

II-215

死水域内の浮遊砂堆積過程に関する水理実験と数値解析

和歌山工業高等専門学校 正会員 木村 一郎 †
 京都大学工学研究科 正会員 細田 尚 ‡
 京都大学工学研究科 フェロー 村本 嘉雄
 北見工業大学 中尾 吉子
 橋 本 市 村上アオイ

1. はじめに

河川側岸の死水域形状の変遷は、死水域内の生態系に影響を及ぼす。本研究では、側岸に長方形死水域を有する流れにおける浮遊砂輸送・堆積過程について、実験と数値解析により検討を試みる。

2. 水理実験の概要

実験は長さ 4m、幅 25cm のアクリル製開水路を用いて行った。水路右岸に図-1 に示すような長方形の死水域を設けた。死水域の各部のスケールは、表-1 に示すような 3 通りとした。浮遊砂としては塩化ビニル粉末（平均粒径 $81 \mu\text{m}$ 、比重 1.21、沈降速度 4.2mm/s ）を用いた。この粉末をあらかじめ水と混合しておき、水路上流端より流入した。このとき、主流の浮遊砂体積濃度が 0.05% となるよう、流入流量を調節した。実験は流量や下流端のせき上げ高等を変えて表-2 に示すような 14 通りの条件で行った。

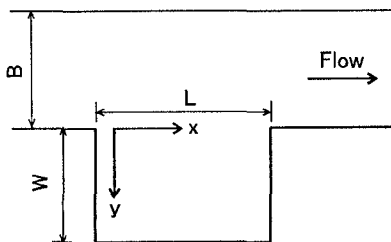


図-1 対象とした死水域の平面図

表-1 対象とした死水域のスケール

Type	L (cm)	W (cm)	B (cm)
1	22.5	15.0	25.0
2	37.5	25.0	25.0
3	50.0	25.0	25.0

3. 実験結果の考察

死水域内の堆積特性：写真-1(a)は、Exp.F-3 における浮遊砂流入開始後 8 分経過した時点での死水域内の浮遊砂の堆積の様子である。

死水域中央付近のほぼ長方形の領域に、浮遊砂が波状に堆積している。これは、死水域内の定常循環流によって浮遊砂が輸送され、循環の中央付近の流速の比較的小さい箇所で堆積したと考えられる。写真-1(b)は Exp.F-14 における堆積の様子であり、やはり浮遊砂流入開始後 8 分間経過した状態である。こちらの写真にも死水域内に循環流に伴う堆積がみられるが、先ほどと異なり主流付近の開いた馬蹄形となっている。また

表-2 各実験の条件と水理パラメータおよび堆積パターン

Exp.	主流流量 $Q (\text{cm}^3/\text{s})$	平均水深 $h (\text{cm})$	水温 $T (^\circ\text{C})$	死水域形状 Type	水路床勾配 $\sin \theta$	Fr	Re	u_* / w_0	堆積 パターン
F-1	600.0	1.33	26.9	Type 1	1/1000	0.50	2737	2.71	C
F-2	1354.0	3.30	15.0	Type 1	1/300	0.29	4747	2.29	B
F-3	1354.0	1.84	15.0	Type 1	1/300	0.69	4747	4.11	A
F-4	1354.0	1.69	15.0	Type 1	1/300	0.79	4747	4.47	A
F-5	1354.0	5.70	15.0	Type 1	1/300	0.13	4747	1.33	C
F-6	1177.0	9.10	22.2	Type 1	1/300	0.06	4925	0.72	D
F-7	1177.0	10.19	22.2	Type 2	1/300	0.05	4925	0.64	D
F-8	1177.0	1.50	22.2	Type 2	1/300	0.82	4925	4.36	A
F-9	1177.0	3.60	22.2	Type 3	1/300	0.22	4925	1.81	C
F-10	1307.3	2.39	13.0	Type 1	1/1000	0.46	4343	3.09	B
F-11	758.3	1.89	13.0	Type 1	1/1000	0.37	2519	2.43	C
F-12	719.0	6.00	13.0	Type 1	1/1000	0.06	2389	0.73	D
F-13	324.3	1.24	13.0	Type 1	1/1000	0.30	1078	1.80	C
F-14	591.3	1.32	14.0	Type 1	1/1000	0.50	2018	2.81	C

Fr：主流フルード数、Re：主流レイノルズ数、 u_* ：主流の摩擦速度、 w_0 ：浮遊砂沈降速度

開水路流れ、浮遊砂、数値解析

† 〒644 和歌山県御坊市名田町野島 7 7 TEL 0738-29-2301 FAX 0738-29-2574
 ‡ 〒606 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5075 FAX 075-761-0646

界面付近には特徴的な浮遊砂の帯がみられ、隅角部付近にも堆積がみられる。なお、この条件では主流内で幾本もの筋状になって浮遊砂の流下する様子がみられた。これは、断面内2次流の影響と考えられる。なお、後述の分類では Exp.F-3 はパターン A、Exp.F-14 はパターン C に属する。



(a) Exp.F-3 (Pattern A) (b) Exp.F-14 (Pattern C)
写真-1 浮遊砂の堆積の様子(浮遊砂流入開始後 8 分)

堆積特性のパターン分類: 実験結果に示される死水域内の浮遊砂の堆積特性を、本研究では図-2 に示す 4 つのパターンに分類する。各パターンの特徴を簡単に述べる。

- ・パターンA: 死水域中央付近のほぼ長方形の堆積領域に、波状の堆積がみられる。
- ・パターンB: 死水域中央付近に楕円形のドーナツ状に浮遊砂が堆積する。
- ・パターンC: 主流側の開いた馬蹄形に堆積する。界面付近に帯状の筋が生じ、隅角部にも堆積する。主流内では幾本もの筋状になって浮遊砂が流下する。
- ・パターンD: 主流にも堆積し、死水域内には主流と連続した渦巻状の堆積が生じる。

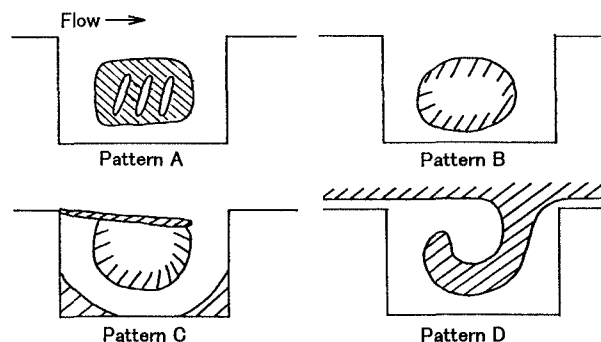


図-2 死水域内の浮遊砂堆積パターン

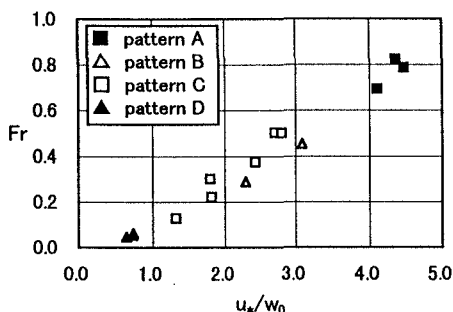


図-3 堆積パターンと水理パラメータの関係

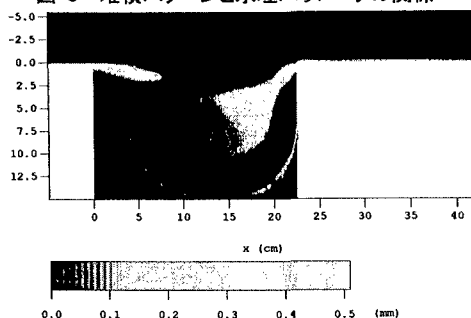


図-4 数値解析結果(Exp.F-14, 計算開始後 100 秒)

なお、死水域内の堆積領域は A→B→C→D の順で大きくなる。表-2 中に各条件の堆積パターンの分類を示した。

堆積特性の水理パラメータ依存性: 堆積特性に影響を及ぼす水理パラメータとして、ここでは u_* / w_0 (u_* : 主流の摩擦速度、 w_0 : 浮遊砂の沈降速度) と主流のフルード数 Fr を考える。ここで、フルード数を支配パラメータの一つとして考える理由は、死水域内には周期的な水面振動が生じ、この水面振動の振幅がフルード数に依存するためである¹⁾。図-3 は横軸に u_* / w_0 、縦軸にフルード数 Fr をとり、各条件の堆積パターンを分類してプロットしたものである。この実験では浮遊砂として一種類の塩化ビニル粉末のみを用いたため、平面的な分布とはならずにはほぼ直線状に点が並んでいる。2つのパラメータの値が大きいものから順に、A→B→C→D の順に堆積パターンが遷移することがわかる。

4. 数値解析

開水路平面二次元流れの基礎式を用い、浮遊砂のモデルとして芦田・道上の式²⁾を用いて数値計算を行った。計算法の詳細は省略する。図-4 は Exp.F-14 と同条件で浮遊砂流入開始後 100 秒後の河床の様子である。実験結果(写真-1(b))と十分適合しておらず、計算法の改良が必要と思われる。

参考文献 1) 木村他: 水工学論文集, 41 巻, pp. 711-716, 1997. 2) 芦田・道上: 京大防災研究所年報, 第 13 号 B, pp. 232-242, 1970.