

階段入口から地下空間へ流入する流量の評価式について

長崎大学大学院 学生員○本田洋平
長崎大学工学部 正 員 多田彰秀

長崎大学大学院 学生員 井上啓由
島 根 県 非会員 木村克志

1. はじめに；

わが国では、地下鉄や地下街など様々な形で地下空間の有効利用がなされている。しかし、昨年6月には福岡市で、7月には東京都内で地下空間へ流れ込んだ大量の水によって溺死者を出すという惨事が発生した。すなわち、大都市部の地下空間が内水や外水に伴う浸水に対して如何に脆いものであるかを露呈した。このような地下空間における浸水対策の一つとして、洪水氾濫に伴う浸水の予測シミュレーションを実施し、地下空間での浸水に対する避難システムを早急に確立することが考えられる。本報では、このような課題を解決するための第一段階として、地下空間での浸水予測シミュレーションを実施する際の境界条件となる階段入口の流入流量に着目し、まず、JR 博多駅地下街へ通ずる階段入口の構造形式を現地調査した。ついで、その結果を用いて水理実験を実施し、階段入口から地下空間へ流入する流量の評価式を提案する。

2. 現地調査とその結果；

昨年6月の福岡豪雨に伴って地下空間への浸水被害が発生したJR 博多駅を対象に、地上部から地下街への通路となっている階段入口25ヶ所で現地調査を1999年12月9日に実施した。現地調査から得られた測量データに基づいて、複雑な構造を有する階段入口の形式について分類を試みた結果、図-1に示すような4つの基本パターンに大別されることが分かった。特に、最多数(13ヶ所)を占めた直階段(2ブロック)の場合の各諸元(平均値)は、階段の幅員3.9m、けあげ高0.15m、踏み幅0.31m、1ブロック当りの階段数15段、踊り場の踏み幅は1.41mであることが確認できた。図-2は1ブロック毎の階段落差 V_i と水平距離 L_i との関係を示したものである。図中には折れ階段および折返し階段の場合のデータも併記されている。図より、階段入口の形状に関係なく V_i と L_i とは比例関係にあることが分かる。なお、図中の実線は、最小二乗法より算出した回帰式である。この式より階段の平均勾配は $\theta = 25^\circ$ となる。また、地上部の階段入口に設けられた段差の設置率は44% (11/25)と予測していたほど大きくなかった。なお、段差高さの平均値は0.11m、その延長は2.1mであった。

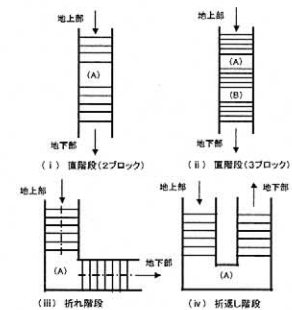


図-1 階段入口の構造形式

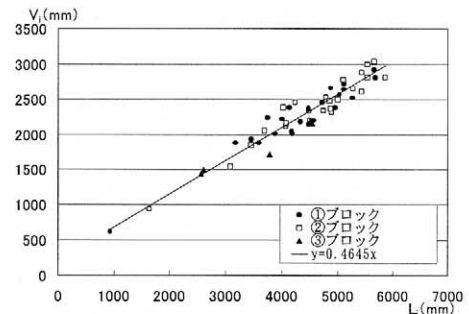


図-2 階段落差 V_i と水平距離 L_i との関係

3. 水理実験の概要

構造形式として半数を占めた直階段を対象として地下空間へ流入する流量の評価式を提案するため、フルード相似則(縮尺1/15)を採用して図-3に示すような階段模型を製作し、水理実験を行った。すなわち、図-3のA点の水深(h_a)をパラメータとして変化させ、流れが定常になったことを確認した後、①階段部を流下する流量(Q)、②A点の断面平均流速 V_5 (2点法)、③地上部(b点～a点の間)

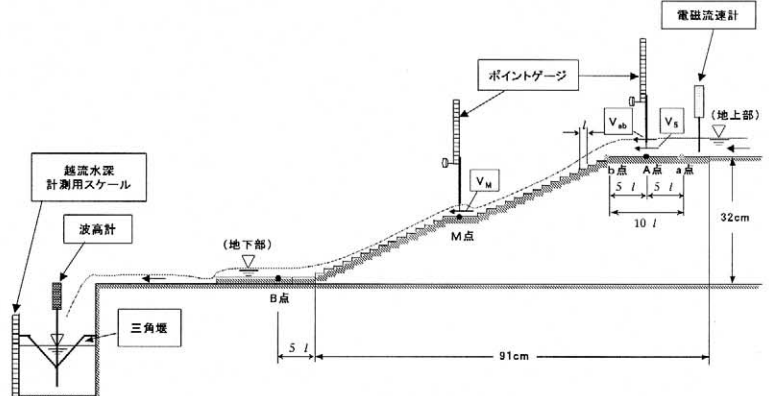


図-3 水理実験の概要

キーワード：氾濫水、地下空間、階段入口、流入流量、境界条件

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学大学院生産科学研究科 TEL095-843-7231 Fax095-848-3624

の水面形などについて三角堰、電磁流速計およびポイントゲージ等を用いて計測した。特に、階段入口の地上部に段差を設けない場合(Run-1, Run-2)と設けた場合(Run-3, Run-4)の比較を通して、地上部での段差の設置効果についても検討を加えた。

4. 水理実験結果およびその考察

図-4のフローチャートに従って、階段入口から地下部へ流入する流量 Q の評価式を誘導した。その結果、表-1のように(1)式の流量係数 C_* および定数(べき乗) a が求まった。

図-5は、 h_5 と(1)式で評価される流量 Q との関係(Run-1, 段差なし)を太線で示したものである。図中には、A点で計測した平均流速 V_5 より算定した $Q_{cv}(\Delta)$ と直角三角堰公式より求めた $Q_c(\circ)$ がプロットされている。 Q_{cv} の値は、(1)式よりもすべてのケースで大きくなっている。これはA点の平均流速 V_5 を流心軸上で2点法によって算出したため、 Q_{cv} を過大評価しているものと考えられる。一方、 Q_c は(1)式よりも小さいことが分かる。しかし、両者は(1)式の曲線を挟んで分布しており、平均的には(1)式の妥当性が確認できる。さらに、図中には段落ちモデル¹⁾に流量係数 $\mu=0.8$ および 1.0 を与えた場合の流量がそれぞれ細線および破線で示されている。 h_5 が 3cm 以下の場合には、流入流量 Q を本研究で提案する(1)式から算出しても段落ちモデルで求めても大差がないことが明らかとなった。

図-6は、階段端部b点から上流側へ取った距離 x と h/h_c (h_c : 限界水深) との関係を示したものである。各ケースとも h/h_c の値は上流側に向かうほど増加している。また、階段部への流入流量 Q の増加とともに同一測点での h/h_c の値が減少傾向にある。すなわち、流量 Q の増加に伴って、b点近傍に出現する射流区間($h/h_c < 1$)が上流側へ拡大していくものと解釈できる。なお、b点より下流側の階段直上の流れは、すべて射流であった。

図-7はRun-2、Run-4の場合の Q_c と表-1に示す2つの場合の流量評価式とを併記している。図から、A点の水深 h_5 が 2cm を超えるあたりから、同一水深でも段差を有する方が階段部へ流入する流量は小さくなるのがわかる。すなわち、段差の設置効果が確認された。

(参考文献) 1) 高橋・中川・野村: 洪水氾濫に伴う地下街浸水のシミュレーション, 京都大学防災研究所年報, 第33号B-2, pp. 427~442, 1990.

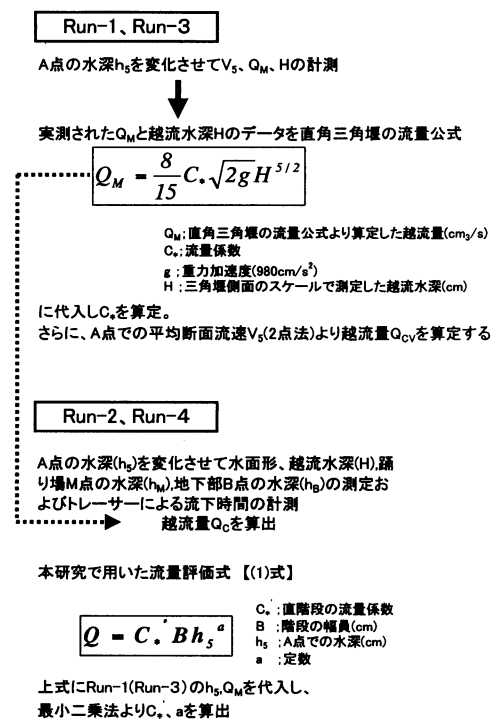


図-4 水理実験方法のフローチャート

表-1 (1)式の流量係数 C_* と定数 a

	C_*	a	段差の設置
Run-1	21.0	1.9	なし
Run-3	30.5	1.4	あり

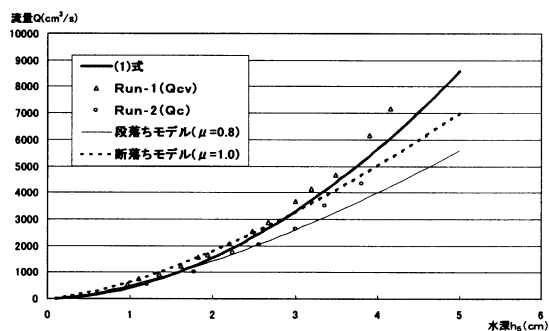


図-5 階段入口からの流入流量(段差無し)

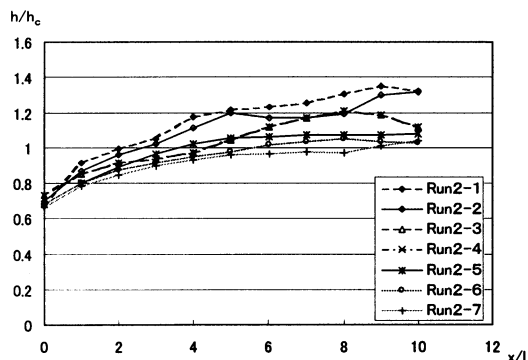


図-6 b点～a点での水面形(段差無し)

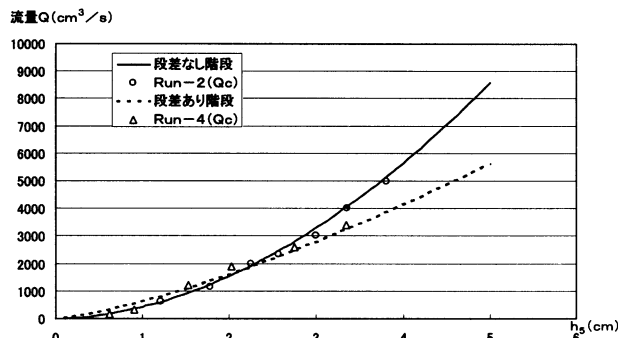


図-7 流量評価式に及ぼす段差の影響