

第Ⅱ部門

大規模地下空間浸水時における避難経路の危険度評価法に関する研究

関西大学工学部 学生員○中畑 佳城
 関西大学大学院 学生員 大西 良純
 関西大学環境都市工学部 正会員 石垣 泰輔
 関西大学環境都市工学部 正会員 島田 広昭

1. はじめに

今日、都市ではライフラインのほとんどが地下に設けられていることから明らかなように、地下空間は都市を支える重要な空間となっている。一方で、地下空間の構造上、水害に対する脆弱性も近年顕在化してきている。過去10年では、福岡(1999,2003)、東京(1999)、名古屋(2000)などの都市部の地下において浸水被害が起こっている。発展してきた都市の水害に対する脆弱さが問題となっており、地下空間における水害への防災・減災対策について考えなければならないと言える。そこで本報告では、都市部の大規模地下空間における浸水を想定して、仮想地下空間において洪水氾濫計算と避難体験実験に基づく水流と歩行速度との関係を組み合わせた避難シミュレーションを行い、避難経路の危険度評価を行った。

2. 対象地域

氾濫計算の対象地として大阪梅田地区のビルを参考にした仮想地下空間(65m×105m)を作成し、解析を行った。尚、地下空間は地上と繋がった階段部の地盤高が一樣の場合と非一樣の場合の2ケースについての検討を行った。(図-1, 2参照、図中の数字は流入口の階段番号)

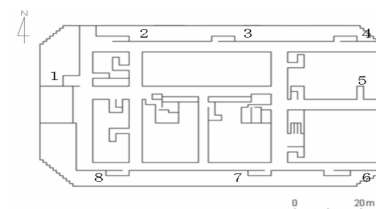


図-1 地下空間構造図(一樣地盤高)

3. 洪水氾濫計算

(1)計算モデル概要および条件：本研究では、正方格子を用いた氾濫計算モデルにより、洪水氾濫計算を行った。氾濫計算の手法は浅水方程式を基礎式とした武田ら¹⁾の手法を用いている。また、地下への浸水は内水氾濫によるもので、内水氾濫時の地上での水深上昇速度は0.02m/分とし、図-1, 2に示す階段から流入させた。

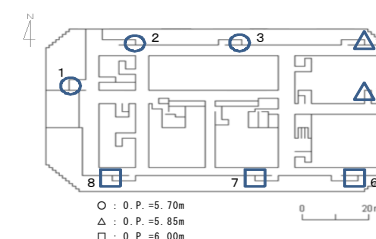


図-2 地下空間構造図(地盤高考慮)

(2)計算結果：図-3, 4は浸水状況の図と避難体験実験の結果より避難困難度指標²⁾とした単位幅比力の図である。一樣地盤高の場合、約800秒

後には水深0.7mに達し、単位幅比力は0.250(m²)を超えている。このことから、浸水深・単位幅比力の増加速度は大きく、少しの避難判断の遅れが生死に繋がる可能性があることが示唆される。また、地盤高の差による浸水の影響はかなりあることがわかる。また、図から入口の地盤高の違いは避難をする上でかなり重要な意味をもつと考えられ、防災マップ等で避難ルートを作成する場合、入口の地盤高の高い方に向かうルートを作成する、あるいは入口をマウンドアップすることが安全な避難に繋がると考えられる。

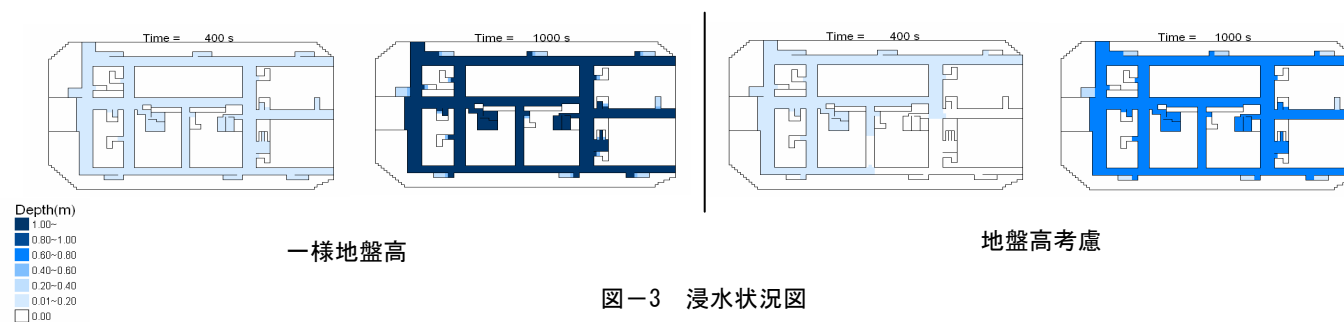


図-3 浸水状況図

Yoshiki NAKAHATA, Yoshizumi ONISHI, Taisuke ISHIGAKI and Hiroaki SHIMADA

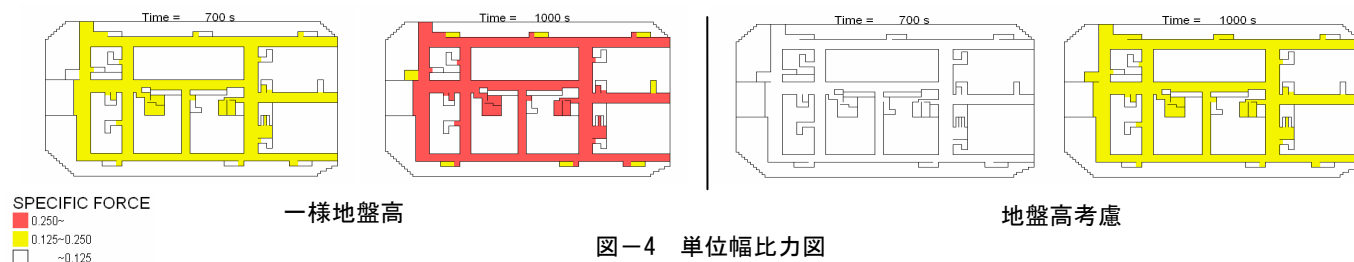


図-4 単位幅比力図

4. 避難シミュレーション

(1) 計算モデル概要および条件：計算では、避難者は洪水氾濫計算の格子上を最大 8 方向進むことが可能とし、各格子における単位幅比力に応じて歩行速度を変化させ、避難困難および避難限界を判定した。避難者は 20 代男性と想定しており、図-5 のほぼ中央の▲で示す位置から避難を開始させた。また、避難経路については予め設定したそれぞれの地上階段への最短経路を通り避難するものとし、図-5 において矢印で示した。

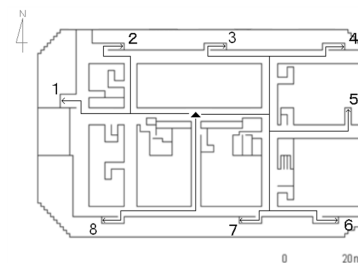


図-5 避難経路図

(2) 避難に関する指標について：既往の研究²⁾から得られた安全な避難が困難・限界となる指標は以下の通りである。

- ・ 20 代男性が安全な避難が困難となる単位幅比力は $0.125(m^2)$
- ・ 20 代男性が安全な避難の限界となる単位幅比力は $0.250(m^2)$

(3) 計算結果：表-1 は避難開始水深ごとの避難に要した時間をまとめたものであり、表の色を塗られた部分は避難途中で単位幅比力が $0.125(m^2)$ を超えた経路を示している。表より、避難時間はどの避難開始水深であっても『一様地盤』・『非一様地盤』に差はあまりみられなかった。

また、どの避難開始水深であっても単位幅比力 $0.250(m^2)$ を超えることはなかった。これは地下 1 層構造としたため、避難距離が短く、避難に時間を必要としなかったためである。しかしながら、実際の地下では幅広い年齢層の人が利用する。避難対象者が高齢者や子供であった場合は安全な避難に対する困難度の指標が下がることは明らかであり、この程度の浸水でも安全な避難が不可能になることが十分に予想される。これを踏まえると単位幅比力が $0.125(m^2)$ に達する前に避難を完了することが望ましい。

表-1 避難結果

	ルート	一様地盤高	非一様地盤高
避難開始 水深40cm	1	74s	74s
	2	85s	85s
	3	106s	105s
	4	107s	105s
	5	98s	95s
	6	127s	122s
	7	110s	105s
	8	101s	97s
避難開始 水深30cm	1	71s	71s
	2	81s	81s
	3	101s	100s
	4	102s	100s
	5	92s	91s
	6	119s	116s
	7	103s	100s
	8	95s	92s
避難開始 水深20cm	1	64s	64s
	2	74s	74s
	3	92s	92s
	4	93s	93s
	5	84s	84s
	6	110s	108s
	7	95s	93s
	8	87s	85s

5. まとめ

本報告では、地下空間浸水時の避難経路の危険度評価の方法の基礎として、地下浸水シミュレーションと避難体験実験の結果を用いた避難シミュレーションを行い、危険度評価を行った。

結論として、浸水時の避難体験実験から得られた危険度指標を数値計算に用いることで、危険性の高いと思われる階段部などの避難状況も表現でき、安全な避難経路の選定を行うことができることがわかった。また、今回の解析においては地盤高に関係なく、避難開始水深は 30cm 未満が望ましいといえる。

尚、本研究の一部は、「平成 19 年度私立大学等経常費補助金特別補助大学院の基盤整備・拠点重点化支援研究科特別経費 - 研究科分」において、研究課題「都市における水災害被害の軽減法と水辺空間の環境保全法に関する研究」として研究費を受けたものの成果として公表するものである。

- 参考文献：1) 武田誠・井上和也・上塚哲彦・村松貴義：高潮解析における数値解析モデルおよびその境界条件に関する検討，水工学論文集 第40巻，pp.1089-1094，1996年2月
- 2) 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用，水工学論文集 第52巻，pp.841-846，2008年2月