

Armour Coat の粒度分布に関する研究

京都大学防災研究所 正員 工博 芦田和男
 京都大学防災研究所 正員 工修 道上正規
 京都大学 大学院 学員 ○江頭進治

1. 緒言: 実河川の河床は混合砂礫から構成されているために最近その流砂力学の重要性が認識され研究成果が発表されてきた。しかしながら実河川の粒度分布のような標準偏差あるいは平均粒径の大きい混合砂礫に関する研究は実験の困難性からまだほとんどなされていない。そこで著者らは先の芦田・道上¹⁾の研究に続いてさらに粒度範囲を広げ混合砂の河床変動を取扱うために河床低下領域でとくに顕著なArmouring現象に注目し、その粒度分布と水理量との関係を実験的に検討し、混合砂礫の流砂量式に基づいてその現象に関する2,3の考察を試みた結果を報告する。

2. 実験の概要: 本実験は長さ20m幅80cmのコンクリート水路で行われた。使用砂は図-1に示されているがExp.1~Exp.7においてはSand AをExp.8~Exp.11はSand Bを使用した。全実験において上流端からの給砂量は0とし、下流端の河床高を堰によって固定した。Armour Coatの厚さは表層のごくうすい層と考えられることから、河床面から表層一層程度の時間的变化を調べるとともに、流砂は下流端の採集器で受けその粒度分布および流砂量を測定した。各実験の初期水理条件は表-1の通りである。Exp. 3, 4, 5, 8は粒子がほとんど移動しない領域、Exp. 1, 2, 9, 10, 11はかなり活発に、Exp. 6, 7は非常に活発に移動する領域で、Exp. 7, 10, 11では浮遊砂がわずかに認められた。

3. Armour Coatの粒度分布: 前述の研究¹⁾におけるArmour Coatの粒度分布はEgiazaroff²⁾による限界掃流力の式を流砂量式に適用する方法によって求められる。本研究ではA砂での実験ケースを増すとともにB砂のように広い粒度範囲の河床材料にその理論を適用するとともにParallel Degradation領域での河床低下量を検討してみた。土研式を混合砂礫の流砂量式として用いると次のようになる。

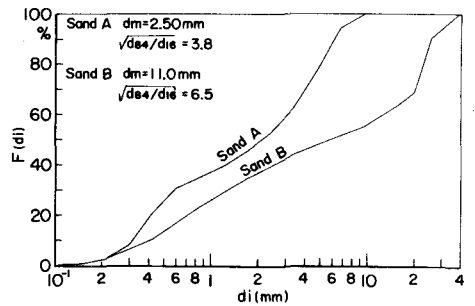


図-1 実験用砂の代表的な粒度分布

$$q_{bi} = \frac{q(m) U_*^3}{(\% - 1) g} p(di) \int_{d_{min}}^{d_{max}} f_i(di) F\left(\frac{z_0}{z_{ci}}\right) ddi \quad (1)$$

$$p(di) = \frac{f_i(di) F\left(\frac{z_0}{z_{ci}}\right)}{\int_{d_{min}}^{d_{max}} f_i(di) F\left(\frac{z_0}{z_{ci}}\right) ddi} \quad (2)$$

ここに q_{bi} , z_{ci} : それぞれ粒径 di の流砂量、限界掃流力を示し、 $f_i(di)$: 河床面上に di の占める割合である。ただし z_{ci} とし

EXP.	初期床高 速度 (cm/s)	流量 (cm ³ /cm.s)	初期河床 こう角 ¹⁾	移動床の 長さ (m)	使用 砂	通水時間 (min.)
1	4.65	250.0	0.0040	20	A	360
2	5.13	375.0	0.0044	20	A	600
3	3.44	62.5	0.0048	20	A	240
4	3.80	93.8	0.0049	20	A	360
5	3.98	125.0	0.0047	20	A	360
6	7.14	392.5	0.0100	14	A	600
7	7.30	375.0	0.0200	7	A	240
8	10.63	125.0	0.0400	3	B	120
9	11.92	250.0	0.0350	4	B	120
10	13.12	375.0	0.0340	4	B	120
11	13.80	500.0	0.0330	4	B	120

表-1 水理条件および実験条件

てはEgiazaroffによって与えられた限界掃流力の式に若干の修正³⁾を加えたものを用いる。式(2)は河床から流出する砂礫の粒度分布を示すので平均粒径程度の層の厚さを基本量として流出

する砂礫層をj層(ただしjは整数とは限らない)とすれば, Armour Coatの粒度分布は式(3)で与えられる。

$$f_j(d_i) = (j+1)f_j(d_i) - j f_j(d_i) \quad (3)$$

式(3)によって粒度分布を計算する場合は各ステップごとに計算しなければならない。Parallel Degradationの領域ではまさつ速度が変化しないという条件が成り立つものと考えられるので、水理条件としての $f_j U_*^2$ とあるステップで計算された粒度分布の平均粒径 $d_{m,j}$ に対応する限界掃流力 $f_j U_{*cm}^2$ との比; $U_*^2/U_{*cm}^2 \div 0.85$ になるとき, Egiazaroffの式¹⁾から全河床砂礫は移動しない状態にある。したがって Armour Coat の粒度分布は $U_*^2/U_{*cm}^2 \div 0.85$ になるまで繰返し計算を進めることによって得られる。さらに流した砂礫の平均粒度分布は式(4)のように与えられる。記号(j)はjよりも小さい整数を表わす。

$$P(d_i) = \frac{1}{j} \{ P_j(d_i) + \dots + (j-j)(j) P_j(d_i) \} \quad (4)$$

以上述べたような方法による計算値と実験結果が図 図-2 Armour Coat と流出砂の粒度分布-2と図-3に示されているが、両者はかなりよく一致している。図-3において流出砂の粒度分布がかなりく違った結果もあるが、これは下流端での流出砂採取方法にも問題があるように考えられる。図-4は Parallel Degradation 領域での河床低下量を初期河床の平均粒径を一層として求められる計算値と実測値とを比較したものであるが、このような領域での河床低下量は非常に小さいものと考えられる。図-5は上流端において短時間に形成された Armour

Coatが時間の経過と共に下流へ伝播していく模様を示したものである。この現象は河床変動との類似性があり河床低下領域での河床変動を論ずる場合、Armour Coatの粒度分布に着目することの意義が理解されよう。最大粒径が移動限界になるような水理条件にすれば、河床は初期河床の平均粒径の高々2~3倍のスケールで低下するという事が実験的に確かめられる。このことは河床変動を拡散式で表現する場合、最大粒径が移動限界になるところの河床の配が境界条件として与えられることを示してやる。

参考文献: 1) 芦田・道上 「混合砂の河床変動, Armouring 現象について」 第15回水理講演会講演集, 1971, 2月
2) Egiazaroff, I. V. Calculation of nonuniform sediment concentrations, Proc. of ASCE, HY4, 1965, pp 225-246.

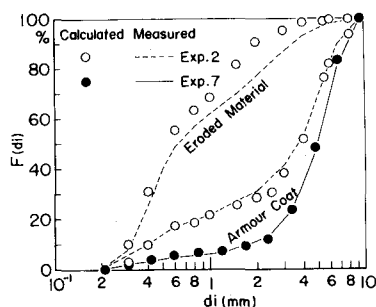


図-2 Armour Coat と流出砂の粒度分布

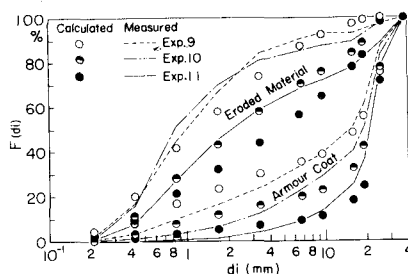


図-3 Armour Coat と流出砂の粒度分布

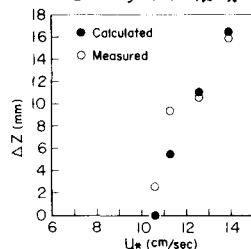


図-4 Parallel Degradation 領域での低下量

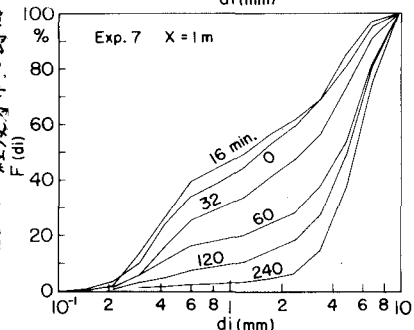
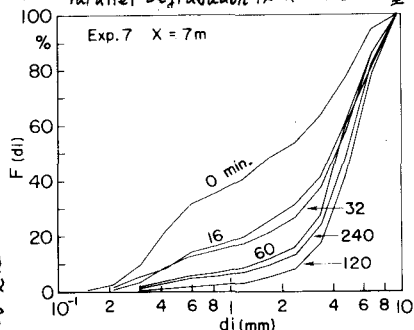


図-5 粒度分布の時間的变化