

東京駅周辺地域における防災性能向上に関する研究

～大深度地下インフラを活用したケーススタディ～

環境工学—環境設計

大丸有地区 帰宅困難者 大深度地下インフラ

1. 研究概要

1-1 研究目的

近年、東京においては、首都直下地震に対する危機感が高まってきている。それに伴い、早急に都市の防災性能を向上させ、緊急時への備えが必要となってきている。現状の東京都地域防災計画において検討されている、東京都の直下型地震被害想定に基づいた対策に加え、東京駅周辺地域のように高い防災性能が要求される都心部の地域においては、地区レベルでの防災対策を見直すべきである。

本論文では、帰宅困難者対策やライフラインの確保に関する抜本的な対策として、「大深度地下インフラ」を活用した都市の防災システムを提案する。研究対象地域として東京駅周辺地域を取り上げ、大深度地下インフラを活用したシステムと、地域の防災性能向上に関しての検討を行うことを目的とする。

1-2 研究背景

先の阪神淡路大震災では、供給系・処理系のライフラインや施設（電力、ガス、熱、上下水、ゴミ処理施設）における被害が際立ち、人々の生活に多大な支障を与えた。震災の教訓として、応急対応の拠点となる公的機関の集中する都心部の地域や業務集積地域では、これまで整備されてきた既存の「従来型インフラ」に加えて、高い供給信頼性を確保する地域単位での「拠点型インフラ」の整備と、拠点型インフラ間の「広域ネットワーク」の必要性が指摘されている¹⁾ (図1)。

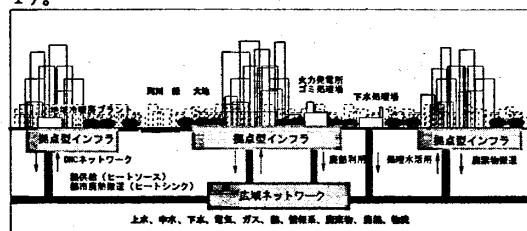


図1 広域ネットワークイメージ図

1-3 既存研究

早稲田大学尾島研究室では、従来から大深度地下インフラに関する研究が行われてきた。本研究の対象となる東京駅周辺地域の大手町・丸の内・有楽町地区（以下大丸有地区）に大深度地下インフラとの結節点となる立坑を設ける。そして、臨海部の有明・豊洲と大深度地下でネットワークを図ることにより、電力・ガス・熱等のライフラインが災害時においても都心部に確実に供給される事が期待される。現在提案されている大深度地下インフラのルートを図2に示

準会員○石川 潤一*1 正会員 増田 幸宏*3
正会員 佐藤 洋行*2 同 高橋 信之*4
同 早川 潤 *2 同 尾島 俊雄*5

す。このような広域インフラネットワークを整備することによって非常時の防災性だけでなく、平常時の環境性に関する効果も確認されている。

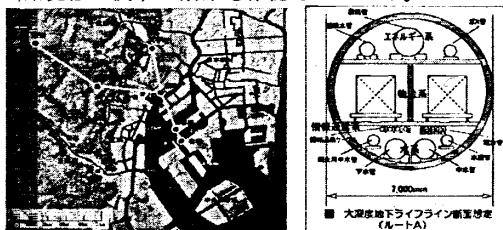


図2 大深度地下インフラ・ルート図

2. 東京駅周辺地域における非常時の現状での防災対策と問題点

2-1 大丸有地区の特性

大丸有地区は、東京都心部における業務集積地域の代表である。平成15年2月に千代田区全域が地区内残留地区と指定され、広域避難場所の指定が解除となった。また加えて、災害時には周辺地域から多くの残留者が流入してくる事が予想され、帰宅困難者対策が大きな課題となっている²⁾。従って、「公助」だけでは対応しきれず、公助と連携した「自助」、「共助」による防災対策の必要性が高いと考えられている。

2-2 帰宅困難者に対する防災対策の検討

2-2-1 帰宅困難者数の設定

東京駅を中心とした5km圏内において、災害時に当地区へ流入してくる帰宅困難者は最低24万人～最高200万人であると推定されている(図3・表1)。

本研究では、表1を参考に昼間流入者(就業者、買い物客等)を20万人、災害時における地区外からの流入者を80万人とし、合計100万人の帰宅困難者が大丸有地区で発生すると想定した。

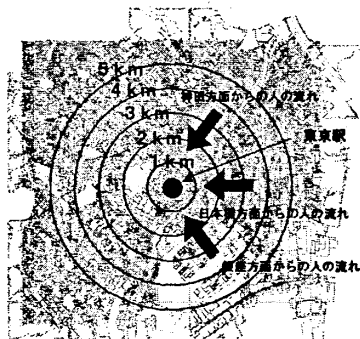


図3 災害時の帰宅困難者の流入



図5 浅深度地下空間の整備

3-2 大深度地下インフラと既存のライフラインの連携方法に関する検討

現在、東京では行政による共同溝の整備が進んでいる。本論で想定している大深度地下インフラのトンネルや立坑は、例に挙げると日比谷共同溝と虎ノ門立坑とはほぼ同規模である。大深度地下インフラのトンネル部はより深くを通ることになるが、日比谷共同溝も虎ノ門地点に於いては、既に地下40m程度まで達している。特に、立坑に関しては、新たな技術開発を必要とせずに実現可能であると考えられる。



図6 立坑配置図

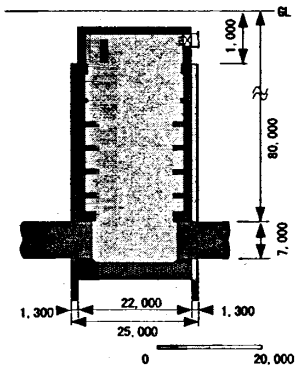


図7 立坑断面図

4. 既存のライフラインのネットワークとの連携

4-1 既存のライフライン網の調査

現状のライフラインが浅深度地下でどのように敷設されているかを大丸有地区について調査した(図8)。大手町交差点から日比谷交差点までは共同溝が整備され、電気、下水、情報の幹線が入っている。また、東京電力は電線を単独地中化しており、ほぼ地域全体をカバーしている。ガスは中圧導管B管が直接ビル内へ引き込まれている。地域冷暖房は大手町地区・丸の内1丁目地区・丸の内2丁目地区・丸の内3丁目、有楽町地区の4地区において熱供給が行われている。

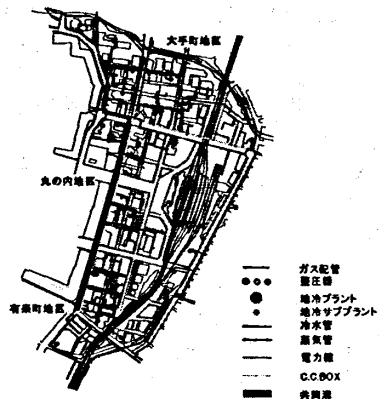


図8 既存のライフライン敷設状況

4-2 現状の防災対策の調査

阪神大震災によって、都市のライフラインの脆さが浮き彫りとなった。電力については、比較的復旧が早かったが、電力への依存が高いため、その影響は大きい。ガス・水に関しては復旧までに多くの時間を要した。それぞれの既存のライフラインの問題点を整理すると以下である。

- ①電力：電力の断線は他のライフラインへの影響が大きい
- ②水：断水により飲料水、使用可能なトイレが不足する
- ③熱：地冷プラントは他のライフラインの影響が大きい
- ④配管：各配管における継ぎ手部分の被害が大きい
それぞれのライフラインについて、現状の防災対策は以下の通りである。
- ①電力：50万Vの電力幹線が都心部の二重ループ化多系統での供給、電力線の地中化
- ②水：別水系の給水所同士の連携によるバックアップ
- ③熱：洞道内架空配管方式による耐震性の向上
- ④ガス：高、中圧導管の耐震性の強化
中、低圧導管のブロック化
SIセンサーによる遠隔遮断

4-3 浅深度地下空間を活用した防災対策の提案

4-3-1 電力系に関する提案

大深度地下インフラでは、現在豊洲に計画されている新設のCGSからの電力を供給源とする。立坑から大手町中間変電所まで地中配電線を敷設することによって、大手町中間変電所に対する大深度地下インフラからのバックアップを行う。また、地区内における配電線に関しては、供給管共同溝及び洞道内に敷設することによって安全性を向上させることとする。

表1 災害時における東京駅周辺地域への流入者人口

	面積(km ² 、皇居除外)	推定昼間人口(人)	東京駅周辺地域への流入人口(人)
周辺1km以内(100%)	3.1	197,996	197,996
周辺1km～2km以内(80%)	8.5	542,891	434,313
周辺2km～3km以内(60%)	15.7	1,002,752	601,651
周辺3km～4km以内(40%)	20.0	1,277,391	510,956
周辺4km～5km以内(20%)	24.2	1,545,643	309,129
合計	71.5	4,566,673	2,054,045

出典 帰宅困難者と企業セキュリティ(東京駅周辺・防災対策のあり方検討委員会)※

2-2-2 大丸有地区における避難場所

千代田区では広域避難場所の指定解除に伴い、一時避難場所の指定も解除となった。千代田区では、夜間人口に対して、必要に応じて避難所(区内27ヶ所)での対応(食糧・水供給)が行われる。しかし、事業所が抱える帰宅困難者を考えた場合、現状の公共の対応だけでは不十分であり、結果として事業所ごとの対応が要求される。また事業所の対策に関しては「千代田区事業所別防災アンケート」によると、食糧に関しては備蓄量は不足しており、事業所外部の人への提供は、食糧・飲料水共に困難な状況にある。そのため、本地区に地区外から流入してきた帰宅困難者に対しては新たな対策が必要不可欠である。

そこで、指定を解除された広域避難場所(表2)を帰宅困難者に対する避難場所として位置付けるなどして、受け入れの体制を整えなければならない。

表2 旧広域避難場所

避難場所名	総面積(m ²)	有効面積(m ²)	避難計画人口(人)
北の丸公園・晴明神社一帯	326,600	252,000	305,700
皇居東御苑	217,600	174,100	199,300
皇居前広場・日比谷公園	507,100	431,000	436,100

2-2-3 本地区で現在検討されている「共助」の防災対策

大丸有地区に多くのビルを所有する三菱地所(株)では、災害時における公共地下空間の活用を検討している。営団地下鉄コンコース、JR地下駅コンコース、丸の内公共駐車場は、それぞれ地下部でネットワークされており、約6haの空間に物資搬送経路、一時寄留場所、ストックポイントの機能を持たせるという提案を行っている^{※3)}。

また、「東京駅周辺・防災対策のありかた検討委員会」では、自主防災を目的として「防災隣組」を組織し、各社の防災計画の調整や帰宅困難者対策を検討することで、地区全体で防災を考える仕組みを検討している。

一方、千代田区は、「帰宅困難者対策地域協力会」を設立し、帰宅困難者支援場所として皇居外苑、北の丸公園、皇居東御苑を指定する他、食糧や情報の提供を行うとしている。

2-3 備蓄量(食糧・水)の調査

千代田区に行っている備蓄は、全て夜間人口に供給するものと設定した場合、夜間人口に対しては十分な量が備蓄されている。

しかし、帰宅困難者は、道路が遮断され、かつ鉄道が機能しなくなった場合、その場で数日間の生活を余儀なくされるため、帰宅困難者に対する備蓄が必要不可欠となる。そこで、本地区において、夜間人口ではなく帰宅困難者のためにどれくらいの備蓄が行われているかを食糧・水について調査した。食糧の備蓄量は各事業所の備蓄量であり、飲料水・生活用水は各事業所の備蓄量に上水供給期待値(水道管の被害想定より算出)を加えた値である。帰宅困難者100万人に対する3日分の必要量を100%として計算している(図3)。

以上から、帰宅困難者に対する備蓄はされておらず、大きな問題がある。

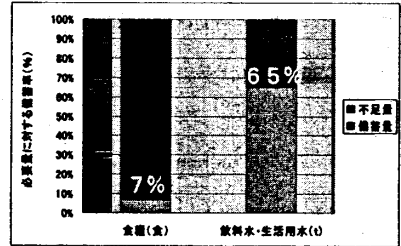


図4 食糧・水の帰宅困難者に対する備蓄率

2-4 防災対策上の問題点の整理

上記の調査により、本地区の防災対策の問題点として以下が挙げられる。

- ①水・食糧の備蓄
 - ・帰宅困難者に対する備蓄が行われてなく、特に食糧に関しては相当量が不足している
 - ②避難場所・避難所
 - ・帰宅困難者に対しての検討がされていない
 - ③医療施設
 - ・大丸有地区に大規模な医療施設がない
3. 大深度地下インフラ導入のための浅深度地下空間の整備

3-1 浅深度地下空間の整備

立坑の位置を大手町合同庁舎跡地と設定し、物資の備蓄・搬送拠点と位置付ける。立坑内部には備蓄倉庫(食糧300万食を備蓄)を設け、不足時には大深度地下インフラから随時供給を行う。また、旧広域避難場所を帰宅困難者に対する避難場所と新たに位置付け、応急救護所を開設する。加えて、東京駅、東京国際フォーラムを帰宅困難者の避難所として活用し、各事業所ビルにおいても余剰スペースを避難所として開放することにより、避難スペースの不足を補う事を提案する。

また、内堀通りと日比谷通りを地下立体化し、立坑と避難場所を地下で連結させることにより、他の交通・建物の倒壊等の影響を受けない物資搬送ルートを確認することを提案する。

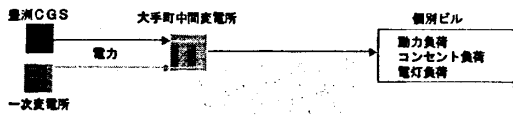


図9 電力系のシステム系統図

4-3-2 熱系に関する提案

大深度地下インフラにより、豊洲CGSや臨海部施設からの排熱を蒸気として大手町立坑へ供給する。そこで、立坑と既存の地冷プラントを新規熱配管を敷設することによって、蒸気を各地区内のDHCへ供給する。ここで、プラント内のボイラー設備が不用となり、余剰空間を創出できる。また、冷水は各地区内のDHCにおいて製造する。

現在大丸有地区では、全延床面積に対し蒸気82%、冷水28%の割合で熱供給がされている。今後、既存の地冷熱配管及び新規熱配管の敷設によって、地区内すべてのビルへ熱供給を行うことを想定する。

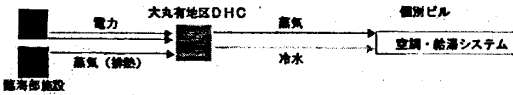


図10 熱系のシステム系統図

4-3-3 上水・中水に関する提案

上水は、地区内の給水管網へ二系統化を図り、個別ビルの受水槽を支援する。また、避難所及び東京駅などの重要な拠点へ立坑から直接供給することで、災害時の帰宅困難者への対応を行う。

中水供給は、すべてのビルへ立坑から供給する広域循環システムを導入することを提案する。

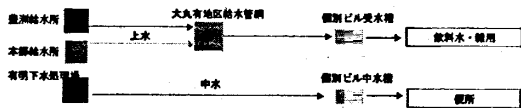


図11 水系のシステム系統図

4-4 各ライフラインの非常時の供給量の算定

大丸有地区では、災害時においても業務活動を維持することが要求されるため、災害時における各ライフラインからの必要供給量を把握しておく必要がある。そこで、今後容積率1300%で本地区の再開発が行われた場合を想定し、食糧及び各ライフライン(上水・電力・中水・温熱・冷熱)に関して、非常時の必要量を原単位⁴⁾を用いて算定した。(表3)

表3 各ライフラインにおける非常時の供給量

	帰宅困難者対策		ライフライン系			
	食糧 (食/日)	上水 (v/日)	電力 (kW)	中水 (v/日)	温熱 (GJ/h)	冷熱 (GJ/h)
非常時の必要量	2,797,713	49,188	158,153	4,446	171.2	519.0
ライフライン別	食糧	飲料水 生活用水	調理 その他 娯楽用水	電力・電灯 エレベーター その他 ポンプ所消費電力	便所 暖房 給湯	冷房

4-5 水系の供給ネットワークに対する検討

災害時、電力、熱、上中水が大深度地下インフラを活用して供給すると、上水・中水に関しては、その供

給元である豊洲給水所及び有明下水処理場等の既存施設から供給される事となる。そのため、施設自体が地震による被害を受ける可能性を考慮すると、必要量を確実に供給できるとは限らない。そこで、大深度地下の配水管内の水量を貯水量として考え、更に各事業所ビル毎で保有する受水槽の容量を常時供給量の1/2程度とすると、図に示す量の水量が確保される。不足量に関して、上水は非常時に自衛隊の活動拠点となる有明に応急給水槽を設け、中水は有明下水処理場に中水槽を設けることで補うことを提案する。

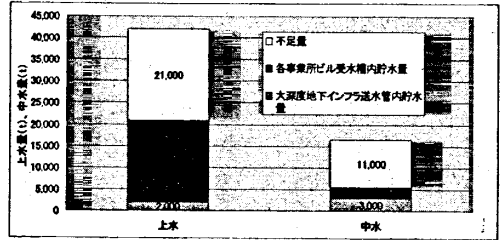


図12 上水・中水の貯水量と必要量の関係

5. まとめ

5-1 研究の成果

東京駅周辺地域では、災害時の帰宅困難者対策が必要であるにも拘らず、十分な対策はとられていなかった。そこで、大深度地下インフラの活用とそれに連動した浅深度地下空間整備、避難場所の開放等の提案を行った。最後に、上水・電力・中水・温熱・冷熱に関して、非常時の供給量の算定を行った。

5-2 今後の展望

本研究では、非常時における大深度地下インフラと浅深度地下空間の整備、立坑の計画を行ったが、常時における運用法を考えることが必要である。また、大深度地下インフラをどのようにして街の防災計画の中に取り込んでいくか、その為にどの程度のコストがかかるか等、維持管理の仕組みを検討していく必要もある。

参考文献

- 1) 『安全と再生の都市づくり』防災・復興問題研究特別委員会
- 2) 『大丸有地区防災の基本的考え方 帰宅困難者と企業セキュリティ』東京駅周辺・防災対策のあり方検討委員会
- 3) 『第9回都市地下空間国際会議 発表論文集』都市地下空間活用研究会
- 4) 『建築の光熱水源単位』尾島俊雄研究室
- 5) 『都心の地域冷暖房』丸の内熱供給株式会社

- *1 早稲田大学理工学部建築学科
- *2 早稲田大学大学院修士課程
- *3 早稲田大学大学院博士後期課程
- *4 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博
- *5 早稲田大学教授・工博