

III-62 ロックフィルタムの安定性に関する模型実験

— セン断試験結果との関連について —

大阪市立大学 正員 三笠正人

同 同 高田直俊

同 同 〇望月秋利

1. 概要

我々の研究室ではここ数年、直心力装置を用いてロックフィルタムの安定性に関する模型実験を行ない、これまで扱ったロック材については三軸試験から求めた中と限界斜面角 ϕ_{cr} （後述する）とほぼ等しく、また斜面の破壊は表層の残ひ所で起こることを報告した。^(1,2,3)

今回は材料の粒度範囲を広げて4種類を選び、セン断試験結果と限界斜面角 ϕ_{cr} との関連を中心に実験的に検討し、この関係が材料の粒度によって影響を受けるという結果を得た。そこでさらに重力場の斜面安定実験を行ないこの点を検討した。

2. 試料について

(1)試料 直心力模型実験に用いた試料はち密な砂岩を砕いたもので、次の4種類である。

Cグループ材料	C ₁	粒径 2.0 ~ 4.8 mm
	C ₂	C ₁ 材料に岩粉 20% を混入
Dグループ材料	D ₁	粒径 0.15 ~ 4.8 mm
	D ₂	D ₁ 材料に岩粉 20% を混入

岩粉は 0.15 mm 以下の粒径のものを水洗⁽⁴⁾して用いた。またこのような中材料では、粒子形状が力学性奥に与える影響が大きいと考えられるので材料を次のように調整した。まず網ふる⁽⁴⁾と長目ふる^(4,5,6)を用いて、各粒径の材料を偏平の度合（偏平の程度 0, I, II, …）に分ける。この材料のうち偏平の程度 0 材と I 材と 50% づ

つ混ぜ合せたものと、さらに所定の粒度分布が得られるように粒径について混合する。粒子形状をこのように選んだのは、現在建設中の下小島ダム（富山県）でベンチ破砕試験が行なわれた際、粒子形状について測定した結果に合わせたものである。

次に重力場での実験に用いた材料は、C₁材料に近い粒度分布を持つ砂岩の碎石 F 試料と豊浦標準砂の2種類である。各試料の粒度分布曲線を図-1に示す。

(2)供試体密度 セン断試験、模型斜面供試体の初期密度は、直径 7.5 cm のモールドに 675 g の乾燥試料を入れ、その上に荷重（2065 g, 46.8 g/cm²）を載せ、全体と 1 cm の高さから 60 回落下させた時に得られる値とした。⁽⁵⁾ この値の相対密度は 80% 前後で、「やや締まった状態」である。表-2 に各材料の供試体初期密度を示す。

(3)セン断試験結果 セン断試験は三軸圧縮試験機を用いて圧密排水試験を行なった。試験条件を表-1

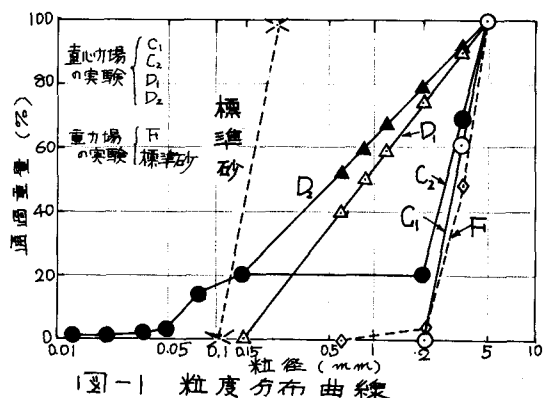


表-1 セン断試験条件

供試体寸法: 直径7cm, 高さ14cm
含水比: 乾燥状態で供試体作成後、飽和状態とする。
側圧: 10, 20, 40 % σ_3
せん断速度: 応力増加速度 2.3 %/min
ヒズミ増加速度 0.1 %/min

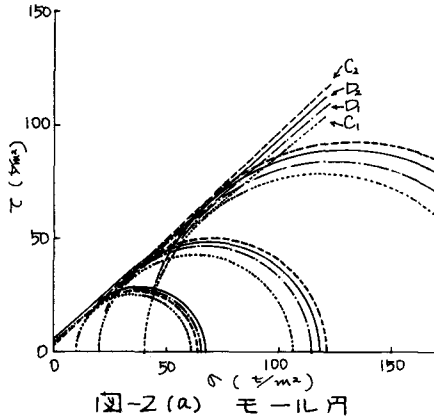


図-2 (a) モー儿円

に示す。試験結果は図-2 (a) にて σ , (b) に応力, 体積変化・ヒズミの関係を、表-2 に供試体初期密度と C , ϕ , 変形係数 E_{50} ($\sigma = 40$ % σ_3 の結果について) を示す。

3. 直心力場での実験

(1) 実験装置と方法 直心力斜面安定実験装置は既報

に示す。長さ50cm, 巾15cm, 高さ30cmの供試体容器を半径1mの回転棒の先に取りつけて回転させ、供試体を直心力場に置くものである。またこの装置は回転軸上に置いたモーターで2本の回転棒を平行にすらし、震度係数による地震力に相当する±0.3までのこう配に供試体を傾けることができる。実験中の観測はストロボを回転と同調発光させ、視察および写真撮影で行なう。

供試体の斜面こう配は1:1.5で寸法を図-3に示す。ノリ

面に対数ラセンを用いて、直心力の方向に対して常に1:1.5のこう配を保つようにした。試料を含水比2%に調整し、供試体がせん断試験と同じ密度になるよう鋼固め板と木づちを用いて作成する。次に供試体容器に静かに水を入れ、試料を飽和させ、所定の直心加速度場（今回は150gと50gの2種の加速度で実験を行なった。g: 重力加速度）に置き、震度0.02ずつ傾斜させ破壊に至らしめる。

(2) 結果 図-4に境界斜面角 ϕ_{cr} と各材料の ϕ の値を50%径の大ききの順に並べて示す。境界斜面

表-2 供試体初期密度とせん断試験結果

材料	γ_s ^{*1}	γ_d	C	ϕ	E_{50}
直心力場へ					
実験材料	C ₁	0.583 1.573	4.5	38°10'	246
	C ₂	0.646 1.881	2	42°0'	397
	D ₁	0.663 1.789	4	40°30'	403
	D ₂	0.690 1.861	6	41°10'	408
重力場の	H	0.538 1.472	4.5	35°30'	155
実験材料	標準砂	0.555 ^{*2} 1.472	—	—	—

*1 γ_s : 密度率(三定定義より) $\gamma_s = \frac{V_s}{V}$, V : 土の体積
 V_s : 土粒子の体積

*2 標準砂は供試体を作りやすい密度を定めた。

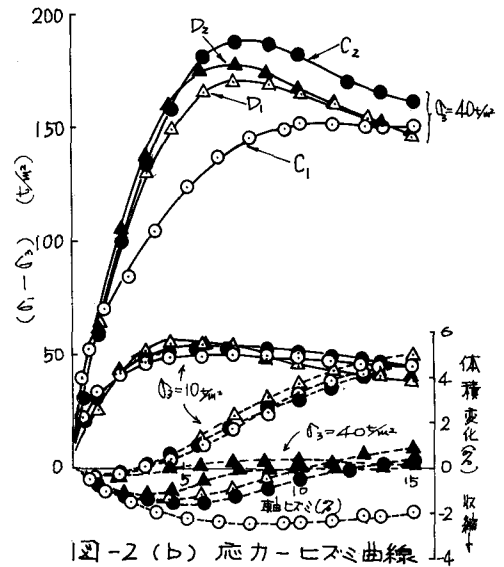


図-2 (b) 応力-ヒズミ曲線

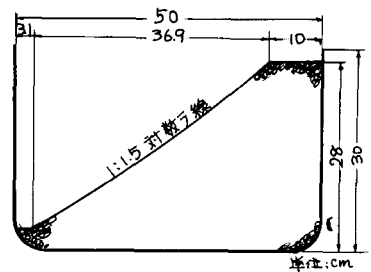


図-3 供試体寸法

角とは斜面の傾斜角に、破壊までに傾斜しての角度を加えたもの、つまり破壊時に斜面が水平面と成す角度である。以下実験結果を箇条書きにして示す。

①斜面の変形、破壊の形状について

150gにおける自重による天端の沈下は1%程度(タイルゲージで測定)で、破壊に至るまでの斜面の変形は視察、写真観察によっても認められなかった。破壊の形式はハブルの場合も浅い表層のすべりであったが、Dグループ試料は図-5(a)に示すように薄くはげるようにしてすべり落ちるのに対して、Cグループ試料は同図(b)のように斜面のかなりの長さまで渡って一度にすべり落ちる傾向にある。(写真-1はC₂材料の破壊後の状況を示す。)

②限界斜面角について

三軸試験で求めた ϕ と限界斜面角とは図-4に見るように今回実験を行なった材料については必ずしも一致してゐるとはいえない。すなわち限界斜面角は粒径の大きな材料の方が明らかに大きくなっているが、 ϕ の値は一定の傾向は見られず、C₁材料ではむしろ逆に低下している。なお三軸試験で求めたC(表-2)の値と限界斜面角との相関性もあまりないようである。限界斜面角は材料のせん断特性のみによつてまらず、斜面長さに対する粒子の大きさにも関係があるとも解釈される。

上記の実験結果を別な角度から検討するため、さらに次に示す。重力場の実験を行なった。

4. 重力場での実験

同じ材料に対して、供試体の大きさを変えた安息角試験と斜面傾斜実験を行ない、(粒子の大きさ)/(斜面長さ)の比が安定性に及ぼす影響を調べた。用いた材料はF材料(砂岩の碎石)と豊浦標準砂(斜面傾斜実験のみ)の2種類である。

①安息角試験(方法と結果) F材料について、直径4.2, 6, 10, 14.8 cmの4種類の円板を用いて実験を行なった。方法は図-6に示すように砂をゆるく積みあげ、円板全体を覆ってしまつた後にそれを周りに静かに取り除き、円板上に残った試料の高さを測定し安息角を求めた。結果を図-7に示す。

明らかに円板の直径が大きくなるに従つて安息角は小さくなる傾向がある。

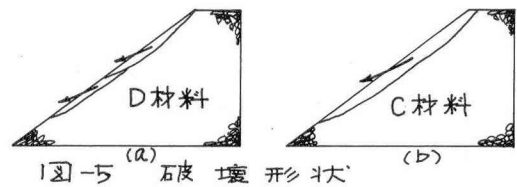
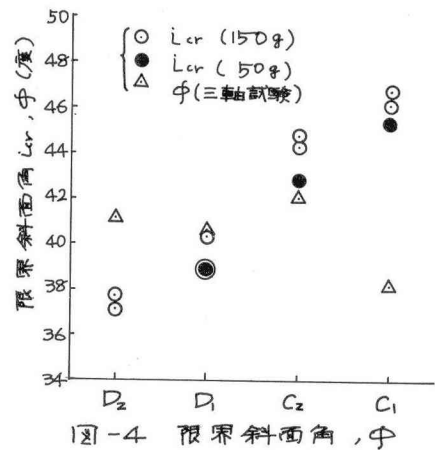


写真-1 C₂材料の破壊後の状況

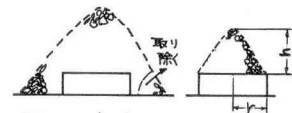


図-6 安息角測定法

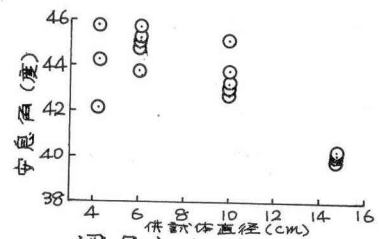


図-7 安息角試験

②斜面傾斜実験 121-8 に示す

種類の大きい斜面（大型、中型、小型）について実験を行なった。

（試料は乾燥状態）供試体の密度は表-2に示すとうりである。

121-9 に実験結果を示す。

両材料とも安息角同様供試体の小さい方が限界斜面角は大きい。

この傾向は粒径の大きいF材料の方が著しく、また限界斜面角も大きい。このことを前節の結果②と共に考え合せると、粒子の大きさと斜面の高さの比が限界斜面角に影響を与えることを示唆している。

斜面の破壊の様子は、供試体が傾斜するに従って、表面にある粒子のいくつかが不安定な状態になってこがり始めると、これが引金となって全面的なすべりに発展した。なお斜面内部の粒子の移動はほとんど認められなかった。（写真-2はF材料の斜面の破壊状況を示す。）

う. まとめ

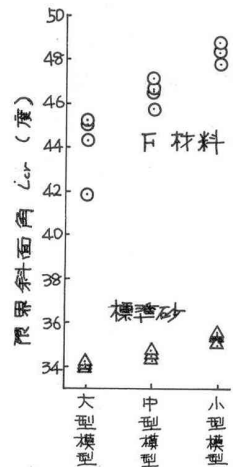
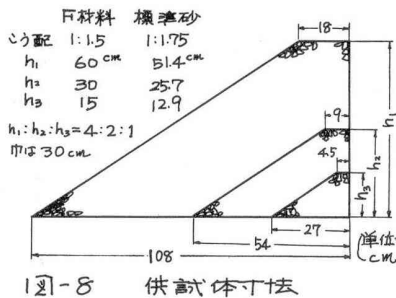
以上の遠心力場、重力場の実験結果を合せると、粗粒度材料から成る斜面の限界斜面角は（粒子の大きさ）/（斜面長さ）の比が大きくなるほど安定性は増す傾向にあり、一方三軸試験では粒子の大きさの影響は必ずしも明らかでない。したがって今までのように、この種の中材料の安定性問題にせん断試験結果をそのまま適用することは適当ではなく、現時点ではできるだけ相似の条件で（材料、応力とも）モデルテストを行なうことが望ましい。

謝 辞

最後にこの実験に協力してくれた岡崎（研究員）、並江（大林K.K）両君に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三笠, 山田, 高田: 遠心力を利用した斜面安定実験 (オ1報) オ2回 土質工学研究委員会 1967
- 2) 三笠, 高田, 山田: 遠心力を利用した斜面安定実験 (オ3報) 土木学会 オ23回 年次学術講演会講演集 1968
- 3) Mikasa, Takada, Yamada: Centrifugal Model Test of a Rockfill dam Proc. 7th. I.C.S.M.F.E. 1969
- 4) 三笠, 高田, 望月: 土粒子形状の一試験法 土木学会 オ24回 年次学術講演会講演集 1969
- 5) 三笠, 高田, 望月: 土粒子形状が力学特性に及ぼす影響について 土木学会 オ25回 年次学術講演会講演集 1970
- 6) 三笠, 高田, 望月: 粒子形状の表現法と試験法について オ6回 土質工学研究委員会 1971



121-9 斜面傾斜実験

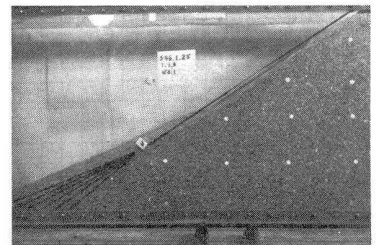


写真-2 斜面の破壊状況 (F材料)