

地すべり移動時のすべり面における応力状態

国立研究開発法人 土木研究所 ○丸山清輝、金澤 瑛、石田孝司
基礎地盤コンサルタンツ(株) 山田眞一

1. はじめに

降雨や融雪が誘因となっている地すべりの移動の原因としては、雨水や融雪水が地すべり斜面に浸透し、斜面内の間隙水圧を上昇させ、土塊のせん断抵抗力を低下させることがあげられる。しかしながら、間隙水圧の変化と移動量との関係について、せん断試験機を用いて再現し、工学的に検討した研究は少ない。そこで、地すべり動態観測から得られた間隙水圧と移動との関係をせん断試験機で再現し、すべり面における移動時の応力状態について検討してきた¹⁾。今回は、せん断試験機に中空ねじり単純せん断試験機を用いて検討した結果を示す。

2. 間隙水圧と移動量の観測結果

間隙水圧と移動量の観測事例として、新潟県上越市の沖見地すべりにおける観測結果を用いた。沖見地すべりは、上越市から東方へ約 14 km、東頸城丘陵の標高 100～300m の丘陵地に位置し、保倉川水系高谷川の一支流である平方川の upstream 右岸側斜面に位置している。地すべりの規模は長さ約 1,500m、幅約 500m、平均勾配約 10 度、面積約 70ha であり、地質は新第三紀中新世の泥岩層（新潟県標準層序、椎谷層相当層）から構成されている。

図-1 には、地すべり動態観測を実施した地すべりブロックの平面図を示した。この地すべりブロックの規模は、長さ約 430m、幅約 150m、勾配約 10 度、すべり面深度約 8～20m である。

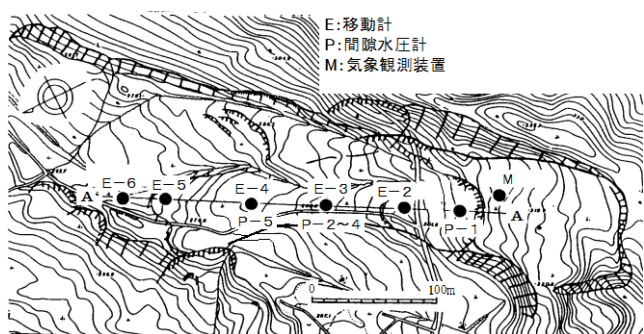


図-1 地すべり動態観測実施地すべりブロック平面図

図-2 は、地すべりブロック頭部の間隙水圧計 P-1 と移動計 E-2 の観測結果を示したものである。なお、地すべり移動量は、ボーリング孔内にワイヤーを通し基岩に設置したアンカーに固定して、移動によりワイヤーが孔内に引き込まれる量を観測した値である。また、間隙水圧は、ボーリング孔内のすべり面上面付近に間隙水圧計を設置し、その周辺に砂を充填した後、遮水のため地表面までベントナイトを充填して観測した値

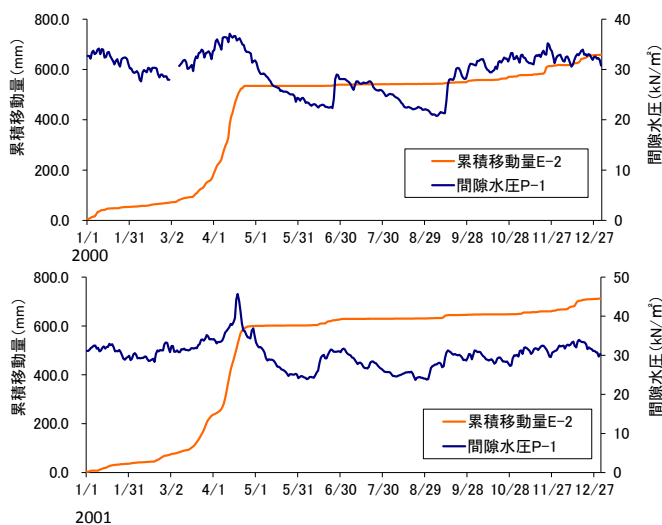


図-2 移動量と間隙水圧の観測結果

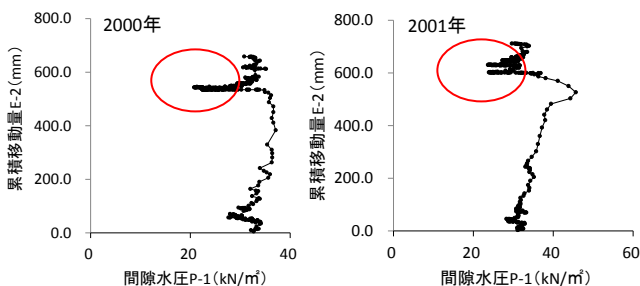


図-3 間隙水圧 P-1 と移動量 E-2 との関係

である。移動は 3～4 月の融雪期とそれ以外の降水量が多い時期に生じており、融雪期の移動量が特に大きい。また、間隙水圧は 3～4 月の融雪期に一番高くなり、この時期に移動量も大きくなっている。

図-3 には、間隙水圧 P-1 と累積移動量 E-2 との関係を示した。累積移動量は間隙水圧の上昇にともない大きくなっているが、間隙水圧が下降し出すと増加量が急激に小さくなっている。これらのことから、同じ間隙水圧の値でも間隙水圧の上昇時の移動量は大きく、下降時の移動量は小さくなることが分かる。この挙動について検討するために、地すべり動態観測から得られた間隙水圧と移動量との関係を中空ねじり単純せん断試験機により再現し、すべり面における移動時の応力状態について検討した。

3. せん断試験によるすべり面の応力状態の検討

写真-1 は、試験に用いた中空ねじり単純せん断試験機を示したものである。この試験機は、中空円筒状の供試体に、垂直応力、水平応力、せん断応力を独立に载荷しながら、間隙水圧を高精度で計測できるせん断試験機である。なお、供試体寸法は、外径 70mm、内径

30mm、高さ 70mm である。また、試験は、等方圧密非排水状態の供試体にネジリせん断応力をオモリにより载荷した。この他、間隙水圧は供試体下面から上昇・下降させ、供試体上面で計測した。

表-1 には、試験に用いた試料の物理試験結果を示した。試料は沖見地すべりの近傍に位置し、地質的に同じである新潟県上越市の国川地すべりのすべり面付近から絞り出されたものであり、物理試験結果から砂質粘土に分類される。

図-4 は、累積ひずみ、間隙水圧、せん断抵抗力、有効垂直応力の各経時変化を示したもので

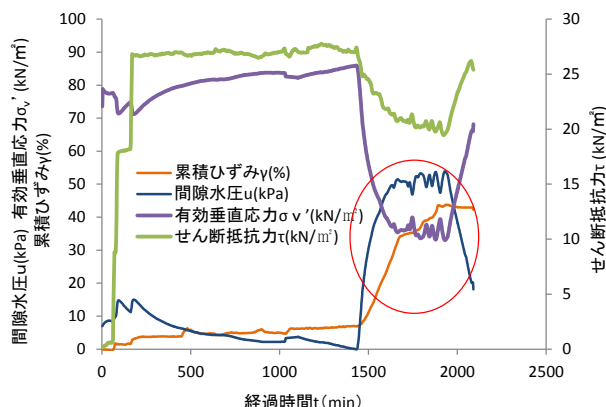


図-4 累積ひずみ、間隙水圧等の各経時変化

ある。累積ひずみは間隙水圧の上昇にともない大きくなり、間隙水圧の下降とともに増加量が急激に小さくなっている。これらの変化は図-2 に示した間隙水圧と移動量の観測結果と一致し、沖見地すべりにおける間隙水圧と移動量との関係がせん断試験で再現できていることが分かる。

図-5 には、間隙水圧と累積ひずみとの関係を示した。累積ひずみは間隙水圧の上昇にともない大きくなっているが、間隙水圧が下降し出すと増加量が急激に小さくなっている。これらのことから、同じ間隙水圧の値でも間隙水圧の上昇時のひずみ量は大きく、下降時のひずみ量は小さくなり、図-3 と同様な挙動が生じていることが分かる。

図-6 は、せん断抵抗力 (τ / τ_{max}) 及び有効垂直応力



写真-1 せん断試験機

表-1 試料の物理試験結果

土粒子の粒度 ρ_s (g/cm ³)	2.569
自然含水比 W_n (%)	51.3
礫分 (2~75mm) (%)	0.0
砂分 (0.0075~2mm) (%)	22.8
シルト分 (0.005~0.075mm) (%)	32.9
粘土分 (0.005未満) (%)	44.3
最大粒径 (mm)	2.00
50% 粒径 D_{50} (mm)	0.0067
液性限界 W_L (%)	84.2
塑性限界 W_P (%)	30.3
塑性指数 IP	53.9
地盤材料の分類名	砂質粘土 (高液性限界) CHS

($\sigma_v' / \sigma_{v' max}$) と累積ひずみとの各関係を示したものである。累積ひずみが 7% 以下ではせん断抵抗力は最大値まで増加しているが、その後の累積ひずみはせん断抵抗力の減少にともない急激に増加している。累積ひずみが 35% に達した時点

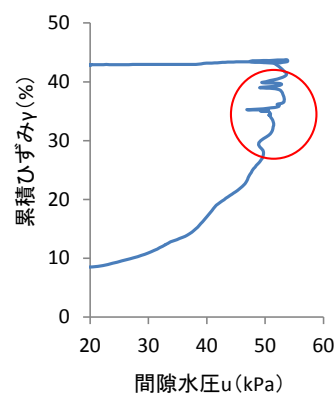


図-5 間隙水圧と累積ひずみとの関係で間隙水圧を 50kPa から 47 kPa に下げているが、それにともないせん断抵抗力が 0.74 から 0.77 に増加し、累積ひずみの増加量は急減している。せん断抵抗力 0.77 は、せん断抵抗力減少時では累積ひずみが急激に増加中の値である。間隙水圧を下げる操作は累積ひずみが 40% 前後に達した時点でも行っているが、同様な挙動が発生している。その後、累積ひずみが 44% に達した時点で間隙水圧を 54 kPa から 18 kPa まで下げた。このことにより、累積ひずみの増加量は急減し、せん断抵抗力は 0.71 から 0.94 に増加している。図-6 に示したせん断抵抗力と累積ひずみとの変化の関係は、図-7 に示した有効垂直応力と累積ひずみとの変化の関係と一致している。このことから、せん断抵抗力の変化は有効垂直応力の変化に対応したものであり、せん断抵抗力の計測に問題はないと考える。

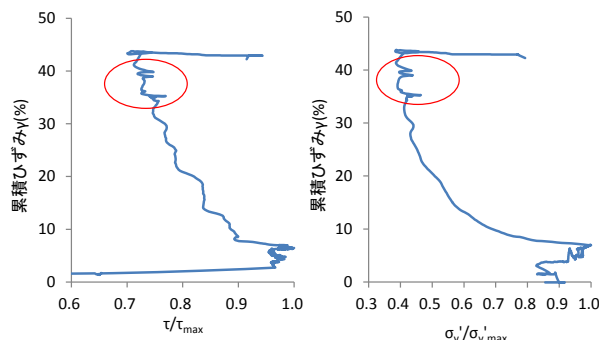


図-6 τ / τ_{max} 及び $\sigma_v' / \sigma_{v' max}$ と累積ひずみとの各関係

4. おわりに

地すべり移動時のすべり面における応力状態について、中空ねじり単純せん断試験により検討した。その結果、地すべりの移動量と間隙水圧との関係がせん断試験により再現され、地すべり移動時のすべり面における間隙水圧、せん断抵抗力、有効垂直応力の各変化を示すことができた。今後は、間隙水圧の上昇・下降にともなうせん断抵抗力の変化のメカニズムについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 丸山清輝・野呂智之：地すべり地における間隙水圧と移動量に関する検討、第 52 回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp. 227-228、2013。