

地下空間防災システムの高度化と内水氾濫対策 計画への適用について

IMPROVEMENT OF UNDERGROUND DISASTER PREVENTION SYSTEM AND ITS APPLICATION TO INUNDATION FLOOD CONTROL PLAN

西尾 信彦¹・井下 泰具²・伊藤 博幸³・林 哲生⁴

Nobuhiko NISHIO¹, Yasutomo INOSHITA², Hiroyuki ITO³, Tetsuo Hayashi⁴

In recent years, as the frequency of localized heavy rainfall increases, the risk of flooding in the underground space is increasing. In the case of local heavy rain, since the lead time is short, it is important to collect information. In this study, we have clarified the priority order of waterproofing activity at entrance and exit by inundation simulation. And, Applications that can improve the flood monitoring system (rain gauge, IP camera) for the Osaka Umeda district. We also studied a flood control activity manual on the premise of utilizing this application. In this manual, the timing of monitoring and stopping water of the doorway according to rain intensity obtained as input information is specified. And by inputting the status of the waterproofing activity into the application, we tried to enhance the initial structure by making it possible to share information with relevant organizations.

Key Words : *Underground space , Urban disaster , Flood simulation , Application, Flood control activity manual, Timeline*

1. はじめに

近年，全国各地で局地的な豪雨（ゲリラ豪雨）が頻発し，地下街，地下道や地下鉄駅等（以下，「地下街等」という）の浸水被害も発生している。

大阪市では，『大阪市地下空間浸水対策協議会』を設置し，大阪駅周辺地区について先行的に検討を進め，水害時の情報連絡体制や，水害（内水氾濫，淀川の氾濫，津波）ごとの避難誘導方策，内水氾濫に対する止水対策についてまとめた「大阪駅周辺地区 地下空間浸水対策計画Ver.1」が作成されている。

本検討では，この計画を参考にし，地下街，地下鉄駅，ビルが輻輳する大阪駅周辺地区を対象に浸水監視システム（雨量計，IPカメラ）を整備し，その情報と各々の災害時行動の状況を複数の施設管理者間で共有できるアプリケーション（以下，「地下空間浸水対策アプリ」という）を開発した。

本稿では，大阪地下街(株)が管理運営する地下街「ホワイティうめだ」における地下空間浸水対策アプリを活用したゲリラ豪雨時の内水氾濫対策計画について述べる。

2. 対象地域の概要と課題

(1) 対象地域の概要

「ホワイティうめだ」は，図-1に示すとおり，大阪駅周辺（梅田）地区の東部に位置する地下街であり，1963年（昭和38年）の開業以来順次拡張を続け，現在では総面積31,336㎡に及んでいる。

また，地上連絡26箇所，ビル接続26箇所，地下鉄駅との接続3箇所の連絡口がある。加えてビルや鉄道施設にはそれぞれ独自の出入口があり，さらに別の地下街とも接続していることから，1つの出入口からの浸水は梅田地区の地下空間全体に大きな影響を及ぼす危険性を抱えている¹⁾。

キーワード：地下街，都市型災害，浸水シミュレーション，アプリケーション，水防活動マニュアル，タイムライン

¹ 非会員 立命館大学 情報理工学部 教授 Ritsumeikan Univ. (E-mail: nishio@cs.ritsumeikan.ac.jp)

² 正会員 大阪地下街株式会社 常務取締役兼施設部長 Osaka Chikagai Co., Ltd.

³ 非会員 大阪地下街株式会社 施設部計画課長 Osaka Chikagai Co., Ltd.

⁴ 非会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 交通計画グループ Chuo Fukken Consultants Co., Ltd.

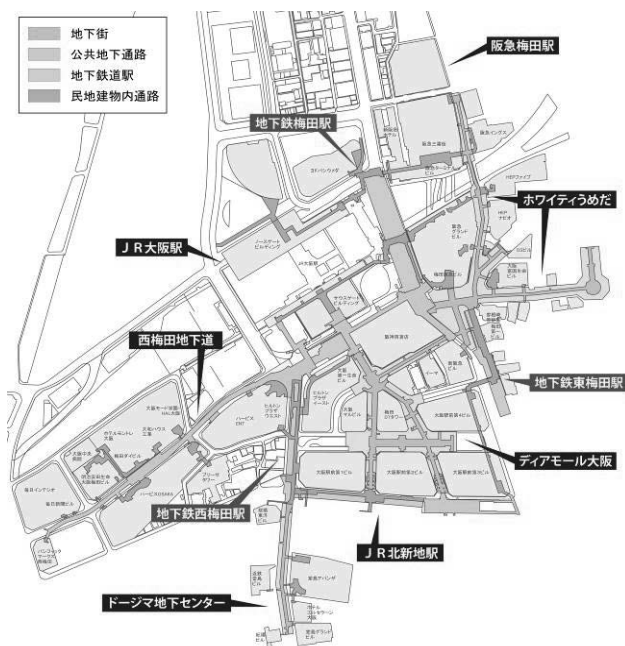


図-1 ホワイティうめだ位置図

(2) ゲリラ豪雨に対する課題

一般に、ゲリラ豪雨は雨雲の発生から降雨の最大化までの時間が非常に短いため、事前に発生場所や発生時間を予測することが困難である。また、防災センターが位置する地下街等の地下空間では地上の天候の状況を把握しにくく、短時間の気候の変化に的確に対応することが極めて難しいという課題がある。

さらに、急激な気候の変化に対して、即座に対応できる現場係員の数にも限界があるため、水害に備えた事前準備と水害発生時の迅速かつ効率的な行動が重要となる。

3. 各出入口の浸水リスクの整理

(1) 浸水シミュレーションの実施

前述の課題に対応するため、ゲリラ豪雨発生時において、浸水リスクの高い出入口を把握し、優先順位をつけた水防活動を実施できるよう、まず浸水シミュレーションを実施した。

流出解析モデルの概要は、図-2に示すとおりであり、地表面モデル、下水道管路網モデル及び地上氾濫モデルを組み合わせたものとした。

(2) 想定降雨

想定降雨量は、大阪市内において今後十分に発生しうる降雨を対象とするために、都市部で観測された実績降雨である杉並豪雨（平成17年9月4日：東京都）及び豊中豪雨（平成18年8月22日：大阪府）を基に、100mm/hrの2時間継続と150mm/hrの1時間継続の2種類のモデル降雨とした。

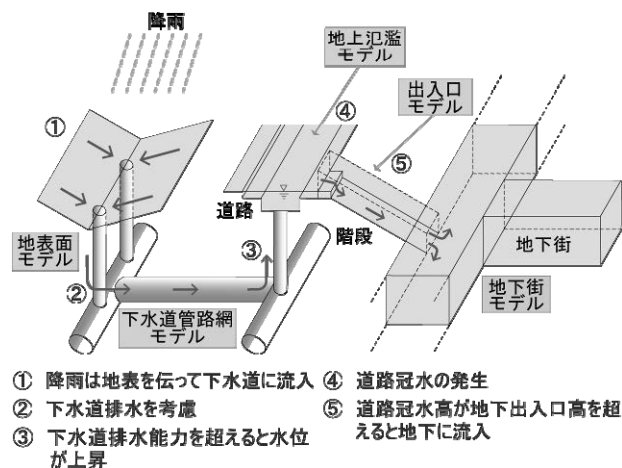


図-2 解析モデルの概要

(3) 浸水リスクの整理

上記モデルと想定降雨により浸水シミュレーションを実施し、雨が降り始めてから浸水するまでの時間を出入口ごとに把握し、各出入口の浸水特性を整理した。この結果については5.で後述する。

4. リアルタイム情報の取得と活用

浸水シミュレーション結果を実際に活かしていくためには、現地の降雨状況をいかに迅速かつ正確に把握することができるかが重要となる。

これを実現するツールの一つに「地下空間浸水対策アプリ」がある。これは梅田地区に設置した雨量計の情報をリアルタイムに表示するとともに、一定の雨量を計測した時点で警報が鳴動する機能を備えている（図-3）。



図-3 雨量データ、カメラ映像の表示例

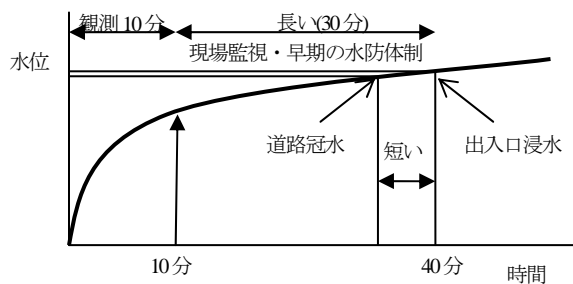


図-4 降雨観測と止水作業時間の例

また、地盤の低い地域を中心に設置したネットワークカメラからの地上映像も確認可能であるほか、画面に表示されるマップの各出入口に「止水板設置」などのアイコンを置くことができ、かつ、それらの情報を複数台の端末で共有できるシステムとなっている。

ホワイティうめだでは、この「地下空間浸水対策アプリ」を活用し、その計測雨量と浸水シミュレーションで整理した各出入口の浸水特性に応じて現場監視や止水作業の順序を整備した。

例えば、浸水シミュレーションで、1時間あたり100mm級の豪雨時に、降り始めから40分で浸水するとされた出入口は、実際に雨量計が10分間で15mmの降雨を観測した（アプリの警報が鳴動した）場合、そのままの降雨が継続すると残り30分で浸水が発生することから、直ちに現場監視を行い、残り30分以内で当該出入口への止水板設置を完了することとした。この対策により、ゲリラ豪雨時の初動体制の強化が図れると考えている。

5. ホワイティうめだにおける水防計画

ホワイティうめだには、前述のとおり多数の出入口や他施設接続口があるため、ゲリラ豪雨に備えた水防計画の立案にあたっては、ホワイティうめだが管理する全出入口について浸水シミュレーション結果を基にした分類（グループ化）を行った上で、リアルタイム情報の活用を組み込んだ具体的な水防活動タイムラインを検討した。

(1) 各出入口の浸水リスクの分類

浸水シミュレーション結果に基づき、降雨開始から各出入口への浸水発生時刻までの時間ごとに、各出入口を表-1に示すA～Dの4つに分類し浸水リスクを明確化した。

表-1 浸水特性に応じた出入口の分類

浸水リスク分類	浸水特性
Aグループ	概ね100mmhの降雨時、その降り始めから20～40分以内に浸水が生じる可能性のある出入口
Bグループ	概ね100mmhの降雨時、その降り始めから40～60分以内に浸水が生じる可能性のある出入口
Cグループ	概ね100mmhの降雨時、その降り始めから60分以降に浸水が生じる可能性のある出入口
Dグループ	概ね100mmhの降雨時、浸水しない出入口

(2) タイムラインの作成

災害時のタイムラインは、一般的に、台風接近に伴う河川氾濫による災害を対象に数日または数時間単位で検討されることが多いが、リードタイムが短いゲリラ豪雨時における水防活動では60分間のタイムラインとした。

ホワイティうめだが管理する出入口の中には、100mm/h級の豪雨発生時には、降雨開始から約60分以内で浸水が発生する出入口（Bグループ）が複数存在する（Aグループの出入口は存在しない）。また、最も優先度の高い出入口に止水板を設置した後も、他に浸水が発生する可能性のある出入口が複数存在しているため、限られた人員でも順序良く確実に止水活動を実施することができるよう、アプリが知らせる警報と関連付けながら、時間、場所、作業内容がわかるタイムラインとした（表-2）。

タイムラインの概要を以下に示す。

まず「地下空間浸水対策アプリ」の最初の警報の設定を8mm/10minとした。これは、大阪市の下水道の排水能力が60mm/hrであることを踏まえると、降雨がこの排水能力を超えると道路冠水が発生すると考えられるため、安全率を考慮し50mm/hr（≒8mm/10min）としたものである。

この雨量が1時間継続しても道路冠水が発生することはないが、以降降雨が激しくなる可能性を考慮し、この時点で1次的な警戒として、監視カメラの映像確認や各出入口の巡回、資器材の点検等の行動をとることとした。

2次警報は15mm/10minに設定した。これは、そのままの降雨が継続すると90mm/hrとなり、シミュレーションで実施した100mm/hrに迫る値となるので、浸水リスクの高い出入口に対しては今後発生する浸水に備えて初動体制を取るタイミングとした。すなわち、現場での監視体制と、場合によってはこの時点で止水板設置作業に入る。

続いて3次警報として30mm/20minを設定した。この状況は100mm/h級の降雨が20分間継続しているということなので、ホワイティうめだの最も浸水リスクの高い出入口はあと40分後には浸水する危険性があると同時に、降

表-2 ゲリラ豪雨を対象としたタイムライン

降雨開始からの経過時間	10分	10分	20分	30分	40分	50分	60分
雨量計の計測値(変動)	8mm以上/10分	15mm以上/10分	30mm以上/20分	45mm以上/30分			90mm以上/60分
浸水リスクA出入口	浸水までの残り時間	あと30分程度	あと20分程度	あと10分程度	止水板がないと浸水発生		
止水作業1班	ホワイティ管理出入口には該当なし						
止水作業2班							
浸水リスクB出入口	浸水までの残り時間	-	あと30分程度	あと20分程度	あと10分程度	止水板がないと浸水発生	
止水作業1班	・資器材の点検準備・巡回	・H-16監視	・H-16止水板	・H-28監視		止水板がないと浸水発生	
止水作業2班	・資器材の点検準備・浸水ポンプ点検	・M-13監視	・M-13止水板	・M-14監視			
浸水リスクC出入口	浸水までの残り時間	-	-	あと30分程度	あと20分程度	あと10分程度	止水板がないと浸水発生
止水作業1班				・H-28止水板	・H-60監視		
止水作業2班				・M-14止水板	・J-2、J-4止水板		
浸水リスクD出入口	浸水までの残り時間	-					
止水作業1班							H-13・31H・30、H-58・J-3M-2東の広場Vの状況確認
止水作業2班							H-13・31H・30H・58・J-3M-2東の広場Vの状況確認

雨がこのまま継続する限り、他の出入口も順次対応していく必要が生じる。したがって、この段階でまず最も浸水リスクの高い出入口に止水板を設置することとした。

4次警報は45mm/30minとし、3次警報で現場に出動していた水防活動班が当該出入口に止水板を設置した後に、次の行動（次に浸水リスクの高い出入口への移動）をとれるようにタイムラインで示した。

タイムラインの最後として、90mm/60minとしたが、この時には、少なくとも100mm/hr降雨のシミュレーションで浸水するとされた出入口は全て止水板設置作業が完了していなければならないと考えている。

(3) タイムラインの可視化

リードタイムの短いゲリラ豪雨時には、現場係員が咄嗟に次の正確な行動に移れる環境整備が必要である。このため、タイムラインの可視化を実施した（図-5）。

指揮命令者及び水防活動班が今現在とるべき行動、次にとるべき行動を視覚的に把握するために、アプリの警報の時点ごとに、水防活動（止水板設置作業）班が向かうべき出入口の位置と作業内容を表したマップを作成した。これにより、一目でわかるタイムラインの可視化が図れ、ゲリラ豪雨発生時の対応力の強化につなげた。



図-5 止水作業班の作業位置の図化

6. 今後の運営方針

(1) 地区全体の水防体制の強化

本検討において、ホワイティうめだにおけるゲリラ豪雨発生時の浸水防止対策の強化を図ることが出来たが、ホワイティうめだが直接管理していない他施設の出入口については、それぞれの施設管理者に対して、必要に応じて水防活動を依頼するにとどまっている。しかし、ゲリラ豪雨時には、ホワイティうめだから同時に多数の施設管理者に依頼を行うには、短いリードタイムの中で対応の時間と人員を要することとなることから、全ての施設管理者が同様の共通の情報と認識の下で運用することが望まれる。

このため、現在、梅田地区の代表的な施設管理者に対して、協働を呼び掛けているところである。

(2) 一般利用者への情報提供の検討

本検討により、施設管理者が地下空間への浸水を確実に防止するための第一歩が図れたと考えており、引き続き施設管理者と調整を進めていく予定である。他方で、一般利用者に対しても、現在施設管理者で構成される協議会が一般向けに地下街のナビゲーションやバリアフリールート情報を提供している「うめちかナビ」やデジタルサイネージ等の活用により、降雨状況や出入口の止水（閉鎖）状況などの情報を迅速に提供する方法について検討していきたい。

7. おわりに

本アプリで雨量計データを取得し始めて2年になるところであるが、この間、地下空間への浸水に至るような大雨は観測しなかった一方で、15mm/10分を超えるゲリラ豪雨は実際に観測されている。

このような状況を踏まえ、大阪の都市活動の中枢を担う梅田地区の地下空間への浸水を確実に防止していくため、本取り組みを更に進捗させていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 井下泰具：「都市部の大規模地下街における集中豪雨時の浸水対策」，土木学会誌，Vol.102，No.8，pp.24-25，2017.
- 2) 森兼政行，浅見ユリ子，桑原正人，速水義一：浸水シミュレーションを活用した都市地下空間における水防・避難誘導の検討，河川技術論文集，第15巻，pp.405-410，2009.
- 3) 西尾信彦，井下泰具，伊藤博幸，森兼政行：「地下空間防災システムの高度化に関する検討」，地下空間シンポジウム論文・報告集，第22巻，土木学会，pp.115-122，2017.