

## 橋脚形状による流木堆積防止の提案

## Proposal of Pier Shape for Capture Prevention of Drift Woods

日本大学理工学部土木工学科○安田陽一

## 1. はじめに

洪水時に、土砂流出と同時に流木が発生し、橋脚に流木が衝突・堆積することがある<sup>1)</sup>。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・崩壊など甚大な被害が発生している。平成 29 年 7 月に九州北部豪雨災害では、大量の流木の発生が被害を拡大させた。また、長野県内においても平成 18 年 7 月の豪雨で岡谷市を中心に流木による被害を受けている。従来の橋脚形状として、円柱型、長楕円柱型がある。橋脚形状の選定には、流量変化を考慮した河道内の流れに基づくことが多い。両者の橋脚形状において、洪水時には、橋脚に衝突した流木が堆積しやすく、橋脚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・崩壊など甚大な被害が発生している<sup>1)</sup>。さらには、橋脚周辺の洗堀が大きく、洗堀の程度が進行すると、橋脚の安定性が失われ、倒壊につながる事例がある。流木による橋梁閉塞過程および閉塞回避のための対策について実験的な検討がなされている<sup>2),3)</sup>。その中でも橋梁の上流側に対策工として設置することが提案されている<sup>2)</sup>。橋脚周辺の洗堀に関する研究は長期にわたって続いている<sup>4)</sup>ものの、上記の課題に対して未解決の状態が続いている。

ここでは、台形円柱型の橋脚を提案し、橋脚上流部を三角円柱としたことによって、流木による閉塞回避の可能性を考察した。また、橋脚設置区間にホロースケアタイプのブロックを設置し、上・下流側には 1 cm 内外の礫を設置して、同一の流量のもとで、長楕円柱と台形円柱の橋脚周辺の水面形、流速分布、洗堀状態の比較検討を行った。

## 2. 実験概要

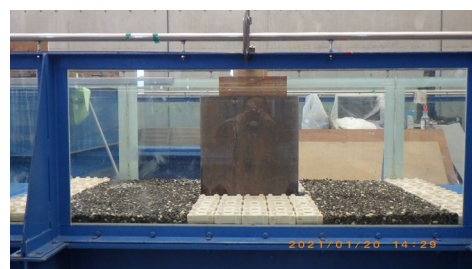
実験では水路幅  $B=0.8\text{ m}$ 、高さ  $0.6\text{ m}$ 、長さ  $15\text{ m}$  を有する長方形断面水路を用いた。また、水路横断方向の中心となる位置に、高さ  $47.5\text{ cm}$ 、 $d=10\text{ cm}$  径、流下方向の長さ  $45\text{ cm}$  の長楕円柱または高さ  $47.5\text{ cm}$ 、 $d=10\text{ cm}$  径の円柱に厚さ  $1\text{ mm}$  塩ビ板で傾斜角度  $45^\circ$  の三角形部材（空間には木材で補強）と一体化した台形円柱の橋脚模型を設置した（写真 1）。また、橋脚両側の局所洗堀防止として、曾澤高圧コンクリート株式会社製のホロースケアタイプのブロック模型を橋脚の両側に流下方向には 5 個、横断方向には片側 3 個設置した。その一方、ブロック前後の局所洗堀の影響を検討するため、橋脚上下流側には  $1\text{ cm}$  内外の礫を深さ  $4\text{ cm}$  程度まで設置した。実験は  $15$  分の  $1$  縮尺を想定し、フルードの相似則にしたがい、表 1 に示す実験条件の下で行った。橋脚周辺の水面形および流速場を検討するため、流速測定には、KENEK 社製のプロペラ流速計（計測時間  $30$  秒）を用いた。また、水深測定には、ポイントゲージ（ $0.1\text{ mm}$  判読可能）を用いた。さらに、デジタルカメラで流況記録を行った。なお、流量は水路下流に設置された全幅刃形せき（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. 流況説明

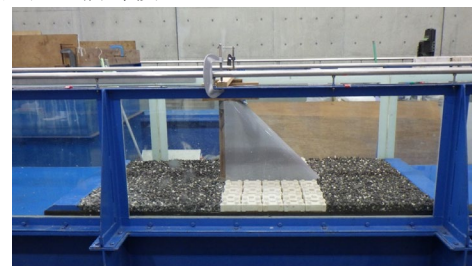
Case 4 を対象とした台形円柱と長楕円柱周辺の流況を写真 2 に示す。写真に示されるように、橋脚形状によ

表 1 実験条件

長楕円柱	模型流量	原型単位幅流量	下流水深 at $x=300-330$	原型換算 下流水深
Case	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$qp(\text{m}^2/\text{s})$	$hd(\text{cm})$	$hdp(\text{m})$
1	0.0469	3.41	10.20	1.53
2	0.0947	6.88	19.94	2.99
3	0.1239	8.99	22.20	3.33
4	0.1527	11.09	24.10	3.62
台形円柱	模型流量	原型単位幅流量	下流水深 at $x=300-330$	原型換算 下流水深
Case	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$qp(\text{m}^2/\text{s})$	$hd(\text{cm})$	$hdp(\text{m})$
1	0.0469	3.41	10.40	1.56
2	0.0947	6.88	20.25	3.04
3	0.1239	8.99	22.45	3.37
4	0.1527	11.09	24.70	3.71

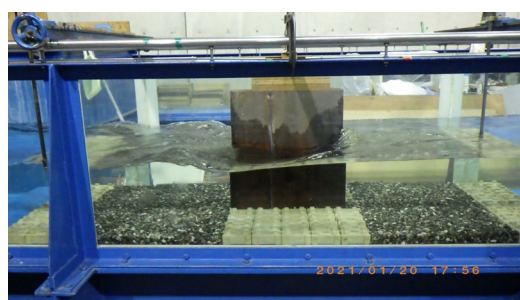


a) 長楕円柱型橋脚模型



b) 台形円柱型橋脚模型

写真 1 橋脚模型の設置状態



a) 長楕円柱周辺の流況



b) 台形円柱周辺の流況

写真 2 Case 4 を対象とした流況の比較

って橋脚に衝突したことによって形成される衝撃波の影響が異なる。長楕円柱の場合、衝撃波の影響が大きく側壁側で波立つ水面となっている。台形円柱の場合、衝撃波の影響が小さくなる。これは衝突面を 45° に傾かせることによって、橋脚への衝突位置が水深方向に異なり、衝撃波の影響が小さくなったものと考えられる。

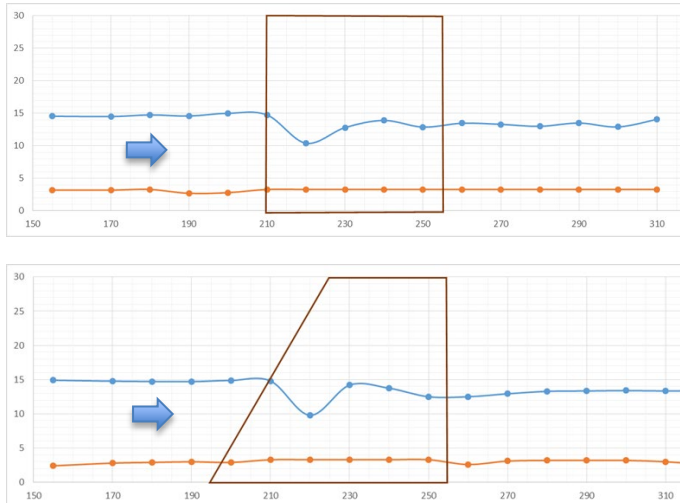


図 1 Case 1 の水面形 ( $y/(B/2)=0.150$ ,  $Fr=0.483$  at 150cm)

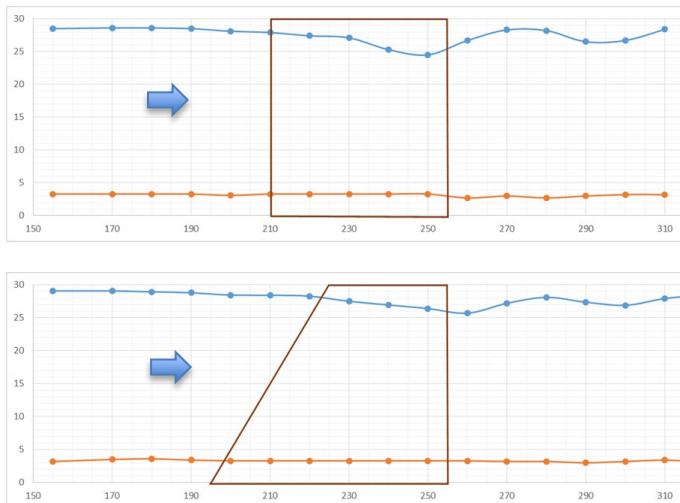


図 2 Case 4 の水面形( $y/(B/2)=0.963$ ,  $Fr=0.403$  at 150 cm)

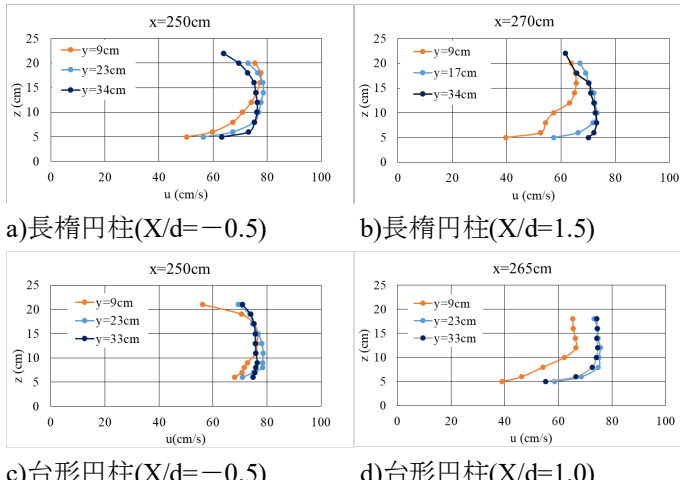


図 3 Case 2 の橋脚周辺の時間平均流速の鉛直分布  
(d:橋脚径, X:橋脚下流端からの距離,z:水路底面からの高さ)

#### 4. 橋脚周辺の水面形

Case 1 を対象とした台形円柱および長楕円柱周辺の水面形を図 1 に示し、Case 4 を対象とした場合を図 2 に示す。図中の座標の単位は cm である。また、Fr はフルード数、y は水路中央からの横断方向の座標である。図 1 に示されるように、 $y/(B/2)=0.150$  では下に凸の曲面が橋脚上部で見られる。また、長楕円柱の方が橋脚下流の水面が波立つ。なお、流量規模が大きくなると、下に凸の極値となる位置が下流側に移動する。図 2 に示されるように、Case 4 の場合、流量規模が大きくなるため、衝撃波の影響が大きく、 $y/(B/2)=0.963$  では、長楕円柱の方が橋脚下流の波状水面の凹凸が大きく、下流側遠方まで続く。なお、橋脚の際  $y/(B/2)=0.15$  付近では、台形円柱と長楕円柱を比較すると、橋脚下流の水面形に違いは認められない。

#### 5. 橋脚周辺の流速分布

Case 2 を対象とした橋脚区間およびその直下流側の流下方向成分の時間平均流速の鉛直分布について、長楕円柱と台形円柱との比較を図 3 に示す。図に示されるように、衝撃波の形成が側壁に衝突し、3 次元の流れが形成されるため、橋脚の際よりも側壁側の流速が大きくなる。また、長楕円柱の方がその傾向が大きく、底面近くの流速が速い。すなわち、橋脚下流側で、衝撃波の衝突から生じる 3 次元な流れによって洗堀されやすくなる。なお、通水後の移動床の形状から局所洗堀の痕跡が確認された。

#### 6. まとめ

橋脚形状による橋脚周辺の水面形および流速分布を検討した結果、台形円柱型の橋脚形状にすることによって、橋脚に衝突する影響を軽減し、流木堆積防止に寄与することを確認した。特に、水深に対して相対的に幅が小さい場合に生じる 3 次元な流れによる局所洗堀の軽減につながる事が水面形および時間平均流速の鉛直分布から推定することができた。

#### 参考文献

- 1) 佐藤，唐澤，村瀬，河道形成機構の解明と流木による橋梁閉塞対策等への応用に関する研究，15-5,寒地土木研究所研究発表会，2008，5 pages
- 2) 原田，内藤，里深，水山，小杉，橋梁における木徐杭及び芥留杭の機能に関する基礎的な実験，土木学会論文集 B1, Vol.72, No.4, 2016, pp.301-306.
- 3) 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, 2017, 6 pages.
- 4) 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（以下 URL2021 年 2 月 1 日閲覧）

<https://www.pwri.go.jp/caesar/profile/pdf/6.pdf>