

地すべり粘土の圧密による強度増加を考慮した盛土の安定解析について

九州産業大学大学院 学生員 ○ 西川 醇太郎
九州産業大学工学部 正会員 奥園 誠之
同上 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

盛土の安定解析においては、一般的に極限釣合法(限界平衡法)が用いられ、結果を安全率という形で評価し、通常1.1～1.3程度を安全率の目安にしている。地すべりの安定解析におけるすべり面のせん断強さは、現状安全率を1.0前後と仮定してとして滑動力から逆算して求めるのが一般的である。しかし、地すべりブロック上に盛土を緩速施工で行うような場合、盛土荷重によってすべり面の粘土の圧密が進行し、それに伴いせん断強度が増加することが考えられ、現手法では過大設計の可能性がある。このことは、緩速施工において粘土の強度増加を加味した安定解析を行うことで、より経済的な設計へ結び付く可能性がある。本実験では、すべり面粘土に対して上載荷重を増加させながら、せん断試験(応力制御)を行い、せん断強度の変化率(強度増加率)を求め、対策工の設計へ反映させようとするものである。

2. 実験方法

本試験では、実際に地すべりを起こした北海道、四国、佐賀、京都、岐阜、長野の粘性土を850 μ mのふるいで選別し、圧密応力0.05 MPaであらかじめ予圧密した試料を用いた。この試料からリング試験供試体(外径15.0、内径10.0、幅2.5、高さ2.0 cm)で垂直応力0.05、0.1、0.2、0.3、0.4 MPaの各段階で $\sqrt{t}$ 法で t_{90} による一次圧密終了を確認し、圧密が落ち着いてからせん断速度制御による圧密非排水条件下(せん断速度0.1°/min)、圧密排水条件下(せん断速度0.02°/min)でせん断を行った。

3. 実験結果および考察

リングせん断試験結果図- (1) に示すようにせん断速度による排水制御は難しくCU試験、CD試験の結果にあまり差が見られなかった。これは、供試体とリングせん断機との隙間から排水が起こり、CUでも排水状態となったためと思われる。

各サンプルのせん断強さは、図- (2) に示す実線と点線のような傾向が見られた。

図- (2)、図- (3) のように今回の試料の中で残留強度において著しく低下したものとそうでないものとに分かれた。

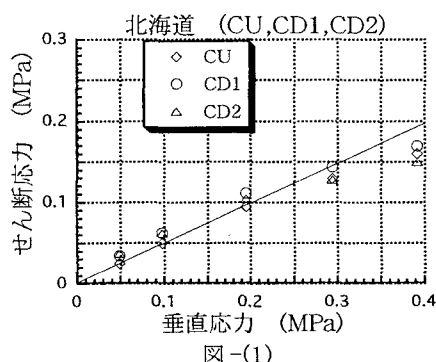


図- (1)

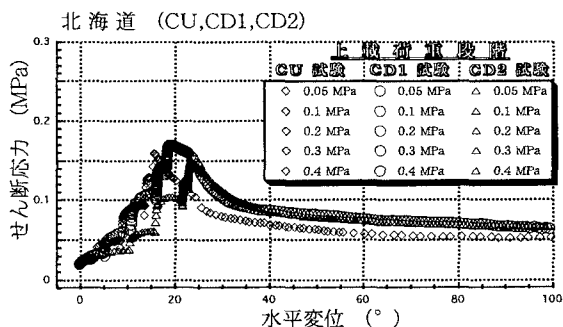


図- (3)

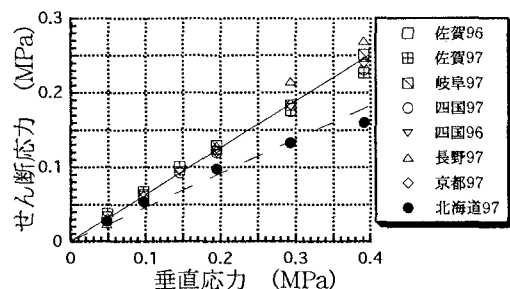


図- (2)

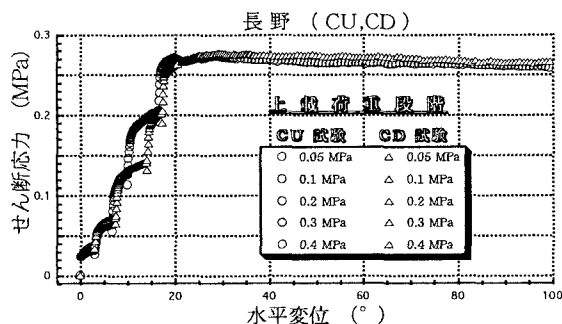


図- (4)

4. 仮想盛土の安定解析と結果

地すべり地盤上の盛土の安定解析のケーススタディーとして図-(5)に示す断面を設定し従来の逆算方式と今回の圧密せん断試験結果方式との比較を行った。計算はまず、盛土前の断面の安全率を1.0と仮定し、式①を使ってすべり面のせん断強さを計算した。この場合、 c 、 ϕ の一次関数となるため c を1.5MPaと仮定し ϕ_1 を逆算した。盛土中の安全率は式②を用いて式①で求めた $\tan \phi_1=0.246$ 、 $c=1.5$ MPaを使用した。次に盛土中の圧密を考慮した安定計算は式③を用いて行った。この場合、盛土領域外の部分は、式①で求めたせん断強さをを用いた。また、盛土施工時は、一段目の盛土の圧密度が70%に達してから二段目の盛土を施工、三段目の盛土施工時点では、一段目、二段目の盛土の圧密度90%、70%、四段目の盛土施工時点では、一段、二段、三段の盛土の圧密度100%、90%、70%にそれぞれ達していると仮定し各段階での安全率を求めた。長野の例を図-(6)に示す。

$$F_{s1} = \frac{\sum \{c \times l_n + (N_n - u_n \cdot d_n) \times \tan \phi_1\}}{\sum T_n} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$F_{s1} = \frac{\sum \{c \times l_n + (N_1 + N_{2-n} - u_n \cdot d_n) \times \tan \phi_1\}}{\sum (T_1 + T_{2-n})} \quad \dots \textcircled{2}$$

$$F_{s2} = \frac{\sum \{c \times l_1 + (N_1 + N_{2-n} - u_1 \cdot d_1) \times \tan \phi_1 + N_{2-n} \times U \times (\tan \phi_2 - \tan \phi_1)\}}{\sum (T_1 + T_{2-n})} \quad \dots \textcircled{3}$$

F_{s1} 従来の求め方による安全率
 F_{s2} 強度増加を考慮した安全率
 d_n スライス幅
 U 圧密度
 c 粘着力
 u_n 水圧
 N_1 盛土領域の抵抗力
 T_1 盛土領域の滑動力
 T_{2-n} 盛土外領域の滑動力
 N_{2-n} 盛土外領域の抵抗力
 $\tan \phi_1$ 逆算による強度増加率
 $\tan \phi_2$ 実験による強度増加率

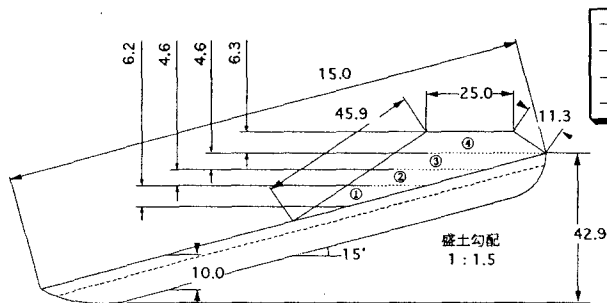


図-(5) 仮想盛土モデル

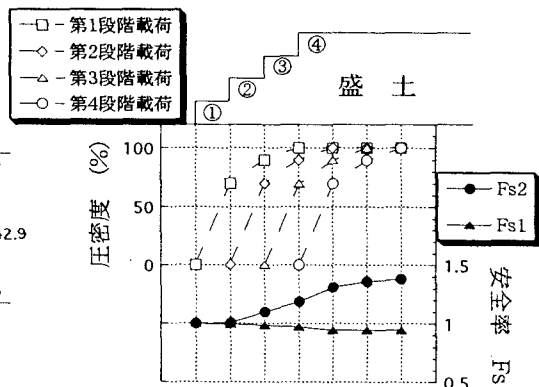


図-(6)

表-(1) 各地域の安全率の計算結果

	$\tan \phi$	第1段階載荷	第2段階載荷	第3段階載荷	第4段階載荷	完成後
逆算	0.246	0.992	0.985	0.969	0.944	0.944
佐賀	0.601	0.988	1.060	1.126	1.224	1.283
四国	0.567	0.979	1.041	1.096	1.185	1.238
京都	0.622	0.993	1.071	1.144	1.248	1.311
岐阜	0.649	1.000	1.086	1.168	1.280	1.347
長野	0.675	1.006	1.101	1.191	1.310	1.382
北海道	0.449	0.950	0.976	0.994	1.048	1.082

上記の方法で逆算による $\tan \phi_1$ 各地域の試料での実験値 $\tan \phi_2$ を用いて安全率を算出してみると、上の表の様な結果が得られた。従来方式による F_{s1} においては、盛土を載荷するにつれて安全率が低下していくため抑止杭などによる対策が必要である。今回の圧密による強度増加を考慮に入れた方式 F_{s2} においては、一段目の盛土した時点では安全率が1.0をわずかに切るの、地下水をうまく排水させ間隙水圧を低下させるなどの対策でよいと思われる。以後は安全率は上昇していくため排水による効果も含めより盛土の安定が見込まれる。

5. まとめ

1. 盛土荷重による圧密強度増加を考慮に入れた安定計算から従来の過大評価を和らげることができる。
2. 今後の課題として現場におけるすべり面粘土の圧密が実際にどのように進行して行くのかを計測確認する必要がある。