

建設省土木研究所

〇正 館山 悟

同 上

正 佐々木 康

同 上

正 松尾 修

1. まえがき

南九州における河川堤防の中にはシラスを築堤材料として用いているものが多く、1968年えびの地震における被災事例などから考えてもシラス堤防の耐震性について検討する必要があるため模型振動実験、室内土質試験、安定解析等を実施した。

2. 研究目的

今回の研究においては以下に示す項目について検討を加える。

- ①シラス堤防の含水条件による耐震強度の相違、②シラス堤防と他の土質材料を用いた堤防との耐震強度の相違、③シラス堤防の法勾配による耐震強度の相違、④シラス堤防の地震時安定解析法としての震度法を用いた円弧すべり安定計算法の適用性。

表-1 物理特性

	シラス	浅間山砂	砂礫
Gs	2.288	2.698	—
D ₅₀ (mm)	0.220	0.300	2.40
U _c	4.08	2.53	17.5
e _{max}	1.869	1.049	—
e _{min}	1.100	0.647	—

3. 研究方法

実験に用いた材料は鹿児島県えびの市柳水流産のシラス、千葉県浅間山産の砂、および茨城県桜川旧河床産の砂礫であり、主な特性を表-1、図-1に示す。シラス材料の強度特性を知るために含水比と変化させた供試体について静的三軸圧縮試験、飽和供試体について静的・動的三軸圧縮試験を行なった。また、上記三種類の材料を用いて表-2に示すような模型振動実験を行なった。模型は幅々m×高さ2m×奥行1mの土槽内に地盤厚1m、堤防高0.8mの半断面模型として足踏みにより締め固めて作成した。加振はそれぞれ共振実験、破壊実験の2段階に分けて行ない、破壊実験は加振周波数：5Hz、加振時間：20secの正弦波加速度入力にて実施した。安定解析には水平震度を考慮した円弧すべり安定計算のプログラムSKOPEを用いた。

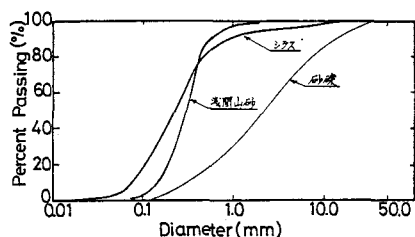


図-1 粒径加積曲線

4. 研究結果

シラスの三軸圧縮強度は一般に含水比が高くなるほど低下することが確かめられ、強度定数は飽和供試体について $C \approx 0.12 \text{ kg/cm}^2$ 、飽和供試体については $C \approx 0$ 、 ϕ については図-2のように得られた。また、シラスの液状化強度は相対密度が高いほど高くなること、初期せん断力が大きいほど低くなること、そして、図-3に示すように豊浦標準砂に比べて小さいことがわかった。つぎに、共振実験の結果については全ケースについて1次共振点は22~25Hzに存在し、加速度増幅率は堤防天端ほど大きく、飽和地盤表面でも大きくなることが確かめられた。

表-2 模型振動実験一覧表

実験ケース	実験材料	法勾配	含水比 w (%)	飽和密度 ρ_a (g/cm ³)	相対密度 Dr (%)	液状化度 Lr (%)	加振 加速度範囲 (gal)
実験-1	シラス	1:2	15.8	0.87	33.2	80.4	100~600
2	・	・	23.5	0.87	29.6	79.5	150~600
3	・	・	35.2	0.91	44.5	83.1	100~600
4 ^{*)}	・	・	24.9	0.88	36.0	81.0	100~150
5 ^{*)}	・	・	36.6	0.94	54.4	85.8	100~200
6 ^{*)}	・	1:1	37.9	0.92	48.1	84.2	100~150
7 ^{*)}	浅間山砂	1:2	15.0	1.54	74.9	94.2	100~250
8 ^{*)}	浅間山砂 砂礫	・	8.6 13.8	1.84 1.97	66.7 43.6	— 86.0	100~125

*) 大々し、実験4~8は地震計が取り付けられている。

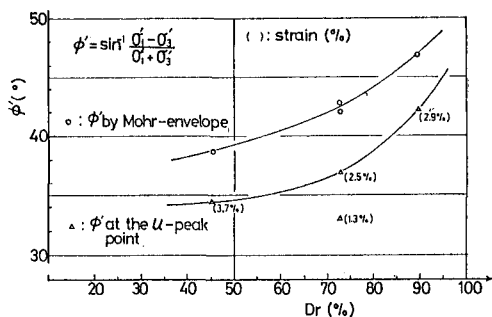


図-2 シラスのDrとφ'の関係

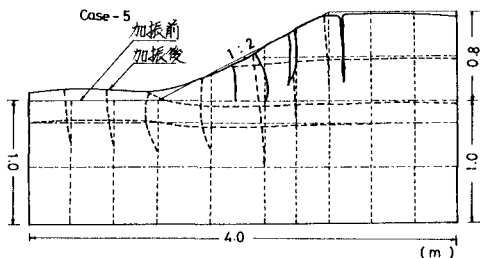


図-4 破壊形態図

不飽和供試体を用いた実験1～3の破壊実験ではいずれも耐震強度は大きく600gal加振で法面にわずかなクラックが入る程度で、含水比による違いはあまり認められなかった。また、飽和地盤をもつケースでは図-4に例示したように125～150gal加振で破壊が生じた。そして、このときの過剰間隙水圧分布と図-5に示すが、これを見ると法底部はほぼ液状化していることが認められ、図-4に示す破壊には飽和地盤の液状化が大きく影響していることがわかる。また、図-4の破壊形態はほぼ円弧すべりに近い。つぎに、1割勾配のケースでは破壊加速度は100～125gal程度で、破壊は最初に法尻に局部的に生じ、次第に法面上部に進行していった。また、浅間山砂、砂礫を用いた実験7、8では破壊加速度はそれぞれ200gal、125gal程度であり、

少なくともシラスは浅間山砂に比べて耐震強度は低いことがわかった。飽和地盤をもつ全ケースについて破壊には地震入力による過剰間隙水圧の上昇が大きく寄与していることが確かめられた。

最後に、震度法を用いた円弧すべり安定計算結果によると、すべて破壊を生じるかった実験1～3については実際に加振した600galまでは安全率 $F_s \geq 1$ となることが確かめられた。また、飽和地盤をもつ全ケースについて過剰間隙水圧の影響を見ると、図-6に例示したように加振時間とともに F_s は低下していき、間隙水圧がある値まで上昇したときに F_s は1を切っていることがわかる。

5. まとめ

以上を簡単にまとめると、シラス堤防の耐震強度は他の土質材料を用いた堤防より低く、地盤が飽和すると液状化現象を伴って極端に低下すること、堤防法勾配はゆるいほど安定であること、また震度法を用いた円弧すべり安定計算法の適用可能性は大きいことが確かめられた。

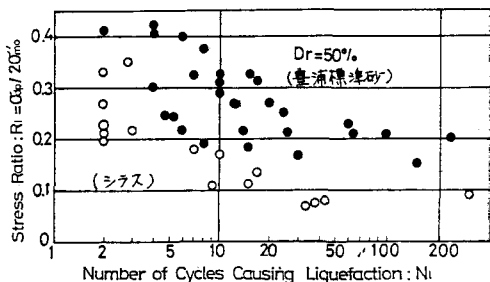


図-3 シラスの液状化強度

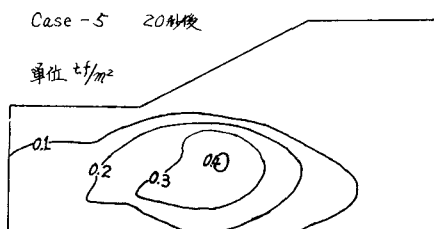


図-5 過剰間隙水圧分布図

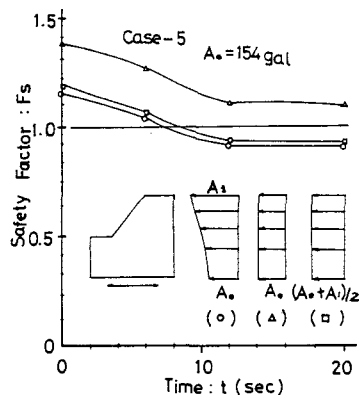


図-6 安定計算結果