

II-164

低水路法線が洪水時の流れに及ぼす影響の検討

九州旅客鉄道(株) 正会員 貝瀬 弘樹
早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登

1 はじめに

複断面河道の弯曲部において低水路の位置を変えることが洪水時の流れにどのような影響を与えるのかについて、有限要素法による2次元浅水流の数値計算に基づいて検討した結果について述べる。

2 検討対象区間

検討の対象とした河道区間は図1に示す低水路移設区間である。現在はこの区間の低水路は左岸に沿って設置されているが、低水路を約70m河道の中心寄りに移し、左岸沿いに高水敷を設けることが計画されている。

本研究では、現在と計画の低水路法線の場合について有限要素法により洪水時の流れの数値計算を行ない、計算結果を比較することにより低水路法線が洪水時の流れに及ぼす影響について検討する。

なお、検討対象河川では以前に洪水流の航空写真撮影が行われており、洪水時の流れの水面の流速分布が得られているので、現在の低水路法線についての流れの数値計算結果を検証することができる。

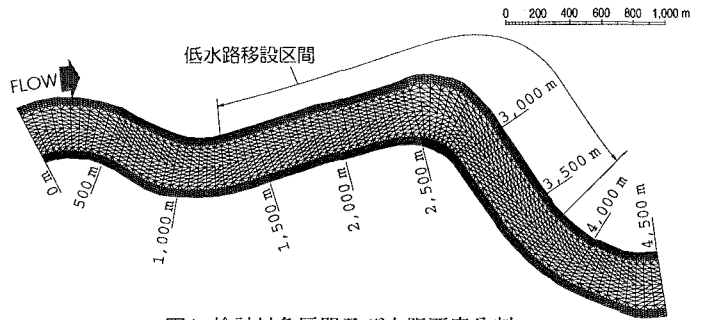


図1 検討対象区間及び有限要素分割

3 流れの支配方程式

本研究では、河道内の流れを2次元浅水流として扱い、支配方程式として次式を用いる。

連続方程式

$$\frac{\partial H}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(2\varepsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} - \frac{gn^2}{h^{4/3}} u \sqrt{u^2 + v^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(2\varepsilon \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \varepsilon \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} - \frac{gn^2}{h^{4/3}} v \sqrt{u^2 + v^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 u, v はそれぞれ x 及び y 方向の水深について平均化された流速、 H は水位、 h は水深、 g は重力加速度、 n は Manning の粗度係数、 ε は渦動粘性係数である。渦動粘性係数は $\varepsilon = C_\varepsilon u_* h$ により与える。ここに、 C_ε は係数であり、 u_* は摩擦速度である。

4 有限要素法による定式化

解析する領域を有限個の三角形要素に分割する(図1)。浅水流の支配方程式(1)~(3)に対して、重み関数をそれぞれ両辺に乗じて任意の領域について積分し、重み付き残差方程式に変換する。空間方向には、変量及び重み関数について同一の1次多項式による補間関数を用いて離散化する(Galerkin法)。また、時間方向の離散化に対して陽的な解法を用いることとし、時間積分法として Lax-Wendroff の方法による2段階陽解法を用いる。

5 洪水時の流れの数値計算

現在の低水路法線について、洪水時の航空写真撮影時の流れに対する数値計算を行ない、各計算断面における流速分布の計算値と実測値を比較して示すと、図2のようになる。図中の矢印は計算による流速ベクトルを表わし、実線は航空写真により測定された流速分布を表わす。計算条件は、流量 $2,570 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Manning の粗度係数は低水路 0.025、高水敷 0.030、渦動粘性係数を与える式の係数 C_ε は 7.0、選択係数は 0.95 とし、計算断面間隔は 50 m、計算時間間隔は 1 sec として定常解を求めた。境界条件としては、上流端断面で流量、下流端断面では水位を与え、

側岸においては non-slip 条件を用いた。各計算断面における流速の出発値としては、井田の方法による 1 次元不等流計算により求めた値を用いた。図2によると、計算値と実測値はほぼ一致することが分かる。

次に、同じ計算条件に対して、計画の低水路法線について流れの計算を行い、現在の低水路法線についての計算値と比較して示すと、図3のようになる。図中の矢印は計画の低水路法線についての計算による流速ベクトルを表わし、実線は現在の低水路法線についての計算による流速分布を表わす。図3によると、低水路の移設によっては右岸側の高水敷の流速は殆ど影響を受けないが、新たに低水路になる掘削部分の流速は若干大きくなり、左岸沿いに造成される高水敷の流速は小さくなる傾向がみられる。

低水路の移設により流速分布が影響を受ける断面の例として、図3の断面 A と断面 B について低水路の移設の前後における横断面図と流速分布を比較して示すと、図4のようになる。図4によると、断面 A では、低水路移設後は左岸に造成される高水敷の流速は小さくなり、新たに掘削される低水路部分の流速は大きくなることが分かる。断面 B では、断面 A と同様に、低水路移設後の流速は左岸に造成される高水敷で小さくなり、新たに掘削される低水路で大きくなるが、断面 B では左岸の高水敷の流速は 1 m/sec 以上になる。

断面 B の左岸の高水敷の流速を小さくするために、試みに断面 B の上流の左岸高水敷に水制を設置することを考え、その効果を調べるために行なった計算結果を図5に示す。図5によると、水制の効果は約 100 m 下流にまで及ぶことが認められる。水制の設置が断面 A 及び B の流速分布に及ぼす影響も図4に示した。これによると、断面 B では水制の設置により左岸高水敷の流速が小さくなることが分かる。

最後に本研究の遂行にあたり、貴重な資料を提供して下さいました関係各位に謝意を表します。

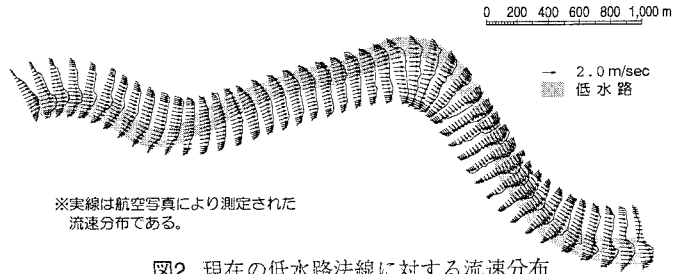


図2 現在の低水路法線に対する流速分布

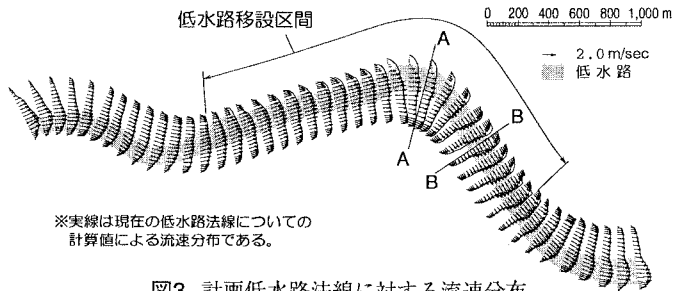


図3 計画低水路法線に対する流速分布

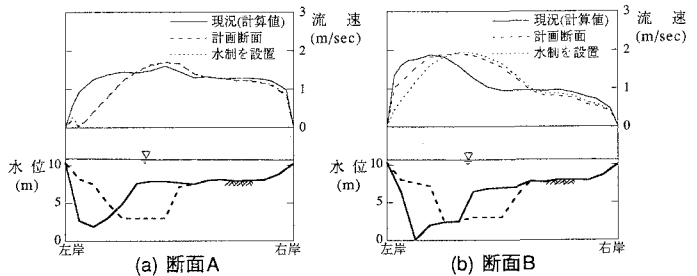


図4 低水路の移設前後の流速分布の比較

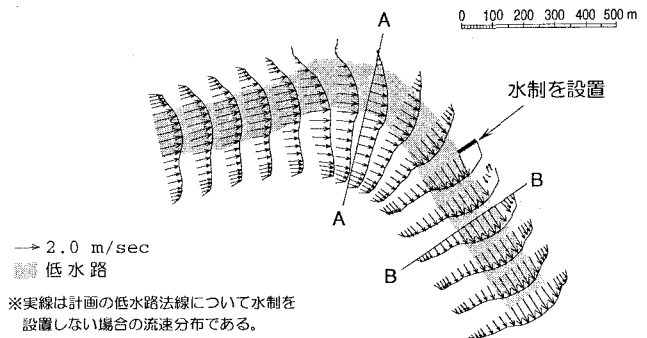


図5 水制の効果の検討