

四万十帯における切土法面の地すべり事例

(株)愛媛建設コンサルタント 久保田浩司 吉岡 崇
神野 邦彦 岩本 圭吾

1. はじめに

自然地盤は、節理、層理、断層等の地質的不連続面や風化・変質部を含むため極めて複雑で不均一な構成となっている。このため、基準に準拠した標準的勾配の切土法面においても、しばしば地すべりや崩壊が発生している。

本稿では、四万十帯の砂岩泥岩互層が分布する切土法面における地すべりの例として、1:1.9の緩勾配で切土施工中に発生した岩盤内の粘土シームをすべり面とする地すべり事例について報告する。

2. 地形・地質概要

当該地は、四国地方南西部の愛媛県と高知県の県境付近に位置する。道路建設前の地形は、北から南に延びる緩やかな尾根が、基岩の層理面の走向と調和的な東-西方向の枝谷によって、頂部から分断された鞍部状地形が形成されていた。当該法面はこの鞍部状地形を形成する東西2本の谷筋に沿って建設された道路の北向き切土法面である。

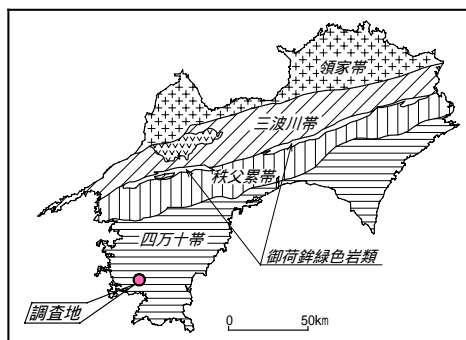


図 - 1 四国の地質区分

基盤岩の地質は、四万十帯に属する砂岩泥岩互層及び含礫泥岩からなり、その層理は概ねEW走向の北落ちである。これは被災法面に対し流れ盤構造となっている。

3. 地すべりの概要

1:1.9の勾配で上段から3段目を切土施工中に、最上位法面から切土末端部にかけて馬蹄形状のクラックが発生した。被災前夜から当日の朝にかけて37.5mmの降雨を記録している。頭部クラックの開口亀裂は約10cmであり、西側のクラックは3段目法面付近まで追跡可能であったが、東側のクラックは法面走向の折れ線付近で不明瞭であった。このクラックが不明瞭となった法面走向の折れ線付近には、砂岩泥岩互層の層理面に調和的な層厚2~3cm程度の含水比の高い白色粘土シームが確認された。

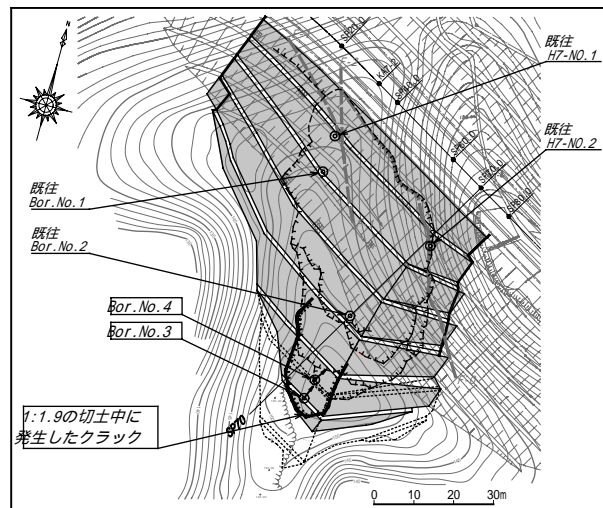


図 - 2 平面図

ボーリングは最上位小段および2段目法面内の2箇所(Bor.No.3, No.4)で実施し、孔内傾斜計を設置した。ボーリングの結果、両孔ともGL-6m付近までは、風化が著しいD級の砂岩泥岩互層が分布していることが判明した。また、孔内傾斜計観測によって変位が検出された深度は、

Bor.No.3.....GL-2.5m(移動方向 N22 E)

Bor.No.4.....GL-2.0m(移動方向 N33 E)

であり、移動方向は法面の最大傾斜方向(N31 E)とほぼ一致している。以上より図-3の地すべり形状を設定した。これによるすべり面傾斜角は18.8°である。

4. 面構造の走向傾斜

すべり面が岩盤の面構造によって規制されていることが推察されたため、切土法面にみられる面構造について走向傾斜を測定した。測定箇所は全224箇所である。

図-4に被災地周辺のデータに限って整理したウルフネット下半球投影図とローズダイヤグラムを示す。これによると、被災地周辺の平均的な面構造はN14 W, 38Nとなり法面に対し流れ盤といえる。また、ウルフネット下半球投影図に集中点が1点できることから、これら面構造に沿った平面すべりの可能性が示唆される。なお、このうち層理面と判別がつくものについての見掛けの傾斜角(切土法面の最大傾斜方向における傾斜角)は-21.6となる。これは、被災地周辺以外の箇所と比べ8~12程度小さい。特にサンプリングを行った白色粘土シームが分布する箇所については、16~17と他に比べ非常に低角度な見掛けの傾斜角となっている。

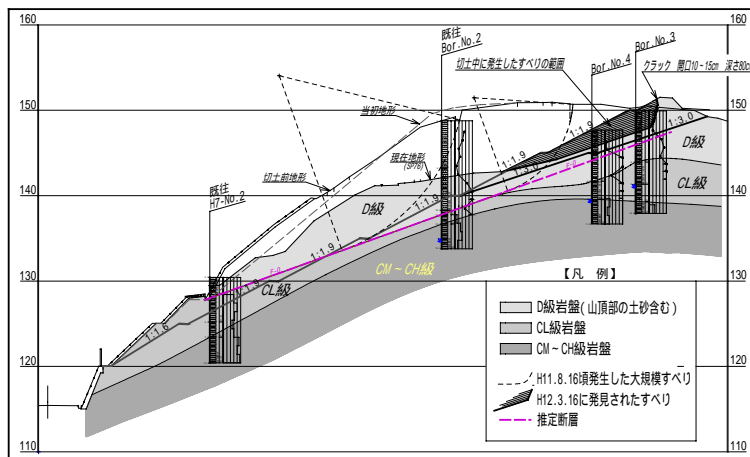


図 - 3 断面図

等が挙げられることから、白色粘土シームがすべり面を形成しているものと考えられる。そこで、対策工法としては、最も経済的かつ有効な工法として安定勾配による排土工を選定した。

また、安定勾配は、層理面等の不連続面が発達する切土法面におけるモデルとして、以下に示す) 不連続体モデル,) 擬似的な連続体モデルを想定し、法面勾配(), 層理面の見掛けの傾斜角(), せん断抵抗角() の関係から、これまでの調査結果(表 - 2)に基づいて 1 : 3.0 に決定した。

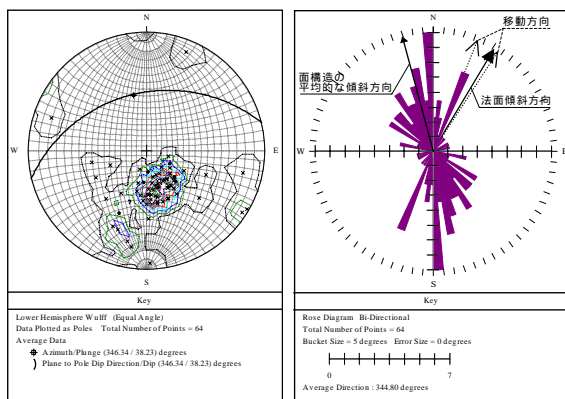


図 - 4 被災地周辺の面構造測定結果

) - :不連続体モデルとしての と の関係(幾何学的安定性)

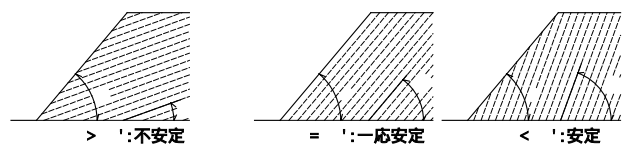


図 - 5 不連続体モデルの概念図

) - :擬似的な連続体モデルとしての と の関係(擬似連続体としての安定性)

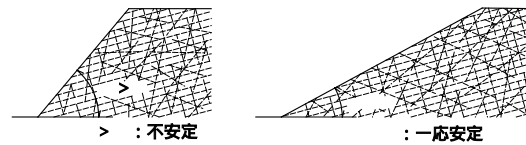


図 - 6 擬似連続体モデルの概念図

5. リングせん断試験及びX線回折結果

白色粘土シームの攪乱試料を用いて実施したリングせん断試験結果を表 - 1 に示す。ピーク状態でのせん断抵抗角は $\phi_p=13.5 \sim 20.1$ とかなり小さな値を示しており、これは層理面の平均的な見掛けの傾斜角 $=21.6$ よりも小さい。

また、同じ試料を用いたX線回折の結果では、わずかながら膨潤性粘土鉱物が検出されている。

表 - 1 リングせん断試験結果

試料	せん断抵抗角		粘着力 C_d, C_r (KN/m^2)
	ϕ_p [ピーク状態] ($^\circ$)	ϕ_r [残留状態] ($^\circ$)	
	20.1	18.0	0
	13.5	9.1	0

6. 対策工法

この事例でみられる地すべりの特徴として、

すべり面の傾斜角は流れ盤を呈す層理面の見掛けの傾斜角とほぼ一致する。

ウルフネット下半球投影図に集中点が1点できることから平面すべりの可能性が高い。

層理面と調和的に分布する白色粘土シームのせん断抵抗角は $\phi_p=13.5 \sim 20.1$ であり非常に小さい。被災地周辺の面構造の見掛けの傾斜角は、被災を受けていない法面に比べ 10 程度小さい。

表 - 2 各モデルによる安定する勾配

安定条件	調査結果 (または)	安定する勾配 []
) 不連続体モデル (幾何学的安定性)	被災地周辺の層理面の平均見掛け傾斜角 $=21.6^\circ$	1 : 2.5 より緩く
	すべり面となった層理面の見掛け傾斜角 $=16 \sim 17^\circ$	1 : 3.5 ~ 3.3 より緩く
	孔内傾斜計観測結果によるすべりの傾斜角 $=18.8^\circ$	1 : 3.0 より緩く
) 擬似的な連続体モデル (擬似連続体としての安定性)	$F_s=0.98, C=0$ と仮定した場合の逆算 $=18.71^\circ$	1 : 3.0 より緩く
	すべり粘土(白色)のピーク状態のせん断抵抗角 $\phi_p=20.1^\circ$	1 : 2.7 より緩く
	すべり粘土(茶色)のピーク状態のせん断抵抗角 $\phi_p=13.5^\circ$	1 : 4.2 より緩く

7. まとめ

排土工事は平成 12 年 12 月に竣工し、現在のところ切土法面にクラック等の変状は現れていない。今回の地すべりの素因となった層厚 2 ~ 3cm の粘土シームは、その分布を地表踏査や調査ボーリングによって、事前に把握することは困難である。しかし、施工中の切土法面の詳細な観察により、掘削初期の段階で対策を講じることは可能かもしれない。そのためにも今回のような事例が多数報告され、地域ごとに類型化されることが望まれる。

《参考文献》

- 1) 土木学会：岩盤斜面の安定解析と計測, p.123, 1994.