

III-235 低応力一面せん断試験結果を用いた模型斜面の安定計算

㈱建設企画コンサルタント
関西電力㈱
摂南大学

正員 鳥居 剛
正員 中村 博久
正員 三笠 正人

1. まえがき 斜面の安定性とその崩壊挙動を検討するために大型土槽を用いた斜面傾斜崩壊実験を実施してきた。実験の一部はすでに報告しているが、模型斜面が低応力状態であるために通常のせん断試験による強度定数を用いた安定計算では模型斜面の崩壊を十分説明できず、前報告では逆算 $c - \phi$ を求めるにとどまった。今回、簡易な一面せん断試験装置を試作し、模型斜面と同程度の低応力条件でせん断強度定数を求め、安定計算を行ったところ良い結果を得たのでここに報告するものである。

2. 試験装置 試作した試験装置は図-1に示すとおりで、供試体寸法を $15\text{cm} \times 21\text{cm} \times 10\text{cm}$ と大きくし、垂直荷重は錘りによる直接載荷とし、上下せん断箱にわずかの隙間 (3 mm) を与え、せん断中のせん断箱の上下の移動は拘束せず機械的な摩擦を極力避けた。水平荷重はひずみ制御方式とし、錘りをのせた載荷板が定速で下がるよう軸圧縮試験機を改造し、ワイヤーで上側せん断箱を引く構造とした。せん断応力はワイヤーに取りつけたロードセルで測定し、ロードセル自身の重さに等しいカウンターウェイトを反対側につけた。水平変位と垂直変位はひずみゲージ式変位計を用いて電氣的に測定した。垂直変位についてはせん断中のせん断箱の傾きがわかるようにせん断箱の前後二箇所で測定した。

3. 試料と試験方法 試験試料は斜面実験に用いた愛知（えち）川（滋賀県）産川砂で、粒度特性は図-2に示すとおりである。試験条件は表-1に示すとおりで、供試体の密度および含水量は斜面実験と同じ $\rho_a = 1.51\text{g/cm}^3$ 、 $w = 5.3\%$ である。供試体の作成は斜面模型と同様に数層に分け板で叩く方法を取り、密度、含水量だけでなく構造もほぼ同一になるようにした。垂直応力は模型斜面のすべり面上の垂直応力が最大 50gf/cm^2 であったので $10 \sim 50\text{gf/cm}^2$ の範囲とした。表-1には本装置を試作する以前に通常の試験装置を用いて実施したせん断試験4種の条件と得られた強度定数も示した。

表-1 せん断試験条件と強度定数

試験の種類	垂直応力・拘束応力の範囲 σ kgf/cm ²	最大粒径 D_{max} mm	含水量 w %	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	供試体寸法 c m	排水条件	載荷速度 /min	強度定数	
								c gf/cm ²	ϕ 度
① 簡易一面（試作）	0.01 ~ 0.05	9.52	5.3	1.51	W=15 L=21 h=10		0.8 mm	9.3	34.6
② 改良型一面	0.05 ~ 0.3	2.0	4	1.51	$\phi=6$ h=2	CD	1 mm	48	49.0
③ 改良型一面	0.3 ~ 3.0		5.3	1.51			0.5 mm	70	42.3
④ 低応力三軸	0.03 ~ 0.12	4.76	5.3	1.51	$\phi=5$ h=12.5		0.5 %	15	40.0
⑤ 三軸	1.0 ~ 4.0						0.5 %	80	33.3

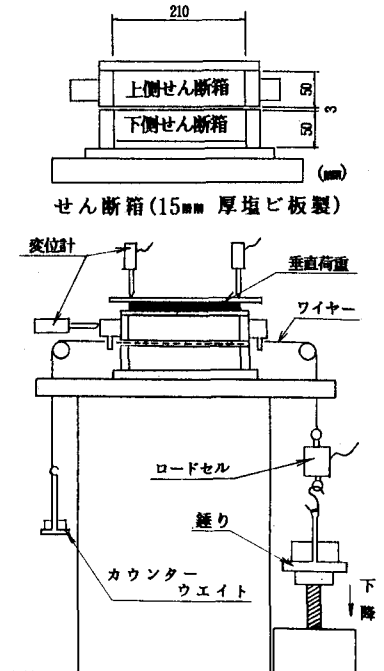


図-1 試験装置

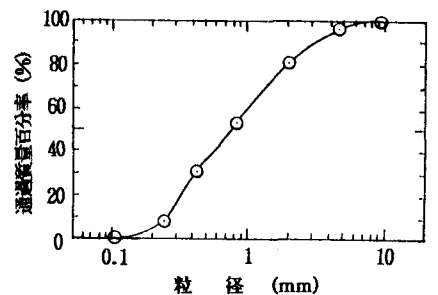


図-2 実験砂の粒度分布

4. 試験結果 図-3は得られた $\tau_f - \sigma$ 関係である。試験は同一の σ について2度行ったがデータのばらつきは少ない。強度定数は $c = 9.3\text{gf/cm}^2$ 、 $\phi = 34.6^\circ$ である。図-4は表-1に示す各試験の $\tau_f - \sigma$ 関

係を、その試験を行った応力の範囲で示したもので、今回の試験が非常に低応力であること、通常の応力範囲の試験結果から低応力時の強度を推定すると誤差が入り易いことがわかる。

5. 安定計算 斜面傾斜崩壊実験は表-2に示すように斜面勾配、天端長D、等を変えて15ケース実施している。実験は斜面を作成した土槽全体を傾斜し崩壊させるものである。実験装置、実験方法については文献1)を参照されたい。図-5は実験結果の一例（ケース1）を示したものである。各ケースの崩壊すべり面に沿う円弧について、試作した試験機による強度定数と表-1中⑤の三軸試験による強度定数を用いて簡便分割法による安定計算を行った結果は表-2に示すとおりで、前者を用いた場合の安全率はおおむね0.8～0.9であるのに対して、後者を用いた場合の安全率は3程度と非常に大きい。この差は明らかに粘着力cの違いによるものである。

試作機による強度を用いた場合の安全率はほとんどが1よりも低いが、これについては簡便分割法と改良限界釣合法による安全率を比較した望月らの計算例³⁾によると、簡便分割法による安全率はより精度の高い改良限界釣合法によるものの87%程度になっている。その計算例はすべり面の形状などが今回の実験と似ているので、この比率で補正してみると安全率は表-2に示すようにおおむね1程度となり、模型斜面の崩壊を良く説明している。

6. おわりに 不飽和砂を用いた模型斜面の安定性の検討には模型の応力に見合う低応力下の強度定数、特に粘着力を精度良く推定することが何よりも重要となる。低応力下の強度は試作した簡易な装置で十分精度良く求めることができたと考えている。なお、摂南大学生、菊川隆幸、長尾浩嗣君には卒業研究として多大の協力を得たことを記し感謝の意を表する。

（参考文献）

- 1) 大萩他：模型実験による斜面安定に関する一検討，第17回土質工学研究発表会，pp.1073-1076.
- 2) 本郷他：模型実験による斜面安定に関する一検討（第二報），第18回土質工学研究発表会，pp.1289-1290.
- 3) 望月他：2つの斜面安定計算法の提案，土木学会論文集，No.370，Ⅲ-5，pp.261-270,1986.6

表-2 斜面実験条件と安全率

ケース	斜面形状*					崩壊		安全率		
	勾配 α	D m	B m	H m	Hb m	傾斜角 θ 度	深度 d m	c=9.3gf/cm ² $\phi=34.6^\circ$	c=80gf/cm ² $\phi=33.3^\circ$	補正後
6	1:1.0	1	2	1.5	0.2	23.8	0.60	0.681	2.378	0.768
8		1	2	1.5	0.5	25.1	0.34	0.725	3.816	0.818
9		2	2	1.5	0.2	16.1	0.29	0.915	4.601	1.032
7	1:1.2	1	2	1.73	0.2	22.7	0.53	0.781	3.594	0.881
12		2	2	1.5	0.2	18.4	0.28	1.145	6.412	1.292
1	1:1.5	1	3	1.5	0.2	24.2	0.48	0.808	2.997	0.912
2		1	3	1.5	0.5	22.9	0.48	0.844	2.698	0.952
3		1	3	1.5	0.5	29.1	0.52	0.707	2.442	0.798
4		1	3	1.5	0.5	20.0	0.56	0.888	2.944	1.002
5		1	2	1.5	0.5	21.7	0.56	0.847	2.706	0.956
11		2	2	1.5	0.2	18.7	0.57	0.922	3.214	1.040
14		2	2	2.0	0.2	20.0	0.44	0.873	3.279	0.985
15		2	2	1.5	0.2	21.5	0.39	0.892	3.558	1.006
13		3	2	1.5	0.2	25.1	0.40	0.810	3.283	0.914
10		1:1.8	2	2	1.5	23.3	0.50	0.954	3.816	1.076

* D:天端長, B:斜面幅, H:斜面高, Hb:基盤厚 ** dは斜面表面からの最大値

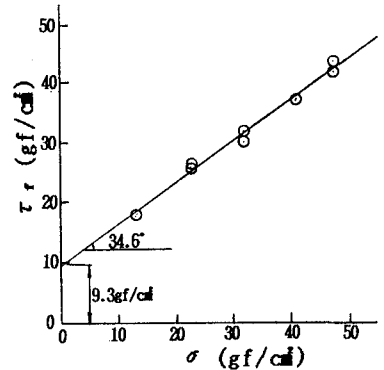


図-3 $\tau_r - \sigma$ 関係

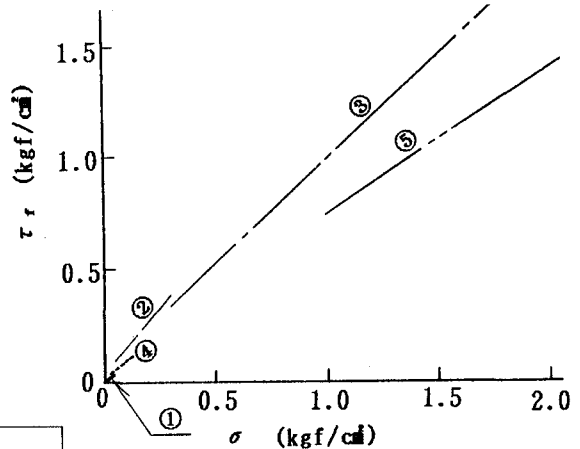


図-4 各せん断試験の $\tau_r - \sigma$ 関係

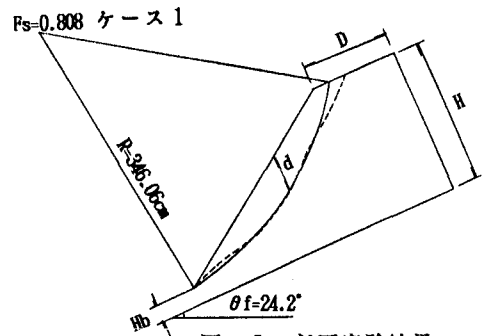


図-5 斜面実験結果