

地下空間浸水時の避難困難度指標を用いた避難行動解析

関西大学大学院

学生員 ○川中 龍児

関西大学環境都市工学部

正会員 石垣 泰輔

1. はじめに

近年の大都市では、「地下鉄」、「地下街」に代表されるような大規模な地下空間の利用が進んでおり、多くの人の地下空間利用が可能になった。しかし、短時間・局所的豪雨、いわゆる「ゲリラ豪雨」の多発により、行き場を失った雨水が地下空間へ浸水するという問題が生じている。地下空間浸水時において避難行動を行う際は、流水の影響や歩行密集度によって避難が困難になることが予測される。本研究では、浸水時の避難行動を行う際の流水や混雑度の影響について、実物大模型実験によって得られた指標を適用し、京都御池地下街を対象に避難行動解析を行うことによって、地下空間浸水時の避難困難度の評価を行った。

2. 地下空間浸水時の避難行動解析

(1) 地下空間における浸水解析

浸水解析と避難行動解析を同時に行うことで流れが避難者に与える影響を考慮した。地下空間における氾濫解析は、大西ら¹⁾と同様に構造格子モデルを用いて行い対象地域を正方格子で分割し、解析条件についても同様とした。それぞれの格子は「通路」・「壁」・「出口」・「階段」・「誘導標識」・「店舗」に大分され、さらに格子左辺と下辺には壁が設置できるようにし、格子間を仕切ることができるようにした。ここでの「壁」格子、格子の辺に設置された壁は水も避難者も出入りできない格子であり、「店舗」格子は水の出入りは可能であり、避難者については店舗から出ることは可能であるが、入ることが不可能な格子である。

(2) 避難行動解析

避難行動解析はセルオートマトン法を用いて、氾濫解析で用いた格子上を人が移動するようにした。セルオートマトン法による避難行動解析については近田ら²⁾の研究を参考に改良を加えたものを用いた。避難者は出口もしくは上の階へ最短かつ安全な場所を通り移動することを目的とする。避難者が避難を開始するにはきっかけとして、本研究では避難者が存在する格子の水深によって判断させた。また、避難者が移動するには目的地が必要であるが、その目的地選択の優先順位は「出口」＞「上の階へ通じる階段」＞「誘導標識」＞「水深の小さい格子」＞「避難者の位置より高い場所」＞「視界の開けた場所」の順とした。

キーワード 都市型水害、地下空間浸水、単位幅比力、セルオートマトン法、避難行動計算

連絡先

〒564-0073 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学 TEL 06-6368-1121 内線(5890)

《成人男性のみの場合(通路)》

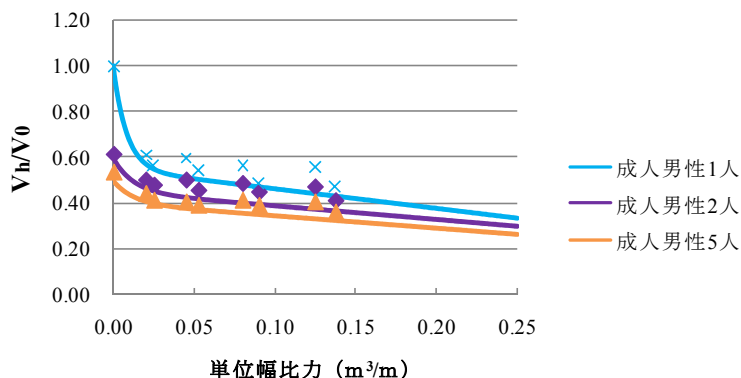


図-1 歩行密集度ごとの単位幅比力と歩行速度減少率の関係

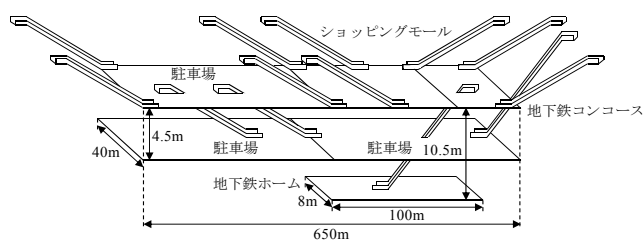


図-2 御池地下街構造図

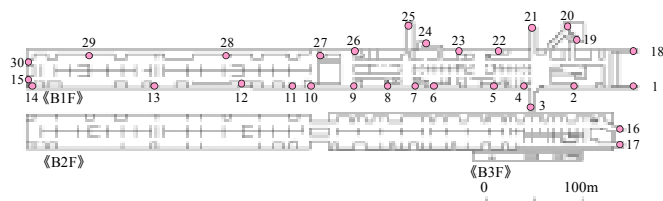


図-3 地上への出口の位置

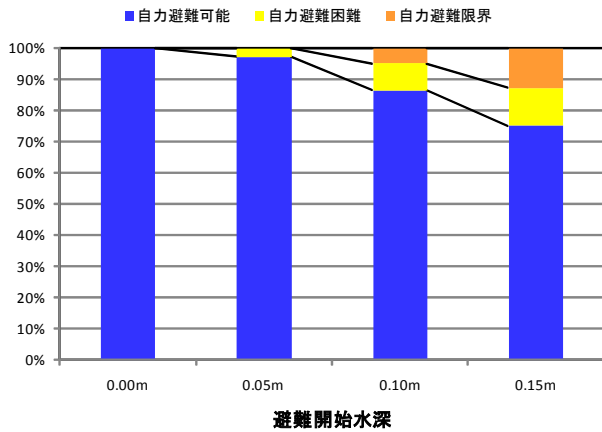


図-4 各避難開始水深での地下1階からの避難困難度

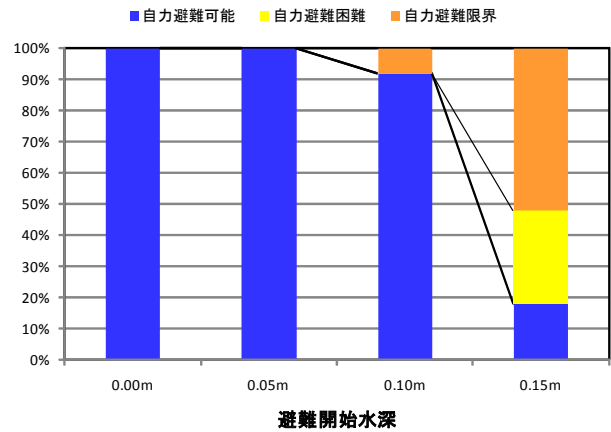


図-5 各避難開始水深での地下3階からの避難困難度

(3) 避難困難度指標

本研究では大きく分けて「単位幅比力による避難困難度指標」,「歩行密集度による避難困難度指標」という2つを用いた。ここでの歩行密集度とは 1m^2 あたりに何人存在するかである。ただし、下限値は $1\text{人}/\text{m}^2$ とする。図-1は、実物大模型実験によって得られた成人男性における単位幅比力および歩行密集度による歩行速度の低減率の結果である。この結果を用いて、解析上での避難者の存在する格子の単位幅比力と 1m^2 当たりの人数を与えることで歩行速度の低減率を求め、地下空間浸水時の避難行動を表現した。また、大西らと同様に単位幅比力が 0.125m^2 未満を自力避難可能、 0.125m^2 から 0.250m^2 までを自力避難困難、 0.250m^2 以上を自力避難限界と分類した。この際に自力避難限界状態については、手助けなしでは歩行が困難であることから歩行速度を 0.0m/s にした。

3. 解析対象地および条件

本研究では、図-2に示す京都府御池地下街を対象として解析を行った。対象地は地下3層構造であり、地下1階東側はショッピングモール、地下1階西側と地下2階は駐車場となっている。また、両階とも東西約650m、南北約40m、天井高は3.5mであり、東側半分は西側よりも底面が1.5m低くなっている。地下3階は京都市営地下鉄のホームとなっている。避難者は地下1階のショッピングモールに300人、地下3階のホームに50人の計350人をランダムに配置した。避難者はすべて成人男性とし、平常の歩行速度は 1.4m/s とした。出口および階段の場所を図-3に示す。本研究においては避難誘導や避難標識は考慮せず避難者が自力で出口を探して避難することとした。すべての避難者が避難完了もしくは避難限界状態のどちらかの状態になった時点で解析を終了とし、避難開始水深を 0.00m , 0.05m , 0.10m , 0.15m と変化させ避難開始の遅れが避難行動に与える影響について検討した。

4. 解析結果

図-4は地下1階、図-5は地下3階の計算終了時の避難困難度の割合を避難開始水深ごとに示したものである。地下3階において、避難開始水深が 0.10m から急激に避難限界になる避難者が増えていることが分かる。出口が近くにある地下1階でさえ、避難開始水深が 0.10m を超えると自力避難が困難になる避難者が現れている。この結果から、早期避難や避難誘導が重要であることがわかる。

5. まとめ

本研究では、実物大模型実験によって得られた「単位幅比力による避難困難度指標」,「歩行密集度による避難困難度指標」を適用するとともに、避難開始水深を変化させて、地下空間浸水時の避難行動の解析を行った。その結果、浸水時の避難行動の危険性を明らかにした。

<参考文献>

- 1) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用，水工学論文集，第52巻，pp841-846，2008。
- 2) 近田康夫・廣瀬智士・城戸隆良：CAを用いた歩行シミュレーションの構築，土木情報システム論文集，Vol. 9，pp19-30，1996。