

河川橋脚の3次元形状に基づく局所洗掘発達メカニズムの考察 ～流速場と掃流力に着目して～



Investigation of Local Scour Development Mechanism Based on the 3D Shape of River Piers
~Focusing on the Flow Velocity Field and Bed Shear Stress~

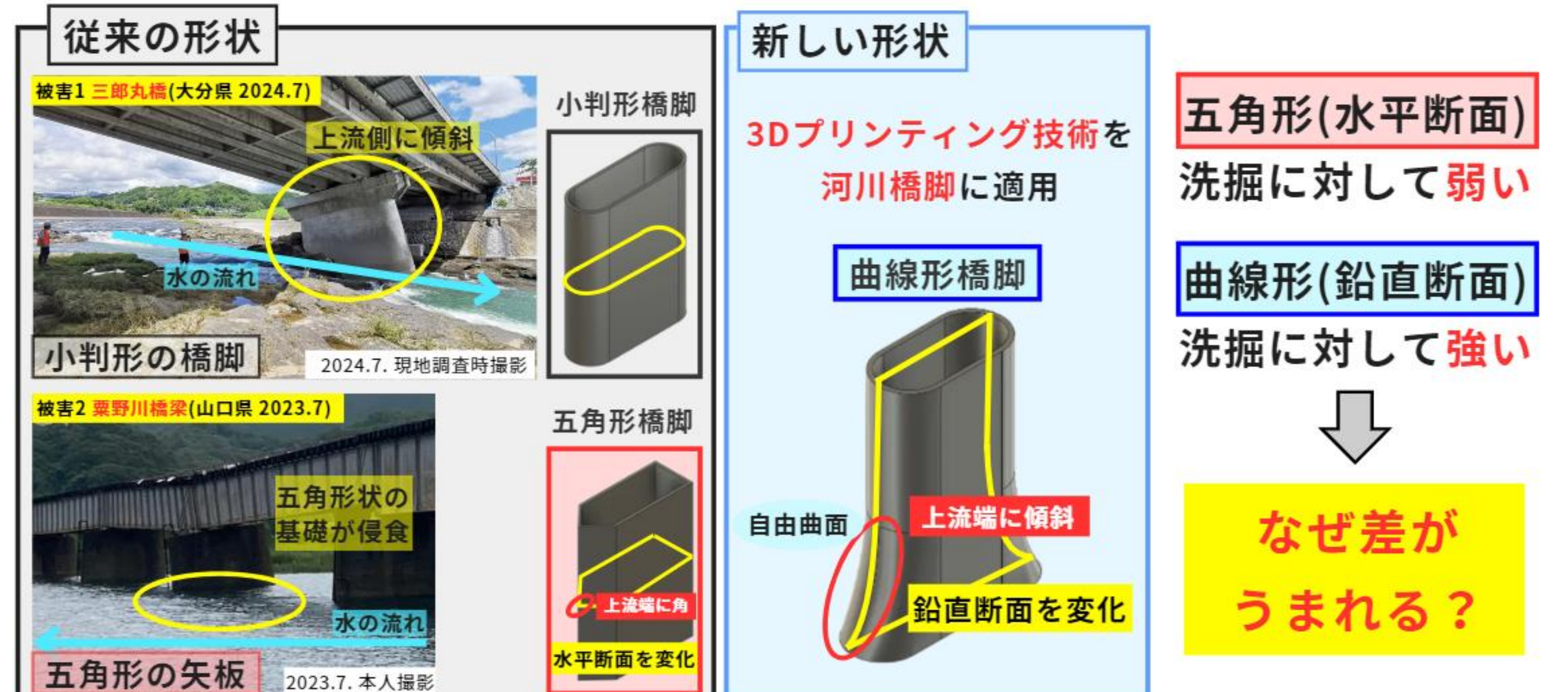
渡邊 真一郎

(2024年度 卒業論文概要)

東京大学 工学部社会基盤学科 土質・地盤研究室

概要

近年豪雨による河川橋梁の局所洗掘被害が相次ぐ中、急速に発達した3Dプリンティング技術を用いて橋脚の**3次元形状**を変化させることで、洗掘進行を抑制できることが示されている。しかし、形状により**局所洗掘発達メカニズム**がなぜ異なるのかは十分に解明されていない。本研究では、**模型実験**とそれにより**妥当性評価(Validation)**された**数値解析**を組み合わせ、橋脚周りの**流速場**と**掃流力**を評価することで、河川橋脚の3次元形状に基づく局所洗掘発達メカニズムを考察した。



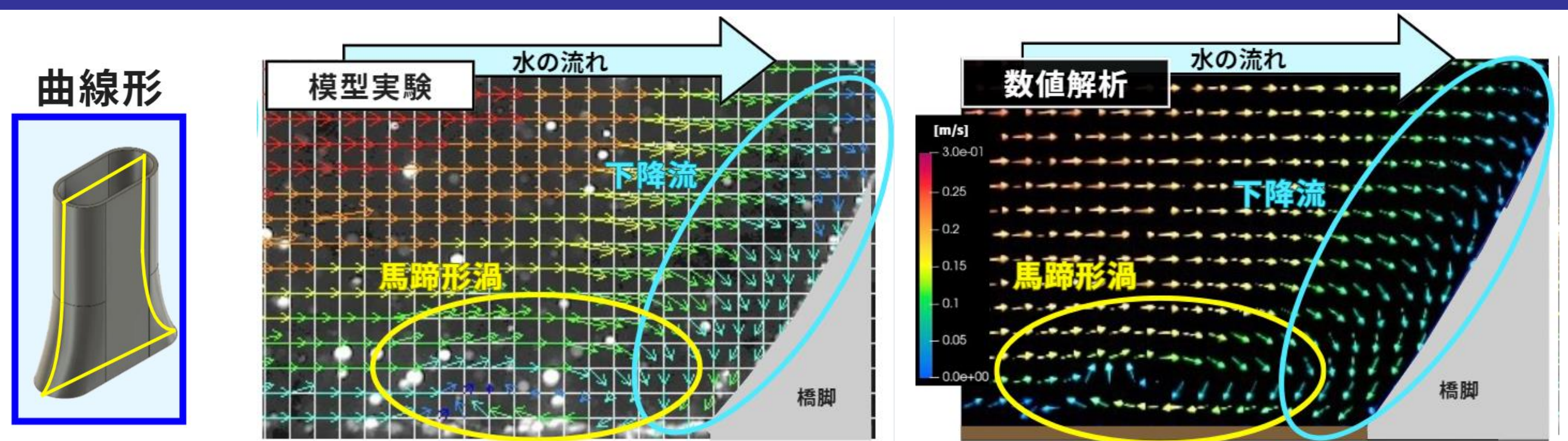
研究手法

中型水路実験を用いて水平・鉛直断面が異なる3つの橋脚形状に対する**洗掘進行プロセス**を観察し、**流速場**を粒子画像流速測定法(PIV)で可視化することにより数値解析の**妥当性**を**評価(Validation)**した。また、**多視点画像からの三次元復元(SfM)**により得られた**洗掘孔の3次元形状データ**を基に解析領域を定め、**数値解析手法として有限体積法(FVM)**を適用し橋脚周辺の**流速場**と**掃流力**分布を求めた。



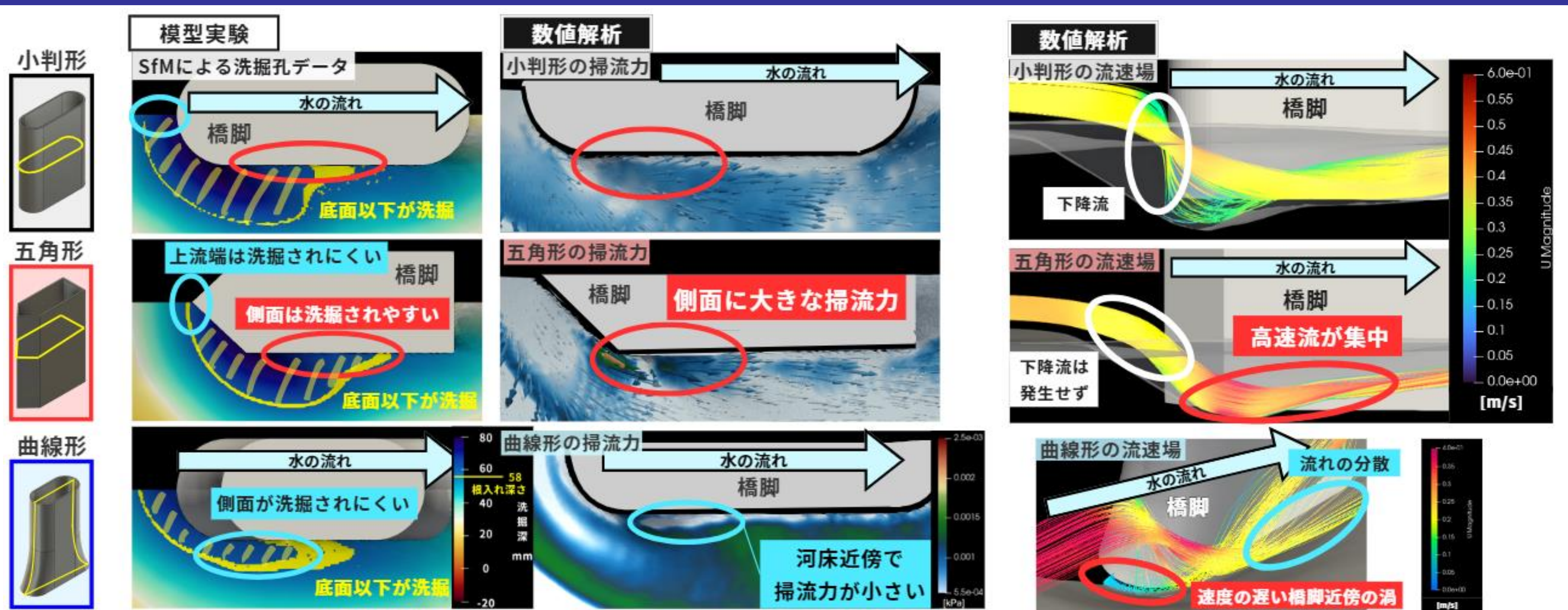
数値解析の妥当性評価(Validation)

平坦な河床における橋脚上流端での**流速分布**は、多少の誤差はあるものの、洗掘進行に重要な**下降流**や**馬蹄形渦**の流速ベクトルの方向や大きさについては、**数値解析**と**模型実験**であるPIV計測結果が概ね**一致**した。



橋脚形状別の洗掘深・掃流力・流速場

SfMによる洗掘孔データを比較すると**五角形橋脚**は**側面**が洗掘されやすく、**曲線形橋脚**は側面が洗掘されにくい。数値解析による**掃流力**分布の比較から橋脚**側面近傍**での掃流力の大小が原因といえる。これは**流速場**について五角形橋脚では**下降流**が発生せず側面に**高速流**が集中する一方、**曲線形橋脚**では橋脚近傍での**低速渦**と側面での**流れの分散**が確認されることより説明される。



局所洗掘発達メカニズムの結論

五角形橋脚は、下降流を防げる一方**側面近傍**に流れが**集中**し、側面前方の洗掘が進行して**倒壊しやすい**。一方、**曲線形橋脚**は**橋脚近傍の低速渦**と上流側面での**流れの分散**により洗掘や橋脚変位が**抑制**される。また、河床近傍での掃流力が洗掘進行に寄与することが示唆され、形状最適化の**目的関数**設定の知見を得た。

