

横越流からの流れ込みにおける気泡混入領域の実験的検討

Experimental Investigation of Air Entrainment Region in Submerged Flow Passing Over a Side Weir

安田陽一¹, ○山崎龍之介²

Youchi Yasuda¹, Ryunosuke Yamazaki²

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. In this case, a cylindrical bridge pier was installed to control the discharge of the rainwater drainage channel 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報告されており、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。内水氾濫による浸水被害や洪水被害を未然に防ぐ方法として、河川および雨水管内に横越流堰を用いて分水を行い、一時的に貯留施設へ貯留を行うことでピーク流量を減ずる方法が用いられている^[1]。本研究では、横越流から貯留施設へ送水する場合、流入管と流出管との位置関係、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、マンホールから排水管に回転しながら流入し、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]。横越流した流れを受ける調整池は、土地の制約条件から広大な施設とせず、経済的な寸法に設定する必要がある。また、横越流からの流れを貯留施設に接続する排水管に直接受けしないようにするため、横引き管の流入部を横越流からの流れ込みとは反対方向に設置する。さらに、雨水管に接続するマンホールの排水機能の妨げにならないためにも、横越流から調整池に潜り込むことによって生じる気泡混入の影響を最小にする必要がある^[3]。

ここでは、降雨量の時系列変化に応じた貯留施設への分水量の調整および横越流下流側における河川放流量の制御を目的に、横越流堰下流端の導水路中央部に円柱と制御板を設置した場合^[4]を対象に、調整池の規模及び横引き管の設置位置を明確にするため、横越流から調整池に潜り込む時に生じる気泡の混入領域について実験的に検討した。

2. 実験条件

実験には水路幅 0.40 m、水路高さ 0.60 m、長さ 15 m の矩形断面水路に主要道水路幅 $B_m = 0.15$ 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を設置し、円柱高さ $H = 0.09$ m とした。なお、円柱の上部には暗渠が設けられることを想定して制御板を設置している。横越流後の流れを受け止める調整池模型は、調整池幅 $B_m = 0.23$ m、調整池長さ $b = 2.0$ m、横越流天端から調整池底部までの落差高さ $W_c = 0.23$ m とした(Figure 1 参照)。調整池からの排水には、横越流上流側の調整池の側壁に設置したオリフィス(開口面積 A 、開口高さ Z_o)を用いており、オリフィスの開口高さを変化させることで調整池の水深 h_u を調整している。また、気泡の混入領域の長さ L_a は横越流下流側の調整池の側壁から気泡の上昇位置までを目視にて計測した。実験条件を Table 1 に示し、総流量 Q_t (横越流流量 Q_s) と調整池の水深を変化させ、気泡の混入領域の長さ L_a を測定した。また、横越流から流入する流量規模を無次元化したフルード数 Fr とし、 $Fr = V/\sqrt{gZ_o}$ ($V = Q_s/A$)。限界水深 d_c には、限界流の条件を用い、導水路の単位幅流量を用いた。ここに、 d_c/W は総流量を示す無次元

Table 1. Experimental conditions

d_c/W	Fr	W_c/B_p	H/W	T/B_m	h_u/B_p
0.954	0.797	1.22	1.00	0.667	0.300
~ 1.44	~ 2.86				~ 0.996

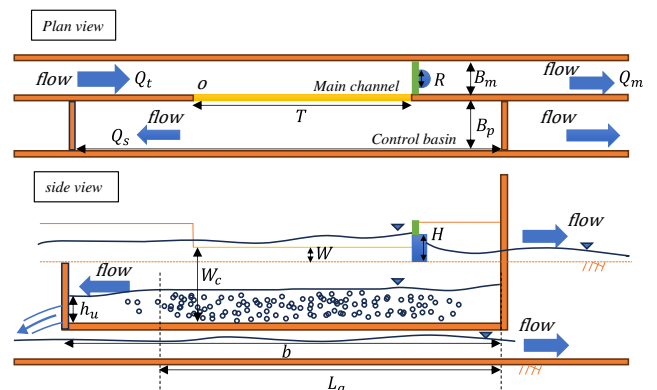


Figure 1. Experimental Models

1 : 日大理工・教員・土木 2 : 日大理工・院(前)・土木

量, W_c/B_p は相対落差高さ, H/W は相対円柱高さ, T/B_m は相対堤頂長さ, h_u/B_p は相対調整池水深である.

3. 調整池内の流況

横越流した流れを受ける調整池内の水深と流量を変化させた場合の流況の比較を **Photo 1** に示す. **Photo 1(a), (b)** に示されるように, 同一の流量のもとで調整池内の水深を大きくすると, 横越流によって潜り込んだ流れによって形成される気泡混入は小さくなる. これは, 調整池内の水深の増加に伴い, 調整池突入時の越流水脈が乱れが小さくなったためと考えられる. 一方, **Photo 1(a), (c)** に示されるように, 同一の水深のもとで横越流流量を大きくすると, 円柱によって流れを阻害する影響が大きくなるため, 横越流堰下流側では越流する際の曲率が小さくなり, 調整池の側面に越流水脈が衝突しやすく, 気泡が調整池内部で広がる.

4. フルード数による気泡混入領域の変化

気泡の混入領域の長さ L_a について, 横越流堰堤頂長さ T で無次元化し, $L_a/T = f(d_c/W, Fr, W_c/B_p, H/W, T/W, h_u/B_p)$ の関係で整理し, フルード数 Fr の変化による相対気泡混入領域 L_a/T の変化を **Figure 2** に示す. 図に示されるように, d_c/W の変化に関わらず, Fr による L_a/T に変化は見られない. なお, $Fr < 1.50$ の範囲では, L_a/T が最大 1.45 に達することが示され, Fr の増加に伴って L_a/T は小さくなっていく. 一方で, $Fr \geq 1.50$ においては何れの d_c/W においても L_a/T がほぼ一定となる. これは, オリフィスの開口高さが小さくなることで調整池の水深が大きくなるため, 越流水脈の潜り込む位置が直接側壁 (ここでは側壁ガラス) に衝突することなく, 調整池の大きさに制限をかけたことで気泡混入領域が拡散しにくくなったものと考えられる.

5. まとめ

Table 1 に示す実験条件のもとで, 横越流堰下流端に円柱と制御盤を設置した場合を対象に, 無次元量 d_c/W , フルード数 Fr によ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. フルード数 Fr の増加に伴い気泡の混入領域 L_a/T は小さくなり, 調整池流出口でのフルード数 Fr が 1.50 より大きくなると, 相対気泡混入領域 L_a/T は 1.25 程度に収束する傾向が見られる.

6. 参考文献

[1] 安田陽一:「管渠内の水理学の今後の展開」, 日本下

水道新聞, 第 2269 号, pp.9, 2015.

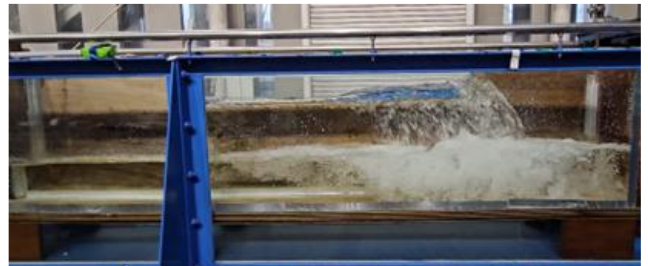
- [2] 安田陽一:「閉塞したマンホール内の局所流に着目した排水機能」, 水環境学会誌 8 月号特集, Vol.46(A), No.8, pp.269-272, 2023.
- [3] 安田陽一, 山崎龍之介:「調整池内における横越流からの流れ込みにおける気泡混入の影響」, 第 61 回下水道研究発表会, 2024.
- [4] 安田陽一, 飯野稜太:「円柱設置による横越流からの制御に関する実験的検討」, 第 76 回日本大学理工学部学術講演会, 2021.



(a) $d_c/W = 1.11, h_u/B_p = 0.649$



(b) $d_c/W = 1.11, h_u/B_p = 0.873$



(c) $d_c/W = 1.38, h_u/B_p = 0.650$

Photo 1. Submerged flow in control basin

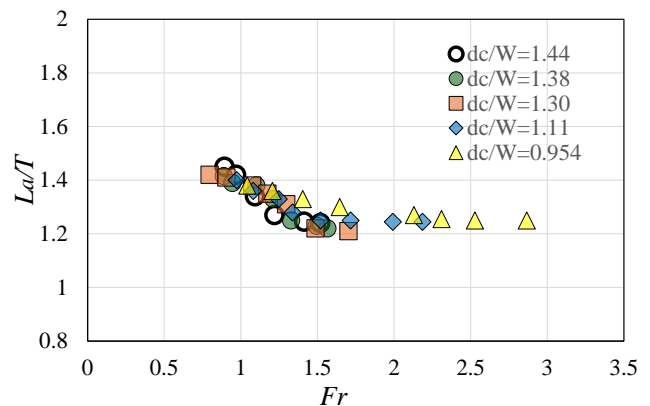


Figure 2. Change of air entrainment region at froude number in control basin