

下流水位による橋脚直上の水位変化に関する実験的検討

Experimental investigation on change of water level at upstream of pier with downstream water level

安田陽一¹, ○石塚舜基²
 Youichi Yasuda¹,*Toshiki Ishitsuka²

Abstract: The water level at the upstream of pier depends on downstream water level in subcritical flow. Also, driftwoods and gravels might be accumulated in front of piers during floods. The increasing of the water level at the upstream of pier should be considered in accordance with the change of downstream water level. This report presents the effect of the downstream water level on the increasing of upstream water level due to the pier. Further, the increasing of upstream water level due to a trapezoidal elliptical shape pier can be reduced in comparison with that due to a long rectangle elliptical shape 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、橋梁の上流側で水位上昇が発生し、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る^[1]。また、橋脚前面に衝突した流れの影響により、河床洗堀が生じ、洗堀の程度が進行すると、橋脚の安定性が失われ、倒壊に繋がる事例がある^[2]。橋脚形状の選定には、洪水時の流水に著しい支障を与えない構造のものでなければならず、河道阻害率を抑えるため、平面形状については、できるだけ細長い楕円形又はこれに類する形状のものとなっている^[3]。安田らは、前者の流木等が堆積してしまう問題点について、橋脚形状に着目し、橋脚前面を傾斜とした台形円柱型とすることで流木捕捉軽減対策に繋がることを示している^[4]。また、後者の橋脚周辺の河床洗堀対策として、連続した石組みを設置することで、橋脚周辺の河床洗堀対策に繋がることを示しており、橋脚前面に衝突したことにより生じる水面の凹凸から設置区間を選定することの有効性を示している^[5]。水工設計上、下流水位による橋脚直上流の水位変化の影響について明らかにする必要がある。

本研究では、流量規模を一定とし、流木捕捉軽減対策として提案した台形円柱型と従来の橋脚形状である長楕円柱型とした場合での下流水深の変化による橋脚直上流の水位変化について実験的に検討を行った。

2. 実験方法および実験条件

実験は長方形断面水平水路（水路幅 $B = 0.80$ m, 長さ 17 m, 高さ 0.60 m）を使用した。記号定義図を **Figure 1** に示す。また、水路横断方向の中心となる位置に、高さ 0.475 m, $d = 0.10$ m 径, 流下方向の長さ 0.45 m の長楕円柱型もしくは、高さ 0.475 m, $d = 0.10$ m 径, 流下方向の長さ 0.45 m の長楕円柱型の前面に厚さ 1 mm

の塩ビ板で傾斜角度 45 度の三角形部材（空間には木材で補強）と一体化した流下方向の長さ 0.90 m の台形円柱型模型を設置した。また、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** に示す実験条件の下で行った。橋脚周辺の水面形を検討するため、ポイントゲージ（ 0.1 mm 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。

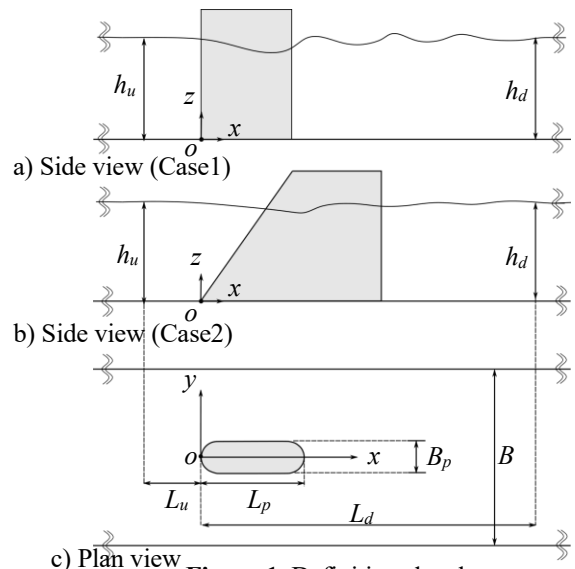


Figure 1. Definition sketch.

Note : Case1 = Long rectangle elliptical shape pier

Case2 = Trapezoidal elliptical shape pier

h_u = upstream water depth, h_d = downstream water depth

Table 1. Experimental conditions.

Case	Q (m^3/s)	h_d/d_c	d_c/B	B_p/B	L_p/B	L_u/B	L_d/B
1	0.144	1.61	0.186	0.125	1.13	0.438	2.13
		1.48					
		1.34					
2	0.144	1.61	0.186	0.125	0.563	0.438	2.13
		1.48					
		1.34					

Note : Q = discharge, $d_c = \sqrt[3]{Q^2/gB^2}$ (Critical depth)
 g = gravitational acceleration

1: 日大理工・教員・土木 2: 日大理工・院(前)・土木

3. 橋脚周辺の流況

Case 1, 2 における下流水深 $h_d/d_c = 1.61$ の場合での橋脚周辺の流況について **Photo 1** に示す。橋脚周辺の水面形については、長楕円柱型(Case 1)の場合、橋脚前面が鉛直面となっているため、橋脚前面に衝突した影響による堰上げの影響は、台形円柱型(Case 2)の場合よりも大きく、かつ橋脚に衝突にしたことによって形成される水面の凹凸が大きい。台形円柱型(Case 2)の場合、橋脚前面に衝突位置が異なるため、側壁側の水面の凹凸が小さくなる。このことは、下流水深 h_d が小さくなると、橋脚両側の水面勾配は大きくなり、やがて射流が形成されるようになる。この場合、橋脚上流の水位は下流水位の影響を受けにくくなる。また、下流水深が小さくなると水面の凹凸が下流側まで及ぶため、保護工設置区間は広がる可能性があるものと考えられる。

4. 橋脚形状による堰上げの影響

与えられた流量に対して Case 1, 2 における下流水深の変化による橋脚上流側の水深 h_u の変化について $(h_u - h_d)/h_d \times 100 = f(B_p/B, d_c/B, h_d/d_c)$ の関係で整理したものを **Figure 2** に示す。Case 1, 2 を比較すると、Case 1 が、Case 2 に比べて、橋脚前面(鉛直面)に衝突した際に生じる橋脚上流側の水深増加率が大きくなる。これは、台形円柱型とすることで橋脚前面が斜面になっていることから衝突位置が異なるため堰上げの影響が小さくなったものと考えられる。また、相対下流水深が大きい場合、Case 1 と Case 2 との水深の増加率の差は大きくなる。これは、下流水位が大きい方が橋脚上流側の水位に影響しやすくなるため橋脚形状による違いが大きくなったものと考えられる。相対上流水深と相対下流水深の関係を **Figure 3** に示す。この図から、相対下流水深が小さくなると、橋脚周辺で局所的に射流が形成されるため、橋脚形状の違いによる相対上流水深の違いは小さくなることが確認される。



a) Flow condition around long rectangle elliptical pier



b) Flow condition around trapezoidal elliptical pier

Photo 1. Flow conditions around piers.

5. まとめ

下流水位変化による橋脚上流側の水位変化の影響を検討した結果、下流水位による橋脚上流の水位の影響を定量的に示した。下流水深が大きい場合には、下流水位による橋脚上流の水位が変化しやすくなることから、台形円柱型とすることで、橋脚上流側の水位上昇の軽減に繋がることを示した。下流水深が小さくなると橋脚周辺で局所的に射流が形成され、橋脚上流の水位は下流水位に影響しにくくなることを示した。今後は、橋脚両側の通水幅とその流れの水深比を示すアスペクト比の違いによる橋脚周辺の流れの影響を検討する予定である。

6. 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, 土木分野 No.5, pp.6, 2017.
 [2] 玉越, 中谷, 吉池, 石尾: 橋脚基礎の洗掘への対応事例, 土木技術資料 53-1, pp.2, 2011.
 [3] (社)法人日本河川協会: 改定解説・河川管理施設構造令, (財)国土開発技術センター編, 改訂新版第20刷, 技報堂出版, 2005.
 [4] Yasuda, Y. and Ishitsuka, T.: Riverbed Protection due to Installation of Stacked Boulders on Both Sides of Elliptical Pier, River Flow, International conference, C1 session, 08 November, 2022.
 [5] 安田, 石塚: 橋脚周辺の石組みによる局所洗掘対策に対するアスペクト比の影響, 第78回年次講演会, II-09, pp.2, 2023.

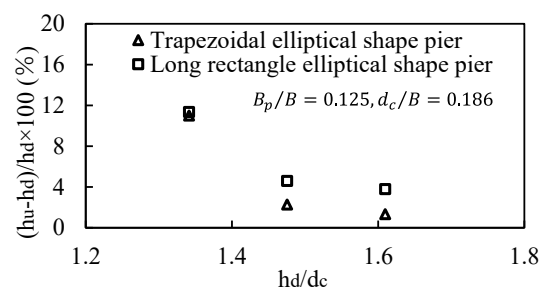


Figure 2. Change of $(h_u-h_d)/h_d$ with h_d/d_c .

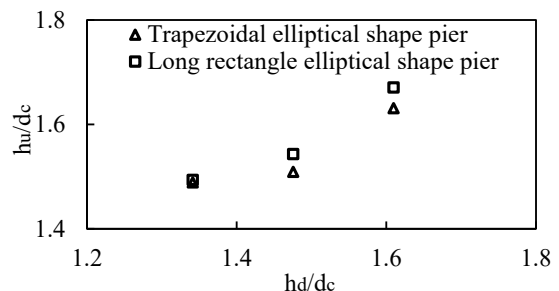


Figure 3. Change of h_u/d_c with h_d/d_c under two different type of piers.