

避難シミュレーションによる地下空間の浸水対策の検討

関西大学 正会員 ○尾崎 平

関西大学 非会員 河南 友也

関西大学 正会員 石垣 泰輔

京都大学 フェロー会員 戸田 圭一

1. はじめに

近年, 異常気象による集中豪雨が増加している. 時間雨量 50mm 以上の年間発生回数は, 気象庁¹⁾によると, 1976~1985 年で平均 174 回, 1986~1995 年で 184 回, 1996~2005 年で 223 回, 2006~2015 年で 230 回と増加傾向である. また, 都市化により地下空間の高度利用・発展が進んでおり, 地下空間の脆弱性が着目されている. そのため, 平成 29 年²⁾に水防法が一部改正され, 想定される災害に対して浸水対策だけでなく, 避難計画の重要性が高まっている. 佐藤ら³⁾は, 過去に記録した降雨記録から複合災害を想定して, タイムラインの検討を行ったが, 避難状態を考慮しての精度の高いタイムラインの作成はできていない. 川中ら⁴⁾は, 大規模地下空間を対象に, 混雑度が避難成功率に与える影響について検討した. しかし, 浸水対策や行動の違いが避難達成に関わる効果を同時に比較できていない. 本研究では, Whity うめだ地下街を対象に, 将来降雨による水害を想定した氾濫解析と, 各種の対策を行った場合の避難解析を行い, 対策の効果について考察する.

2. 方法

(1) 対象降雨

本研究では地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) を用いて抽出した将来降雨における時間最大雨量が最大となる降雨を対象降雨とした (図-1).

(2) 評価ケース

地下街利用者を安全に避難させるために, 浸水対策と避難者の行動の 2 面から対策を検討し, 対策ケースを設定した (図-1). 地下街の浸水対策として止水板の設置を行う. ここでは止水板設置を開始する方法として 3 種類 (流入後, カメラ監視, 水位計), 止水板を設置するチーム数 2 種類 (2, 6 チーム) を設定した. 行動開始時間は, 東日本大震災の際の避難事例をもとに 2 種類, 避難開始アナウンスは, 避難勧告ガイドラインをもとに 2 種類設定した. また, フロアマップの設置密度の違いを比較するために, 現状と, 現状に加え, 5 つ増加したケースを設定した.

(3) 浸水と避難シミュレーション

本研究では内水氾濫解析に InfoWorks ICM を用いた. 内水氾濫水は建築物 (住区) 内には流入せず, 道路面のみを流れるとし, 地下街も ICM でモデル化した. 避難シミュレーションには, 構造計画研究所が開発した解析ソフト artisoc3.0 を用いた. artisoc3.0 は, 「マルチエージェント・シミュレーション」を構築することが可能なシミュレーションプラットフォームである.

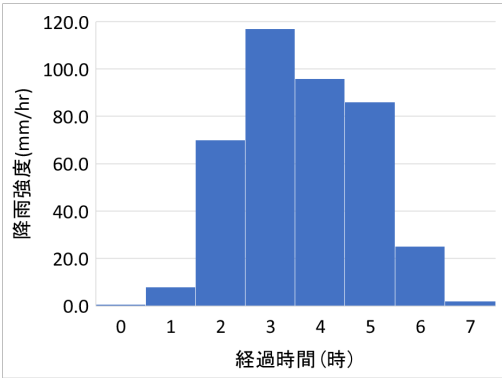


図-1 対象降雨

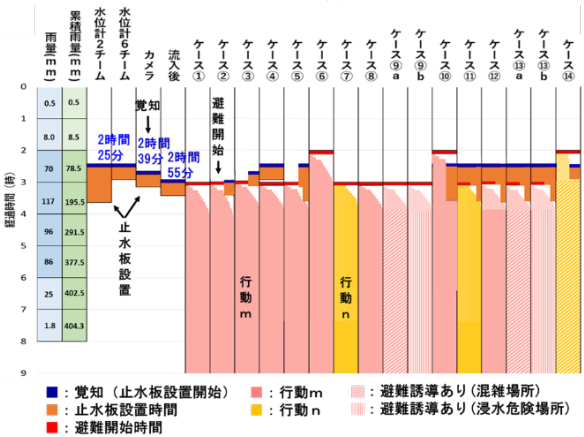


図-2 評価ケース

キーワード 内水氾濫, 地下空間, 避難シミュレーション, タイムライン

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学環境都市工学部 ozaki_t@kansai-u.ac.jp

3. 結果および考察

(1) 浸水シミュレーション

結果を図-3 に示す。止水板設置開始を判断する方法、止水板設置チーム数にかかわらず、止水板設置により止水板なしに比べて地下への浸水量を7割程度、軽減できる。

(2) 避難シミュレーション

Whity うめだが最も混雑している状態の 8500 人の場合の各ケースにおける避難成功率を図-4 に示す。浸水対策として行った止水板設置による避難成功率への影響は、止水板なし(①)に比べ、最大で約 13 ポイント(約 1200 人)向上する結果が得られた。一方、止水板設置ケースの違いによる避難成功率の差は最大で 0.2 ポイント(約 40 人)程度であった。また、止水板を設置しない場合で、避難者の行動として、避難開始判断を早めた場合(⑥)では、約 15 ポイント(約 1300 人)の成功率向上が見られた。避難行動開始を 10 分早めた場合(⑦)は、最大で約 10 ポイント(約 800 人)向上する結果となった。フロアマップ数の増加(⑧)によって、約 7%(約 600 人)の増加が見られる。さらに避難誘導員を配置し、混雑回避を図った場合(⑨-a)約 7 ポイント(約 600 人)向上した。止水板を設置し、さらに避難行動への対策をとった場合(⑩~⑭)、避難成功率は 95%以上を達成することが可能である。

図-5 は、避難行動開始の違いによる避難達成率の時間変化を示している。①と⑦の達成率の違いが早期避難の効果を示し、⑦と⑩の違いが、止水板設置による効果を示す。アナウンスや緊急メールなどにより避難行動を早期に始めた場合(⑦)、初期の達成率は高いが、避難行動者が多く、出入り口付近での混雑度が上がり、避難開始合図から 10 分~25 分での避難者数の増加率は低くなる。その後、止水板が設置されない場合(⑦)は地下街の浸水により達成率は低く、止水板が設置された場合(⑩)、達成率は高くなる。また、早期避難をしないケース③と比較すると、初期の達成率に違いは見られるが、最終の達成率にはあまり差はなかった。

4. おわりに

本研究では、将来の豪雨を用いて Whity うめだを対象に、浸水シミュレーションと避難シミュレーションを用いて、浸水対策・避難行動の違いから避難成功に関わる効果を明らかにした。止水板設置による地下街への流入量の削減が避難成功率に与える影響として、対策なしの場合と比べ最大で 13 ポイント以上の上昇が見られた。止水板設置による効果が高いことが確認できた。また、1 時間降雨 60mm に達した時に避難アナウンスを開始する場合の避難成功率は、15 ポイントの上昇となった。以上より、止水板設置による流入量を削減する対策を第一とし、可能な限り、避難判断、避難行動を早くとることが、重要であることが再確認できた。

参考文献

1) 気大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html, 2) 国土交通省: 水防法等の一部を改正する法律の施行について, <http://www.mlit.go.jp/common/001189346.pdf>, 3) 佐藤英治, 井面仁志, 白木渡, 磯打千雅子, 岩原廣彦, 澤田俊明, 高橋亨輔: 大規模水災害を想定した住民タイムライン作成, 土木学会論文集 F6(安全問題), 73 巻 2 号, p. I_159-I_169, 2017, 4) 川中龍児, 吉川雅志, 石垣泰輔: 大規模地下空間における浸水時の避難成功率向上に関する検討, 土木学会論文集(地下空間研究), 70 巻 1 号 p. 13-19, 2014

謝辞: 本研究は日本学術振興会の科研費(19K04966, 研究代表者:戸田圭一)の助成を得て行った研究の成果の一部である。

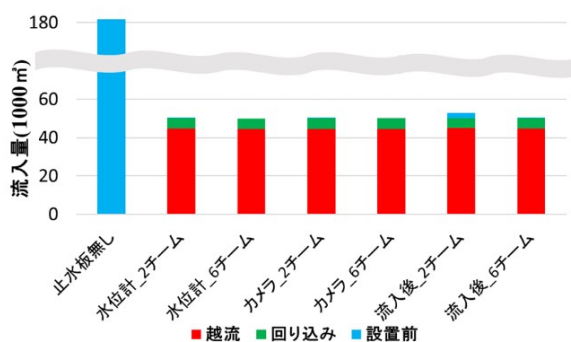


図-3 地下街への流入量とその種類

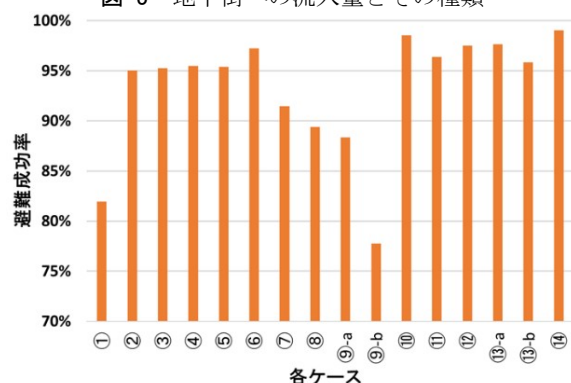


図-4 各ケースにおける避難成功率

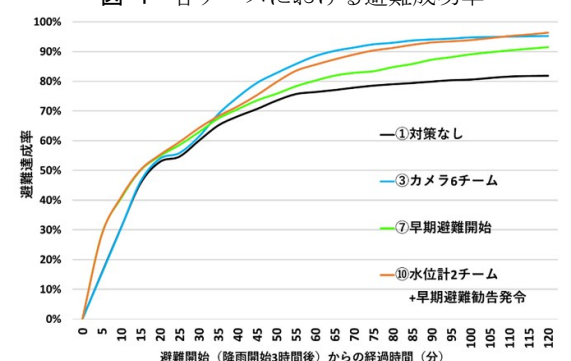


図-5 避難達成率の時間変化の一例