研究討論会・大震災と地下空間の役割

西　淳二[1)]・正木範昭[2)]・中山　学[3)]

Junji NISHI　*Noriaki MASAKI*　*Manabu NAKAYAMA*

座　　長：日比野敏(電力中央研究所)
話題提供者：伊賀俊昭(神戸市)，浅野光行(早稲田大学)，辻本　誠(名古屋大学)，加藤義明(東京都立大学)，話題提供順

はじめに

地下空間の特質の一つとして，地下での地震動の大きさは地上に比べて小さいという特性がある．たとえば，一般的な沖積地盤が表面10m程度堆積している場合，地下80mの基盤では地表面の地震動の約数分の1という実測例がある．また，岩盤の場合には，地表に比べ地下約200mでは約1/2という例もある．このように一般的に地下空間は地上よりも大きな耐震性を有しているといえる．

今回の兵庫県南部地震は，午前5時46分に発生した．不幸中の幸いというべきか，日常生活が活発となるよりも1～2時間早かった．通勤の人々があふれる時間帯に発生していたら，地上はもちろんのこと，地下街・地下通路・地下鉄はどのようになったか．地下に閉じ込められ，かつ停電した場合など，地下ゆえに災害が増大することはないのか．今回の場合は幸いなことに，地下では大きな人的被害はなかったが，地下空間の役割・安全性を考える時これらの視点からの検討が重要である．

兵庫県南部地震の被害の原因解明や各種解析は，現在各分野において精力的に進められている．地質地盤条件や自然現象の複雑さのために，十分な解明にはなお日時を要するが，今回の土木学会全国大会の機会に，地下空間は都市の防災・安全という眼で見た場合，どのような役割を果たしたのか，また今後，都市設計・建設時において，どのように位置付けられるべきか，そのためにはいかなる形態が望まれるのか等について，考える場と出来ればと考えて研究討論会を開催したものである．

話題提供の概要

伊賀俊昭（神戸市）：1995年1月17日早朝に発生した阪神・淡路大震災は，5 500余名にも及ぶ尊い人命を奪い，数多くの都市施設や住宅等を破壊した．なかでも，神戸高速鉄道の大開駅陥没，市営地下鉄三宮駅・上沢駅B1階の中柱破損，そしてライフラインである水道，下水道，電気，ガス等に甚大な被害を与え，市民生活に多大な影響を及ぼした（スライド29枚による説明）．

神戸市では，平成7年6月30日に災害に強い都市づくりをめざして，神戸市復興計画を策定した．復興まちづくりの目標として，「安心」「活力」「魅力」「協働」の4つを掲げ，市民・事業者・市がそれぞれの役割分担のもとに進めることとしている．

この復興計画において，今後の地下空間の利用に関して，次のように取りまとめている．

①魅力ある都心中心部の創造；魅力ある都心の復興をめざし，三宮駅を中心部の一体的・総合的な整備を推進し，災害に強く，快適性の高いうるおいのある都心空間の創造をめざす．

○地下・地上・デッキの3層の歩行者動線のネ

1) 正会員　工博　パシフィックコンサルタンツ(株)総合研究所首席研究員，地下空間研究委員会幹事長
2) 正会員　(株)日建設計　土木設計事務所設計部長，地下空間研究委員会委員
3) 正会員　(株)奥村組　本社土木部，地下空間研究委員会WG第3分科会幹事（心理研究担当）

ットワークの形成（スライド：三宮駅概念図）

○地下鉄海岸線，地下駐車場等の整備に合わせた地下空間のネットワークの拡充

②安全都市づくり；多様な災害から市民生活や都市活動を守るよう，日頃から不意の災害に備えるとともに，災害時にも迅速に生命・財産を守り被害を少なくできる都市づくりを進める．

○地域防災拠点の整備（スライド：学校＋公園＋地下利用＝防災拠点のイメージ）

・ライフスポットの整備

・耐震性貯水槽，雨水貯留システムの整備

○情報基盤の整備

・光ファイバーの整備

③災害に強いライフラインの整備；水道，都市活動や市民生活になくてはならないライフラインについては，耐震性を強化するとともに，寸断された場合においても早期復旧が可能な構造や体制を確立する．

○共同溝の整備

・国道2号共同溝，（仮称）神戸山手共同溝（スライド：共同溝のイメージ）

・電線類地中化

○水道の強化

・運搬給水基地の確保―大容量貯水槽，配水池緊急遮断弁システム

・管路の耐震化

・大容量送水管の設置―緊急時の貯水機能と送水系統間の相互連携機能（スライド）

○下水道の強化

・管渠の強化と多系統化

・処理場の強化とネットワーク化

今回の阪神大震災による地下空間利用施設の被害は，地上の施設に比べ比較的軽微であったが，今後とも十分な調査検討を加え，防災面の強化に努める必要があると考えている．また，地震の発生時刻が早かったこともあり，地下空間の利用者がほとんどいない状況であったが，利用者の避難対策等についてもさらに配慮が必要であり，災害に強い都市づくりをいっそう進めていきたい（スライド：震災前の神戸の街全景）．

浅野光行（早稲田大学）：地下空間利用計画を震災被害との係わりで考えてみると，車系（鉄道/自動車）と人間系（人間歩行/居住）からなる「人間系の地下空間」と，パイプ系，ワイヤー系共同溝からなる「ライフライン系の地下空間」とに分けられる．

また，地下空間の安全性について考えるときには，構造物被害等人命，生命に直接的に係わるものと，2次災害，機能障害として現われる間接的なものとに分けられる．

たとえば（スライド12枚による説明），神戸高速鉄道・大開駅舎は，地下の鉄道施設としてもっとも大きな被害を被った．地下駅舎が120mにわたって崩壊し，それに伴い地上の道路が最大で3m近く陥没し，さらに西方向へ約500mの区間において中柱等が多数損壊した．その結果，大開駅をはさむ新開地駅～長田駅間（2.0km）の復旧はもっとも時間を要している区間となった．他社の路線とも乗り入れをしているだけにこの不通区間の影響は大きく，また，地上の国道28号線へ与えた影響も極めて大きかったといえよう．つまり，地下の場合復旧に時間を要する，ということである．

地下街に併設されている2つの地下駐車場と長田区の地下駐車場を調査・ヒアリングしたが，いずれの駐車場も軽微な被害であった．長田区の公園地下駐車場（230台，地下1，2階）は隣接の中層建築物が損壊しているにもかかわらず，構造的には外見上問題は見られず，蛍光灯，ダクトに少し落下被害があった程度である．ただし，停電により駐車場としての機能は停止した．

しかし，構造物の被害はなかったが，その時間に「人」が存在しなかったことも考慮に入れて，今後の検討を進めることが肝要である．

今回の大震災において，地上施設の被災状況と比較すると，地下街，地下駐車場等の地下施設における被害は相対的に軽かったといえよう．しかしながら，今後の都市における地下空間利用計画に取って，今回の大震災から学ばなければならないことは多い．

①地下空間はいったん開発され，利用された場

合，震災による構造物の被害の復旧は，神戸高速鉄道に見るまでもなく地上施設と比較して多くの難しさを伴い，また時間を必要とすることを十分確認しなければならない．

②一方，震災後のライフラインの重要性を考える場合，それらを収容する共同溝の躯体に多少の損傷を受け，修復に時間が必要であるとしても，収容条件であるライフライン機能は守られ，また機能回復が相対的に容易であることは，より高く評価されるべきである．

③電気通信の架空線は，震災後の復旧という側面からは迅速な対応が可能である．一方，キャブ等の地下施設は損傷後の復旧に相対的に時間を必要とする．しかしながら，電柱の倒壊により街路が寸断されることは，震災直後の避難行動，あるいは火災等の2次災害発生に対して，大きな障害になることを改めて認識すべきである．

④地下街等，地下における人々の活動空間の被害は軽微であった．地震発生が，地下空間で人々が活動をしていない時間であったことも幸いしたといえよう．いずれの地下街，地下駐車場も地震直後は停電しており，避難行動でのパニックは容易に想像される．

⑤防災技術が高度化し，構造的には安全性が高くとも，地下空間の利用者にとって真の安全と安心をいかに提供するかは今後の課題である．それらを踏まえつつ，人々の活動空間としての地下空間計画を推進することは，防災面からも，また豊かな都市空間形成にとって大きく寄与することになろう．

人間の活動時間外に地震が起ったことも考慮の上で，今後の計画に生かすべく，「もし」を加えて議論・検証をしていくべきかと考える．

辻本 誠（名古屋大学）：損害保険協会（1971年以降の新聞記事をデータベース）の地下空間の種類と災害の種類との関係を示す統計によれば，およそ60%は火災となっている．したがって，火災を中心に，地下空間の災害の話しをしたとしても，それほど誤りであるとはいえない．

建物規模と火災の発生率（単位床面積当たりの年間出火件数）を見ると，以下のようになっている．

・4 000 m²，30戸程度のマンションでは10^{-6}程度「小さい」ということが，出火率を押し上げる原因となっている．

・20 000 m²，超高層レベルでは，10^{-7}程度（上記の1/20程度），2 000 m²クラスの小さなビルでは，雑居，管理状況等から出火率が上昇．

・地下開発，地下街についても，管理状況から推測可能．

地下と地上との出火率の比較―基本的には同じ値．ただし，窓が割れないという問題，爆発状態に近いような燃焼が起こると，圧力の逃げ場がないため，その分だけ地下は危険．

・1層の地下街は怖くない―たとえば，超高層の上にいる場合に比べて，地下街の方が危険だというようなことはない．

以上のデータと名古屋地下街の状況とから，地震時の出火について類推してみると，「地下における出火」は，データベース上0（ゼロ）となる．

また，防災設備について，兵庫県/大阪府の安全評価のデータを見てみると，スプリンクラーの破損が多数である．阪神大震災と三宮地下街については以下のとおり．

・地下街と呼ばれるものは，構造的な影響はない．

・地上への通路とのジョイント部分の損傷（避難通路，階段）．

・三宮地下街と阪神地下駅との間の床，延長50 m，15 cm程度盛り上がる．

・スプリンクラーヘッドが20個程度，天井の化粧板の落下に引きずられる形で損傷，水浸し．

・天井板，鏡状の天井等（2 t～4 t）非常に重いのも気を付けたい（大阪地下街），デザインとの関係もある．

・スプリンクラーシステムは，一般に，1つはずれると他の部分も働かなくなるので，天井と一体にして設置することの可否は今後の問題．

・食堂のガラスのショーケースなど固定されていないものは，相当通路を走り回った．台所も少しねじれた．→昼の12時前後に地震が起こったとすると，…という問題は残る．

加藤義明（東京都立大学）：「地下空間行動学」とは，人が広く地下空間においてどのような行動を行うかを追求する学問である．一口に地下空間といっても地下に掘られた照明もないトンネルのようなものから地下商店街のような擬似地上空間のようなものまで細かく分類すれば非常に多岐にわたる．地下空間行動学ではいずれの地下空間における人間行動も対象とするものである．人間行動を研究対象にしてきたのは主として「心理学」である．したがって，地下空間行動学ではあらゆる地下における人間の行動を心理学的に解明しようとするものである．この意味で「地下空間行動学」は「地下空間行動心理学」といい直すこともできる．

地下空間行動学に課せられた問題の一つである地下空間における災害時行動について考えてみよう．この問題も地下空間における通常時の行動と並行して研究されなければならない．安部等は，地下街で災害が生じたら人々が何を思い，どう行動するかについて調査研究をしている．それによると54～60％の人が通常時でも基本的不安と危険性を感じている．災害時において地下商店街に勤務する者は，55％は無事に逃げられるとしているが，通勤・通学に利用している者は，わずかに15％が無事に逃げられるとしているに過ぎない．ここには地理熟知者とそうでない者の差が示されている．災害時の行動予測では冷静に様子を見る者35％，出口に殺到する者40％，右往左往する者20％となっている．しかし，他の人はどうすると思うかでは，冷静に様子を見るは0％，出口に殺到する者70％，右往左往する者30％である．自分が冷静に行動するという数値は相当割り引いて考えなければならないので，一般的にいって，人の混み具合や災害に付随して起こる他の事故や故障が重なるといった条件でパニック発生の可能性は大になる．

混乱した行動の原因はもともと生命，財産の危険性の認知から始まるのであるから，危機回避の可能性の認知が重要になる．すなわち，危険性の認知そのものを減ずること，脱出可能性を認知させることが大切になってくる．人は災害に直面するとそれを過大に評価しがちである．これは，マスコミなどの報道の誇張した表現にも起因している．ことが起これば大災害という考えを一般に人々はごく自然に持っている．いうまでもなく事態の過小評価も誤った判断と行動を導く．必要なのは事態を正しく認識することであり，そのための訓練が常日頃から必要である．

脱出可能性が高いことを認識することも混乱した行動を制御する力となる．安全性の認識であるが，これは人がおかれている状況の認識から始まる．地下勤務者は一般通行人より災害時に無事に逃げられるとする確率が高いのは状況の認識（具体的には地下街の地理に詳しい）があるからである．

災害時には多くの通常と異なる心理的メカニズムが働くのでこれを災害時に直接当てはめることは出来ないが，自己定位（正しい危険性の認識），環境認識という点では両者に違いはない．これからは災害時の自己定位，環境認識についてデータを取ることが緊急に必要である．

討論の概要

約60分の質疑応答・討論・パネラーからの提言のなかでは，以下のような議論が行われた．

①災害における人命の重要性と事前の情報開示：初期の数秒～20秒というショック段階から，認識（受けとめ），対処，回復という個人レベルの情報受発信のサイクルとの関係：2次災害，規模と災害との関係，情報，認識，心がまえ…というなかで，市民への情報提供は大切であり，三宮そごうの地下街がまず開業したということに，地下空間の評価をどう一般市民へ伝えていけるのかは，事前訓練の重要さと合わせて，今後の課題の1つとしたい．

②地震発生時刻が早朝であったことと今後の検証：当然，地震は昼間にも発生する．地下街，地下通路に人々が多数活動しているなかでの地震発生という仮想の検証，地下も含めての多様な避難経路の形成，地下空間の拡大についても，今後の研究課題である．

③地下の安全神話はくずれたのか：むしろ，地

下は地上よりも安全という考えが強まったのではないか，単純に地下空間が増築されていくことには問題がある．21 世紀に向けての豊かな空間の１つとして，地下の有効活用は大きなテーマではあるが，一度つくったものの拡張や修復の困難性ということも頭に入れて，充分な検討が必要である．その意味からも「地下交通ネットワーク」で対応する等も1つの解決への方向ではないのか．

④安全な地下空間のつくり方：これには２つの考え方がある．１つ目は，地上レベルと同じものをつくるという考え方．２つ目は，リスクとどう付き合うかということで，工学的アプローチを気持ち（アンケート調査）に合わせていく方法である．超々高層住宅での事故は，中立より若干危険側，大深度地下での事故は，相当危険側というアンケート調査（1995，夏）から見ても，統計上，床面積当たりの火災発生確率が，地下と地上とで差異はないとしても，市民レベルの気持ちを取り込んだ設計手法も研究課題である．

⑤地下空間における避難とは必ず地上に出ることなのか：天気予報のように，確率％とかで，地上の状況，地下の状況を知識の問題とし示し，判断は個人にまかせられるにしても，非常にわかりやすく示すことで，避難イコール地上の場合ばかりではないことへの回答も用意していくべきではないのか．

⑥都市施設としての地下道路の必要性：地下道路ネットワークとしての必要性があるとしても，地下道路自体の持つ問題もある．また，駐車場へのアプローチ部分（車路）も含めて，都心部，拠点的な地区には，歩行と分離した形で車系ネットワークを考えていかなければならない時期に来ている．

むすび

崩れた地下神話という新聞報道があった．一方，深度と地震時加速度との関係では，地下 80 m では地表の 1/3～1/7 というように地表に比べれば地下は安全であるという事実はある．すなわち，「地下神話は崩れた」という表現には「くらべて」という言葉が抜け落ちた形での新聞報道となったという問題点もあった．安全（ハード）と安心（ソフト）両者の確立が肝要である．つまり，重要度，経済性という面より決まる安全率等のハードと，救援活動，都市計画というソフトの両面，その時に認識の基礎となる「情報」が大変重要となる．

都市が成長し，リスクの高まるなかで，防災への投資が追いついてこなかった，という説明が１つわかりやすく，我々の今日，明日の行うべき研究活動の方向を示しているのではなかろうか．地上の避難場所を確保していくと同時に，地下空間（シンフォニーホール，地下駅，ビル地下…）を防災拠点として位置付けていくことも考えていかなければならない．

もちろん，現在の設計思想のままではなく，防災設計あるいはネットワーク機能と合わせて，安全な地下の拠点をつくり，PR しつつ，常時にも別の多目的利用をしながら，市民との交流のなかで，実現していくべきものであるかも知れない．

今回の討論においては，幹線交通路の地下化というテーマが時間の関係もあり抜けている．救援物資の輸送，あるいは救急救命活動において，地上交通麻痺という状況では，ヘリコプター輸送のみでは量の面から限界があるので，さまざまな工夫をこらした上での，地下道路，地下物流に係わる研究が必要である．この意味から，学術講演会 III-B 542，III-B 543，III-B 544，III-B 545，IV-232，IV-233，IV-234 などの大深度地下多目的トンネルに関する一連の研究成果に注目したい．

最後に，的確な問題提起をしていただいた話題提供者の方々，活発な討論により議論を発展させていただいた参加者の方々にお礼申し上げる．

そして，愛比売（えひめ）の由来である美しい女神が，近い将来，地下空間に鎮座ましますことを祈念したいものである．