

S-uiPS と連動させた平面二次元解析による注目する街区の詳細浸水予測の試み

早稲田大学大学院 学生会員 ○ 多屋 友布里
早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人

1. 序論

近年、世界規模の気候変動や都市構造の複雑化の結果、豪雨時に被害を受ける危険性が高まっている。例えば2019年の台風19号では、川崎市のタワーマンションの地下部分が浸水して停電が発生したほか、対岸の杉並区の半地下となった店舗において2mの浸水が発生した。このように、都市部につくられた地下空間は豪雨に対しては弱部となりうるため、詳細な浸水プロセスの解明が求められる。

上述したような都市部における豪雨被害に対応するために、当研究室では関根¹⁾による精緻な都市浸水予測手法S-uiPS (Sekine's urban inundation Prediction System) を用いた数値予測手法により、高度に都市化された地域における浸水プロセスの解明に努めてきた。この数値予測手法では道路や下水道・河川等の都市インフラについては精緻な予測を行っているものの、私有地である街区内の建物以外の部分に関しては詳細な計算を行っていない。そこで本研究では、S-uiPS を用いた道路浸水深の計算結果を用い、半地下空間であるドライエリアを有する街区内部に浅水流方程式を適用することで、豪雨時の街区内部における浸水深を詳細に予測することを目的とする。

2. 解析方法

本研究では、ドライエリアを有する早稲田大学西早稲田キャンパスを対象とした。対象エリアは概ね平坦であるが、局所的に標高の低くなっているドライエリアが10か所存在し、周囲との標高差は最大で約3mとなっている。

基礎式は、浅水流方程式を用いて二次元解析を行う。この式を数値的に解く際には、時間的には陽解法の考え方に基づいて離散化し、空間的にはスタッガード格子を用いた。また、拡散項において乱流拡散係数は水深と摩擦速度の積に比例するものとし、移流項は風上差分の考え方をを用いた。なお、標高差が大きく浅水流方程式を適用できない地点には、段落ち式および越流公式を適用した。なお、ドライエリアから地下鉄駅へつながる通路やドライエリア上にある路橋などの構造物、ならびに構内の排水設備については本計算では考慮していない。

街区の外部との接続に関しては、S-uiPS を用いて街区に隣接する道路の浸水深を計算した後に、道路浸水深および街区外縁の浸水深から街区に流出入する水の流速を求めた。また、ドライエリアと地上の境界は、何も制限を設けず自由に水が移動する場合と、個々のドライエリアの外周をすべて高さ0.8mの擁壁で覆った場合の2つの条件で計算を行い、擁壁の有無がドライエリア内の浸水深の軽減にどの程度寄与しうるかを比較した。

解析条件は、時間雨量153mmの降雨が4時間30分にわたって降り続くことを想定した。この降雨を時間的・空間的に一様に与えることで、豪雨に対する相対的な脆弱性を比較することを目的とした。

3. ドライエリアにおける浸水リスク評価

はじめに擁壁のない場合の計算結果について述べる。降雨終了時刻である計算開始270分の時点での浸水深コンター図を図-1(a)に示す。対象街区内のドライエリア以外の庭ならびに通路部分における浸水深の平均値は約0.06mとなった一方で、ドライエリア内の浸水深の平均値は約2.1mと計算され、ドライエリアとそれ以外の場所で浸水深に大きな差が出た。また、コンター図からも、浸水深が0.8mを超えた計算格子はドライエリアに集中しており、浸水深が偏っていることが読み取れる。浸水深は個々のドライエリアによっても異なり、降雨終了時にはドライエリアごとの浸水深は最大で約4.7m、最小で約1.3mと計算された。ドライエリアの浸水深は周辺の標高が高い場合や周囲に別のドライエリアが存在する場合には低くなる傾向がみられた。

次に、降雨終了時に最も大きな浸水深が計算されたドライエリアに着目し、ドライエリア内の平均浸水深の時間

キーワード：集中豪雨、都市浸水、浸水リスク、街区、ドライエリア、数値予測

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

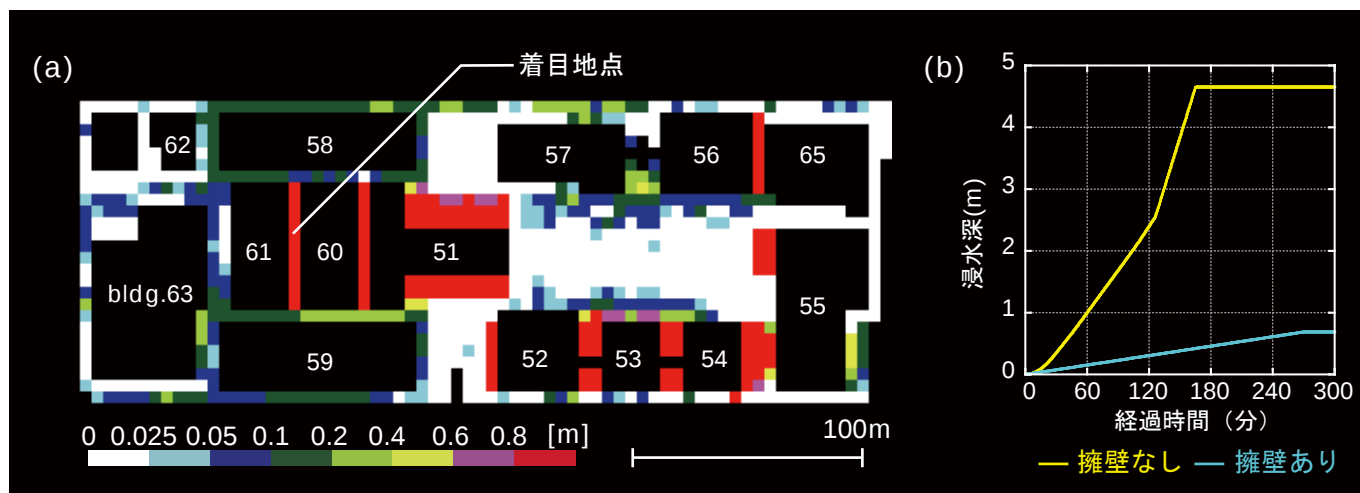


図-1 (a) 計算開始 270 分における擁壁を考慮しなかった場合の浸水深コンター図, (b) 着目地点における浸水深の時間変化

変化を図-1(b)に示す。擁壁のない場合には、計算開始 165 分でドライエリアと周囲の水位差がなくなり、ドライエリアの外に水があふれ出した。これにより、その後のドライエリア内の浸水深は一定の値となる結果となった。また、計算開始 120 分を過ぎた時点で浸水深の増加速度が大きくなった。これは、近くに位置する bldg.51 の北側のドライエリアが計算開始 100 分を過ぎた時点で満水になり、周辺にあふれ出した水が通路を通して着目しているドライエリアまで移動したためであると推測される。これらの結果から、ドライエリア内部の浸水危険性が改めて確かめられたとともに、ドライエリアの周辺においても浸水深が急増する危険性があり、安全とは言い難いことが明らかになった。

最後に、ドライエリアを覆うように擁壁を設置した場合の擁壁の効果について考察する。図-1(b)に着目地点における擁壁のない場合・擁壁のある場合の浸水深の時間変化を示す。擁壁を設けることで、浸水深の増加速度が抑えられ、それに伴い計算終了時の浸水深の最大値が約 4.7m から約 0.7m に軽減される結果が得られた。また、着目地点では擁壁のない場合には、計算開始約 165 分でドライエリアから水があふれ出し周囲の浸水深が急増する計算結果となったが、擁壁のある場合には、ドライエリアが満水になるほどには浸水深は大きくならなかったため、浸水深は増加し続け、降雨終了時刻である計算開始 270 分以降は浸水深は一定となった。

なお、浸水深の大きさや浸水深の増加速度、および擁壁による影響は個々のドライエリアによって異なり、上述の着目地点に関する記述はあくまでも一例である。また、本計算では排水設備等を考慮していないため、計算結果は過大評価であることにも注意されたい。

4. 結論

本研究では、街区内部に平面二次元解析を適用し、境界条件に S-uiPS で計算した道路浸水深を用いることで、街区内のドライエリアにおける浸水深を詳細に計算することができた。この方法により、都市域全体に関しては浅水流方程式ではなく S-uiPS を用いるため高速で計算を実行することができ、かつ危険度エリアに関しては、浅水流方程式によって個別に詳細な浸水予測をすることが可能である。

計算結果より、周囲の浸水深が 0.1m に満たない場合でもドライエリアにおいて 1m を超える浸水が計算結果より予想され、ドライエリアの危険性が定量的に示された。また、ドライエリアの周囲に擁壁を設置することで、浸水深の最大値および最大値に至るまでの時間が軽減される計算結果が得られた。

本計算では S-uiPS であらかじめ計算した結果を境界条件に用いたが、実際には街区内の浸水深の変化も道路浸水深に影響を及ぼすため、今後は街区内外の同時計算に向けた改善にも努めたい。

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.2，70-85，2011.