

京都大学防災研究所 フェロー 河田恵昭
京都大学工学部 学生員 ○後藤隆一

1. まえがき

近年、都市空間の高度利用化にともない、多くの都市機能が地下空間に集中するようになってきている。多くの大都市が沖積平野上に立地しているわが国においては、河川の氾濫や、集中豪雨などにともなう内水氾濫、高潮、津波などによる市街地氾濫災害の危険が高く、それらの災害が発生した際、地下空間が浸水し、大きな被害の発生に至る危険も大きい。本研究では、FT図を用いて地下空間浸水過程を分析し、その被害軽減策を検討する。

2. 研究の方法

本研究では、大阪梅田地区の地下街の管理会社にヒアリングを行ない、過去の研究とあわせて地下街の防水対策の問題点を整理した。さらに地下街の火災時における防災対策との違いについても検討した。同時に、新聞報道などから過去の浸水事例について調査し、地下空間浸水時に起こりうる事象を整理して、それを「危険なレベルまで水位が上昇する」と「(入居店舗、オフィスなどの)営業・業務の停止」をトップ事象とするFT図にまとめた。図-1は、「営業・業務の停止」のFTの一部で、「施設全体の閉鎖」以下の部分である。「危険なレベルまで水位が上昇する」は、「人的被害の発生」の主要因のひとつであり、「設備の水損の発生」の発生にも関わる事象である。「営業・業務の停止」は、その原因事象に「地下街などの閉鎖」等の重大な事象を含んでいることからトップ事象とした。

3. FT解析結果

作成したFT図について、最小パスセット分析と最小カットセット分析を行った。図-2と図-3は、それぞれ、「危険なレベルまでの水位の上昇する」についての最小パスセットと、「営業・業務の停止」のFT図のうち、「施設全体の閉鎖」以下の部分についての最小カットセットである。

4. 考察

既存の地下街における問題点としては、次の4点がある。(1)地下に水を入れないことが対策の中心で、水が流入した後の対策がほとんどない、(2)複数の管理者にまたがる地下空間が複雑にネットワーク化していることより、地下空間管理者間の防水体制の格差や、隣接する地下空間への排水を行うかという選択、(3)市街地氾濫時における避難場所が明確に決まっていない、(4)情報伝達手段が未整備、という問題である。

また、火災との違いについては、(1)火災中心の既存の防災設備が使えなくなる、(2)地下空間浸水災害は災害発生源が地下空間外部にあり、水が来る方向へ避難する必要があることから、洪水氾濫の状況に応じて避難可能な出入口を適切に選択する必要がある、という点が挙げられる。

図-1のFT図からは、地下空間の浸水被害の中でも、電気室等の浸水による電気設備の水損は、排水の遅れから故障設備の修理の遅れにつながり、長期化という形で被害を拡大させる危険があることがわかる(図-1の色つきの部分)。また、図-2の「危険な水位まで水位が上昇する」の最小パスセットからは、人的被害の発生に深く関わる事象である「水位の上昇」の発生原因として、床面積などの地下空間の構造的条件と、排水ポンプの有無などの地下空間の排水能力に関する条件が関わっていることがわかる。

5. あとがき

図-3の「施設全体の閉鎖」の最小カットセットでは、電気的重要性が示されている。これは、FT解析が、災害課程の分析において有効であることを示している。今回作成したFTをより一般的なものにするためには、より幅広い知識の導入が必要である。また、被害が大きくなる条件の重ね合わせが表現されているFTや、時間軸などを考慮したFTの作成が今後の課題である。

Yoshiaki KAWATA, Ryuichi GOTO

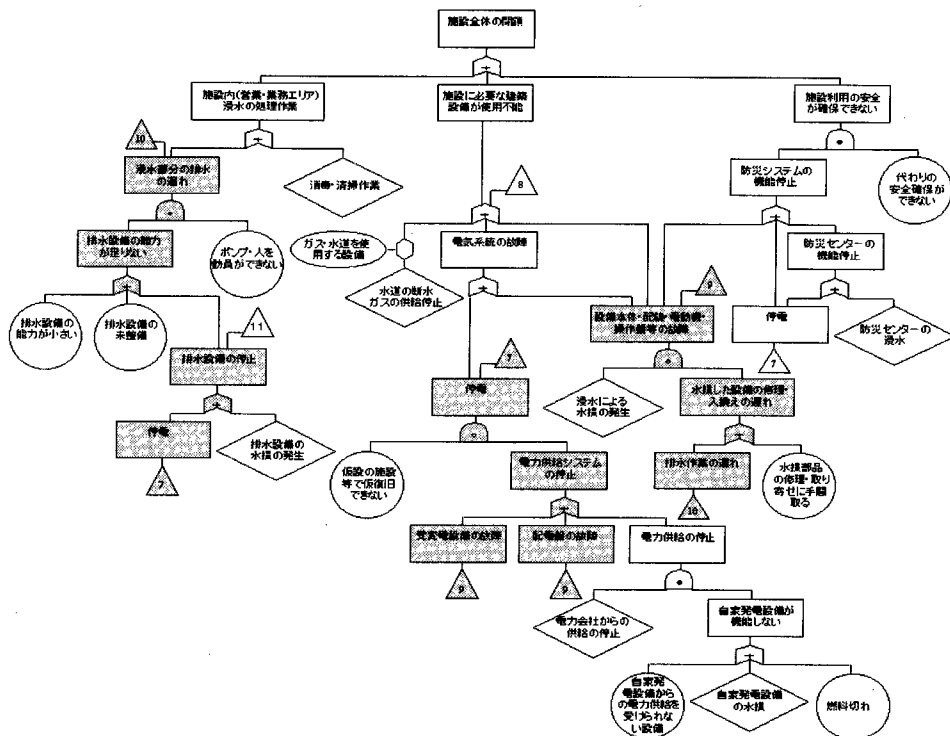


図-1 「施設全体の閉鎖」以下の FT 図

＜地下空間の構造的条件＞ 1 {狭い地下空間} 2 {隣接する地下空間への流入を少なくする条件}	
＜排水に関する条件＞ 3 {排水作業を行う人手が足りない、湧水層が満水} 4 {排水作業を行う人手が足りない、広い空きスペースがない} 5 {排水作業を行う人手が足りない、貯水槽がない} 6 {排水作業を行う人手が足りない、下水道等に排水できない} 7 {排水設備が未整備、排水設備の能力が足りない、排水設備の停止、湧水層が満水} 8 {排水設備が未整備、排水設備の能力が足りない、排水設備の停止、広い空きスペースがない} 9 {排水設備が未整備、排水設備の能力が足りない、排水設備の停止、貯水槽がない} 10 {排水設備が未整備、排水設備の能力が足りない、排水設備の停止、下水道等に排水できない}	
＜外力と浸水防止活動に関する条件＞ 11 {想定外の外力、防水対策の対象事象が違う、浸水に対する設備・準備がない、対応方法がわからない、避難を優先する} 12 {想定外の外力、防水対策の対象事象が違う、浸水に対する設備・準備がない、止水措置に手間取る、止水措置開始が遅れる} 13 {地上の浸水が続く}	

図-2 「水位が上昇する」の最小パスセット

1 {排水設備の能力が小さい、ポンプ・人が動員できない} 2 {排水設備が未整備、ポンプ・人が動員できない} 3 {排水設備の本体・配線・電動機・操作盤等の故障、ポンプ・人が動員できない} 4 {消毒・清掃作業} 5 {水道の断水・ガスの供給停止、水道・ガスを使う設備が必要} 6 {浸水による設備の水損の発生、水損部品の修理・取寄せに手間取る} 7 {防災センターの浸水の発生、代わりの安全確保ができない} 8 {停電}	
---	--

図-3 「施設の閉鎖」の最小カットセット

【参考文献】

- 1) 河田恵昭, 石井和(1999): 津波・高潮・洪水氾濫による地下街水害対策の提案, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 356-360.
- 2) 井上威恭(1979): FTA安全工学, 日刊工業新聞社, pp. 29-54.
- 3) 財団法人消防科学総合センター(1990): 地下空間における消防防災対策に関する調査研究報告書.