

京都大学工学部 学生員 ○高本 昌幸
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望

1. 序論

2017年台風21号の大雨により、大阪府富田林市新北橋の橋脚周りの洗掘防止工がめくれ上がる被害が発生した。この洗掘防止工は、河床勾配から算出される平均流速を基に設計していた。しかし、2019年に筆者が現場周辺を観察すると、当該橋周辺では土砂の堆砂などにより、河道内に流速差が生じていることが分かった。以上のことから、洗掘防止工の設計・設置時は、局所的な流れを推測し、より精度の高い高水時の流速を算出する必要があると考えられる。

本研究は、橋脚周りの洗掘防止工の流失現象に着目し、洗掘防止工の流失現象の原因を明らかにすることを目的とする。従来の設計法を参照した後、米山らのVOF法を用いた三次元数値解析法^[1]を応用し、橋脚周りの三次元流速分布を用いて、洗掘防止工の力学的安定照査で用いる流速が平均流速を上回らないか検討を行った。流速が変化する要因として、本研究では橋脚および洗掘防止工を設置する点に着目し、橋脚周りの局所的な速い流れが平均流速に対する増加割合を検討し、より精度の高いブロック近傍流速の算出方法の提案を試みた。

2. 洗掘防止工の安定評価の概要

洗掘防止工の安定評価方法を記述している技術書として、「護岸の力学設計法」^[2]がある。洗掘防止工の安定条件として、現場では次の式を使用している。

$$W > a \left(\frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left(\frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (2.1)$$

ここで、 W :空中重量、 ρ_w :水の密度、 ρ_b :洗掘防止工の密度、 g :重力加速度、 V_d :代表流速、 a 、 β :実験で決定された係数である。この式から、洗掘

防止工の安定重量は流速の6乗に比例することがわかる。

代表流速 V_d については、洗掘防止工のサイズが大きいため、平均流速 V_0 を用いてよいとしている。しかし先に述べた富田林市新北橋の事例のように、平均流速を用いて設計した洗掘防止工の流失事例がある。その原因として、橋脚やその周りに設置される洗掘防止工を設置したことにより、局所的に流況が変化し、橋脚周りにおいて局所的に速い流速が発生している可能性があるからと考えられる。

3. 解析及び考察

3.1 解析条件

解析条件および使用したモデルは被災事例等を参考に設定を行った。解析領域は、幅25m、長さ35m、高さ4.0mで、1/250の河床勾配を設置したものとなっている。長さ方向に水平な方向をx軸、幅方向に水平な方向をy軸、長さ方向に鉛直な方向をz軸と定め、上流端右岸側の河床地点を原点と置き、メッシュサイズはx,z軸方向で共に0.2m、y軸方向で0.1mとしている。なお、領域境界は $y=0m$ 、 $y=25m$ のみ壁となっている。 $x=0m$ より、一定流量を設定した。

橋脚モデルは長さ4.8m、幅1.2m、高さ5.0mの直方体となっている。この橋脚周りに高さ0.5mの洗掘防止工モデルを橋脚側面から5.0m地点を含む直方体となるように配置した。橋脚モデル及び洗掘防止工モデルは設置地点を決め、不動とした。解析領域を図3.1に示す。

このモデルに、入力境界水深を2.0m、一定の単位幅流量4.0mを設定し、1秒ごとに洗掘防止工直上($z=0.3m$)の水平平面流速分布を出力した。この解析条件をCase1とする。また、対照解析と

して同じ条件下で、橋脚を設置していない場合を Case2 とし、以上 2 ケースの解析をおこなった。計算は、それぞれ流速分布が安定したとみなせる時刻(以下、 t_s 秒)まで行った。 t_s 秒時点で、橋脚中心を含む面($y=12.5\text{m}$)で、平均的な流れとみなした地点($(x,y,z)=(9.0\text{m},12.5\text{m},0.1\text{m})$)及び洗掘防止工直前 ($(x,y,z)=(14.6\text{m},12.5\text{m},0.1\text{m})$)での流速をそれぞれ出力した。その結果は図 3.2 の通りであり、3.2 節で考察する。

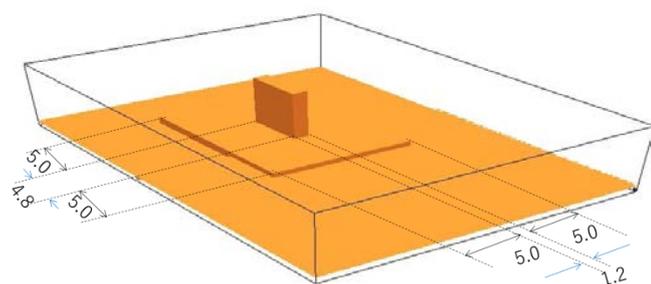


図 3.1 解析領域概要図(単位:m)

3. 2 解析結果

図 3.3 はそれぞれの解析ケースにおいて、流速が安定した時点での洗掘防止工上 ($z=0.3\text{m}$)での水平断面流速分布である。橋脚縁部、洗掘防止工四隅部、洗掘防止工上流端及び洗掘防止下流端の 4 箇所、流速が速くなっていることが確認された。設置した構造物が流体の流れを阻害するため、構造物の周辺での流速が、平均流速に比べて 1.1 倍から 1.4 倍になった。図 3.2 で示すように洗掘防止工直前の流速は約 1.4 倍という結果が得られた。この結果より、洗掘防止工上流端及び下流端について、平均流速の少なくとも 1.4 倍の流速を用いて設計し、平均流速の場合の約 7.5 倍の重量のブロックを使用することが望ましいと考えられる。

局所的な速い流れに対応したブロックを当該箇所に設置することの他に、洗掘防止工直前で流速変化をなめらかにする方法を用いて洗掘防止工近傍流速を小さくすることが有用と考えられる。具体的な検討は今後の課題となる。

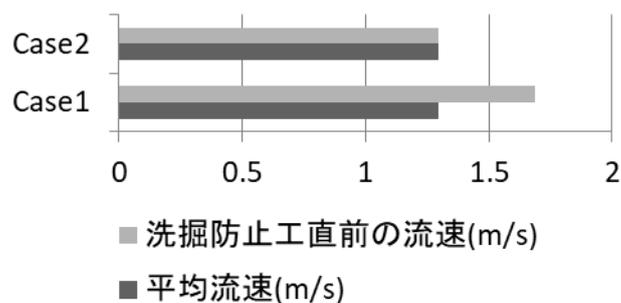


図 3.2 2 地点での流速の比較

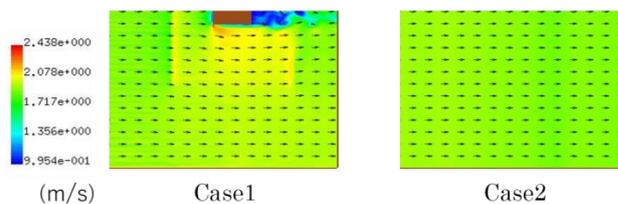


図 3.3 洗掘防止工直上($z=0.3\text{m}$)での流速分布 (洗掘防止工付近を拡大)

4. 結論

本研究では、橋脚周りの洗掘防止工が流失する現象に着目し、流失原因を検証した。以下に本研究で得られた結果をまとめる。

- ・洗掘防止工や橋脚を設置することにより、洗掘防止工上流端及び下流端の流速は平均流速に比べて、1.1 倍から 1.4 倍になる。

- ・洗掘防止工を設計する際、洗掘防止工上流端及び洗掘防止下流端は、平均流速の少なくとも 1.4 倍の流速を洗掘防止工近傍流速とし、平均流速の時に比べ、約 7.5 倍の重量の洗掘防止工ブロックを用いて施工するのが望ましい。

謝辞：大阪府富田林市新北橋に関する資料は、富田林市まちづくり政策部道路交通課の梶様に提供していただいた。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 米山望:自由水面をもつ多次元流れの数値水理学的研究, 京都大学学位論文, 2001.
- [2] 国土技術研究センター編:護岸の力学設計法 (第 7 刷), pp.34-49, pp.100-116, 山海堂, 2007.