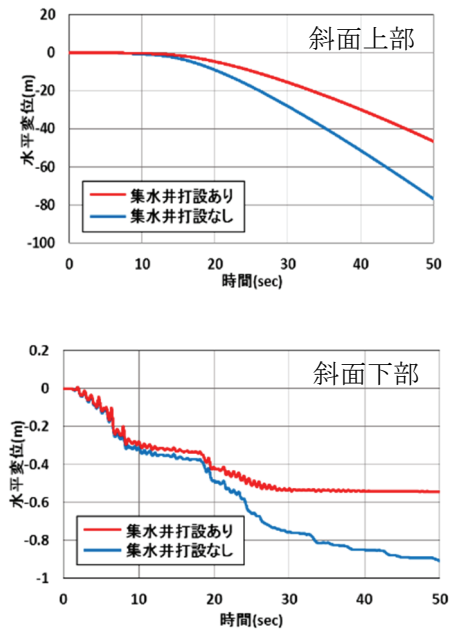


図5 水平変位の時刻歴

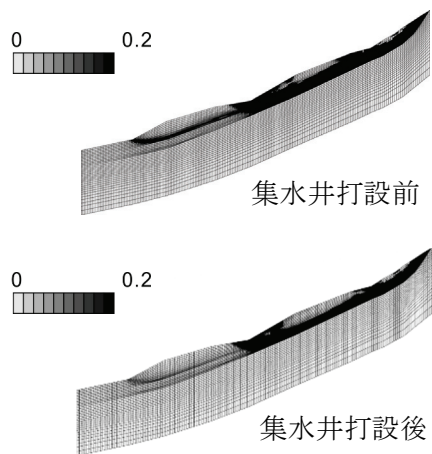


図6 解析終了時のせん断ひずみ分布図

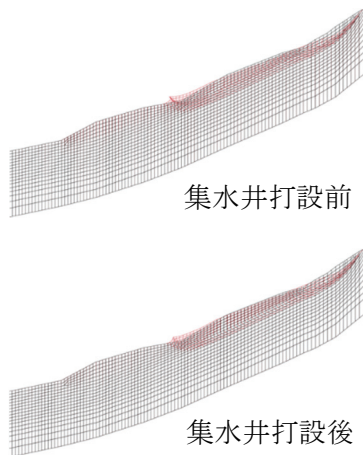


図7 解析終了時の変形図 (変位倍率 0.2 倍)

打設前の斜面上部ではひずみが発生し、斜面下部では褐色礫混じり粘土層と原岩色礫混じり粘土層の間にすべり面が確認された。集水井打設後は打設前に比べて、全体的にひずみと変形が小さくなった。

D. 考察

斜面上部において集水井の打設によりひずみと変形は低下したが、集水井の打設前と打設後は共に斜面崩壊が発生していることから、斜面勾配の影響が大きい可能性があると考えられる。また、斜面下部においてもひずみと変形は打設前後で低下した。斜面下部は回転すべりにより隆起した箇所であり、同位置にすべり線を確認できることから実際起きた現象に近い結果を得られたと考えられる。また、集水井打設前は地震終了後も変位していたが、集水井打設後は収束しており、ひずみも低下していることから、集水井の排水効果は地すべり抑制効果があると考えられる。

E. 結論

長野県北部地震による再滑動型地すべりに与える地下水の影響に関する地すべりに与える影響について検討を行った。集水井の打設による地下水位の低下は、地震時の地すべり変形やひずみを低下させ、地すべり抑制効果が発揮されたと推察される。また、急勾配の箇所では地下水位の低下に関わらず地震時斜面崩壊が発生することから、斜面勾配の影響が示唆された。今後は、斜面崩壊後の整備された斜面や降雨による地下水位の上昇を考慮した検討を行う必要があると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

特になし

2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

鶴田真人・佐竹亮一郎・蔡飛・若井明彦・渡部直喜・王功輝・古谷元：集水井の排水効果が地震地すべりの安定に与える影響に関する解析検討、第14回地盤工学会関東支部発表会、2017年11月、宇都宮。

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

特になし