III－3

シラスの盛土工法について

九州大学工学部　正員　山内　豊聡
同　大学院　学生員　中村　総
同　学生員　○豊福　茂隆

1まえがき

シラスによる盛土の問題は地震時を区別すれば、豪雨時に著しくガリ侵食されやすいことが大きな問題で、昭和44年6~7月豪雨災害でもそのケースが多かった。そこでその対策として考えたのは、3%程度の貧配合のソイルセメント層と、セメントを加えないそのままのシラス層を水平状態に交互に打上げていく工法である。シラスによるソイルセメントは、他の安定処理に比べて著しく効率が良い事が分っている。この報告では、室内で1/30の大きさの模型を設け、これに人工降雨を加え、その侵食防止効果を確認するとともに、土中水理学的にいくらかの考察を加えた。

2試料と試験装置

試験に使用したシラスは鹿児島市付近で採取した2mmフルイ通過のものであり、ソイルセメントのためのセメントはB種高炉セメントである。シラスによるソイルセメントでは高炉セメントが経済的である。降雨発生装置は図-1に示すように、径16mm長さ110cmの塩化ビニールパイプに径0.6mmの穴を10cm間隔にあけたものを10cmおきに6本を並列につなぎ、試験槽の床から5mの高さに置いて、パイプから下20cmのところに網目4mm太さ0.4mmさらにパイプの下50cmのところに網目15mm太さ0.9mmのビニールの網を張ったものである。上段の網では、網目に水が溜って大きすぎる雨滴にならないように、上下に3cmの間隔をおいて横糸と縦糸を張った。このパイプから常にcmの水頭を保持するように溢流させて、水位を一定に保った水槽から水を送って降雨とした。上段の網を通過したものは粒径0.7~2.0mmの粒の

試料	比重	最適含水比(%)	最大乾燥密度(g/cm³)	透水係数(cm/sec)
シラス	2.40	24	1.33	7.5×10^{-4}
3% ソイルセメント		30	1.74	

表-1 シラスおよびソイルセメントの物理的性質

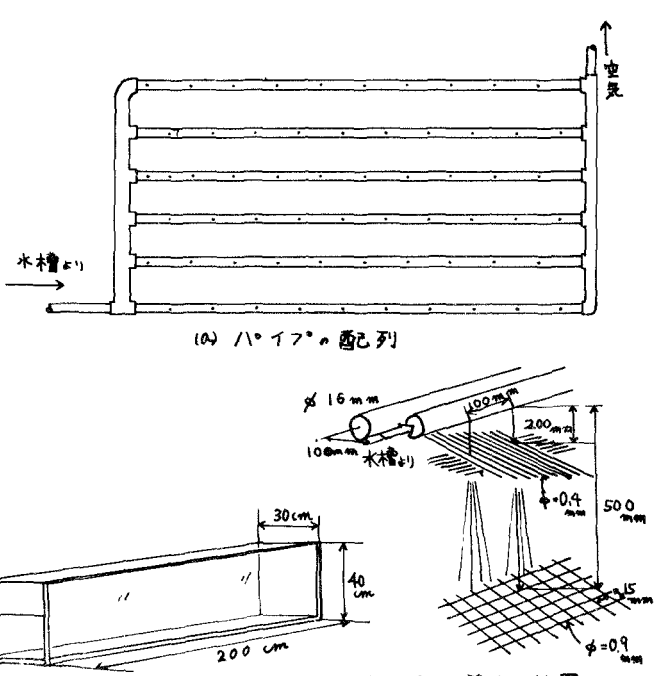


図-1 降雨発生装置および試験槽

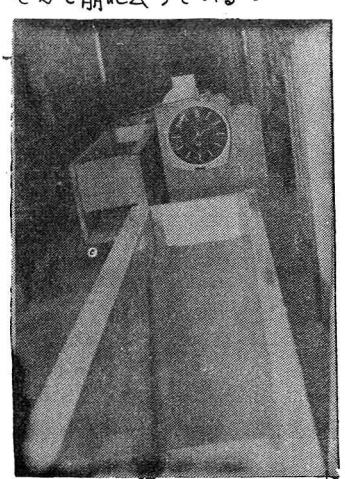
揃ったものになっている。この雨の一部はさらに下段の網によって3~4mmの大粒の雨滴となって落ちてくる。この装置で30×80cmの広さにほぼ一様に110mm/hrの降雨が得られた。試験槽は寸法が30×200×40cm木製で片面ガラス張りとし、一方の端は水が自由に流れ出るように切取っている。また盛土の法尻に水が溜らないように100:1の勾配をつけている。ガラス面には5cm間隔に線を引いて侵食の様子が観察しやすいようにしている。

3試験の経過と結果

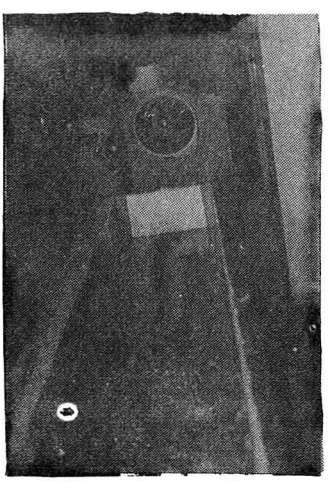
試験は、ソイルセメント層の入ったものは盛土作成後20日間の養生期間を置き、シラスだけのものは盛土作成の翌日に行なった。

i)シラスだけの盛土の場合(写真 P-1, P-2, P-3)

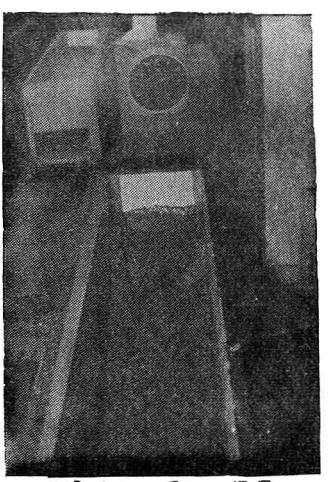
シラスだけの盛土は降雨開始後しばらくして浸透能が雨量より小さくなり、表面流出を始め、降雨開始後6分でリル侵食を始め、すぐにがり侵食に移行してゆく。降雨はがりの中に集中しがりはいっそう発達してゆく。がり侵食は、まず小さな流れができ、それが垂直方向に深く細く侵食し、シラスの崖をつくる。この崖はしばらくは90°あるいはそれ以上の角度でも自立している部分もあるが、侵食が進むにつれて安定を失ってずり落ちる。ずり落ちたものは、浮き土砂の流れとなって斜面の最下端まで一挙に運ばれる。こうして侵食は幅方向にも発達し降雨開始後、早くも60分経過後、盛土はほとんど崩れ去っている。



P-1 降雨開始直後



P-2 30分経過



P-3 70分経過

シラスだけの盛土の侵食試験

ii)3%ソイルセメント層を挟んだ場合(写真P-4,P-5,P-6,P-7)

ソイルセメント層を挟んだ盛土は降雨開始後13分でシラス層のがり侵食が始まるが、ソイルセメント層はほとんど侵食を受けず、シラス層のみが侵食されて削られてゆく。さらにソイルセメント層の下面を伝わってくる水の流れにより、ソイルセメント層の下のシラスも奥に数cm侵食される。ガラス側に入れていたKMnO4(色素 過マ

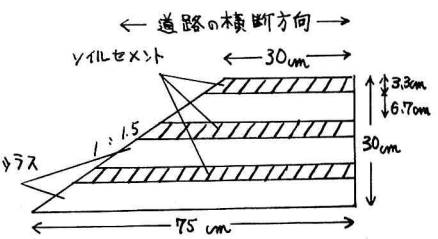
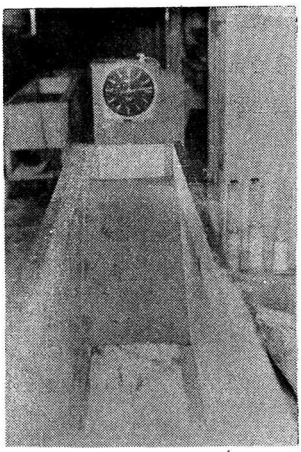
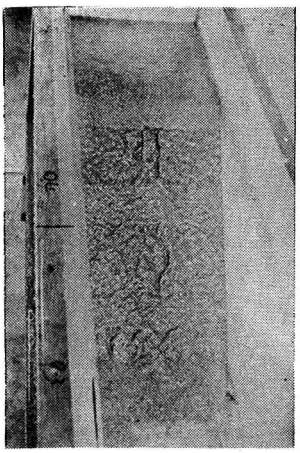


図-2 シラスとソイルセメントの交互層から成る盛土横断面

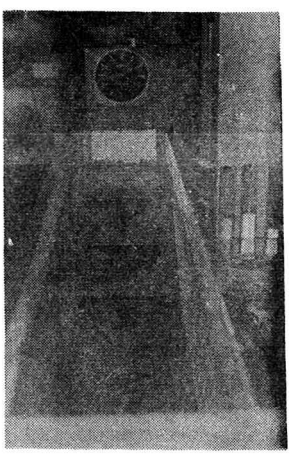
ンガン酸カリウム）を観察すると降雨開始後約30分で湿潤線の先端は試験槽の底に達し、鉛直方向を向いていた流線は斜面の方に向きを変え、水平方向にも浸透力が働き始める。一度侵食を受けた場所にソイルセメント層の下側を伝わってくる表面流出水も、盛土内部の浸透水も集中して、少しづつではあるが幅方向にも奥行き方向にも侵食される。ソイルセメント層の下側を伝わってくる表面流出水は3~8cm奥に入ったところでしずくとなって落ち、前方のシラスを押し流すだけで、ソイルセメント層の下のシラスを侵食する働きはせず、流速も減じられている。こうして降雨開始後2時間で侵食はほぼ停止し16時間以後72時間経過するまでほとんど変化は認められない。上述の侵食の進行する過程は図-3に示すとおりである。



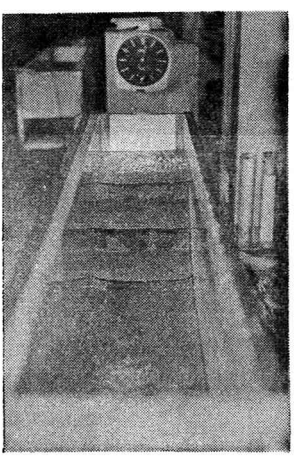
P-4　降雨開始直後



P-5　13分経過



P-6　1時間43分経過



P-7　36時間　経過

ソイルセメント層を挟んだ盛土の侵食試験

4 土中水理学的考察

シラスだけの盛土は典型的なガリ侵食を受け短時間で崩壊しているが、ソイルセメント層を交互に含む盛土では、シラスだけの盛土にひさしをつけたような効果をもたらし、表面侵食は表面流出水がソイルセメント層の下側を伝わってくる程度に抑えられる。それから奥の部分の

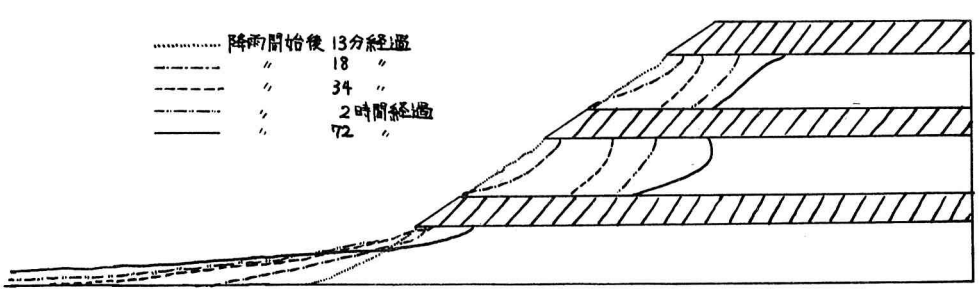


図-3　人工降雨による侵食過程

侵食はソイルセメント層の下面を伝わって流れる水と浸透水の作用によるものである。その侵食も、その部分が水平軸とある角度θを持つ斜面になった時に釣合い状態に達し、侵食が止まっている。いま図-4のように、水平軸とθの角度をなす斜面上の一点Aに作用する力は浸透圧$P=\gamma_w i$（ここにi動水勾配）と、土の水中単位体積重量$\gamma_t=(G_s-1)\gamma_w/(1+e)$である。Pの作用する方向が斜面とαの角度をなすとすると、A点における土断抵抗は$s=(\gamma_t\cos\theta-p\sin\alpha)\tan\varphi$となる。ここにφはシラスの内部摩擦角である。またA点に働く斜面と平行の外力は$T=P\cos\alpha+\gamma_t\sin\theta$であるから、A点において単位体積の土が安定状態にある状態ではs=T、すなわち$(\gamma_t\cos\theta-\gamma_w i\sin\alpha)\tan\varphi=\gamma_w i\cos\alpha+\gamma_t\sin\theta$なる関係が考えられる。この式を満足するような角度θをなして、侵食は止まるものと考えられる。i)ii)でがり侵食の始まる時間の異なるのは、盛土の初期含水比の差によるものと思われる。なお上記の動水勾配iは現場ではケースバイケースに判断して決めるべき値である。

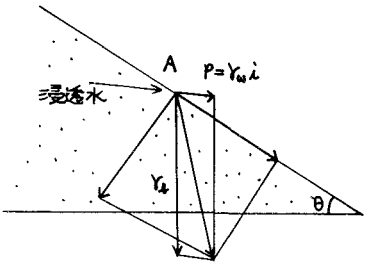


図-4 浸透圧の働く斜面上の一点に働く力

5結び

シラスによる盛土において、豪雨時に起りやすい斜面のがり侵食を抑止する工法として考えたソイルセメント層とシラス層を交互に打上げてつくる盛土の効果を検討するため、その1/30縮尺の模型に対し110mm/hrの人工降雨を加えたところ、シラスだけの盛土であれば約60分でほとんど流出するのに対し著しく耐えることができた。今後は地中水から起きる内部侵食（パイピング）についても詳しく検討する予定である。

文献

1) 山内：防災を中心としたシラスの問題点　土木学会誌 Vol54 No11 昭44.11
2) 山内：添加材による火山灰土の安定処理について　土と基礎 Vol8 No6 昭35.12