

都市における地下浸水時の危険性に関する一考察

京都大学工学部地球工学科

学生員 ○岩村 真理

京都大学防災研究所

正会員 戸田 圭一

京都大学大学院工学研究科

学生員 間島 真嗣

1.緒言 都市部では地下空間の利用が活発に行われている。しかし、地下空間は都市の最深部に位置するため、水害時に氾濫水が流入しやすい。また、容積が小さく水深が急激に増大する可能性があり、避難経路の階段が地上の氾濫水の流入経路と重なるため、水害時の地下空間は危険となりやすい。

そこで本研究では、まず水害時のどのような状況で地下空間が危険になるかを把握するために、実物大の階段模型を使った歩行実験を行い、地下浸水時に地下空間からの避難の限界となる指標を求めた。次に、1999年6月29日に福岡市 JR 博多駅周辺では博多駅より東側の御笠川と山王放水路の溢水による外水氾濫が、天神では集中豪雨による内水氾濫が起きており、両地域で地下浸水が起こっていることをうけ、これらの両地域について地上と地下を統合した浸水解析を行った。そして、実験で求めた指標と解析結果をもとに福岡市の博多地区および天神地区の地下空間の危険性について考察した。

2.実物大階段模型を用いた水理量の計測および歩行実験

実物大階段模型は京都大学防災研究所宇治川水理実験所に設置され、踏み面(一段の奥行き)がコンクリート製、側面は金属製の骨格とアクリル性の板で構成されている。一般的な階段の形状を参考に、段数20段、横幅1m、蹴上(一段の高さ)15cm、踏み面30cmとした。模型の概要を図1に、実験の様子を写真1に示す。実験は地上の浸水深に相当すると考えられる越流水深を変化させて実施した。まず、階段の踏み面部分で u :流速(m/s)と h :水深(m) の計測を行い、計測結果を館ら¹⁾が求めた避難限界の指標である $u^2h=1.5\text{m}^3/\text{s}^2$ に照らし合わせたところ、越流水深30cm付近に避難の限界があるとわかった(図2)。

次に、被験者(成人男性33人、成人女性16人)が水の流下する階段を上る歩行実験を行った結果、越流水深40cmの時点で上れない女性が現れた。今回の実験は視界良好、動きやすい服装で行われたため、実際はさらに上りにくい状況が予想される。また、被験者にアンケート調査を行ったところ、越流水深30cmを実際の避難の限界と判断した人が最も多かった。以上の結果より総合的に判断すると、越流水深30cmが成人の避難の限界だと考えられる。

3.浸水解析 浸水解析は、より信頼性の高い解析を行うために間島ら²⁾のポンドモデルを発展させることを考え、図3のように地上に非構造格子モデル³⁾、大規模地下空間にポンドモデルを適用した。このモデルを用いて1999年6月29日の福岡水害の浸水解析を行った。対象領域を図4、御笠川と山王放水路から市街地への流入流量⁴⁾(博多地区の流入条件)および福岡水害時の時間降雨量(天神地区の流入条件)を図5に示す。なお、天神地下街に関しては、従来の部分を旧天神地

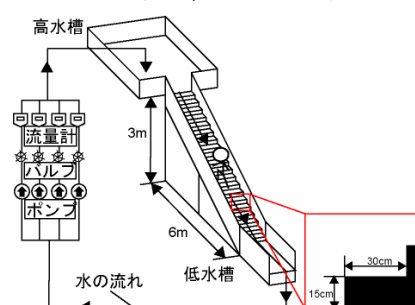


図1 模型の概要図



写真1 階段を用いた歩行実験

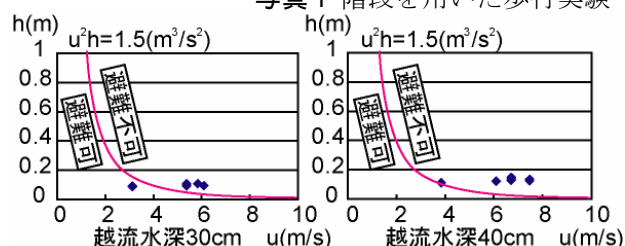


図2 流速と水深を基にした避難の限界

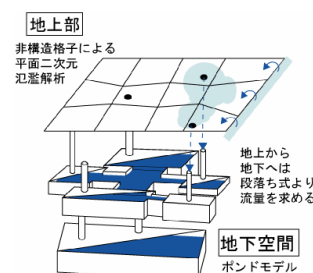


図3 解析モデルの概念図

下街, 2005 年 2 月 2 日に新しく開業した部分を地下街新設部とし, この解析では当時存在した旧地下街のみを考慮している。浸水解析の結果, 博多地区の外水氾濫計算結果の浸水域と実績値はおおむね一致した(図 6)。また, 天神地区の内水氾濫計算では旧地下街に氾濫水が流入しなかった(最大浸水深を図 7 に示す)。豪雨当時, 地下街浸水が起きているが, この浸水は工事箇所から発生し, 階段入口から流入したのではない模様である。

4.福岡市博多地区および天神地区の地下空間の危険性

博多地区および天神地区の地下空間の危険性について, 1999 年 6 月 29 日の福岡水害時の計算結果をもとに考察する。地下空間は小規模な地下空間も含めると様々な場所に存在する。そこで, 地上の水深を越流水深とみなし, 地下空間からの避難が限界となった箇所(地上の水深が 30cm を越えた格子)に色を付けて表示した(図 8 参照)。博多地区でもっとも危険な箇所が多くなったのは 11:40 であった。これより, 山王放水路より北側, JR 線より東側の地下空間は, 浸水時は危険な状況であった可能性が高いと考えられる。なお, 図中の東福第 2 ビルは水死事故が起きた場所である。一方, 天神地区でもっとも危険な箇所が多くなったのは 9:00 であったが, 御笠川の外水氾濫に比べ, 危険な領域はごくわずかである。しかし, 地下街新設部を考慮して同様の計算を行った結果, 地下街新設部入口から少量であるが氾濫水が地下街に流入する可能性があることがわかった。さらに東海豪雨を想定して同様の計算を行った結果, 地下街新設部へ接続する階段が危険な状態になることが予想された。

5.結論 今回の考察の結果, (1)越流水深が 30cm で地下空間からの歩行による成人の避難が限界となること, (2)1999 年 6 月 29 日の福岡水害時に博多地区は山王放水路より北側, JR 線より東側のほとんどの地下空間が危険と隣り合わせの状態であったこと, (3)天神地下街新設部は内水氾濫時に危険となる可能性があること, 以上の結論に達した。

参考文献 1) 舘健一郎・武富一秀・水草浩一・末次忠司・吉谷純一: 階段を通じた地下空間への氾濫水流入に関する実験, 土木技術資料 43-2 pp.22-27, 2001 年 2 月, 2) 間島真嗣・戸田圭一・大八木 亮・井上和也: 都市域の地上・地下空間を統合した浸水解析, 水工学論文集 第 49 巻 pp.601-606, 2005 年 2 月, 3) 川池健司・井上和也・戸田圭一: 非構造格子の都市域氾濫解析への適応, 水工学論文集 第 44 巻 pp.461-466, 2000 年 2 月, 4) 橋本晴行・朴 埤瑛・渡辺政広: 1999 年 6 月福岡水害時に発生した博多駅周辺の洪水および氾濫流の再現計算, 自然災害科学 21-4 pp.369-384, 2003 年 2 月

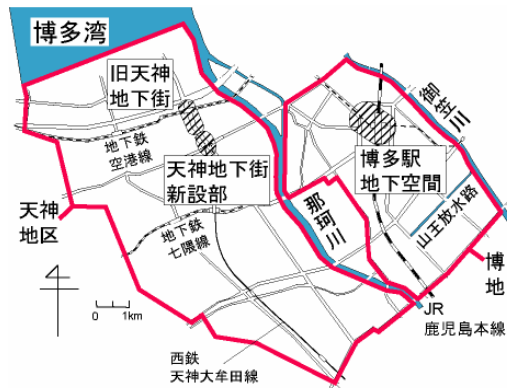


図 4 地上の対象領域

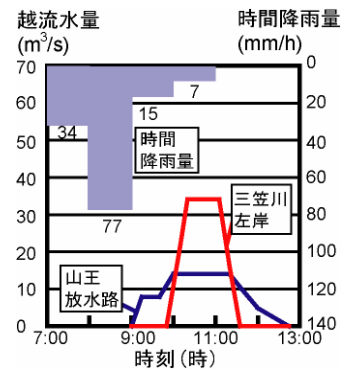
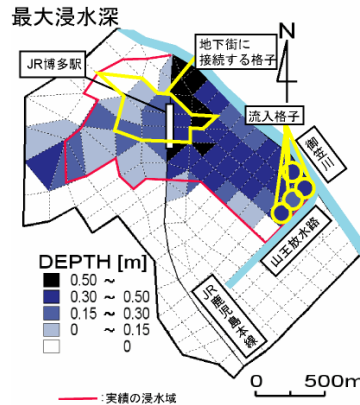


図 5 流入条件

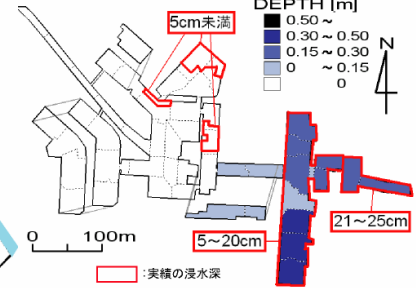


図 6 博多地区および博多駅地下空間の最大浸水深図

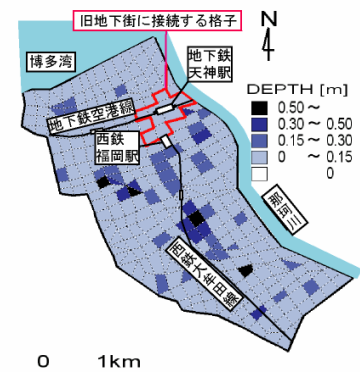


図 7 天神地区の最大浸水深図

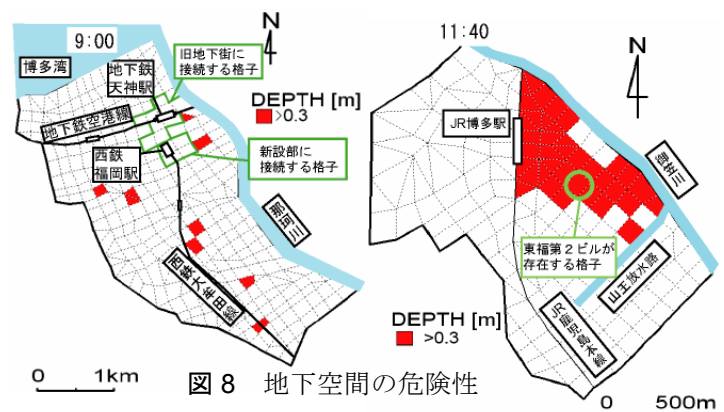


図 8 地下空間の危険性

0 1km 0 500m