

最大規模の降雨外力を想定した地下トンネル内の浸水プロセスの予測

早稲田大学大学院
早稲田大学理工学術院学生会員 ○ 勝又 海渡
正会員 関根 正人

1. 序論

近年、地球温暖化さらには極端気象の影響により、全国各地に深刻な豪雨をもたらされている。東京をはじめとする都市圏で、下水道ネットワークの設計強度を超えるような集中豪雨が増加しており、内水氾濫の被害が増えてきている。このような浸水により大きな被害が懸念される場所が地下空間である。東京の地下空間は地下駅とそれを結ぶトンネルが蜘蛛の巣状に伸び、多くの乗客を輸送するという重要な役割を担っているため、浸水発生時の被害は計り知れない。

当研究室では精緻な浸水予測手法（S-uiPS）¹⁾を用いて都市の浸水予測を行っている。これを用いることにし、東京23区を中心とするエリアで想定される最大規模の降雨外力を与え、地下トンネルを含めた東京都心部の浸水プロセスを予測した。

2. 解析の概要

本検討で扱う予測手法は力学的原理に基づく浸水予測であり、計算に一切の仮定を用いていない。そのため、これまでに対象としていない都市や異なる規模の降雨外力に対しても適用が可能であるという特徴がある。本手法により道路毎の浸水深を予測し、道路上に地下への連絡口が存在する場合にはその入口高さや浸水深とを比較することにより地下への流入が起こるか否かを判定した。そして、坑口や駅の連絡口から氾濫水が流入する場合には、設計図面を基に作成した詳細な地下トンネルのデータを忠実に反映させた詳細な数値計算を行い、氾濫水のトンネル内での挙動を再現した。各連絡口には止水設備が用意されており、その設置の有無についても考慮した。ここでは、東京メトロの全9路線を対象とし、それにつながる連絡口704箇所を考慮した。ただし、ビルやキャンパスの中にある連絡口や、エレベーターについてはここでの対象外とした。

対象とするエリアに時間最大雨量153mm、総雨量690mmの雨を4時間30分与え、その結果を考察する。これは、東京都が新たに浸水予想区域図を作成する際に想定した降雨外力の大きさと同等である。

3. 考察

降雨開始270分後の地下鉄トンネル内の浸水の状況をまとめた結果を図-1(a)に示した。路線毎に色分けされており、色の濃い部分が浸水が発生していることを示す。また、その時点での南北線の縦断図を図-1(b)、有楽町線の縦断面図を図-1(c)に示した。図-1(a)の結果からわかるように、止水板を設置しないと、多くの連絡口から氾濫水がトンネルへ流入してしまうことがわかる。検討に用いた全ての路線において氾濫水の流入が発生するという結果になった。

一例として、南北線の浸水の様子を時系列に沿って説明する。まず、降雨開始2分後に四ツ谷駅からの流入が確認された。この駅の連絡口のうちひとつは道路と接続する坂道を下ったところに存在するため、早い時間から流入が始まると推測される。本検討では、駅の連絡口を通過した氾濫水は直ちにトンネル内の路線に流れ落ちるとして計算を行っているが、実際には駅構内を氾濫水が移動する。そのため、路線内の浸水が発生するタイミングは本検討の結果よりは遅れると考えられる。流入した氾濫水は、市ヶ谷駅方面に向かって流れ下る。これは、四ツ谷駅が標高が高い場所に位置しているため、氾濫水が重力に従いトンネル内を移動したためである。その後、降雨開始30分後には麻布十番駅から氾濫水が流入し始める。麻布十番駅はトンネルの谷底に相当する場所に位置するため、四ツ谷駅での氾濫水の挙動と異なり、その場に水がとどまる傾

キーワード：都市浸水、浸水予測、地下浸水、浸水プロセス、集中豪雨

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, TEL 03-5286-3401

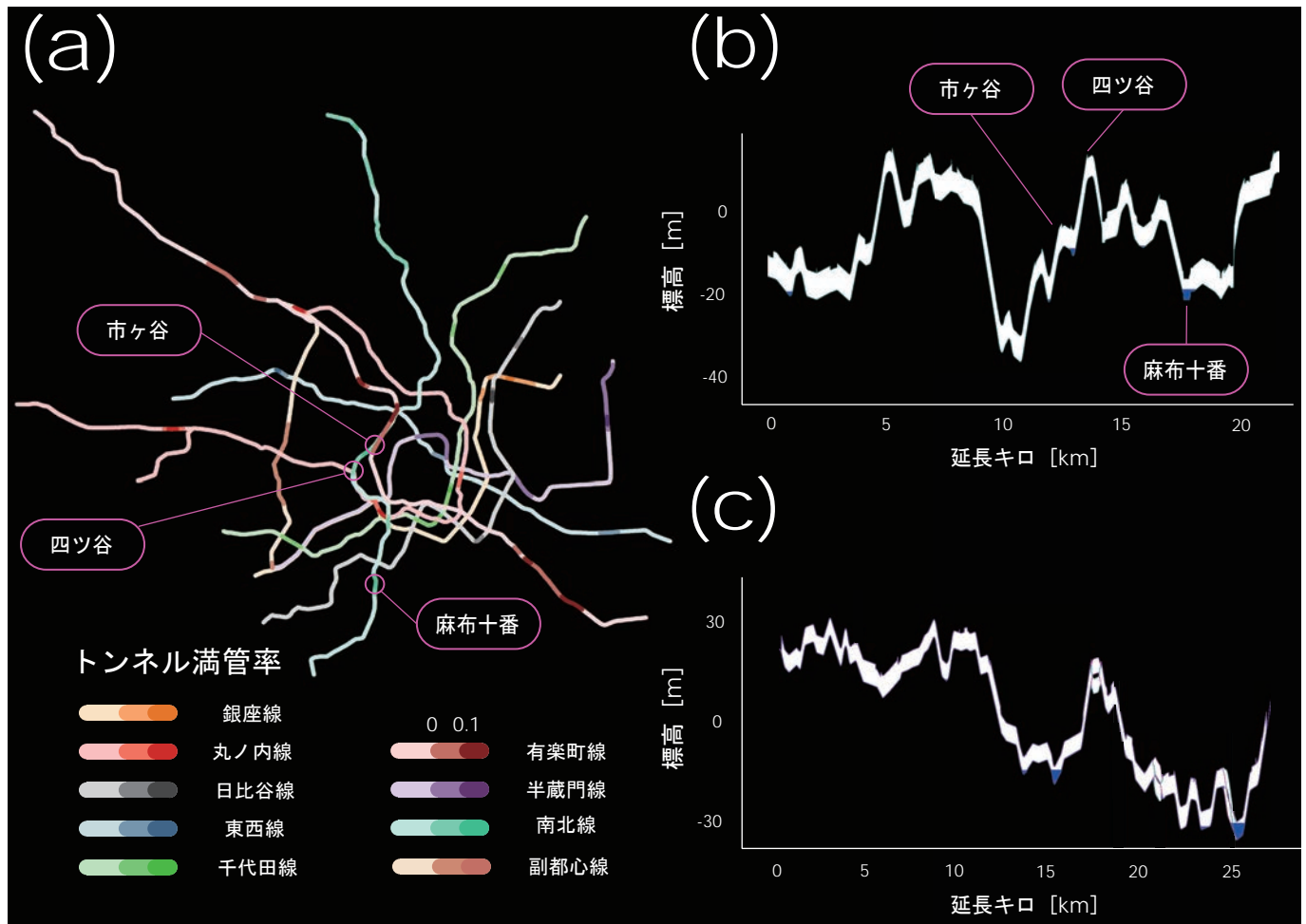


図-1 浸水予測計算結果：(a) 降雨開始 270 分後の対象トンネル内における氾濫水の流入状況（色彩の濃い部分が浸水の発生を表している）、(b) 降雨開始 270 分後の南北線の縦断面図、(c) 降雨開始 270 分後の有楽町線の縦断面図

向が見られた。流入開始からわずか 24 分後にトンネル内の浸水深は 10cm を越えている。

以上は止水板の設置が間に合わなかった場合を想定した計算の結果であるが、止水板を浸水開始前に設置した場合の計算も行っている。現在準備されている止水板を設置したとしても流入が生じる連絡口は、半蔵門線・有楽町線の駅などにいくつか見られるが、その数は限られており、止水板が効果的に準備されていることを確認できた。なお、本計算では、連絡口前面の道路標高値として近似値を用いているため、実際の流入の様子と誤差がある可能性がある。こちらについては今後の検討の課題とし、別の機会に報告する。

4. 結論

本研究では、東京都心部を中心とする地域を対象に、想定される最大級の降雨外力を用いて浸水予測計算を行った。また、地上の氾濫水が各連絡口から地下トンネルへ流入し、浸水が広がっていく様子を検討した。流入についての予測など解析上の課題についてはさらなる検討を加え、有効な浸水対策を実施するための情報提供を目指す。

謝辞

本研究の遂行にあたり東京地下鉄株式会社から情報の提供を受けました。また、データ作成には磯谷朗太さん（当時、大学院生）にご尽力いただきました。記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 関根正人：住宅密集地域を抱える東京都心部を対象とした集中豪雨による内水氾濫に関する数値解析，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.67，No.2，pp.70-85，2011.