

大阪市立大学工学部 学会員 前田 有希
 大阪市立大学大学院工学研究科 学会員 森 翔大
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 重松 孝昌

1. 研究背景・目的

異常気象の影響で台風の強靱化，短時間雨量が増加するなど，高潮や外水氾濫，内水氾濫等の浸水被害の危険性は高まりつつある．日本の都市は地下街や地下鉄等の広大な地下空間を有しているため，このような水災害が発生した際には，地下空間の浸水被害も発生することは容易に想像される．梅田や渋谷の地下街を対象とした地下浸水の研究¹⁾は多くみられるが，これらは地上の建造物の詳細についてはほとんど考慮していない．しかし，地上の氾濫水が地下空間に流入することより発生する地下浸水を対象とする場合，流入口における浸水深に大きな影響を受ける．そこで，本研究では地上の建造物の詳細を考慮した地上の氾濫伝播モデルを提案し，地下空間への流入量，浸水深や伝播時間の浸水伝播特性を把握することを目的とする．

2. 数値解析モデル

本研究では，河川による外水氾濫が発生し，その氾濫水が地下空間に流入することを想定して解析を行った．河川流解析や地下の浸水解析に関しては本研究室で構成されているモデル²⁾を用いた．地上氾濫解析は計算セル中の建造物容積が占める割合を表す占有率 λ ，及びセル界面における建造物を考慮した流体通過割合を表す開口率 β を導入した以下の基礎方程式を用いて計算した．

$$\frac{\partial(1-\lambda)H}{\partial t} + \frac{\partial(\beta_x M)}{\partial x} + \frac{\partial(\beta_y N)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$(1-\lambda)\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(u\beta_x M)}{\partial x} + \frac{\partial(v\beta_y M)}{\partial y} = -gh\frac{\partial(1-\lambda)H}{\partial x} - (1-\lambda)\frac{\tau_{bx}}{\rho_w} \quad (2)$$

$$l(1-\lambda)\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(u\beta_x N)}{\partial x} + \frac{\partial(v\beta_y N)}{\partial y} = -gh\frac{\partial(1-\lambda)H}{\partial y} - (1-\lambda)\frac{\tau_{by}}{\rho_w} \quad (3)$$

ここに， H ：水位 ($H = z + h$)， h ：水深， z ：地盤高， M, N ： x, y 方向の流量フラックス ($M = uh, N = vh$)， u, v ： x, y 方向の流速， g ：重力加速度， ρ_w ：水の密度， τ_{bx}, τ_{by} ：水底面での x, y 方向のせん断応力， $\beta_x,$

β_y ：セル界面における開口率である．本モデルでは，建造物高さよりも浸水深が大きい場合を考慮して λ や β の計算は h の関数として求めている．

3. 数値解析条件

対象領域を図-1に示す．格子サイズは90m，計算時間間隔 $\Delta t = 2.5$ 秒とした．河川洪水流の計算は図-2に示す大和川の計画洪水流量を河川の上流端で与え，大和川の河道内の水位が計画高水位 (赤線) に達した時点で，河口から4.2kmの右岸で，破堤するものとした (図-1参照)．地下浸水の計算は図-1に示す，広域ネットワーク状の地下空間を対象とした．地下空間は，幅7m，高さ5mの長方形断面のリンク部と長さ189m，幅15m，高さ5mのノード部を有する．地上から地下への流入口は2.5mの正方形断面とした．

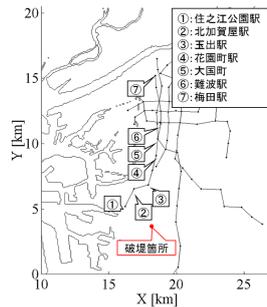


図-1 計算領域

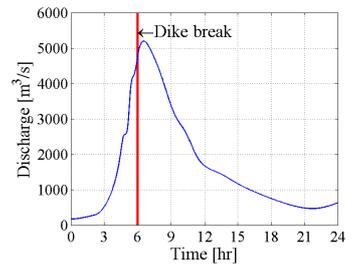


図-2 越流量

4. 解析結果

図-3，図-4はそれぞれ，地上及び地下空間における解析結果を，破堤開始からの経時変化と共に示した．破堤後，氾濫水は北西方向に伝播し，住之江公園駅から地下空間へと流入し始める．地上の氾濫域は木津川沿いを北上へと拡大するが，地番高が高く，建物占有率も高い大國町周辺は氾濫水が到達していない．さらに，地上と地下空間の浸水域を比較すると，地下空間の方が，広範囲にわたることがわかる．難波や梅田は地上の氾濫域からは外れているが，地下空間において，難波では破堤後3時間半，梅田では破堤後9時間で氾濫水が到達している．つまり，破堤箇所から離れた，地上は氾濫していない場所であっても，地下空間は浸水する危険性があることを示している．

図-5 は地下空間への流入流量を，図-6 は氾濫水が地下空間に侵入する地点における浸水深の経時変化を示したものである．st1 から 4 は流入口である，住之江公園駅，北加賀屋駅，玉出駅，花園町駅を示している．破堤後，1 時間で氾濫水は住之江公園駅から流入し，北加賀屋駅には 3 時間，玉出駅は 7 時間，花園町駅は 15 時間で氾濫水が到達する．一方，地上空間の浸水は北加賀屋駅では 20 分，玉出駅では 4 時間，花園町駅では 10 時間速く地下空間が浸水する．つまり，地上から流入するより先に地下空間の浸水が始まる．

これを受けて，地下空間の流入口に防水対策を施し，地下空間へ流入しないものとして検討を行った．対象は地下空間の全流入量の 3.5 割を占める，住之江公園口駅に施した．その結果を，図-7，図-8 に示す．また，図-9 は地下空間に流入する氾濫水の全流入量の経時変化を示したものであり，case1 は浸水対策前，case2 は浸水対策後の結果を表している．地上に関して，流入口となる駅周辺においては伝播時間，氾濫域共に差はみられない．浪速区周辺では，止水板を設置した場合の方が氾濫域が拡大し，伝播時間も 1 時間速くなる．しかし，地下空間では，流入開始口が北加賀屋駅になるため，2 時間流入開始が遅くなり，地下空間の到達時間は全体的に 2 時間遅くなる．また，地下空間に流入する流量で比較した場合，対策を施した場合の方が地下への全流入量は場合の方が少なくなる．流入口となる北加賀屋駅における流入量は対策前と比較して，流入量は多くなるが，住之江公園駅にも流下するため，北加賀屋駅における地下空間の浸水深はあまり変わらない．つまり，住之江公園駅からの流入量を減らすことで，地下空間の伝播時間を遅らせることができると考えられる．よって，破堤箇所周辺の地下鉄の流入口では地下空間への流入量を減らす，もしくは流入時間を遅らせることで，地下空間の伝播時間は遅らせることができると考えられる．

5. 結論

地上の氾濫に関しては破堤箇所から離れた場所であっても，地下空間は浸水する危険性があることがわかった．また，地下空間の浸水は地上から流入するより先に開始する．開始時間を遅らせるために流入口に浸水対策を施した場合，地下空間の伝播時間は遅らせることができると考えられる．

参考文献

- 1) 関根正人・竹順哉 (2013)：大規模地下空間を抱える東京都心部を対象とした内水氾濫ならびに地下浸水の

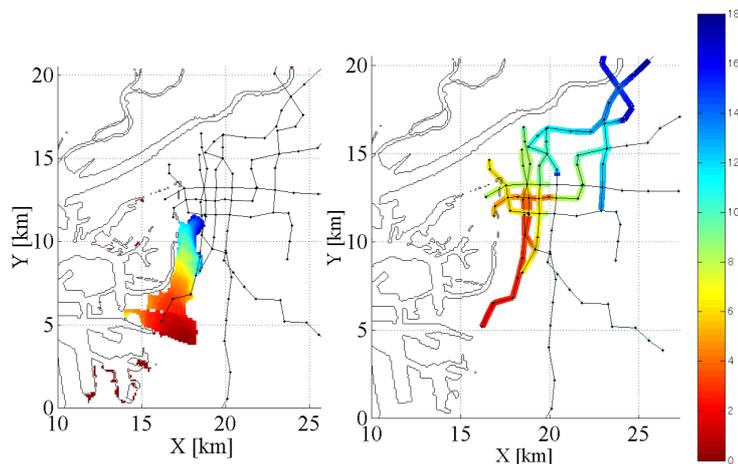


図-3 地上の解析結果 図-4 地下空間の解析結果

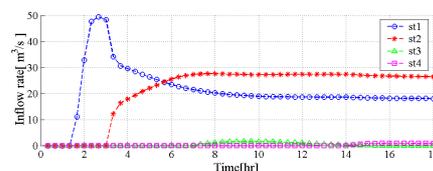


図-5 地下空間への流入流量

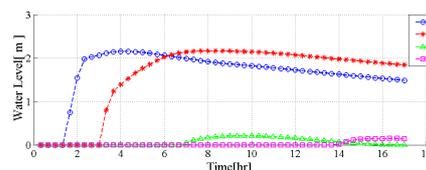


図-6 地下空間に侵入する地点における浸水深

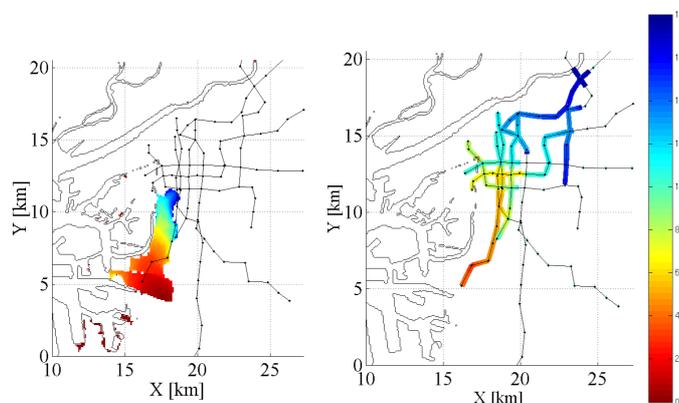


図-7 地上の解析結果 (浸水対策後) 図-8 地下空間の解析結果 (浸水対策後)

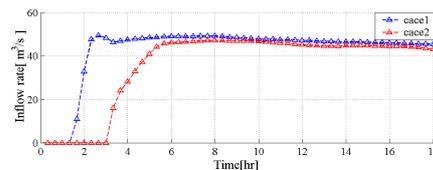


図-9 地下空間への全流入流量

数値解析，土木学会論文集 (水工学)，Vol.69，No.4，pp.567-572．

- 2) 森翔大，重松孝昌 (2014)：複合水災害が地下浸水伝播特性に及ぼす影響に関する研究，第 33 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.15-16．