

Ⅲ－２ 三波川帯緑色片岩の風化粘性土のせん断強度と斜面の安定性に関する検討事例

カナン地質(株) 正会員 ○ 篠原 潤
愛媛大学工学部 正会員 八木 則男

1. はじめに

四国は中～古生代の広域変成岩である三波川帯の地質が多い。この三波川帯の地すべりを一括して“破碎帯地すべり”と称している。豪雨時崩壊型の代表的な地すべりである。古期地すべり土塊である崩積土の再活動と、風化岩帯の新しい活動面の両方が観察される。

道路改良など斜面を人工改変する際に発生する地すべりが近年特に多い。素因として地すべりを潜在している、現在までに判然とした活動が認められない斜面では、調査ボーリングの結果からみて滑落のおそれのある崩積土中の粘土層や、風化岩中の粘土化変部をすべり面と仮定する。そして現状の安全率を1.0程度にして、逆算法でcとφを求め、改変により不安定化するすべり面との対比により、斜面の安定性を検討するのが常法となっている。これでは、現状の安全率を1.0程度とした根拠が全くないわけである。よって、今回実際に地すべりの発生した斜面のすべり面の粘性土をせん断試験して、逆算法の問題点を検討した。

今回モデルケースとした問題の斜面は、頭部盛土を実施して、地すべり変動が生じてから、地質調査と観測を実施した愛媛県南予地方の現場である。地すべり指定地に隣接している。

2. 地層推定断面図とすべり面

図-1に調査地の地質断面図を示す。風化岩帯が全くみられないで崩積土砂の下は、いきなり結晶度のあまり高くない新鮮な基岩である。但し崩積土の下層は、現位置残留土と見られる所の、完全に崩壊はしていないで、地すべり平行移動だけとみられる地層が多い。すべり面は、孔内傾斜計の変位量、簡易弾性波探査、付近の変状などをみて、すべり面を図-1に示す如く想定したものである。地下水位は調査ボーリング掘進時の最高水位をとっている（当初解析の水位線、図中LWL）。

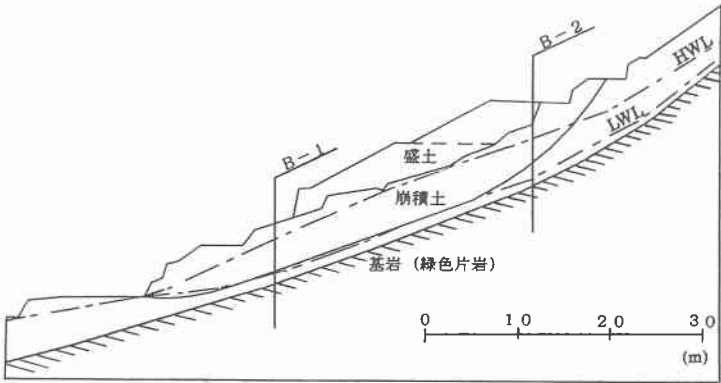


図-1 地質断面図

3. 土質試験結果と安定度

土質試験に用いたB-1、B-2の資料は、調査ボーリング時に採取した資料である。B-3、B-4は、改良道路の先線を今度は施工前に調査したボーリングコアの粘性土層の資料である。

すべり面のせん断特性を明らかにするために、420μm通過資料で三軸試験(CU)とリングせん断試験を実施した。その結果と物性を表-1に示す。

三軸試験では、有効応力基準のせん断抵抗角(φ')を求め、リングせん断試験では、残留状態でのせん断抵抗角(φ_r)をもとめた。三軸試験の供試体は予圧密法を用い、試験は、軸変位速度0.055mm/minの定速載荷

表-1 資料の物性ならびに強度定数

資料番号	①	②	③	④	⑤
ボーリング孔	B-1	B-2	B-2	B-3	B-4
深度(GL-m)	5.0～5.6	6.5～7.0	7.0～7.5	3.5～4.0	2.5～3.0
G _s	2.983	2.952	2.982	3.001	2.987
W _L (%)	27.5	39.6	32.8	52.0	46.0
I _p	10.7	21.1	16.4	29.1	25.4
砂礫分 (%)	63	44	56	45	53
シルト分 (%)	25	31	26	39	32
粘土分 (%)	12	25	18	16	15
φ' (°)	41.1	36.1	36.2	40.8	41.9
φ _r (°)	25.1	29.0	24.3	22.3	34.3
X線回析(粘土鉱物)	クロアイト	クロアイト	クロアイト	クロアイト	クロアイト

で行った。リングせん断試験は、 $0.44^{\circ}/\text{min}$ のせん断速度で行った。

ϕ' は $36.1\sim 41.1^{\circ}$ 、 ϕ_r は $24.3\sim 29.0^{\circ}$ である。表-2の安定度解析結果では $\phi=32^{\circ}$ としているが、HWL時を解析した時の ϕ' から（考察で説明）妥当と思われる値であり、 $\phi_r=24.3^{\circ}$ は試験値の最小値をとったものである。また ϕ は実際の逆算法では c を加味して $\phi=20^{\circ}$ としているが、 $c=0$ とした時は、 $\phi=22.3^{\circ}$ となる。

表-2 安定計算結果

	逆算法 ϕ (22.3°)	試験値より ϕ (32°)		残留応力基準 ϕ_r (24.3°)	有効応力基準 ϕ' (36.1°)
	L.W.L.	L.W.L.	H.W.L.	L.W.L.	L.W.L.
盛土前	1.006	1.460	—	1.055	1.697
盛土後	0.950	1.45	0.990	1.043	1.697

4. 試験結果の考察

右の図-2、図-3に、三波川帯緑色片岩の風化粘性土の I_p に対応する ϕ' と ϕ_r の関係を示す¹⁾。今回の調査地は、 ϕ' はかなり大きい値をとっており、 ϕ_r との差が最大 16° と大きい。X線回析結果では、いずれの資料も粘土鉱物はクライトのみである。粘土はシルト分も含めて40～50%程度の含有量である。

したがって当試験地の地すべり粘性土は粘土分が多い割には土質強度が大きいといえる。それは三波川帯 70°W -の緑色片岩のみが分布する地帯であるためと思われる。

今回、試験結果で求めた実際の強度定数と逆算法で仮定した強度定数には大きな開きがあるが、安定解析の地下水位の設定に原因がある。当初推定した地下水位では、今回の試験結果を用いると、盛土後 $\phi'=36.1^{\circ}$ で安全率1.68、 $\phi_r=24.3^{\circ}$ でも1.04となり、地すべりが起こりえない結果となった。地下水位線をボーリング時の最高水位線（図-1のLWL）としたことが誤りで、水位を図-1のHWLとすれば、 $\phi=32^{\circ}$ と設定したとき安全率は0.99となり、これが妥当な強度定数とみられる。すなわち盛土後、豪雨時に水位が崩積土と盛土の境付近まで上昇し、安全率0.99となった時点で、滑動をはじめ、強度が ϕ_r となり、豪雨時でなくとも常時動いているのが、当地すべり地の滑動状況であるといえる。

なお地下水は盛土の下から現在も常時湧水しており、上層部に水みちのあることを示唆している。深くボーリングをすると、破碎帯地すべりでは特に水位が降下してしまうので、浅い観測孔で調べる必要があるが、短期間で水位を把握するのは難しい。

5. あとがき

三波川帯の緑色片岩の地すべり地で、盛土による地すべり発生に伴い強度定数を仮定した逆算法により、安定度解析を実施している。しかし、今回せん断試験により求めた強度定数で、解析を行う方が、より実体にマッチした結果が得られた。

対策工をたてる上で、水位線を把握出来たことは、有効な情報といえよう。

参考文献

- 1) 矢田部 龍一・八木 則男・横田 公忠・松村 慎一郎：残留強度を用いた地すべり指定地内の斜面の安定性の検討，土と基礎，Vol. 45, No6, pp. 26～28, 1997.

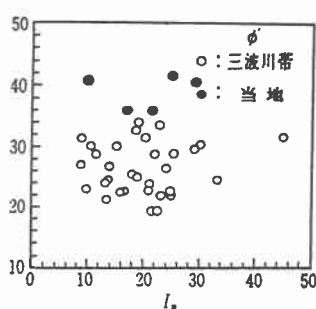


図-2 ϕ' と I_p の関係

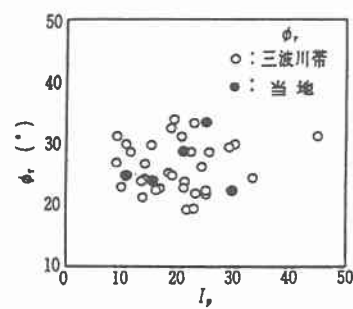


図-3 ϕ_r と I_p の関係