

6. 混合砂礫河床における砂礫移動の模型実験的研究

宮崎大学農学部 高橋正佑

はじめに

溪流における砂礫移動の問題は、砂防工事施工上非常に重要な問題であるが、従来調査研究の困難さに押されて、下流河川での研究成果に俟つ所が大きかった。建設省利根川水系砂防工事事務所では、溪流における砂礫移動の問題解明のために、建設省土木研究所等の指導を得ながら調査研究が進められており、その成果については逐次発表されている。本研究は、その一環として行ったもので、模型の河床を作って模型洪水を流し、着色砂礫の移動を測定して掃流砂量を求めようと試みたものである。

1. 実験および測定結果

模型の河床は、現地で転石移動調査を行った利根川左支、片品川左小支根利川筋照尾地先の約300mの間を、縦横夫々 $\frac{1}{40}$ の歪なしに縮小したもので、河床材料も現地5カ所の篩分け資料により縮小して用いた。尚1mm以下に縮小されべきものについても、溪流の性質を失せしめない様1.0~2.5mm階級に含ませた。模型の大きさは、長さ約8m、巾2m、河床材料はTable-1に示す割合とした。これによって混合した砂礫河床に、Table-2に示す着色砂礫を模型上流端より2mの所に配置し、Table-3の模型洪水流を通過した後、表面および埋没せるものについても着色砂礫の移動量を測定した。また流量のPeak時には10分間集砂槽に洪水流を導水して流砂量を実測した。

Table-1		Table-2			Table-3			
粒径階 mm	混合率 %	粒径階 mm	配置個数 個	色別	時間 hou. min	流量 ℓ/sec	時間 hou. min	流量 ℓ/sec
1.0~2.5	29.0	2.5~4.0	335	黄	0:00	0.30	4:00	4.94
2.5~4.0	10.1	4.0~5.0	155	桃	0:20	1.00	4:20	4.41
4.0~5.0	6.6	5.0~7.5	135	藍	1:00	1.30	4:40	3.69
5.0~10.0	37.7	7.5~10.0	50	緑	1:40	2.27	5:40	3.12
10.0~15.0	15.1	10.0~12.5	15	白	2:00	2.17	6:40	2.50
15.0~20.0	1.5	12.5~20.0	10	空	3:00	3.85	7:40	2.10
					3:40	3.61		

この模型洪水流は、昭和33年台風17号時の出水記録によったもので、本実験は10回に亘り測定をおこ

なした。各実験における時間一径深をTable-4に、不移動個数および平均流下距離をTable-5に示す。

Table-4

実験番号 経過時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>h</i> m	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>	<i>C₁₀</i>
0:00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
0:20	1.05	1.01	1.10	1.15	1.05	1.62	1.50	1.25	1.31	1.05
1:00	1.15	1.05	1.31	1.20	1.15	1.62	1.62	1.38	1.50	1.15
1:40	1.38	1.38	1.62	1.55	1.38	2.06	1.88	1.67	1.55	1.38
2:00	1.38	1.69	1.50	1.50	1.10	2.01	1.94	1.74	1.55	1.38
3:00	1.44	1.81	1.94	1.81	2.23	2.44	2.17	2.01	2.06	1.88
3:40	2.17	1.88	1.62	1.81	2.06	2.34	2.06	2.06	2.17	1.69
4:00	1.69	2.17	2.17	1.88	2.12	2.72	2.34	2.34	2.23	2.29
4:20	1.50	1.94	1.69	1.55	2.12	2.34	2.12	1.94	1.94	2.12
4:40	1.44	1.25	1.38	1.50	2.01	2.12	2.06	1.88	1.81	1.74
5:40	1.31	1.20	1.44	1.20	1.94	1.55	2.01	1.81	1.69	1.62
6:40		1.01	1.44	1.01	1.81	1.69	1.81		1.55	1.44

Table-5

区分	2.5~4.0 mm		4.0~5.0 mm		5.0~7.5 mm		7.5~10.0 mm		10.0~12.5 mm		12.5~20.0 mm		Peak時 潤辺 cm
	335 コ		155 コ		135 コ		50 コ		15 コ		10 コ		
	不動	流下距離	不動	流下距離	不動	流下距離	不動	流下距離	不動	流下距離	不動	流下距離	
1	182	40.2	93	17.0	74	21.8	17	19.8	7	28.2	5	34.6	34.0
2	149	79.1	64	88.6	62	73.0	23	86.1	9	145.2	8	62.5	43.0
3	157	31.2	82	30.0	50	30.8	13	36.3	6	91.2	5	99.5	43.0
4	42	150.3	37	136.7	16	182.0	11	137.8	5	145.4	6	89.9	38.0
5	80	88.4	55	64.0	43	85.2	12	62.0	5	63.0	5	63.4	42.0
6	141	70.0	74	58.2	68	68.6	25	54.0	7	101.2	7	64.5	54.0
7	116	113.9	54	96.5	45	133.7	13	157.4	8	91.6	7	124.1	47.0
8	159	33.4	70	32.8	56	51.8	22	31.3	10	269.7	8	14.6	47.0
9	100	60.4	32	60.8	34	67.4	13	53.5	5	16.0	6	40.8	44.0
10	22	143.7	8	154.0	10	205.5	3	219.5	2	184.4	2	116.3	46.0

2、資料の解析と考察

本資料の解析には、Einstein の提唱せる式

$$Nb = l n P_s \dots\dots\dots(1)$$

Nb : 河床の単位幅を単位時間に通過する砂粒の数

l : 砂粒が動き出してから停止するまでの平均移動距離

n : 河床の単位表面積内の砂粒の数

P_s : 1 個の砂粒が単位時間内に動き出す確率

を基礎に、土木研究所の研究成果

$$Nb \propto \tau_{U*} f \left(\frac{\tau_c}{\tau} \right) \dots\dots\dots(2)$$

τ : 掃流力 τ_c : 限界掃流力

U_* : $\sqrt{\tau/p}$ 摩擦速度 f : 常数

とから次の二式を得る。

Table-6

実験番号	粒径階 mm (P _s) _{0, s}	2.5~4.0				4.0~5.0			
		(P _s) _{os}	l _s	(P _s) _{oA}	l _A	(P _s) _{os}	l _s	(P _B) _{oA}	l _A
1		0.000475	11.1	0.000206	66.6	0.000920	14.5	0.000347	32.3
2		0.000213	49.9	0.000164	97.8	0.000419	66.5	0.000357	100.3
3		0.000331	23.8	0.000163	41.2	0.000759	20.1	0.000357	47.2
4		0.000328	55.2	0.000298	72.5	0.000420	72.6	0.000389	95.5
5		0.000134	28.1	0.000120	61.8	0.000162	25.6	0.000156	61.8
6		0.000112	47.9	0.000099	81.0	0.000166	53.2	0.000149	78.8
7		0.000116	71.0	0.000091	107.6	0.000205	76.7	0.000160	91.6
8		0.000111	33.7	0.000105	44.9	0.000208	29.8	0.000204	41.3
9		0.000164	34.4	0.000141	50.0	0.000412	33.5	0.000380	38.6
10		0.000588	54.6	0.000547	52.8	0.001158	66.6	0.001158	52.0

$$N_0 = N_* e^{-\int_0^t (P_s)_0 F(t) dt} \dots\dots\dots(3)$$

$$l = \bar{l} / (P_s)_0 \int_0^t F(t) dt \dots\dots\dots(4)$$

N₀ : 原点に残った砂粒数

N* : 最初原点に置かれた砂粒数

(P_s)₀ : 流量 Peak 時における移動確率

F(t) : 各時点の $\tau U_* f \left(\frac{\tau_c}{\tau} \right)$ の Peak 流量時における $\left[\tau U_* f \left(\frac{\tau_c}{\tau} \right) \right]$ との比

l : 平均移動距離

\bar{l} : 平均流下距離

(3)式および(4)式によって求めた(P_s)₀、lを Table-6 に示す。こゝで(P_s)₀、l_sは、先に砂防学会において発表した“表面にて発見されたもの”のみを

Table-7

区分	2.5~4.0 mm			4.0~5.0 mm		
	Q _{BS}	Q _{BA}	Q _β	Q _{BS}	Q _{BA}	Q _β
1	14.7 ^g	38.0 ^g	145.0 ^g	38.7 ^g	33.5 ^g	13.0 ^g
2	37.4	56.4	47.0	102.3	131.4	6.0
3	27.7	23.6	64.0	56.0	61.9	8.0
4	56.4	61.6	104.0	99.0	120.1	10.0
5	12.9	25.4	263.0	14.8	34.5	31.0
6	23.8	35.4	230.0	37.0	54.1	31.0
7	30.6	36.4	366.0	60.9	56.6	16.0
8	13.9	17.5	126.0	24.0	32.5	18.0
9	20.3	25.1	196.0	51.8	55.3	17.0
10	121.0	108.9	191.0	303.1	236.4	24.0

Table-8

区分	{Q _{BS} }	{Q _{BA} }	{Q _β }
1	53.4 ^g	71.5 ^g	574.0 ^g
2	139.7	187.8	283.0
3	83.7	85.5	286.0
4	155.4	181.7	530.0
5	27.7	59.9	1,468.0
6	60.8	89.5	1,352.0
7	91.5	93.0	1,884.0
8	37.9	50.0	697.0
9	72.1	80.4	1,046.0
10	424.1	345.3	914.0

対象に解析をおこなった時の値であり、この値では、流砂量に理論値と実測値とでかなりの差ができたので、本研究では、埋没をも含めた(P_s)_{0A}、*l*_Aを求めて比較検討を加えたものである。尚 5.0~7.5mm 階級以上のものについては、理論上流下しないので表への記載は省略する。

Table-6のP_s、*l*を用いて流砂量を算出し、現実の流砂量と比較した結果をTable-7に示す。表中Q_{BS}、Q_{BA}は夫々10分間の理論流砂量で、前者は表面にて発見された数値を対象に、後者は埋没をも含めた数値にて

$$Q_B = \ell n (P_s) \cdot \frac{4}{3} \pi d^3 \delta t B_L$$

によって算出したものであり、Q_βは実際の10分間流砂量である。こゝでnは、篩分け結果より、2.5~4.0

mm階級では3.10コ/cm²、4.0~5.0mmでは1.22コ/cm²砂礫比重δは2.445、時間tは600秒、潤辺B_LはTable-5の右端欄によった。次に10分間の全流砂量についてみると、Q_Bは夫々2.5~4.0mm階級と4.0~5.0mmを加えれば良く{Q_{BA}}、{Q_{BS}}とし、一方Q_βの方は、現実には5.0mm以上の階級のものも流下したので、これを{Q_β}としてTable-8に示す。

Table-8にて知れるように、表面のみを対象とした時より、埋没をも含めた場合のが、実際の流砂量に近似な値となったが、尚かなりの差があり、またTable-7にみるごとく、同一水量量において、小さい粒径の流砂量よりも、大きい粒径の流砂量の方が大きな値を示し、期待に沿う結果とならなかったため、今後はこれらの資料をもとに、更に流砂量式に関する再検討を他の角度から加えたい。

7. 林地の透透能、透水能について (其I)

林試宮崎分場 白 井 純 郎
浅 田 正 郎
○竹 下 幸

これ迄各地で林地表面の透透能が測定されて来たが、大部分は自然降雨の強度以上であるので、降った雨はほとんど林地に浸透し地表流下は起らないこととなる。しかし大雨では急に流量が増加するのは中間流出や地表流下が起るためと想像される。そこで土のどの深さで水が停滞し、中間流出や地表流下を生ずるか推定する目的で本測定を行った。

測定地は去川森林水試験地のⅢ号沢で、測定箇所はB_A、B_C、B_D型各一カ所と少なく、測定結果をそのままの流量と結びつけることには無理があるが、厳密な検討は今後の課題として、取り敢えず今までの経過を流量と多少関連させながら中間報告する。その前に流域のB_A、B_C、B_D3型の土壌を採集円筒でとり水分や容気量及び透水性を測定した結果を下表に示