

台湾の地下空間と災害時の管理

UNDERGROUND SPACE IN TAIWAN AND DISASTER PREVENTION AND REDUCTION MANAGEMENT

戸田 圭一^{1*}・柯 孟儒²

Keiichi TODA^{1*}, Meng-Ju KO²

Taiwan has similar geographic characteristics with Japan, and has large cities such as Taipei and Kaohsiung. We have studied disaster management of underground space in Taiwan based on materials collected there. In Taipei, a large flooding occurred in 2001, and consequently, subway was inundated, which caused a huge damage. In Kaohsiung, a large fire accident occurred in an underground shopping mall in 1989, and as a result, the mall was completely closed. Here, we review these huge disasters in underground space and discuss the suitable countermeasures against them, including underground disaster prevention and reduction management in Japan.

Key Words : *underground inundation, underground fire, Disaster prevention and reduction management, Taipei, Kaohsiung*

1. はじめに

台湾は日本とよく似た地形的特徴を有し、昨今の気候変化の影響で豪雨による水害も頻発している。また台北市や高雄市といった大都市で人口集中や経済活動の発展が顕著であり、当然のことながら、地下街、地下鉄をはじめとした地下空間が発達している。

台湾の地下空間がどのようなものであるか、また過去にどのような災害が発生し、それを受けてどのような対応策がとられてきたかについては、日本国内できちんとした情報が整理されていないように思われる。

今回、私達は、台湾の大都市に着目し、台湾の地下空間と災害時の管理状況や対応策について資料調査を中心とした解析を行った。台北市、高雄市に焦点を絞り、両都市の地下空間の特徴を整理した後、代表的な地下空間での災害を取り上げて考察を進めてみた。

台北市においては、2001年に大規模な洪水が発生して市中が氾濫するとともに、地下鉄への大規模な浸水が生じた。その状況を整理するとともに、その後とられてきた地下浸水対策について報告する。また高雄市においては、1989年に大規模な地下街火災が発生して、その地下街が使用できなくなり、現在に至っている。地下火災が

広がった要因について調査するとともに、大規模な地下空間の火災対策について考察する。

そして、今後の地下空間の災害時の管理のあり方などについて、我が国の事例も含めて少しばかり考えてみることにする。

2. 台北市の地下空間と2001年の地下浸水

(1) 台北市の地下空間

台北市は台湾の首都であり、面積は約270km²、人口約270万人、政治、経済の中心地であり、そこには当然のごとく地下鉄や地下街が存在する。

台北の地下鉄は文湖線（1号線）、淡水信義線（2号線）、松山新店線（3号線）、中和新蘆線（4号線）、板南線（5号線）の5路線があり、合計の駅の数には117、そのうち地下駅は81にのぼる。現在、新たに3路線52駅が建設もしくは計画中である。

一方、台北市には、およそ床面積で1万m²以上となる地下街が3か所存在する（図-1、表-1参照）。台北地下街（Taipei City Mall）は台北駅の駅前に位置する最も古くてもかつ大きな地下街である。台北駅を挟んで南側には駅前

キーワード：地下浸水、地下火災、災害管理、台北市、高雄市

¹フェロー会員 京都大学教授 経営管理大学院 Professor, Graduate School of Management, Kyoto University

(E-mail: toda.keiichi.4z@kyoto-u.ac.jp)

²非会員 京都大学大学院生 経営管理教育部 Graduate Student, Graduate School of Management, Kyoto University

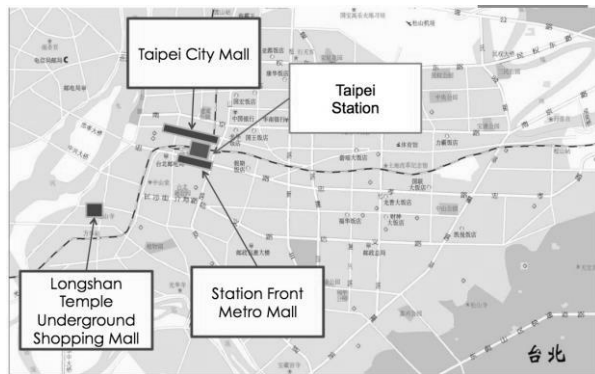


図-1 台北市の規模の大きな地下街の位置図

表-1 台北市の規模の大きな地下街の特徴

名称	完成時期	店舗数	店舗の種類	面積(m ²)
台北地下街 Taipei City Mall	2000年 3月	187	食料, 衣料, 電化製品等	35,700
駅前地下街 Station Front Metro Mall	2004年 11月	17	食料, ファッション雑貨, 化粧品	9,200
龍山寺地下街 Longshan Temple Underground Shopping Mall	2005年 9月	48	占い, 伝統工芸品, 軽食, 化粧品	13,300

地下街（Station Front Metro Mall）がある（写真-1参照）。ファッション雑貨などに特色がある。龍山寺地下街（Longshan Temple Underground Shopping Mall）は、龍山寺の地下鉄駅に直結しており、艋舺公園の真下にある商店街である。地下2層の構造となっている店舗には、この土地の特色でもある占いの店や骨董品屋などもある。

（2）2001年の地下浸水

2001年（平成13年）の台風16号（Nari）は9月16日に台湾に北東部から上陸して18日に南西海上に抜けるまで停滞し、台湾全域に大きな被害を与えた。台湾全域で死者97名、そのうち台北市の死者は26名にのぼった。

9月16日、17日の日雨量は、それぞれ、362mm、425mmに達した。この大雨により台北市の雨水排除能力を超えて内水氾濫がいたるところで発生するとともに、市内を流れる河川からの溢水氾濫も生じた。そして氾濫水は地下鉄駅に流れ込み、大規模な地下鉄浸水が発生する事態となった。また地下室や地下駐車場などでも多くの浸水被害が発生した。以下、氾濫事象を時系列に整理してまとめる¹⁾。

- ・9月16日22:00：南湖ポンプ場運転不能となる。
- ・9月16日23:00：景美溪（Jingmei River）が氾濫する。



写真-1 台北市の駅前地下街の様子

- ・9月17日01:30：磺溪（Southern Sulfur Creek）の水位が急激に上昇し、氾濫が発生する。
- ・9月17日07:00：地下鉄板南線の昆陽駅（Kunyang Station）が浸水する。
- ・9月17日08:00：玉成ポンプ場が運転不能となる。松山地区が浸水する。地下鉄路線が全線で運休となる。
- ・9月17日09:10：台北駅（Taipei Station）で駅前の建設工事現場から浸水が発生する。台北駅から地下鉄の軌道を経て浸水が広がる。
- ・9月17日10:00：忠孝復興駅（Zhongxiao Fuxing Station）で隣接するデパートの地下から浸水が発生する。
- ・9月17日13:00：地下鉄松山新店線の松山駅（Songshan Station）で浸水が発生し、地下鉄軌道に広がる。

内水氾濫に引き続いて起こった外水氾濫によって台北市内は広範囲に浸水し、その氾濫水が台北市内の地下鉄駅に流入した。地下鉄駅に流入した氾濫水は、地下鉄軌道を経て低い箇所に流下していった。昆陽駅、松山駅に浸入した氾濫水は、西へ移動し、台北駅方面に流れ込んだ（図-2参照）。その結果、特に地下深くに造られた台北駅に氾濫水が集中し、深刻な被害がもたらされた。そこに流入した氾濫水は滞留し、復旧までに数か月を要した²⁾。地下鉄以外にも、地下駐車場や地下道などの地下空間も浸水が見られた。

この大規模な洪水氾濫後に、基隆河（Keelung River）の流域の新北市瑞芳区に、バイパスとなる員山子分洪道が建設され、2005年に竣工した。台湾はこの台風以降もたびたび豪雨をともしう台風に襲われているが、バイパスの完成以降、台北市を襲う大きな洪水氾濫は起こっていない状況である。

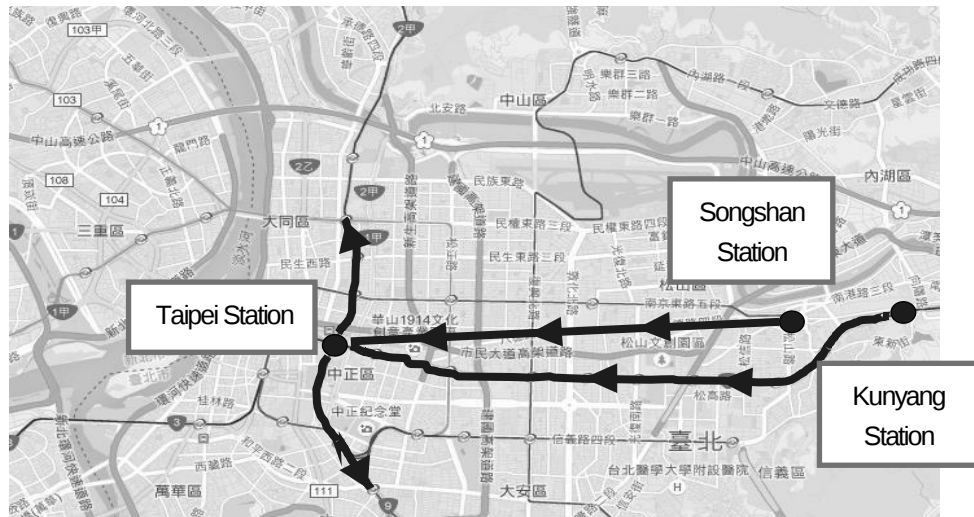


図-2 浸水した地下鉄駅と氾濫水の移動の様子

3. 高雄市の地下空間と1989年の地下火災

(1) 高雄市の地下空間

高雄市は、人口約277万人をかかえる台湾第二の大都市で、台湾南部の中心地である。面積は約2,950km²で、古くから天然の良港として知られている高雄港を有している。現在の高雄港は台湾最大規模で、世界でも有数の規模を誇るコンテナ港である。

市内の地下鉄は、2008年9月に開業し、現在、南北に延びる紅線と、東西に延びる橘線の2路線があり、それぞれの路線で延伸計画がある。現在、地下鉄駅の総数は37、そのうち地下駅は28にのぼる。

高雄市の大規模な地下街は、1978年に開業した高雄地下街が1989年12月まで存在したが、後で述べるように火災が発生し、その後、完全に営業を停止してしまった。営業していた頃は、各種店舗に加えて、映画館、アイスリンク、ボーリング場があり、一大商業施設として市民に親しまれていた（図-3、表-2参照）。

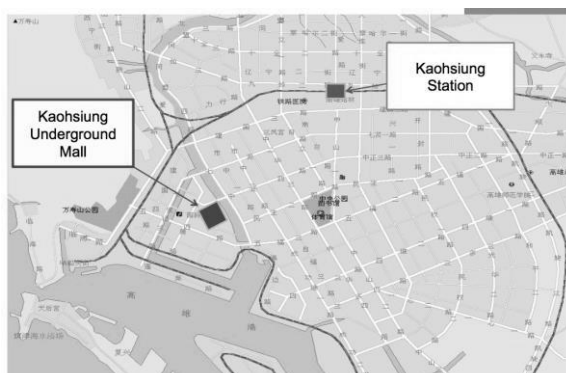


図-3 高雄地下街が存在した位置図

表-2 高雄地下街の特徴

名称	存在期間	店舗数	店舗の種類	面積(m ²)
高雄地下街 Kaohsiung Underground Mall	1978年10月～1989年12月	358	デパート、スーパーマーケット、本屋、映画館、アイスリンク、ボーリング場	37,000

(2) 1989年の地下火災

1989年12月18日に、高雄地下街で大規模な火災が発生した。火災時の状況を時系列的に示すと以下のとおりである³⁾。

- ・12月18日13:50: 煙と炎が発生し、火災が認識される。
- ・12月18日13:56: 消防が通報を受ける。
- ・12月18日15:10: 消防による消火活動が一時休止する。
- ・12月18日19:30: 地下街施設が崩落し始める。
- ・12月18日21:00: 地下街の上に位置する公園内のプールに穴があく。
- ・12月19日07:00: 完全に鎮火する。

火災の原因は電気系統からの失火と考えられている。一部で放火との説もあるが、定かでない。大規模火災となった原因であるが、火災の発見が遅れたこと、初期の鎮火システムが欠如していたこと、地下火災に対する消火活動の計画が欠如していたこと、そして現場での管理能力の欠如などが重なりあったためと考えられる。

地下街は全焼となり、復旧・復興の目途もたたなかったため、地下街は消滅する結果となってしまった。

4. 災害時の地下空間の管理

(1) 地下浸水対策

2001年の台北市での地下浸水の原因は、200年確率に匹敵するすさまじい降雨による内水氾濫に加えて、市内を流れる基隆河ならびに市内河川からの外水氾濫が主な要因である。氾濫は堤防工事が完成途上の地点から発生した。また9月16日夜は大潮の時期にあたり、淡水河(Tansui River)河口の水位が上昇し、その結果、市内河川の水位が上昇したことも影響していると考えられる。

この水害を受けた後、台北市の地下鉄(Taipei MRT)は、以下のような地下浸水対策を進めている。

- ・洪水対策の基準とする水位を、従来より0.6m引き上げた値に変更して対処する。
- ・地下鉄施設と他の施設や接続ビルとの接続関係を調査し、接続箇所には耐水性のドアを設置する。さらに、電気施設も調査し、材質の耐水化を図る。
- ・トンネル内の必要個所に、完全に水を遮断する防水扉を設置する。
- ・現存する地下鉄については、2001年の水害で生じた水位をもとに止水板(防水板)の高さを再検討する。さらに駅の出入口には、0.5mの高さを確保し得る、移動式の止水板を設置する。

以上の内容を踏まえて、今後の地下鉄浸水対策は以下のようにまとめられるであろう。

まずは、市中で外水氾濫、内水氾濫が発生しないようにすることが基本である。外水氾濫に対しては、河川の洪水流下能力を点検し、河川から水が溢れないように河道の整備を図ることとあわせて、流域全体を見すえて、河川への流出を抑制するような保水・遊水施設を適切に配置していくことが望まれる。

内水氾濫対策では、雨水排除のための下水道整備が最重要課題であるが、下水道網やポンプの排水能力の向上だけでなく、一旦雨水を貯留する大小様々な規模の雨水貯留施設を併用することが被害の軽減に有効である。

地下浸水に対するハード的な対策としては、氾濫水の流入経路となる階段などの地下への入口に、止水板(防水板)を設置することが基本となる。ソフト的な対策としては、地下への情報伝達と避難システムの整備が重要となる。地下空間に、気象情報や河川情報および地上での状況が一元的に地下にも伝達され、地下施設の管理者・関係者がいち早く対応できるシステムづくりを進めることが急がれる。

さらに大規模な浸水が発生した場合には、地下鉄軌道を介して氾濫水が他の地下鉄駅に流れ込んでいく事態が発生し、被害を拡大させる。

対策としては、まず、大規模水害となるような外水氾

濫の発生は何としても防ぐとともに、万一起こった場合に備えて、地下鉄軌道内の氾濫水の挙動予測を、地下街、地下鉄軌道を合体した浸水モデル⁴⁾⁵⁾で予測する。そして、その結果に基づき、完全に水を遮断する防水扉を適切な個所に設置する必要があるだろう。

(2) 地下火災対策

1989年の地下火災では、火災時の濃煙の問題、高温の問題、避難経路の少なさ、発災時の意思疎通の困難さ、地下空間の複雑さに起因する状況把握の困難さなどが明らかとなった。これを受けて台湾では、今後の対応策を以下のようにまとめている⁶⁾。

- ・煙のコントロールならびに消煙システムの整備
- ・避難計画の設定と避難訓練の徹底(地下鉄や地下街職員の避難誘導がとくに重要)
- ・消火活動計画と消火訓練の徹底
- ・建物規制の順守の徹底

これに加えて、救護機器の設置、長時間使用可能な呼吸用保護具の装備なども重要である。また、万一の場合の被害の最小化のために、構造物や附帯設備の耐熱性能を向上させておくことも大切であろう⁷⁾。

5. おわりに

2001年の台北市での地下鉄浸水、1989年の高雄市での地下街火災をレビューし、災害後の台湾での取り組みについて調査し、いくつか有益な知見を得た。一方で、我が国の災害時の地下空間管理についても、海外に積極的に情報発信することが、今後きわめて重要であろう。

参考文献

- 1) http://wra.caece.net/lc/source/raw/90_nl.docx Water, (2015/9/19 参照)。
- 2) Rapid Transient System & Technology No.22, Department of Rapid Transit System, Taipei City Government, Taiwan, 2000.
- 3) POLICE TORCH No.403, Taiwan, 1990.
- 4) 戸田圭一・栗山健作・大八木亮・井上和也：複雑な地下空間における浸水解析，水工学論文集第47巻，土木学会水理委員会，pp.877-882, 2003.
- 5) 寺田光宏・宮下真輝・石垣泰輔・島田広昭：地下鉄軌道を伝播する氾濫水からの避難について，土木学会第70回年次学術講演会，CS5-004, pp.7-8, 2015.
- 6) <http://www.nfa.gov.tw/Upload/EBook/2009%5C20091213%5C2009121316119966.pdf> (2015/09/19 参照)
- 7) 地下空間の火災，研究成果報告書，土木学会地下空間研究委員会，防災-11-17, 2005.