

① 概説 橋脚前面に生じる局所的な深ぼれが、橋脚周辺に発生する馬蹄型渦によることは既に指摘されている。本報告はこのような渦による沈掘の機構を明らかにするため、水路中心断面における流れパターンのモデルを設定することにより渦近傍の流速分布を求め、さらに実験的に検討を加えたものである。

② 流れパターンのモデル化とその検討 水路中心断面において渦度の値も発散り値もともに渦軸に近づくにつれて増大する状態で分布するが、ここでは両者がともに渦軸の位置 (x_0, y_0) に集約されそれ以外の所では 0 であると仮定した。そうした場合、橋脚の存在による流れの三次元的な現象の影響は渦の強さに帰着されると考えられ、二次元ポテンシャル概念による解析が可能になる。渦軸における吸込の強さを m 、渦系の強さを K 、水深を H とするとき、流れ関数 ψ ならびに速度ポテンシャル ϕ は次のようになる。

$$\psi = (m/2\pi) \tan^{-1}(B/A) + (K/4\pi) \log(C+D^2), \quad \phi = (m/4\pi) \log(A^2+B^2) - (K/2\pi) \tan^{-1}(D/C)$$

$$A = a^2 \left\{ (\cosh \frac{x}{a} \cos \frac{y}{a} - \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a})^2 - \sinh^2 \frac{x}{a} \sin^2 \frac{y}{a} + \sinh^2 \frac{x_0}{a} \sin^2 \frac{y_0}{a} \right\}$$

$$B = 2a^2 (\cosh \frac{x}{a} \cos \frac{y}{a} - \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a}) \sinh \frac{x}{a} \sin \frac{y}{a}$$

$$C = \left\{ (\cosh \frac{x}{a} \cos \frac{y}{a} - \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a})^2 + \sinh^2 \frac{x}{a} \sin^2 \frac{y}{a} - \sinh^2 \frac{x_0}{a} \sin^2 \frac{y_0}{a} \right\} / E$$

$$D = -2 (\cosh \frac{x}{a} \cos \frac{y}{a} - \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a}) \sinh \frac{x}{a} \sin \frac{y}{a} / E$$

$$E = (\cosh \frac{x}{a} \cos \frac{y}{a} - \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a})^2 + (\sinh \frac{x}{a} \sin \frac{y}{a} + \sinh \frac{x_0}{a} \sin \frac{y_0}{a})^2$$

である。上式から水面および底面における流速 U_s, U_b 、および橋脚前面に沿う鉛直方向の流速 V_s はそれぞれ次のように求められる。

$$U_s = (-1/2\pi E) \sinh \frac{x}{a} (m \cosh \frac{x}{a} + m \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a} + K \sinh \frac{x_0}{a} \sin \frac{y_0}{a})$$

$$U_b = (-1/2\pi E) \sinh \frac{x}{a} (m \cosh \frac{x}{a} - m \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a} - K \sinh \frac{x_0}{a} \sin \frac{y_0}{a})$$

$$V_s = (1/2\pi E) \sin \frac{y}{a} (m \cos \frac{y}{a} - m \cosh \frac{x_0}{a} \cos \frac{y_0}{a} - K \sinh \frac{x_0}{a} \sin \frac{y_0}{a})$$

ここで、 (x_0, y_0) の値として実験でえられた値を用い、 $K/m = 1.0$ および 2.0 の場合について上式から計算した流れパターンと、実験的にえられたものとを比較して示した。図-1 が計算結

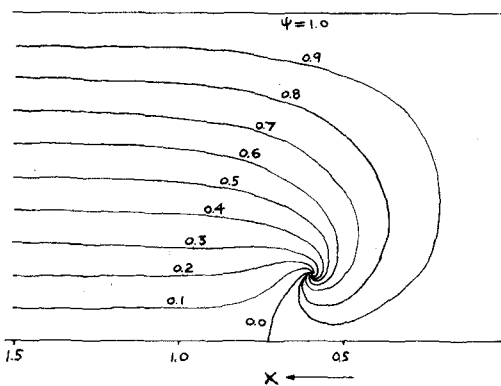


図-1 (a) 流れパターンの計算 ($K=1, m=1$)

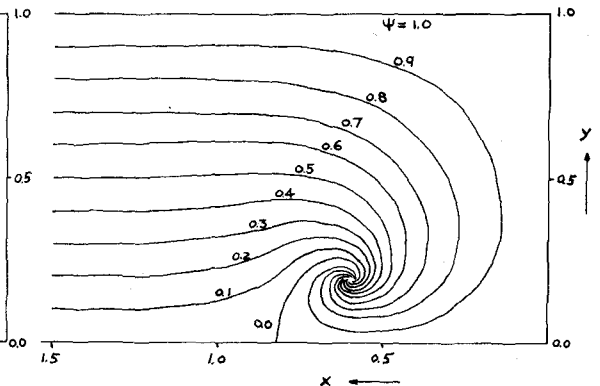


図-1 (b) 流れパターンの計算 ($K=2, m=1$)

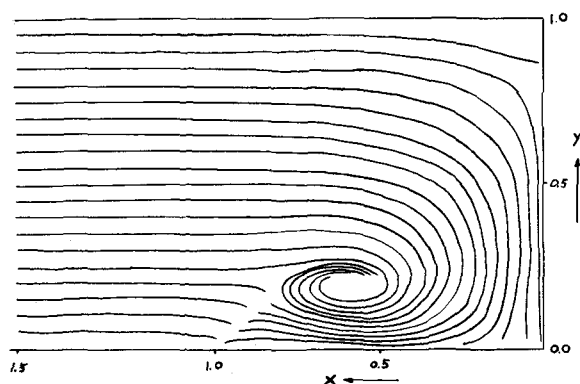


図-2 流れパターン(実験)

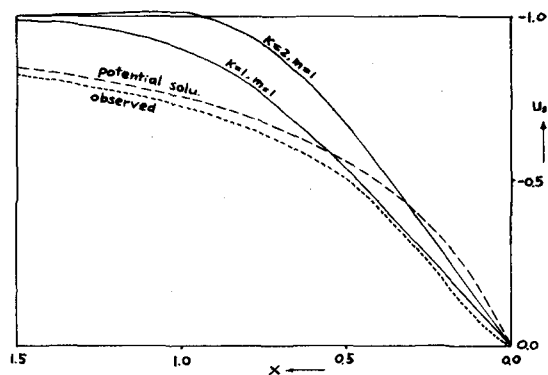


図-3 表面流速

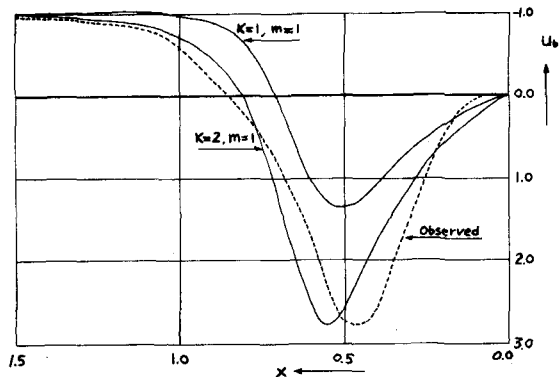


図-4 水路底面流速

果であり、図-2が実験結果である。両者の差異は主として渦度ならぬに発散を渦軸の位置に集約させた所によると考えられる。図-3は表面流速 u_s について解析値と実験値とを比較したものである。この図から、上と同じ理由により渦から隔った所では上記モデルによるより円柱周辺のポテンシャル解の方が適合することが認められるが、渦の近傍では計算値と実験値はよく適合することが認められる。図-4は水路底面における流速分布について計算値と実験値とを比較したものである。ただし実験値については水路底面においては一樣に0となっており、 $y=0.1$ における値をその高さに於ける接近流速で無次元化したものを用いている。流速の増減の狀態、はくり点の位置について、 $K=2$ の場合の計算値と実験値がよく合っていることが認められる。つぎに、図-5は橋脚前面に沿う流速 V_x の分布を示している。こゝでの実験値は、上と同じ理由に基づき、 $x=0.1$ での値を水面における接近流速で無次元化したものを用いている。この図についても、 $K=2$ の時計算値と実験値の適合度は、とくに渦近傍でよいことが認められる。

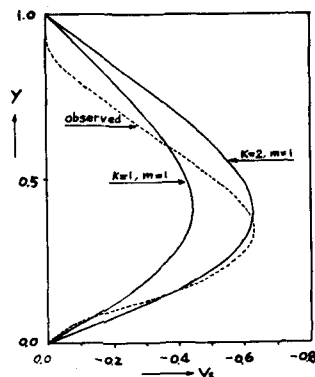


図-5 橋脚前面に沿う鉛直方向流速

③ 結論 固定床上に設置された橋脚の前面の流れパターンを水路中心断面においてモデル設定のもとに解析した。モデルとしては各種の仮定を含んでいるが、計算結果と実験結果を比較したところ渦の近傍では両者の適合性はよく、橋脚前面のはくり、逆流、下向き流れを数量的に把握する展望をえた。渦軸中心の位置、 K の値を解析的に求めるのが今後の課題である。本筆になりますが、本報告作成にあたり石原安雄防災研教授の有益な御助言をいただいたことに謝意を表します。