

第Ⅱ部門

地下空間浸水時における避難経路の危険度評価に関する実験的検討

関西大学工学部 学生員 ○竹森 義起
 関西大学工学部 正会員 石垣 泰輔

関西大学大学院 学生員 大西 良純
 関西大学工学部 正会員 島田 広昭
 関西大学大学院 学生員 石河 和也

1. はじめに

近年、地球の環境変化に伴う「異常気象」という言葉をよく耳にする。その「異常気象」の一つとして、過去に見られないような規模の大きな台風や大雨、記録的短時間豪雨など降雨に関するものがある。一方で、今日の生活は豊かなものとなっており、生活の場である都市も発展してきた。特に、大きな都市になると地下街や地下鉄など大規模な地下空間を有するところも少なくない。今、このように発展してきた都市の水害に対する脆弱さが問題となっており、地下空間においては震災や火災についてだけではなく、水害に対する被害軽減・防災について考えていかなければならない。そこで本報告では、地下空間浸水時における避難経路の危険性について実験等により検討した。

2. 実験の目的および概要

(1) 実物大階段模型を用いた避難実験

本実験では、京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーに設置された実物大の階段模型を用いた。これは地下空間浸水時における地下街出入口、および付随する通路からの避難を想定したものであり、踏み板長さ 0.3m、蹴上げ高さ 0.15m で合計 20 段からなる階段部と、階段の最下部分より連結する 10m の直線状の通路部で構成されている。なお、階段・通路部の水路幅はともに 1m である。実験では、階段部最上段より流入する氾濫水の水深（以下、地上水深）を 10～40cm の範囲で変化させ、避難時間を測定した。また、地上水深 20, 30cm については通路部最下端に堰を設置し、通路部の水深を上昇させた状態での実験も行った。

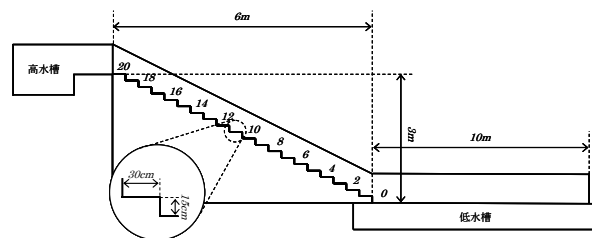


図-1 階段模型の概念図

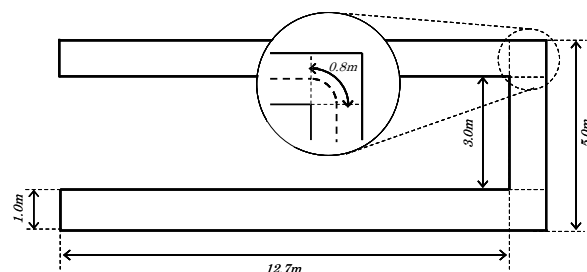


図-2 通路模型の概念図

(2) 実物大通路模型を用いた避難実験

実験に用いた通路模型は関西大学に設置されており、浸水した地下通路の避難について検討することを目的としている。長辺 12.7m、短辺 3m、屈曲部 1.6m からなる全長 30m の通路で、幅は 1m、側面の高さは 0.65m である。実験では、浸水状態を想定した通路部水深 50cm での静水時と流水時の避難時間を測定し、非浸水状態（水深 0cm）での避難時間と比較した。なお、流水時の水深 50cm での流水時の流速は約 0.5m/s である。

(3) 階段および通路からの避難に関する指標の検討

既往の研究より¹⁾、浸水時の地下空間からの避難に関する指標として、氾濫水の流速 u (m/s) と水深 h (m) より求められる流体力 $u^2 h$ (m^2/s^2) が用いられており、避難限界とされてきた地上水深 30cm での値は $1.2 (\text{m}^2/\text{s}^2)$ であった。しかし、この指標は階段をからの避難に関して検討されたものであり、通路部における避難の指標としては検討されていない。そのため、階段・通路という 2 つの避難経路について同時に評価できる指標を検討する必要がある。

Yoshiki TAKEMORI, Yoshizumi ONISHI, Taisuke ISHIGAKI, Hiroaki SHIMADA and Kazuya ISHIKO

3. 実験結果および検討

(1) 実物大階段模型を用いた避難実験

図-3、図-4は、実験結果について堰の有無で分けて示したものである。これより、地上水深が30cm以上になると避難は困難となり、さらに通路の水深が上昇することでも避難に要する時間が長くなることがわかる。また、図-5に示すように肥満度指数（BMI値）を用いて比較したところ、標準値である22に近い値をとる人の方が避難に要する時間が短いことが明らかとなった。実験後に被験者に対して実施したアンケートによると、実際の浸水時には実験時以上に避難が困難になるとの回答が多く、安全に避難するための避難限界水深は20～25cmだと考えられる。

(2) 実物大通路模型を用いた避難実験

図-6は、各条件での避難時間を示したものである。非浸水状態に対し、水深50cmまで浸水した状態でもかなり避難に要する時間は増加するが、これに流水が加わるとさらに避難が困難となることがわかる。

(3) 階段および通路からの避難に関する指標の検討

今回、実験より得られた結果から避難困難度を検討するため、比力： $u^2h/g + h^2/2$ (m²)を用いた（図-7参照）。この式では、前半部で既往の研究と同様に氾濫水の運動量を考慮し、後半部ではこれまではなかった、特に水深の上昇した場合に影響してくる水圧について考慮している。このとき、避難限界水深を30cmと考慮すると比力は0.125 (m²)となる。

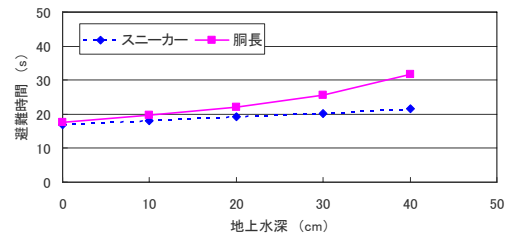


図-3 階段実験の結果（堰なし）

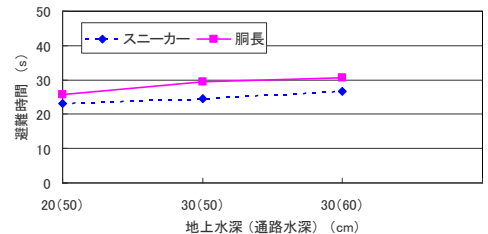


図-4 階段実験の結果（堰あり）

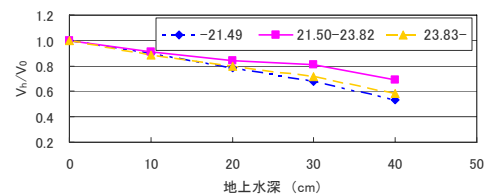


図-5 BMI値による避難時間の比較（堰なし）

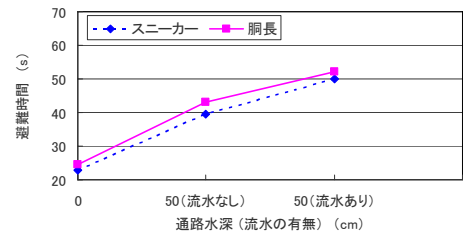


図-6 通路実験の結果

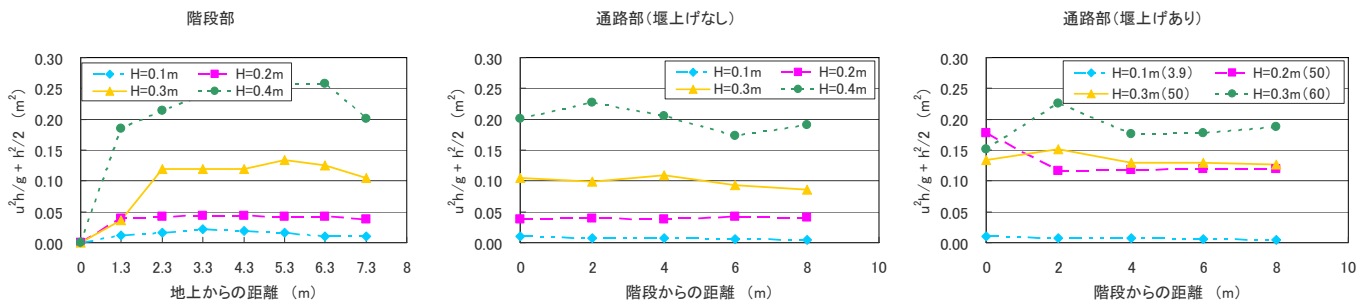


図-7 通路実験の結果

4. まとめ

本報告では、地下空間浸水時の避難経路に関する危険度評価について実験および指標の改善より検討した。実験の結論として、階段部では地上水深が30cmを超えると安全な避難は困難となり、通路部では特に通路部の水深が避難に影響することがわかり、地下での水深が50cmになると避難が困難となることが明らかとなった。さらに、個人のパラメータ（性別、年齢、身長、体重）より比較した結果、身長と体重より求められる肥満度指数が標準値である22に近い人の方が避難に要する時間が比較的短い傾向にあることがわかった。また、比力を用いることで階段と通路の避難に関する評価を同時に行うことができた。なお、本報告より得ることができた避難限界水深20～25cmでの比力は0.125 (m²)である。

参考文献：1) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川 一，実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討，水工学論文集，第50巻，pp.583-588，2006。