

地下空間からの避難に関する実験的検討

京都大学防災研究所 正会員 ○馬場 康之
 関西大学 工学部 正会員 石垣 泰輔
 京都大学防災研究所 正会員 戸田 圭一
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一

1. はじめに

近年発生した水害（福岡：1999年および2003年，名古屋：2000年）では，都市域に複雑かつ多層に発達した地下空間への浸水が生じ，その危険性を顕在化させるに至った．被害軽減策の一つとして，地下空間からの避難が挙げられるが，地下浸水発生時の避難行動について，避難の困難度に関する定量的な評価はこれまで十分に行われているとは言いがたい．本研究は，実物大の階段模型を用いた地下空間浸水時における階段からの避難を想定した実験，および実物大ドアを用いた地下室ドアを開けて避難する場合を想定した体験実験を実施し，より実際に近い状況下で避難行動の困難さについて検討したものである．

2. 実物大階段模型を用いた実験

実験に用いた実物大階段模型を図1に示す．模型は，高水槽と地上を想定した平坦部，高低差3mの階段部（全20段，踏み板長さ0.3m，蹴上げ高さ0.15m），および踊り場水路部から構成されており，幅は1mである．本避難体験実験には，大学生以上の105名（男性75名，女性30名）が参加して行った．なお，本階段模型では地上部での浸水深50cmに相当する条件での実験が可能であるが，本体験実験では安全性を考慮して，地上部の浸水深40cmまでの実験とした．また，小学生11名，中学生3名にも，安全性に配慮した条件下での体験実験を実施した．

図2に示すように，地上の浸水深が増加するに従って，男女ともに階段を通じた避難に要する時間が増加する結果となった．浸水深の増加による避難の所要時間の増加は，男性よりも女性の方が大きくなり，浸水深40cmの場合において女性は男性よりも10秒以上避難に時間を要する結果となった（女性の場合，浸水のない場合と比較して2倍以上の時間を必要としている）．大学生以上の一般の被体験者と，小学生・中学生の実験結果を比較すると，小，中学生ともに一般女性よりも避難に時間を要する結果となった．本実験での小，中学生の被験者数は少ないので単純な比較は難しいところであるが，子供の避難を想定した場合，大人よりも早い段階で避難が困難になる状況が予想される．また，本体験実験では，服装や手荷物など歩行時の条件を変えた場合の実験も実施した．その中で避難時間に最も強く影響した

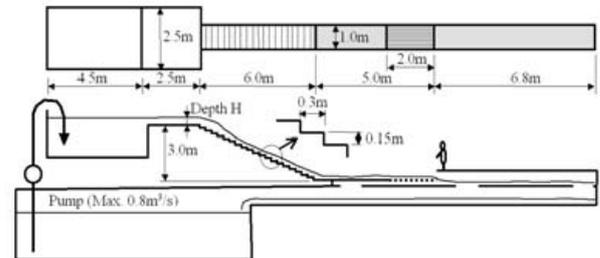


図1 実物大階段模型の概要

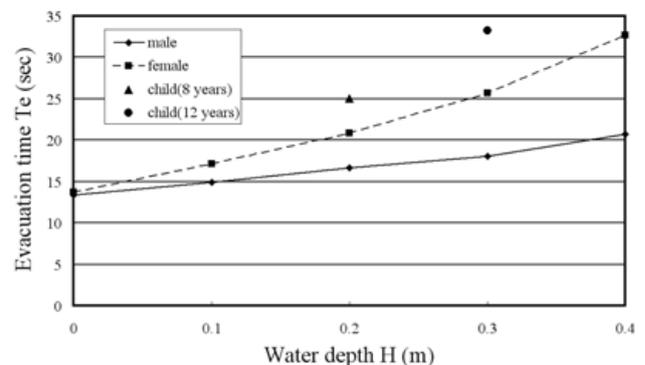


図2 避難に要する時間の比較

キーワード：都市水害，地下浸水，避難，模型実験

連絡先：〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口 京都大学防災研究所流域災害研究センター

TEL & FAX 075-611-4393

のは胴長の着用であり、下腿に加わる流体力を計測した結果（石垣ほか，2005）を合わせて考えると，流水中での抵抗の大きい服装が避難行動に大きな影響を持つことが確認される。

実験後に避難限界水深に関するアンケートを実施した結果，男女ともに地上浸水深 30cm 程度が避難限界となるとの回答が最も多くなり，浸水深 40cm の場合に棄権者が出たこと等にも符合する結果となった。

3. 実物大ドア模型を用いた実験

図3に示す実物大ドア模型において，女性12名を含む約60名の被験者によるドア押し開け時の力の計測と避難体験実験を実施した。ドアの押し開け時の力の計測にはロードセルを用い，計測結果の移動平均値（1秒間）の最大値を發揮できる最大の力とした。

図4に，男性被験者（45名）によるドア押し開け時の力の計測結果を示す。全体的に，ドアの押し開けに發揮できる力は，体重とともに増加する傾向が確認できる。個人差により發揮できる力にばらつきがあるものの，今回の計測結果においては，体重の8割を上限，体重の5割弱を下限とする力をもってドアを押し開けることが可能であったことがわかる。

これらの結果を基に，ドア押し開けに必要な力とドア前面水深との関係を示したものが図5である。図中実線は，ジャッキを用いて機械的にドアを開けた場合に計測された力とドア前面の水深の関係を示している。ドアの押し開けにジャッキ使用時の計測結果と同程度の力を要すると仮定すると，体重65kgの男性が体重の5割～8割の力でドアを押し開けた場合，ドア前面での水深が35～47cm程度が避難限界と推定されることがわかる。女性についても同様の方法で避難限界水深を推定すると29～38cm程度となった。

4. おわりに

本実験より，地下浸水発生時に階段を通じて避難する際，地上での氾濫水深30cm程度で避難が困難になること，ドアを押し開けて避難する際にも30～40cm程度の浸水深で避難が困難となりうることを示された。

本実験に参加していただいた方々は健康な成人

男女がほとんどで，高齢者や子供を想定した場合にはより早期の避難行動が重要であると考えられる。

最後に，本研究の体験実験にご参加いただいた皆様ならびに実験にご協力いただいた関西大学工学部都市環境工学科環境防災水工学研究室の皆様にご心より謝意を表します。

参考文献：石垣ほか：実物大階段およびドア模型を用いた地下空間からの避難に関する水理実験，京都大学防災研究所年報，第48号B，pp.639-646，2005。

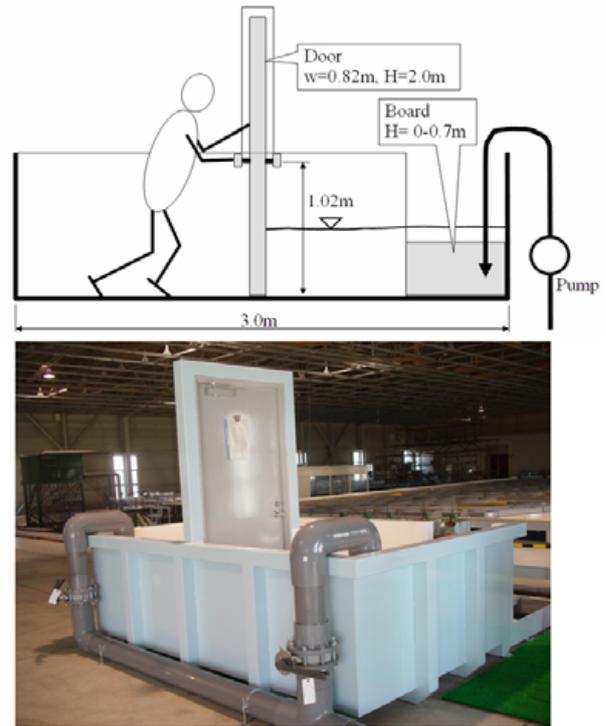


図3 ドア模型の概要

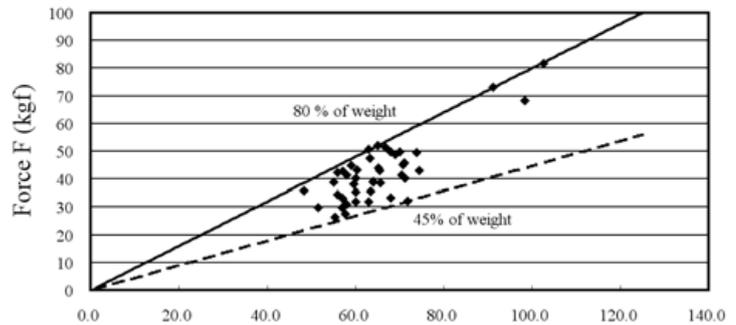


図4 被験者の体重と押し開け時の力の最大値の関係

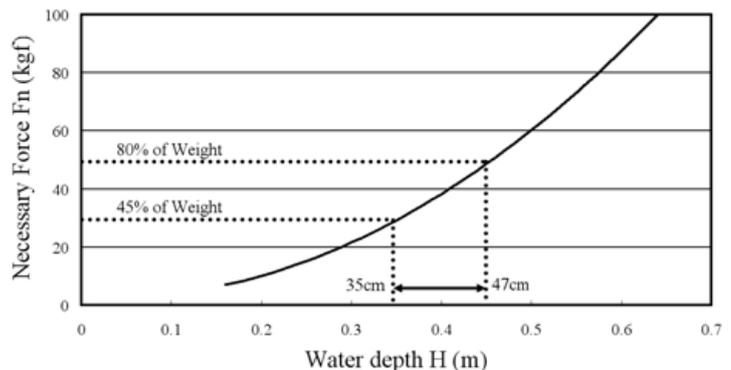


図5 ドア押し開けに必要な力と水深の関係