

# 混合砂礫床に埋設した小規模構造物が局所洗掘に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○小貫修平

愛媛大学大学院 フェロー 伊福 誠

## 1. はじめに

現在、多くの河川構造物の建設が進み、人間活動面からの多様な要請に応えることが求められている。しかしながら、一方では河川を取り巻く環境が複雑化し、河川管理への取組みがより一層重要な課題として問われるようになってきている。

橋脚周辺における局所洗掘を防止・軽減する方法としては、これまでも様々な研究がなされており、洗掘軽減効果は得られているが、限られた条件下での実験および解析におけるものであり、実河川への適用となると経済性、構造物の強度など多くの問題を抱えており、確立されたものがないのが実状である。

さらに近年、公共事業費が徐々に削減され、老朽化した構造物を撤去し、新たな構造物を築造することは困難な状況になりつつある。こうしたことから、本研究では、均一砂床と混合砂礫床を対象とし、図-1 に示すように橋脚の前面河床部に小規模な構造物(以下、protector と記す)を埋設することで、その形状効果から橋脚近傍で生じる下降流を減殺し、局所洗掘を軽減させることおよび protector の適切な埋設深さを検討することで、局所洗掘領域を最小限にとどめることを目的として、3次元 LES を用いて数値解析的に調べる。

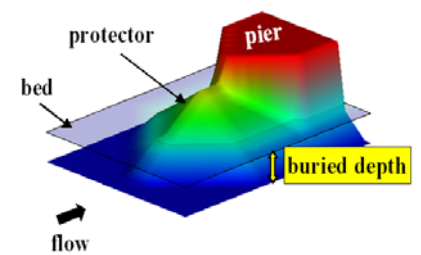


図-1 protector の埋設

## 2. 数値解析法

### (1) 解析モデル

解析対象とする河川と橋脚は、それぞれ肱川の支川である大和川とそこに計画された内子橋の橋脚である。橋脚の形状は長さ 4.6m、幅 1.2m の小判型である。解析水路は水深 4m、河川幅 40m の矩形断面とし、縦断方向距離は 40m、橋脚は中央部に配置した。また、流量は計画流量の  $100\text{m}^3/\text{s}$ 、断面平均流速は  $0.625\text{m/s}$ 、Froude 数は 0.11、均一砂床の底質粒径は 1mm、混合砂礫床を構成する底質粒径と占有率は、それぞれ 0.25mm, 1mm, 4mm および 0.25, 0.5, 0.25 とした。なお、平均粒径は 1.18mm、底質の密度は  $2,650\text{kg/m}^3$ 、移動床の空隙率は 0.4 とした。付設・埋設する protector の埋設深さは 0.5, 0.75, 1, 1.25 および 1.5m の 5 パターン、protector の高さは 0.6m と 1.2m の 2 ケースである。

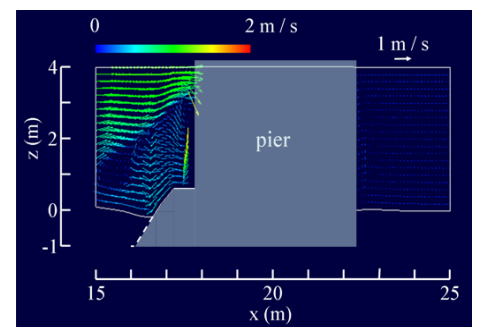
### (2) 各種係数と格子間隔の評価

水平格子間隔は、橋脚周辺を 10cm、それ以外を 20cm とし、鉛直方向は水深を 20 等分した。また、時間間隔は 0.01s とし、30 分間計算した。なお、Smagorinsky 定数は 0.1、Manning の粗度係数は  $0.025\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$  である。

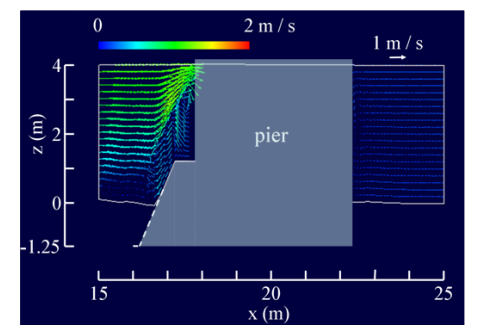
## 3. 数値解析結果

### (1) 橋脚周辺の流速ベクトル(u-w)の空間分布

図-2 は、水路中央における橋脚周辺の流速ベクトル(u-w)の空間分布を示すものである。対象とする領域は、水路縦断方向に  $x=15\sim 25\text{m}$  および底面から水面にかけての範囲である。なお、(a)は protector の高さが 0.6m、protector の埋設深さが 1m の場合、(b)は protector の高さが 1.2m、protector の埋設深さが 1.25m の場合である。



(a) protector の高さ 0.6m,  
埋設深さ 1m



(b) protector の高さ 1.2m  
埋設深さ 1.25m

図-2 橋脚周りのベクトル

(a)をみると、橋脚前面においては下降流が生じており、その最大流速は約1.5m/sである。また、protector 頂部に達した下降流は、protector の上流側法面に沿って底面まで下降する流れへと遷移しており、その流れが上昇流へと遷移して橋脚の上流側で時計回りの渦を形成している。

(b)をみると、橋脚前面においては(a)と比較すると下降流は緩流化している。また、protector の頂部に達した下降流は、protector の上流側法面に沿って底面まで下降する流れがみられるが、渦は生じていない。これは、protector の高さが高くなることにより、protector の勾配が大きくなるとともに主流方向あるいは横断方向の圧力勾配が大きくなることに起因する。

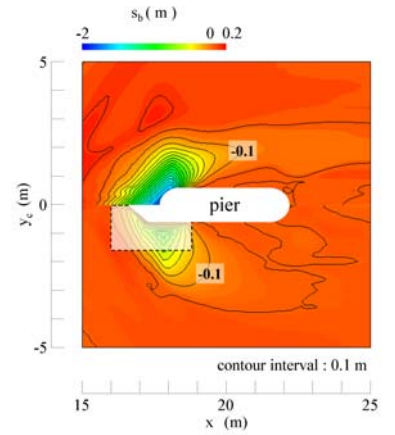


図-3 地形変化

## (2) 橋脚周辺における地形変化

図-3 は橋脚周辺における地形変化である。また、計算開始後から 30 分の結果である。対象とする領域は、水路縦断方向に  $x=15\sim 25\text{m}$  および橋脚中心から横断方向に 5m であり、 $y_c=0\text{m}$  は河道中央である。なお、中央より上半分および下半分を、それぞれ protector がない場合および protector の高さが 1.2m、埋設深さ 1m の場合である。

protector がない場合では、橋脚前面において舌状の洗掘孔が顕著であり、最大洗掘深は  $x=17.8\text{m}$ 、 $y_c=0.2\text{m}$  で約 2m である。一方、protector を 1m 埋設した場合は、橋脚側面において横断方向に舌状の洗掘孔が形成されており、最大洗掘深は  $x=17.7\sim 17.9\text{m}$ 、 $y_c=-1\text{m}$  で約 0.8m であり、protector がない場合と比べ約 1.2m 減少している。すなわち、protector を埋設することで、洗掘深をコントロールすることにより橋脚前面の流れが緩流化されたためであると考ええる。

## (3) 相対洗掘深さと $d_p/h_p$

図-4 は小判型橋脚を対象とした場合、式(1)で算出した相対洗掘深さ  $R_s$  と  $d_p/h_p$  ( $d_p$ : protector の埋設深さ、 $h_p$ : protector の高さ) との関係であり、小判型橋脚と小判型橋脚の前面に protector を埋設した場合の結果である。なお、protector の高さは 0.6m と 1.2m、埋設深さは 0.5~1.5m まで 0.25m 間隔である。また、 $S_0$  は淘汰係数( $S_0 = \sqrt{d_{75}/d_{25}}$ ;  $d_{75}$ ,  $d_{25}$  粒径加積曲線の通過百分率が 75%, 25%の粒径)であり、1 (均一砂床) と 4 (混合砂床) の場合を解析対象とした。

$$R_s = 1 - \frac{(s_b)_p}{s_b} \quad (1)$$

ここに、 $S_b$  および  $(S_b)_p$  は、それぞれ protector がない場合および protector を埋設した場合の最大洗掘深である。

図-4 をみると、均一砂床の場合、protector の高さが 0.6 および 1.2m で埋設深さが 0.5m の相対洗掘深は最大であるが、protector の埋設範囲外で最大洗掘深が生じている。

protector の高さが 0.6m および 1.2m の場合とも均一砂床と混合砂床の相対洗掘深さはほぼ同一である。また、混合砂床では、protector の高さが 0.6m で埋設深さが 0.5m の場合のみ、protector の埋設範囲外で最大洗掘深が生じている。さらに、protector の高さが 1.2m の場合、埋設深さが増大するにつれて相対洗掘深さは減少するようであるが、埋設深さが 1m 以上では大きな差はない。なお、protector の高さが 0.6m の場合、相対洗掘深さは 0.49~0.62 程度であり、埋設深さが 1m の場合に極小となり、protector の高さが 1.2m の場合の傾向はみられない。

均一砂床および混合砂床に対し、protector の高さが 0.6 および 1.2m の場合とも protector の埋設によって最大洗掘深は、それぞれほぼ 50~60% および 55~70% 程度軽減できる。

このことより、局所洗掘の要因となる橋脚前面の下降流や馬蹄形渦の発生を抑えるには橋脚前面に設ける protector の勾配が重要な要素となる。

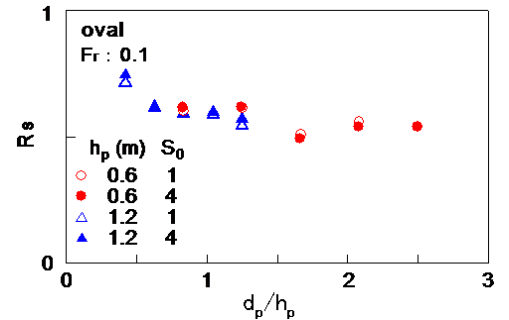


図-4 相対洗掘深さと  $d_p/h_p$