

日本と中国における交通結節点地下空間利用と防災計画

○株式会社 日建設計シビル	門前 敏典
株式会社 日建設計シビル	大森 高樹
株式会社 日建設計シビル	坂本 仁昭
株式会社 日建設計シビル	高橋 幹人
株式会社 日建設計シビル	澤田 基弘

1. 背景と目的

2011年3月11日震災当日、大規模ターミナル駅等の交通結節点地下空間には、帰宅困難者を含む多くの群集が情報などを求めて押し寄せ、一時的に大混乱に陥った。今後想定される都市部での大震災においては、交通結節点地下空間における様々な事故や混乱が予想されることとなる。一方、急速に地下空間開発を進めている中国において、2012年7月21日に北京市を中心とした集中豪雨が発生し、地下鉄出入口からの浸水等、都市基盤における水害対応能力が問題となった。

都市活動の基盤である交通結節点地下空間において、近年の大災害の経験より、地震や津波・集中豪雨等の異常気象に対する防災対策及び災害時の早期事業再開(事業継続計画:BCP)に関心が高まっている。

本論文では、まず日本における代表的な交通結節点地下空間の複雑さを明らかにすると共に、中国において当社が実施した地下空間開発計画等を紹介し、両国における交通結節点地下空間利用の状況把握を行う。次に、両国の防災対策例及び防災計画を整理し、それらを踏まえた上で、今後両国においてより安全で安心な地下空間形成を実施するための考察を行う。

2. 日本における代表的な交通結節点地下空間利用状況

日本の大都市中心部は、複数の地下鉄駅や地下街、周辺街区建物が地下通路により接続されており、広大な地下空間ネットワークが形成されている¹⁾。その中でも特に3大都市圏には非常に多くの地下空間が存在し、その面積は再開発の進展と共に年々増加している。

図-1～3及び表-1に3大都市圏の交通結節点地下空間を取り上げ、地下空間利用状況の概要を示す。



図-1 交通結節点地下空間利用状況（東京駅エリア）

エリア	1. 東京駅周辺エリア		
総乗降者数	約 220 万人 (下記 14 路線、計 7 駅合計) H21 年度都市交通年報参照		
運営路線 情報	運営会社名	路線名	運営本数
	東京メトロ	丸の内線	6 路線
		千代田線	
		東西線	
		日比谷線	
		半蔵門線	
		有楽町線	
	都営地下鉄	三田線	1 路線
	J R 東日本 J R 東海	東海新幹線	7 路線
		東北新幹線	
		京葉線	
		総武線	
		京浜東北線	
		山手線	
	東海道線		

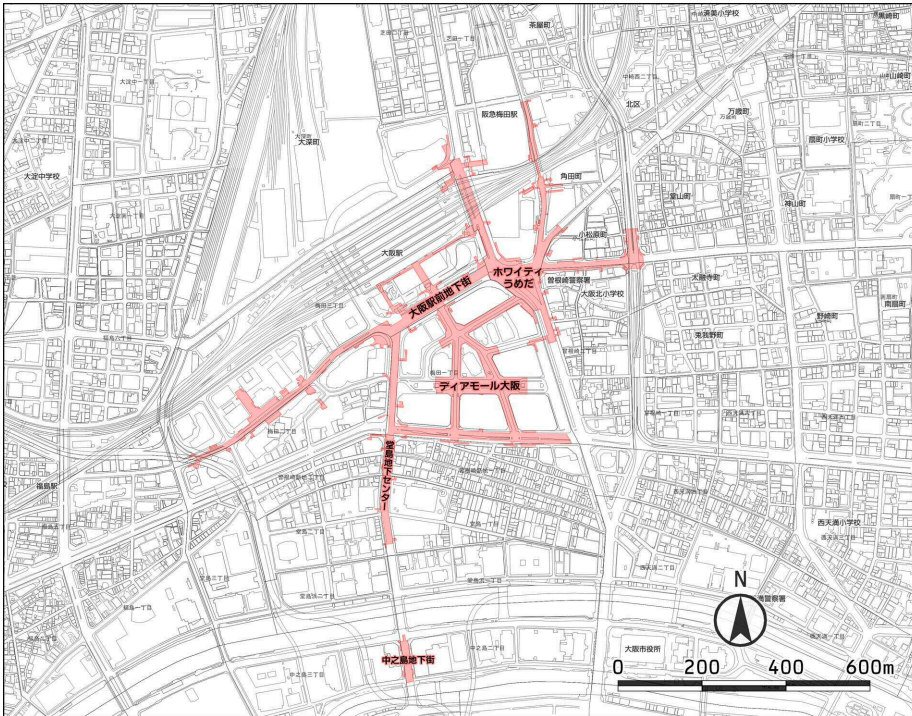


図-2 交通結節点地下空間利用状況（大阪駅エリア）

エリア	2. 大阪駅周辺エリア		
総乗降者数	約 270 万人 (下記 10 路線、計 12 駅合計) H21 年度都市交通年報参照		
運営路線 情報	運営会社名	路線名	運営本数
	JR西日本	東海道本線	2 路線
		JR東西線	
	京浜電気鉄道	京阪本線	1 路線
	阪急電鉄	神戸本線	3 路線
		宝塚本線	
京都本線			
阪神電気鉄道	本線	1 路線	
大阪市交通局	1 号線 (御堂筋線)	3 路線	
	2 号線 (谷町線)		
	3 号線 (四つ橋線)		

約 220 万人
(下記 14 路線、計 7 駅合計)

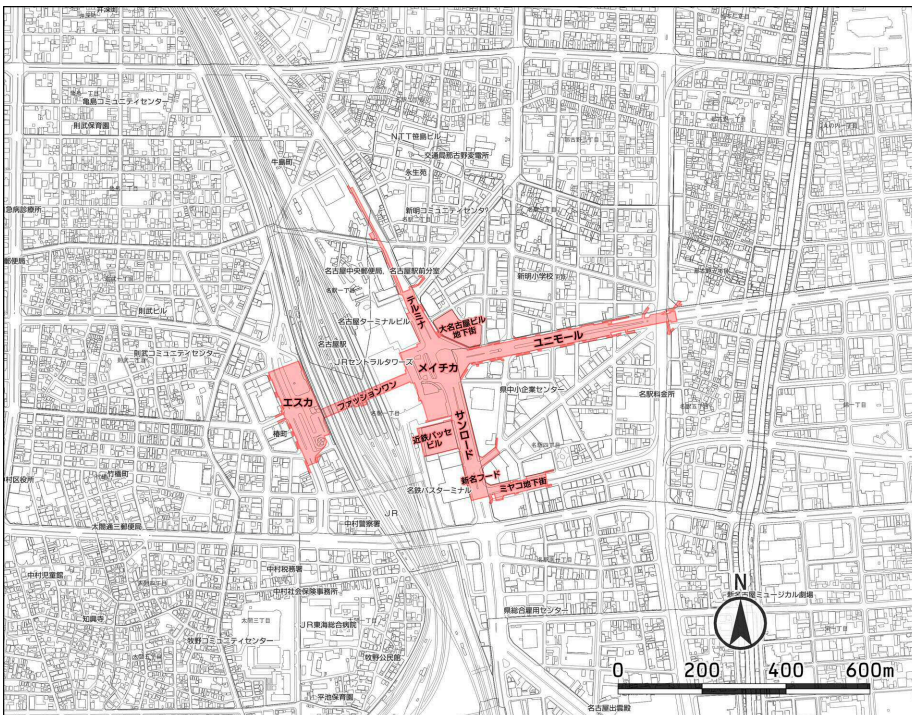


図-3 交通結節点地下空間利用状況（名古屋駅エリア）

エリア	3. 名古屋駅周辺エリア		
総乗降者数	約 110 万人 (下記 6 路線、計 5 駅合計) H21 年度都市交通年報参照		
運営路線 情報	運行会社名	路線名	運営本数
	JR東海	東海道本線	1 路線
	名古屋鉄道	名古屋本線	1 路線
	近畿日本鉄道	名古屋線	1 路線
	名古屋臨海 高速鉄道	西名古屋港線	1 路線
	名古屋市 交通局	東山線	2 路線
桜通線			

表-1 交通結節点地下空間における概算面積等

駅名	面積	図中に含まれる地下街
東京駅周辺	29ha	八重洲地下街, 東京駅一番街, 他
大阪駅周辺	11ha	ホワイトティウめだ, ディアモール大阪, 大阪駅前地下街, 堂島センター, 他
名古屋駅周辺	9ha	メイチカ, ユニモール, サンロード, テルミナ, 大名古屋ビル地下街, エスカ, 他

3. 中国における地下空間開発計画

現在中国では経済発展に伴い、急速に都市開発が進展している。2010年には上海市における地下鉄路線の総延長が400kmを超えるなど、地下鉄開発を中心とした地下空間開発計画が数多く実施されている。図4～5に近年整備された中国の地下街事例を示す。

当社では、日本における地下街・地下駐車場等の設計及び計画の経験を活かし、中国において地下空間開発計画を実施してきた。近年東南アジアにおいて注目されつつある地下鉄等の公共交通を中心とした交通結節点整備及び駅拠点開発(公共交通指向型都市開発:TOD)を体現する計画として、以下に紹介を行う。

■寧波市東部新城計画

浙江省寧波市において進められているCBD建設計画。公共交通利用促進と駐車場需要満足を達成するため、地下鉄駅周辺にバスターミナルや地下街を配置すると共に駐車場ネットワークを計画した。現在政府による認可を受け、設計等が進展中。

■南京市湖南路地下街計画

江蘇省南京市における地下街計画。都市部における主要道路地下に整備され、両端部において地下鉄駅と接続する。現在開発許可等の申請中。



図-4 中国における地下街(蘇州 星海生活広場)



図-5 中国地下街におけるサンクンガーデン(蘇州 星海生活広場)

中国においても日本と同様、周辺街区建物との接続を考慮した地下空間ネットワークが計画され、実際に形成されつつある。今後は日本と同様、都市における重要な基盤施設となることが想定されると同時に、災害時における防災計画の重要性が高まることとなる。

4. 日本における地下空間防災対策

社会を機能させる重要な社会基盤施設は、これまで災害により壊れないことを重点とした整備が進められてきたが、「重要社会基盤施設の防御(CIP)」の場合には、機能障害が発生しないこと、もしくは機能障害が発生したとしても迅速に機能が復旧することが求められることとなる。機能障害が発生しないことを目指した施設により災害時にも機能が確保され、事業が継続されることが近年の都市部においては極めて重要となる。

筆者らは、名古屋駅周辺の地下通路計画を対象とし、主な都市災害について防災対策の内容を整理した。日本における地下空間防災対策の一例として表-2に研究段階の内容を記載する。表中には示されていないが、他にも都市災害として大気汚染、放射能、病原菌、テロ、管理災害(管理の不手際による災害)等が存在し、それぞれ対策を考慮しなければならない。

防災対策では、地震による地盤沈下が生じ復旧が完全に行われない状態で集中豪雨に見舞われる、地震時に住宅火災と電気系統のインフラ火災が連続して発生する等、1つの災害が誘因となって別種の災害が発生するケースについても考慮する必要がある。様々な災害を想定し、個別の防災対策に優先順位をつけて対応することが重要である。

表-2 分類別災害規模と対応する防災対策案(地下通路における事例)

災害の分類		主体別の防災対策【凡例：■ハード対策 ○ソフト対策 ◎ハード・ソフト対策双方】			
		地域・地区に対して	道路、地下通路の施設利用者に対して		施設管理に対して、その他
自然災害	地震	◎震災後の供用をどのように判断するか、震度や被災レベル等に応じた対応方法の検討が必要。	■防災情報提供システムの検討	■構造躯体の耐震性に加え、意匠材の落下について配慮する必要有。	○避難誘導についての体制、方法
	津波 高潮 大規模洪水 (高潮と洪水による複合災害)	○地下街の避難確保計画及び連絡系統の整備		—	
	風水害 洪水 (河川氾濫による浸水)	◎鉄道の地下トンネル部分から地下街への浸水を防止するための、密閉扉設置。 ²⁾		—	
人的災害	風水害 内水浸水 (大雨による浸水)		■開口部(出入口、他通路との接続部、給排気等)に止水板(防潮板)等を設置する。	■地上における監視設備(防災センター等)の設置、土壌等の備蓄を行う。 ■電気・機械室についても、地上での確保が望ましい。	
	地盤災害 (沈下、液状化)	地震と同様	■防災情報提供システムの検討	—	

5. 中国における地下空間防災

中国の地下空間開発においても日本と同様に災害時の安全性が大きな関心事となっている。中国の地下空間防災計画について、地震災害・浸水災害・火災災害への対応を整理する。

(1) 地震災害への対応

- 中国国内発生地震履歴の調査

中国国内で過去に発生した主な地震履歴の調査結果を表-3 および図-6 に示す。

中国国内での地震発生履歴は日本での地震発生回数と比べると少ないものの、地震規模は非常に大きい。そのような過去の経緯から、災害を受けた場合には地下空間の補修や作り直しが困難となることが予想されており、地下空間の耐震設計が整備運用されている。

(2) 浸水災害への対応

- 集中豪雨の状況

近年の地球温暖化に伴い、世界各国の気象状況に異変が生じている。背景と目的の項で述べた北京市における例を始めとし、中国国内でも各地で集中豪雨が発生している。

- 2012.07.21 北京市 降雨強度 170mm 以上/h
- 2111.06.30 北京市 降雨強度 100mm 以上/h
- 2005.07.30 天津市 降雨強度 113mm 以上/h

表-3 中国における大規模地震履歴

名称	発生日時	規模
青海省青海地震	2010.04.14	M7.1
四川省四川大地震	2008.05.12	M8.0
新疆ウイグル自治区地震	2003.02.24	M6.8
チベット北部地震	2001.11.14	M8.1
河北省地震	1998.01.10	M5.6
雲南省・ビルマ地震	1998.11.06	M7.4



図-6 中国における大規模地震震源分布

・浸水被害に対して

中国における地下空間出入口部分は、道路レベルより約40cm～50cm高くなるよう設定されているが、その設定値の妥当性は評価されているわけではない。今後は地下空間浸水に対し、シミュレーション等による検証が求められるようになると思われる。

(3) 火災災害への対応

地下空間における火災は、発生頻度こそ低いものの一度大きな火災が発生すれば多くの人命を損なう可能性が高い。

中国における地下街等の防火基準は、日本のように地下街独自の基準が存在するわけではなく、基本的に建築物の基準が用いられている。

6. 日本と中国における防災基準の比較

(1) 耐震基準

表-4 日本と中国における耐震基準の比較

	日本基準	中国基準
設計標準体系	国家基準	国家基準・地方政府規定 地下鉄道建築結構抗震設計規範（同済大など）
各施設設計法	各施設（地下歩行者通路・地下街・駐車場・地下鉄・インフラ）で設計法が異なる。	—
地震波形	①レベル1地震動 ②レベル2地震動（海洋型・直下型）	①多遇地震不壊 ②設防烈度地震可修 ③罕遇地震不倒
部材モデル	①静的線形解析（弾性設計） ②非静的線形解析（弾塑性設計）	①静的線形解析（弾性設計） ②時刻歴応答解析（塑性率考慮）
構造解析モデル	構造解析の手法を両国で比較すると、 a. 地盤—構造物時刻歴応答解析 b. 等価地震載荷法 c. 応答変位法 と大きな差異がないことが分かる。	
差異	◇各部材一律な性能確保では無く、必要に応じた性能を規定する設計法⇒性能設計 ◇地下・地上構造物—地盤のインタラクションを考慮した設計	

(2) 火災基準

表-5 日本と中国における火災基準の比較

	日本基準	中国基準（地下建築物基準）
通路幅員	最低 6.0m	店舗内主要通路：4.0m 以上
防火区画	・100㎡以下での区画分けが必要 ・床、壁等を耐火構造とし、かつ仕上げおよび下地材を不燃材料とする。 ・200㎡以内毎に耐火構造の壁で区画分け	・2000㎡以下での区画分けが必要。 ・防火区画内に原則として2箇所以上の避難階段を設置。 ・総面積が20000㎡を超える場合には、サンクンガーデンまたは甲種防火扉等により20000㎡以下となるよう区分する必要がある。
避難距離	・いずれの場所からも30m以内で安全な地上に至る階段への到達が必要	・地上への直通避難階段までの直線距離を30m以内とする。スプリンクラー設置時には、25%距離を延長することが可能。
隣接街区接続通路	・接続する両者間に緩衝空間を設ける。 ・緩衝帯の両側に、屋外に通じる直通階段を直近に設置。 ・原則、緩衝空間に煙が流入しないようにする。 ・緩衝帯を隔てて外気に面する半地下空間を設けることを基本とする。 ※用地や経済的な問題から緩衝帯を縮小し、地下街側と地下階側を防火扉のみで区分する形態も増えている。	・防火シャッターによる区画を行う。 ※上記項目以外は場所によって接続への対応が異なる。 例：①防火シャッターのみで区分 ②接続通路部に地下街避難階段と兼用した地上への直通階段を設置 ③外気に面したサンクンガーデンを介して接続

表-5 日本と中国における火災基準の比較

	日本基準	中国基準(地下建築物基準)
地下広場	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一部外気に開放して、半屋外地下空間とすることが望ましい。 ・ 天井を高くし、蓄煙空間として利用 ・ 自然排煙口と機械排煙を設ける ・ 地下広場に隣接している店舗間は、防火安全上は網入りガラス等で常に区画することが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に規定無し。
地下鉄との接続	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下鉄コンコース部分は、もともと不燃であることから、それ自体が緩衝帯としての機能を有している。 ・ 地下階同様、地下街との間の防火区画（防火シャッター）を閉鎖し、各々独立した避難計画とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防火シャッターによる区画を行う。

(3) 浸水対策について

日本における地下空間の浸水対策は、2005年における水防法改訂(一定以上の地下空間管理者等に対する洪水・高潮時の避難確保計画作成義務化)や、東日本大震災における津波の猛威を経験したことにより、シミュレーション等による検討や対策等が実施されつつある。一方中国においてはこれまであまり検討が行われておらず、今後の重要な検討課題となっている。

7. 考察

以上、日本と中国における交通結節点の地下空間利用及び防災計画の整理を行い、状況把握を行った。日本における地下空間開発は、初期整備段階を経てリニューアル及び部分拡張の段階となっている。同時に、大震災を経験し、想定外の災害を含めた安全性を見直す時期に来ていると言える。特に津波や高潮等の水害に対してはその構造上非常に脆弱であり、閉鎖的空間であることから甚大な被害が生じ可能性がある。浸水や避難行動シミュレーション等を用いた防災対策の検討を行い、事業継続性という考えを含みつつ既存インフラの安全性をいかに高めていくのかという観点で地下空間形成及び整備を行っていく必要があると考える。

一方中国では、現在初期整備段階にあり、今後も新規地下空間開発や地下鉄計画が進められていくこととなる。これまでは「早急な計画実現」が重要視されてきたが、徐々に「安全・快適な地下空間の整備」へとプロジェクトの目的意識がシフトしてきていると感じられる。今後の計画においては、地震・浸水・火災等へのトータルな防災性能がより強く要求されることとなる。

日本と中国では地下空間の整備状況が異なるものの、防災に対する意識や必要とされる検討等は同じ方向性を示している。日本における防災インフラ技術を海外展開することにより、中国では新設時の計画・設計段階から防災対策を考慮した地下空間開発を実施することが可能となる。当社では現在、中国のある主要都市において設計中の地下街に対し、地震・浸水・火災・テロを対象とした災害時の被災傾向の検討を実施中であり、今後このような業務が増加するものと考えられる。

また、中国において実施された防災検討やそれらを踏まえた施設建設を、日本における地下空間整備へ反映させるなど、双方向のフィードバック及び技術展開を行うことにより、両国においてより安全で安心な地下空間形成を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 迷わず歩ける首都東京ターミナル駅断面透視図, PHP, 2011.12
- 2) 危機管理行動計画(第二版)別冊資料集, 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会, 2009.3
- 3) 自然災害と防災の事典, 丸善出版, 2011.12
- 4) 都市住民のための防災読本, 新潮新書, 2011.7
- 5) 災害に強いまち中央区 地域防災計画概要版, 中央区, 2009.8
- 6) 改訂版都市防災学, 梶秀樹・塚越功, 学芸出版社