

BIM を用いた地下街・地下駅の階段設計に関する考察

名古屋工業大学 学生員 安井勇祐
名古屋市 非会員 山田健太
名古屋工業大学 正会員 秀島栄三

1. はじめに

近年都市部では集中豪雨などの水害の発生が増加傾向にある。都市部に多く存在する地下構造物の水害対策として、止水板や排水ポンプなど、ハード面からの対策が行われているが、降水量が対応できる雨量を超えた場合を考慮し、ハード面と合わせて避難誘導計画の策定などの避難行動に対するソフト面からの対策も進める必要がある。

2. 都市型水害と地下空間の水害への脆弱性

都市部では開発が進み、地表が透水性の低いアスファルトやコンクリートで覆われているため、保水・浸透機能が低下し、雨水の処理は下水道などの雨水処理施設に大きく頼っている。都市部にはヒト・モノ・カネといった資産が集中していることや、公共交通機関によって他都市と密接に繋がっていることから、都市型水害は被害が大きくなりやすいといった特徴がある。

都市部は慢性的な土地不足から、高層ビルや地下空間といった縦方向への広がりを見せている。洪水で冠水した場合、地下空間に一気に水が流れ込むことや、地下の容量が小さく水位の上昇が非常に早いことから、浸水時の地下空間では迅速な避難が求められる。

3. 地下空間からの避難

浸水時の地下空間から避難をするとき、避難者は水から逃れるために地上へ出ようとする。このときエレベータやエスカレータなどの電気系統の設備は浸水により使用できない恐れがあるため、階段が利用される。階段は数が限られているため、避難時には人が集中し、滞留が発生すると考えられる。滞留が発生すると避難に時間がかかるだけでなく、避難者同士の接触などが発生し、危険である。これまで地下空間における避難誘導についていくつかの研究が行われている。山田ら¹⁾は群集シミュレーションを用いて地下空間における避難安全確保検討を、清野ら²⁾は避難行動シミュレーションに基づいた地下街の安全性評価を行っている。しか

しいずれの研究も階段の影響についてまで考慮した解析には至っていない。そこで本研究では地下空間における避難誘導計画について、BIM を用いた避難シミュレーションを行い、階段を中心に検討する。

4. BIM を用いた地下空間のモデリング

人や階段の設定に優れ、本研究に適している避難シミュレーションソフト EXODUS を用い、地下空間モデリングを行う。図 1 に作成した解析対象範囲を示す。対象範囲には階段が 5 か所あり、それぞれ地上へと繋がる出口である。各階段の設定はレーン数、高さ、水平距離、幅から決定する。レーン数とは階段の同一段上に同時に存在できる人数を表している。表 1 に各階段の設定を示す。解析対象範囲は地下空間の一部を使用しており、図 1 の境界断面とは他空間と接続している通路である。避難開始後にも対象範囲に人々は境界断面から進入してくることが想定されるため、避難開始時から任意の時刻まで、境界断面から一定の時間間隔で人を発生させることによりこれを表現する。解析対象範囲には断面が 8 か所あり、避難開始後に境界断面からの避難者の流出は考えないものとする。表 2 に流入者の設定を示す。

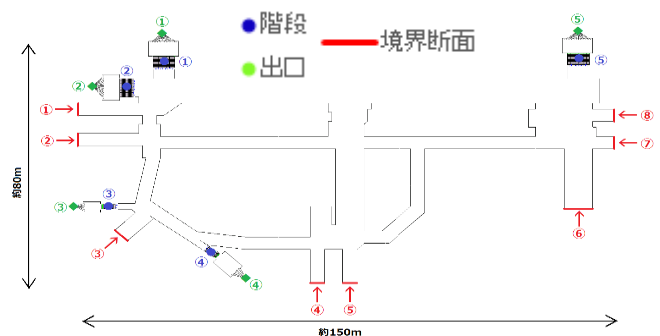


図 1 解析対象範囲

表 1 階段の設定

階段	レーン数	高さ(m)	水平距離(m)	幅 (m)
①	8	2.942	3.78	6.08
②	8	2.942	3.78	6.08
③	2	2.942	3.78	1.52
④	2	2.942	3.78	1.52
⑤	8	2.942	3.78	6.08

表 2 流入者の設定

境界断面	流入速度(人/s)	流入時間(s)	総流入者数(人)
①	1.4	600	840
②	1.4	600	840
③	0.7	600	420
④	0.47	600	280
⑤	0.47	600	280
⑥	1.4	600	840
⑦	0.7	600	420
⑧	0.7	600	420

5. 避難解析

本研究では避難時の人の動きや滞留の変化、避難時間などを分析することにより、避難を行う際に階段がどのような影響を及ぼすかを検討する。また、階段が避難の際に及ぼす影響の中で、避難の安全性や迅速性を阻害する影響を見つけ、避難の際にその影響を軽減するよう避難誘導の改善案を立案し、その効果を検証する。

本研究では作成した地下空間モデルを使用し、以下の4つの避難誘導計画を想定し、避難解析を行った。

- ・避難誘導を行わず、避難者が最寄りの階段から避難する無対策ケース。
- ・各階段の利用者数を同じにする対策ケース1。
- ・各階段の利用者数の比を階段の幅の比と同じにする対策ケース2。

- ・各階段の利用者数が対策ケース2と同程度になるよう、地下空間を図2のように分割する対策ケース3。

各ケースにおいて安全性、迅速性について評価を行った。安全性は避難者の平均待機時間によって、迅速性は避難所要時間によって評価する。

解析結果を図3、図4に示す。この結果から対策ケース2、対策ケース3において平均待機時間、避難所要時間が短いことが分かる。したがって各階段の利用者数を階段の幅の比になるよう誘導を行うことで安全性や迅速性を確保できることがわかった。

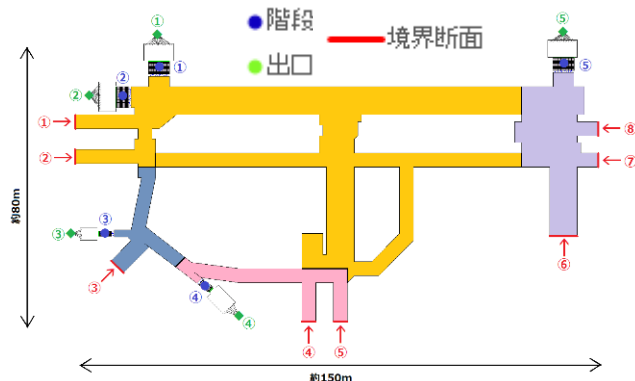


図 2 分割した解析対象範囲

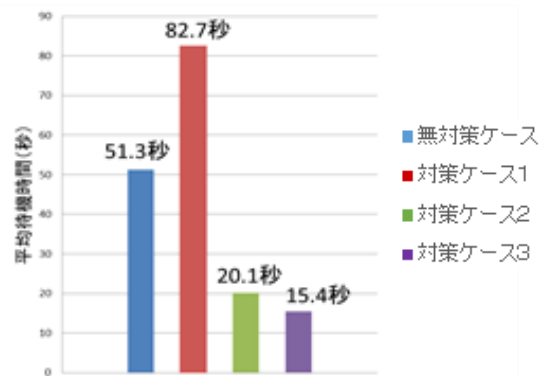


図 3 各ケースにおける避難者の平均待機時間

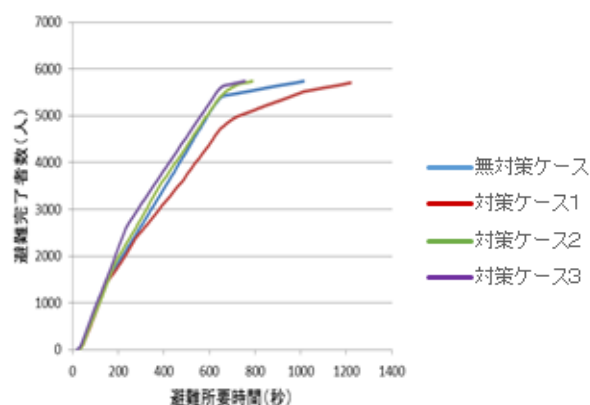


図 4 各ケースの避難所要時間

6. おわりに

本研究では階段を中心に地下空間での避難行動を、EXODUS を用いて表現し、避難誘導計画について検討した。その結果、階段の幅に合わせて避難者を誘導することにより滞留の発生を軽減し、避難時間の短縮や安全性の確保に繋がることを示した。また、BIMによって避難行動を可視化することにより、避難誘導計画の評価がしやすく、問題点を発見しやすいことがわかった。

今後の展開としては、より適切に浸水時の避難行動を捉えるため、BIMにおいて浸水シミュレーションモデルと連携させ、水の影響を含めた避難解析を行うことが考えられる。

参考文献

- 1) 山田・大森・廣井・福井：群衆シミュレーションを用いたターミナル駅地下空間における避難安全確保対策の検討，第18回地下空間シンポジウム，2013。
- 2) 清野・土岐・犬飼・竹内：避難行動シミュレーションに基づく地下街の安全性評価，土木学会論文集 No. 689，2001。