

中越地震により発生した塩谷神沢川地すべりの発生機構の解明

湯沢砂防事務所 (前) 流域対策課長 山本 悟
 流域対策課 中嶋 邦博
 ○流域対策課 坂井 佑介

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により信濃川水系魚野川の支川芋川流域では、75箇所以上の地すべりが発生し甚大な災害となった。地震により地盤が緩んでおり、今後の豪雨等により新たな地すべりの発生や山地の荒廃が拡大することが懸念されている。このため、湯沢砂防事務所では、地震直後から取り組んできた直轄砂防事業に加え、平成18年度より直轄地すべり対策事業に着手し、芋川流域における土砂災害対策を集中的かつ迅速に行い、安全の確保を図ることとしている。なお、地すべり対策を効果的・経済的に行うに際して、すべり面位置及びすべり面強度特性の把握が必要であるが、地震によって発生した地すべりについては検証事例が非常に少ない。今回、流域内の塩谷神沢川地区地すべりにおいて、対策計画立案の際に必要な、すべり面の把握やせん断強度特性を明らかにするために行った調査結果について報告するものである。



(直轄地すべり対策事業の対象 19 地区)

2. 調査地概要

塩谷神沢川地すべりは新潟県小千谷市塩谷地区に位置する、芋川支流土留川右岸側の標高200m～400mの南東向き斜面で発生した。地すべり規模は、斜面長650m、幅450mで、背斜軸を背にして南北方向～東西方向に落差50mの滑落崖が形成され、その南東に地すべり移動体が存在する。移動距離は100m近くに達し、地震により不安定化した斜面が高速移動し、対岸斜面に衝突し停止している。中越地震の際、当地区は震度6強の揺れの範囲に入っていた。

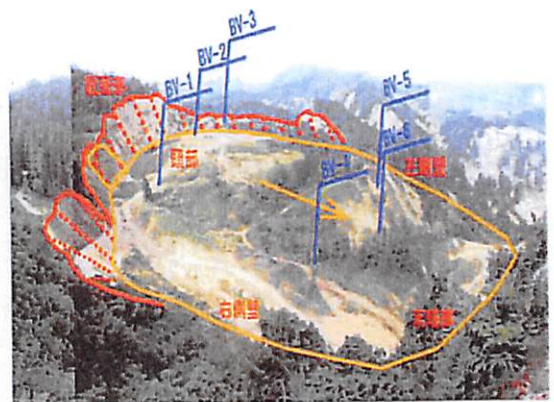


写真-1 塩谷神沢川地区地すべり

3. 塩谷神沢川地すべりの土質特性

3.1 すべり面の判定

地すべりでは、すべり面を境にして移動土塊と基岩との間に硬軟の差があるため、すべり面判定の手法として、ボアホールスキャナ (BHTV) 観測による調査を実施した。BHTV は、超音波をボーリング孔壁に発射し、孔壁からの反射波の強度と反射時間を測定する反射陰層であり、ボーリング孔壁に現れるすべり面の形状を直接計測することができる。

BV-3 号孔で実施した BHTV 画像を図-2 に示す。GL-28.34m 以深は、反射強度の最小値が弱く、粘性土の含有率が高いと考えられる。また、GL-28.34m 以浅は、せん断が進み、岩盤がブロック状になっている状態である。この不連続面の構造は、偏角補正を施して、すべり面の走向傾斜は $N41^{\circ} E17^{\circ} E$ である。

すべり面深度として、反射強度の変化が急激に変わる GL-28.34m 付近がすべり面であると考えられる。(ボーリングコアで擦痕を確認 写真-2)

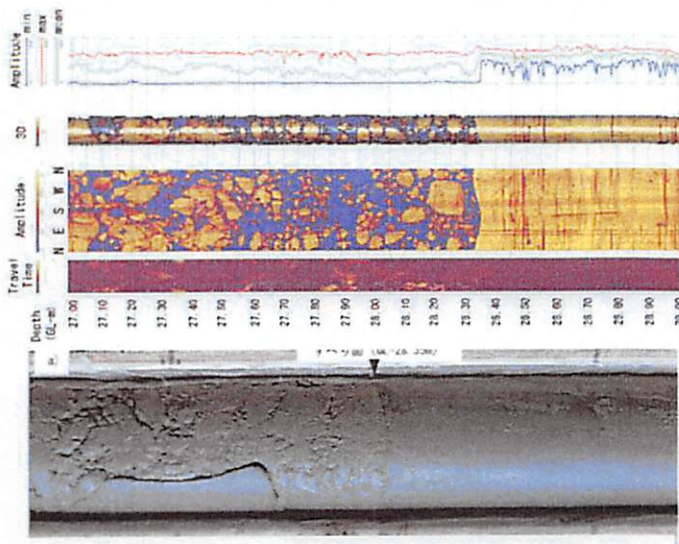


図-2(上)、BHTV (Borehole Televiewer 画像)

写真-1(下) コア写真



写真-2 すべり面表面にみられる擦痕

(BV-3 号孔 GL-28.3m)

3.2 現状のすべり面のせん断強度の評価

滑動停止後の現状のすべり面のせん断強度を把握し、安定解析の際の基礎資料とするため、以下の二つの試験を行った。

- ①不攪乱採取されたすべり面試料を直接用いたすべり面せん断試験
- ②破砕状コアから採取されたマトリクス分の粘性土を用いたリングせん断試験

ここで、各せん断試験によって得られた強度パラメーターを下図に示す。

孔番	すべり面せん断試験			リングせん断試験				
	試料採取深度 (GL-m)	粘着力 C' (kPa)	せん断抵抗角 ϕ' ($^{\circ}$)	試料採取深度 (GL-m)	完全軟化強度		残留強度	
					粘着力 C_s' (kPa)	せん断抵抗角 ϕ_s' ($^{\circ}$)	粘着力 C_r' (kPa)	せん断抵抗角 ϕ_r' ($^{\circ}$)
BV-2	34.20	25.1	32.7					
BV-3	28.35	0.0	26.2	26.0-28.0	19.1	30.1	29.5	23.0
BV-6	47.36	13.5	31.6	46.6-47.6	6.5	32.6	20.0	24.2

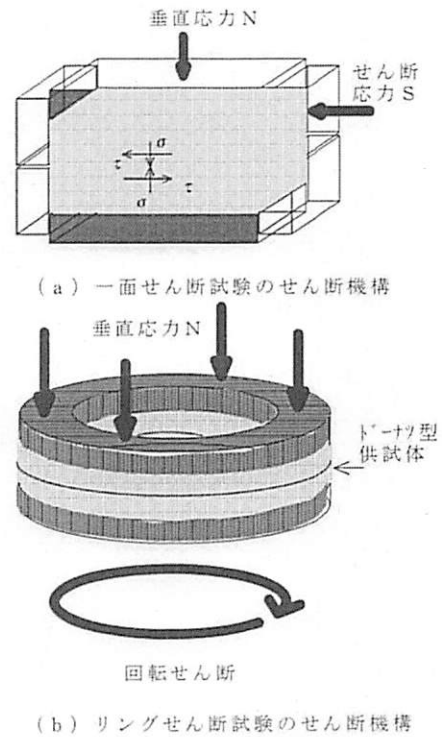
3.3

すべり面周辺土の高速リングせん断挙動

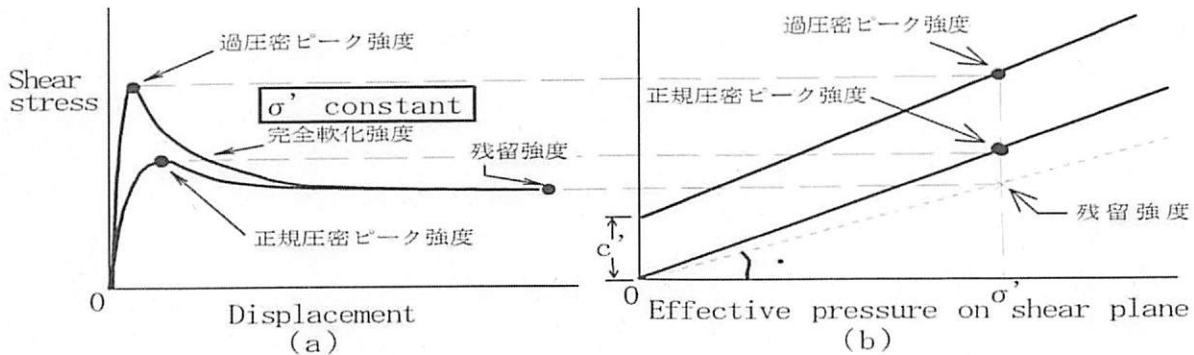
地震発生直後に長距離移動する過程でのすべり面のせん断挙動を推定し、地すべり発生機構の把握をおこなうため、リングせん断試験機を用いてすべり面における高速条件の大変位せん断挙動の検証を行った。

リングせん断試験機は一面せん断試験機と同様に直接せん断型試験機に分類される。ただし、リングせん断試験機は一面せん断試験機とは違い、回転せん断を行うことによって一様なひずみを与えながら、せん断変位を無限に大きくとることが可能な試験機であり（図-1）、これにより（図-2）に示すような粘土の残留強度を得ることが可能となる。

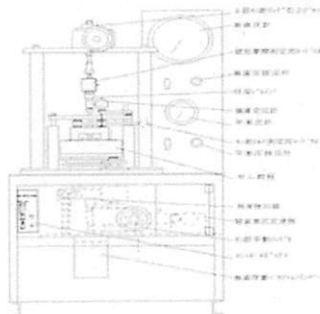
（図-2）には、ある垂直応力におけるせん断応力を直線回帰することでピーク強度、残留強度が決定されることが模式的に示されている。従来の一面せん断試験が、せん断変位の制約によりピーク強度（過圧密粘土）、完全軟化強度（正規圧密粘土）の計測に限定されたものであったのに対し、リングせん断試験は、変位不足を解消することで、従来計測不能であった残留強度測定を可能にしている。



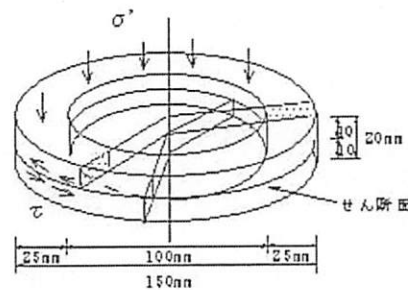
(図-1 リングせん断と一面せん断の違い)



(図-2 正規圧密粘土及び過圧密粘土のせん断特性)

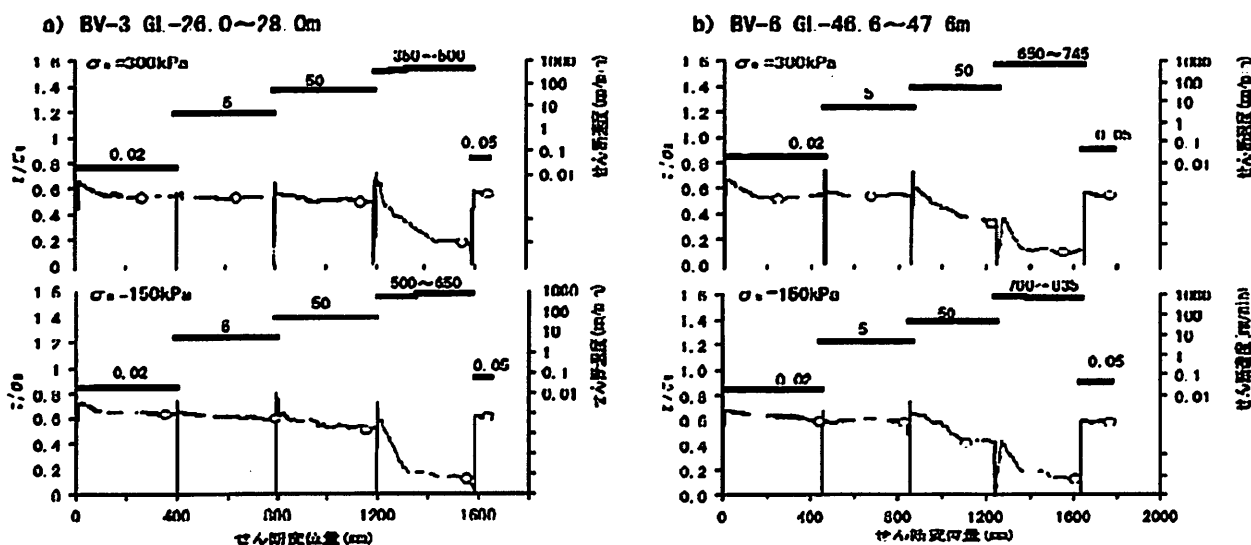


リングせん断試験機構造略図



供試体見取り図

リングせん断試験の結果を図-3に示した。BV-3、BV-6 試料のせん断速度変化に伴う摩擦係数 (τ/σ) の挙動をみると、せん断速度が 50mm/min に上昇すると徐々に強度が低下し、500mm/min 前後になると両試料とも大きな強度低下が認められた。つまり、地震によって不安定化した斜面が滑動を開始し、50~500mm/min 前後の移動速度まで達した時点ですべり面のせん断強度が大きく低下し、更なる高速移動へと進展した機構が想定される。



(図-3 せん断速度の変化に伴う摩擦係数の挙動)

4. おわりに

内陸直下型の新潟中越地震により発生した塩谷神沢川地すべりにおいて、今回実施したBHTV及びリングせん断試験は、地すべり面の特定及び現状斜面の安定度評価に必要なすべり面強度特性を把握する際には有効な手法である。また、低速~準高速のリングせん断挙動を検証することは、地震により発生した地すべり機構把握のための資料として蓄積が必要である。本試験により得られた結果は、塩谷神沢地区地すべりにおける現状安定度の評価を行う際の資料として活用していく。

〈参考文献〉

- Tika T. E., Vaughan P. R., and Lemos L. J. L. J (1996) : Fast shearing of pre-existing shear zones in soil. *Geotechnique*, vol. 46, No. 2, pp. 197-233
- 眞弓孝之、柴崎達也、山崎孝成 (2003) : すべり面せん断試験によるすべり面せん断強度評価、*日本地すべり学会誌*, vol. 40, No. 4, pp. 273-282