

第Ⅱ部門 実規模装置を用いた地下空間浸水時の避難困難度に関する実験

関西大学工学部○学生員 山田雄太 関西大学工学部 石河和也
 関西大学工学部 正会員 石垣泰輔 京都大学工学部 正会員 戸田圭一
 関西大学工学部 正会員 島田広昭 関西大学大学院 学生員 川中龍児

1. はじめに

福岡水害(1999年、2003年)や、東海水害(2000年)のように都市部で洪水氾濫が起これば、地下空間が浸水する恐れがある。地下空間は、大都市の最も栄えているところに存在し、地盤高の低いところであることも少なくない。実際に、1999年の福岡水害、同年の東京都新宿区では、地下室で水死するという事故が発生している。そのような被害を防止・軽減するために実物大階段模型およびドア模型を用いた、地下空間浸水時における避難困難度を検討した。

2. 研究目的、研究内容

本研究では、地下空間浸水時における地下空間からの避難行動の中で、地上へつながる階段を上る行動と地下室からドアを開けて廊下に出る行動に注目し、それぞれの行動についての避難限界を明示する。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(以下防災研究所)に設置された実物大階段模型およびドア模型を用いて行った。

階段実験に用いた、実験装置は写真-1に示すとおりであり、20段の階段と5mの通路部からなる階段模型で、階段上に設置した高水槽から水を流すことができる。階段下部分は水平の直線部分となっており、直線部から低水槽に流れ落ちる。階段の最上段は高水槽と繋がっており、その水深を地上水深(越流水深)として設定した。実験方法は、地上水深を非浸水状態の0m、浸水状態の0.1m、0.2m、0.3m、0.4mの5種の地上水深を設定し、各水深での階段を上るのに要する時間を測定した。これを、服装調査結果を基に選定した胴長、スニーカー、停電時、片手荷物、ハイヒール(女性限定)、というそれぞれの負荷条件下で行った。また、小学生では地上水深を0.2m、中学生では0.3mのみとし、負荷条件はスニーカーで行った。なお、被験者数は、成人男性67名、成人女性25名、小学生11名、中学生3名、合計105名である。

次にドア実験に用いた実験装置は写真-2に示す。二つある水槽の間に実物の鋼製ドアを設置しており、それぞれの水槽には低水槽から水をくみ上げるポンプと角落としが設置されている。水槽に貯まった水はこの角落しを越流して水槽の外へ流れ出す。角落しで高さを変えられるようになっており、所定の水深条件を設定することができる。実験方法では、どちらか一方の水槽にポンプを用いて水を貯め、水を貯めていない水槽を地下室側と想定し、ドアを開けてドアの反対側に避難する。時間および避難限界水深を測定する。また、被験者のドアを押し開ける力を測定するためにドアにロードセルを固定し、ドアを開けると同じ状態でロードセルを押し方法を用いて力を測定した。なお、被験者数は成人男性47名、成人女性12名、合計59名となっている。

3. 実験結果と考察

図-1および2に階段実験の結果を示す。図-1は男性被験者の、各地上水深で直線部と階段部を通過して避難するのに要した時間の平均値を、地上水深0mでの歩行時間の平均値で割って無次元化した値を示している。図-2は直線部と階段部を合わせた全体の距離を、避難時間で割って求めた避難速度を示している。この無次元化した値や避難速度を比較し、各負荷条件の避難困難度を検討する。図-1より、地上水深0.3mから胴長の避難困難度がほかの負荷条件より大きく、停電時や片手荷物による影響は見られない。また、負荷条件がスニーカーで、地上水深0.4mで女性に3名の避難不可能者が出た。よって、女性の避難が困難となる地上水深は0.3m程度と考えた。次に、スニーカーの地上水深0.3mでの女性の避難速度と男性、小学生、中学生の避難速度を比較し、避難が困難となる地上水深を検討した。その結果、避難が困難となる地上水深は男性が0.4m程度、小学生が0.1m程度、中学生が0.2m程度である。

Yuta Yamada, Kazuya Ishiko, Taisuke Ishigaki, Keichi Toda, Hiroaki Shimada, Ryuji Kawanaka

ドア実験の結果を示す。図-3は横軸に体重をとり縦軸に最大押し開け力をとったグラフに成人男性のデータをまとめたものである。図より、体重と押し開け力の間には比例関係が認められ、男性では体重の45%~80%の押し開け力があると言える。図-4は2004年に防災研究所¹⁾で測定したドアを開けるのに必要な力である。しかし、これは機械的に測定したドアを開けるのに必要な力(以下機械的な力)であるため、人がドアを開けるときに必要な力と定義できるのか検討する必要がある。そこで、各被験者の押し開け力と開けられた水深(図中○印)と開けられなかった水深(図中×印)と機械的な力と比較した。すると、機械的な力よりも被験者のデータが下に分布していることがわかる。これは、機械的な力より大きな力を出すと確実にその水深のドアを開けることが出来ることを示している。避難を考えるうえで安全値側に基準を置く必要がある、この機械的な力を人がドアを押し開けるのに必要な力とすることは適当と考えられる。以上の結果を用いて、体重65kgの成人男性の避難限界を明示すると、図-5に示すように、押し開け力は29kgf~52kgfと予測でき、そこから求まる避難限界水深は0.35m~0.45mとなる。同様に成人女性にも計算を行い、成人

女性50kgの避難限界水深は0.30m~0.40mに存在するという結論を得た。

4. 参考文献

- 1) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川一・吉田義則・多河英雄：実物大階段模型およびドアを用いた地下空間からの避難に関する水理実験、京と防災研究所年報、第48号B、pp・639-646、2005



写真-1 実物大階段模型



写真-2 実物大ドア模型

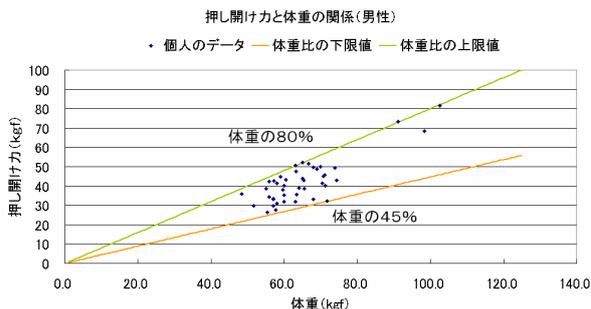


図-3 体重と押し開け力の関係

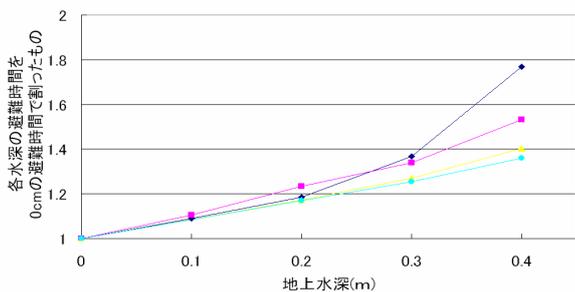


図-1 地上水深による避難時間の変化(負荷条件別)

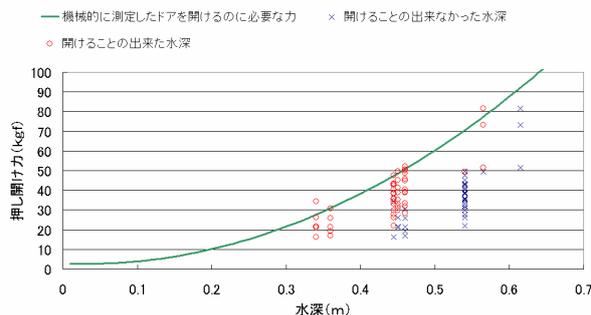


図-4 ドアを開けるのに必要な力

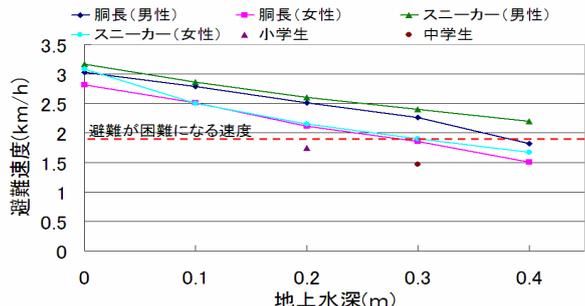


図-2 地上水深による避難速度の変化(性別・年齢別)

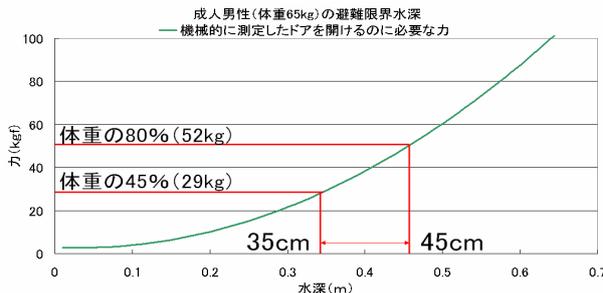


図-5 成人男性の避難限界