

流下方向に円柱橋脚を二本設置した場合の流れ場に関する実験的検討

Experimental investigation on flow field around two cylindrical piers installed in a longitudinal row

安田陽一¹, 石塚舜基², 〇田中佑青³
 Youichi Yasuda¹, Toshiki Ishitsuka², *Yusei Tanaka³

Abstract: Countermeasures against river scouring around piers and driftwood accumulation in front of piers during floods must be considered. Two cylindrical piers installed in a longitudinal row have been constructed in accordance with the structure of bridge, and the design method for the protection area around the piers has not been established. This report presents the experimental investigation on the water surface around the pier, flow conditions, bed profile, and velocity field in which two piers are installed in a longitudinal row as in the case of longitudinal length of long rectangle elliptical pier.

1. はじめに

洪水時には、土砂流出と同時に流木が発生し、橋脚に流木等が衝突・堆積することがある。この場合、橋梁の上流側の水位上昇が発生し、河川が氾濫し、人家や橋などの流出・崩壊などの甚大な被害が生じている^[1]。橋脚の選定には、橋梁の構造及び流量変化を考慮した河道内の流れに基づくことが多い^[2]。さらには、橋脚周辺での河床洗堀による橋脚が倒壊する事例がある^[3]。また、流木による橋梁閉鎖対策などについての研究が行われている^[4]。平水時で橋脚形状を円柱橋脚2本とした場合での橋脚周辺の洗堀状況を実験的に検討したもの^[5]はあるが、洪水時の河床保護区間の検討はなされていない。本研究室ではこれまで橋脚両側の保護工として、連続した石組みを設置することで、橋脚直下流側での河床洗堀の影響を軽減できることや橋脚下流の水面の凹凸から保護工区間の検討の重要性について示している^[6]。橋梁の構造によっては、円柱二本を流下方向に設置する場合は想定されるが、この場合の石組みによる保護区間の設定根拠は明らかにされていない。

ここでは、先に検討した長楕円柱区間を基準に円柱二本を設置した場合を対象に、長楕円柱を設置した場合の石組みによる保護工区間から洪水規模で洗堀が生じないように調整し、その場合の水面形、流速場、底面形状について実験的に明らかにした。

2. 実験方法および実験条件

実験には、長さ 17 m、幅 0.8 m、深さ 0.6 m の循環式長方形断面水路を用いた。また、水路中央の流下方向に、高さ 0.475 m、直径 0.10 m の円柱型の橋脚模型2本を上流側から Pier I、Pier IIとして **Figure 1** に示すように設置した。連続した石組みは、側壁付近の水面の凹凸から推定することで設置区間を定めた。実験は15分の1縮尺を想定し、フルードの相似則に従い、

Table 1 に示す実験条件で行った。河床再現区間および石組みの礫は長楕円の場合^[5]と同じものを使用した。円柱の設置間隔は橋脚形状を長楕円柱の流下方向の長さと同じとした。橋脚周辺の水面形、底面形状、および流速場を検討するため、流速測定には、2次元電磁流速計（計測時間 90 秒）を用いた。また、水深測定には、ポイントゲージ（0.1mm 判読可能）を用いた。なお、流量は水路下流に設置された全幅刃せき（JIS 規格）で測定した越流水深から流量公式を用いて測定した。

3. 橋脚周辺の流況

左岸側の側面、および上部から見た流況をそれぞれ **Figure 2**, **Figure 3** に示す。 **Figure 2** に示されるように、Pier I, Pier IIに衝突した流れによって側壁側では水面の凹凸が見られる。 **Figure 3** に示されるように、上部から Pier Iの橋脚の後ろに回り込む流れが、Pier IIの橋脚に一部衝突し、Pier IIの橋脚を覆うような流れも見られる。このことによって、橋脚周辺の水面の凹凸が形成され、時間的に変動した水面となっている。

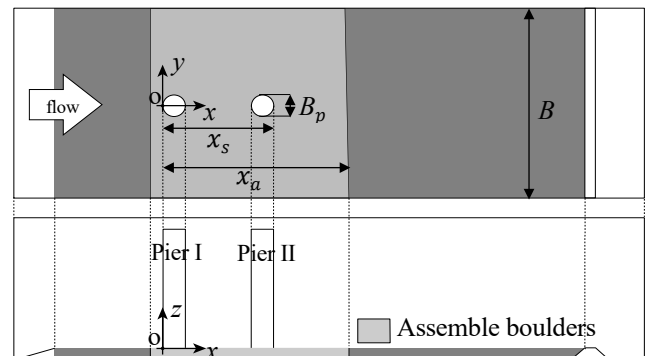


Figure 1. Definition sketch.

Table 1. Experimental condition.

Q (m ³ /s)	h_d (m)	B_p/B	x_s/B	x_a/B
0.144	0.247	0.125	0.563	1.00

Note: Q =discharge, h_d =downstream water depth

1:日大理工・教員・土木, 2:日大理工・院(前)・土木, 3:日大理工・学部・土木

4. 橋脚周辺の水面形と河床形状

水面形および 20 時間後の河床再現区間の底面形状を **Figure 4** に示す。なお、水面形を実線、河床再現区間の底面形状を破線で示す。

Figure 4 に示されるように、橋脚近傍($y=0.09\text{ m}$)では、Pier Iの橋脚前面に衝突した流れから生じる堰上げの影響により、下に凸の水面勾配が形成され、河床に向かう流れが生じている。Pier IIにおいても同様な現象が起こっているが Pier Iよりもその影響は小さい。側壁側($y=0.32\text{ m}$)では、橋脚に衝突した流れが側壁に衝突することにより波状水面が形成され、 $x=0.80\text{ m}$ 付近で水深が最小になる。その後、 $x=1.00\text{ m}$ 付近で上に凸となりそれ以降は下流水深に漸近している。水面の凹凸は橋脚近傍よりも側壁付近の方が大きくなっている。

河床再現区間の洗堀については、橋脚上流側の河床の変形はほとんど見られない。また、石組みによる保護工区間を調整したため、橋脚下流側の河床については水面形の変化に対応してわずかな河床変化は生じているが、大きな洗堀はみられない。

5. 橋脚周辺の流速特性

河床保護工区間および下流側の河床再現区間での時間平均流速の鉛直分布を **Figure 4** の黒のドットで示す。

図に示されるように、橋脚近傍 ($y=0.09\text{ m}$)、側壁付近 ($y=0.32\text{ m}$) の流速分布に違いが見られる。橋脚に衝突した流れによって側壁付近の時間平均流速が幾分大きくなる。また、橋脚近傍の場合、側壁付近に比べて水面差が短区間で形成され、石組み設置区間で主流が水面に向かう流れが確認できる。側壁付近では漸近的に水面が流下方向に低下するため、主流は上昇するものの、底面付近の流速は橋脚近傍よりも大きくなる。

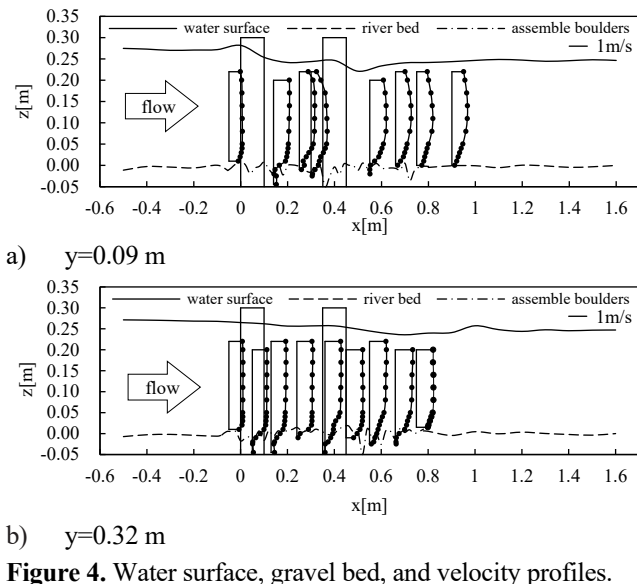


Figure 2. flow conditions (side view).



Figure 3. flow conditions (plan view).

6. 結論

長楕円柱の長辺と同じ間隔に円柱橋脚を二本設置した場合の洪水流における流れ場について実験的検討を行った。水面形と底面形状、流速分布を検討した結果、水面形の凹凸が生じる区間に石組みによる河床保護をすることにより局所洗堀が抑えられることが示された。橋脚が二本設置された場合においても、橋脚に衝突した流れによって水面形状が橋脚近傍と側壁付近で大きく異なり、このことに対応して流速分布も異なることを示した。今後は、長楕円柱で得られた結果との比較検討を行い、橋脚の間隔を変化させた場合の実験を含め、石組みによる保護工区間の長さの定量評価を示す。

参考文献

- [1] 岡本, 集中豪雨時の橋梁閉塞と河岸浸食対策に関する実験的研究, 平成 29 年度研究報告書, 前田記念工学振興財団, 土木分野 No.5, pp.6, 2017.
- [2] 河川を横過する橋脚に関する計画の手引き(案) 国土技術センター, ISBN4-87759-030-7, JICE 資料第 109001 号, pp.137, 2009.
- [3] 土木技術資料 53-1 橋脚基礎の洗堀への対応事例 国土交通省国土技術政策総合研究所, pp.2, 2011.
- [4] Vijayasree, Eldho, Experimental study of scour around bridge piers of different arrangements with same aspect ratio, 8th International Conference on Scour and Erosion, pp.7, 2016.
- [5] 安田, 石塚, 橋脚周辺の石組みによる局所洗堀対策に対するアスペクト比の影響, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会, II-09, pp.2, 2023.