

斜面に芝を有する河岸の大型水理実験

Large - Scale Hydraulic Experiments on Sodded Banks

金高 州吾* 渡邊 康玄** 長谷川和義***

Shugo KANETAKA, Yasuharu WATANABE and Kazuyoshi HASEGAWA

従来、植生による護岸効果は、それを水理学的に定量的に取り扱うよりも、実河川においての観測や調査等から経験的にとらえることがほとんどであった。しかし、自然性を残した治水事業が求められている現在、植生の浸食に対する抵抗性や植生が存在することによる流況や流砂への影響を定量的に把握しておく必要が急激に強まっている。

本研究は、斜面に張り芝を有する大型の実験水路を用いて側岸浸食実験を行ったものであり、芝を用いたことによる浸食抑制効果および芝の生育上問題となる浮遊砂の堆積について検討を行ったものである。

《植生；浸食；浮遊砂；大型水理実験》

Conventionally, the effectiveness of vegetation revetments is evaluated experientially based on observations and investigations at the river sites rather than quantitatively in hydraulic laboratory tests. However, today, more river improvement projects are required to make better use of the natural environment, and there is an increasing need for a scientific quantitative explanation of the ability of vegetation to resist erosion, as well as the influence of vegetation on the hydrological regime and suspended sediment.

In this study, experiments on bank erosion were conducted by using a large-scale experimental water channel with sodded slopes in order to study the effects of vegetation in controlling erosion and the accumulation of suspended sediment which adversely affects the growth of vegetation.

Keywords : vegetation, erosion, suspended sediment, large-scale hydraulic experiment.

1. はじめに

治水、利水機能を満足し自然を残した河川空間が求められる中で、コンクリートブロックに代わる護岸工法として植生等が考えられている。しかし植生の耐浸食特性は、現在研究が進められている段階¹⁾であり、充分把握されているとは言いきれない状況にある。浸食機構の解明には模型実験の実施が必要不可欠であり、

現地の河岸浸食を再現するためには、重力の効果等が明確に現れる模型のスケールを現地に近づけた実験による浸食機構の把握が必要となる²⁾。昨年度は河床材料として地山から直接採取した火山灰を用いて大型の水路で実験を行い、裸地の火山灰土に対する基礎的な浸食機構を把握した。本年度はより現実的な条件として河岸斜面に植生を生やし、出水時に河岸あるいは

*河川研究室員 **同室副室長 ***北海道大学工学部土木工学科

堤防 法面の芝に水が乗り上がった場合を想定した実験を行った。その結果、洪水時を想定した流れにおいてもほとんど浸食が発生しなかったことから芝の生育上問題となる芝斜面に堆積した浮遊砂についてモデリング等により検討を行った結果を報告するものである。

2. 実験条件

実験は、写真-1に示す屋外に設置された幅4m長さ40mの大型直線水路を用い、河岸斜面に張り芝を行った。芝の種類は通常一般に河川堤防に生えているケンタッキーブルーグラス（配合：タッチダウン 33，メリオン 33，パロン 34）を用いたロール芝で、張り芝後2～3カ月間、散水、芝刈り等の維持管理を行い養生させた。なお、実験河床材料には火山灰を用いていることから、芝の生育のためロール芝の下30cmまで土壌改良材を混入している。本来、吹き付けによる植生を用いた方がより現実的となるが、養生の期間の制約等から、本年度はロール芝を用いることとした。

初期断面形状、河床材料、水面勾配等の実験条件は昨年度の芝を生やさない裸地実験の中で最も掃流力の大きかった case2 と同様の条件に設定した。実験条件を昨年度の裸地実験と合わせて表-1に示す。また、実験水路の断面を図-1に示す。ここで D は右岸側壁からの横断方向距離を表す記号として以後の説明に用いる。

斜面に芝を生やした実験では自然給砂が期待できないため、(1)式に表す芦田、道上³⁾の式により給砂量を決定し、ベルトコンベアを用い水路上流端から粒径5cm以下の火山灰を50l/minで給砂を行った。

$$q_B = 17\sqrt{sgd^3}\tau_{*c}^{3/2}\left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right) \quad (1)$$

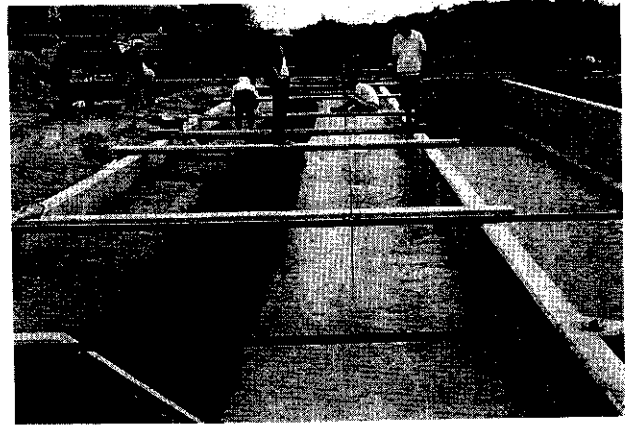


写真-1 芝河岸の浸食実験水路

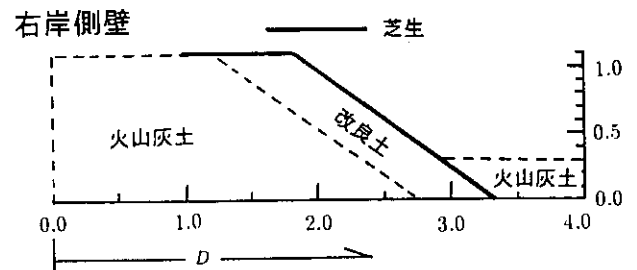


図-1 初期実験断面形状

表-1 初期条件および河床材料

実験ケース	Q t/s	I	天端高 cm	初期傾斜角	湿潤密度 t/m ³	含水比 (%)	空隙率 (%)	d_m mm	粒子比重
裸地実験	1.0	1/500	10	35.2°	1.395	31.4	58.5	4.66	2.53
芝河岸実験	1.0	1/500	10	33.4°	1.143	32.9	61.0	1.65	2.46
現地	—	—	—	—	1.344	29.4	60.8	—	—

ただし、(1) 式において q_B : 単位幅当たり掃流砂量, s : 粒子の水中比重, g : 重力加速度, d : 粒径, τ_{*e} : 有効無次元せん断力, τ_{*c} : 限界無次元せん断力, τ_* : 無次元せん断力, u_{*c} : 限界摩擦速度, u_* : 摩擦速度である。総通水時間は 1250 分、通水開始から 30, 130, 300, 500, 750, 1000, 1250 分経過時に一端停水させ横断斜面形等の測定を行っている。河床材料に非透水性の材料を用いていることから土質力学的な法面崩壊、すなわち通水中、非透水性の火山灰土が水分を含み重量を増した後に水位を急降下させることにより盛り土斜面が起す法面すべり崩壊を防止するため、測定時における停水の際には時間をかけて水抜きを行うこととした。

実験は一日に一回の停水を計 7 日間に分けて行った。実験期間に芝の著しい成長が見られていたため芝の葉が 2 - 3cm 程度になるよう実験開始時と通水時間 500 分の経過時に芝のカットを行った。また、実験開始時及び実験終了時に芝の根等の調査結果を表-2 に示す。表-2 によると実験終了時における芝の葉の長さは 5 - 8cm、根の長さは長いところで 20 - 30cm まで達し、根毛層は 5 - 10cm 程度にまとまっていた。

測定項目として水面勾配、断面形状、拡幅速度、水際の変化、河床縦断、実験終了時芝調査等を停水時ならびに通水中に詳細な測定を行った。実験の測定項目について以下に示す。

水面勾配 : 上流端から、4, 12, 20, 28, 36m の 5 ポイントにおいて、30, 130, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, 1250 分経過時に水位を測定。

河岸斜面横断面測定 : 測定位置は 4 - 36m まで 4m 間隔で 9 測線 20 - 25m まで 1.0m 間隔で 6 測線の計 15 測線について各停水時に水準レベルと河床測定用スタッフにより測定。

河床縦断面測定 : 右岸壁からの距離が 3.1, 3.4, 3.7m のポイントにおいて縦断区間 20m を 1000, 1250 分の停水時に測定。

表-2 芝の生育状況

上流端 からの 距離 <i>m</i>	右岸壁 からの 距離 <i>m</i>	芝の 長さ <i>cm</i>	根の ひげ <i>cm</i>	根毛層 <i>cm</i>
10	天端	7.0	19.0	6.0
10	2.15	10.0	32.0	9.0
10	2.40	8.0	18.0	6.0
10	2.80	8.0	24.0	10.0
10	3.00	4.0	11.0	6.0
15	天端	5.0	20.0	8.0
15	水際	5.0	25.0	6.0
15	2.40	5.0	25.0	5.0
15	2.80	5.0	27.0	9.0
15	3.00	2.0	26.0	8.0
20	天端	7.0	27.0	14.0
20	水際	7.0	28.0	13.0
20	2.25	6.0	25.0	13.0
20	2.40	7.0	32.0	7.0
20	2.80	6.0	28.0	7.0
20	3.00	2.0	9.0	0.0
25	天端	8.0	24.0	14.0
25	水際	7.0	30.0	9.0
25	2.25	6.0	23.0	9.0
25	2.40	6.0	29.0	8.0
25	2.80	7.0	21.0	5.0
25	3.00	4.0	9.0	2.0
30	天端	7.0	25.0	10.0
30	水際	6.0	25.0	8.0
30	2.25	7.0	25.0	10.0
30	2.40	7.0	20.0	11.0
30	2.80	7.0	20.0	6.0
30	3.00	4.0	13.0	3.0
35	天端	5.0	26.0	12.0
35	水際	5.0	21.0	9.0
35	2.25	5.0	24.0	9.0
35	2.40	4.0	25.0	7.0
35	2.80	8.0	27.0	5.0
35	3.00	4.0	10.0	3.0

流路拡幅変化：上流端から 20, 25m の 2 測線について 5 分毎に測定。

水際拡幅平面形：上流端から 2m 間隔で 0, 10, 20, 30, 35, 130, 135, 200, 300, 400, 500, 510, 750, 760, 1000, 1250 分経過時に水際の位置を測定。

流速：上流端からの距離が 20m の測線において水際から横断方向に 15, 15, 20, 20, 20, 30, 30, 30cm の間隔で河床方向に河床から 3, 6, 9, 15, 25, 40cm の高さで 3 次元電磁流速計を用いて測定。

芝表面状況：上流端から 12, 17.5, 15, 21, 24, 27, 30.5, 32, 35m の箇所において 300, 500, 750, 1000 分経過時に観測。

芝生育調査：実験開始時においては上流端から 5, 12, 21, 26, 32m の箇所において根の深さを測定。1250 分経過時に上流端から 10, 15, 20, 25, 30, 35m の箇所において芝の草丈、根のひげ、根毛層の厚さを測定。

浮遊砂の堆積：上流端から 10, 15, 20, 25, 30, 35m の測線の 1250 分経過時に右岸壁から 2.25, 2.40, 2.80, 3.00 の箇所における浮遊砂の堆積深及び粒度分布を測定。

3. 実験状況

通水中の水面形の変化を図-2 に示す。通水初期において 1/474 と設定より若干急勾配を示していたが 300 分通水後から水面勾配 1/600 に安定し定常に達していた。水位は、時間経過に伴う河床の低下の影響で若干低下している。通水時、水面を軽石が浮遊しており、これらの軽石は水際に堆積していた。また $D = 2.6m$ を境にボイルの発生を目視によっても確認でき、コンクリート壁、河床及び芝河岸斜面との粗度の違いによる並列らせん流が発生しているようであった。

停水時の河岸斜面および河床の状態を写真-2 に示す。この写真から停水時の河床において

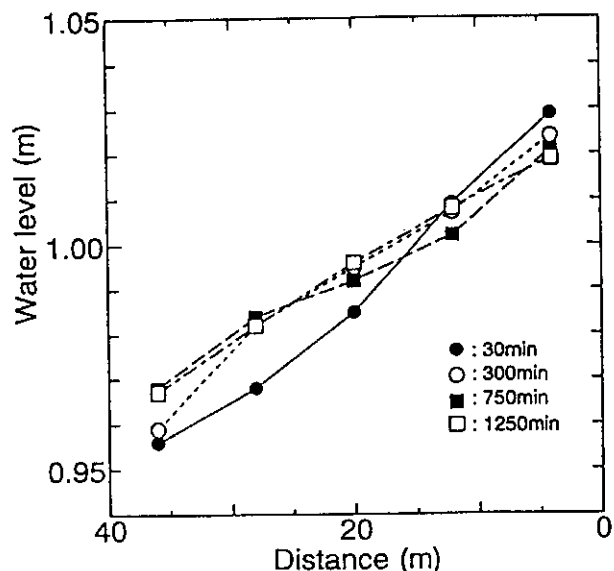


図-2 水面形の時間変化

は波高 10cm、波長 40cm 程度の砂堆が水路全体に発生している様子がみられている。写真-2 のような芝状態を芝状況調査結果から図に表すと図-3 のようになる。図-3 では 300 分通水後において、浮遊砂の堆積している箇所、堆積の弱い箇所、河床洗堀のため縦断方向に河床近傍の一定幅で激しく浸食していると思われる箇所が現れている。写真-2、図-3 に 10 - 15cm 一定値で河床低下による芝斜面の露出した部分がみられている。

図-3 の芝表層の浸食堆積状況から、通水 300 分通水後においては水際 ($D = 2.15m$) から $D = 2.6m$ 付近まで浮遊砂の堆積が生じ、ここから $D = 2.9m$ 付近までは堆積が弱い傾向が見られる。しかし、1000 分通水後においては水際から $D = 2.2m$ まで堆積が弱い傾向にある部分が新たに見られている。このように経過時間に伴い芝表面の状況の変化が認められる。また、写真-2 のように河床と張り芝斜面との境界において高さ 10cm 程度の段差がみられ、中には写真-3 のように張り芝内の火山灰が抜け出し、芝がひさし状に垂れ下がっている箇所がみられた。このような箇所から河岸破壊が生じることが想定される。

4. 河床せん断力の比較

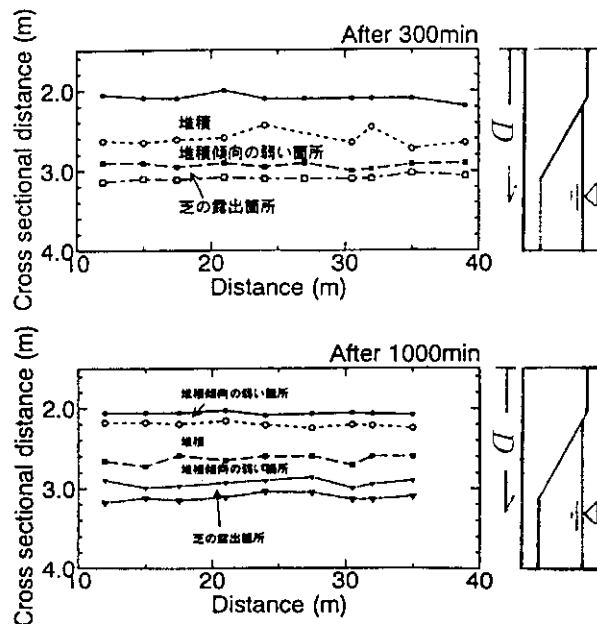


図-3 芝表層の状態

昨年度の裸地における実験結果と今年度の斜面に芝を生やした実験結果との比較を行うこととする。裸地実験および芝実験の断面と流速コンターの時間経過に伴う変化図をそれぞれ図-4(a), (b) に示す。また、河床せん断力の比較を行うため、これらの流速コンター図の潤辺を30cm 間隔で区切り、コンターラインに直交する法線を引き求めた河床せん断力分布図を合わせて示す。図(a) に示す裸地実験では通水30分経過時にすでに浸食によるかなりの断面拡幅を受けている。以後時間経過に伴う拡幅のため流速コンター図が変化している。 $D = 2.2 - 2.5m$ あたりのせん断力の大きい箇所では斜面の浸食が生じ、浸食による断面の変化でせん断力の大きな箇所が水際方向に移動する。時間経過に伴い、断面が安定に近づくにつれせん断力が横断方向に一定値でまとまる様子が河床せん断力分布図から確認でき、通水後200分でほぼ安定断面に至る。

一方、芝実験における横断斜面形状は1250分通水後で、初期断面からほとんど変化していない横断断面形状を示し、断面の変化は水際部お



写真-2 芝河岸表層の状態

よび斜面と河床との境界で若干の浸食傾向と、斜面中ほどに浮遊砂が堆積したことによる断面の変化が見られている程度である。このことは芝による耐浸食効果によるものと解釈することができる。河床せん断力の分布は、水際から河岸斜面に沿って $D = 2.8m$ 程度まで水深の変化に伴い増大し、斜面と河床との境 $D = 3.1m$ の箇所では局所的に小さくなる。この箇所からコンクリート壁に向かって、河床せん断力が増大している結果が得られた。これらのことから本実験の範囲では河岸浸食に対して、芝による耐浸食効果と見込むことが可能であり、せん断力が $\tau = 10(P_a)$ 程度においては芝による河岸維持は効果的であるということが言える。

芝斜面の変化速度は遅く変化量が小さいため、現象を詳しく調べるために位置及び時間を固定することとした。図-5 は上流端からの距離が20mの断面についてそれぞれの停水時に測定した斜面及び河床の横断面形状から30分通水後におけるその値との差を変化量として示したものである。

この図において水際から $D = 2.7m$ の箇所まで浮遊砂の堆積が見られ $D = 2.6m$ でほぼ最大値を示す。また、その下 $D = 2.7 - 3.0m$ 付

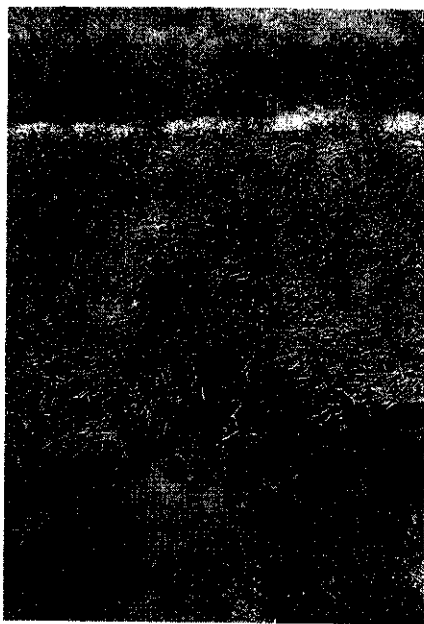


写真-3 芝河岸の破壊

近までは逆に堆積が弱い傾向がみられている。河床部においてはかなりの河床低下を確認することができる。これらの結果は図-3に示す芝表面の状況調査結果と一致している。また、この変化量は時間経過に伴い増幅傾向にある。ここでせん断力分布の時間変化に着目してみると時間経過に伴いせん断力の大きな箇所とせん断力の小さな箇所との差が広がる傾向にある。このため安定河岸を想定した場合、長時間通水による河岸斜面破壊の危険性を含んでいるという結論を得る。

5. 浮遊砂の堆積と並列せん流の影響

前節で堆積および浸食箇所が区分された層が出現したことについて検討を行う。本来ならば裸地実験のようにせん断力の大きな箇所で浸食が生じ、せん断力の小さい箇所で堆積傾向がみられるはずであるが、今回の芝実験の結果により求めたせん断力分布によると $D = 2.6m$ 付近ではせん断力が大であるにもかかわらず浮遊砂は堆積傾向にある。さらに、せん断力の小さい $D = 3.0m$ 付近で堆積が弱い傾向にあり、裸地実験と逆の傾向がみられた。このように河岸に浮遊砂が堆積したことの原因として、横断方

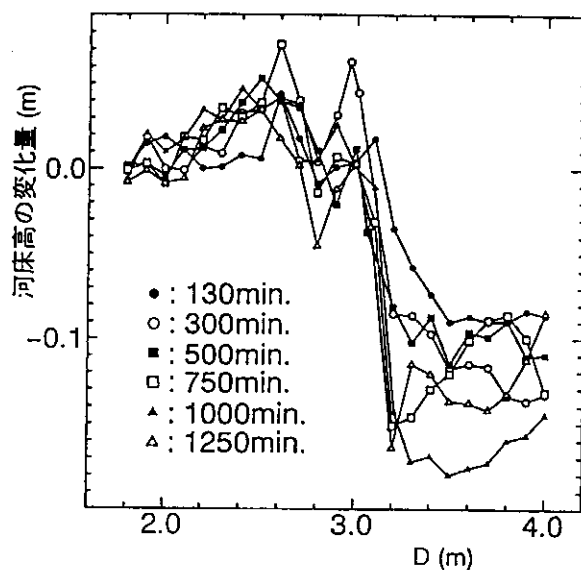


図-5 河岸斜面および河床の変化量

向の濃度差による浮遊砂拡散と二次流の発生による移流の二通りが考えられる。これらについて以下で考察をおこなう。

図-5の $d = 2.6m$ の付近で明瞭な堆積ピークが現れていることは浮遊砂の拡散現象のみでは説明がつかないものであり、芝により河岸の浸食が抑えられたことにより発生した並列螺旋流の影響によるものと考えられる。流速測定の結果は一例として図-6に300分通水時の横断方向及び鉛直方向の流速成分から流速ベクトル図を示す。横断方向 v 、鉛直方向 w 成分の流速ベクトルは、測定時において必ずしも同傾向を示していないが、螺旋流が発生していることを示している。一方、目視による水面形のスケッチを図-7に示す。この図において軽石等のゴミが浮遊する縦筋が $D = 2.9m$ の付近で生じておりこの箇所で沈み込み水流が発生していることが想定できる。

斜面、河床の横断面形状および図-7の目視による水面流況のスケッチから図-8のような断面内部の流況スケッチが描ける。図-8から $d = 2.5m$ 、 $3.6m$ 付近の螺旋流のわき上がり現象が生じている部分で浮遊砂の堆積が見られている。また、この中間点付近でしずみ込み水流

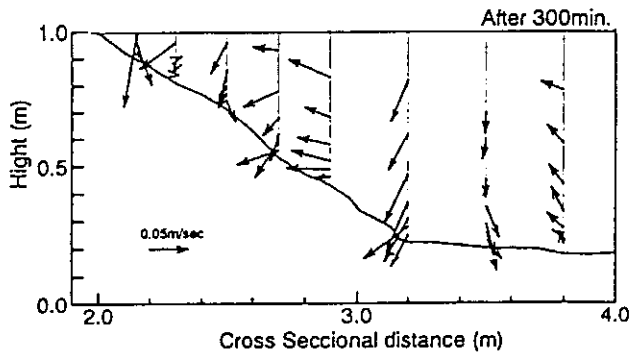


図-6 流速ベクトル ($v-w$)

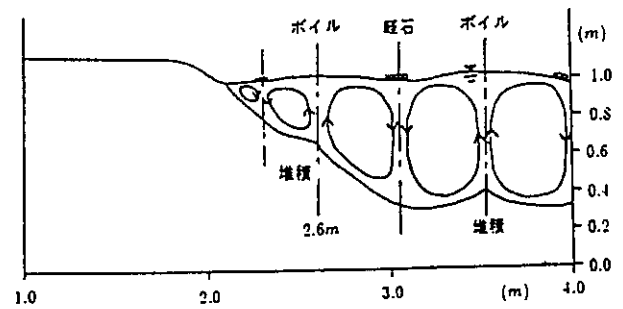


図-8 断面内部の流況のスケッチ

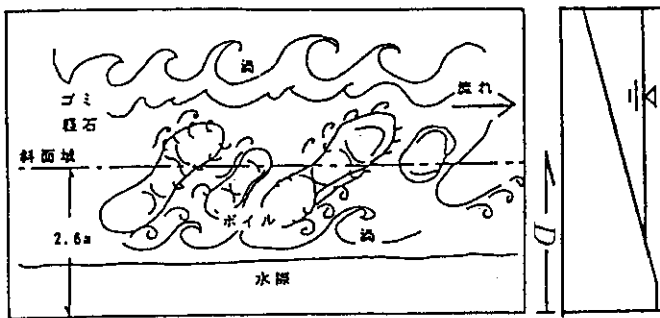


図-7 水面流況のスケッチ

によるものと思われる浸食傾向がみられており第3節での図-3に表れた芝斜面の堆積、浸食傾向の区分および、横断面形状の時間変化に対する説明が付く。

このため安定河岸の問題を考えるときには横断方向のせん断力分布や浮遊砂の拡散による影響の他にも、各箇所におけるせん断力の違いから発生する並列螺旋流も考慮に入れる必要がある。

5.1 浮遊砂の横断拡散による堆積

浮遊砂の拡散のみの影響を確認するため、まず並列螺旋流の影響を取り込まないモデルによる検討を以下で行う。

平均河床面に沿い流下方向に x 軸、右岸に向かって y 軸、鉛直上向きに z 軸をとれば、定常状態における浮遊砂濃度 c の移流拡散方程式は(2)式ようになる。ただし、 x 軸方向に平衡状態が生じているものとして、その方向の項

は省略している。

$$-\frac{\partial(vc)}{\partial y} - \frac{\partial(wc)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) = 0 \quad (2)$$

ただし、 v, w は断面内の二次流流速、 ϵ_y, ϵ_z は y, z 方向の拡散係数。ここで、断面内の二次流が全く存在しないものと仮定し考えると、 $v = 0$ 、 $w = -w_0$ (浮遊粒子の沈降速度) とおくことができ、以下の式が得られる。

$$w_0 \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$

(3) 式を河床面 ($z = \zeta$) から水面 ($z = \zeta + h$) まで積分すると次式となる。

$$\frac{\partial}{\partial y} \left\{ -\epsilon_y \frac{\partial}{\partial y} \int_{\zeta}^{\zeta+h} c dz - \epsilon_y c(\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right\} = q_u - w_0 c(\zeta) \quad (4)$$

ただし、 q_u は浮遊砂巻き上げ量、浮遊砂底面濃度。ここで、濃度分布として次式を仮定する。

$$c(z) = c(\zeta) \exp \left(- \int_{\zeta}^z \frac{w_0}{\epsilon_z} dz \right) \quad (5)$$

(5) 式を(4)式に代入すると次式が得られる。

$$\frac{\partial}{\partial y} \left\{ -\epsilon_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\epsilon_z}{w_0} c(\zeta) \right) - \epsilon_y c(\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right\} = q_u - w_0 c(\zeta) \quad (6)$$

一方、掃流砂は存在していないので流砂連続の式は以下ようになる。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{1}{1-\lambda}(q_u - w_0 c(\zeta)) \quad (7)$$

ただし、 λ は空隙率、 t は時間。ここで、底面濃度を次式のように表す。

$$c(\zeta) = \alpha \left(\frac{u_*}{w_0} \right)^4 = \alpha \frac{(gI \cos \theta)^2}{w_0^4} h^2 \quad (8)$$

ただし、 α は係数、 u は摩擦速度、 I は水面勾配、 g は重力加速度。これを(7)式とともに(6)式に代入して整理すれば次式のようにになる。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda} \frac{\alpha \epsilon_y (gI \cos \theta)^2}{w_0^4} \left[h \left(\frac{2\epsilon_z}{w_0} - h \right) \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \left(\frac{2\epsilon_z}{w_0} - 2h \right) \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (9)$$

この式から、浮遊砂拡散のみによる側岸堆積のおおよその性質を知ることができる。ただし、今回の実験のように側壁がほぼ直線を保っている場合には、

$$\frac{\partial h}{\partial y} = \tan \theta, \quad \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

とみなし、次式のようにさらに簡単になる。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda} \frac{2\alpha (gI)^2}{w_0^4} \left(\frac{\epsilon_z}{w_0} - h \right) \sin^2 \theta \quad (10)$$

(10)式によれば、堆積は水深が ϵ_z/w_0 より浅い側岸において生じ、沈降速度が小さい(粒径が小さい)程、また水面に近い程堆積速度が大きい。ここで、池田ら⁴⁾により浮遊砂の鉛直拡散係数を $\epsilon_z = 0.077 u_{*0} h_0$ にて与えると堆積条件は次式となる。

$$\frac{h}{h_0} < 0.077 \frac{u_{*0}}{w_0}, \quad u_{*0} = \sqrt{gh_0 I} \quad (11)$$

実測値を与えて拡散による側岸堆積の可能性について検討する。実験の水面勾配は300分ま

でとそれ以降でかなり異なっているので分けて扱うこととし、それぞれ $I = 1/440, I = 1/600$ とする。浮遊砂粒子の粒径は場所によってことになっており、水際に近いところで細かく、河床に近くなると粗目になっている。そこで水際近傍、中間部分、河床近傍のそれぞれで得られた粒度分布資料より求めた d_{50} を代表粒径として計算を行った。これらによる(11)式の右辺の計算結果を表-3にまとめて示す。

表-3 浮遊砂堆積可能水深

	d 0.09mm	d 0.15mm	d 0.23mm
$I = 1/440$	1.34m	0.56m	0.32m
$I = 1/600$	1.17m	0.49m	0.28m

この結果、微細な砂は側岸の全面に堆積し、中間的な粒径の砂は水面から5割程度の深さまで、粗目の砂は3割程度までそれぞれ堆積し、これより深い側岸部では浸食に転ずることが分かる。水深が小さい場所程堆積速度が大きいという性質を併せ考えると、一般に拡散による堆積は側岸上部ほど生じやすく、厚くなるものといえる。

また、存在割合について実測値との比較検討を行うこととする。浮遊砂が存在する場合の斜面上における粒子の存在割合 P_{Bi} は、長谷川ら⁵⁾により(12)式で表される。

$$P_{Bi} = \frac{P_{Bi0}}{(1 - \tan \theta \cdot y_*)^2} \cdot \exp \left(-\tan \theta \cdot \frac{13w_{0i}}{\beta' u_*} y_* \right) \quad (12)$$

ただし、 P_{Bi} :粒径(i)における存在割合、 θ :横断方向斜面傾斜角、 y_* :横断方向距離を中央水深で無次元化した値、 w_{0i} は粒径 i に対する沈降速度、 $\beta'_i = \frac{2.12}{(1-\omega)} \frac{w_{0i}}{u_*}$ 、 u_{*i} :摩擦速度、 ω は吉川・石川⁵⁾による(13)式から繰り返し計算により求めた値である。

$$\omega(2-\omega) = \exp \left(-1.77(1-\omega) \frac{w_{0i}}{u_*} \right) \quad (13)$$

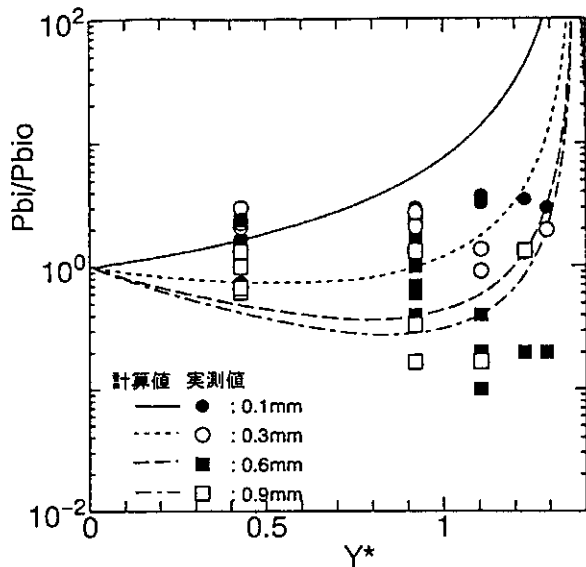


図-9 芝河岸斜面上で平衡状態での理論値と実験値との比較

図-9 は 1250 分通水後の芝河岸斜面に堆積した浮遊砂の各粒径に対する存在割合の実験値を (12) 式で表される理論値と比較したものである。縦軸は代表粒径の存在割合を河床部におけるその値で除した値、また横軸は河岸斜面と平坦河床との接点を原点とし水深で無次元化した水際方向に向かう横断方向距離である。なお、各代表粒径は 0.1, 0.3, 0.6, 0.9mm とした。理論値は実験値の傾向を示している。しかし、実験では巻き上げが生じるので理論値は、実験値に比べ細砂粗砂ともに存在確率が大きめに算出される。特に水際付近において実験値のほうが粗い粒子の存在確立が少ない傾向がある。

6. おわりに

今回の実験は総通水時間 1250 分であった。この通水時間は河川の直線部分の高水敷に 1-2 日程度水が乗り上げた場合に相当する。このことから河道の湾曲や砂州の発生等他の条件を考慮する必要があるが今回の実験条件下では、ほぼ芝による高水敷河岸の維持が可能であるといえる。しかし、安定河岸を考える場合、時間経過に伴いせん断力の大きな箇所とせん断力の

小さな箇所との差が広がる傾向にあることが確認され、時間経過に伴いせん断力差により生じた螺旋流の強度が増し、並列螺旋流の強い箇所（芝斜面と河床との境界）で河床洗堀による河岸破壊が生じることが考えられる。また、芝の生育の支障となる河岸に堆積した浮遊砂について理論式を用いて比較を試みた。その結果水際付近において実験値のほうが粗い粒子の存在確立が少ない傾向が見られた。これは、理論値には並列螺旋流の影響を取り込んでいないことに起因すると思われる。芝等で河岸浸食がおさえられ並列螺旋流が発生する場合は、この影響を取り込んだモデルの開発が必要である。

参考文献

- 1) 柿沼孝治・福岡捷二ら；流水に対する野芝の浸食抵抗, 平成 5 年度土木学会年次学術講演会論文集, pp.566 - 567, 1993, 9
- 2) 金高州吾・渡邊康玄・長谷川和義・亀田祐二；大型火山灰流路を用いた側岸浸食実験, 水工学論文集 第 37 巻 (1993, 2)
- 3) 芦田和男・道上正規；移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集 第 206 号, 1972, pp.59 - 69
- 4) 池田駿介；浮遊砂の横断方向拡散係数について, 土木学会論文報告集 No.434/2-16, 1991, pp.47 - 55
- 5) 長谷川和義・水子龍彦・石川 伸；分級効果を考慮した鉛直及び横断方向浮遊砂拡散に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 2 - 14
- 6) 吉川秀夫・石川忠晴；流砂運動のモデル化それに基づく流砂量の算定法について, 土木学会論文集, 第 296 号, 1978
- 7) 福岡捷二；河岸浸食と植生護岸, 土砂移動現象に関するシンポジウム論文集, 1992, 3
- 8) 池田駿介・Gary PARKER・千代田将明・木村善孝；直線礫床河川の動的横断安定

形状とそのスケール, 土木学会論文集, 第
375号/2-6, 1986,11

9) 竹本成行・渡邊康玄・長谷川和義・亀田

祐二 (1992) ; 火山灰流路の側岸浸食過程
に関する研究, 土木学会北海道支部論
文報告集 第48号 1992,2

*

*

*