

橋脚まわりの三次元流れ解析

建設技術研究所 正会員 宮川 朝浩
 広島大学 正会員 福岡 捷二
 建設技術研究所 正会員 堀田 哲夫

1. はじめに

橋脚の水利的影響を検討するため、福岡ら¹⁾は工学的に有用な計算手法を開発した。このモデルは、静水圧分布を仮定し、流速の鉛直分布をフーリエ級数で近似していることから、本研究では、橋脚周辺の局所洗掘の推定において重要な橋脚前面の下降流を精度良く表現するために、乱流モデル²⁾を用い、橋脚前面の流れに関する数値解析の適用性の検討を行った。

2. 橋脚抽出模型実験への適用

流れの計算には、直交曲線座標系で示されるレイノルズ方程式と連続式を用いる。レイノルズ応力のモデル化は2方程式モデルの中でも最も実用的な $k-\epsilon$ モデルを用いる。橋脚周辺の流れの解析には、橋脚面での境界条件が必要となり、図-1に示す流速計算点で側面と同様に壁法則を用いる。

解析の対象となる模型実験は、建設省土木研究所の幅4m、長さ90mの移動床長方形直線水路において実施されたものである。橋脚模型は長さ1.0m、幅0.5m、半円形小判型の形状である。

図-2は計算に用いた橋脚周辺の平面メッシュ分割図である。計算点は、円柱周りのポテンシャル流の流れに沿って配置し、橋脚形状を表現した。橋脚の直下については、流れの剥離に伴う計算の不安定さを解消するために、試行の結果、実際の橋脚形状を若干修正して計算点の配置を行っている。また、水深方向には最深河床から水面までを均等に分割した。

図-3は橋脚前面の横断面（ $n-z$ 面）内における流速ベクトルの解析結果を示したものである。図中の断面番号はメッシュ分割図の番号と一致する。橋脚直前の断面17では橋脚の直上流において下降流が生じている。水面付近では流速値は小さく、鉛直下向きに次第に大きくなり最大で10cm/s程度の流速となる。下降流は河床に当たると左右に分かれ、河床付近の狭い範囲で渦状の流れを示していることがわかる。下降流は下流側の断面20においても発生しているが、さらに下流の断面23には下降流は消え、下降流の生じている範囲は橋脚前頭部の半分程度であることが推察される。

図-4は水路中央部の縦断面（ $s-z$ 面）内の流速ベクトルの分布図である。メッシュ分割図でみれば橋脚側面を通るメッシュに沿って表示したものである。橋脚前面では橋脚の流水障害により水平流速が減速されて水位上昇を招き下降流が発生している。下降流は河床付近において上流側と下流側の両方に向かい、上流側では流下方向に渦状の流れを示している。下流方向に向かうものについては、河床付近の流速増大に関与すると考えられるが、解析結果にはその傾向は特に認められない。

図-5には橋脚直上流の横断面内における静水圧からの圧力偏差を示した。下降流を生じている範囲では、圧力は静水圧よりも大きくなっていることがわかる。橋脚前面の河床付近では、静水圧より若干小さな圧力を示しているが、その領域は、流速ベクトルの分布において、渦状の乱れを生じている領域と一致する。

数値解析により得られた流速分布は、吉川ら³⁾や宇民⁴⁾が模型実験において計測した橋脚周辺の流れを、かなりの程度表現していると判断される。

3. おわりに

本研究では、橋脚周辺の流れに $k-\epsilon$ モデルを適用して、乱れの輸送や非静水圧分布を評価し、従来よりも精度の高い数値解析を行った。解析結果は既往の実験結果を定性的に表現していると判断され、橋脚周辺の流れに対する解析法の有用性が示された。

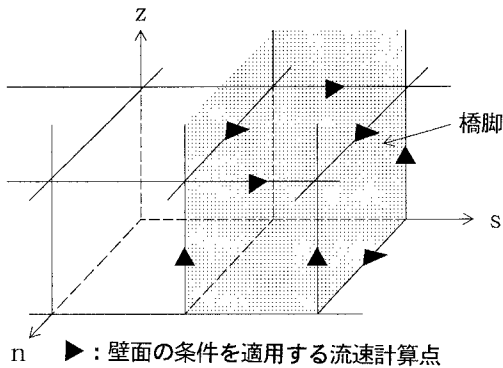


図-1 橋脚部における流速計算点の処理概念

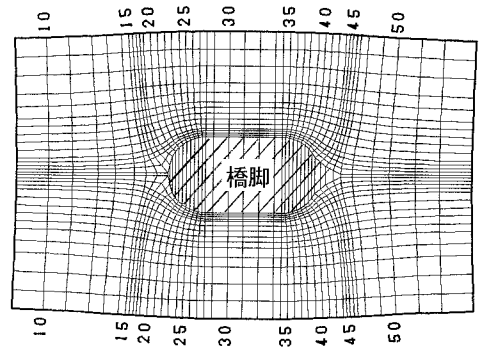


図-2 橋脚周辺のメッシュ分割図

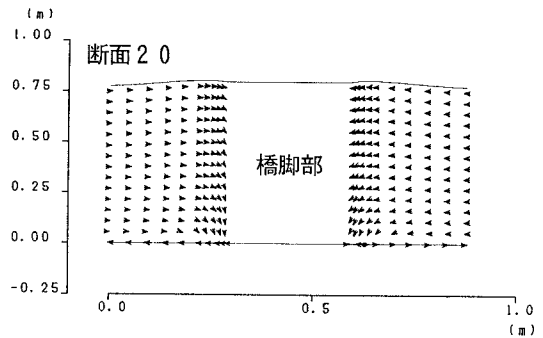
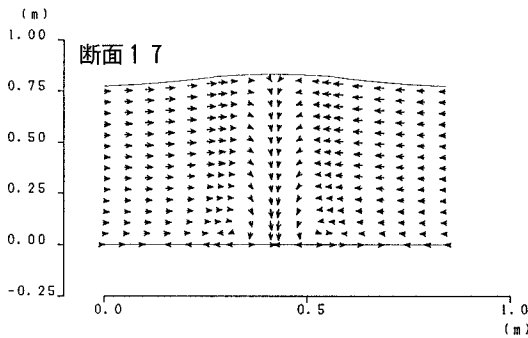


図-3 横断面内流速ベクトル 1.00 m/s

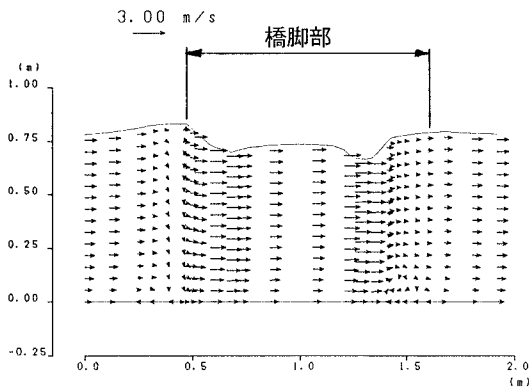


図-4 水路中央部縦断面内流速ベクトル図

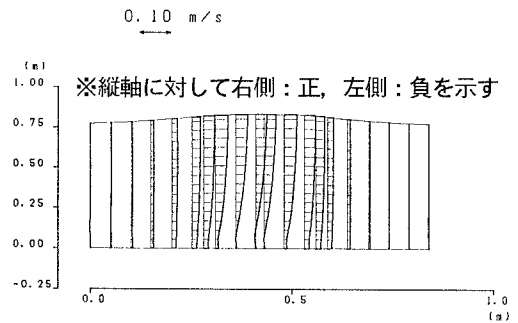


図-5 横断面内における静水圧からの偏差の分布図（断面17）

参考文献

- 1) 福岡・富田・堀田・宮川：橋脚まわりの局所洗掘推定のための実用的数値シミュレーションの開発，土木学会論文集，No.497，Ⅱ-28，1994.
- 2) 福岡・西村・三宮・藤原：緩傾斜河岸を設置した河道弯曲部の流れと河床形状，土木学会論文集，No.509，Ⅱ-30，1995.
- 3) 吉川・福岡・岩間・曾小川：橋脚の洗掘ならびにその防止に関する考察，土木学会論文報告集，No.194，1971.
- 4) 宇民 正：橋脚周辺の流れの機構と洗掘防止法に関する研究，京都大学学位論文，1975.