

## II-60 河口部の拡幅に関する実験

東北大学工学部 土木工学科 学生員 ○光成 康一  
東北大学工学部 土木工学科 正会員 田中 仁

1. はじめに： 先に著者らは仙台市七北田川を対象として，出水時の河口地形変化の数値計算を行ったが，拡幅過程を十分に表現するには至らなかった<sup>1)</sup>．そこで，本研究では，水理模型実験を行ない，流路の拡幅過程について実験的な検討をおこなった．

2. 実験装置および実験方法： 実験には，幅2.48m，長さ7.80mの長方形平面水槽を用いた．水槽内の上流部2.4mは河道部を想定して，幅を1.20mに狭めてある．海側の末端部には越流堰が設けられており，外海水位は一定に保たれる．水槽内にはほぼ一様な厚さで砂（中央粒径：0.46mm）を敷いた．河口部には，両岸から対称な砂州を張りださせ，初期の最狭部幅を40cm程度に設定した．

実験では，水路上端部より一定時間にわたり一定流量（ $Q=3.97$  l/sec）を流し，連続式砂面計を用い，初期地形，流水後15分，25分，および35分後の地形を測定した．また，実験中に適宜測定台車を走らせ，河道中央部水位の縦断分布も測定した．上記の実験条件のうち，底質粒径以外は先の数値計算<sup>1)</sup>の条件に近くなるよう，フルード相似則により定めたものである．実験中，上流からの砂の補給は行わなかった．

### 3. 実験結果

(1) 河口地形の変化と最狭断面形状の特性：図-1は砂面の等高線の経時変化を示したものである．基準面（ $z=0$ ）は河道部の底面にほぼ一致している．河口部が拡幅すると同時に，最狭部を僅かに過ぎたあたりが著しく洗掘されている様子がよくわかる．また，時間経過とともに，河口前面部のテラス地形が徐々に海側の方に伸びている．図-2は，初期地形および15分後地形の，水路中央部における砂面及び水面の縦断形状である．最狭部（ $y=175$ cm付近）において顕著な洗掘が認められる．また，最狭部の拡幅・洗掘に伴い，河口内水位の低下が見られる．

図-1の  $t=35$ 分には， $t=25$ 分の地形と比べた結果，砂の移動がほとんど見られないことを確認している．そこで，Lane<sup>2)</sup>により理論的に導かれた流路の安定横断形状，

$$\frac{z-z'}{h_k} = 1 - \cos\left(\frac{x-x'}{h_k} \tan\phi\right) \dots\dots(1)$$

と，測定された最狭部付近の横断面形状との比較を行う．ここに， $z$ ：河床高さ， $z'$ ：最深部の高さ， $h_k$ ：最深部の水深， $\phi$ ：砂の水中安息角， $x$ ：横断方向座標， $x'$ ：最深部の $x$ 座標である．実測された $\phi$ の値を用いると幾分幅の広い予測値を得る． $\phi$ の値を $36.7^\circ$ 程度にとると，実測値との対応が良好であり，この結果を図-3に示す．

(2) 河床部掃流砂量と側岸侵食量：次に，図-1に示した地形変化より，河床部の掃流砂量と側岸からの供給土砂量を定量的

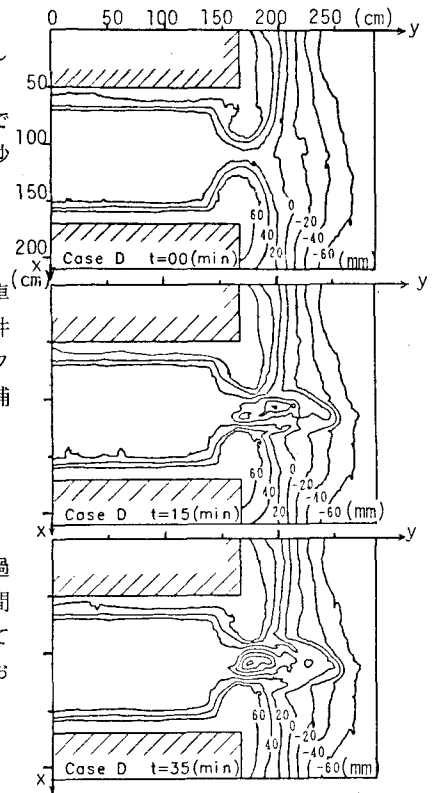


図-1 砂面等高線の変化．

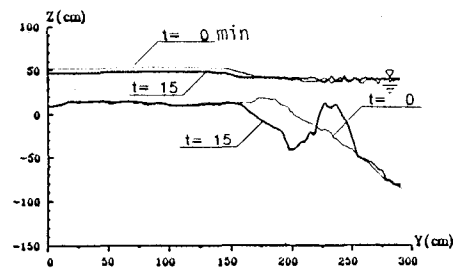


図-2 水路中央部の水面形と砂面形状．

に評価する。ここでは、簡便のために拡幅過程を一次元モデルにより表現する。この時、図-4に示すように初期流路を基準として座標系を定め、流路断面を台形に近似すると、流砂の連続の式は式(2)で与えられる。

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial Q_B}{\partial y} = q_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、B：水路幅、t：時間、λ：河床砂の間隙率の1/100、Q<sub>B</sub>：河床の全流砂量、y：流路縦断面方向の座標、q<sub>s</sub>：側岸から供給される土砂量である。上式中の側岸侵食量q<sub>s</sub>は、側岸が同じ傾きで推移すると仮定しているので、次式のように表現される。

$$q_s = -(D-z) \frac{\partial B}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、D：側岸の高さである。また、式(2)より河床部の単位幅当りの掃流砂量q<sub>B</sub>は次式から算出される。

$$q_B = \frac{1}{B} (1-\lambda) \int_{y_B}^y (q_s - B \frac{\partial z}{\partial t}) dy \quad \dots\dots (4)$$

ここに、y<sub>B</sub>：q<sub>B</sub>=0 となる点の座標 (y=149.5cm) である。実測された河床高さおよび水路幅の時間変化を式(3)、(4)に代入することにより、q<sub>s</sub>、q<sub>B</sub>が得られる。

図-5は無次元掃流砂量q<sub>B</sub>・(=q<sub>B</sub>/u・d)と、シ-ルズ数τ・との関係を調べたものである。ここで、底面せん断力は対数則より求めた。ただし、相当粗度として粒径を用いた。図中の○印および◇印は、それぞれt=0~15分、およびt=15~25分の地形変化から、河口部の洗掘の顕著な部分で断面の得られる範囲 (y=149.5cm~190.0cm) についてy方向の刻みΔy=0.5cmとして計算した値を1cm毎にプロットしたものである (河道部はほとんど洗掘されなかった)。図中には既に提案されている流砂量式も示した。実測流砂量は流下距離の増加とともに連続的に増加しており、下方に位置するものほど、上流側の実測値に対応している。○印のデータは従来の流砂量式に比較的近いが、最下流部付近で異なる傾向を示す。また、◇印のデータのうち、上流部のは○印の値に近いが、q<sub>B</sub>・≥5×10<sup>-2</sup>の範囲では左上がりの傾向を示し、従来の式から外れる。このような下流部における流砂量式からの離脱は砂移動の非平衡性に起因するものと考えられる。q<sub>s</sub>について同様な表示を行ったものが図-6である。図-5に比べてばらつきが大きい、傾向としてはq<sub>B</sub>より大きな値を有する。

4. おわりに： 河口砂州の拡幅過程はきわめて局所的な現象であるため、流砂の非平衡性の影響が大きい。今後、さらに研究を行い、二次元モデルに組み込む流砂量式について検討を行う必要がある。

謝辞：本研究を行うに際し、有益な助言を頂いた東北大学・首藤伸夫教授に謝意を表する。また、文部省科学研究費（一般研究(C)、代表：首藤伸夫）の補助を受けたことを付記する。

【参考文献】

- 1). 引地ら：出水による河口地形変化の数値計算，昭和63年度東北支部技術研究発表会講演概要集，1989。
- 2). Lane, E.W.: Design of Stable Channels, Trans. ASCE, Vol.120, 1955.

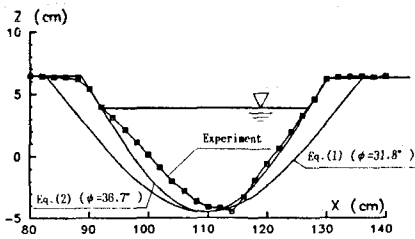


図-3 最狭部横断形状。

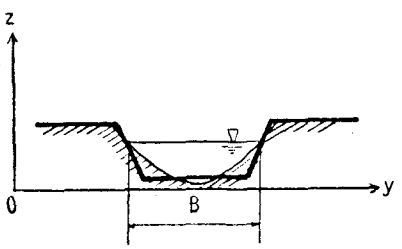


図-4 横断形状のモデル化。

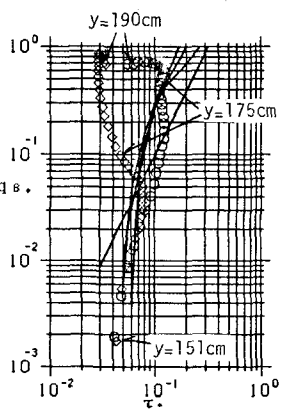


図-5 河床部の掃流砂量。

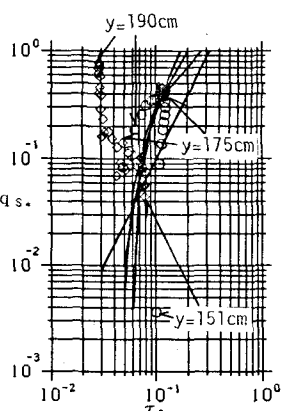


図-6 側岸侵食量。