

IV-11

砂質盛土の斜面のスベリに関する模型実験

九州大学 工学部

正員 内田 一郎

○正員 福田 高明

神野 典久

原田 幸一

1. まえがき

一般に地表面が水平でないところでは重力の作用により高所より低所へ土を移動させようとする傾向がある。このために生ずる土のせん断応力がその抵抗を越えないうちは斜面は安定を保っているが、ある連続面で応力の超過が生ずるとスベリが発生し、斜面に崩壊が生ずる。このような崩壊を起こす原因としては重力のほか、浸透水による土中の間ゲキ水圧や地震力があげられる。本研究は、間ゲキ水圧に関する項と地震の項を除いて装置の傾きを変えることによって、重力の移動すなわち応力増加を起こさせてノリ面をすべらせ、この破壊スベリ面の形について検討してみた。今回は、実験装置・方法の概要を砂質盛土を用いた場合について報告する。

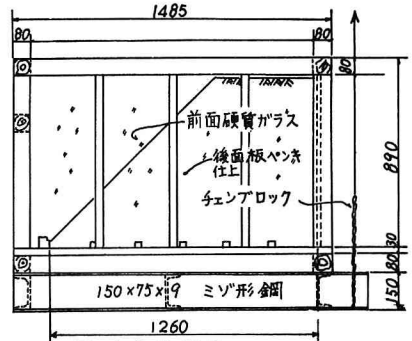


図-1 実験装置

$G_s = 2.681$	$e_{max} = 0.796$
N. P.	$e_{min} = 0.563$
$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.6$	

表-1 志賀島砂の物理的性質

2. 試料と実験装置・方法

この試料の砂は、福岡市近郊の志賀島で採取されたもので、物理的性質は表-1に示す。

実験は二次元的に取扱っているが、装置は図-1に示すように前面ガラス、後面および一側面板はペンキ仕上げにしたものである。壁面の摩擦をなるべく少なくするために、ガラス面および後面のペンキ仕上げ面にパラフィンをぬることにし、“摩擦は余り大なる値にならない”として一応無視した。

底部には、前後の重量の砂が築堤されるので、たわみが生じマスベリに支障をきたさないように150×75×9mmのミゾ形鋼をくんだ。また斜面を傾けた時、底板上で砂がスベリを起こさないために小さな角材をガラスに直角に底板に張った。まえがきで述べたように、装置を傾け重力移動を起こさせるためには量方3

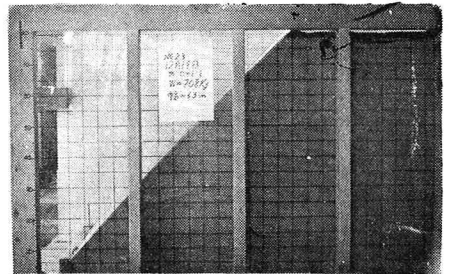


写真-1. 実験前 (乾燥砂盛土で板枠で砂の流れをとめている。)

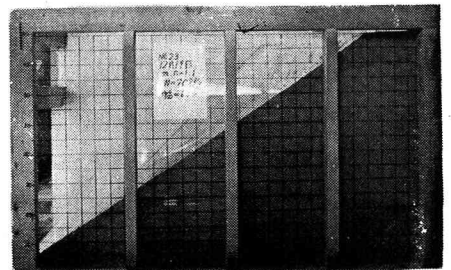


写真-2. 実験後 (乾燥砂が安定した傾斜角(32.5°)で流れが止まった。)

トンのチェーンブロック、キトーマイティM2型を用いた。実験はノリ面の傾斜が1:0.5、1:1.0、1:1.5の堤底長126cm、堤高さ80cmの盛土で行なった。

含水比は使用した砂の量の多い関係もあって、また透水性係数が大きいので、かなりのばらつきがあった。スベリの状況を見るために、前面ガラスに5cm方眼の線を引いた。装置をかたむけ、それがある限界を越えるとスベリの発生が認められるが、このスベリ面に沿って16ヶ所で含水比と間ゲキ比を測定し、60ヶ所でスベリ面の位置を測定した。

また、動きが瞬間であるため、これを8ミリ写真機を用いて記録し一連の砂の動きが見ることが出来た。実験前、実験後の結果を写真-1、2、3、4に示す。

3. 実験状況と結果

セン断が起こつてスベリが終了するまでの時間が、1.5~25秒というわずかな時間であるため、肉眼ではセン断時の状況をつかむのはむづかしく、8ミリの結果では発生したキ裂(局部破壊)がスベリ面(全面破壊)に発達して行く過程がよくわかった。含水比が2.5~5.0%の盛土は、ほとんどセン断抵抗角で支えられている様で20秒前後でスベリが終った。7.5~12.5%では、水の粘性の関係もあり砂の抵抗も着しく大きく、スベリの瞬間にはスベリ面に沿って上部に数cm砂がもち上がりひとかたまりとなってスベリ落ちた。この間、1.5秒前後で終った。また、15%以上の盛土になると、スベリが流動的になり、キ裂がスベリ面に沿って走り、その後、砂が流れ落ちるようにしてくずれ落ちた。

しかし、含水比がいずれの場合も、スベリ面は円弧の形を呈しており、スベリ面に沿って間ゲキ比を測定したが、大体みんな $e=1.0$ あたりで破壊している。これはセン断領域での砂の膨張を示すものと思われる。

この志賀島砂の突圍め試験の結果、最適含水比は14~15.5%である。土のセン断抵抗は、一般に最適含水比より数パーセント低い所が、大きいといわれるが、この傾向は図-2で示されている。また砂の強度については、全体の傾向が図-3の初期間ゲキ

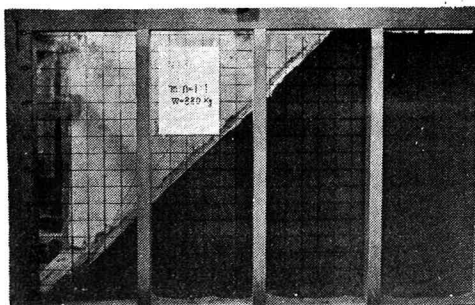


写真-3. 実験前

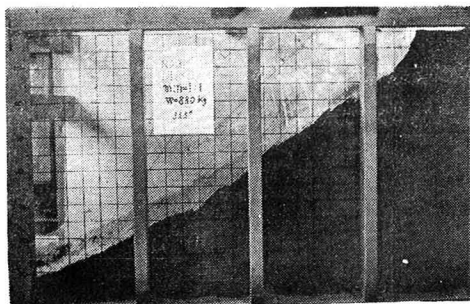


写真-4. 実験後 (結果は表-2のNo.31に示す)

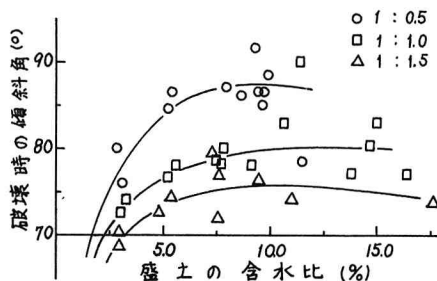


図-2 含水比と破壊時の傾斜角の関係

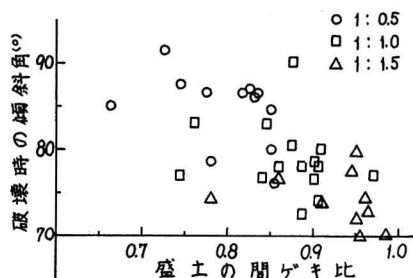


図-3 間ゲキ比と破壊時の傾斜角の関係

比と破壊時の傾斜角の関係で示される。

4. 安定計算

砂のような、非粘性の材料からなる斜面の安定性はそのこう配だけで定まるものとされている。含水比、粒子の形状の違いなども関係するとして、ある程度の粘着力を考え、計算式は、一般に用いられる分割法の計算のうちで、次式の簡便法を使用した。

$$F_s = \frac{\tan \phi' \sum W (\cos \theta - U) + C' L}{\sum W \sin \theta}$$

不飽和砂盛土であり、降雨などの操作をしなかったで、間ゲキ水圧の項を無視した。セン断抵抗角 ϕ' 、見かけの粘着力 C' は三軸圧縮試験（排水試験）の結果を用いた。かなりのばらつきがあり、 $\phi' = 32^\circ$ 、 $C' = 1$ ㎏/㎡で計算すると破壊時の安全率 $F_s = 9.58$ になる場合もある。そこで、破壊時の安全率を $F_s = 1$ とおき、 ϕ' は $w = 5, 10, 15\%$ の結果がほとんど一致しているので、表-2 に示すような値を採用して、次式より C' を求めた結果を示したものが表-2 の C' である。

$$C' = \frac{F_s \times \sum W \sin \theta - \tan \phi' \sum W \cos \theta}{L}$$

以後のスベリ面については、上記の要領で ϕ' 、 C' を求め安全率を計算した。その一例を図-5～8 に示すが、図-5、7 は斜面を傾ける前の盛土の安全率最少のスベリ面と破壊時のスベリ面の位置を、図-6、8 は斜面を傾けて破壊した時の安全率最少のスベリ面と実際のスベリ面の位置を示す。また、安全率が1である時のセン断抵抗角と粘着力の関係は、図-4 に示す。

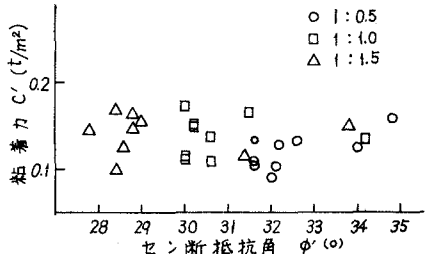


図-4 安全率が1であるセン断抵抗角と粘着力との関係

No.	勾配	含水比 w (%)	見かけの密度 γ_a (t/m³)	乾燥密度 γ_d (t/m³)	全体の間隙比 e	飽和度 Sr (%)	破壊時の 傾斜角 (°)	セン断抵抗角 ϕ' (°)	見かけの粘着力 C' (t/m²)	スベリ面での 間ゲキ比 e'
40	1:0.5	3.10	1.49	1.45	0.852	9.80	76.0	31.6	0.11	1.05
36	"	5.19	1.52	1.45	0.850	16.4	84.5	31.6	0.13	1.03
3	"	7.80	1.58	1.46	0.836	25.0	87.0	32.0	0.09	0.99
27	"	9.74	1.61	1.46	0.834	31.3	86.5	32.1	0.10	0.98
39	1:1.0	3.05	1.47	1.42	0.885	9.20	72.5	30.6	0.11	1.07
34	"	5.61	1.52	1.44	0.857	17.6	78.0	31.5	0.17	1.00
31	"	7.51	1.52	1.41	0.900	22.4	78.5	30.2	0.15	1.07
8	"	10.57	1.69	1.52	0.761	37.2	83.0	34.4	0.13	0.96
42	1:1.5	2.99	1.41	1.37	0.954	8.40	69.7	28.6	0.13	0.96
35	"	5.38	1.44	1.37	0.960	15.0	74.2	28.4	0.17	1.00
4	"	7.62	1.49	1.38	0.943	21.7	77.2	29.0	0.15	1.00
2	"	9.39	1.57	1.44	0.858	29.3	76.7	31.4	0.12	1.01

表-2. 実験結果一覧表 44回の実験結果から各含水比について一例ずつ記載する。

図-5

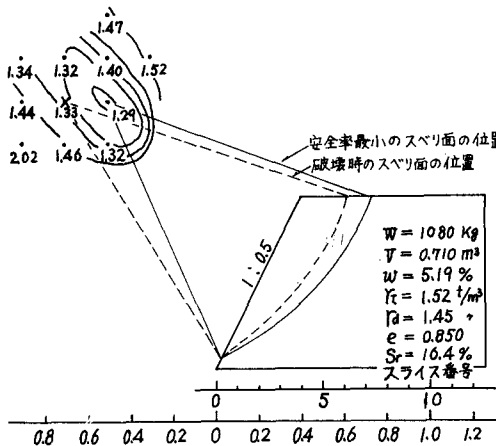


図-7

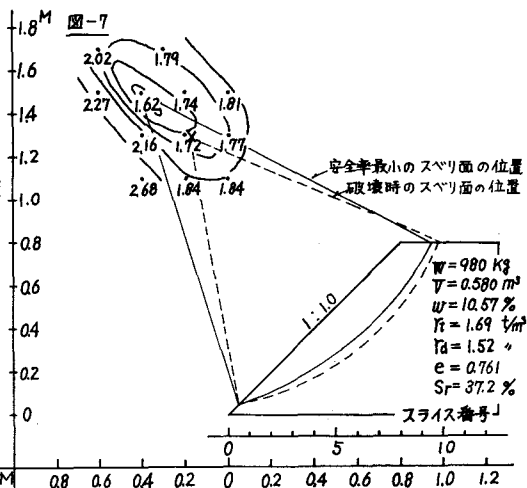


図-6

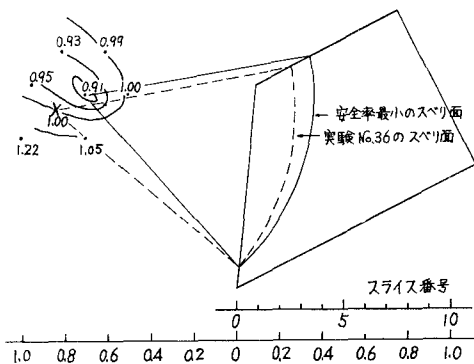


図-8

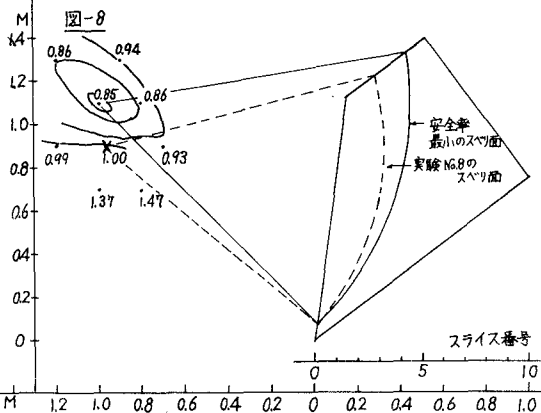


図-5, 6 実験 No.36 の安全率とスベリ面

図-7, 8 実験 No.8 の安全率とスベリ面

5. 考察

理論式による安全率と、実験結果による安全率とが一致しなければならないのであるが、この誤差は、2. 実験装置と方法で述べた壁面の摩擦を無視したことによる無理があったのではないだろうか、

すなわち、図-5、7の実線は、計算上安全率最少の位置を示し、したがってこの面でスベリが生じなければならないのに、図-6、8の破線の部分でスベリが生じた。

この摩擦の項については今後の検討に待りたい。また装置について、傾斜角の移動を行なうのが、手動であるため、セン断ヒズミ速度を一定に保つのがむづかしく全体のばらつきに影響しているようだ。