

東京の地下を走る

巨大共同溝

日比谷共同溝の内部。交通量の多い国道1号線の地下にライフラインが収容される。

東京都心の日比谷の地下約40mに延長距離約1500m、直径約7mの巨大な共同溝の建設が進められている。現在、工事はライフラインを収容するための設備工事の段階に入っている。人目に付かない地下深くで、渋滞を緩和し、ライフラインを災害から守る大動脈の工事が着々と進んでいる。

都市の地下を走るライフライン—共同溝

ジュール・ベルヌの「地底旅行」、エドガー・ライス・バローズの「地底の世界ペルシダー」、最近ではハリウッド映画「ザ・コア」など、地底・地下を舞台にした数々の作品が生み出されている。「地下」は、現在でも我々の想像をかき立てる様々な謎に満ちている。空想の世界では遙かな地下深くが舞台であるが、一方の現実の世界では、より地上に近い浅い深度の地下の利用が進んでいる。

地下の利用の歴史は古く、近代的な設備ではロンドンの地下鉄の開業が1863年、わが国では1927年に現在の銀座線の浅草駅と上野駅の区間が開通している。また、日本で初めて地下街が作られたのは1927年に営業を開始した神田の「東京地下鉄道」の地下街（神田須田町地下鉄ストア）といわれている。

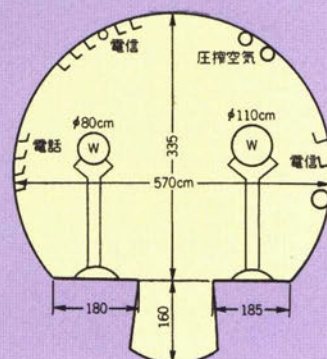
近代的な地下設備の例として、「共同溝」を忘れることはできない。共同溝とは、電気、ガス、上下水道、通信などのライフラインを、道路の地下のひとつの空間にまとめて収容するための設備である。世界で初めての共同溝は1833年にパリで建設され、下水管、電話ケーブル、交通信号ケーブルのほか、当時は動力源として利用されていた圧縮空気管などが収容されていた。世界初の共同溝はコレラの大流行の原因となった下水処理対策として建設さ

れたが、現代の共同溝には大きく2つの役割が期待されている。

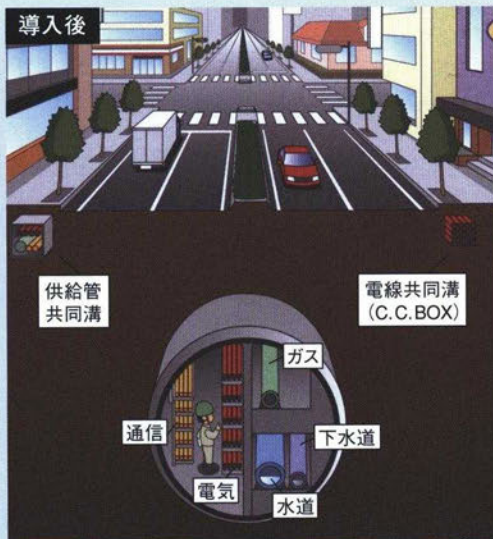
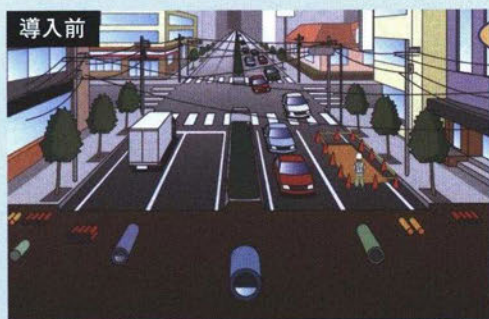
その1つが、交通渋滞の緩和である。東京23区内の路上工事の約8割が通信・電気・ガス・水道などの掘り返し工事であり、「工事渋滞」の原因となっている。これらのライフラインはメンテナンスが必要であり、その際地表から地面を掘り起こして目的の管路にアクセスする必要があるためだ。渋滞による経済的な損失は120億円にのぼるという試算もあり、環境対策としても交通渋滞の緩和は重要な課題である。そこで、これらのライフラインをひとつの空間に収めることで地上からの掘り返し工事によるアクセスを不

■パリの共同溝（1833年）の内部構造

当時、ヨーロッパを襲ったコレラの大流行の後、パリでは、汚水と汚物を分離する「乾式下水道」が採用された。日本人で初めて共同溝を眼にしたのは渋沢栄一といわれ、1867年のパリ万博に派遣された際の「航西日記」に下水渠の様子が書かれている。



■共同溝の導入によるメリット



●東京23区内の道路工事の内訳



導入前(左)は電気、通信、ガス、上下水道などがそれぞれ地下に埋設されているために、掘り返し工事が頻繁に発生する。導入後(右)は共同溝により掘り返し工事が激減し、交通渋滞を緩和できる。電線の地中化により、街並みから電柱の姿も消えている。

(国土交通省東京国道事務所資料より作成)

要にする共同溝が有効になるのである。

もう1つの役割が、災害対策である。地表と比較して地下は災害、とくに地震の影響が小さいことが知られている。1995年の阪神・淡路大震災では、神戸市内の共同溝内のライフラインはまったく無傷の状態であった。堅固な構造を持つ共同溝にライフラインを収容することで、災害からライフラインを保護し、万一の際には速やかな復旧を助けるという役割を担っているのである。

また、海外では景観や古い街並みを守るために、共同溝を活用している例もある。

一般的に共同溝には、ライフラインの基幹となる重要な部分が収容される。基幹から「供給管共同溝」と呼ばれる小規模な共同溝へ分岐していく。また、電線や光ファイバーなどを収容する電線共同溝(C.C.BOX:Community/Communication/Compact Cable Box)は歩道の地下に設置されることが多い。

主なトンネルの工事方法

共同溝を建設するには、まずトンネルを掘らなければならない。トンネル工事では、建設地の地盤の固さや周辺環境に応じて、最適なトンネル工法が選択されるが、代表的なトンネル工法の例を4つ紹介する。

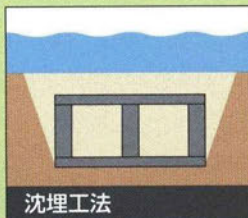
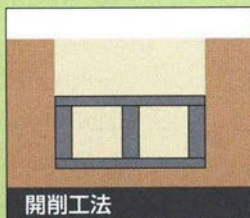
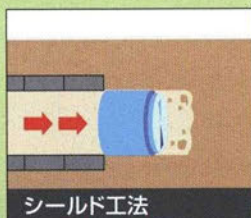
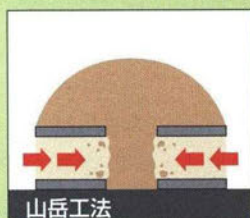
1つ目の山岳工法は、横方向にトンネルを掘り進めながら、掘った地山が崩れくずれないように木材などで支えていく方法だ。木材の代わりに鋼材が用いられるようになったのは、昭和20年代といわれる。現在は、NATM(New Austrian Tunneling Method, ナトム)工法と言って、吹付コンクリートと鋼製の支保工やロックボルトを用い、トンネルとその周囲の地山を一体化させることによって、強固なトンネルを

形成する工法が主流となっている。

2つ目は、シールドマシンを利用するシールド工法である。掘削と同時にセグメントと呼ばれる構造物で内壁を組み上げながらトンネルを掘り進む。軟弱な地盤でも工事が可能で、最近のトンネル工事に多用されている工法である。

比較的浅い深さの地下鉄や地下街などの建設に用いられる工法として、開削工法がある。これは、いったん地表からトンネルを掘り、構造物を構築した後、埋め戻す。

また沈埋工法といって、あらかじめ鉄やコンクリートでトンネルの一部分を作り、海底や川底に沈めた後に接続してトンネルを作る方法



がある。昭和19年に完成した大阪市安治川の水底トンネルが、日本で最初の沈埋工法の例といわれる。

整備が進められている東京の共同溝

わが国で初めての共同溝は、関東大震災による帝都復興事業の一環として、当時の帝都復興院総裁である後藤新平の発案により建設されたとされる。1925年には九段坂、八重洲通り、浜松金座通りの3箇所です験的に整備されており、このうち九段共同管道が最大であった。九段共同管道は、幅約3m、高さが約2mのコンクリート製の箱状の共同溝で、街頭や市電用の電力線、水道、ガスのほか、通信省気送管、陸軍電話、警視庁電話などの通信線が収容された。

戦後、1950年代になると都市部で交通渋滞が起るようになり、渋滞緩和の対策として共同溝設置の検討が行われ始めた。そして1963年に共同溝の整備等に関する特別措置法（共同溝法）が制定されたことを皮切りに共同溝の整備が進められ、現在まで三大都市圏を中心に全国で500km以上が整備されている。

国土交通省東京国道事務所が管理する東京23区内の国道10路線（延長距離162km）のうち、現在までに111kmの共同溝の整備が完了し、約7割の部分で共同溝の整備が進んだことになる（2008年4月現在）。しかし、未整備の部分でも各事業者が独自に単独洞道を建設し、地中化を進めている場合があり、ライフラインの地中化はほぼ完了しつつある。東京国道事務所では、今後は無電柱化のためのC.C.BOXの整備などを進めていく計画である。

現在、東京都内で工事が進められている共同溝は、日比谷共同溝、三田共同溝、八潮共同溝等の6箇所である。このうち日比谷共同溝は2005年に虎ノ門立坑から日比谷立坑までのトンネルが貫通し、多くのメディアで取り上げられた。また「東京ジオサイトプロジェクト」として工事現場の見学会を開催するなど、積極的な広報活動が行われ話題となった。

日比谷共同溝への最新技術の適用

日比谷共同溝は、東京都心の港区虎ノ門1丁目から千代田区有楽町1丁目にいたる国道1号線の下に建設されている。虎ノ門立坑を発進立坑とし、桜田門立坑を経て、日比谷立坑に至る延長1424mのトンネルである。

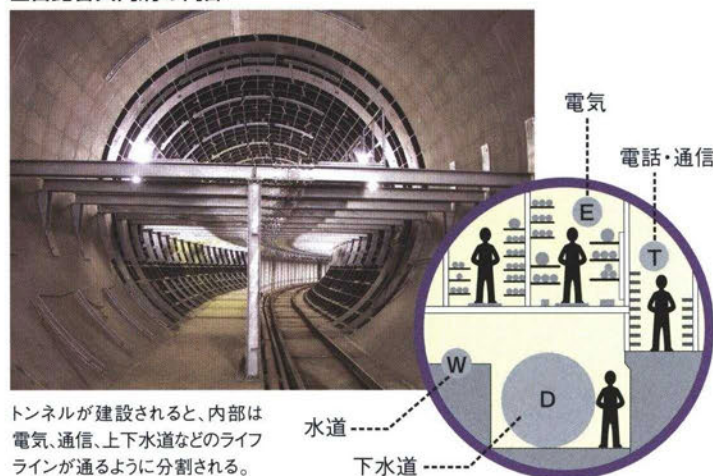
日比谷共同溝では土質が洪積世砂質土、洪積世粘性土であることを考慮して泥水式シールド工法が採用さ

■東京の共同溝整備状況

東京23区内の国道10路線162kmのうち、現在まで約7割の共同溝の整備が進んでいる。図中の「未整備」の部分でも、各事業者が独自に単独洞道を建設している場合が少なくない。「洞道」とは、人が立ち入ることができる通信ケーブルなどが設置された地下工作物をいう。



■日比谷共同溝の内部

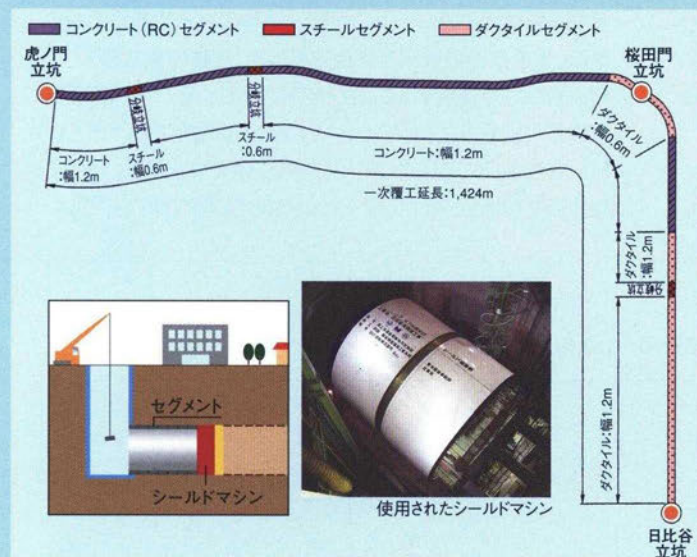


れた。またトンネルは、桜田門立坑付近で急激に曲がる部分が存在する。この部分は、曲線半径がR=60mで、そのほかの曲線部分（R=200m）と比較しても急激に曲がっている。このため掘削には、中折れ式のシールドマシンが採用されている。

シールド工法によって作られた共同溝は、地中からの湧水はほぼゼロに抑えられており、排水は侵入した雨水や結露した水を対象としている。また、工事中は自動車トンネルのような強制換気は行わず、空調は自然換気に任せている。共同溝の完成後は通常のトンネルと同様に定期的な点検が行われるが、セキュリティ上の理由により点検頻度などの詳細は

■日比谷共同溝のシールド工事

日比谷共同溝は、東京都心の港区虎ノ門1丁目から千代田区有楽町1丁目に至る延長1424mのトンネルである。虎ノ門立坑を発進立坑とし、桜田門立坑、日比谷縦坑に至る。工事区間は地下鉄、NTT洞道、東京都水道局管渠の下を通過するため、慎重に工事が進められた。シールドマシンは60分割されて虎ノ門立坑から搬入され、内部で組み立てられた。



■使用された各種セグメント

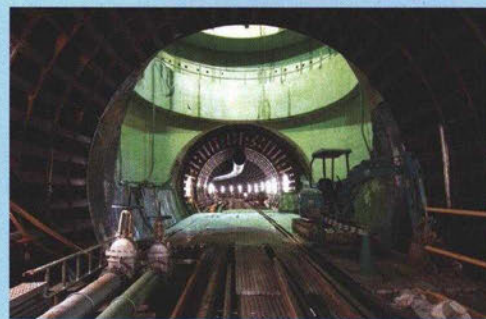
強度やコストなどの条件によって、RCセグメント、ダクタイルセグメント、スチールセグメントの3種類が使い分けられた。このうち土圧が大きい場合や、地盤が軟弱な場合には、高い剛性を持つダクタイルセグメントが用いられた。スチールセグメントは、軽量で十分な強度を有し、分岐立坑を設置する部分に用いられた。



スチールセグメント



ダクタイルセグメント



立坑とR60mのカーブが出会う桜田門立坑付近。手前にダクタイルセグメント、立坑部分にスチールセグメントが使用された。

公開されていない。現在、シールド工事は完了し、下水用配管などの搬入や、配管の支持台などの工事が進められているところである。

（用途に応じて選択される各種のセグメント）

シールド工法では、トンネル本体を構成するセグメントと呼ばれる分割されたブロックが使用される。日比谷共同溝では、強度やコストなどの条件によって、RCセグメント、ダクタイルセグメント、スチールセグメントの3種類が使い分けられている。RCセグメントは標準的な区間で使用され、使用区間が最も長い。土圧が大きい場合や、地盤が軟弱な場合には、高い剛性を持つダクタイル（球状黒鉛鉄）製のセグメントが用いられている。また、トンネルが急激に曲がる部分にもダクタイルセグメントが用いられている。シールドマシンは後部に取り付けられたジャッキが組立済みのセグメントを押し付けることで推進力を得るため、トンネルが急激に曲がる部分では、施工時にカーブの内側と外側でセグメントに不均一な力が

かかってしまう。そこでこの部分には、剛性の高いセグメントを使用する必要がある。またスチールセグメントは、軽量で十分な強度を有し、水密性に優れるなどの特徴があり、分岐立坑を設置する部分に用いられている。なお、スチールセグメントには、漏水や腐食の防止、強度の補強などを目的としてコンクリートを内側に打設（充填）する二次覆工が施されている。

（高まる大深度地下利用への期待）

上下水道や電気、ガス、電気通信などの様々なライフライン、地下鉄や地下街など、大都市の地下空間は過密状態にある。例えば東京都内の国道には道路1kmに対して約33km分の電信電話、電気、ガス、上下水道などの管路が収容されているという。そのため、新たに建設する地下設備は既設の構造物に支障のないように建設されるため、その深度は年を追うごとに下げざるを得ない。

大都市における地下利用の広がりや大深度化を受け、2001年

特徴あるシールドマシンとカッタービット

シールド工法は、イギリスのブルネルが、船の木材を食べながら後を固めていくフナクイムシからヒントを得て考案したといわれ、現在まで多くのトンネルで採用されている工法である。シールド工法で用いられるシールドマシンは基本的には円筒形であり、円形の断面のトンネルを掘ることができるが、最近ではトンネルの形状や作業効率向上のため、さまざまなシールドマシンが使用されるようになっている。

例えば、日比谷共同溝にも用いられた中折れ機構を持つシールドマシンは、従来のシールドマシンと比較して半径の小さなトンネルの掘削を可能にしている。さらに、シールド部分が回転するシールドマシンを用いた球体シールド工法では、トンネルを直角に掘進することができ、1台のシールドマシンで立坑から横坑へと連続的な掘進が可能になる。トンネルの断面形状のバリエーションも幅広く、従来までの円形のほか、楕円形や矩形など様々な形状が可能になっている。

シールドマシンの先端部には、地山を掘削するカッタービットがつけられる。カッタービットは母材部(シャンク)と刃先部(チップ)



矩形のシールドマシン



矩形と円形では、ビットの角度や並び方などが異なっている。

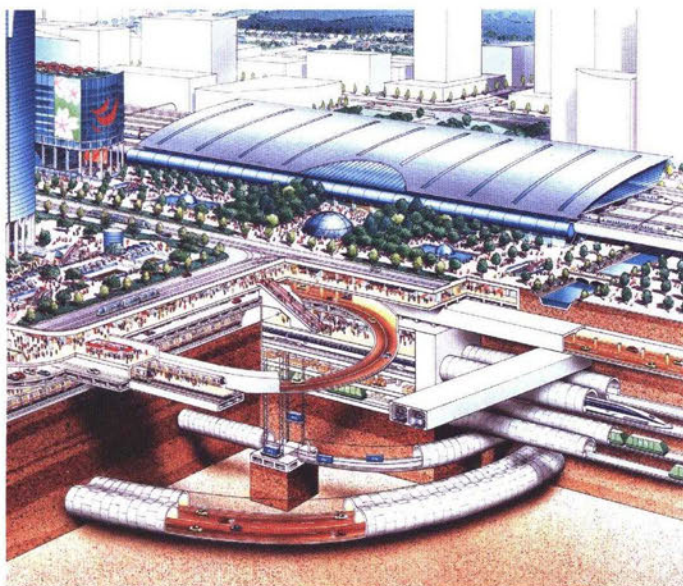
から構成されており、母材にはNi-Cr-Mo鋼(SNCM)などが使用される。チップは炭化タングステン(WC)とCo系超硬合金が一般的であるが、TaC、TiC、VC等の炭化物を含むものもある。また長距離掘削を実現するため、性質の異なるチップを組み合わせる方法が提案されている。例えば、硬質で耐摩擦性に優れたチップと粘りがあり耐衝撃性の高いチップを組み合わせることによってビットの交換頻度を低下させ、長距離掘削を可能にしたカッタービットなどが開発されている。

■東京都区内の国道に収容されている管路
(2004年4月)

管路の種類	距離	総延長* (km)	道路1kmあたり 埋設延長(km)
電信電話		2,684.1	16.7
電 気		1,660.7	10.3
ガ ス		325.9	2.0
上 水 道		364.6	2.3
下 水 道		315.7	2.0
合 計		5,351.0	33.3

* 道路下に収容されている
管路の総延長 (国土交通省資料より)

■東京の地下鉄におけるトンネル部の最大深度の推移



大深度地下利用のイメージ。既存の地下埋設物に影響されない大深度地下の利用に期待が集まっている。(国土交通省「新たな都市づくり空間 大深度地下」パンフレットより)

には「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が制定されている。ここでいう大深度とは、通常は地下室の建設が行われない地下40m以深か、建築物の支持地盤上面から10m以深と定義されている。

大深度を利用することで、既存の地下埋設物に影響されことなく最短距離を結ぶことができるので、建設コストの削減が可能になる。羽田と成田の両空港間を大深度地下リニアモーターカーで結ぶ構想なども発表されており、今後は大深度地下の利用が進んでいくものと考えられる。大深度以外にも地下利用は世界的に広がっている。アメリカでは高速道路を地下化して跡地を緑化したり、スイスでは景観の保全のために湖の下に駐車場を建設した例もある。これまでは、小説や映画の中でしか見ることができなかった地下都市の時代は、もうすぐそこまで来ているのかも知れない。

●取材協力 国土交通省東京国道事務所、前田・熊谷特定建設工事共同企業体、(社)土木学会、(株)IHI

●文 杉山 香里