

地下空間浸水時の避難困難度評価法に関する検討

関西大学大学院	学生員	○大西 良純	関西大学大学院	学生員	川中 龍児
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	馬場 康之
京都大学防災研究所	正会員	戸田 圭一	関西大学工学部	正会員	島田 広昭

1. はじめに

近年、都市部では限られた土地を有効に活用するため、ビルの高層化や地下空間の開発といったように、縦方向へと広がりを見せている。特に、地下街・地下鉄・地下通路などの地下施設は、土地利用の観点からだけでなく、快適で便利な空間として毎日多くの人々に利用されている。一方で、都市化の進展により、地表面がコンクリートやアスファルトによって被覆されたため、雨水の地中浸透能力が低下した。そのため、都市の排水能力を超える降雨になると、地盤の低い地下空間などに氾濫水が流入する危険性が増した。地下空間浸水時における避難困難度に関しては、これまで石垣ら¹⁾によって評価・検討がなされてきた。しかし、地下通路から地上部への階段という一連の避難経路において、その避難困難度を同一の指標で示すことが考慮されていなかったため、本論ではその改善を目的として検討を行った。

2. 実物大模型を用いた避難実験

本報告で示す実験結果は、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階段模型および関西大学に設置された実物大通路模型を用いて行われたものである。階段模型は踏み板長さ 0.3m、蹴上げ高さ 0.15m で合計 20 段からなる階段と、10m の直線通路部で構成されている。なお、水路幅は階段・通路部とも 1m である。実験は地下空間浸水時を想定して行われているため、階段最上段より流入する水深を地上水深：H と称し、これを 10～50cm の範囲で変化させて流速・水深の測定および避難実験を行った（避難実験は H=10～40cm のみ）。この避難実験による避難速度の変化や被験者の感想から、H=30cm で避難が困難となることが明らかにされている²⁾。

また、通路模型は全長 30m、幅 1m であり、実験条件を水深 50cm、流速を 0 および約 50cm/s と設定した。階段実験とは異なり水深条件などを変化させていないが、本条件においての避難は水圧の影響を受けるため、容易ではないことが明らかになっている。

3. 避難困難度の検討

(1) 運動量による評価

石垣ら¹⁾によると、避難限界とされる H=30cm の運動量： u^2h （ただし、 u ：流速、 h ：水深、水路奥行きは 1m）が $1.2 \text{ [m}^3/\text{s}^2]$ 避難限界の指標として提案されている。図-1、2 は階段模型実験の流速・水深を用いて計算した運

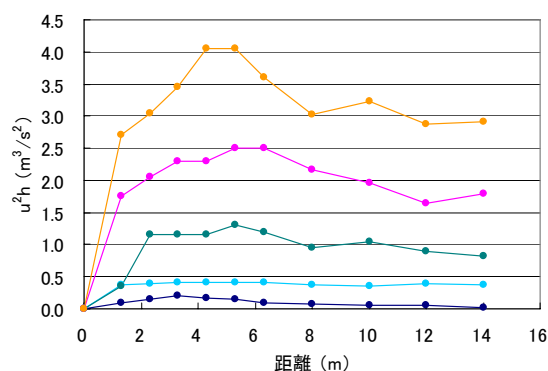


図-1 運動量による検討

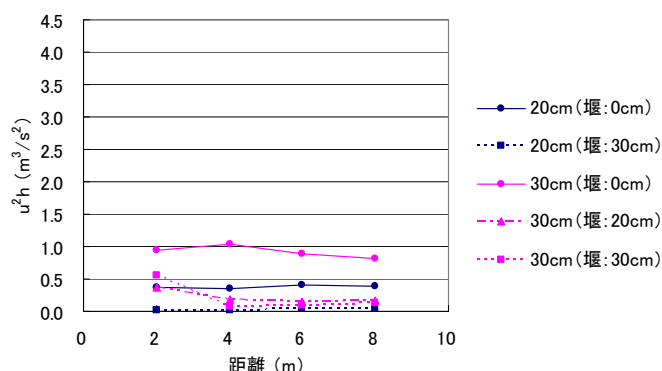


図-2 運動量による堰上げ時の検討

キーワード：都市型水害、地下空間、実物大模型実験、比力、避難困難度

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35, TEL/FAX (06)6368-0857

動量の値を示したものである。図-1には模型全体における各地上水深と運動量の様子を示したもの(堰上げ無し、横軸は階段最上段からの水平距離)、図-2には堰上げを考慮した場合の検討を示す(横軸は階段最下部からの直線部距離)。なお、堰上げは通路の湛水状態を想定している。図-2から判断すると、地上水深が同じ場合は堰上げの無い場合、すなわち水深が低いほど避難困難度が高いという指標になり、実際の避難実験の様子とは矛盾している。これは運動量で評価した場合、流速による影響が大きく、堰上げをして流速が下がったケースが安全側に評価されたためである。

(2) 比力による評価

運動量での評価では水深による影響がうまく表現できないため、流速と水深をどちらも考慮できる比力： $u^2h/g+h^2/2$ (ただし、 g ：重力加速度)を用いて検討を行う。比力は流速に主に依存する運動量と水深に依存する水圧の和で表されるため、先に述べた問題点を解決できる。図-3、4は図-1、2で示したものを比力で再検討したものである。地上水深30cmが避難限界であることから、図-3より比力が0.125 [m^2]で避難限界に達すると考えられる。図-4を見ると、地上水深の上昇、堰高の上昇(通路水深の上昇)とともに比力が大きくなっており、避難困難度の変化を適切に評価できている。

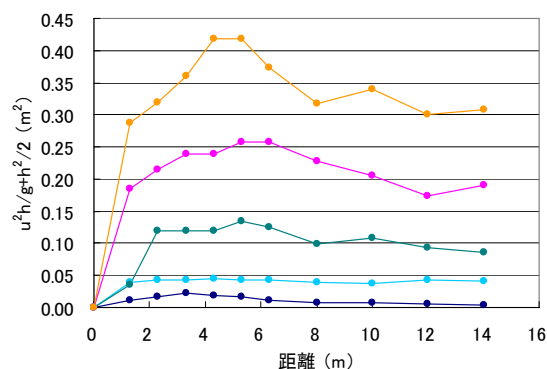


図-3 比力による検討

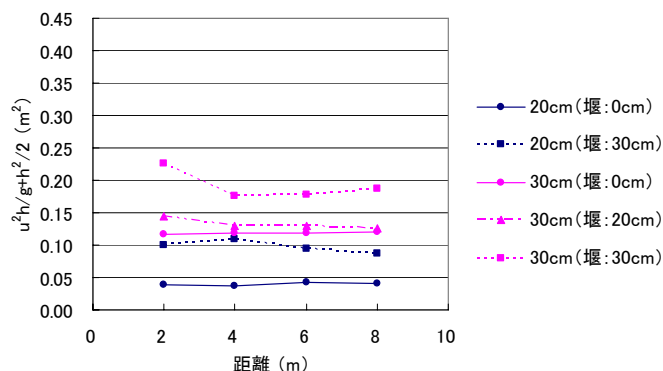


図-4 比力による堰上げ時の検討

また、通路実験結果に対して運動量、比力でそれぞれ評価したものを図-5に示す。運動量では安全側との評価であるが、比力では危険側の評価となっている。実際、避難速度や被験者の感想から、避難は容易ではないとの判断ができるため、比力での評価が妥当であると考えられる。

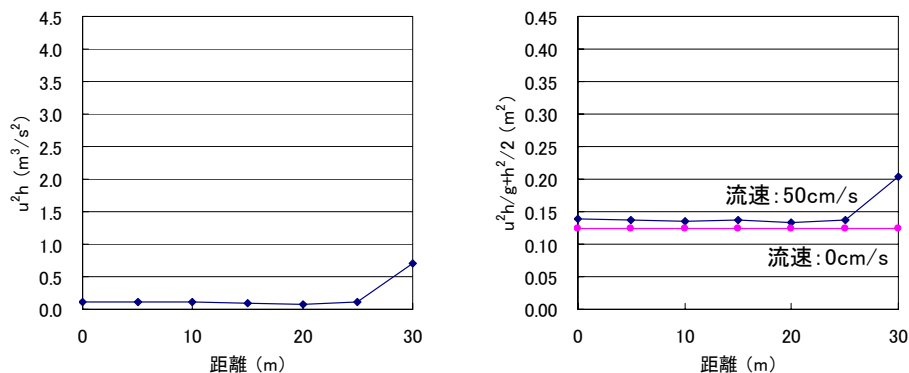


図-5 通路実験結果の検討

4. まとめ

本報告では、地下空間浸水時の避難困難度を、比力を用いることで適切に評価できることを確認した。これにより、階段部と通路部において避難困難度を同じ指標で示すことが可能となった。なお、避難限界の指標としては比力=0.125 [m^2]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.
- 2) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一: 地下空間浸水時の避難困難度と利用者の水防意識について, 水工学論文集, 第51巻, pp.559-564, 2007.