

2023年度河川技術に関するシンポジウム
時間：2023年6月22日、23日
場所：土木学会講堂・オンライン併用

導流工を適用した橋脚の局所洗掘の 対策工に関する実験的検討

熊本大学

大本照憲・張 浩・濱砂 翔

背景



2017年(平成29年)九州北部豪雨
日田市 JR久大本線 橋脚転倒破壊



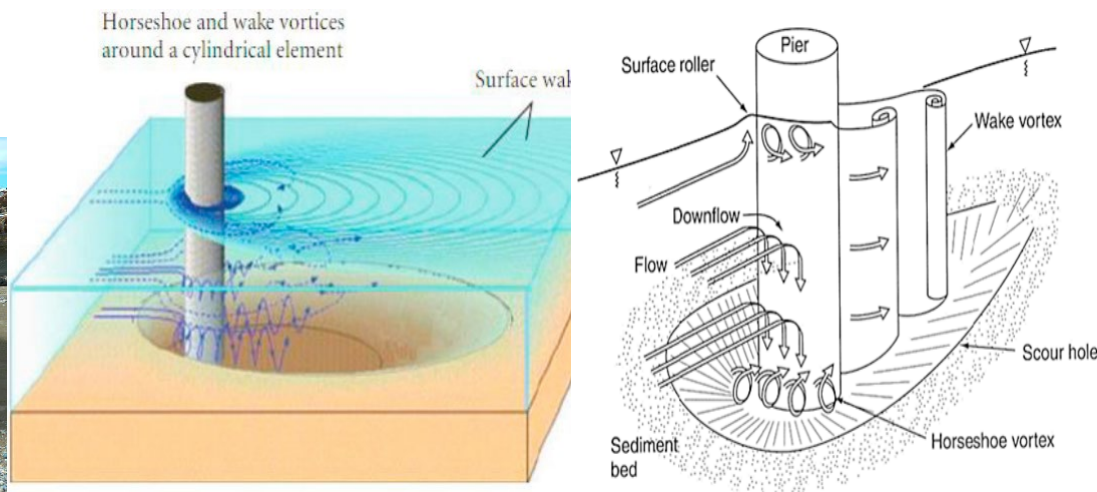
球磨川・沖鶴橋 局所洗堀
2020年08月26日14時撮影

台風や梅雨の集中豪雨による洪水
ダム建設や砂利採取による河床低下



床止め工
堰
橋脚

の局所洗堀



Deng, L., and Cai, C. Bridge Scour: Prediction, Modeling, Monitoring, and Countermeasures-Review. Journal of Hydraulic Engineering, pp. 125-134, 2010.

目的

・ 洗掘対策工の事例



出典:株式会社高野建設



出典:大嘉産業株式会社

橋脚の形状を流線形に改善した事例や橋脚の上流に導流工としてベーンや杭を設置した事例^{5,6)}があるが、導流工の形状、大きさ、配列について自由度が高く、橋脚の局所洗掘を最小化するための導流工の最適配置について不明な点が多く残されている。

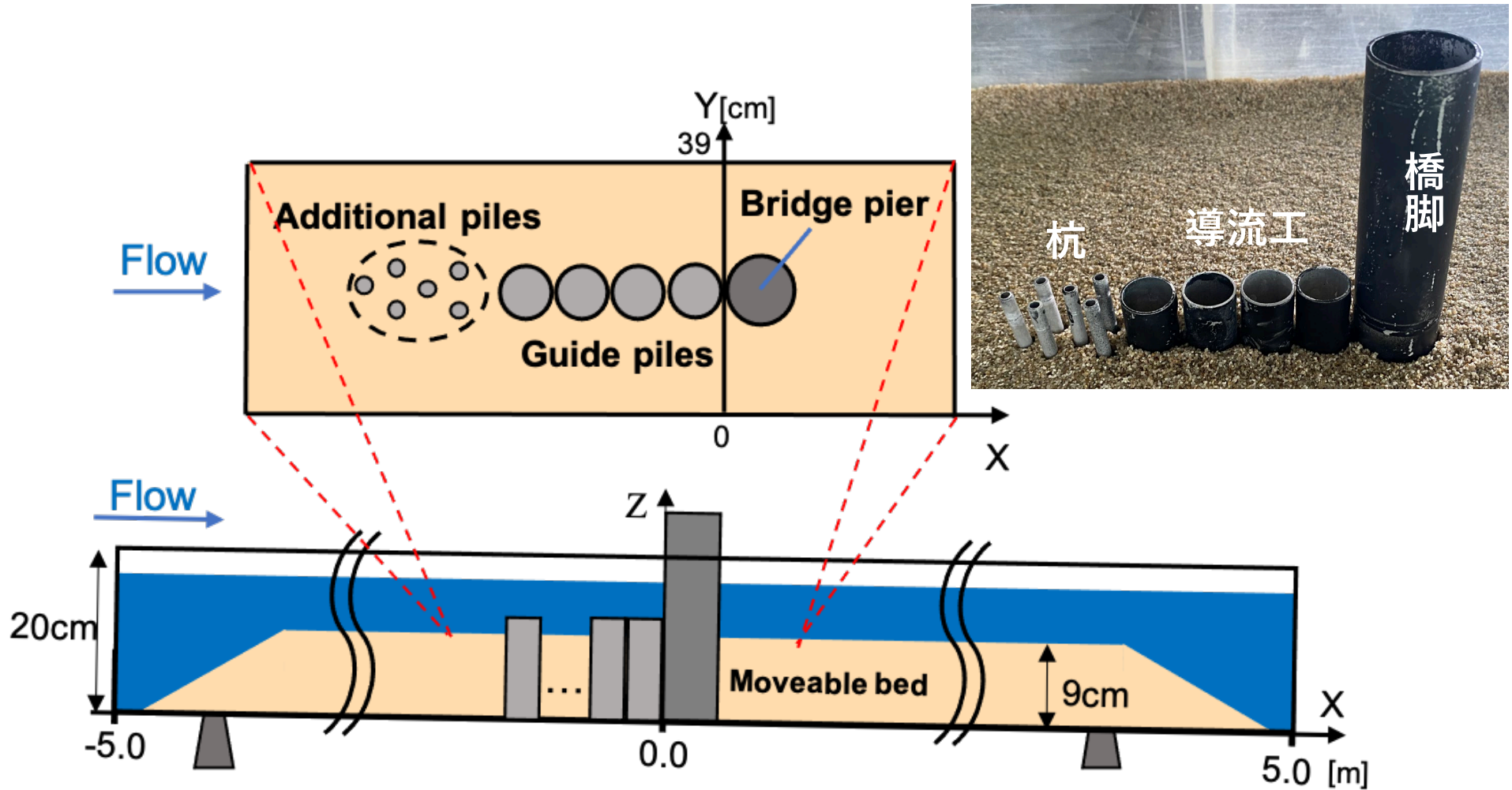


本研究では、局所洗掘が大きい橋脚の直上流に導流工を設置することによって洗掘孔を抑制することを目的としている。

移動床実験を通して橋脚の直上流に杭群を用いた導流工が橋脚周りの洗掘孔に与える影響を検討した。

対策工の抑制効果に対して最大洗掘深に加えて、本研究では橋脚の安定性を配慮して導流工および橋脚周りの洗掘孔の体積も検討対象に加えた。

実験概要



水路 長さ:10m
幅 :39cm
高さ:20cm

移動床 4号珪砂
中央粒径:0.77cm
均等係数:1.29

橋脚模型:直径30mm
導流工:直径20mm
杭:直径5mm

実験条件と測定方法

実験ケース

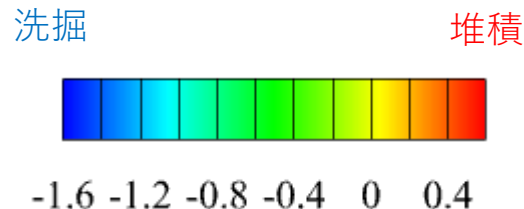
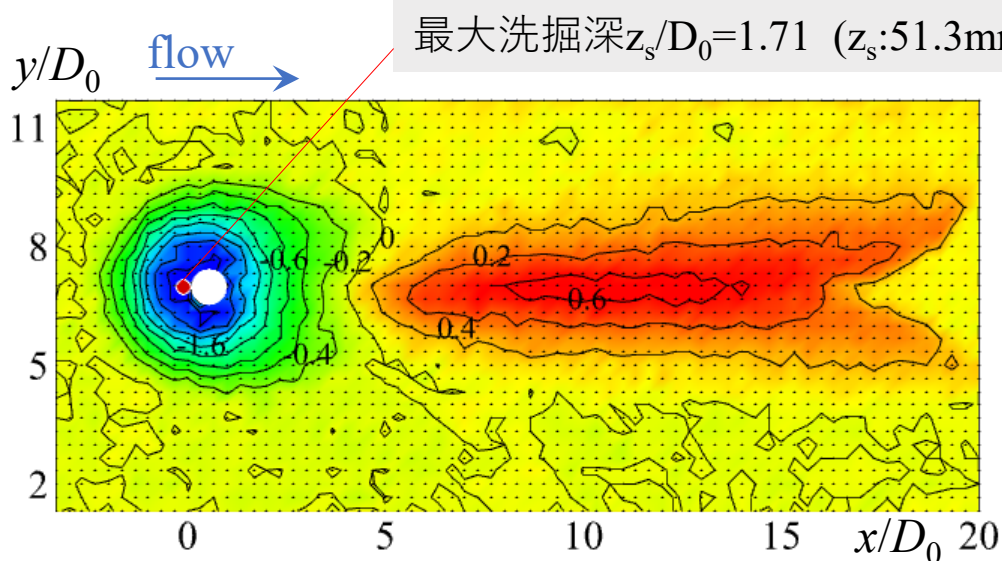
無補強	CaseN	
導流工:2個	CaseG ₂	
導流工:4個	CaseG ₄	
導流工:6個	CaseG ₆	
導流工:8個	CaseG ₈	
導流工:10個	CaseG ₁₀	
導流工:12個	CaseG ₁₂	
導流工:4個 (杭有り)	CaseG ₄ -P	
導流工:6個 (杭有り)	CaseG ₆ -P	

実験条件

Variables	
流量 Q	6.7(l/s)
河床勾配 i_0	1/1000
水深 h	6.9(cm)
平均流速 Um	24.9(cm/s)
摩擦速度 u	2.23(cm/s)
無次元層流力 τ	0.054
u/u_c (u_c は限界摩擦速度)	1.08
フルード数 F_r	0.30

河床コンター図 ー無補強ー

無補強 CaseN の場合



無補強における橋脚周辺の洗掘孔は、流下方向に $x_s/D_0=6.3$, 横断方向には $y_s/D_0=6.0$, 最大洗掘深 $z_s/D_0=1.71$ である。

また、橋脚近傍で洗掘された土砂はその下流で帯状に堆積し、流下方向に $x_d/D_0=15.7$, 横断方向には $y_d/D_0=6.0$, 最大堆積厚 $z_d/D_0=0.64$ である。



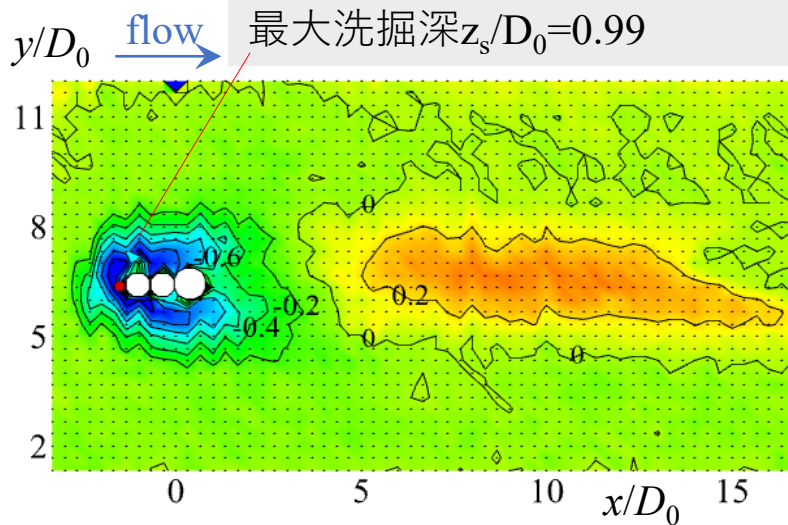
Breusers etal の提案式

$$Z_s/D=2\tanh(h_0/D)=1.84$$

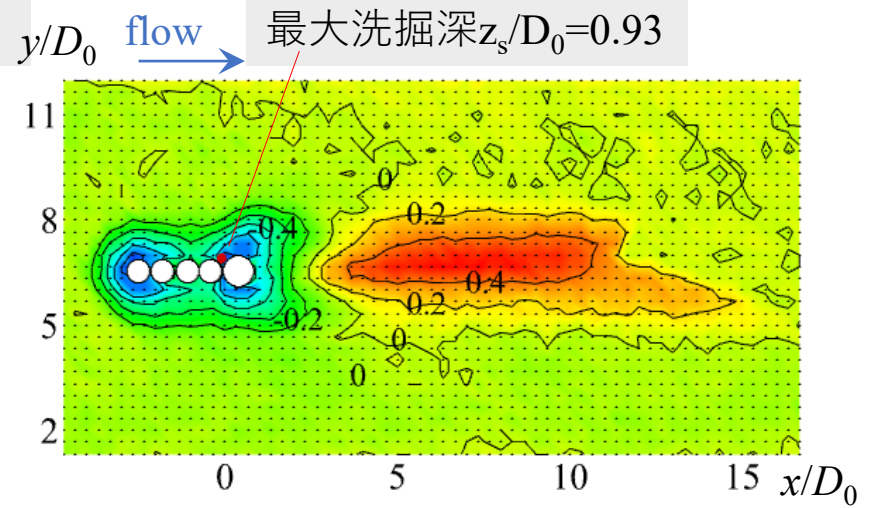
Richardson and Davis の提案式

$$Z_s/D=2K_s K_\alpha K_{bed} Ka(b/h)^{0.35} F_r^{0.43}=1.77$$

h_0 : K : b :

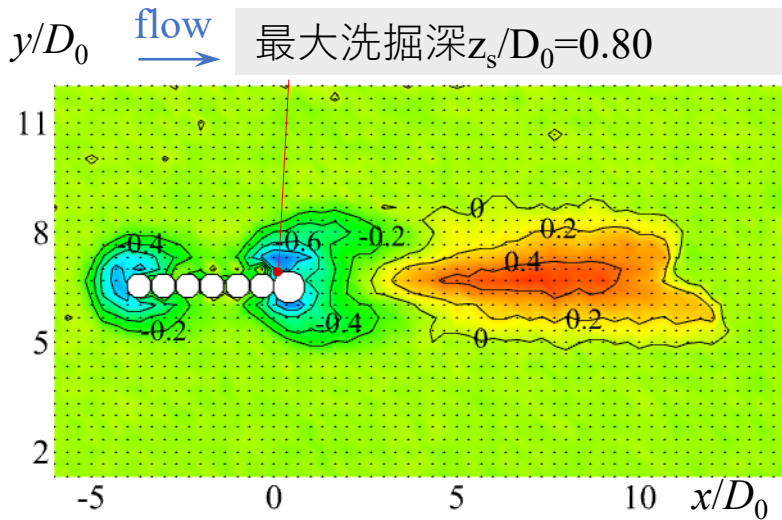
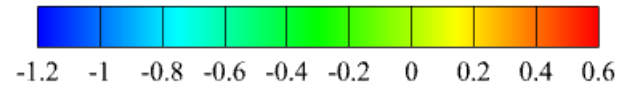


(Number of guide pile:2)
Case G₂

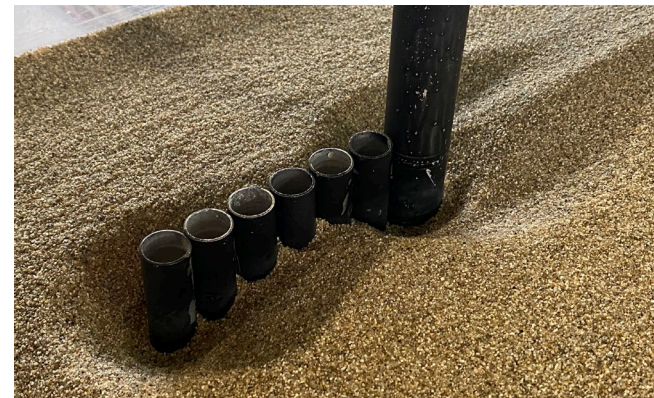


(Number of guide pile:4)
Case G₄

洗掘 堆積

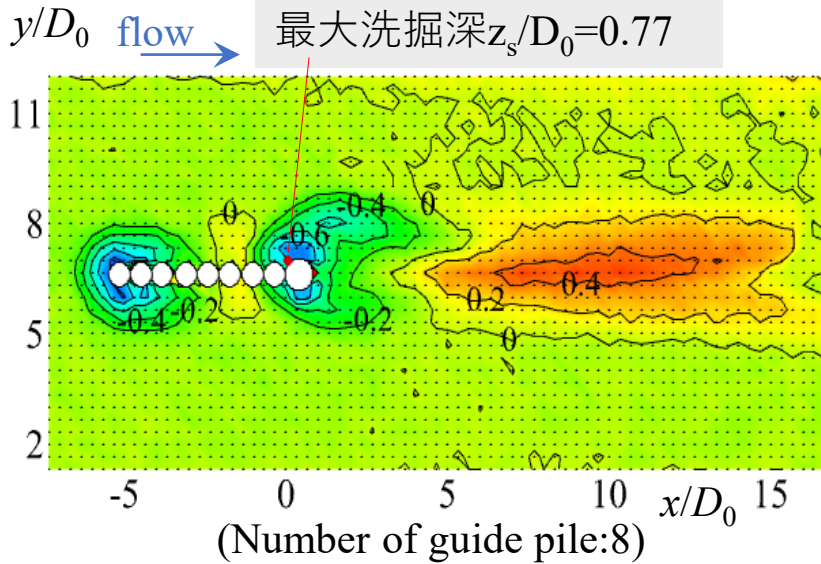


(Number of guide pile:6)
(c) Case G₆

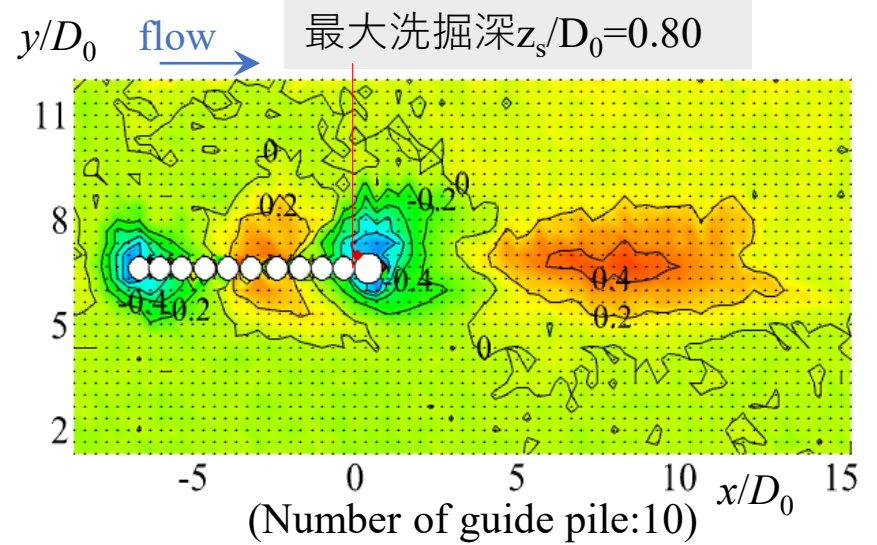


(c) Case G₆

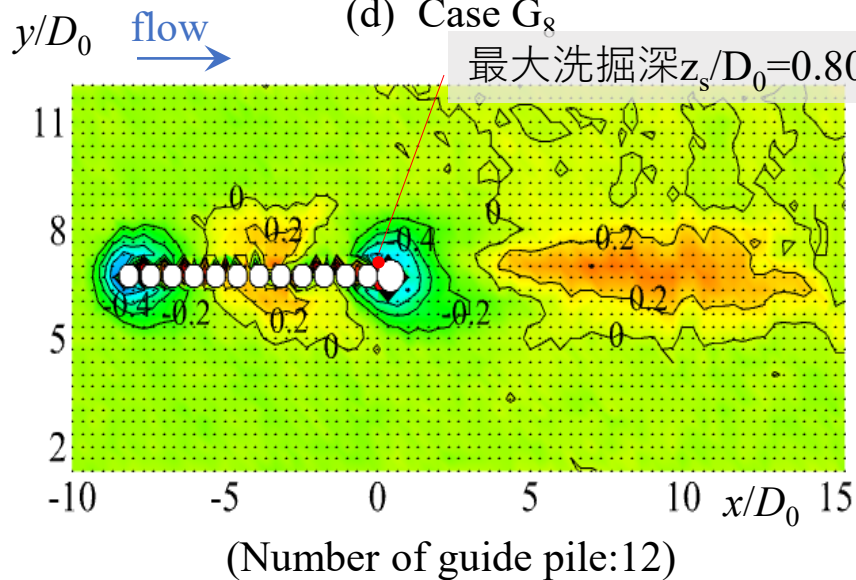
河床コンター図 —導流工2/3—



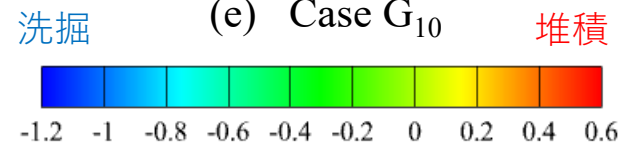
(d) Case G_8



(e) Case G_{10}

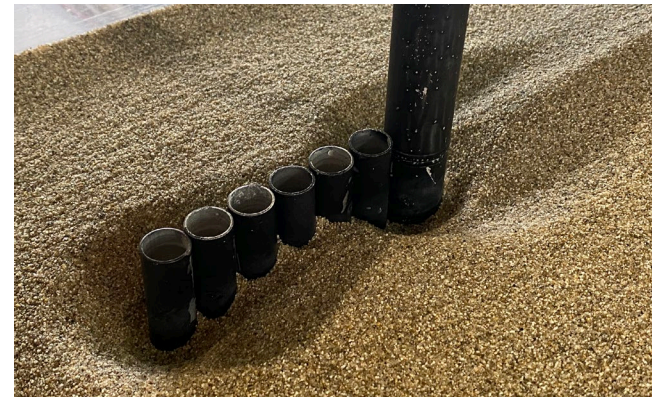
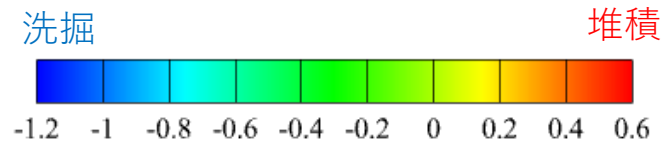
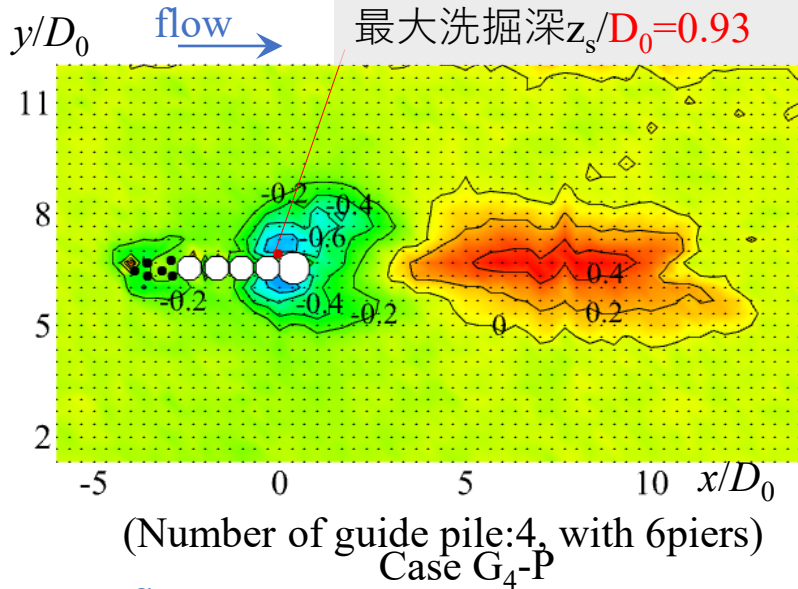


(f) Case G_{12}

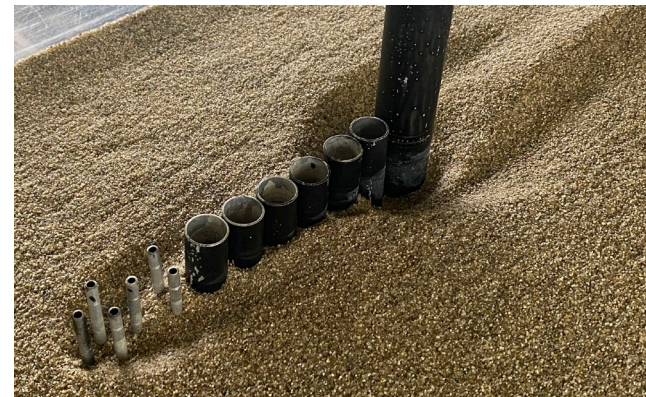


(f) Case G_{12}

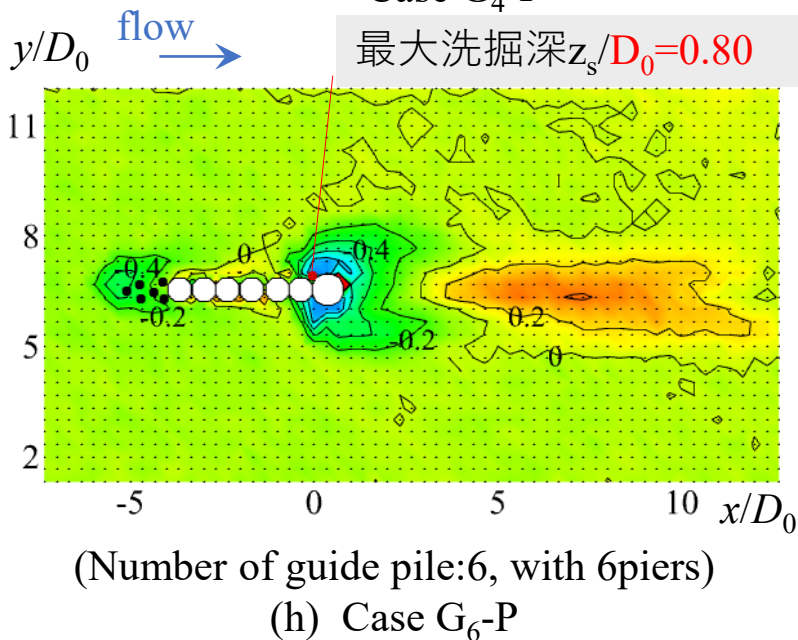
河床コンター図 —導流工・杭有り 3/3—



(c) Case G₆ 導流工:6個

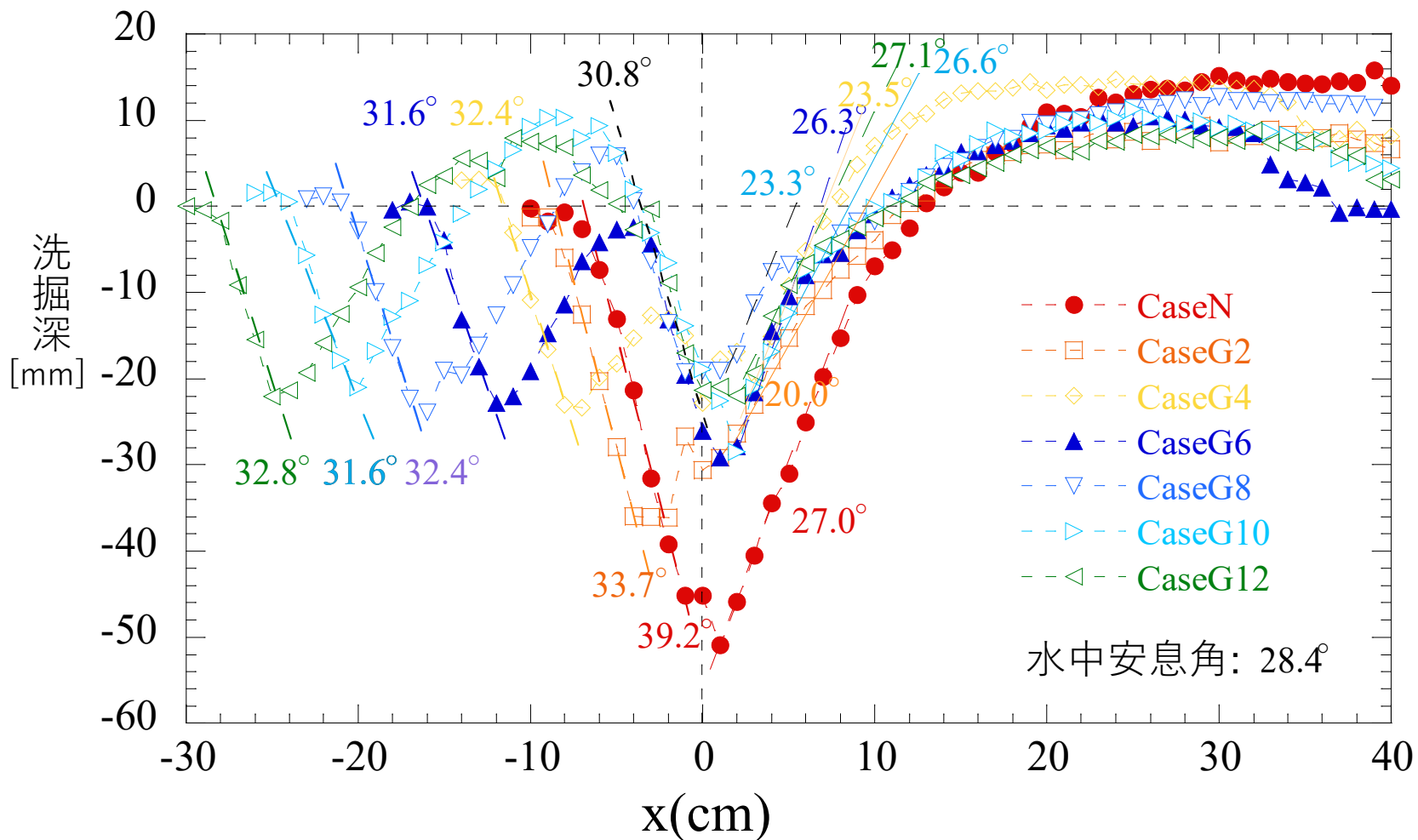


(h) Case G₆-P 導流工:6個 (杭有り)

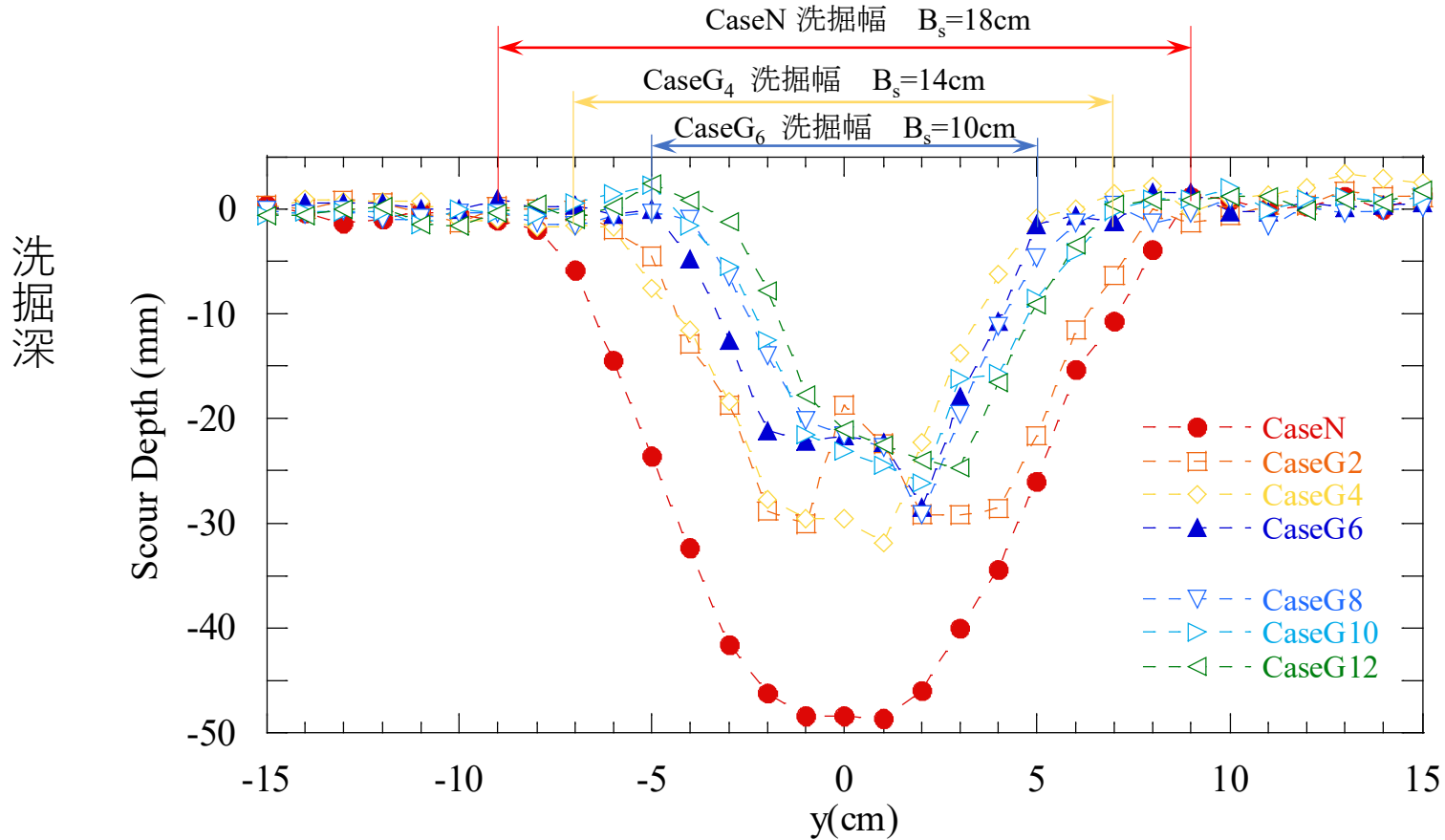


橋脚および導流工に沿った河床変動の縦断分布

橋脚周上の流下方向の洗掘分布



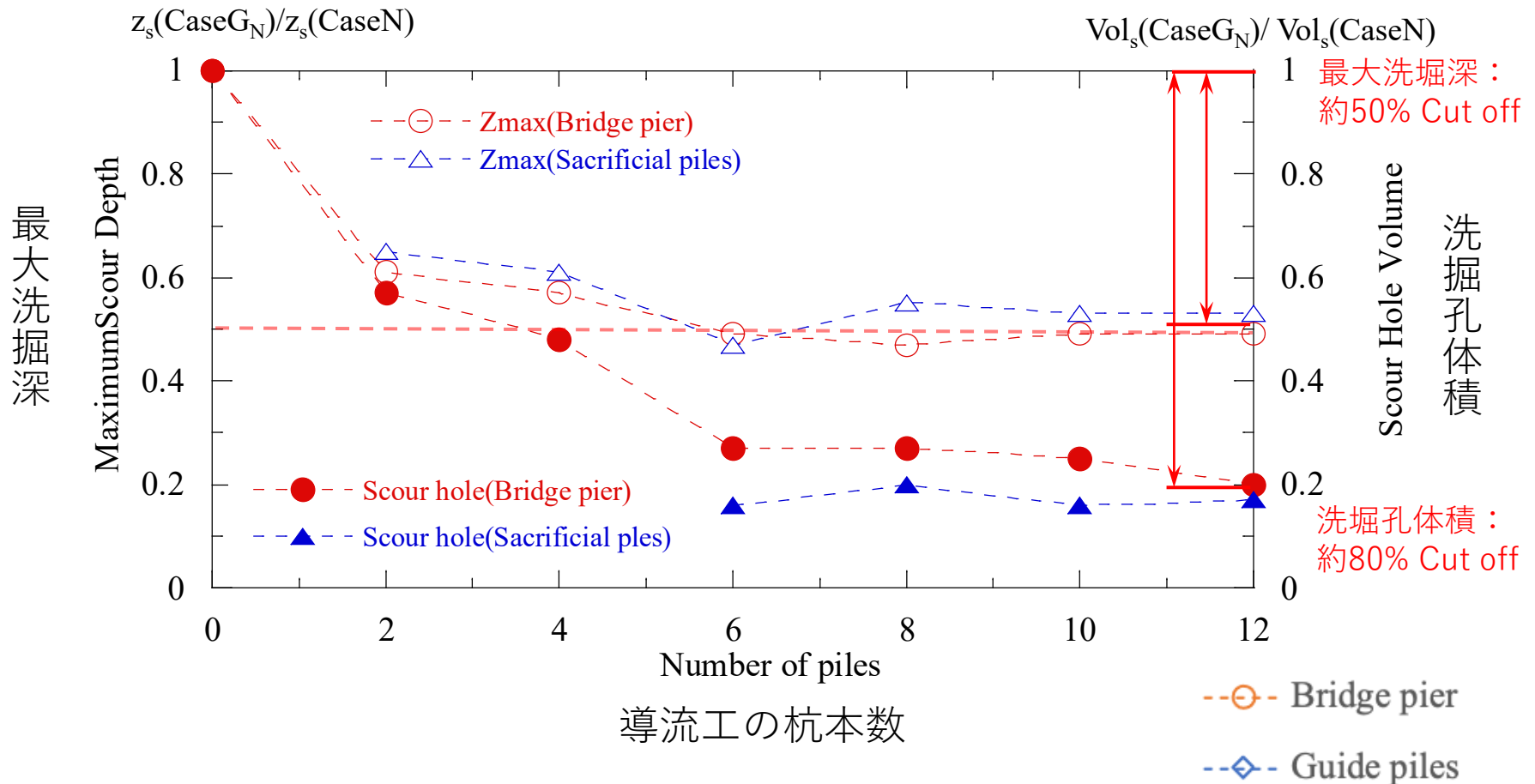
橋脚前面における洗掘孔の横断分布



橋脚直上流における横断方向の洗掘分布

橋脚の最大洗堀深および洗堀孔体積に対する抑制効果

最大洗堀深と導流工の杭の本数の関係



杭本数6以上で最大洗堀深および洗堀孔体積は変わらない
杭本数4以下では橋脚と杭先端部の洗堀孔が一体化

橋脚の局所洗堀に対する抑制効果
導流工として杭本数6 (4D₀ (橋脚径)) が適している

まとめ

本研究では、橋脚の洗掘孔が最も大きくなる限界掃流力近傍において洗掘対策として馬蹄形渦の抑制に着目した導流工を適用した。導流工が橋脚周辺の洗掘孔への影響について得られた主な結果を以下に示す。

- 1) 導流工の本数が洗掘形状に与える影響は、導流工が 6本以上では、導流工の先端部付近で洗掘、中央部で堆積、橋脚周りで洗掘となるパターンを示し、導流工が 4本以下では、導流工の洗掘と橋脚の洗掘孔が一体化するパターンとなる。その洗掘孔を分離する境界は、導流工の長さが橋脚直径 D_0 の約 4 倍であった。
- 2) 無補強 CaseN に較べて 6 本以上の導流工を設置したCaseG₆~CaseG₁₂の場合、橋脚周りの最大洗掘深が約 50%、洗掘孔の体積は約20%にまで抑制された。
- 3) 橋脚周辺の洗掘の縦・横断形状からCaseG₆~CaseG₁₂においては、橋脚周りの流れの構造、掃流力の空間分布は類似していることが示唆され、導流工が6本以上では橋脚の局所洗掘への影響はほぼ同一と判断された。
- 4) 橋脚下流の土砂の堆積は、大きさは異なるが導流工の有無に関係せず類似の分布形状を示した。

今後の課題

なお、本研究では橋脚の直上流に円筒状の導流工を設置し、橋脚周りの局所洗掘に対して抑制効果のあることが示された。しかしながら、実河川に実装するには現場にて実証実験する必要があること、更には導流工の大きさ、河床面からの突出高さおよび配置によって更に抑制効果を高める可能性があり、導流工の形状も含めて今後の検討課題にしたい。

