

地下空間浸水時の階段部の危険性に関する水理実験

京都大学大学院工学研究科
京都大学防災研究所
(株)三井住友建設
(株)日本工業試験所

学生員　○間島　真嗣
正会員　戸田　圭一
非会員　大八木　亮
非会員　谷　美智成

1. はじめに 福岡水害(1999 年, 2003 年)や東海水害(2000 年)のように都市域で洪水氾濫が起こると地下空間に浸水被害が生じる恐れがある. その際, 氾濫水は, 人間の避難経路である階段をとおして地下空間に流入するため, 氾濫水の流入規模や階段形状などが人間の避難にどのような影響を及ぼすか, ということを考えるのは非常に重要である. 本研究では, 縮尺 1/10 の階段模型を用いて実験を行い, 様々に条件を変えながら水深と流速を地点別に測定する. そして, 実験結果から都市型水害時の地下階段部の避難可能性を考察する.

2. 模型の概要と実験方法 図-1 に模型の概要図, 写真-1 に模型装置の全体写真を示す. 模型の階段部はアクリル製で, 実際に存在する階段形状を基本とした上で, 勾配や踊り場の長さが異なる形状についても, 階段部のみを交換することで実験を行えるようにした. 階段形状は表-1 に示す 5 通りである. そのうち A と B が京都御池地下街に実際に存在する階段である. 実験では, 段落ち式を用いて高水槽の水深 h_0 : 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm に対応する流量 Q を与えた. ここに, $Q = \mu B h_0 \sqrt{g h_0}$, μ :流量係数, $\mu=0.544$, B :階段の横幅, g :重力加速度である. 実験はフルード則に従い, 実物の水深・流速は模型値のそれぞれ 10 倍, $\sqrt{10} = 3.13$ 倍となる.

3. 流速, 水深の測定結果 実在するエスカレーター(A)と階段(B)の縦断方向の水深と流速をそれぞれ図-2, 図-3 に示す. いずれのケースでも高水槽からの流下直後を除いて, 水深と流速ともに大きくは変化していない. しかしながら, 越流水深に相当する高水槽の水深が大きくなると, 水深, 流速ともにほぼ全地点で顕著に増加する. 縦断方向の階段形状よりも高水槽の水深, すなわち流入流量が流況に大きな影響を及ぼしていることがわかる.

次に階段の形状を大きく変えたものについて考察する. 図-4 に踊り場の長さを変化させた階段(B,C,D)の水深,

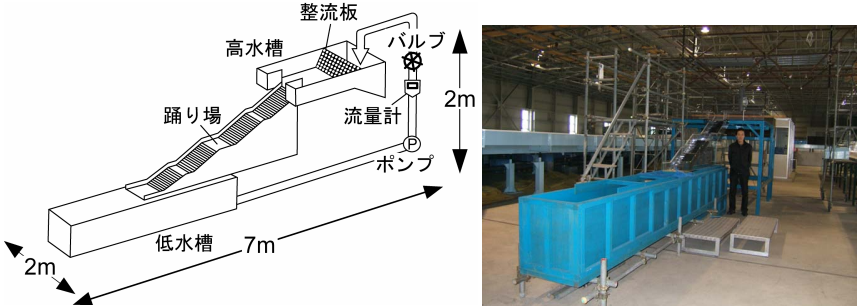


図-1 模型の概要図

写真-1 全体写真

表-1 階段・エスカレーターの各諸元

形状 No.		勾配	踊り場長さ
A	エスカレーター	1:2	なし
B	階段	1:2	52cm
C	階段	1:2	なし
D	階段	1:2	104cm
E	階段	1:4	52cm

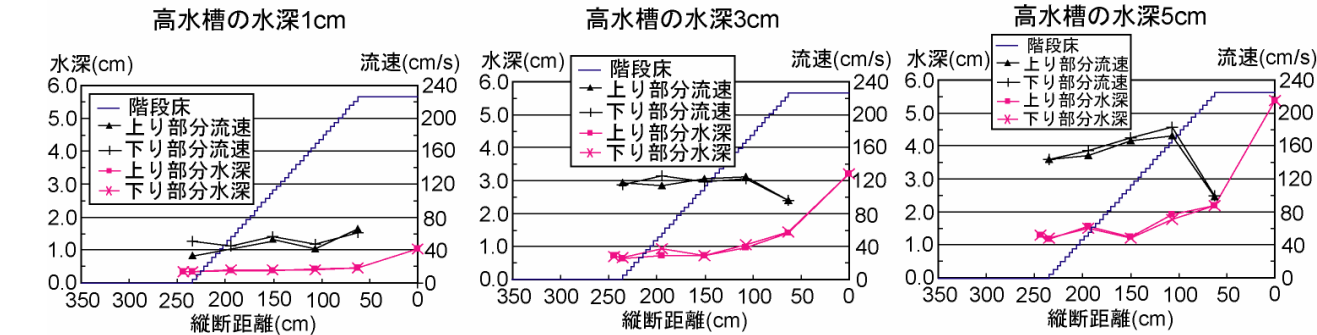


図-2 エスカレーター(A)の水深と流速

地下空間, 都市型水害, 水理実験, 階段, 避難

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 TEL : 0774-38-4137 FAX : 0774-38-4147

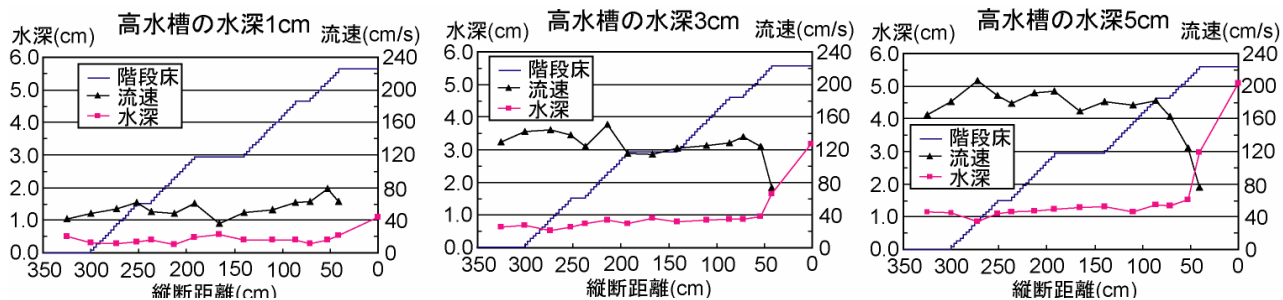


図-3 階段(勾配 1:2, 踊り場 52cm)(B)の水深と流速

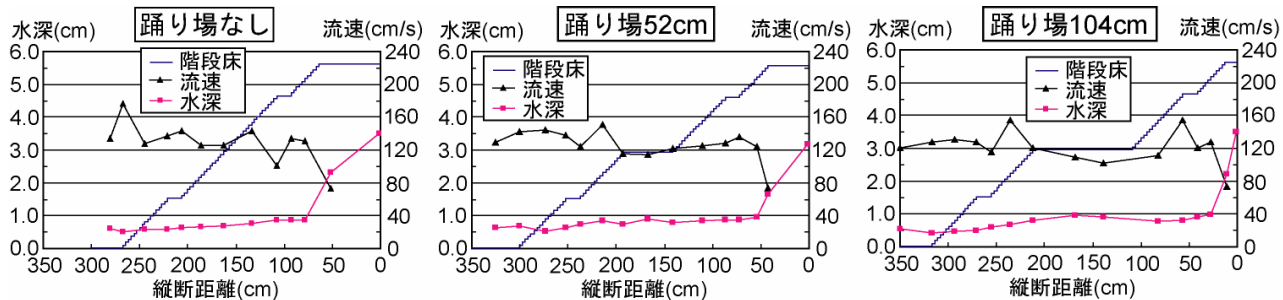


図-4 踊り場の長さを変化させた階段(B,C,D)の水深と流速(高水槽の水深 3cm)

流速の関係を、図-5 に勾配を変化させた階段(B,E)の水深、流速の関係を示す。踊り場の長さが異なるケースでは、いずれのケースでも、踊り場の上流端と下流端ではほとんど流速に変化がなく、踊り場の長さを変化させても流況を大きく変化させるほどの効果がないことがわかった。次に、階段の勾配が異なったケースでは、勾配 1:4 の場合は勾配 1:2 の場合に対し、多くの地点で流速が小さくなる傾向にあるが、勾配の違いが流況を大きく変えるほどではなかった。

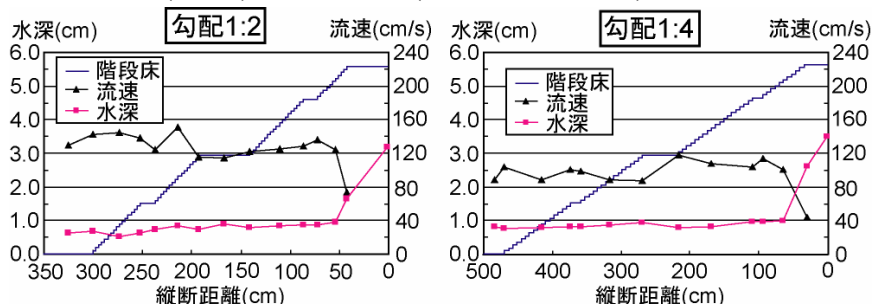


図-5 勾配を変化させた階段(B,E)の水深と流速(高水槽の水深 3cm)

4. 階段部の危険性 館ら¹⁾の階段歩行実験では、階段上の流速を u 、水深を h としたとき、 u^2h が $1.5(\text{m}^3/\text{s}^2)$ 程度を超えると足をとられ歩行が困難になるとしている。ここでは $u^2h = 1.5$ を一つの指標として用い、実際に存在する階段とエスカレーターに対して、実験結果をもとに避難の可能性を考察する。実物値に換算した流速 u と水深 h の関係を図-6 に示す。越流水深が 20cm のケースでは全ての測定箇所で避難可能となっているのに対し、越流水深が 30cm のケースではほとんど全ての点で避難不可能となっている。つまり、通行(避難)できるかどうかの限界となる越流水深は 30cm 程度であると思われる。

5. おわりに 階段部での避難のしやすさは、階段形状の影響は大きくは受けず、階段部への流入流量が支配的であることがわかった。また、階段部の実験で測定した結果を階段部の避難限界を示す指標に適用すると、越流水深 30cm 程度の流入流量が階段部の通行が困難となる限界であることがわかった。

謝辞：本研究の一部は(財)国土技術研究センターの研究開発助成の補助を受けた。記して謝意を表します。

参考文献：1) 館 健一郎・武富一秀・水草浩一・末次忠司・吉谷純一：階段を通じた地下空間への氾濫水流入に関する実験，土木技術資料 43-2 pp.22-27, 2001。

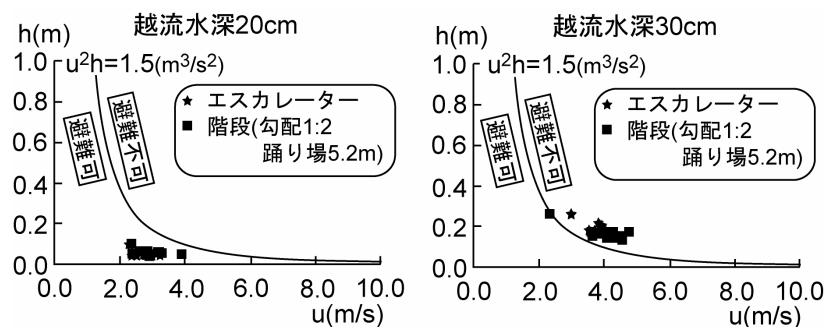


図-6 階段部の避難可能性(実物値換算)