

粘板岩からなる切土斜面の地すべり

山口大学工学部 正員 山本 哲朗 (株)広測コンサルタント 正員 三浦 壹章
(株)広測コンサルタント 正員 芋岡 敏彦 同 正員○篠崎 健

1. はじめに

1997 年 7 月、広島県賀茂郡における粘板岩からなる切土斜面で大規模な地すべりが発生した。その規模は、幅約 80m、高さ約 40m にも及んだ。その崩壊形態は、平面すべりと円弧すべりの合わさった複合すべりである。粘板岩には、その特徴である層理の他に、節理が非常に多く発達している。

本文では、地すべりの斜面に対して現地調査、標準貫入試験を実施するとともに、不攪乱土の強度定数を室内一面せん断試験から求めた結果を述べ、最後に複合すべりの発生機構・対策について検討した。

2. 地形・地質

当該現場は、広島県のほぼ中央部に当たり、隆起準平原とよばれる標高 450m から 550m の低い山地塊が広がり、なだらかな地形を形成している。今回の地すべりは、道路敷設の際、山腹の鞍部を開削して造られた斜面において発生した。

当該現場および周辺部の地質は、中生層で岩種として堆積岩・流紋岩が分布し、それらに花崗岩が貫入している。また、捕獲岩やこれら岩石のホルンフェルスが風化した土層内に未風化部分が点在する複雑な地盤構造を呈している。崩壊した斜面は、層理および節理が非常に多く発達した粘板岩からなる。

3. 崩壊斜面の概要

道路敷設工事に伴い、山腹の鞍部が開削され、2 面の斜面が造られた。東側・西側斜面は、それぞれ勾配 1 : 1.2, 1 : 1.0 でもって開削された。両斜面ともに 7.0m の高さを基準に切り取り、幅 1.5m の小段および水路工を設けた。

今回地すべりの発生した斜面内の粘板岩の多くには、黒色、白色および灰色を呈する泥岩が厚さ数 mm ～ 数 cm の層理が見られ、稀にその厚さが数 10cm 程度に達する場合もあった。また、細かな節理が無数に発達している。西北西－東南東方向を示す断層の存在も確認され、この断層運動に伴い粘板岩に数多くの節理が発達したのと考えられる。

4. 標準貫入試験の結果

地すべりが発生した崩壊斜面の平面図を図-1 に示す。No. 1, 2 で標準貫入試験を実施した。No. 1 は、深さ 11.3m までは N 値 ≤ 10 の強風化土の粘板岩からなり、粘性分も多く、φ = 2mm ～ 10mm の礫を多く含んでいる。深さ 16.0m より深いところでは、N 値 ≥ 50 の岩組織を有する弱風化岩からなる。No. 2 は、深さ 8.8m までは N 値 ≤ 10 で、深さ 19.0m より深いところで N 値 ≥ 50 であり、土質分布は No. 1 と同様の結果が得られた。両箇所ともに深さ 12.0m 付近において土質が変化する。また、No. 1 では深さ 11.4m、No. 2 では深さ 11.7m において残留地下水位面が存在する。

5. 物理的性質・強度定数

図-1 に示した箇所では風化の著しい粘板岩をブロックサンプリングによって採取した。試料の諸物理的性質は表-1 に示す。表に示すように、この土試料は低液性限界シルト (ML) に分類された。粉末 X 線回折試験から主要鉱物は石英、スメクタイトであることを確認している。採取時の自然状態および 1 日水浸状態の試料に対して、圧密・排水条件下で在来型一面せん断試験を行った。なお、供試体 (直径 60mm、高さ 20mm) は、層理面がせん断方向に平行・垂直となる 2 種類のものを作製し、両者についてせん断試験を行った。鉛直応力は 49.98 および 147kPa

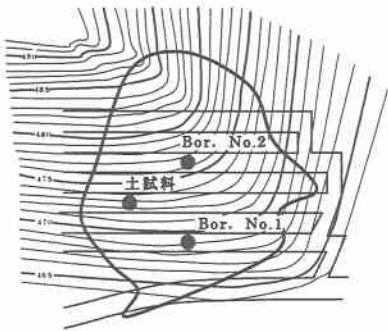


図-1 標準貫入試験実施箇所および土試料採取箇所

表-1 土試料の諸物理的性質

試料	ρ_s (g/cm ³)	U_c	D _{max} (mm)	D ₅₀ (mm)	F _c (%)	F _{clay} (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _P	土質分類
土試料	2.677	8.13	3.10	0.098	87.1	32.4	39.9	29.3	10.6	ML

の3通りに変えた。図-2, 3にそれぞれ供試体内の層理面をせん断面と平行・垂直にさせた場合のせん断応力～変位の関係を示す。また、それぞれの供試体に対して非水浸・水浸の結果も示す。図-2, 3から各鉛直応力 σ_N におけるせん断応力 τ_f は、せん断変位2mm前後においてピークが現れ、その後せん断応力は一定になる傾向にある。図-4に示した破壊線から分かるように、供試体の非水浸・水浸の違いおよび層理面に対するせん断方向の違いに係らず、内部摩擦角 ϕ_d は27.3°～27.4°の範囲にある。粘着力 C_d は、非水浸および水浸の差違によらずせん断面に対して層理面が垂直な供試体の方が、層理面が平行な供試体よりも大きいことが分かる。また、両供試体とも水浸によって粘着力がかなり小さくなる。本現場では、粘板岩が流れ盤状であったので、特に層理面がせん断面に平行な供試体の粘着力に注目すると、図-4から非水浸時に $C_d=29.1\text{kPa}$ の粘着力が水浸によって $C_d=14.3\text{kPa}$ まで低下していることが明らかになった。このように、試料が1日間水浸されることによって、せん断強度の低下は、粘着力の著しい減少によってもたらされることが示された。以上より、せん断抵抗力が最大となるのは、非水浸状態で層理面に対し垂直にせん断した場合である。せん断抵抗力が最小となるのは、水浸状態で層理面に対し平行にせん断した場合である。

6. 地すべりの発生機構とその対策

崩壊斜面は、強風化土の粘板岩からなる斜面崩壊で、平面すべりと円弧すべりの合わさった複合すべりによって崩壊した。崩壊斜面は、滑落崖近傍において平面すべりが発生し、層理・節理が非常に多く発達し、黄褐色ないし青灰色の粘板岩の強風化土層内で円弧すべりが発生した。崩壊斜面の表面の一部には、厚さ1mm以下の光沢質の黒色薄層土が沈積していた。以上のことより、斜面崩壊の原因は次のように考えられる。

斜面崩壊前の2週間の間に特に大きな降雨は見られなかったことから、山腹の切取りに伴う地山の応力解放による斜面の不安定化、地山地盤の劣悪による強度不足および層理・節理に地下水が浸透し、せん断抵抗力を減じ、特に粘着力が低下して崩壊が発生したと考えられる。崩壊斜面の末端部での多量の地下水が、上述したすべての条件と密接に関係し、平面すべりと円弧すべりの合わさった複合すべりによって、壊滅的な斜面崩壊が発生したと判断した。

対策工として、排土工+アンカー工、斜面の切直し(勾配約1:2.0)およびフリーフレーム工が考えられるが、当現場では地下水が無視できないので、水平ボーリングによって事前に水抜きを完全を実施することが不可欠である。

7. まとめ

粘板岩からなる切土斜面に見られた、規模の大きい複合すべりを呈した地すべりにおいては、滑落外近傍で平面すべりが発生し、それより下方の土層内において円弧すべりが発生した。この原因としては、山腹の切取りによる応力解放、粘板岩に存在する層理・節理に地下水が浸透して特に粘着力が減少したことが挙げられる。すべり面の表面には、光沢質の黒色薄層土が沈積しており、崩壊の一素因となった。

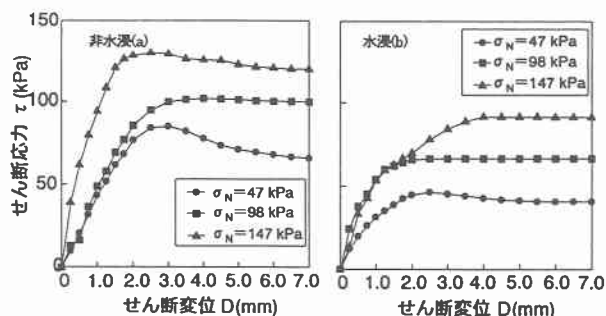


図-2 層理面がせん断面に垂直な供試体

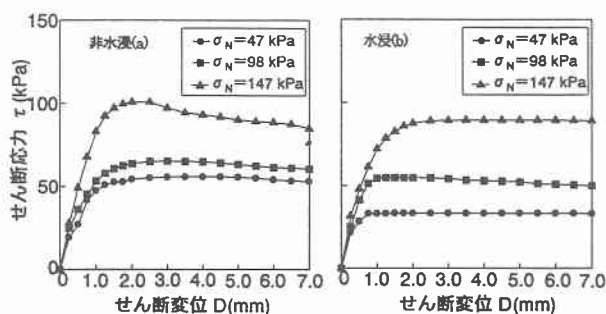


図-3 層理面がせん断面に平行な供試体

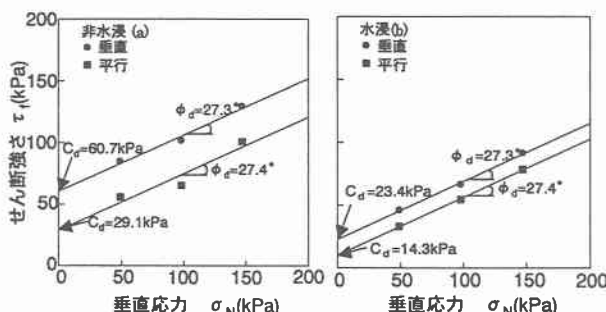


図-4 τ_f σ_N 関係