

階段状河床波の形成・破壊過程における流砂

京都大学防災研究所 正 員 芦田 和男

京都大学防災研究所 正 員 江頭 進治

日本建設コンサルタント 正 員 西本 直史

1. まえがき 山地部の流砂現象の解明には、階段状河床における流砂現象の究明が不可欠である。このような観点から本研究では、階段状河床波の形成および破壊・変形に伴う流砂機構について考察を行う。

2. 実験の概要 実験は、図-1に示す特性をもつ混合砂を長さ12m、幅27.5cmの勾配可変の鋼製循環式水路に厚さ約20cmに敷きならし、給砂なしの条件で行われた。表-1は、各実験ケースの条件を示したものである。表中の i_i 、 i_e は、それぞれ通水初期および最終状態の平均河床勾配で、 D_a は最終状態におけるアーマ・コートの平均粒径である。

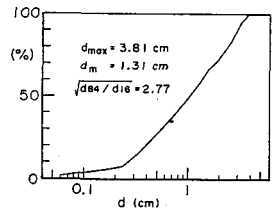


図-1 実験用材料

表-1 実験条件

Run No.	Q (l/sec)	i_i	i_e	D_a (cm)
1-1	6.90	0.100	0.086	2.62
1-2	4.90 - 9.40	0.086	0.086	2.47
2-1	10.80	0.100	0.052	2.52
2-2	8.80 - 13.78	0.052	0.052	2.43
3-1	8.88	0.100	0.055	2.65
3-2	6.90 - 12.24	0.055	0.046	2.41
4-1	14.78	0.060	0.030	2.57
4-2	12.78 - 19.68	0.030	0.030	2.49
5-1	12.80	0.060	0.036	2.45
5-2	10.80 - 19.66	0.036	0.036	2.55
6-1	10.78	0.060	0.045	2.62
6-2	8.86 - 13.56	0.045	0.039	2.65

Run1-1~6-1は、階段状河床波の形成過程における流砂機構を調べるために行ったものである。これらの実験は、図-2のcase1のような定常流量の条件で行われ、通水初期には全砂礫が活発に移動し、大規模な河床低下が起こるよう留意されている。なお、流砂がほとんどなくなった状態で通水を停止している。

Run1-2~6-2は、それぞれRun1-1~6-1で形成された河床波の破壊・変形過程の流砂機構を調べるために行ったものである。これらの実験では、流量を図-2のcase2のように与え、破壊が始まったと判断した時点において定常給水に切り替え、河床砂礫の移動がなくなるまで給水を継続している。

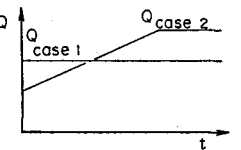


図-2 給水条件

3. 形成過程の流砂機構 6ケースの実験のうちで、Run3-1のデータに着目して流砂機構を調べてみることにする。図-3および図-4(a),(b)は、それぞれRun3-1における最終状態の水位と河床位、流砂量と流砂径および流砂の粒度分布など示したものである。図-3に示すように、河床低下のため平均河床勾配は $i_i = 0.10$ から $i_e = 0.055$ まで低下する。このとき河床表面には、顕著な階段状河床波が形成されている。この過程において図-4(a)にみられるように、通水初期に流砂量は最大値を示し、その後変動しながら次第に遞減していき、大規模河床低下の終了する17~18分以後では、流砂量はさらに小さくなる。図-4(b)によれば、大規模変動が起こっている間は、流砂の粒度分布は初期河床材料のものと大差なくこの周辺で変動するが、20分以後河床材料よりも小さくなっていくのが理解される。このような傾

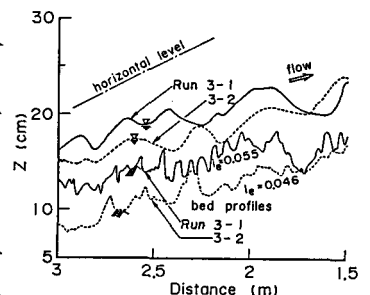


図-3 最終状態の水位と河床位

Kazuo ASHIDA, Shinji EGASHIRA, Naoshi NISHIMOTO

向は、図-4(a)の流出砂礫の最大径の遞減傾向とも一致している。上述の傾向は、他のケースについても同様に認められる。

4. 破壊・変形過程の流砂機構

図-5(a),(b)は、流砂量と流砂径および流砂の粒度分布などを調べたものである。図-5(a)の流砂量、流砂の最大径についてみれば、流量が小さい間は河床材料の移動はみられないが、Run 3-1において分級現象の終了した8.88 kg/s を少し越えた時点から流砂が始まっている。流量がさらに増加し、通水後36分、流量にして10.5 kg/s 程度になったとき、最も弱いと思われる河床波の一部が破壊し、流砂が瞬間的に増加している。流量がさらに増加し、 $Q = 11.8 \text{ kg/s}$ (48分)程度になると流砂量は変動しながらも増加し、流出砂礫にも最大径の礫が含まれるようになり、流砂の平均粒径もかなり大きくなっていることが理解される。この時点において流出する砂礫は、河床表面を構成しているもののみに限られるため、流砂の平均粒径は大きくなっている。つぎに、図-5(b)に示す流砂の粒度分布をみると、局所的な破壊・変形が起こるような条件(36分)では最大の礫は移動していないため、粒度構成は粗くならないようである。ところが最大礫が移動する時点になると、アーマ・コート全体の材料が移動するため、一時的に粒度分布は粗くなっている。

上述の傾向は、Run 2-2, 5-2を除く他のケースについても認められる。しかし、Run 2-2, 5-2においては、たしかに最大礫の流出はみられたが、流砂量は全体的にRun 3-2などに比べ1オーダー小さいものであった。そこでアーマ・コートの変化を検討したところ、その流砂量と粒度分布からでは、アーマ・コート全体の移動が生じたとは言いきれない面があった。このことから、最大礫の移動は、必ずしもアーマ・コート全体の移動として現われるわけではないといえそうである。Run 2-2, 5-2では、最大礫の移動に伴って移動する砂礫の大部分は、プール部の埋め戻しや、下流側のステップに捕獲されて停止し再びステップの構成材料となるため、顕著な流砂量は生じなかったのであろうと思われる。なお、その破壊・変形の結果においても、階段状河床形は明瞭に形成されている。

5. あとがき

階段状河床波の形成および破壊・変形に伴う流砂機構について考察を行い、興味ある知見を得た。しかし、破壊・変形時におけるアーマ・コート全体の移動の有無等を論じるためには、さらに詳細な検討が必要である。

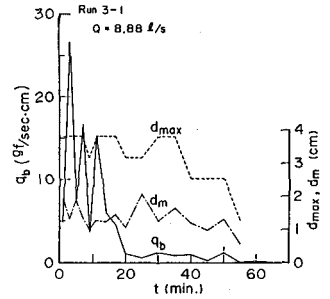


図-4(a) 流砂量 (Run 3-1)

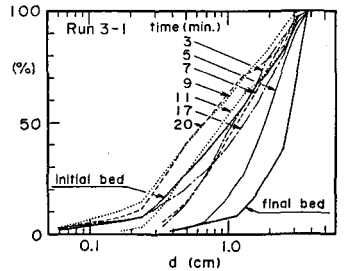


図-4(b) 流砂の粒度分布

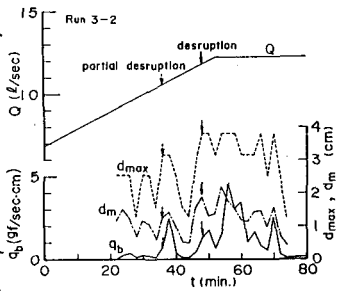


図-5(a) 流砂量 (Run 3-2)

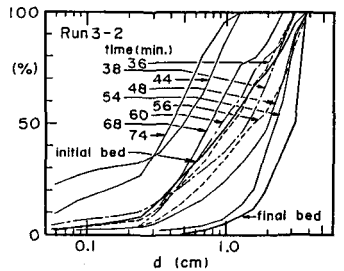


図-5(b) 流砂の粒度分布