

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

—地上部の流れと階段との平面的な位置関係を考慮した場合について—

長崎大学工学部 学生員 〇松尾 一良 長崎大学工学部 非会員 葺本 浩平
 長崎大学大学院 学生員 井上 啓由 長崎大学工学部 正会員 多田 彰秀

1. はじめに

近年、地下空間の開発はわが国をはじめ世界各国で盛んに実施されている。また、2000年5月に制定され、本年4月から施行される「大深度地下法」が、その利用形態をさらに拡大させるものと予想される。しかし、地下空間の開発や利用が進む一方で、地下空間の浸水などに伴う事故が多発しているのも事実である。すなわち、溺死者を伴った1999年6月の福岡や7月の東京での浸水事故、軌道が冠水し地下鉄が2日間も不通となった2000年9月の東海豪雨災害はその代表的な事例である。このような背景には、従来より地下空間では防火対策や震災対策が中心になされ、浸水対策が軽視されてきた経緯がある。

地下空間での浸水被害の重大性を認識し、そこでの水害対策を考える時、地下空間の構造形式や面的な広がり、昇降口の位置関係および地上部から流れ込む流量などを事前に把握し、地下空間内での流れの特性をつかんでおくことは、地下空間の防災機能・避難システムを確立し、災害時の初期動作を速める上で非常に重要なことである。このような理由から、本研究ではJR博多駅地下街よりも大規模で複雑な平面形状を持つ福岡市天神地下街を対象に、地下空間の構造形式や階段入口の位置関係等について現地調査を行う。次いで、地上部の洪水氾濫水の流れ(主流向)に対する階段入口の平面的な位置関係を考慮し、地上部から階段入口を経て地下空間へ流入する流量の評価式を水理実験より明らかにする。さらに、得られた結果と本田・井上¹⁾が提案している地下空間へ流入する流量評価式との比較・検討を行い、平面二次元流れの場合の流入流量の評価式を提案する。

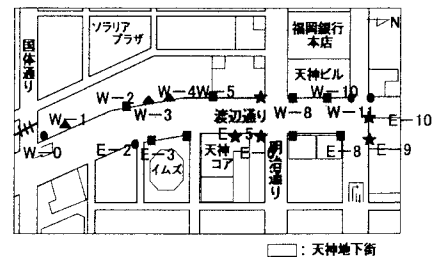
2. 現地調査

2.1 天神地下街の現地調査の概要

本田・井上¹⁾は、1999年6月の福岡豪雨に伴って浸水被害を受けたJR博多駅地下街を対象に現地調査を実施し、階段入口の諸元、位置や構造形式等の項目を明らかにした。本研究では、JR博多駅地下街よりも大規模で複雑な福岡市天神地下街において同様な現地調査を行った。調査対象地点は、図-1中の●、▲、■および★で示す計20箇所である。調査方法は、メジャー、定規およびデジタルカメラを用い、地下街へ通じる階段入口の幅員、階段の踏み幅、けあげ高、階段総数および地上出入り口部の形状等について詳細に測量した。

2.2 調査結果およびその考察

現地調査結果に基づけば、階段の形状は、①直階段、②直階段+折れ階段、③直階段+折返し階段の3種類に大きく分類できることがわかった(図-2参照)。ただし、5箇所の階段については、屋外からだけでなく建物内部からも地下部とつながっていたり、踊り場から他の階段につながっているため、特殊な形状として区別した。なお、図-2①に示す直階段は、地上部から踊り場A、踊り場Aから踊り場B、踊り場Bから地下部をそれぞれ1ブロックとみなし、3ブロックから構成されているものと考えた。表-1は、ブロック別に図-3で定義された各諸元について整理したも



●:直階段 ▲:直階段+折れ階段
 ■:直階段+折返し階段 ★:その他
 図-1 天神地下街周辺地図と調査地点

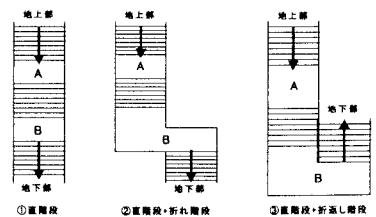


図-2 階段構造の形状の分類

表-1 現地調査した階段入口の諸元

形状	①ブロック										②ブロック										③ブロック										④ブロック									
	k_1 (段)	f_1	l_1	$l_1=(k_1-1)k_1$	$F_1=f_1k_1$	F_1/L_1	B_1	k_2 (段)	f_2	l_2	$l_2=(k_2-1)k_2$	$F_2=f_2k_2$	F_2/L_2	B_2	k_3 (段)	f_3	l_3	$l_3=(k_3-1)k_3$	$F_3=f_3k_3$	F_3/L_3	B_3	k_4 (段)	f_4	l_4	$l_4=(k_4-1)k_4$	$F_4=f_4k_4$	F_4/L_4	B_4												
2ブロック	W-0	17	15.0	30.0	480.0	285.0	0.5	250.0	13	15.0	31.0	372.0	195.0	0.5	250.0																									
3ブロック	W-1	20	15.0	30.0	570.0	390.0	0.5	250.0	18	14.8	30.0	450.0	226.8	0.5	250.0	15	15.0	30.0	420.0	275.0	0.5	250.0																		
	W-2	20	15.0	30.0	570.0	390.0	0.5	250.0	18	15.0	30.0	450.0	225.0	0.5	250.0	18	15.0	30.0	450.0	225.0	0.5	250.0	20	14.8	30.0	506.6	270.0	0.5	250.0											
	W-3	20	15.0	30.7	583.3	390.0	0.5	250.0	12	15.0	30.0	330.0	180.0	0.5	250.0	20	14.8	30.0	570.0	296.0	0.5	250.0																		
	W-4	20	15.0	30.7	583.3	390.0	0.5	250.0	14	14.8	30.0	390.0	207.2	0.5	250.0	20	15.0	30.7	583.3	300.0	0.5	250.0																		
	W-5	20	15.0	31.0	589.0	390.0	0.5	250.0	16	15.0	31.0	468.0	240.0	0.5	250.0	20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	250.0																		
	W-11	20	15.0	30.7	583.3	390.0	0.5	250.0	17	15.0	31.0	486.0	255.0	0.5	245.0	20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	240.0																		
	W-12	20	15.0	30.0	570.0	390.0	0.5	250.0	17	15.0	30.0	480.0	255.0	0.5	250.0	20	15.0	30.0	570.0	300.0	0.5	250.0																		
	E-2	20	15.0	31.8	604.2	390.0	0.5	251.0	13	15.2	31.3	375.6	201.5	0.5	251.0	18	15.6	31.2	535.5	280.8	0.5	251.0																		
	E-3	20	14.7	31.5	596.5	294.0	0.5	251.0	15	14.8	33.3	486.2	219.0	0.5	251.0	15	16.1	32.8	492.0	257.6	0.5	248.8																		
	E-4	20	14.8	31.5	589.2	296.0	0.5	250.0	13	15.2	31.3	375.6	197.8	0.5	251.0	20	15.4	31.4	586.6	306.0	0.5	250.1																		
	E-8	20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	250.0	15	15.0	31.0	434.0	225.0	0.5	250.0	20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	250.0																		
	4ブロック	W-8	17	15.0	30.0	480.0	255.0	0.5	220.0	15	15.0	30.0	420.0	225.0	0.5	220.0	20	15.2	31.0	589.0	304.0	0.5	230.0	7	15.0	30.0	180.0	105.0	0.6	230.0										
W-10		20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	250.0	11	15.0	30.0	300.0	150.0	0.6	250.0	8	15.0	30.0	150.0	90.0	0.6	250.0	20	15.0	30.0	570.0	300.0	0.5	230.0											
E-7		20	15.0	30.7	583.3	390.0	0.5	230.0	4	15.0	30.0	90.0	40.0	0.7	230.0	14	15.0	30.3	393.9	210.0	0.5	230.0	20	15.0	31.0	589.0	300.0	0.5	230.0											
E-9		20	15.0	31.4	596.6	300.0	0.5	350.2	15	15.3	32.3	452.2	229.5	0.5	351.6																									
特殊形状	E-10(2)	7	14.8	32.3	193.8	103.6	0.5	174.2	20	14.4	31.2	392.8	288.0	0.4	800.0																									
	W-7	20	15.0	30.0	570.0	390.0	0.5	250.0	11	18.0	30.0	300.0	180.0	0.7		22	15.0	30.0	450.0	330.0	0.5	225.0																		
	E-5	20	15.2	30.7	583.3	394.0	0.5	250.0	17	15.5	31.2	499.2	263.9	0.5	251.1	20	15.0	30.6	581.4	300.0	0.6	249.7																		
	E-10(1)	21	14.4	31.5	630.0	302.4	0.5	300.3	5	15.1	31.8	127.6	75.5	0.6	300.5	3	14.2	30.4	60.8	42.6	0.7	300.9																		
	E-6	18	18.2	31.1	528.7	327.6	0.6	281.5	17	14.4	32.2	426.0	156.4	0.5	251.2	20	15.7	31.1	580.2	302.0	0.5	250.4	5	14.1	30.5	122.0	70.5	0.6	250.0											
	平均値	19	15.1	30.8	555.9	287.5	0.5	279.5	13	15.1	30.9	385.5	203.3	0.5	282.6	17	15.1	30.7	502.1	262.0	0.5	246.9	13	14.6	30.4	385.3	193.9	0.5	240.0											

のである。表中の F_1/L_1 の値より、全階段の平均勾配は、 $\theta = 26.6^\circ$ となる。また、1ブロック当たりの階段総数は16段、けあげ高は15.0cm、踏み幅は30.7cm、幅員は257.2cmとなっている。とくに、幅員については通行人数の違いによって極端に他と異なっている個所も見受けられる。また、すべての階段入口の地上部に段差(ステップ)が設置されていることも明らかとなり、その平均高は14.6cm、平均踏み幅は150.0cmであった。屋外の階段入口部には図-4に示すような囲いが設けられている。囲いの各諸元に関する平均値は表-2に示すとおりである。これらより、天神地下街はかなりの浸水対策がなされているものと判断される。

3. 水理実験

本田・井上¹⁾は、地上部の主流向と地下空間入口の向きが同一($\theta=0^\circ$)で、階段の幅員と水路幅が等しい状態、いわゆる平面的な広がり無し一次元流れの状態下で水理実験を行った。一方、本研究では、彼らの研究成果をふまえ、階段入口周囲に平面的な広がりを持たせるとともに、地上部の主流向に対する地下空間入口の向きを実験パラメータとして変化させ、水理実験を行う。すなわち、図-5のように $\theta=0^\circ$ 、 $\theta=90^\circ$ および $\theta=180^\circ$ の3ケースについて直階段(2ブロック)の模型を設置した矩形水路を用い、地上部から地下部に流入する流量を、直角三角堰、波高計および電磁流速計を用いて計測し、平面二次元流れの状態下での流入流量の評価式を明らかにする。なお、実際の階段入口近傍の流れにより近づけた状態で水理実験を行うために、階段の幅員をB、水路幅を3Bとした(図-5参照)。また、水理実験に基づく結果は、本報発表時に紹介する予定である。

《参考文献》

1) 本田・井上・木村・多田：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、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集、第2分野、II-197, pp. 394-395, 2000.

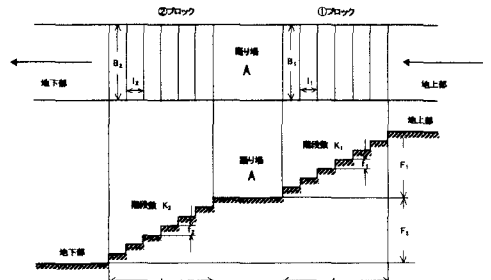


図-3 直階段(2ブロック)の諸元の定義

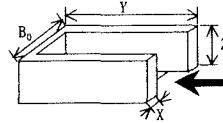
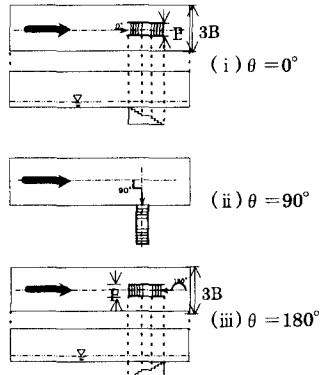


図-4 地上部囲いの諸元の定義

表-2 地上部囲いの諸元(平均値)

	B_0	X	Y	Z
平均値	315.5	26.9	609.8	103.3



→ : 流れの向き

図-5 水理実験の概要