

II-272

水路床に敷かれた薄い植生層が細粒土砂堆積に果たす役割

建設省土木研究所 正会員 塚原隆夫

建設省土木研究所 正会員 宇多高明

建設省土木研究所 正会員 藤田光一

1. はじめに

シルト粒径以下の細粒土砂は、河口近くなどの低流速域を除いてウォッシュロードとして挙動し、河床変動に寄与しないと考えられてきた。しかし、自然堤防帯の河川の高水敷の形成が主として、このようなウォッシュロード成分である細粒土砂の堆積によるものであることがわかってきた¹⁾。そして、このような細粒土砂の堆積が、植生がない状態では水理的に説明できず、水路の一部に非水没の植生群があることである程度説明できることがわかってきた¹⁾。しかし、実際の河道では、非水没の植生だけでなく、背が低いためあるいは倒伏するため洪水時に水没し、水深に比べて相当小さい厚さの植生群が水路床に敷かれた状態になることも多くある。そこで、このような状態の植生が、細粒土砂を堆積させる効果があるのかを実験的に調べた。

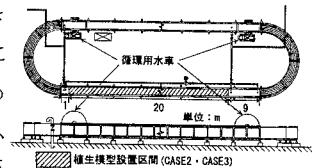


図-1 実験装置

表-1 実験条件

実験ケース	植生模型
CASE1	設置なし
CASE2	高さ 5cm
CASE3	高さ 10cm

2. 実験方法

図-1に示すように流体が循環する水路の一部の底面に、水路全幅 (0.5m)、縦断方向 20m にわたり植生を模擬した多孔質体 (空隙率 91%) を敷き詰め、静水状態での水深を 50cm として表-1に示す各ケースで同じ流量になるように水を循環させた。そして、それぞれの CASE について図-2の粒度分布をもつ細粒土砂 (関東ローム) を投入して十分に循環させて、土砂濃度が平衡になるようにした (初期濃度: CASE1 1.881kg/m³ (水路床から 10cm), CASE2 1.658kg/m³ (植生領域上流端の植生上面), CASE3 1.736kg/m³ (植生領域上流端の植生上面))。土砂濃度が平衡になったことを確認の後、流速、水位、土砂濃度、堆積厚さをそれぞれ計測した。なお、CASE2,3 については、初期平衡濃度をつくる間中、植生模型の表面を不透水シートで覆っておき、植生模型表面のシートを一気にはずしてから測定を開始した。

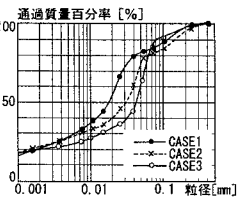


図-2 粒度分布

3. 実験結果および考察

3-1. 流速場 図-3はそれぞれの CASE における植生模型上流端から 5m 下流の位置 (CASE1 については CASE2,3 と同じ位置) での流速の鉛直分布を示している。これらの流速分布から、土砂堆積にとって重要な指標である底面摩擦速度を CASE1~3 について算出すると、それぞれ 2.52×10^{-2} , 3.66×10^{-3} , 3.36×10^{-4} (m/s) となり、順に 1 オーダずつ低下していることがわかる。このことから、植生が水路床上にたとえ薄くてもある場合、ない場合に比べて底面摩擦速度つま

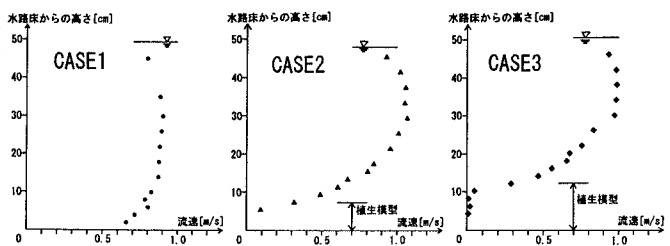


図-3 流速の鉛直分布 (植生領域上流端から 5m 下流)

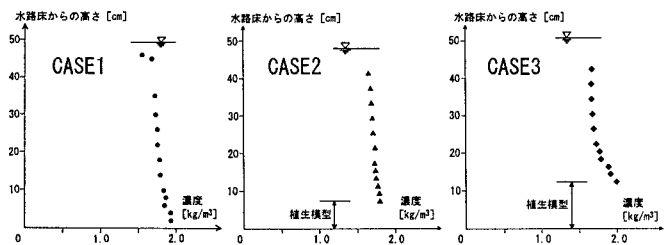


図-4 土砂濃度の鉛直分布 (植生領域上流端から 5m 下流)

り底面せん断力を大幅に低減することとなり、さらに植生の高さが高くなると、より底面せん断力を低下させることが定量的に認識される。

3-2. 土砂濃度・堆積状況 図-4はそれぞれのCASEの図-2と同じ位置における土砂濃度の鉛直分布を示している。CASE1の鉛直分布はほぼ様な値を示しており、この濃度のもとで48時間後の堆積状況を観察した結果、土砂が堆積した形跡は見られなかった。ここで、底面近傍の土砂濃度 C_b 、細粒土砂の沈降速度 w_0 、河床からの細粒土砂の浮上能力 $q_{ub}(q_{ub}$ はItakura-Kishiの式²⁾から求める)から土砂堆積の有無の指標となる $(C_b w_0 - q_{ub})$ を求めた。その結果、細粒土砂に含まれるすべての粒径について

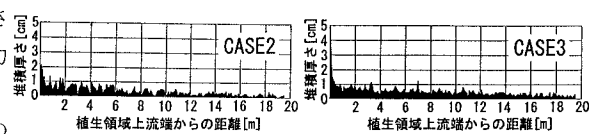


図-5 土砂堆積厚さの縦断変化

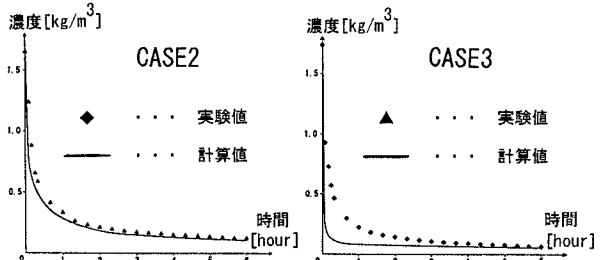


図-6 土砂濃度の時間変化

て $C_b w_0 < q_{ub}$ となり、このことから細粒土砂はウォッシュロードとしての性質を持っており、植生がない場合には細粒土砂は堆積しないことがわかる。さらに、CASE2,3についても $(C_b w_0 - q_{ub})$ を計算すると、CASE2では35%粒径以上、CASE3では全粒径で $C_b w_0 > q_{ub}$ となる。これは、植生のために底面せん断力が著しく低下し、そのため浮上能力が低下したためであり、その結果図-5のように植生模型内に土砂が堆積することになる。つまり、たとえ植生層が水没し非常に薄くても、植生によって土砂浮上能力が細粒土砂の沈降の影響より小さくなるまで底面せん断力を低減することができれば、ウォッシュロード的挙動をしていた細粒土砂は堆積することになる。なお、図-5は植生領域上流側に細粒土砂が多く堆積し、下流に向かうに従って堆積厚さが減少するという興味深い結果を示している。これは、①上流側の方が土砂濃度が高いこと、②土砂濃度が高い方が $C_b w_0$ が大きく堆積しやすいこと、の理由から起こるものと考えられるが、さらに理論解析や数値解析などを通じて定量的に把握する必要がある。次に、このような植生による細粒土砂堆積過程を簡単にモデル化することを試みた。ここでは、初期濃度を与えその時間変化について①実験事実から細粒土砂堆積は植生領域のみに起こる、②一度堆積したら再浮上はしない、③式(2)中の α は1とする、水深の流下方向変化無視、という仮定の下、以下のように微分方程式を立て、解を求める。

$$bl_l H \cdot \frac{dc}{dt} = -bl_w c_b \cdot dt \dots\dots\dots(1), \quad c_b = \alpha \cdot \bar{c} \dots\dots\dots(2), \quad \bar{c} = \bar{c}_0 \exp(-\alpha w_0 l_t / H l_l) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 c ：鉛直平均濃度、 c_0 ：鉛直平均初期濃度、 c_b ：底面濃度、 b ：水路幅、 $l_l (=76.7\text{m})$ ：水路全長、 l ：植生区間長、 H ：水深、 w_0 ：土砂粒子の沈降速度、である。図-6はCASE2,3における初期濃度からの時間変化の実験値と(1)の計算値を示している。(1)の計算値については、平均粒径で計算すると実験値より大幅にずれるので、1)図-2の粒度分布を考慮し、各粒径の濃度成分の和として求める、2)実験中の観察から、ウォッシュロードは最大粒径を超えない範囲で図-2の粒度分布より粗粒化している、と仮定して求めた。この仮定のため、両CASEの実験値、および各CASEの実験値と計算値を単純に比較することはできないが、図-6およびこれまでの考察から次のようなことがわかる。①両CASEの実験値を比較すると植生高さの高いCASE3の方が濃度の減少が早い。これは、CASE3の方が浮上能力が低く（全粒径にわたり0）、堆積速度が大きいためである。②CASE2において、計算値の方が実験値より小さい。これは、計算値が再浮上の効果を無視しているためと考えられる。③CASE3において、初期で計算値が実験値より大きく下回る。これは、2)の仮定が不十分であったことによるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 藤田光一・J.A.Moody・宇多高明・R.H.Meade：川幅縮小機構についての考察—パウダー川と川内川の観察結果から—、河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，2，pp.183-190.，1995.
- 2) Itakura, T. and Kishi, T. : Open channel flow with suspended sediments , Proc. ASCE , Journal of the Hydraulics Division , 106, HY8, 1325-1343, 1980.