

II-305

中州上の植生群落が洪水に及ぼす水理学的効果*

東北大学 学生員 本堂 亮†
 東北大学 正 員 泉 典洋
 東北大学 正 員 田中 仁

1. はじめに

仙台市の広瀬川愛宕大橋付近には発達した中州が存在する。この中州は密生した植生で覆われ、貴重な鳥類の生息地となっている。河川の自然環境の重要性が叫ばれる昨今、このような中州を保存することは河川工学にとって重要な課題である。

本研究はこの中州の中州形状、植生の種類等を調べると同時に、出水時における中州の水理学的特性を数値モデルによって明らかにするものである。

2. 中州のゾーニング

図1に中州周辺地形のコンタを示す。図を作成に当たっては、宮城県によって昭和55年及び平成9年に行われた測量結果を用いている。さらに中州上の植生分布を知るために現地調査を行ない、植生密度、植生種類などによりゾーニングを行なった。その結果を図2に示す。また各ゾーンの調査結果を表1に示す。中州上の植生群落を構成しているのは主としてカワヤナギ、シロヤナギであり、中州の下流側で植生密度が高くなっていることがわかる。

3. 支配方程式

中州が洪水流に及ぼ影響を知るために、流れの数値計算を行う。支配方程式として次式で表わされる連続式及び浅水方程式を用いる。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho D} + \Phi_x \\ - \epsilon_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \epsilon_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad \dots\dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho D} + \Phi_y \\ - \epsilon_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \epsilon_y \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0 \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで u, v : 流速, η : 水位, D : 全水深, τ_x, τ_y : 底面剪断力, Φ_x, Φ_y : 植生が流体に及ぼす抗力, ϵ_x, ϵ_y : 運動量拡散係数である。運動量拡散係数としては次式を用いる¹⁾。

* キーワード: 植生, 中州, 洪水, 数値計算

† 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉

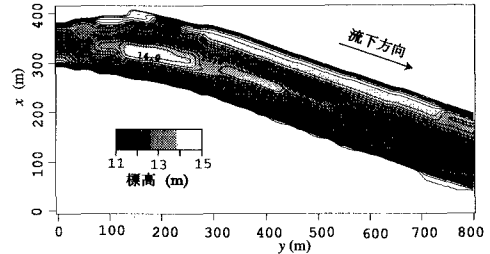


図1 地形コンタ

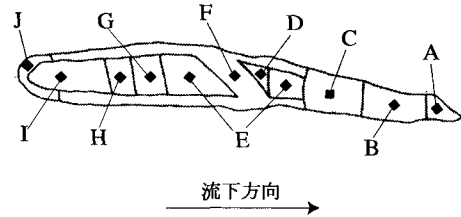


図2 中州ゾーニング図

$$\epsilon_x = \epsilon_y = 0.6u^* D \quad \dots\dots (4)$$

τ_x 及び τ_y は Manning 則を用いて次式で表わされる。

$$(\tau_x, \tau_y) = \rho g n^2 (u^2 + v^2)^{1/2} D^{-1/3} (u, v) \quad \dots (5)$$

植生が流体に及ぼす抗力は抗力係数 $C_D (= 1)^{2)}$ を用いて次式で表わされる。

$$(\Phi_x, \Phi_y) = \frac{1}{2} \rho C_D a D (u^2 + v^2)^{1/2} (u, v) \quad \dots\dots (6)$$

ここで a は単位底面積当りに存在する植生の幅の合計であり, aD は単位底面積当りに存在する植生の投影面積に対応している。また a の値としては表1のゾーンごとの値を用いた。これらの式を Leap-Frog 法により差分化し流れの数値計算を行った。

4. 計算条件

河床条件を固定床とし、粗度係数 $n = 0.033$ を用いた。また洪水流量としては過去15年間に起こった最大流量 $Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ を用い、定常状態になるまで計算を行った。

表 1 各ゾーンの特徴

ゾーン	密度 (本/m ²)	a (m ⁻¹)	植生種
A	2.89	0.0967	カワヤナギ, シロヤナギ
B	0.88	0.0867	カワヤナギ, シロヤナギ
C	0.33	0.0378	カワヤナギ, シロヤナギ
D	0.33	0.0378	オニグルミ, ツツラフジ
E	裸地	0	—
F	0.24	0.0460	カワヤナギ, シロヤナギ
G	つた地	—	野ブドウ
H	草地	—	ヨシ
I	草地	—	アヅマネザサ
J	0.96	0.0672	カワヤナギ (低木)

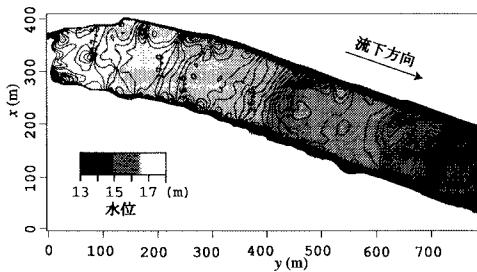


図 3 洪水時水位コンタ

5. 結果及び考察

図3に洪水時水位コンタを示す。洪水時には中州は水没することがわかる。図4に植生の有無による水位比較縦断面図を示す。図4より中州上及びそれより上流側では植生により1 m 程度の水位上昇が見られる。しかし中州エリア下流端より下流では、中州上の植生の有無による水位差がほとんど現れないことがわかる。

図5に植生密度の違いによる中州上流側の水位変化を示す。水位は植生密度の増加に伴い上昇し、ある一定値に漸近する傾向を示すことがわかる。これによって密度が現在の10倍になっても水位は3, 40 cm 程度しか上昇しない。これは植生の密度増加により中州領域が徐々に死水域となるためであると考えられる。

図6に植生密度の違いによる中州上の水位比較断面図を示す。植生密度が0あるいは0.1倍のとき、中州上で水位が著しく低下する様子が見られる。

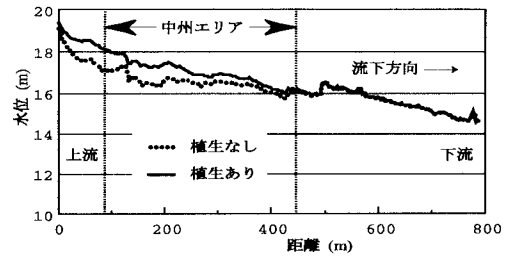


図 4 植生の有無による水位縦断面形の変化

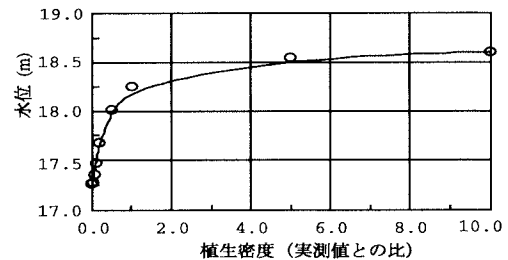


図 5 植生密度の違いによる水位変化図

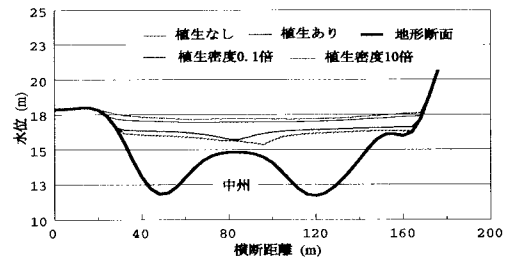


図 6 植生密度の違いによる水位横断面形の変化

6. おわりに

中州上の植生により中州エリア及びそれより上流側で1 m 程度の水位上昇が起こるが、中州より下流側では水位変化はほとんど現れないことがわかった。また植生密度が現在の10倍に達しても水位は3, 40 cm 程度しか上昇しないことが示された。

謝辞: 本研究は河川整備基金の助成を受けた。また宮城県土木部河川課及びパシフィックコンサルタンツ株式会社東北支社には河道地形のデータを頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Fischer, H. B., *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 5, 289-302, 1973.
- 2) Li, R. M. and H. S. Shen, *J. Hydraul. Div. ASCE*, 99(HY5), 793-814, 1973.