

主流方向に対して逆向きに開口する階段入口から地下空間へ流入する流量の実験的評価

長崎大学工学部 学生員 ○横山 直弥 長崎大学工学部 正会員 多田 彰秀
 長崎大学工学部 正会員 古本 勝弘

1. はじめに

地下空間の開発や利用が進む一方で、近年、地下空間での水災害が多発している。さらに地下空間の開発・利用を推進していくためには、地下空間における浸水対策や避難誘導システムを万全にすることが重要課題となっている。このようなことから、地下空間での洪水氾濫水の浸水過程を支配し、浸水予測シミュレーションを高精度に行う意味から極めて重要な水理量(境界条件)となる地上開口部から地下空間へ流入する流量に注目し、その基本特性について明らかにしようとする研究がなされている。流れの方向に対して逆向きに開口する階段入口から流入する流量評価の研究は、松尾・葦本ら¹⁾によって行われている。しかし、階段入口部の周辺に発生する跳水や衝撃波等の影響により流量評価の有効性について再検討の必要性が指摘された。とくに、彼らが用いた実験装置では、対象としている水理現象が左右対称であるとし、半幅の水路模型を製作している(図-1 参照)。しかしながら、側壁等の影響により鏡像原理が厳密に成立するか疑問が残された。そこで本研究では、地上部の水路および階段入口の模型を全幅に変更するとともに、地上部の水路幅員 B を変化させて、主流方向に対して逆向きに開口する階段入口から地下空間へ流入する流量の評価を水理実験によって明らかにする。

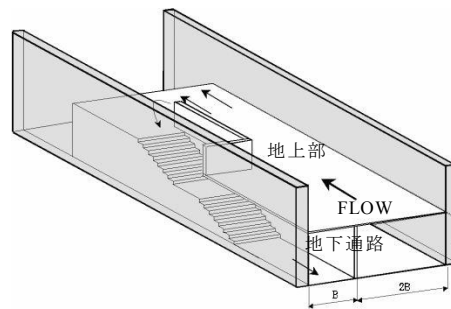
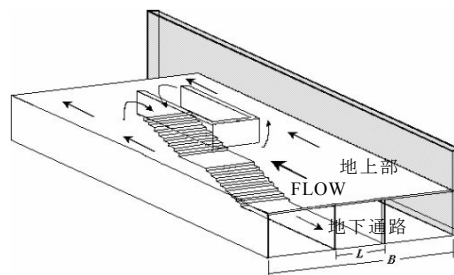
図-1 松尾・葦本の実験概略¹⁾

図-2 実験の概略

2. 水理実験の概要

実験には写真-1 に示すような幅=120cm、長さ=440cm の木製水路を用いた。水路の中央部に主流とは逆向きに開口するアクリル製階段模型(フルード相似則に従った縮尺: 1/15)を設置した。また、地上部の流れを流下させる水路と階段入口から地下空間に流れ込んだ水を流下させる水路とを2層構造に配置させた(図-2 参照)。実験に際しては、水平矩形水路の上流端に設置されたバルブの開度によって流量を変化させるとともに、上流端近傍で整流を行った。さらに、水平矩形水路の下流端に異なる高さの堰を設けて堰上げを行い、階段入口近傍の流況特性を変化させた。なお、堰高は2cm, 3cm, 4cm, 5cm および 6cm の5ケースを用いた。地上部に対応する水路の構造条件としては、幅員 B を100cm, 80cm の2種類(Run1, Run2)に変化させ、階段入口の幅員 L と地上部の水路幅 B との比(L/B)の影響について検討を加えた。階段入口から地下空間へ流入する流量 Q_w および階段入口を通過して地上部を流下する流量 Q_t は、それぞれ三角堰を用いて計測した。

流れが定常状態になったことを確認した後、階段入口から下流側に向かって取った距離 $X=1l, 3l, 5l, -25l(l=4\text{cm})$ の横断面内で水深を計測した(図-3 の○印参照)。さらに、階段入口周辺部の流況変化等について染料を投入して目視観察を行った。



写真-1 上流側から見た実験装置の全景

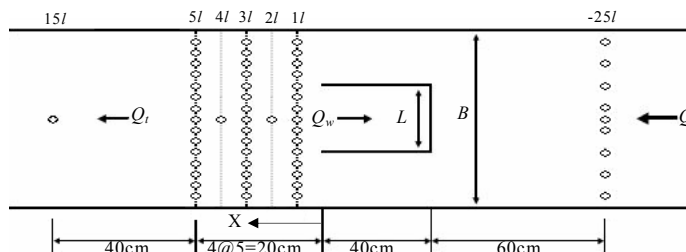


図-3 水深の測定点

3. 実験結果および考察

図-4 および図-5 は、開度 2.5, 下流端の堰高 6cm および $L/B=1/4$ の実験ケースについて、 X が $1l$, $3l$, $5l$ および $-25l$ (図-3 参照) の横断面内の水深分布を示したものである。水面形がほぼ左右対称になっていることが確認できる。とくに、 $1l$ および $3l$ の水面形(図-4 参照)が階段入口部の影響を受けて大きく変化している。一方、 $5l$ での水面形は上流側 $-25l$ での水面形と同様に水深がほぼ一様となっていることがわかる。

また、階段入口近傍の流況特性を明らかにするため、水路中央の $X=1l \sim 5l$, $15l$ における水深をそれぞれ計測し、水路縦断方向の水面形を図-6 にプロットした。図中の横軸は、階段入口から下流側に向かって取った距離 X/l , 縦軸は水深 h である。階段入口から流入する流量 Q_w が増加するとともに同一測点での h の値が増加していることが確認できる。さらに、各ケースともに h の値はいったん増加するものの $5l$ 付近から下流側で減少傾向となっている。すなわち、 $5l$ 付近が階段入口から地下空間へ流入する流れと階段入口を通過して地上部を流下する流れとの境界部になっているものと予想される。なお、染料による目視観察からも同様のことが確認できた。

図-7 は、水路横断方向の水深がほぼ一様で流れの境界部になっていると考えられる $X=5l$ での全水頭 H_{5l} と階段入口から地下空間へ流入する単位幅流量 $q_w (=Q_w/L)$ との関係を示したものである。図中には L/B をパラメータとして変化させた場合の実験結果がプロットされており、 $L/B=1/5$ の q_w の方が $L/B=1/4$ より大きな値となっている。図中には、Run1(○)および Run2(×)を対象に最小二乗法によって求められた回帰曲線がそれぞれ実線および破線で示され、次式を得た。

$$q_w = 12.433H_{5l}^{1.5795} \cdots (3.1), \quad q_w = 11.424H_{5l}^{1.5876} \cdots (3.2)$$

上流端のバルブから供給される全流量 $Q (=Q_w + Q_t)$ と階段入口から地下空間へ流入する流量 Q_w との関係を明らかにするため、 Q_w/Q を流量分配率と定義する。図-8 は $L/B=1/4$, $1/5$ の場合の Q_w/Q と $X=-25l$ での主流フルード数 F_r との関係を示したものである。 F_r の増加に伴って Q_w/Q が減少している。すなわち、階段入口から地下空間へ流入する流量は、地上部主流の有する慣性力(フルード数 F_r)の大きさに著しく支配されているものと判断される。また、 $L/B=1/4$ の流量分配率の方が $L/B=1/5$ より大きな値となっている。このことから L/B は Q_w/Q に影響を及ぼすパラメータと考えられる。

4. おわりに

本研究では、地上部に対応する水路の幅員 B をパラメータとして変化させ、主流方向に対して逆向きに開口する階段入口から流入する流量の評価を実験的に行った。その結果、階段入口から地下空間へ流入する流量 Q_w は $X=-25l$ での主流フルード数 F_r および L/B に大きく影響されることがわかった。今後、さらに L/B を変えて実験を行い、地下空間へ流入する流量の評価式を求めていきたい。

《参考文献》

1) 松尾・茸本ら：階段入口から地下空間へ流入する流量の評価に関する考察，H12 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，第2分冊II-66，2001。

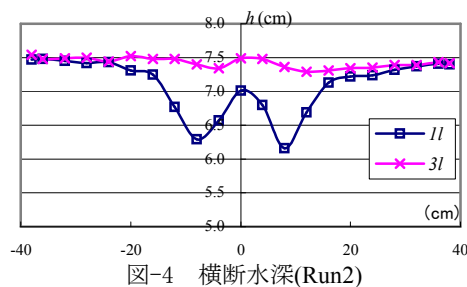


図-4 横断水深(Run2)

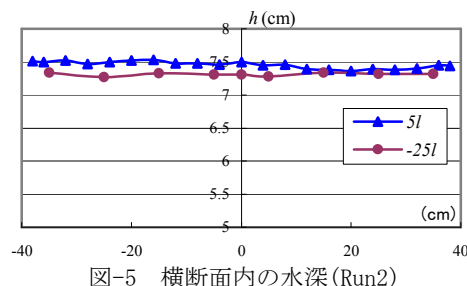


図-5 横断面内の水深(Run2)

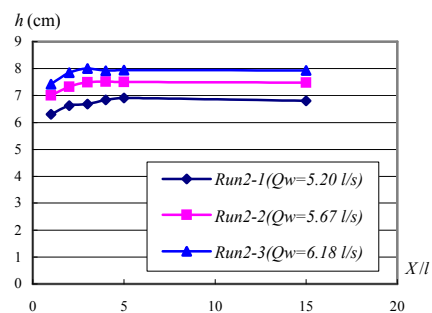


図-6 縦断面内の水深

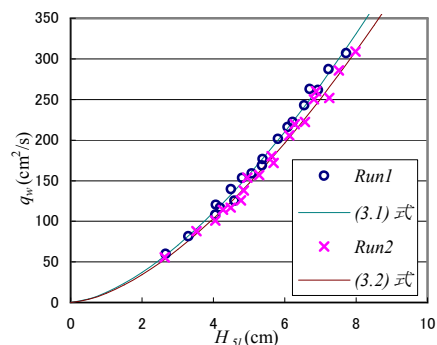


図-7 q_w と H_{5l} の関係

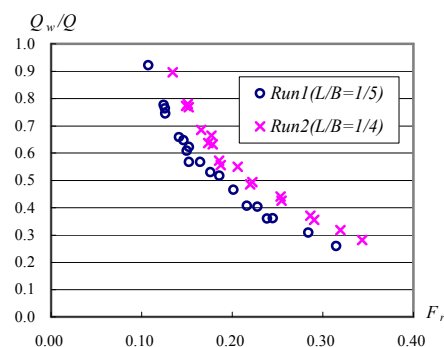


図-8 分配率と F_r の関係