

愛媛大学大学院 ○大西賢司
愛媛大学工学部 門田章宏
愛媛大学工学部 鈴木幸一

1. はじめに

愛媛県西部の一級河川である重信川は、その水源を愛媛県温泉郡重信町東三方ヶ森に発し、図-1に示すように大小 74 の支流が合流し、道後平野を貫流して伊予灘に注いでいる。流域面積は 445km² である。幹線流路延長は、36km と比較的短く、急勾配河川と称される部類に属する。重信川の河口部は渡り鳥の重要な中継地となっており、その感潮部河床における干潟や砂州およびその上の植生の保全が必要となる。現在、重信川河口から約 1km 地点の川口大橋より上流地点における右岸側高水敷付近において、出水時における流下能力不足に関する治水水面での問題が挙げられており、流下能力が小さな箇所での越水氾濫、越水による破堤氾濫が懸念されている。

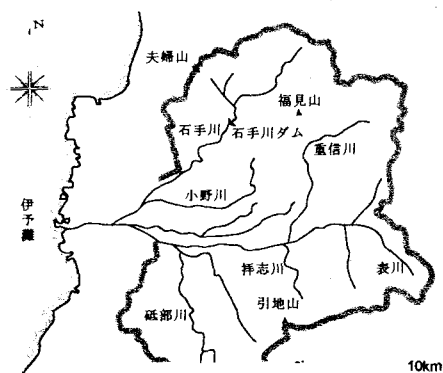


図-1 重信川流域図

そのため、通水断面を確保する方法の一つとして、高水敷を一部掘削し、通水断面を確保する方法が挙げられているが、これによる河口部での河床変動の違いを検討するのが本研究の目的である。

2. 計算条件

本研究では、重信川の河口から 2km を対象区間としている。この区間を、図-2に示すように横断方向、流下方向ともに約 10 ～20m の変化を持たせて有限要素メッシュで区切っている。また、1km 付近の右岸側高水敷を掘削する。各メッシュについては流路そのものが河口に向かって広がった形状を示しているため、長方形に近い台形有限要素メッシュで生成することとした。出水前の初期河床高は、200m 毎の実測横断測量結果および航空写真を用いて作成された河床地形図を用いて各分

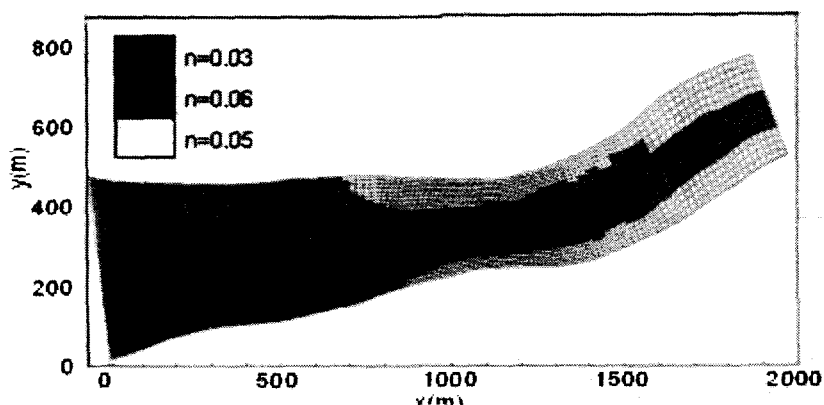


図-2 対象区間

割格子点上の中心上における河床高を補間・推定した。流量は、掘削前・掘削後ともに 1000m³/sec、水深は 4.0m としている。また、図-2には粗度係数の分布も示している。

3. 解析手法

本解析では、SMS を用い平面二次元解析に必要な水理諸量を求めている。河床変動は主として掃流砂の移動の場所的非平衡性によって決まる。従来多くの掃流砂量に関する式が提案されているが、ここではその式形が最も単純でしかも精度が良いとされる Meyer-Peter & Müller の式 (4) を用いて求める。

$$q_b = 8\sqrt{sgd^3}(\tau_{*e} - \tau_{*c})^{3/2} \quad (4)$$

ここに、 q_b : 流れ方向の単位幅流砂量、 s : 砂の水中比重 ($=\sigma/\rho-1$, σ : 砂の比重, ρ : 水の密度), d : 河床砂の平均粒径, $\tau_{*e}(=u_{*e}^2/sgd)$: 無次元有効掃流力, $\tau_{*c}(\approx 0.047)$: 無次元限界掃流力である。また、 u_{*e} : 有効摩擦速度であり、Manning の式から以下に示す式で求めている。

$$u_{*e} \equiv \sqrt{ghI_e} = \left(\frac{gn^2V^2}{h^{1/3}} \right)^{1/2} \quad (5)$$

ここで、 I_e : エネルギー勾配、 V : x 方向および y 方向流速成分を合成した全流速 ($=\sqrt{u^2+v^2}$) である。有限要素法では定義した座標とメッシュの方向は必ずしも一致せず、傾いてメッシュが生成される。このため、同図に示す各メッシュの傾きに沿った Control Volume を設定し、この区間における土砂収支を考えることにした。その結果、上式 (5) で得られた各計算点における全流砂量 q_b は、それぞれのメッシュに沿った成分に分け、以下に示す流砂の連続式に代入することで、その地点の河床変動量を求めている。なお、ここでは図に示すように各メッシュの主流方向を S 、横断方向を N として、それぞれ全流砂量をそれぞれ式 (6) で表される q_{bS} 、 q_{bN} に分け、その後各メッシュで構成される Control Volume) の流砂の連続条件を考え、流砂の連続式を差分化した式 (7) を用いて河床変動量 Δz を求めている。

$$q_{bS} = -q_b \cos \theta, \quad q_{bN} = -q_b \sin \theta \quad (6)$$

$$\frac{\Delta z}{\Delta t} = -\frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{q_{bS1} - q_{bS2}}{\Delta S} + \frac{q_{bN1} - q_{bN2}}{\Delta N} \right) \quad (7)$$

4. 結果

図-3(a) および (b) は、それぞれ二次元平面内の流況 u, v (m/sec) および水深 h (m) のコンターを示したものである。なお、以降に示す図は右側が上流としている。これらの図より、河口から 2km 地点の流入口においては、兩岸ともに高水敷の存在によって流路が狭く 2~3m/sec 程度の速い流れが形成され、下流側へ進むに従って流路が広がり河口付近では数十 cm/sec 程度の流速にまで減少することが分かる。特にこの傾向は、掘削前 (a) で顕著であり、流路が狭く通水断面が不足していることがこの流況の結果からも推察される。一方、掘削後 (b) の流況の分布では、掘削したために通水断面が広がり、この付近から流速が弱まっている。流向に関しても流路に沿った形で変化していることが確認できる。これにより掃流力が弱まり河床も安定すると考えられる

5. 結論

現在、重信川河口から約 1km 地点の川口大橋より上流地点における右岸側高水敷付近の流下能力不足に関する治水面での問題が挙げられている。本研究では、これに関して提案されている高水敷の一部掘削、通水断面の確保による影響について、有限要素法による平面二次元計算および河床変動計算を行い検討した。

結果として、河口から 1km 付近の右岸側高水敷では流路断面を拡張することにより、流速が弱まり、流向が流路に沿った形に変わり、掃流力および流砂量が減少する傾向が認められた。また、河床変動状況に関しては、流量 $Q=1000\text{m}^3/\text{sec}$ の結果では、河口から 1200m 付近の左岸側で洗掘が起きている領域の上流側への進行、河口から 1500m の堆積部が広がっている傾向、断面拡幅による流速の低下に伴って起きる掃流力の現象によりやや上流において堆積部が広がる傾向が挙げられるが、これらの変化は短期的にみて僅かな変化であり、感潮部である下流側の砂礫堆や植生域には殆ど影響がないと言える。ただまれに見る大出水が発生し、高水敷を十分上回る程度の水位に至った場合に限り、掘削区間の上流部の高水敷および低水路内の河床変動・下流部における砂礫堆およびその上流地点に影響を及ぼすことが推測される。

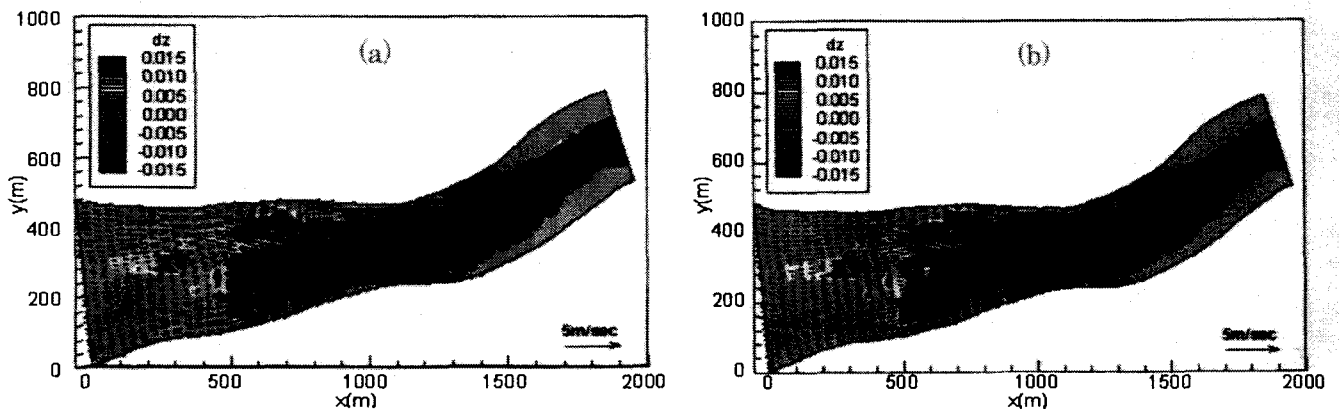


図-3河床変動量 Δz (m)