

## (16) 薄層流による砂の移動について

神戸大学工学部 ○ 梅田 真三郎  
 田 中 茂

## 1. はじめに

昨年度度は砂質斜面の崩壊現象のうち浸出水によるパイピング現象の崩壊について浸出点における単一粒子の力学的つり合いを検討し、実験結果と対比しその崩壊機構を考察したが、今回は浸出点付近にみられた表面流、即ち薄層流の特性をより明確に把握するために急勾配水路を用い薄層流の挙動を解明し、崩壊機構の補足を試みた。

## 2. 薄層流の特性

急勾配水路上にみられる薄層流は、水深の増大とともに層流から遷移領域を経て完全乱流に変化してゆくが、その過程には抵抗則の急激な変化や転波列の発生などの現象がみられる。薄層流の抵抗則に関しては、勾配、相対粗度や Reynolds 数などの水理量の変化に対して抵抗係数が大きく変化し、急勾配浅水流れでは相対粗度の増加とともに抵抗係数が増大することからその限界掃流力も相対粗度の増加とともに急激に増加する傾向があるといわれている。一方、急勾配水路の薄層流には特異的に表れる転波列が存在し、その発生は遷移領域の初期付近にみられるといわれ複雑な挙動を示す。

## 3. 実験結果及び考察

このような薄層流の特性を把握するために表に示す実験条件で実験を行った。実験結果から確かに抵抗係数は相対粗度の増加とともに急激に増加し、急勾配における限界掃流力も増加の傾向がみられる。逆に、Reynolds 数、Froude 数や相対水深の増加に対しては抵抗係数が減少し、実験水路では水深の増加に伴って水面の微小擾乱が発生し、やがて周期的な擾乱、即ち転波列となり、さらに水深が増加すると激しい水面の擾乱となり実験水路には転波列は観察されなくなった。しかもこの転波列は粗度により観察される相対水深の変動区間が異なり、粗度が大きくなるとその区間が短く、水深の増加に伴って水面は激しい擾乱と変わる。またこの転波列は発生初期にはその周期性が水路下流部で顕著にみられ水深の増加とともにそれが水路上流部に移行する。

従って、砂の移動に着目してその流れを観察すると、水路の上流部では相対水深の増加とともに土砂の移動限界に達して、その付近から水路の上流部でも転波列が徐々に顕著になり水深の増加とともにその波高も大きくなり、転波列の impulse によって砂を水路下流部へ輸送していくのがみられた。

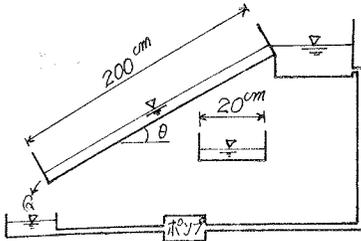
## 4. 砂質斜面の崩壊機構

今回の水路実験結果より昨年度行った砂質模型斜面の崩壊現象を補足してみる。この実験は表面流と浸透流の両方が発生するような実験条件で行ったので、その結果標準砂のような細粒子の場合薄層流である表面流による侵食破壊が先行しやすかった。これは急勾配斜面の掃流力としては水路実験結果から大きな掃流力が必要であるが、しかし斜面の浸透能は地下水面上昇とともに急激に低下し、しかも斜面に地下水が浸出する前に表面流が発生し、その水深を急激に増大させていくために表面流の掃流力による侵食破壊が先行する場合が卓越したと思われる。また粗粒子の場合あるいは勾配によっては表面流と浸透流の両方の影響を受けて破壊が生じたケースが多かった。これは表面流と浸透流が複雑に関与し破壊に対して掃流力が浸透力の補助的な力となっているように思われる。

結局、表面流及び浸透流の両方が顕著に見られる砂質模型斜面の崩壊は終局的にはパイピング現象によって発生し進行すると思われるが、降雨及び斜面条件によっては表面流である薄層流の掃流力による侵食破壊が先行したり、パイピング崩壊時の浸透力に補助的な力として作用することく表面流は崩壊の引き金的な存在として意味をもっているように思われる。またこの表面流を容易に発生させる地下水の存在も崩壊機構を考えるのに勿論重要であり、このような現象を定量的に説明するのに浸出点における単一粒子の力学的つり合いを考えた理論式も参考になるのではないかと考える。

## 〔参考文献〕

- 1) 田中、梅田；砂質斜面の崩壊機構に関する一考察、昭和50年度砂防学会講演概要集
- 2) 芦田、大同、高橋、水山；急勾配流れの抵抗と限界掃流力に関する研究、京大防災研究所年報第16号B、昭和47年
- 3) H.O.PHELPS；Friction coefficients for laminar sheet flow over rough surfaces, Prd. Instn. Civil Engineers, Part 2, 1975, March.



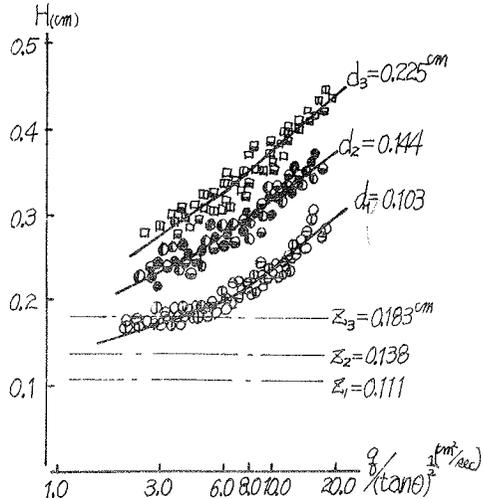
[図-1] 実験装置

粗度	3. 谷間隔	平均粒径	平均河床高
$d_1$	0.085~0.12 cm	0.103 cm	0.111 cm
$d_2$	0.12~0.168	0.144	0.138
$d_3$	0.20~0.25	0.225	0.183

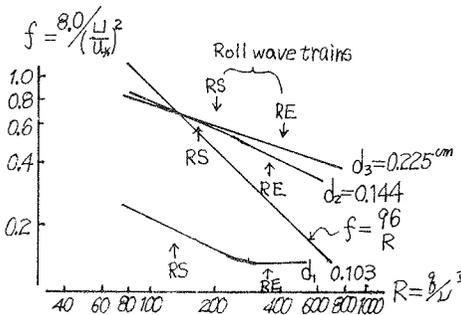
[表-2] 粗度の種類と平均河床高

粗度	$d=0.103$	$d=0.144$	$d_3=0.225$
$\sin\theta=0.20$	○	●	□
$\sin\theta=0.30$	⊙	⊗	⊠
$\sin\theta=0.35$	⊖	⊕	⊡

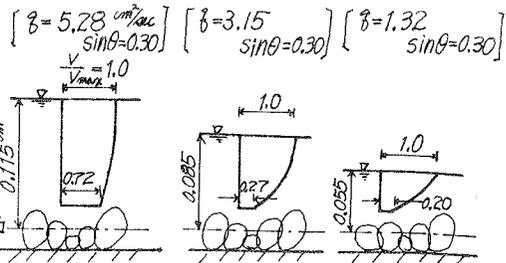
[表-1] 凡例



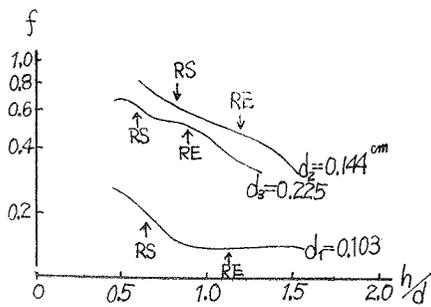
[図-2] 流量-水深関係



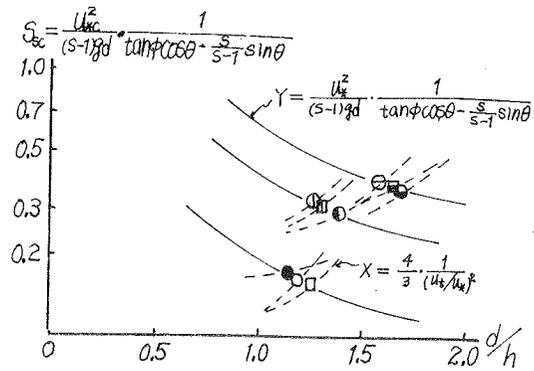
[図-3] Reynolds数-抵抗係数関係



[図-5] 流速分布(熱線流速計で測定)



[図-4] 相対水深-抵抗係数関係



[図-6] 急勾配限界掃流力-相対粗度関係