

新宿地下街を対象とした都市地下空間の浸水被害シミュレーション

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人
株式会社 大林組 正会員 前川桂恵三

1. 序論

都市域では、建物や道路等の舗装により雨水が浸透しにくいために、局地的な集中豪雨が発生すると内水氾濫を起こしやすい。このような豪雨は、近年注目されているヒートアイランドとも密接に関わり合う都市が抱える環境問題の一つであり、その発生予測は場所・規模ともに未だ容易でないのが現状である。その一方で、都市域では土地の高度利用の必要性から、各所で地下街や地下駐車場などの地下空間の開発が進んできており、ひとたび想定される規模を越えた豪雨に見舞われると、この地下空間は深刻な浸水被害を受けることになる。たとえば80年代の新宿、あるいは近年の福岡博多の災害など、近年その発生の可能性は増しているように見受けられる。これに対して、たとえば東京都では地下空間浸水対策をまとめ、状況に応じた対策を講じるなど、行政の取り組みが順次進みつつある。また、このような浸水被害の規模の予測やその進行のプロセスの理解を目的とした研究も行われてきており、井上・中川ら¹⁾に代表される研究がそれである。本研究では、東京都新宿区にある「新宿サブナード」を検討の対象とし、各種資料^{2), 3)}に基づき、また、井上らのモデルを参考にしつつ、浸水被害が進行するプロセスを数値的に再現する簡易的なモデルを作成した。そして、この数値シミュレーションを行うことにより、この現象の水理学的理解を深めることを目指す。

2. 数値シミュレーションの概要

本研究で行ったシミュレーションでは、地上から地下1階へ通じる路上階段入口付近の地表面の湛水深を既知量として、地下空間への水の進入と、これが地下2階まで広がる空間内を伝播するプロセスを数値的に予測するものである。計算に当たって、この地下空間をx-y平面上に展開し、通路・壁あるいは実際の空間の利用状況などを忠実に反映しつつ、各階を地下街店舗の基本スケールである8m間隔で分割された格子網で覆いつくした。そして、各格子点上の水深と2方向への単位幅当たりの流量の時空間変化を算出した。ここでは、拡散波近似に基づくマンギンの平均流速式を用い、これと連続式とからなる簡易的な解析を行うことにした。また、地上の湛水深に関しては、降雨が地表流として流動し、これが地形的に標高の低い区域に集まってくるプロセスを別途計算しなければならないが、ここでは、検討の第一歩としてこれを既知(50cm)とし、1982年の新宿サブナード被害の際に主な進入経路となった地上と地下との連絡口からの流入のみを考慮して、その後の浸水被害の拡大過程に注目することにした。

3. 浸水被害シミュレーション結果

1982年の事例を参考に行った計算結果を図-1および図-2に示す。図-1および図-2には、それぞれ地下1階および地下2階の浸水深のコンター図(上段)と流速ベクトル図(下段)を浸水開始後の各時刻毎に示している。なお、コンター図においては、凡例の最大値が時間とともに異なっていることに注意を要する。また、地上からの流入は、各図の上端中央から起きているものとする。さて、これらの図から次のことがわかる。まず、地下空間へ伝播する流れはその先端部において大きな流速をもち、わずか10分程度で地下1階の1/4に当たる部分が浸水するばかりか、その最大浸水深は約4.5cmにもなる。また、この地下街の場合には、想定される地上からの流入口に近い位置に地下2階へ通じる階段があるため、これが水の進入経路となって、地下1階の浸水が始まってからあまり時間が経たないうちに地下2階の浸水が始まり、この10分後位の時刻にはすでに1cm程度の浸水となっている。さらに時間の経過とともに被害は拡大し、約120分後に地下1階の水深が30cm程度になると、複数ある連絡階段のすべてから地下2階への流入が顕著となり、その結果、地下2階の水深が急激に上昇し、地下街全体の被害が加速することが理解された。

4. 結論

本研究では、浸水被害シミュレーションを通じて浸水被害が進行するプロセスに関する水理学的理解を深めることができた。ここでは紙面の関係で説明を省略したが、条件を変えた一連の計算によって、階段の空間スケール・配置あるいは流水抵抗等が異なると、浸水被害が拡大するプロセスに顕著な違いが現れることも理解された。こうした情報は、利便性のみならず浸水被害にも強い地下空間を今後創造していく上で重要である。今後は、このような研究成果が浸水被害対策の検討や避難誘導マニュアルの作成などにより効果的に活用されるように、簡易的かつ実用に供しうるモデルの開発を目指して、モデル中のパラメータの同定や簡略化の影響把握を含む残された課題の解決に向けた検討を続けていく予定である。

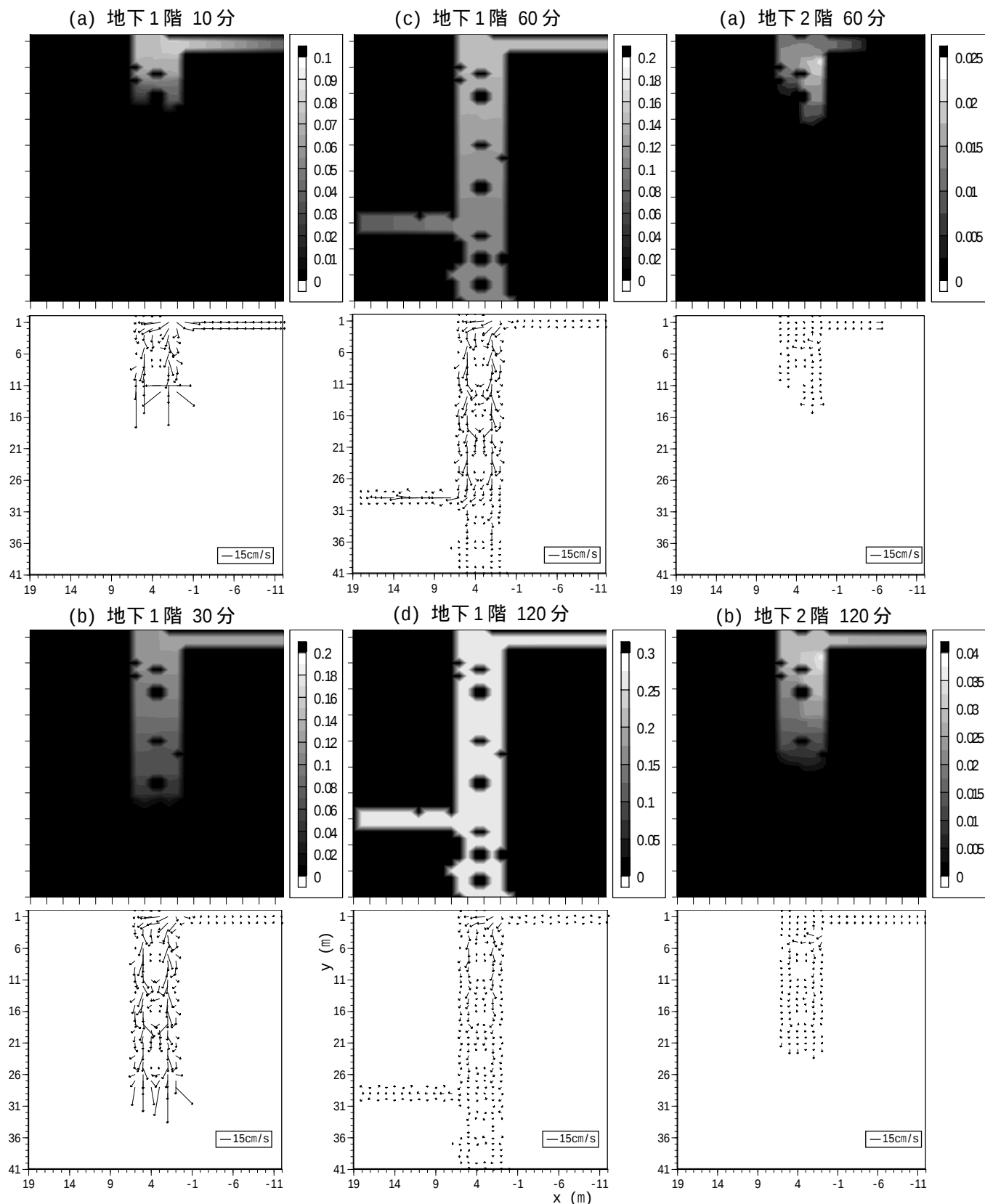


図-1 地下1階浸水被害状況図

図-2 地下2階浸水被害状況図

謝辞:本研究の遂行に当たり、東京都建設局河川部計画課の土方隆氏には、様々な資料あるいは情報の提供と各機関への紹介など、一方ならぬご協力を賜った。また、新宿地下駐車場株式会社の飯田竝彬氏、栗林広明氏には新宿サブナードの構造図面や防災対策概要等についての資料の提供を戴いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献:1) 井上和也・中川 一・戸田圭一・溝田敏夫:地下空間への氾濫浸水の解析,地下空間シンポジウム論文・報告集,第2巻,95-102,1997.2) 飯田竝彬:新宿サブナード地下街の防水対策,1999.3) 財団法人雨水貯留浸透技術協会:雨水技術資料Vol.37,特集/地下空間の浸水対策,2000.