

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

長崎大学大学院 学生員○井上啓由 長崎大学 工学部 学生員 本田洋平
 長崎大学工学部 非会員 木村克志 長崎大学 工学部 正 員 多田彰秀

1. はじめに；

わが国では、地下鉄、共同溝および地下街などといった様々な形で地下空間の有効利用がなされており、地下空間は今や日常生活にとって必要不可欠な空間となっている。さらに、地下空間での防災対策は『防火』が中心であるため、そこでの水害対策はほとんど議論されておらず、地下浸水の危険性さえも意識されてこなかった。このような中、昨年6月には福岡で一人が、7月には東京都内で一人が地下空間へ流れ込んだ大量の水によって溺死した。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といっても過言ではない。一方、地下空間への水の浸水過程に着目した既往の研究は極めて数が少なく、1)洪水氾濫水の地下街への浸入シミュレーション（高橋・中川・野村、1990）および2)大規模な高潮と洪水が重畳した場合を想定し、地下空間における氾濫水の広がりについて水理学的な数値解析（井上・中川・戸田・溝田、1997）がなされているに過ぎない。これらは、1)平面二次元氾濫解析モデルを適用していること、2)地上開口部から地下街への流れが段落ちモデルで説明できるものとみなし、地下街への流入流量を評価していることが共通点である。

以上のようなことを考慮すれば、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流入・伝播過程を水理学的に明らかにするとともに、浸水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確立することが早急に望まれる。このような課題を解決するための第一段階として、本報では、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、その水理特性に影響を及ぼすと思われる階段入口の構造形式を現地調査に基づいて分類する。さらに、分類された構造形式ごとに階段入口から地下空間へ流入する流量の評価式を水理実験に基づいて検討する。

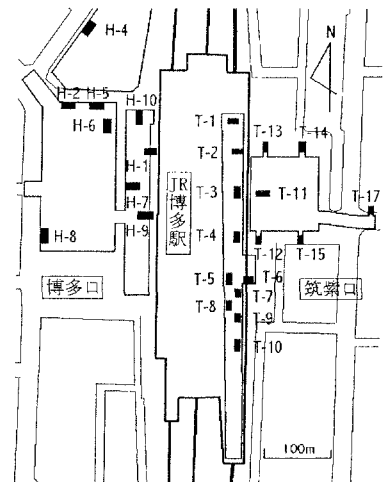
2. 現地調査の概要；

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筑紫口方面16ヶ所、博多口方面9ヶ所、計25ヶ所の階段入口で現地調査を1999年12月9日に実施した(図-1 参照)。

調査方法は、巻尺、定規およびデジタルカメラを用いて、地下街へ通じる階段入口の1)幅員、2)階段の勾配、3)地上部と地下街との高低差（階高）、4)階段ステップの高さ（けあげ高）、5)階段ステップの幅（踏み幅）、6)階段数および7)踊り場の踏み幅などを詳細に測量した。

3. 調査結果とその考察；

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。その結果、図-2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。すなわち、25ヶ所の階段入口のうち、直階段が13ヶ所（2ブロック：6ヶ所、3ブロック：7ヶ所）と最も多く、ついで折れ階段（右折れ：5ヶ所、左折れ：1ヶ所）が6ヶ所、折返し階段が4ヶ所であった。残り2ヶ所については特殊な形状のため基本パターンから除外した。なお、図-2（i）に示す直階段は、地上部から踊り場（A）、踊り場（A）から地下部をそれぞれ1ブロックとみなし、2ブロックから構成されているものと考えた。表-1は、図-3に定義されている直階段



■：調査対象とした階段入口

図-1 JR 博多駅周辺地図と調査地点

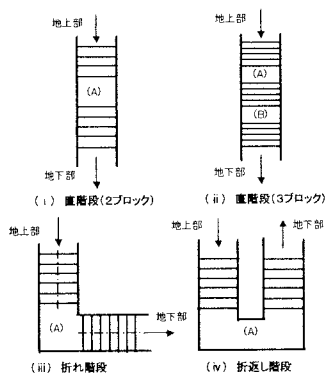


図-2 階段入口の構造形式

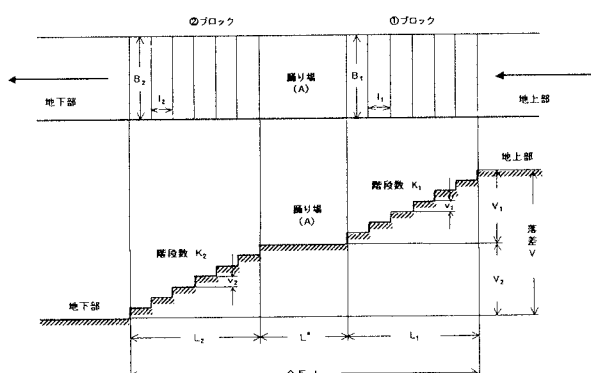


図-3 直階段（2ブロック）の場合の構造特性

表-1 現地調査した階段入口の諸元〔直階段（2ブロック）〕

	①ブロック							②ブロック							L*	材質
	k ₁	v ₁	l ₁	V ₁ =v ₁ k ₁	L ₁ =(k ₁ -1)l ₁	V ₁ /L ₁	B ₁	k ₂	v ₂	l ₂	V ₂ =v ₂ k ₂	L ₂ =(k ₂ -1)l ₂	V ₂ /L ₂	B ₂		
T-2	15段	146	326	2190	4564	0.4798	4434	16段	148	326	2368	4890	0.4843	4434	1516	A
T-4	17段	151	315	2567	5040	0.5093	4520	14段	151	313	2114	4069	0.5195	4520	1515	A
T-5	16段	154	315	2464	4725	0.5215	4400	16段	146	317	2336	4755	0.4913	4400	1510	A
T-8	16段	153	315	2448	4725	0.5181	3500	16段	155	324	2480	4860	0.5103	3500	1510	A
T-9	13段	154	323	2002	3876	0.5165	2960	19段	148	326	2812	5865	0.4795	2960	1220	A
H-4	18段	154	300	2772	5100	0.5435	3778	18段	154	300	2772	5100	0.5435	3777	1204	B
平均	16段	152	316	2407	4672	0.5148	3932	17段	150	318	2480	4923	0.5047	3932	1413	-

〔材質〕 A：プラスチックパネル B：石タイル

（2ブロック）の場合の各諸元について整理したものである。この表より、階段の幅員は3.9m、けあげ高は0.15m、踏み幅は0.31m、1ブロック当りの階段数は15段、踊り場の踏み幅は1.41mなどが確認できる。これらの平均値は、表-2に示す歩道橋の場合の標準値を満足している。さらに、図-4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同様な処理を施して併記されている。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確認できる。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 $\theta = 25^\circ$ である。また、地上部の階段入口におけるステップの設置率は44%（11/25）と予測していたほど大きくなかった。

4. 水理実験の概要；

4つに大別された階段入口の構造形式ごとに流入流量の評価式を提案するため、フルード相似則（縮尺1/5）を採用して階段の模型を製作し、水理実験を行う。すなわち、地上部の越流水深(h)をパラメーターとして変化させたときの階段を流れ落ちる流量(Q)を、波高計および電磁流速計を用いて計測する（図-5参照）。さらに、段落ちモデルと比較しながら Q と h との関係を明らかにし、流入流量の評価式を検討する。なお、水理実験に基づく結果については、本報発表時に紹介する予定である。

表-2 歩道橋の標準値

階段のけあげ高	15cm
階段の踏み幅	30cm
踊り場の踏み幅	1.2m以上

出典：日本道路協会

「立体横断施設技術基準・同解説」

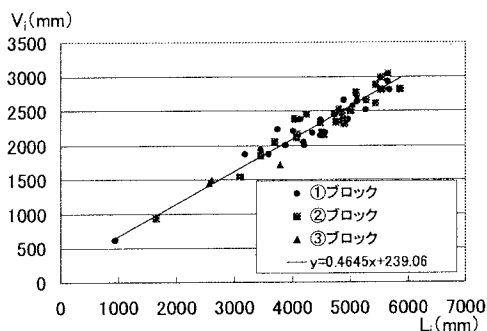


図-4 階段落差 V_i と水平距離 L_i の関係

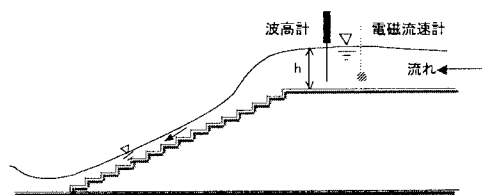


図-5 水理実験の概要