

立地条件および水災害ハザードマップを用いた 地下街の浸水脆弱性に関する検討

VULNERABILITY OF UNDERGROUND SHOPPING MALL TO FLOOD EVALUATED WITH HAZARD AND LOCATION MAP

石垣泰輔¹・大西雄馬²・尾崎 平³・戸田圭一⁴

Taisuke ISHIGAKI¹, Yuma Ohnishi², Taira OZAKI³, Keiichi TODA⁴

There are many underground spaces such as underground mall, subway, parking and so on in Japan. Those are located in lowlands including under sea level areas near rivers and coasts. Many researchers have been pointed out the vulnerability of underground inundation, however, it is very difficult for ordinary people to know the danger of underground inundation. They can use only released data such as web sites. In this paper, the vulnerability of inundation of 76 underground malls is investigated by using easily getting data from application and web sites of cities where underground malls are located. The results shows that almost all malls are vulnerable to inundation by pluvial or fluvial floods and that it is very easy for ordinary people to be able to know the vulnerability.

Key Words :underground inundation, shopping mall, location map, hazard map, released data

1. はじめに

近年,都市域での浸水被害が増加傾向にあり,地下鉄や地下街等の地下空間浸水が頻発している.著者らは,これまで大阪の地下街や地下鉄の浸水に関する検討を行い,水災害(内水氾濫,外水氾濫,津波および高潮による氾濫)による地下空間の浸水脆弱性について指摘してきた^{1,2)}.これらの検討では,浸水解析結果に基づくものであり,詳細な地形データや地下空間の現地調査結果を用いて構築した数値計算モデルを用いている.また,解析モデルの検証には,公開されている浸水ハザードマップや浸水実績調査結果を用いている.同様の検討は,東京を対象とした関根ら³⁾や名古屋を対象とした武田ら⁴⁾によってなされているが,一般の地下空間利用者には同様の検討は不可能である.そこで,本研究では,一般利用者が利用できるWEBサイト等で公開されている地下街の地盤高・河川や海岸からの距離といった立地条件,および地下街の存在する市が公開しているハザードマップから得られる情報から地下街の浸水脆弱性について検討した.

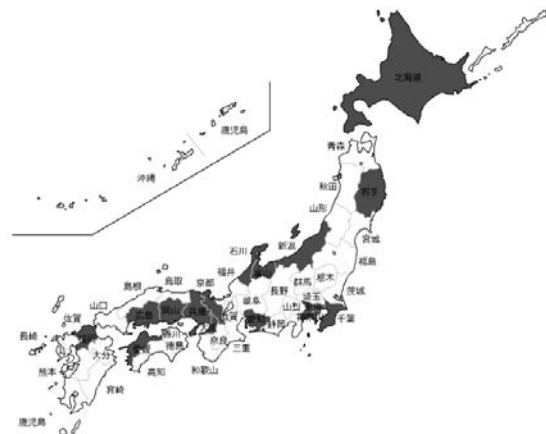


図-1 地下街の所在都道府県

2. わが国の地下街

岸井⁵⁾によると,わが国の地下街は1930年に東京の上野ストアーの開店から始まり,1950~60年代に,駅前の露店を整理するために各地の駅前広場下に地下街が建設されるようになって増加した.しかし,1980年に発生した静岡駅前ゴールデン街のガス爆発事故を受けて厳しい安全規制が課

キーワード: 地下浸水, 地下街, 立地条件, ハザードマップ, 公開情報

¹正会員 関西大学教授 環境都市工学部 Professor, Faculty of Environmental and Urban Eng., Kansai Univ. (E-mail: ishigaki@kansai-u.ac.jp)

²非会員 関西大学研究員 環境都市工学部 Researcher, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University.

³正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 Assoc. Professor, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University.

⁴フェロー会員 京都大学大学院工学研究科教授 Professor, Graduate School of Engineering, Kyoto University

表-1 地下街所在数

北海道	4	札幌市	4
岩手県	1	盛岡市	1
千葉県	1	千葉市	1
東京都	16	東京都区部	15
		武蔵野市	1
神奈川県	6	川崎市	1
		横浜市	4
		小田原市	1
新潟県	1	新潟市	1
富山県	1	高岡市	1
石川県	1	金沢市	1
愛知県	20	蒲郡市	1
		名古屋市	19
京都府	2	京都市	2
大阪府	9	大阪市	9
兵庫県	6	神戸市	5
		姫路市	1
岡山県	3	岡山市	3
広島県	1	広島市	1
愛媛県	1	松山市	1
福岡県	3	福岡市	3
計	76	計	76

せられようになり、新たな建設が少なくなった、とされている。2016年11月現在、WEBサイトで検索すると、わが国には多数の地下街があり、図-1に示す16都道府県の21市域に表-1に示す数の地下街が存在することがわかる。図より、ほとんどの地下街は海岸に面した都道府県に存在しており、名古屋市の19箇所、東京都区部の15か所および大阪市の9か所と大半が東京湾・伊勢湾・大阪湾沿岸に存在する。これらの地下街には、地下鉄駅に接続されている場合が多く、地下街に流入した氾濫水は、より低い地下駅から地下鉄トンネルに入り、地下鉄軌道を通じて広がっていくことが指摘されている⁹⁾。以下では、表-1に挙げた76か所の地下街を対象とした調査結果を用い、水災害時の浸水脆弱性についての検討結果を示す。

3. 浸水脆弱性の検討

(1) 地下街の立地条件による検討

前章で記したように多くの地下街が3大都市圏に集中している。その東京湾、伊勢湾（名古屋）、大阪湾沿岸についてみると、それぞれ4m、1.5m、2m程度の地盤沈下が発生し、平均海面より低いゼロメートル地帯に多くの人々が住んでおり（東京湾：116km²に176万人、伊勢湾：336km²に90万人、大阪湾：124km²に138万人）、そこに地下鉄や地下街などの地下空間が存在しており、地盤高などの立地条件が浸水脆弱性に関係している。ここでは、地盤高、河川からの距離および沿岸からの距離をGoogle Earthを用いて調べた。なお、地盤高は地下街周辺

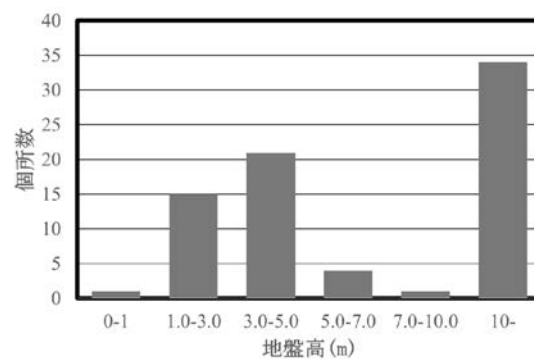


図-2 地下街の地上地盤高

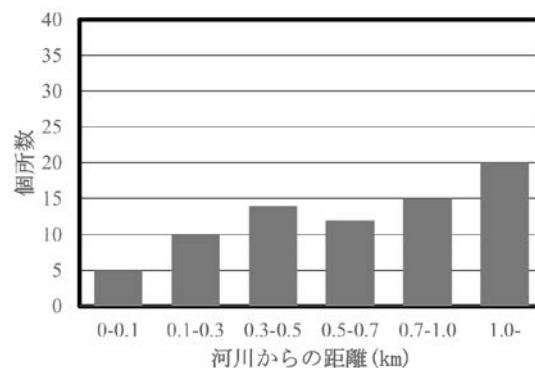


図-3 地下街の河川からの距離

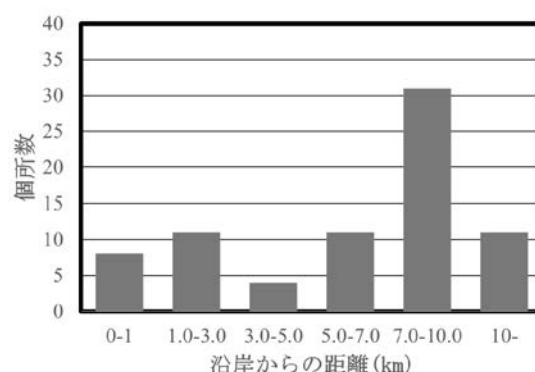


図-4 地下街の沿岸からの距離

の最も低い地点の標高を、河川および沿岸からの距離は地下街中心位置から河川あるいは河口部までの直線距離を距離測定機能を用いて測った。

図-2は地盤高を図-3は河川からの距離の分布を示している。10m以上の地盤高の高い場所に存在する地下街も多くあるが、図-3に示すように近くに河川が存在していることから、浸水の可能性が推測される。また、図-4に示す沿岸からの距離の分布をみると、沿岸から離れた位置に存在する地下街が多いものの河川に近いこともあって、河川を遡上して津波や高潮による浸水の発生する可能性のあると言える。しかしながら、内水氾濫による地下空間浸水が地盤高によらないこと、高潮や津波による浸水は沿岸地形や河川地形によることなどが数値計算結

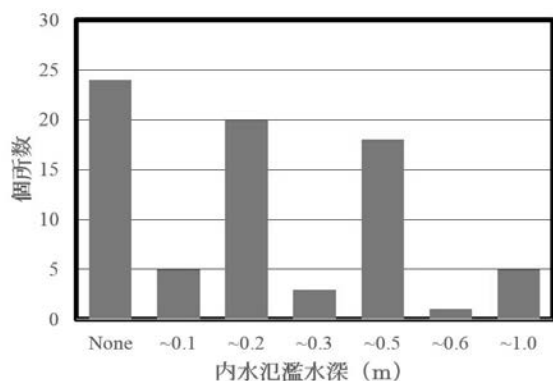


図-5 地下街周辺の内水氾濫水深

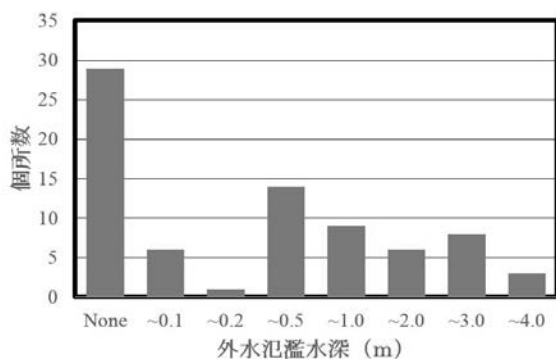


図-6 地下街周辺の外水氾濫水深

果により確認されていることから、数値予測結果に基づいて作成されているハザードマップのデータを用いて次節で検討する。

(2) 浸水ハザードマップによる検討

2016年11月時点で、地下街の存在する市域を対象とする浸水ハザードマップは、内水氾濫について69.7%、外水氾濫について76.3%、高潮氾濫について7.9%、津波氾濫について47.4%の市のホームページで公表されている。なお、高潮と津波に関するハザードマップは、国や都道府県が公表しているものを追加すると、高潮については73.7%、津波については97.4%の対象市域について公表されていることから、今後、津波と高潮による地下空間浸水への対応が必要となる。このように、内水および外水氾濫ハザードマップの公表率が高いことから、地下街利用者が利用可能な内水と外水氾濫を対象とした浸水脆弱性について検討する。

ハザードマップが示す内水氾濫域に存在する地下街は76ヶ所の68.4%に相当する52ヶ所であり、平均的な出入口のマウンドアップ高さである30cmを超える浸水域には31.6%の24地下街が存在する。浸水深毎の箇所数をまとめると図-5のようになり、最高浸水深が1.0m以下となっていることから数10cmの止水板を設置することにより地下浸水を防止可能なことがわかる。一方、外水氾濫ハザ

表-2 地下街周辺の氾濫水深と該当地下街数

ハザードマップに基づく想定浸水	箇所数	割合(%)
内水のみ	24	31.6
内水のみ 0.3m以上	18	23.7
内水のみ 1.0m以上	0	0.0
外水のみ	19	25.0
外水のみ 0.3m以上	18	23.7
外水のみ 1.0m以上	8	10.5
内水+外水	28	36.8
内水0.3m以上+外水0.3m以上	15	19.7
内水0.3m以下+外水0.3m以下	4	5.3
内水0.3m以下+外水0.3m以上	7	9.2
内水0.3m以上+外水0.3m以下	2	2.6
内水1.0m以上+外水1.0m以上	0	0.0
内水1.0m以下+外水1.0m以上	9	11.8
内水1.0m以上+外水1.0m以下	0	0.0
内水1.0m以下+外水1.0m以下	6	7.9
内水0.3m以下+外水1.0m以上	5	6.6
内水1.0m以上+外水0.3m以下	0	0.0

ードマップのデータを用いて地下街周辺の浸水深を整理すると図-6のようになる。61.8%に及ぶ47の地下街が外水氾濫域に存在しており、平均的マウンドアップ高さの30cmを超えるのが52.6%の40ヶ所となっている。なお、浸水深が1.0mを超えるのが22.4%に達しており、止水板では流入を防止できない。

以上の結果をまとめると表-2のようになり、対象水災害が内水氾濫のみの地下街が24ヶ所、外水氾濫のみが19ヶ所、内水と外水氾濫が対象となるのが28ヶ所となり、実に93.4%の地下街が氾濫域に存在している。これらの結果から、地下街の浸水脆弱性は明らかである。

4. おわりに

以上示したように、一般の地下空間利用者が利用可能なWebサイトの公開データを用いることにより、地下街の浸水脆弱性を知ることができることが分かる。しかしながら、1. で述べたように詳細な検討のためには地形データ、地下街や地下鉄の出入口などの構造関連データ、および外力の設定条件（降雨量、降雨パターン、台風・低気圧・地震の諸元）と数値解析モデルが必要であり、一般の地下空間利用者には不可能である。また、地下街の存在する地区には地下駅、地下駐車場、地下室、地下道、アンダーパスなどが存在していることから、これらの地下空間の浸水脆弱性への対応も必要である。

なお、ここで用いたハザードマップは同様の想定外力が用いられてはいるが、本来は地域ごとに異なるものであることから、行政単位ごとに詳細な情報公開が必要であることは言うまでもない。ここで示したデータにより一般利用者でも地下街の浸水脆弱性を知ることが可能であり、より多くの利用者が豪雨等の異常気象時には地下空間浸水は発生しうることを認識することが防災・減災・縮災のために必要である。

本研究は日本学術振興会の科学研究費（15H02979, 研究代表者, 戸田圭一, 15K01266, 研究代表者, 尾崎平）の助成を持って行った研究の成果の一部である。

参考文献

- 1) 濱口舜, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一: 記録的水災害に対する大規模地下空間の浸水脆弱性に関する検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.72, No.4, I_1363-I_1368, 2016.
- 2) Ishigaki, T., Kawanka, R., Ozaki, T. and Toda, K.: Vulnerability to Underground Inundation and Evacuation in Densely Urbanized Area, Journal of Disaster Research, Vol.11, No.2, pp.298-305. 2016.
- 3) 関根正人, 河上展久: 地下街を抱える高度に都市化された地域の内水氾濫に関する数値解析, 土木学会論文集 No.789, II-71, 47-58, 2005.
- 4) 武田誠, 島田嘉樹, 川池健司, 松尾直規: 庄内川の想定破堤氾濫による地下空間への流入水量の検討, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第 20 巻, 155-164, 2015.
- 5) 岸井隆行: 日本の地下街形成の歴史とその更新の方向, アーバン・アドバンス 9 月, 名古屋都市センター, No.63, 23-30, 2014.
- 6) 寺田光宏, 岡部良治, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一: 密集市街地における内水氾濫時の地下鉄浸水に関する検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.72, No.4, I_1357-I_1362, 2016.
- 7) Terada, M., Ishigaki, T., Ozaki, T., Baba, Y. and Toda, K.: Subway inundation by fluvial flooding and evacuation from subway stations, E-proceedings of the 37th IAHR World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2017.