地震による衝撃が地すべり地内での地下水位の挙動や安定性に及ぼす影響

信州大学農学部　○伊藤　惇(現　JR 東日本)，平松晋也，福山泰治郎
新潟県　藤田　英昭，韮澤　学宏

1.はじめに

日本国内では地震に伴う構造物の倒壊や津波に対する被害が特に注目を集めているが，従来より地震を誘因とした土砂災害事例は数多く報告されている。国土面積の 70%以上を山地や丘陵地が占め，地震や降雨量の多い我が国においては，今後もさらに地震を誘因とした土砂災害の発生頻度は高くなるものと推察される。しかしながら，地震発生後の斜面の安定性の変化については未解明な部分が多く，地震発生後の降雨等を誘因とした土砂災害を軽減するための効果的な警戒・避難対策を講じるためには，地震発生後の斜面構造の変化に伴う安定性の変化の実態を明らかにする必要がある。本研究は，このような地震を誘因とした我が国の土砂災害環境を勘案し，平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震による衝撃が地すべり地内での地下水位の挙動や斜面の安定性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実施したものである。

2.研究対象地の概要と観測概要

研究対象地は，新潟県長岡市川口荒谷地区の「荒谷地すべり防止区域」内に位置する L5 ブロック(図-1～2)である。L5 ブロック内では，ブロック上流部(BV13-1)，中流部(BV13-2No.1)，下流部(BV13-3)の 3 地点で岩盤内地下水位が，ブロック中・下流部でパイプ歪みがそれぞれ観測されている。

L5 ブロックの推定すべり面は，岩片混じりの崩積土層と泥岩風化部層との境界の「表層すべり面」，泥岩風化部層と泥岩未風化部層との境界の「深層すべり面」の 2 深度にあり，これらの 2 深度のパイプ歪みより，地すべり土塊の挙動を把握した。

本研究では，各期間に生じた土塊の移動量に着目し，地すべり方向に対して 2 方向で計測された歪みの観測期間内での差分を合成し，(1)式で得られる値を「合成歪み変動量」と定義した。

$$\Delta\varepsilon xy(n) = \sqrt{\{\varepsilon x(n) - \varepsilon x(n-1)\}^2 + \{\varepsilon y(n) - \varepsilon y(n-1)\}^2} \quad \cdots (1)$$

ここに，⊿εxy(n)：観測期間((n-1)日から n 日)に生じた X 方向と Y 方向の合成歪み変動量，εx(n)：n 日(観測日)に計測された X 方向の歪み，εy(n)：n 日に計測された Y 方向の歪みである。

3.観測結果

本研究対象地は平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震の震源近傍に位置しており，同地震発生前後の岩盤内地下水位とパイプ歪みの挙動を概観することとする。

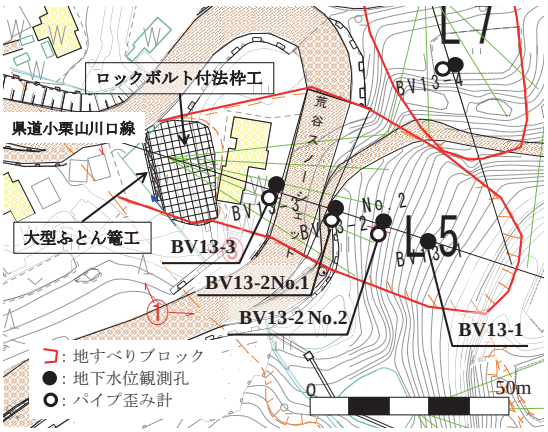

図-1　L5 ブロック地形図

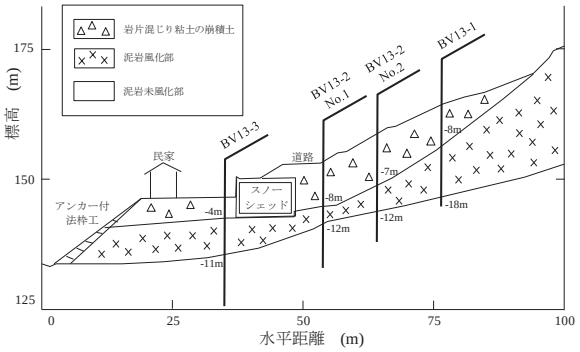

図-2　L5 ブロック縦断図

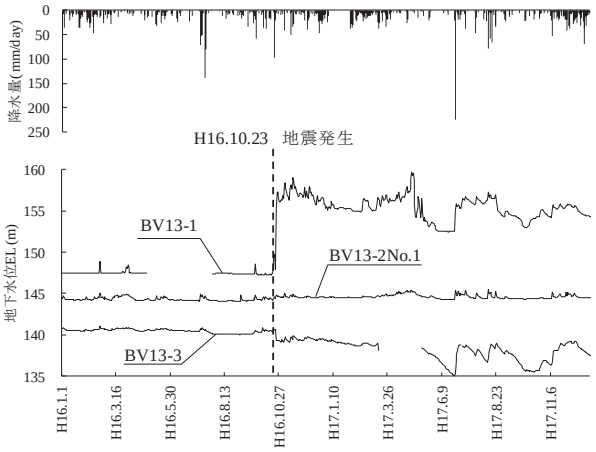

図-3　L5 ブロック　岩盤内地下水位

L5 ブロック内の岩盤内地下水位は，図-3 に示すように，新潟県中越地震を境に，ブロック上流部で 7.44m も急激に上昇したのに対し，下流部では 1.26m 低下し，中流部ではほとんど地震の影響がみられなかった。

一方，パイプ歪みでは，中越地震発生直前と直後で，

ブロック中流部の表層すべり面において合成歪み変動量 2,590με の急激な変位が認められた。これに対し，当該地点の深層すべり面，ブロック下流部の表層及び表層すべり面では，地震後に顕著な変位は認められなかった(図-4)。

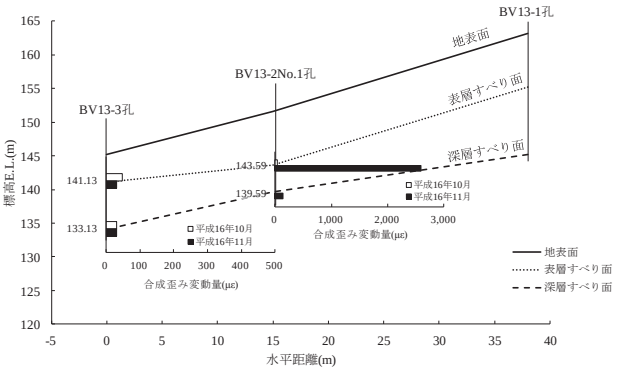

図-4　新潟県中越地震直前と直後の合成歪み変動量

4.地下水位の挙動に及ぼす新潟県中越地震の影響

新潟県中越地震直後にみられた岩盤内地下水位と合成歪み変動量の結果を勘案すると，地震時の衝撃を受けて，ブロック上中流部では表層すべり面での地すべり活動が活発化し，岩盤内に存在する水路の縮小や閉塞，寸断等が生じているものと推察され，これに伴いブロック上流部から斜面下方へと向かう地下水の流下能力が低下しているものと推察される(図-5)。

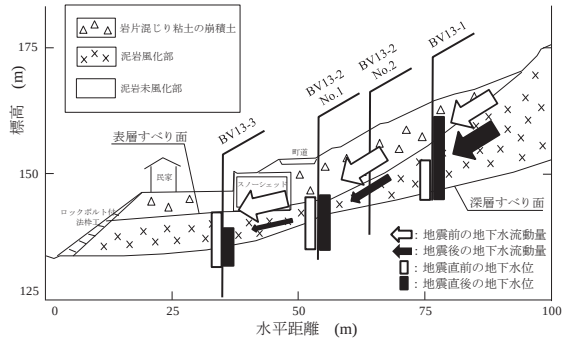

図-5　新潟県中越地震による地下水流動の変化

5.斜面の安定性に及ぼす新潟県中越地震の影響

新潟県中越地震発生前・後の岩盤内地下水位を用いて，L5 ブロック内の観測孔設置地点毎に斜面安定解析を実施した。各年に観測された最高岩盤内地下水位より求めた最大地下水深を用いた最小安全率の経時変化を示す図-6 より，新潟県中越地震を境に，L5 ブロック上流部の表層と深層の両すべり面で安全率が 20%以上低下し，ブロック下流部の深層すべり面では逆に 11%上昇したものの，ブロック中流部では地震の影響がほとんどみられないことがわかる。

地震発生直前と直後である平成 16 年と地震発生後の平成 17 年，さらに平成 20 年の各年の岩盤内地下水位の最高値と最低値より求めた平均地下水深を用いた平均安全率を図-7 に示す。ブロック上流部の安定性は新潟県中越地震直後に表層すべり面で 10%，深層すべり面で 25%程度も低下し，ブロック下流部では逆に深層すべり面で 7%程度上昇していることがわかる。さらに，地震発生から 4 年後の平成 20 年には，ブロック上流部の深層すべり面では，依然として地震前よりも安定性が 20%程度低下した状態が継続している事実が明らかになった。

平成 24 年 11 月 2 日に手動計測した BV13-1 孔での岩盤内地下水位の実測値は，観測が中止された平成 20 年の年間最大地下水位よりも 0.79m 高い値を示した。

以上の事実より，ブロック上流部と下流部の間の土層では，上流斜面のすべり力と下流部の抑制力に挟まれ，土層の圧縮が進行しているものと推察され，今後も高い地下水位の形成に伴う斜面の安定性の低下が懸念される。

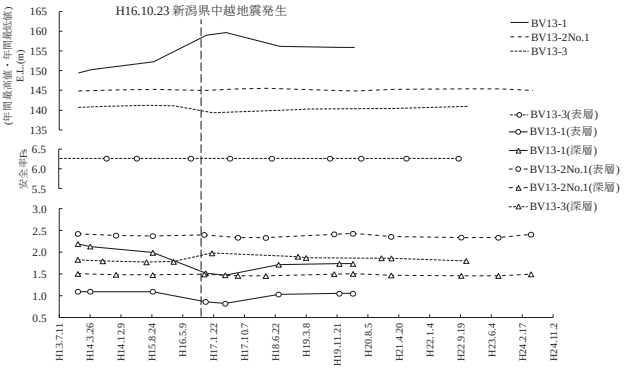

図-6　最小安全率の経時変化

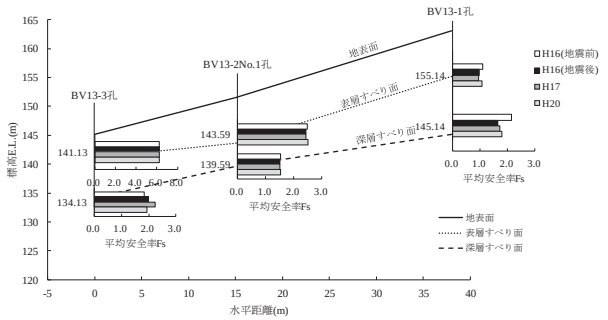

図-7　平均安全率

6.おわりに

新潟県中越地震の衝撃による地すべり活動の活発化と，それに伴う地下水の流動特性の変化が，岩盤内地下水位の挙動や斜面の安定性に長期に渡る変化を及ぼしている事実が明らかになった。

本研究で実施した斜面安定解析では，地震の衝撃による土質強度の変化を考慮していないため，斜面の安全率は過大評価されているものと推察される。今後は，地下水位の変化に加えて土質強度の変化をも加味した斜面安定解析を行い，地震による斜面の不安定化の実態をより詳細に検討する予定である。

【謝辞】データの提供や現地調査などに便宜を図って頂いた長岡地域振興局の皆様に御礼申し上げます。