

横越流堰下流端に設置した調整池内の気泡混入領域に対する円柱高さの影響

Effect of Cylinder Height Variation at Downstream End of a Side Weir on Air Entrainment Region in a Control Basin

安田陽一¹, ○山崎龍之介²

Youichi Yasuda¹, *Ryunosuke Yamazaki¹

Abstract : Drainage function from a side weir of storm water conduit to primary storage facility during a short flooding is required for inland flood control. The flow passing over a side weir is submerged in control basin. Then, air entrainment in submerged flow may affect drainage function for flowing into primary storage facility. This report presents experimental results on the air entrainment region of the submerged flow in control basin, based on the height of a cylinder installed at the downstream end of the side weir.

1. はじめに

近年、市街地を中心に集中豪雨による内水氾濫が全国各地にて発生しており、このような被害へ対策を講じることは喫緊の課題である。本研究室では、下水道における内水氾濫対策として、降雨ピーク時に流出する雨水を、横越流堰下流端に設置した円柱により分水を優先させ、貯留施設へと速やかに排水することが望ましいが、マンホールとの接続構造が局所流を配慮して製作されていないことなどが原因で排水機能が損なわれることが多い^{[1][2]}。そこで、横越流から貯留施設へと送水する場合、流入管と流出管との位置関係や高低差を工夫し、マンホールの上部を閉塞することによって、マンホール内に強い回転流が形成され、剥離することなく排水機能が向上出来ることを実験的に示した^[2]。横越流からの流れを調整池から排水管を経て貯留施設へと接続する場合、潜り込み流れによって調整池内部に形成された気泡がマンホールへ流入することで排水機能が低下する恐れがあるため、気泡混入の影響を最小限にし、排水機能の妨げにならないような調整池の設計が必要がある^[3]。

ここでは、横越流堰下流端の導水路中央部に設置した円柱の高さによる違いを対象に、調整池の規模を明確にするため、横越流から調整池に潜り込んだことによる気泡の混入領域の違いについて実験的に検討を行った。

2. 実験条件

実験は、水路幅 0.40 m、水路高さ 0.60 m、長さ 17 m、の矩形断面水路に雨水導水路幅 $B_m = 0.15$ m、横越流堰堤頂長さ $T = 1.0$ m、横越流堰高さ $W = 0.09$ m の横越流模型を設置した。横越流堰下流端の導水路中央部には、円柱高さ $H = 6$ cm, 9 cm, 11 cm、および円柱上部には

制御板を設置した。横越流後の流れを受け止める調整池の模型として、調整池幅 $B_p = 0.23$ m、調整池長さ $L = 2.0$ m、横越流天端から調整池底部までの高さ $W_c = 0.23$ m とした(Figure 1 参照)。調整池からの排水は、横越流からの流れ込みとは反対にし、調整池の側壁に設置したオリフィス(開口面積 $A = 0.00591$ m²)を用いている。また、気泡混入領域の長さ L_a は、横越流下流側の調整池の側壁からまとまった気泡の上昇位置までを目視にて測定している。実験条件を Table 1 に示し、円柱高さ H と総流量 Q_t (横越流流量 Q_s) を変化させ、気泡混入領域の長さ L_a を測定した。限界水深 d_c は、横越流した流量を用いて限界流の条件から算定したもので定義した。ここに、 h_c/B_p は横越流流量を示す無次元量、 H/W は相対円柱高さ、 W_c/B_p は相対落差高さ、 T/B_m は相対堤頂長さである。

Table 1 Experimental Conditions.

h_c/B_p	Q_s (m ³ /s)	H/W	W_c/B_p	T/B_m
0.154	0.00404	0.667	1.22	6.67
~ 0.220	~ 0.00823	1.00 1.22		

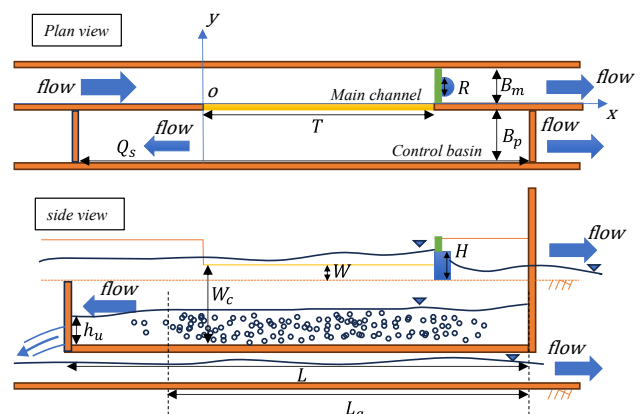


Figure 1 Experimental Model.

1: 日大理工・教員・土木 2: 日大理工・院(前)・土木

3. 調整池内の流況の説明

横越流流量 Q_s を一定とし、相対円柱高さの違いによる調整池内の流況の比較をそれぞれ **Photo 1** に示す。

Photo 1 (a) に示される $H/W=1.22$ と、**Photo 1 (b)** に示される $H/W=1.00$ では、横越流区間における水面のうねりは若干異なるものの、調整池内に形成される気泡の混入に与える影響は小さい。一方、**Photo 1 (c)** に示される $H/W=0.667$ は、他の H/W とは異なり、横越流区間で空洞を伴ったナップが見られ、気泡は調整池内部で広がる。これは、横越流堰下流端に設置した円柱と制御板による流れの制御の違いから、横越流からの越流水脈の形状の違いによるものだと考えられる。

4. 調整池内の気泡混入領域の変化

気泡混入領域の長さ L_a について、横越流堰堤頂長さ T で無次元化し、 $L_a/T=f(h_c/B_p, H/W)$ の関係で整理した。ここでは、 $W_c/B_p=1.22$ 、 $T/B_m=6.67$ を一定とし、横越流流量を示す無次元量 h_c/B_p における相対気泡混入領域 L_a/T の変化について **Figure 2** に示す。図に示されるように、 $H/W=1.22$ 、 $H/W=1.00$ では、 h_c/B_p の増加に伴い、 L_a/T は小さくなる。これは、横越流した流量の増加により、横越流区間の水面のうねりが大きくなることで、排水機能に影響を及ぼす気泡混入の位置が調整池右側へと移るためである。一方、 $H/W=0.667$ の場合、 L_a/T に変化は見られない。これは制御板に衝突する割合が大きいため、横越流周辺の水面形に大きな変化は見られず、越流水脈は横越流区間全体で空洞を伴ったナップが常に見られるためである。

5. まとめ

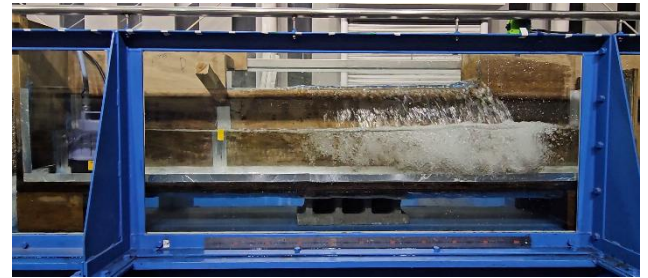
Table 1. に示す実験条件のもとで、横越流堰下流端に設置した円柱の高さを変化させた場合を対象に、総横越流流量を示す無次元量 h_c/B_p における相対気泡混入領域 L_a/T の変化について実験的に検討を行った。総横越流流量を示す無次元量 h_c/B_p および相対円柱高さ H/W の違いにより、円柱および制御板に衝突する割合から横越流区間周辺での水面のうねりが異なり、気泡の混入領域に違いが出たことが明らかとなった。

6. 参考文献

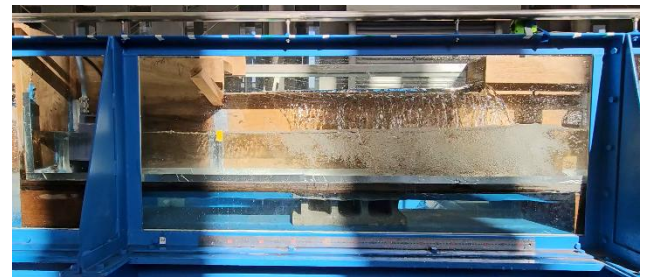
[1] 安田陽一, 飯野稜太(2021):「円柱設置による横越流からの制御に関する実験的検討」, 第76回日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM.

[2] 安田陽一(2023):「閉塞マンホールの局所流に着目した排水機能」, 水環境学会誌 8月号特集, Vol.46(A), No.8, pp.269-272.

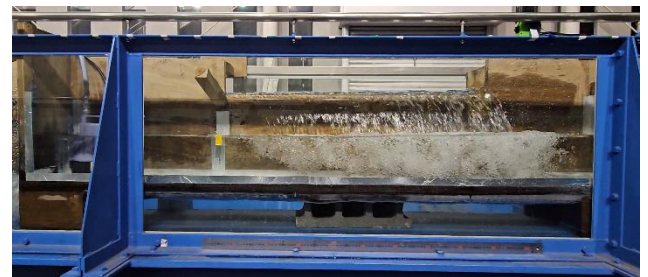
[3] 安田陽一, 山崎龍之介(2025):「横越流堰下流端に設置した支柱形状が調整池内の気泡混入領域に与える影響」, 第62回下水道研究発表会, N-2-4-3, pp.569-571.



(a) $Q_s = 0.00696 \text{ m}^3/\text{s}$, $H/W = 1.22$



(b) $Q_s = 0.00715 \text{ m}^3/\text{s}$, $H/W = 1.00$



(c) $Q_s = 0.00703 \text{ m}^3/\text{s}$, $H/W = 0.667$

Photo 1. Submerged Flow in Control Basin.

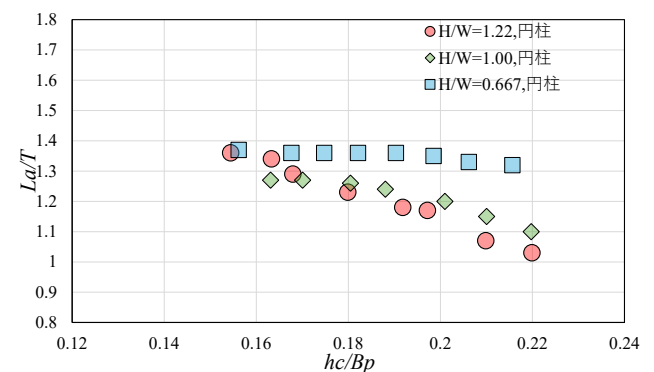


Figure 2. Change of Air Entrainment Region.

($W_c/B_p = 1.22$, $T/B_m = 6.67$)