

東京都心部の大深度地下における多目的トンネル計画の提案とその特徴

-A proposal and its' characteristics of the multi-purpose tunnel in deep underground of Tokyo-

早稲田大学理工学総合研究センター大深度地下インフラ研究グループ

奥津 大 Masaru OKUTSU¹⁾、田中 正 Tadashi TANAKA²⁾
棚橋 一郎 Ichiro TANAHASHI³⁾、森 麟 Akira MORI⁴⁾

Recently, in metropolitan areas where many pivotal functions are concentrated, huge amount of urban utility facilities are needed to support its' functions. Most of these facilities are located crowded in shallow underground of public roads, and some facilities are becoming constructed in deeper underground. But the deep underground space is the only continuous and undeveloped space left for crowded urban areas. So well planned effective uses are expected. ¹⁾Ojima Lab. of the Waseda University has been proposing "the Underground-Space-Network Plan" that uses the deep underground space to support the capital city Tokyo toward 21st century.

Based on this plan, in this paper authors examined the functions of the deep underground infrastructure under both usual and unusual (emergency) circumstances and the outline of its' first route plan. The deep underground infrastructure consists of tunnel and the shafts which connect tunnel and the ground surface. The tunnel contains the facilities so called the lifelines and the new-urban-infrastructures, and function as the main line public work tunnel.

1. はじめに

首都東京の都心部では、近年の産業・経済の発展とともに政治・行政・経済・文化などの中枢機能が集積し、急速に高密度化・立体化した。また、これらの諸機能を支えるため、電力、上下水道、ガス、情報通信などの都市施設は拡充、更新を続け、現在では浅深度の地下に輻輳、重なり極限状態に達している。そして更に新たに地域冷暖房用の未利用廃熱の供給、ごみの搬送・処理、光ファイバー利用の通信回線などの地下空間への配備に対するニーズが高まっている。

一方、我が国は、地震多発地帯に立地しており、人口や産業が過度に集中している大都市部が大地震に襲われると、各種ライフラインが寸断され2次的、3次的な被害を招く。従来のライフライン施設は主に平常時の利用を中心に構築されており、災害時に対応したバックアップシステムの整備は必ずしも十分ではなく、都市の耐災性を向上させるための対策が進められている。とりわけ近い将来、東京直下型地震発生の可能性も指摘されていることから、首都東京の有する国際的な政治、経済などの中枢機能を保持し、また都心部に住み、働く人々の災害時における生活機能を保全するためにも、飛躍的に信頼性の高いライフラインを装備する事が要求されている。

ライフライン施設には、平常時には市民の“生活(life)”を支え、非常時には“生命(life)”を繋ぎ止める、

という大きく2つの機能が求められる。そこで本研究では、これらの要求に対応するために、他の構造物による空間の制約を受けず、かつ表層地盤よりも地震動の入力が小さく、しかも地盤が強固な大深度地下空間に、各種都市ユーティリティ施設を一体的に収納するライフライン幹線のネットワークを構築するための試行的な計画検討を行うものである。

2. 計画の概要

2.1. 整備概要



図-1 アンダーグラウンドスペースネットワーク構想

本研究の基礎となっているアンダーグラウンドスペース・ネットワーク構想(図-1)は、早大尾島研究室に

1)Student, Graduate School 3)Visiting Prof. 4)Prof. Emeritus, Waseda Univ., 3-4-1, Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, JAPAN

2)HAZAMA CORPORATION, Technical Research Institute, 515-1, Karima-aza-Nisimukai, Tsukuba-shi, Ibaragi, JAPAN

本研究の基礎となっているアンダーグラウンドスペース・ネットワーク構想(図-1)は、早大尾島研究室により20年ほど前に提唱された。1970年代以降の東京の急速な都市化・過密化が進展する中で、その速度にインフラストラクチャーの整備更新が追いつけなくなっている状況から、この構想では21世紀の東京を支える都市インフラを構築する方策として、東京都心部の大深度地下に新・幹線共同溝を建設し、それを基盤に、地表にあふれ、行き詰まっている都市施設の再整備を推進することを提案・検討してきた。

本研究ではその具体化に向け、大深度地下インフラ施設の機能と収納施設の種類の、トンネル規模を含む第一期ルート計画について検討を行った。この施設は、トンネル部と立坑によって構成され、トンネル内にはエネルギー、情報、各種水道および輸送システムなどを収納する空間を確保することとした。各施設の規模などは、将来の東京の中心市街地全域におよぶ基幹的なネットワークの一部としての機能を担うことを前提として検討した。立坑は、トンネルルート上のいくつかの拠点に設けられ、トンネル内の各種施設を地上へと導き、平常時利用のためのステーションとして、また非常時にはその地域のライフスポットとしての役割を持たせることとした。ライフスポットとは、大深度地下インフラネットワークのノードを広域災害時に地域に電力、水などを供給し、緊急物資などを備蓄する防災拠点として整備する施設である。

このシステムに収納される施設の候補としては、①物流システム、②地域冷暖房用の熱供給、③高圧電力、高圧ガス幹線、④高度情報ケーブル、⑤上・中・下水道幹線、⑥非常通路などが考えられる。このうち③高圧ガス幹線や⑥非常通路は、保全対策に多くの問題があることから今後の検討課題とした。

以上のような基本的な検討、特に物流システムの諸元を踏まえ、大深度地下インフラの規模(断面)は直径約10mとすることとした。

大深度地下インフラ施設は、将来の東京区部における次世代の「幹線共同溝」のネットワークとなるものである。すなわち、従来から進められている主要国道沿いの「共同溝」を補完しつつ、それ自体で独立した機能も併せ持ち、将来の大災害時においても機能し続け

る「スーパーライフライン」として、高度の耐震性を具備した施設として整備を図るものである。

2.2. ルートの設定

本研究では実現に向けての第一期計画として、基本ルートの中でも都心部および副都心部を結ぶ最もニーズの高い地区を選定し、その地区を通るルートを候補として検討を行う。第一期ルートの平面図を図-2に、断面図を図-3に示す。

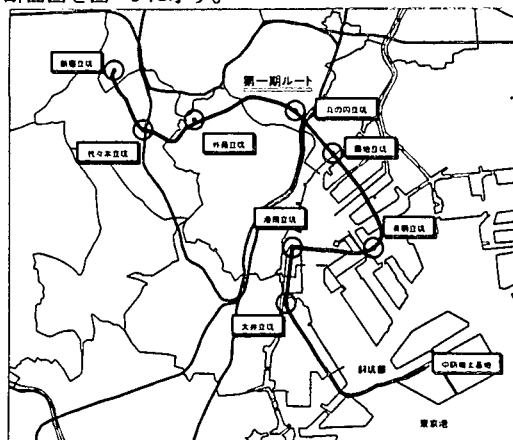


図-2 大深度地下インフラ第一期ルート

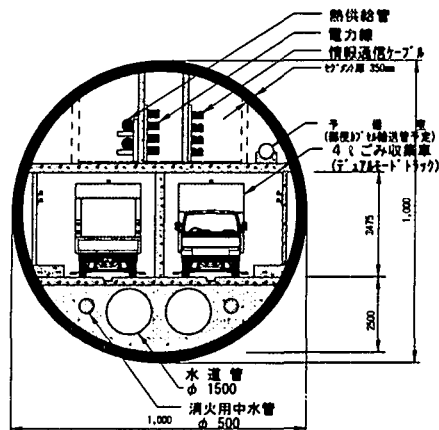


図-3 トンネル断面図

第一期ルートは中央防波堤基地より、大井立坑、港南立坑、有明立坑、築地立坑、丸の内立坑、外苑立坑、代々木立坑を経て新宿立坑に至る延長約25kmのルートとし、立坑近傍の重要施設への都市ユーティリティの供給を目的とする。大深度地下インフラ施設はこの地域の大深度に存在する安定した土層中に構築する。

トンネル断面上段には、電力線、通信ケーブル、熱

供給用蒸気管、および予備室、中段には物流用のトラック専用通路が上下2車線、下段には送水管式応急給水槽となる上水管および消火用の中水管を各2本それぞれ配置する。

3. 大深度地下インフラの機能

3.1. 平常時の機能

主に平常時の利用を考えたライフラインとして、上水道管路、電力、情報通信の各ケーブル、物流システム（ごみ搬送を含む）および熱供給管路を収納する。

3.1.1. 物流システム

東京23区内では全走行車両の53%を占める物流車両が、都市内の幹線道路での慢性的な渋滞や大気汚染の要因ともなっている。この状態を改善するための方策としてデュアルモードトラック(DMT)方式の地下物流システムの導入が有効であると考えられる。

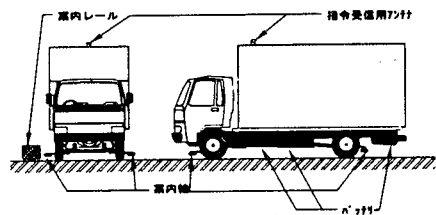


図-4 デュアルモードトラック

DMT(図-4)は、動力として電気を使用し、システム外では一般道路を有人で、システム内では地下専用道を無人自動走行することを検討している。DMT方式の場合、コンテナ台車方式やカートレイン方式などと比較して次の点で有利であるとされている。①輸送容量が大きい、②走行速度が速い、③合流が容易、④積み卸しが不要、⑤既存の技術で開発可能。一方、課題としては電気自動車の技術の確立が上げられる。特にバッテリーの小型化、大容量化が必要である。

計画では都市内システム中心に構成するので、DMTの大きさは、市街地内の小口運送にも対応できる4tトラックを標準とした。後述するごみ搬送が、主に2ないし4tトラックで行われていることもこれを採用した理由の一つである。ただし、本格的な物流システムとして活用するためには広域的なネットワークを構成することが不可欠である。建設省の推計では、東京都区部で地下鉄並のネットワーク延長を想定した場合の整備効果は、①自動車走行台・距離の15%削減、②エネ

ルギー消費量の20%削減、などとなっている。また、物流システムとして活用する場合、公共と運送会社との間の建設費用負担、地下空間の占有権の問題などがクリアされなければならない。

そこで、長期計画としては将来ネットワーク完成時にトラック輸送の一部を分担する地下物流システムを導入するものとするが、中・短期的な計画としては、近年社会的な大課題とされている「ごみ問題」の解決にもつながるごみ搬送を主として考えることとする。また、災害時には緊急物資運搬路としても活用できる。

3.1.2. ごみ搬送システム

東京都区部では約4,000台(平成5年度)の清掃車が年間約452万トン(平成4年度)のごみを搬送している。東京都のごみの量は平成元年をピークとして減少傾向にあるが、長期的に見てごく緩やかながら増加していくものと予想されている。

東京都では可燃ごみについて、自区内処理を目指して清掃工場の建設計画を進めており、平成8年度にはごみ焼却能力が可燃ごみ排出量を上回ると予想している。現状では、今回の計画ルート沿いの千代田、中央、港、新宿の他、全部で11区で現在清掃工場がまだ整備されていない(図-5)。これらの区では、現在のところ他の区の子供工場に処理をしてもらっているが、今後の建設も用地、立地条件等の問題があり困難な状況である。例えば、千代田、中野などでは建設方針の大幅な見直しをせざるを得なくなっている。そこで、本計画では中央防波堤に大規模な共同の清掃工場を建設し、

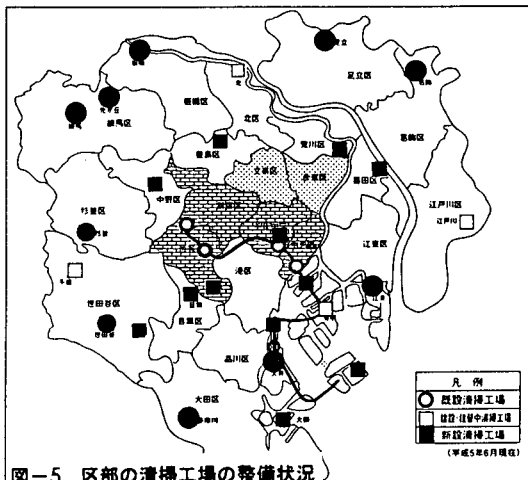


図-5 区部の清掃工場の整備状況

ルート沿線のごみを一括処理することを考える。大規模な共施設を建設すれば、小規模な施設を複数建設する場合と比べて経済的となるほか、リサイクルやごみ焼却廃熱の利用、焼却熱を利用した発電などを効率的に行うことも可能となる。

3.1.3.地域冷暖房システム

東京の産業、経済の発展にともないエネルギー需要が増大した。エネルギー需要密度は、都心・副都心、ターミナル駅周辺を中心に大きく、特に第一期計画対象区域においては際だっている。

一方、経済的な面だけではなく地球の温暖化対策熱源として、都市の未利用エネルギー(廃熱)を活用することは時代の要請となっている。東京23区における未利用エネルギー総量は約28,000Tcal/年(平成元年)であり、その内訳はごみ焼却場35%、下水処理場31%、発電所15%などである。都市廃熱の一部は地域冷暖房に活用されているが、区部で活用又は計画されている約50ヶ所(平成5年)のプロジェクトのほとんどがガスや電力によるもので、都市廃熱を有効活用したものは数少ない。廃熱利用コストは、清掃工場、発電所、下水処理場、変電所の順で高くなる。以上を鑑みて、今回の計画では火力発電所および清掃工場の廃熱を利用した熱供給を検討する。

3.1.4.法律的位置づけ

現行の共同溝法^{*)}において、共同溝内に物件を収容できる公益事業者として定められているのは、①第1種電気通信事業者、②電気事業者、③ガス事業者、④水道(用水供給)事業者、⑤工業用水道事業者、⑥公共下水道管理者他の6者である。しかし、最近の社会情勢の変化などから対象を①石油パイプライン事業者、②熱供給管事業者、③廃棄物処理管路事業者などに拡大する必要性が高まってきている。このような改正が行われれば、大深度地下インフラの共同溝としての整備効果が向上すると考えられる。(*)：「共同溝の整備等に関する特別措置法」J1963.4.1 制定)

3.2.非常時の機能

3.2.1.対象地域と重要施設の概要

広域災害などの非常時には救急・救命作業、消火、避難誘導など市民の生命を守るための活動、正確な情報の収集伝達などを担う施設は非常に重要となる。本

計画では、これらの重要施設が非常時にも必要な活動が維持できるようライフラインのバックアップを行うことを目的の一つとしている。調査対象地域を、ルート沿線の品川、港、中央、千代田、文京、渋谷、新宿の7区とし、各区内の供給対象重要施設として、中央省庁、都庁・区役所、警察署、消防署、病院、防災指定機関などを考える。

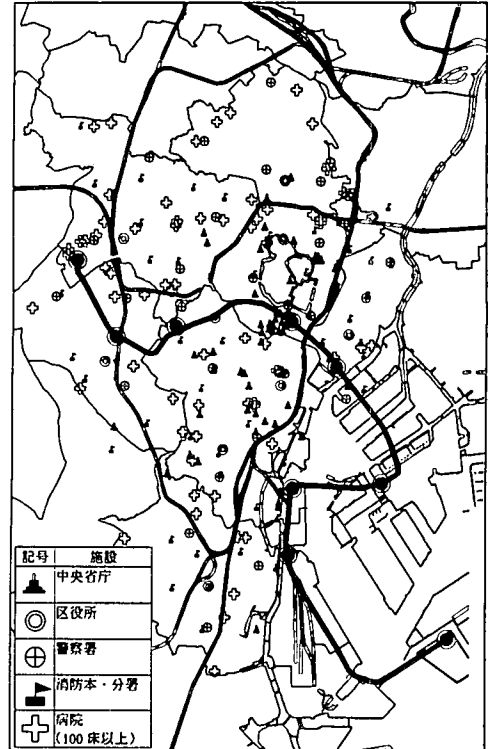


図-6 都心区の重要施設の分布

個々の施設について見ると、現代医療は電気と水によって支えられていると言われ、病院ではそれらを大量に必要としている。広域災害時には、入院患者に加えて次々に重軽傷者が運び込まれてくるが、水や電力が必要量供給されなければ、時間と共に重傷者数及び死者数は激増する。また、大都市に依然として存在する木造密集市街地は、火災により大被害を生ずる危険性が高い。これに備えて、地震発生後の火災の防止、迅速な消防活動が重要であり、消防用水の供給を確実にする必要がある。公的機関は広域災害時には対策拠点となり、市民の安全を確保するためにも平常時の機能を維持する必要がある。特に情報の収集・整理・伝

達のための情報通新機能や様々なデータを管理しているコンピュータ等のための電力は必要不可欠である。従って、特にバックアップが必要なライフライン施設は、通信・電力・上水道であると考えられる。重要施設の非常時の役割や連携を図-7に示す。

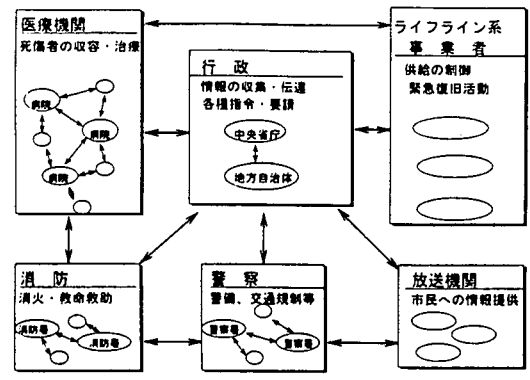


図-7 重要施設の非常時の役割と連携

3.2.2.重要施設の建築設備の現状

これらの施設のライフライン関係の設備の状況を把握するために、各施設の建物・設備概要、非常時の各設備の重要度、非常時の電力・水の容量などに関するアンケート調査を行った。庁舎、病院、業務、商業施設、および、東京都地域防災計画で指定している庁舎を除く行政機関や放送局などの防災指定機関、避難場所に指定されている教育施設を調査対象とした。総配布数306件、総回収数183件、回収率59.9%を得た。

各建築設備の重要度についての5段階評価(図-8)では、全ての施設で「電源設備」と「通信設備」が「5：大変重要」から「4：かなり重要」の間で最も重要と考えられ、次に「給水設備」が挙げられる。病院は全ての設備を「3：重要」以上と位置づけている。

非常時(停電又は断水時)に自給するための方針の有無を施設ごとに図-9、10に示す。非常時の重要施設と考えられる庁舎・防災指定・病院では、約60~90%の施設が自家発電装置・蓄電池など電力バックアップシステムを有している。業務、商業も約75~90%と高い割合となっている。これは、現在各種業務機能が電化、コンピュータ化されてきている事によるものと考えられる。また重要施設では、非常時に平常時の25~40%の単位面積電源負荷を必要としている。

断水時の上水の供給方針の有無は、全施設で30%以

下である。特に庁舎と教育が10%以下と低い。過去の地震災害時の例では、上水道の復旧には電力の数倍から数十倍の期間を要するため、非常時の給水設備の充実が必要と考えられる。

非常時の業務の継続可能時間と希望時間を図-11に示す。可能時間は、ライフラインの機能が停止した場合現在保有している建築設備、備蓄燃料・水等で業務を行える時間であり、希望時間は、同様の場合に希望する業務の継続時間である。希望時間と可能時間とを比較すると、防災指定では可能時間は希望時間の約50%(72h)、庁舎・病院は共に約30%(30~40h)となっている。災害時には、発生から72時間の間の対応が特に重要とされており、重要施設の現状の自給体制は十分とは考えられない。

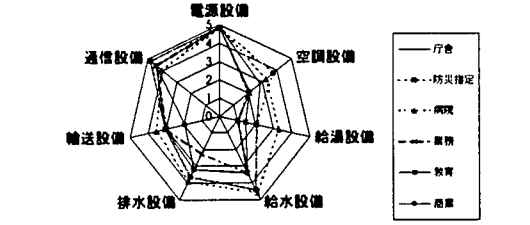


図-8 非常時の建築設備の重要度

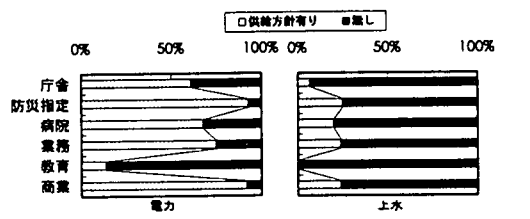


図-9 非常時の電力・上水の供給方針の有無

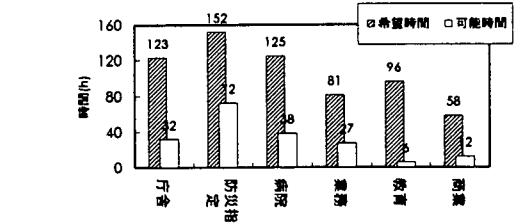


図-10 非常時の業務継続時間

3.2.3.大深度地下インフラによるバックアップ

ライフラインは、都市の基盤施設として大規模なネットワークを形成しており、場所によって耐震性が必ずしも様ではない。そのため地震によって弱い「点」が破壊されるとその被害は「面」的に広範囲に及ぶ。地

震の際、大きな被害を受けるのはライフラインネットワークの末端であり、幹線的な路線は十分な耐震性を持っているため一般的に被害は軽微である。しかし、末端にまで高い耐震規格を用いることはコストの面からも合理的な解決策とは言えない。

東京都による地震被害想定では、全面復旧に電力が7日、上水道が20日かかる다고されている。上水道の機能支障率が思いの外低い。これは、都内の浄水場、給水場及び応急給水槽に87万t余りのバックアップがあることと、消防庁が消火用水として1,400ヶ所の貯水槽を準備していることによるものである。しかし、現段階では輸送、運用方法などに課題を残している。一方、重要施設の非常時のエネルギー自給体制が十分ではない事はアンケート結果から明らかであり、より安全性を確かなものにするためにもライフラインのバックアップシステムの確立が急がれる。

以上のような災害時におけるエネルギー等の供給・需要両面の問題を解決する方策として、大深度地下空間に幹線共同溝を構築する効果は非常に大きいと考えられる。その為、「スーパーライフライン共同溝」は平常時の機能を生かしながら、十分な耐震設計を行うことにより地震災害時にもその機能を維持できるように図る。大深度地下インフラによる重要施設のバックアップの概念を図-12に示す。

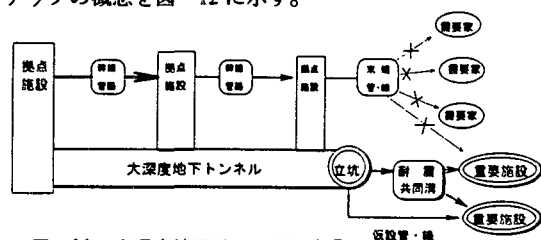


図-11 大深度地下インフラによる

ライフラインのバックアップ

具体的には、大深度地下インフラによって非常時下にも飲料水、消火用水、電力および通信回線を確保する。トンネル下段に設置される上水道管は応急給水槽であり、既設の幹線水道管と接続され、平常時には約3日で中身が入り替わるように循環させる。現在検討しているφ1,500の管2本の場合、約7万m³の上水を保有することができる。この量は、飲料水の必要最少量を3ℓ/人・日とすると、約340万人の一週間分の飲料水に当たる。消火用中水管には、落合処理場から高度処

理水を流す。足りない場合には、東京湾の海水を引き入れることもできる。この他、電力線、通信線を立坑から耐震性の支線を通して重要施設と接続してその機能をバックアップする。また、立坑は緊急物資備蓄するなど、防災拠点（ライフスポット）として整備する。ネットワーク末端の被害に対しては、立坑から仮設の管・線を敷設して供給をするという応急的な手段も考えられる。また、平常時に主にごみ搬送に使用するDMTおよびその通路は、非常時には水・食糧などの緊急物資の輸送、災害後の瓦礫の埋立地への搬出などに用いることができる。

4. 計画実現の可能性

4.1. 構築方法

大深度地下インフラは、準岩盤に当たる土丹層内に最新のシールド工法を用いて構築する。土丹層を利用することで、様々なメリットが得られる。さらに覆工および立坑の合理的な設計、施工法の研究開発によりコストダウンが図れると考えられる。

4.1.1. 土丹層の利用

第一期ルートの縦断面図を図-13に示す。ルートの大部分が通るGL-50~100m以深には土丹層と呼ばれる準岩盤が分布している。東京の土丹層は洪積層前期に属し、一般に上総層または北多摩層に分類されている。厚さ数百mの固結した海成層である。この層は、一般の泥岩より軟質で、粒土的分類では粘土またはシルトに属するものが多く、上載圧力および地下水中の溶解物質によるセメンテーションで固結したものである。既往の調査結果によると一軸圧縮強度は10~30kgf/cm²程度で、層表面から深くなるほど、また細粒分が多いほど増加する傾向にある。GL-100m付近では強度30kgf/cm²程度と考えられ、相当に良好な地盤である。

東京都区部における土丹層表面までの深度は南部で浅く、北東に行くほど深くなるような傾斜をしている。東京駅と代々木駅とを結ぶ線がほぼGL-100mにあたり、その線以北では急激に深度が大きくなり土丹層の利用は困難となる。

この土丹層中に大深度地下インフラを構築するメリットとしては次のようなものが挙げられる。①土丹層中では作用土圧がわずかなものとなるので、トンネル

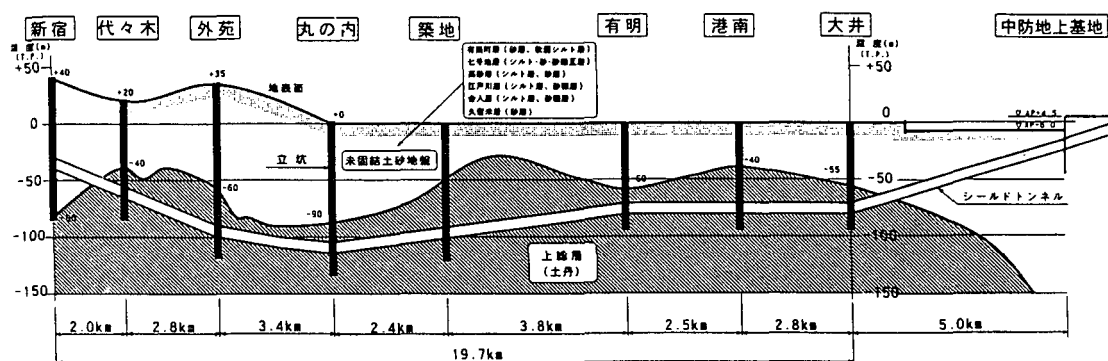


図-12 計画ルートにおける概略地盤断面図と立坑位置

覆工は大深度土砂地盤中のものに比較してかなり経済的なものにできる可能性がある。②立坑下部の切り上げおよびトンネル断面の拡大、立坑やトンネルへの新規トンネルの接合などはGL-40～50mの滞水土砂地盤に比べてはるかに有利といえる。③単一で強固な地盤内を通るため非常に耐震性に優れている。④地下水流への影響や地盤沈下がほとんどなく立坑付近をのぞいて環境に与える影響を低く抑えられる。

4.1.2.トンネルに関する技術的課題

本計画では、地盤条件、経済性などを考慮するとシールド工法による掘進が適すると考えられる。ただし、ルートはこれまでにないほど大深度施工になる。そのため、大深度シールド工事について検討すべき点は多く、特に高水圧に関する課題が重要となる。具体的には、高水圧下でのシールドカッター駆動部土砂シール、テールシール、およびセグメントシールの止水性の検討・向上が必要と思われる。

また、長距離・高速施工および異種土質に対応可能なシールド機に関する検討も必要である。第一期ルートでは、斜坑部も含めた平均区間長は約3.9km(max.5.0km,min.2.0km)であり、既往の工事深度であれば技術的に可能な距離である。

4.1.3.立坑に関する技術的課題

大深度の土砂地盤では掘削時における底面の安定確保が難しく、事故の原因となることが多い。しかし、第一期計画では立坑下部が土丹層中になるため底面の安定が容易になるほか、土砂地盤の場合より壁圧を薄く、根入れ長を短くすることが可能となる。

立坑は、地中連続壁工法によって構築する。この工

法の大深度化に対応するための課題としては、掘削機、掘削制度管理、安定液及びコンクリートの品質、継ぎ手部の設計などに関する現状技術の改良や新技術の開発の必要性が挙げられる。特に掘削深度が50m以上の大深度立坑の施工実績が少ないため、壁に作用する側圧などの計測データも少なく、大深度立坑の挙動は十分解明されていない。従って、現状では中浅深度の立坑に対する設計を準用しており、必ずしも合理的な設計とはいえず、その改善が必要である。

4.2.コストと便益および事業化方式

新しい都市インフラとしての大深度地下インフラの導入に当たっては、まずシールドトンネルおよび大深度立坑の建設コストが問題とされよう。さらに立坑部には物流(ごみ搬送)システムのためのステーションとエレベータなどの機械設備、水道関連のポンプ設備、熱供給関連の交換・加圧用の設備、電力用の交換機、通信用の中継・交換機などの機械や設備を収納する必要がある、これらに関する費用も問題となる。

建設コストについては、地下の工事は地上よりもはるかに費用がかさむが、地下工事費は技術開発などによって減少する傾向にある。シールド工法で建設する場合、工事単価は $y=682.20e^{-726.58}(\text{千円/m} \cdot R2 \text{ 乗} -0.518)$ という傾向を示し、シールド径10mでは約600万円/mである。これに従えば、トンネル工事費は約1,500億円となる。なお現状では民地の大深度地下の利用については法的な規制があるが、将来利用が可能となれば施工距離の短縮、急曲線部施工が無くなるなどコストは軽減される。また、立坑については土丹層を

建設技術

- 土地の活用
- ロード工法
- 大深度・高層
- 長距離・安全な施工
- 都市計画

平常時機能

- エネルギーの有効利用
- 化石燃料・都市熱源など
- 安全性・経済性
- 道路・材料・発熱の削減
- 省エネ・省電力

非常時機能

- インフララインのメンテナンス
- インフラネットワーク
- 重要施設の情報管理
- 防災への向上

大深度地下インフラ

これまで述べてきたように、大深度地下インフラは「環境」、「エネルギー」、「防災」と言った多くの都市問題に対する解決策となる極めて公共性の強い施設と言える。このようなインフラ施設は、半永久的に多目的な公共空間を提供し得ることも考え合わせると、幹線道路に匹敵する公共施設として、その建設費は国や都が負担することを基本としても良からう。その上で、これに収納される公共、公益的な個々の施設については前述のように占有空間、固有の設備に関わるコストを負担すると共に、トンネルや立坑の維持、管理コストを分担することを原則として、個々の施設の費用・効果のバランスが採れるか否かについての検討を進めることとする。さらに、平常時機能に加えて災害時機能に関する費用・効果の検討を行うことも重要であり、今後の検討課題である。

早稲田大学理工学総合研究センターでは、平成5年度よりプロジェクト研究として「大深度地下インフラに関する調査研究」を実施している。本プロジェクトは、早稲田大学理工学部教授小泉淳、尾島俊雄を研究代表とし、熊谷組、佐藤工業、西松建設、ハザマ、フジタ、前田建設工業の6社と共同研究を行っている。



- 1) 大塚田地下のあり方調査第134号/日本防災連行
- 2) 交通公社山手線延伸形成のための物流/土木学会資料/現勢庁
- 3) 地下利用都市研究会編「4-供給/土木に関する調査研究報告書」
/(財)エングニツク 振興協会
- 4) 東京のごみ・その量と質/東京都庁編 1993.12
- 5) 都市ガスによる地域冷暖房の紹介/地域冷暖房/ノット他/東京ガス
- 6) 東京都における地震被害の想定に関する調査研究/東京都防災会議 H3
- 7) 土木学会第50回年次学術大会発表要集
第Ⅲ部 pp.1082-1091、第Ⅳ部 pp.464-469
- 8) 地下空間利用/「ド・ア・ツク」/(財)エングニツク 振興協会
- 9) 地下空間利用/「ド・ア・ツク」/第3.4/(財)エングニツク 振興協会
- 10) 新都市物流/「ド・ア・ツク」/建設省土木研究所