

## 連載講座

## 大深度地下利用(1)

## 大深度地下の公共的使用に関する特別措置法

山本 健一

## 連載を始めるにあたって

平成13年4月1日に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が施行された。昭和63年に大深度地下利用に関する本格的な検討が始まってから十数年の歳月が経過し、本法の施行により、新たに事業実施の段階を迎えることとなる。

国においては、技術的知見について有識者などの協力を得ながら、関係政省令・告示により法制度を整備するとともに、事業者向けに制度面、技術面それぞれのマニュアルを作成するなど法の円滑な運用のための準備を進め、法施行後直ちに、基本方針の閣議決定(4月3日)、協議会の開催(5, 6月)など、法にもとづく取り組みが開始された(関連事項については第2, 3回で説明)。

表-1 連載講座；大深度地下利用の構成(予定)

回	テーマ(文責)
1	大深度地下の公共的使用に関する特別措置法(国土交通省)
2	大深度地下使用技術指針((財)先端建設技術センター)
3	大深度地下に関する利用調整((財)国土技術研究センター) 大深度地下利用に関する情報整備((財)日本建設情報総合センター)
4	大深度地下利用構想-その1-((社)日本プロジェクト産業協議会)
5	大深度地下利用構想-その2-((財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター、都市地下空間活用研究会)
6	大深度地下利用に関する技術開発ビジョン(国土交通省)

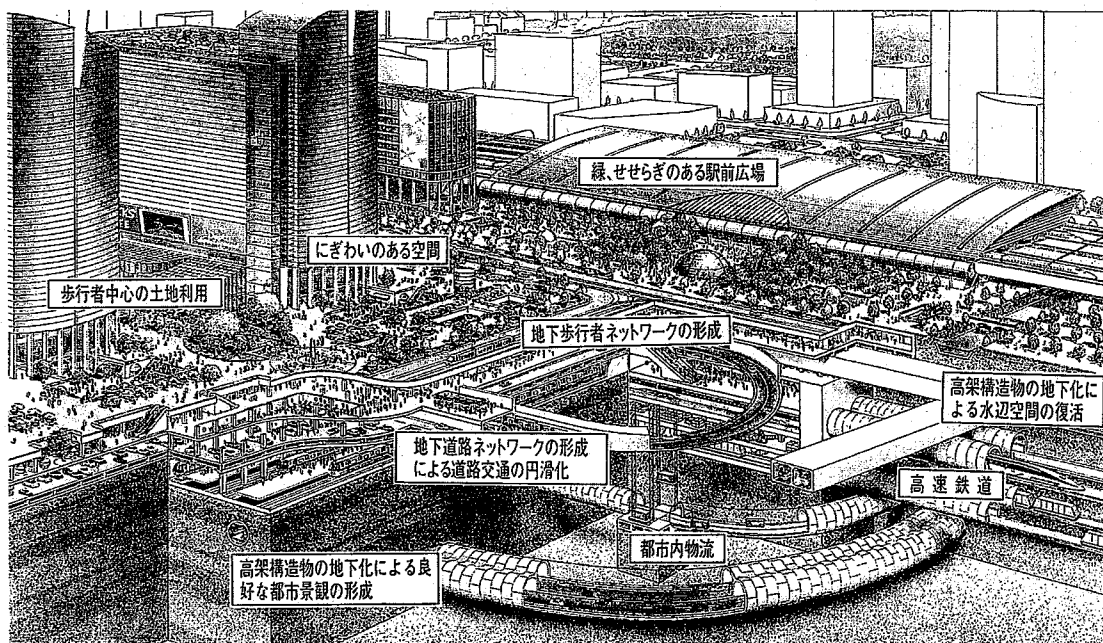


図-1 大深度地下利用イメージ図

\*国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室

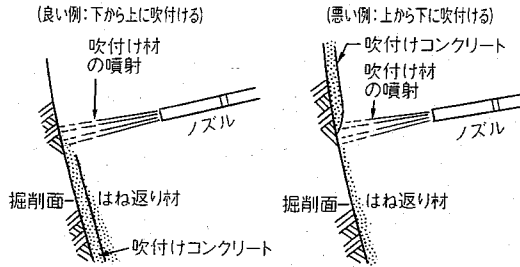


図-3 側壁を吹き付ける際の施工例<sup>4)</sup>

吐出量、空気量、ノズルの移動速度などで決まるため、吹付け機の吐出量が増大した現在では、1.5~2.5m程度の距離を保っている事例が多いようです。

なお、凹部分を埋めるような吹付けでは、ノズルは近づけ気味にし、仕上げ段階で表面をならす場合には、やや遠目気味で材料を広く分散する吹付けを行うのが一般的です。

また、吹付け時の吐出圧は、過大になるとはね返り率が増加する傾向となるため、材料があまり大きな速度では、吹付け面が受ける(付着)ことができずにはね返りますので、適切な値にする必要があります。逆に、吐出圧が過小になるとコンクリートの密実性が損なわれるばかりか、地山との付着性が低下するため、現状に合った適

切な吐出圧を設定する必要があります。

### (2) はね返り材を取り込まないノズルワーク

図-3に示すように、はね返りが溜まりやすい支保工根足部分は、上から下に向かって吹付けると一旦はね返ったものを取り込んで吹付けコンクリートが形成されます。このような場合、コンクリートは疎にして固結度が低く品質も劣るため、はね返り分を取り込まないように、先に吹付けるといった配慮が必要です。

### (3) 吹付け厚さ

一層の吹付け厚さは5~10cmを標準とし、それ以上吹く場合は何層かに分けて吹くのが一般的です。とくに、天端付近では一度に厚吹きをすると自重により剥落することがあるので、吐出量を調整しながら吹付ける必要があります。

(文責：岩田広己・(株)フジタ)

### 参考文献

- 1) 魚本：吹付けコンクリートの特性と技術の現状、コンクリート工学、Vol.137, No.8, 1999.
- 2) (社)日本トンネル技術協会：ロックボルト・吹付けコンクリート工法(NATM)の合理的施工法の調査研究報告書、1980.9.
- 3) (社)日本トンネル技術協会：トンネルの吹付けコンクリート、1997.2.
- 4) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針(案)、2000.7.

## 建設工事の地質診断と処方

石井 康夫・矢島 壯吉/共著

A 5判 本体価格 4,300円 (送料 380円)

近年、建設技術の高度化と複雑化に伴い、建設コンサルタント、地質・土質調査業務の果たすべき役割と責任は重要なものになってきている。なかでも、建設工事の基礎になる地質の理学的な理解度と光学的な応用力が設計・施工の良否につながるといっても過言ではない。自然界の創りだす地質的諸現象にぶつかるたびに、如何に地質学とはむずかしいものかを痛感する。

この書が多少なりとも、建設技術者・土木技術者の各位に参考となり、利用されれば幸いである。

### —目次—

1. 地質の基礎知識
2. 地盤・岩盤の地質診断法
3. 軟弱地盤と特殊土の地質診断と処方
4. 地盤・岩盤の評価
5. 地すべり・斜面崩壊の地質診断と処方
6. 山岳トンネル工事の地質診断と処方
7. 都市トンネル工事の地質診断と処方
8. ダム工事の地質診断と処方
9. 一般土工と基礎工事の地質診断と処方



株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
電話 (03)3267-2888(代) 振替 00110-8-190072

民間企業においては、都市再生のための大深度地下活用プロジェクトについて、夢のある様々な構想が提案されている(詳細は第4, 5回で説明)。

また、国、民間企業を始め、関連各機関の共同作業により、大深度地下利用のための技術開発や情報システム整備のあり方など、様々な課題に関する検討に着手している(概要は後述、詳細は第3, 6回で説明)。

本講座は、今後、大深度地下利用の事業に関わる可能性のある、トンネル工事や維持管理に従事されている技術者への基礎的情報の提供を目的とする。

### 1. 大深度地下利用の検討経緯

従来、深い地下を表す用語として「大深度地下」、[深層地下空間](第四次全国総合開発計画、昭和62年6月)な

表-2 「大深度地下での公共的使用に関する特別措置法」の経緯

昭和63年 6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・臨時行政改革推進審議会「地価等土地対策に関する答申」</li> <li>・「総合土地対策要綱」を閣議決定</li> <li>『都心部への鉄道の乗り入れや大都市の道路、水路等社会資本整備の円滑化に資するよう、大深度地下の公的利用に関する制度を創設するため、所要の法律案を次期通常国会に提出すべく準備を進める。』</li> <li>→法律案を提出すべく関係省庁間で調整を行うが不調</li> </ul>
平成7年 6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・議員の提案により、「臨時大深度地下利用調査会設置法案」が国会へ提出され、可決・成立</li> </ul>
8月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・臨時大深度地下利用調査会設置法の施行</li> </ul>
11月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内閣総理大臣から諮問を受け、調査会が審議開始</li> </ul>
平成10年 5月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査会から内閣総理大臣へ答申、国会に報告</li> </ul>
6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内閣内政審議室等13省庁による大深度地下利用関係省庁連絡会議を設置</li> </ul>
平成12年 3月10日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案」を閣議決定・国会提出</li> </ul>
30日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法案が衆議院で可決される</li> </ul>
5月19日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法案が参議院で可決され、成立</li> </ul>
26日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法律公布(平成12年法律第87号)</li> </ul>
12月6日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法律の施行に係る政令を公布</li> </ul>
12月28日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法律の施行に係る省令を公布</li> </ul>
平成13年 3月23日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政令の規定に基づき許容支持力算出方法等を告示</li> </ul>
4月1日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法律の施行</li> </ul>
3日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「大深度地下の公共的使用に関する基本方針」の閣議決定</li> </ul>
5~6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近畿圏・中部圏・首都圏大深度地下使用協議会の開催(5/18大阪市、5/24名古屋、6/5さいたま市)</li> </ul>

表-3 東京都区内の国道に収容されている管路  
(東京都区部の直轄国道161.2km)

	総延長 (km)	道路1kmあたり埋設キロ数 (km)
電信電話	2,776.3	17.2
電気	1,618.4	10.0
ガス	324.7	2.0
上水道	365.9	2.3
下水道	302.2	1.9
合計	5,387.5	33.4

(資料：国土交通省調べ)

注1：平成9年度末現在。

注2：総延長は、道路下に収容されている管路の総延長を指す。

注3：各戸引き込み管路を含まない。

どの用語が用いられてきたが、昭和63年3月に発表された「大深度地下鉄道構想」により「大深度地下」という言葉が定着した。当時、地価高騰により社会資本整備の停滞が懸念されるなどの理由から、新たなフロンティア空間としての大深度地下の可能性に高い関心と期待が集まった。関係各省庁においても法案化が検討されたが、成果が得られず、その後、地価の急激な下落などにより、大深度地下利用を巡る動きも沈静化した。

沈静化後も、大都市地域の土地利用の高度化、複雑化は進み、地下利用についても、道路などの公共用地の地下は非常に輻輳し、新たに利用する場合は、既存施設を避けその深度を深くせざるを得ない状況にあった。このような状況下、大深度地下を社会資本の整備空間として円滑に利用するための制度創設の機運が再び盛り上がり、平成7年に臨時大深度地下利用調査会が設置された。「土地所有者などによる通常の利用が行われない地下空間」として「大深度地下」の具体的な定義が初めて示されたのは、平成10年5月の同調査会答申においてである。「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」は、同答申を踏まえ制定された。

### 2. 「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の概要

この法律は、「事業の円滑な遂行」と「大深度地下の適正かつ合理的な利用を図ること」の大きく2つの内容を目的としており、大深度地下利用の権利調整のルールを定める部分と適正かつ合理的な利用を確保するための措置を定める部分から構成されている。以下、大深度地下の定義、大深度地下の使用権を取得するための手続きなどについて簡単に紹介する。

なお、法律の全文など制度に関する資料は、国土交通省ホームページ(<http://www.mlit.go.jp>)から入手することが可能である。

2-1 大深度地下の定義

本法においては、「大深度地下」とは、建築物の地下室およびその建設の用に通常供されることがない地下の深さとして政令で定める深さ(地表から40m)、または、通常の建築物の基礎ぐいを支持することができる地盤、いわゆる支持層の上面から政令で定める距離(10m)を加えた深さのうち、いずれか深い方の地下としている。

つまり、大深度地下は少なくとも40mより深い地下のことであり、その深さは、超高層ビルを支えることができる固く締まった地層である支持層の深さにより決定される。

支持層が、地下30mより浅い場合は、地下40mより下

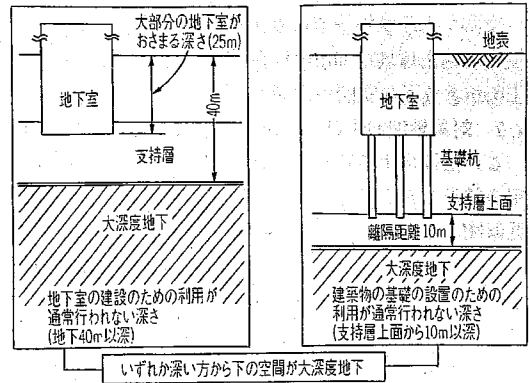


図-2 大深度地下の定義

表-4 大深度地下の公共的使用に関する基本方針(平成13年4月3日閣議決定)概要

[基本方針] : 大深度地下の使用認可の適合要件となるとともに、国の政策の方向性を示すもの

<p><b>I. 大深度地下における公共の利益となる事業の円滑な遂行に関する基本的な事項</b></p> <p>1. 公共の利益となる事業について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・権利調整期間の短縮、合理的なルート選択等、社会資本の効率的・効果的整備に資するもの。</li> <li>・地上にある施設を地下化することにより、地上に緑・せせらぎを取り戻す等質の高い都市空間の実現に資するもの。</li> </ul> <p>2. 事業の円滑な遂行のための方策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業の構想・計画段階から、事業者は情報の公開を行い、具体化した段階では住民への周知・説明に努める等説明責任を果たす。</li> <li>・地上とのアクセスが必要な事業については、地上・浅深度地下の施設管理者と十分調整を図る。</li> <li>・必要に応じ、土地収用制度・都市計画制度の活用・連携を図る。</li> <li>・井戸枯れ等の損害賠償、事業終了後の原状回復等への適切な対応を行う。</li> </ul>	<p><b>III. 安全の確保、環境の保全その他大深度地下の公共的使用に際し配慮すべき事項</b></p> <p>1. 安全の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・①火災・爆発、②地震、③浸水、④停電、⑤救急・救助活動、⑥犯罪防止等について十分な対策を講ずる。</li> </ul> <p>2. 環境の保全</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・①地下水位・水圧低下による取水障害・地盤沈下、地下水の流動阻害、地下の水質、②地盤変位、③地層の化学反応、④掘削土の処理等、の問題を踏まえた環境影響評価手続を実施する。</li> <li>・環境影響評価手続の対象とならない事業についても、適切な環境対策を実施する。</li> <li>・モニタリングの実施等、環境への影響の発生を早期に見出す方策を講じる。</li> </ul> <p>3. バリアフリー化の推進・アメニティーの向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エレベーター・エスカレーターの設置の他、人的協力等のソフト面での対策を含めた総合的なバリアフリー化を推進する。</li> <li>・熱、空気、光等内部環境を適切に管理し、快適で安心できる内部環境を創出する。</li> </ul> <p>4. 安全・環境情報等の収集・活用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国、地方公共団体、事業者が連携して、安全・環境情報等を収集し、安全対策確立、環境影響評価手法の開発を推進する。</li> </ul> <p>5. その他大深度地下の公共的使用に際し配慮すべき事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・文化財の保護、国公有財産の構造・機能への影響に対して配慮する。</li> </ul>
<p><b>II. 大深度地下の適正かつ合理的な利用に関する基本的な事項</b></p> <p>1. 大深度地下空間の利用調整</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・同一方向に向けて整備される施設ごとに、利用深度を定めて空間を整序する。</li> <li>・有人施設等については、可能な限り上部に配置する。</li> <li>・大規模な地上とのアクセス部分は、可能な限り、空間確保が比較的容易な公共用地付近の大深度地下に配置する。</li> <li>・共同化について、費用負担、維持管理の問題を配慮しつつ、事業間の調整を行っていく。</li> <li>・大深度地下使用協議会を活用して、事業構想段階から利用調整を実施し、調整を経た上で使用認可申請を行う。</li> <li>・大深度地下使用協議会の運営は、地方整備局(関東・近畿・中部)が担当。</li> </ul> <p>2. 既存の施設等の構造等に支障が生じるおそれがある場合の措置</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接している施設の構造や機能に支障が生じるおそれがある場合には、大深度地下使用協議会の活用等により、適切な処置を講じる。</li> </ul>	<p><b>IV. その他大深度地下の公共的使用に関する重要事項</b></p> <p>1. 技術開発の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、技術開発ビジョンをとりまとめることにより、民間の技術開発の促進を図る。</li> </ul> <p>2. 大深度地下利用に関する情報収集・公表</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、地盤の情報、地下に設置された施設の情報等に関する情報システムの整備を推進する。</li> </ul>

の空間が大深度地下であり、支持層が地下30mより深い場合、例えば地下50mの場合は、50mに10mを加えた地下60mより下の空間が大深度地下となる。

2-2 対象地域および対象事業

この法律による特別の措置は、人口の集中度、土地利用の状況などを勘案し政令で定める対象地域(首都圏、近畿圏、中部圏)において、道路、河川、鉄道、通信、上・下水道など公共の利益となる一定の事業について講じられる。

2-3 大深度地下の適正かつ合理的な利用の確保

大深度地下の適正かつ合理的な利用を確保するため、次の仕組みを設けている。

(1) 大深度地下使用基本方針の策定

国は、①大深度地下における公共の利益となる事業の円滑な遂行に関する基本的な事項、②大深度地下の適正かつ合理的な利用に関する基本的な事項、③安全の確保、環境の保全その他大深度地下の使用に際し配慮すべき事項などを記載した大深度地下の公共的使用に関する基本方針を定めることとしており、平成13年4月3日に閣議決定された。

(2) 大深度地下使用協議会の設置

法律の対象地域ごとに、必要な協議を行うため、国の関係行政機関(国土交通省、対象事業所管省庁、安全・環境など所管省庁)と関係都道府県で組織する大深度地下使用協議会を設置することとしている。

大深度地下使用協議会では、大深度地下使用の構想・計画に関する情報交換や事業の共同化、事業区域の調整などの事業間調整に関する協議を行い、協議会の運営については、地方整備局が担当する。

(3) 事前の事業間調整

大深度地下の使用の認可を受けようとする事業者は、

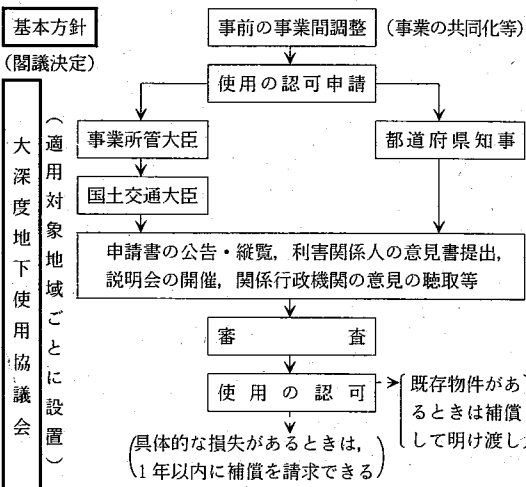


図-3 大深度地下の使用認可の手続きのフロー

申請に先立って、事業概要書の送付および公告・縦覧を行い、他の事業者からの申し出に応じて、事業の共同化、事業区域の調整など必要な調整に努めなければならない。

2-4 使用の認可のための手続

国土交通大臣(複数の都道府県にわたる広域的な事業などの場合)または都道府県知事(その他の場合)は、事業者から使用の認可の申請があったときは、使用認可申請書の公告および縦覧、利害関係人の意見書の提出、関係行政機関の意見書の提出など所要の手続を経て、認可要件を満たす場合に、使用の認可を行うことができることとする。

なお、国土交通大臣に対する申請は、事業所管大臣経由で行うこととする。

2-5 補償手続

大深度地下については、公益性を有する一定の事業のために使用権を設定しても、通常は、補償すべき損失が発生しないと考えられるため、事前に補償を行うことなく使用権を設定することとする。

例外的に補償すべき具体的な損失がある場合には、使用権設定後一年以内に土地所有者などから事業者に対して請求を行うこととする。

なお、事業区域に井戸などの既存物件がある場合は、事前に補償をした後で、その事業区域の明渡しを受けることになる。

3. 法律による効果

本法では、事前に補償を行うことなく大深度地下に使用権を設定することができ、使用権が設定されれば、直ちに事業を実施することができるという画期的な仕組みを構築している。これにより、具体的なメリットとして、次の点が挙げられる。

- ① 権利調整のルールが明確にされたことにより、上・下水道、電気、ガス、電気通信のような生活に密着したライフラインや河川、道路、鉄道などの社会資本の整備を円滑に行うことができるようになる。
- ② 社会資本整備のための利用可能な空間が道路の地下に限定されないため、計画立案の自由度が高くなり、合理的なルート設定が可能となる。これによって、事業期間の短縮、コスト縮減にも寄与することが見込まれる。
- ③ 早い者勝ち・虫食いのではなく、長期的な見直しにもとづいた、効率的かつ秩序ある地下利用ができるようになる。
- ④ 大深度地下は、地表や浅い地下に比べて、地震に対して安全であり、騒音・振動の減少、景観の保護にも役立つ。

#### 4. 大深度地下利用に関する技術的な検討

法律による効果を実現するためには、国、関係自治体、民間企業、学会、その他の関係機関が共同して取り組むべき様々な課題がある。

本連載講座においては、次回以降、今までの検討成果および現在の検討の詳細について順次説明することとし、ここでは、現在技術的側面から検討を進めている事項について概要のみ紹介する。

##### 4-1 大深度地下利用に関する技術開発ビジョンの検討

大深度地下は、地表から少なくとも40m以深という深い地下であるため、地表や浅深度地下と比較して技術的な課題が多く、今後、大深度地下利用に関連する幅広い分野の技術開発が推進されることが必要不可欠である。

このため、民間企業などにおける研究・開発の促進を目的として、大深度地下利用に関する今後の技術開発のあり方を指し示す「技術開発ビジョン」を平成13年度末に作成する予定である。

##### 4-2 大深度地下利用に関する情報の収集・提供

大深度地下利用の事業が円滑に遂行され、大深度地下が適正かつ合理的に利用されるには、事業区域における地盤状況や地下の利用状況、事業の実施により得られたノウハウなどの情報を収集・提供する必要がある。本法においても、「国および都道府県は、公共の利益となる事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用に資するため、対象地域における地盤の状況、地下の利用状況などに関する情報の収集及び提供その他必要な措置を講ずるように努めなければならない。」(第8条)と定められている。

このため、大深度地下における情報システムのあり方の検討を行い、順次、必要な整備を行う予定である。

また、既存のボーリングデータ(約10万本)を活用し、

東京、大阪、名古屋について大深度地下のおおむねの範囲を図面上に10mきざみで色分けして明らかにした「大深度地下マップ」を作成し平成12年12月に公表したところである。

##### 4-3 地盤調査マニュアルの作成

大深度地下は、その定義にあるとおり、固くしまった地盤である支持層の深さにより決まることから、大深度地下の使用の認可の申請を行う事業者は、地盤調査を行う必要がある。事業者が行った地盤調査をもとに、国などはその事業が大深度地下で施工されるものかどうかを審査することから、地盤調査が適正に行われるかどうかは制度の適正な運用の重要なポイントとなる。

現在、一般的な地盤調査としてボーリング調査が行われており、調査精度を向上させるにはボーリングの間隔を密にすればよいが、密にすればするほどコストが上昇するという問題がある。また、大深度地下使用法にもとづいて大深度地下を利用する場合、民有地の大深度地下を使用する割合が多くなることが想定され、ボーリング調査を行うための土地が常に確保できるとは限らないという問題がある。

このような問題に対応するため、弾性波などを活用した物理探査の活用が考えられている。物理探査には、弾性波の反射を用いる弾性波法、電気を用いる比抵抗法、電磁波を用いるレーダー法など様々な方法があり、これにより、地盤の連続性、地層の類似性を確認することができると考えられている。

このため、一般的な地盤調査であるボーリング調査と物理探査などその他の地盤調査方法をうまく活用し、地盤調査が正確かつ効率的に低コストに行われるよう、地盤調査方法について調査・検討を行い、平成13年度に地盤調査マニュアルとしてとりまとめる予定である。

## 投稿原稿応募のご案内

1. 原稿用紙は当社所定(25×12行=300字詰、ご請求があり次第お送りします)のもの、またはワープロでご提出の場合は横25字詰で打ち、現代用字・用語を用いて執筆してください。
2. 原稿は50枚(15,000字)以内(ただし、図・表・写真のスペースも含む)とし、仕上がりページにして8ページ以内とします。
3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお送りします。
5. 原稿には、題名・勤務先・役職名・住所・電話番号を明記してください。
6. 原稿は、原則として返却いたしません。  
(注:「現場だより」の投稿は受け付けておりません)

送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係  
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
電話 (03) 3267-2888(代)

表-1 シリカフェュームの添加率とリバウンド率との関係事例<sup>1)</sup>

シリカフェューム 添加率(%)	粉じん 低減剤	リ バ ウ ン ド (%)				
		0	10	20	30	40
0	0	29.7				
	0.15	23.4				
5	0	22.1				
	0.15	19.5				
10	0	20.0				

性、ワーカビリティの改善は、はね返りの低減と一層あたりの吹付け厚の増大などの効果があります。表-1は、シリカフェュームの添加率を増やせば、はね返り率が低減する傾向を示しています。

## 7) 石灰石微粉末

吹付けコンクリートを構成する細骨材で、0.15mm以下の微粒分量を細骨材重量のおおむね15%程度になるよう

に石灰石微粉末で置換した吹付けコンクリートは、石灰石微粉末を用いない場合に比べ、はね返り抑制効果が得られます。日本鉄道建設公団では、シリカフェュームとともに石灰石微粉末を用いた高品質吹付けコンクリート配合が示されています。

なお、石灰石微粉末を用いる場合、シリカフェュームおよびセメントとの混合をより均一にすることが重要です。

(文責：倉原隆二・梅林建設(株))

## 参 考 文 献

- 1) (社)日本トンネル技術協会：トンネルの吹付けコンクリート，1996. 2.
- 2) 田沢雄二郎：トンネルの支保部材として用いる吹付けコンクリートの物性と施工法に関する研究，1996. 11.
- 3) (社)土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕，1996年制定。

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
(66頁からのつづき)			
名古屋市	小田井貯留管 2	大林・西松・大日本JV	4,810
大津市	里川雨水幹線	昭津	648
大阪市	日本橋西幹線下水道	中林建設	423
門真市	公下三ツ島打越幹線	前田建設	585
八尾市	福万寺排水区第11工区下水道	熊谷・竹中土JV	1,017
"	飛行場北排水区第31工区下水道	大成・住友JV	984
"	小阪合排水区第15工区下水道	前田建設	363
神戸市	第2鈴蘭台汚水幹線	西松・奇神JV	1,100
宝塚市	公下第51工区高丸1号雨水幹線他	ハザマ	773
篠山市	篠配5-3送水管第7工区	宮本組	218
"	" 5-4送水管第10工区	大成建設	198
和歌山市	公下西部11号汚水幹線 1	森本組	174
倉敷市	松島地区下水道その1	地崎・大森JV	683
新居浜市	中央雨水幹線第1工区	銭高組	430
高知市	北部汚水幹線管渠	熊谷・ミタニ・共英JV	723
"	潮江南雨水ポンプ場放流渠	大旺・四国土・竹内JV	602
北九州市	徳力葛原線 5 工区 T	竹中土・淺沼JV	998
"	都下到津線箱型管渠 2 工区	佐藤・大末JV	521
関宿町(千葉)	次木・親野井地区関宿 1 号幹線	五洋建設	106.5
市島町(兵庫)	市島 1 号汚水幹線	戸田建設	172
美作町(岡山)	公下 1	三井不動産建設	198
"	" 2	青木建設	197
"	西南地区下水道 2	銭高組	350
東京地下鉄建設	補助313号線および地下構造物内部	鹿島・若築・関電工・昭和・三機・日設JV	4,550
九廣鐵路有限公司	カオルーントン駅改修(香港)	熊谷組	約 2,830

## 連載講座

## 大深度地下利用(2)

## 大深度地下使用技術指針・同解説

佐々井 佳紀\* 横田 穰二\*\*  
佐藤 洋一\*\*\*

## 1. 概要

## 1-1 技術指針の策定経緯

首都圏をはじめとする大都市圏においては、土地利用の高度化・複雑化が進んできており、新たな社会資本の整備には公共用地の地下を利用することが多くなってきている。その結果、道路等の公共用地の比較的浅い部分の利用が輻輳してきており、新規の事業は大深度に設置せざるを得ない状況にある。一方、民有地の地下は、建築物の地下室や基礎杭の設置に利用されているが、その利用は一定の深度、地層までにとどまっている。しかし、民有地の地下を公共事業などで利用する場合、地権者との権利調整の難航等により、事業の早期実施が困難となる場合がある。

そのため、通常の利用が行われない民有地等の大深度地下を社会資本整備のために有効に利用する必要性が生じ、平成12年5月には「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の成立、平成12年12月には「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法施行令」の公布、平成13年4月には「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が施行されたところである。

大深度地下使用制度は技術と法制が密接に係る法制度でもあることから、法制度の整備と平行して、大深度地下を利用する事業に共通な技術的事項について技術的解釈を統一することが求められ、平成10年度、11年度の2か年にわたり、有識者による「大深度地下利用技術検討委員会」での検討がなされ、その成果として、平成12年6月に「大深度地下使用技術指針(案)・同解説(以下、技術指針(案)という)」が公表されている。

また、平成12年度には、各事業者による大深度地下施設の建設が進められると、大深度地下施設同士が近接し

て施工せざるを得ない状況が生じる可能性があるため、「大深度地下近接施工技術検討委員会」において、大深度地下施設を近接して施工する場合の影響について検討が行われた。この委員会の成果は、「大深度地下使用技術指針・同解説(以下、技術指針という)」における、「5.6 大深度施設に近接して設置する場合の対応」として盛り込まれている。

なお、上記二つの委員会(委員長：今田徹・東京都立大名誉教授)は、旧国土庁大都市圏整備局計画課大深度地下利用企画室(現国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室)からの委託により、(財)先端建設技術センターに設置されたものである。

## 1-2 技術的検討における配慮事項と課題

大深度地下使用制度における技術面でのキーワードは「客観性」と「一義性」といえる。

旧国土庁において、技術的検討にあたってとくに配慮された点は、以下の5点であった。

一点目として、現存する高層建築物をすべて網羅するデータベース(表-1)を構築し、様々な角度からの分析により建築物の自由度の確保に十分努められていること。

二点目として、実施者が誰であれ、大深度地下が等し

表-1 建築物のデータベース一覧

データベース名	対象	収録データ	収録件数
①高層評定全体データベース	全国	1965から1999.7に高層評定を受けた軒高60m以上の全建築物(除く煙突、展望塔、発電所)	1,349件
②超高層データベース	三大都市圏	①のうち軒高150m以上の建築物	46件
③地下5層以上データベース	三大都市圏	①のうち軒高150m未満、地下5階以上の建築物	27件
④地下階なしデータベース	三大都市圏	①のうち軒高100~150m、地下階がない建築物	5件
⑤地盤アンカーデータベース	全国	基礎評定による地盤アンカーを設置した建築物	53件

\*大成建設(株)関西支店阪高新湊川工事作業所スペース工事係長(前)(財)先端建設技術センター企画部参事

\*\* (財)先端建設技術センター企画部長

\*\*\* " 企画部参事

表-2 大深度地下使用技術指針・同解説の構成

第1章	総 則
第2章	大深度地下の特定方法
第3章	大深度地下施設の規模に応じた離隔距離
第4章	大深度地下施設の耐力
第5章	大深度地下施設の設置に際し考慮すべき事項

く特定できるよう、主観的な要素を排除し、客観的な要素により一義的に判断できるようにしていること。

三点目として、その際、できるだけ、わかりやすく、誤解を生じない単純なモデルを用いていること。

四点目として、大深度地下施設に必要な強度等についても、同様に客観的かつ一義的に算定できるようにしていること。

五点目として、最後にこれらの事項について、将来的な技術の進展、情報の蓄積を取り入れる余地をおいていることである。

技術的検討にあたっては、三つの大きな課題があった。

一つ目は、大深度地下の定義の根幹である支持層の要件を客観的かつ一義的にどのように特定するのかということであった。これについては、建築物の実態を詳細に調査することにより、支持層の特定方法を定めている。

二つ目としては、建築物の荷重が地下施設にどのように影響するのかということがあった。これについては、高層建築物のような大規模な建築物下のトンネルの事例がほとんどないため、既存の理論をもとに安全側の考え方に立ち検討を行い、荷重の算定方法を定めている。

三つ目としては、大深度地下施設にかかる土圧等の荷重をどのように考えるのかということであった。これについては、大深度地下相当深度を掘削したシールドトンネルにおいて水圧が支配的な荷重であることが報告されているが、これを理論化した実用レベルのものがないため、既存の理論をもとに安全側の考え方に立ち検討を行い、荷重の算定方法を定めている。

このような検討を踏まえ、技術指針として、表-2に示す事項がとりまとめられた。

本稿では、2章で技術指針の構成を、3章において同技術指針の主な内容について述べる。また、4章では、大深度地下施設と地上建築物の相互作用についての検討事項を含めて述べ、5章においては、大深度地下施設同士が近接する場合に考慮すべき事項を述べる。

## 2. 技術指針の構成

大深度地下使用制度は、地上の地権者の自由度をその利益の存する範囲において最大限確保しつつ、大深度地下施設から要請される地上建築物への制限との調整を行

う制度であり、この建築物の自由度と大深度地下施設の構築に関して技術的に明確にすべき事項について示したものが技術指針であるともいえる。

技術指針は、以下の5章から構成されており、大深度地下使用制度の運用に際し、制度を利用する各事業で統一して運用すべき技術的事項について定めている。

### 2-1 総則：第1章

「1.1 目的」、「1.2 技術指針の内容」、「1.3 技術指針の適用範囲」、「1.4 用語・記号の定義」からなり、技術指針の目的、適用範囲の他、留意事項等を示している。

### 2-2 大深度地下の特定方法：第2章

「2.1 大深度地下の定義と特定方法」、「2.2 建築物の地下室及びその建設の用に通常供されることがない地下の深さとして政令で定める深さ」、「2.3 当該地下の使用をしようとする地点において通常の建築物の基礎ぐいを支持することができる地盤(支持地盤)のうち最も浅い部分の深さに政令で定める距離を加えた深さ」、「2.4 支持地盤の特定方法」、「2.5 杭の許容支持力度の算定方法」、「2.6 地盤の許容応力度の算定方法」、「2.7 地盤調査」からなり、制度における大深度地下の特定方法を示している。

### 2-3 大深度地下の規模に応じた離隔距離：第3章

「3.1 大深度地下施設の規模に応じた離隔距離」からなり、大深度地下に設置する施設と地上建築物基礎との離隔距離の設定方法を示している。

### 2-4 大深度地下施設の耐力：第4章

「4.1 大深度地下施設の耐力」、「4.2 土圧及び水圧」、「4.3 大深度地下使用制度において前提としている建築物規模」、「4.4 建築物による荷重の算定方法」、「4.5 既存建築物等による荷重の算定方法」、「4.6 建築物の荷重に影響を及ぼす制限がある区域の建築物荷重の算定方法」からなり、大深度地下に設置する施設の設計荷重の算定方法などを示している。

### 2-5 大深度地下施設の設置に際し考慮すべき事項：第5章

「5.1 基本的な考え方」、「5.2 地盤状況等を踏まえた工法の選択と適切な施工管理等の実施」、「5.3 大規模掘削による地盤の変形」、「5.4 建築物荷重による地盤の変形」、「5.5 地震時の影響について」、「5.6 大深度地下施設に近接して施工する場合の対応」からなり、大深度地下に施設を設置する場合に考慮すべき事項を示している。

## 3. 技術指針の主な内容

### 3-1 技術指針の目的と適用範囲：第1章

技術指針の目的は、大深度地下使用制度を定める法律

の施行に際し、同法の対象事業に共通する技術的な事項について定め、技術的な観点から大深度地下施設と地上建築物などの間で相互に影響する事項を明確にし、事業者、土地所有者など関係者の技術的解釈を統一することにより大深度地下使用制度の適正かつ円滑な運用に資することである。

また、技術指針の適用範囲として、地下施設の構造等に関してはトンネル径15m程度までの単円形シールドトンネルを対象としており、これを超える規模、他の工法、構造による場合は、技術指針を参考に別途検討する必要がある。さらに、技術指針の対象とする空間は、建築物の敷地として利用される土地の地下であり、他の公共事業の用に供している土地の地下や他の法令の規定により制限のある土地の地下等については、別途大深度地下法の定めるところにより、調整することとなる。

3-2 大深度地下の特定方法：第2章

大深度地下の定義と特定方法は、「臨時大深度地下利用調査会答申(H10.5.27)」の提言を基本としており、以下の①又は②のいずれか深い方以上の深さの地下を大深度地下とする。

- ① 建築物の地下室及びその建設の用に通常供されることがない地下の深さ

通常地下室としての地下利用(25m)と、地下室の設置のため必要な離隔距離(15m)を考慮し、地表面より40m以深の地下。

- ② 通常の建築物の基礎ぐいを支持することができる地盤(支持地盤)のうちもっとも浅い部分の深さに一定の距離(離隔距離)を加えた深さ

通常の建築物の基礎が設置される支持地盤の上面までの深さに、杭の根入れなどを考慮した離隔

大深度地下の概念図

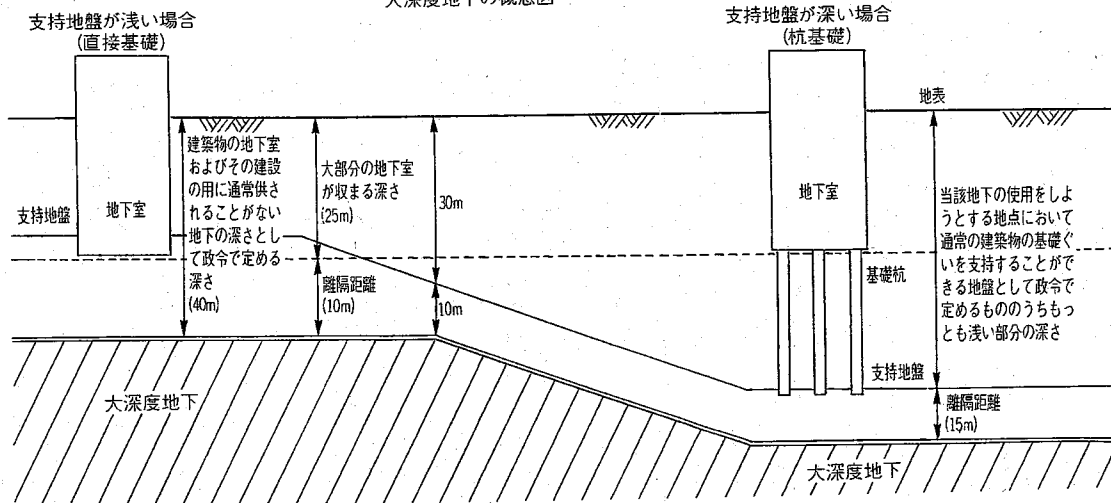


図-1 大深度地下の定義

距離(10m)を加えた深さ以深の地下。

大深度地下の定義を図-1に、大深度地下の特定方法のフローを図-2に示す。

3-3 支持地盤の特定方法：第2章

技術指針において支持地盤は、原則として直接基礎の場合は地盤の長期許容応力度1,000kN/m<sup>2</sup>以上、杭基礎の場合は杭の長期許容支持力2,500kN/m<sup>2</sup>以上を有し、かつ、原則としてN値50以上の地盤とする。また、直接基礎の場合の地盤の長期許容応力度および杭基礎の場合の杭の長期許容支持力は、「建築基準法施行令第93条の規定に基づき、地盤の許容応力度及び杭の許容支持力を求めるための地盤調査の方法等(昭和46年建設省告示111号)」の第2(一)、第3(三)により求めることとする。

告示第2(一)における地盤の長期許容支持力の計算式

$$q_a = 1/3(\alpha \cdot c \cdot N_s + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_v + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_a)$$

告示第3(三)における杭の長期許容支持力の計算式

$$R_a = 1/3\{15N \cdot A_p + (N_s \cdot L_s/5 + q_a \cdot L_c/2)\phi\}$$

3-4 大深度地下施設と地上建築物基礎との離隔距離：第3章

技術指針において、大深度地下施設は、既存建築物や大深度地下使用制度で前提としている建築物基礎と原則1D以上(D：トンネル外径)の離隔距離を取ることとする(図-3)。

3-5 大深度地下施設の耐力：第4章

技術指針では、大深度地下施設の耐力として「土圧」と「建築物による荷重」の算定方法を規定し、その他の設計荷重については通常の設計で考える荷重を考慮し、それぞれを重ね合わせて設計荷重の算定を行うことを基本とする。

「土圧」の算定方法は、原則としてTerzaghiの緩み土

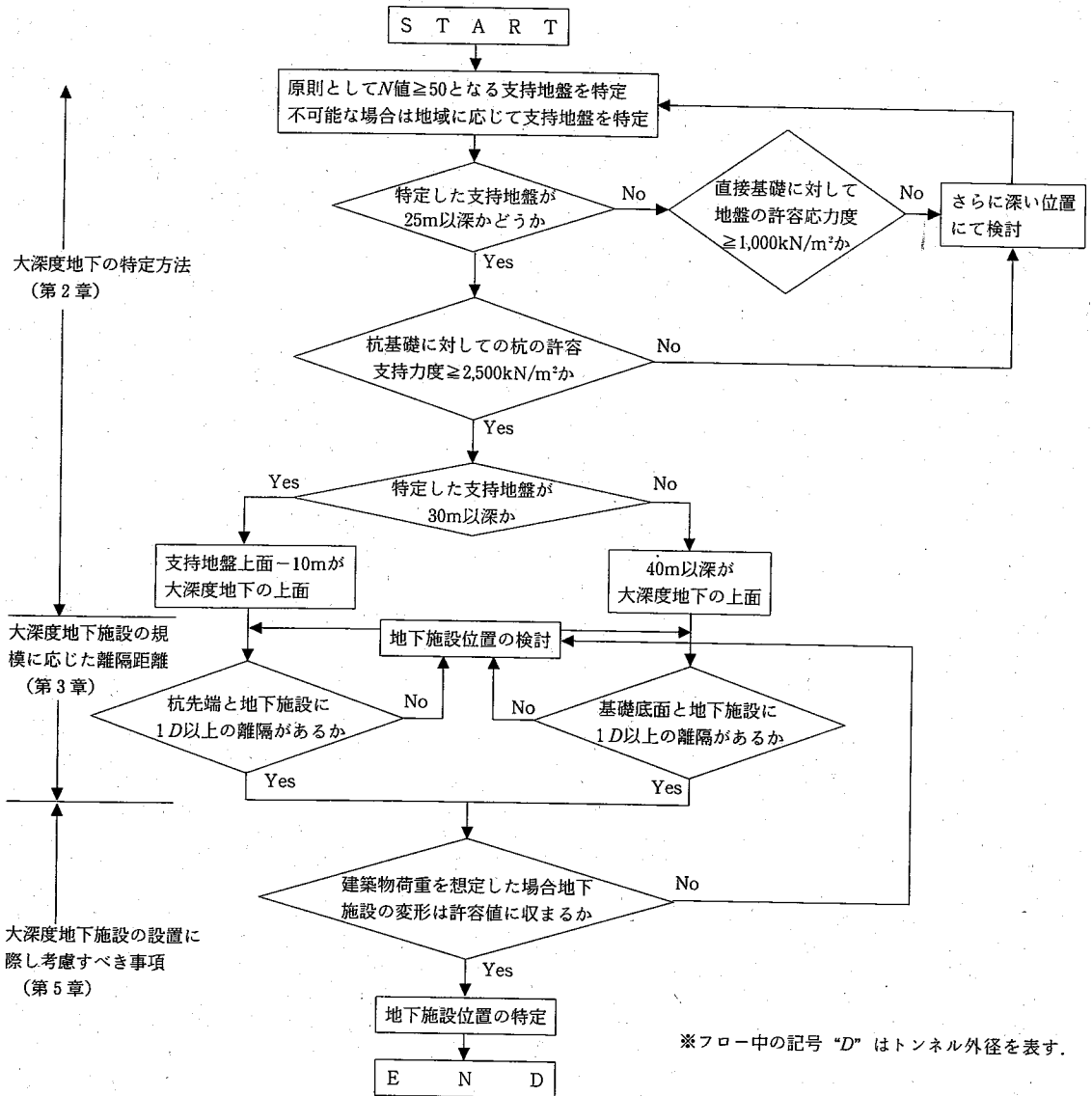


図-2 大深度地下の特定方法のフロー

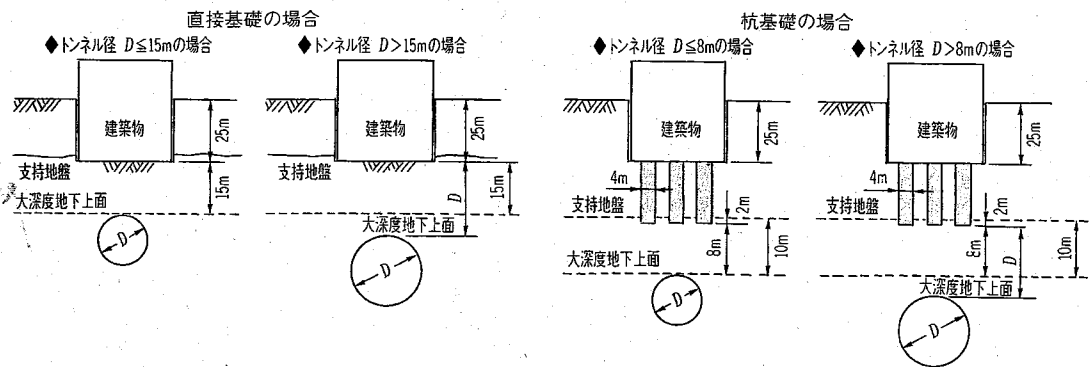


図-3 離隔距離のイメージ

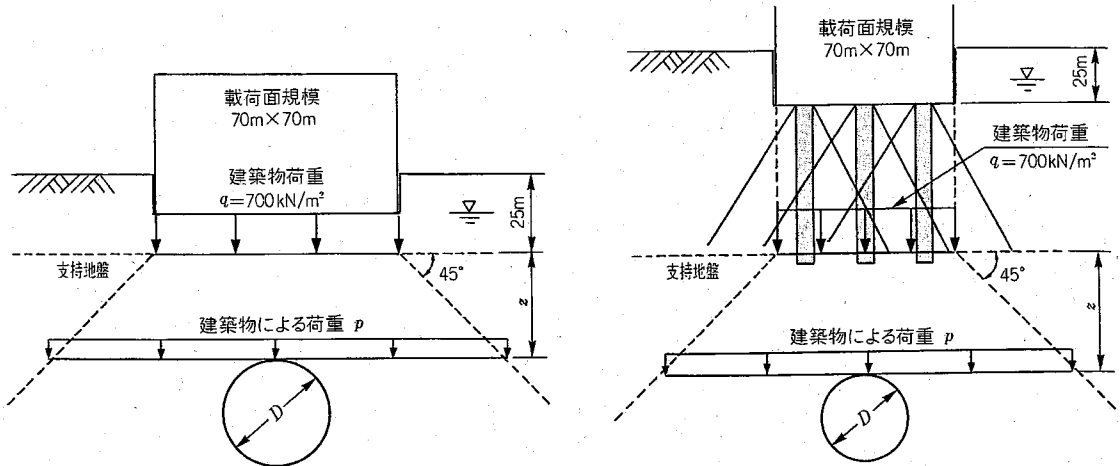


図-4 建築物による荷重の算定方法

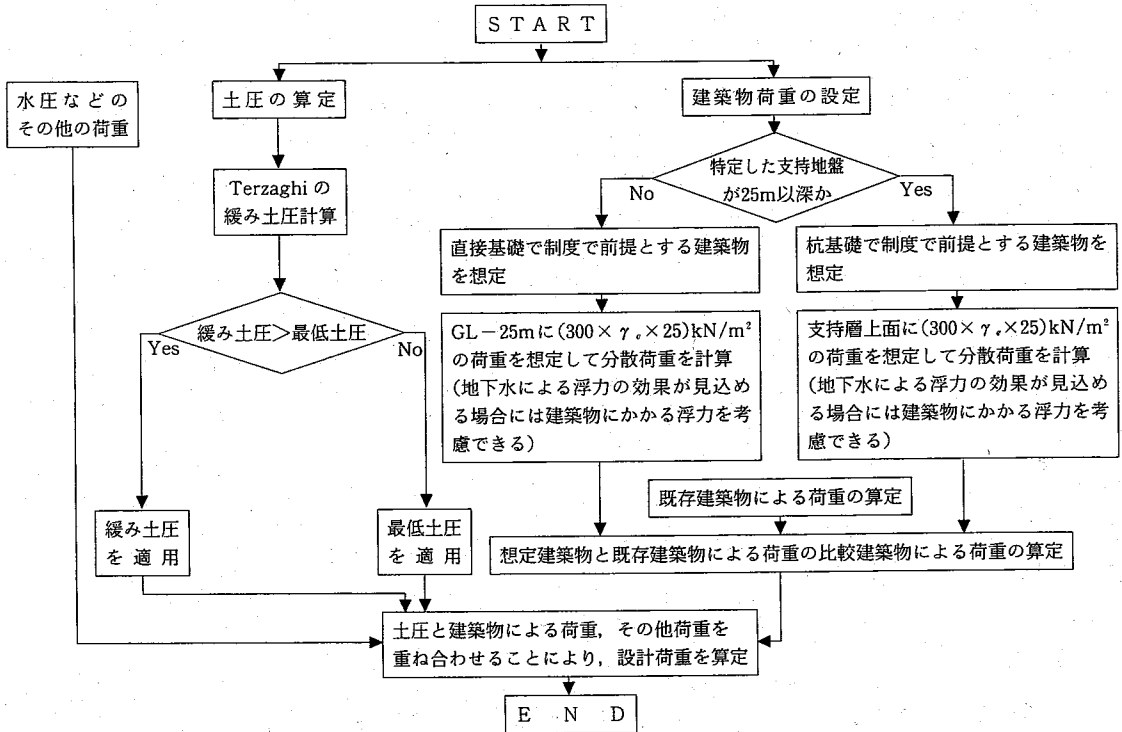


図-5 荷重算定方法のフロー

圧の式により算定するものとし、最低土圧については、原則として1D相当の土荷重を考慮する。

「建築物による荷重」は、直接基礎の場合、制度で定める規模の建築物に対して、基礎底面から45°の分散角で荷重は直線的に分散するものとして算定する。また、杭基礎の場合も制度で定める建築物に対して、基礎が貫入する支持層上面から45°の分散角で、「建築物荷重」を平均した荷重が分散するものとして算定する。

なお、大深度地下使用制度においては、地下掘削深さ

GL-25m、載荷面規模70m×70m、荷重は300kN/m² + γ<sub>s</sub> kN/m³ × 25mの建築物を前提としている。

図-4に建築物による荷重の算定方法を、図-5に設計荷重の算定フローを示す。

### 3-6 大深度地下施設の設置に際し考慮すべき事項：第5章

制度を利用する事業者は、大深度地下施設の設置に際し、地上建築物に支障が生じないよう適切な対応をとることが必要である。具体的には、地盤の状況等を踏まえ

表-3 セグメントの条件

セグメント外径 (m)	セグメント内径 (m)	セグメント厚 (m)	変形係数 $E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント $I$ (m <sup>4</sup> )	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
15.00	13.50	0.75	35	0.0352	26

表-4 施工の条件等

設定泥水圧	水圧 + 50 kN/m <sup>2</sup>
応力解放率	35%
沈下量	5.5mm

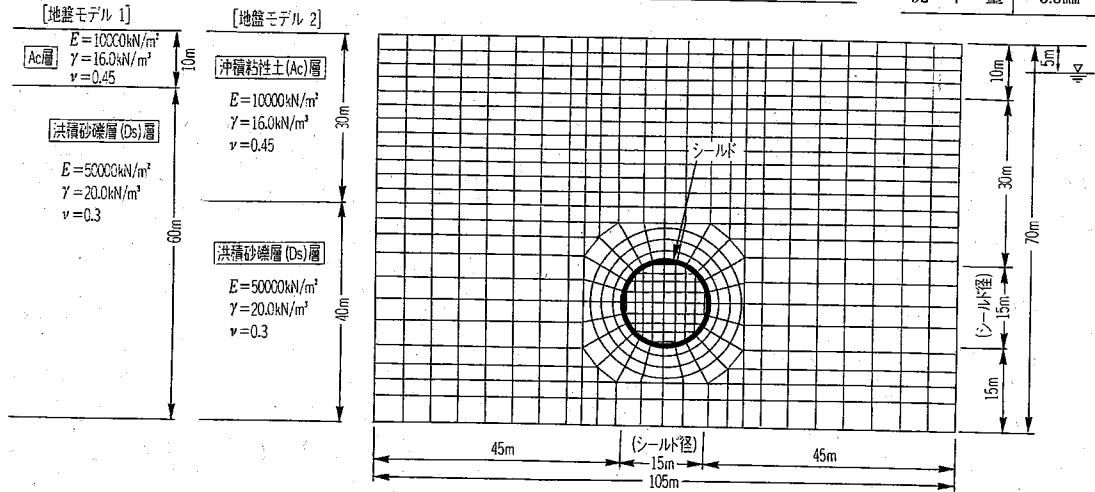


図-6 解析モデル

た工法の選択と適切な施工管理等を行い、地上の土地利用に支障が生じないようにすること。また、大深度地下施設の設置後、建築物の建設の際に大規模掘削や建築物の载荷により地盤に変形が生じることが想定される場合、このような変形に対して、十分対応できる構造とすること。さらに、地震動に対して十分対応できる構造とすること。大深度地下施設同士の近接施工においては必要な離隔を確保すること等がある。

4. 大深度地下施設と地上建築物の相互影響

大深度地下は、支持地盤より下に位置することから、これまで利用が進められてきた浅深度地下と比べて、より強く変形しにくい工学特性をもつ地盤で構成されている。

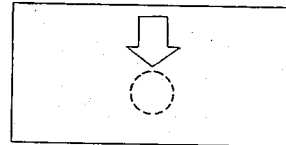
したがって、大深度地下の掘削に伴う地盤の変形・変位や、地表面からの掘削などの影響は小さいものと考えられ、一般的には、相互に支障が生じることは想定しにくいですが、何らかの事情により、支障が生じると想定される場合には、適切な対応をとることが必要である。

そこで本検討では、大深度地下施設と地上建築物の相互作用について検討した。

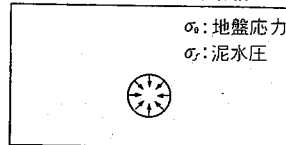
4-1 大深度地下施設の建設が地表面へ与える影響

大深度地下は、支持層下の比較的良好な地盤であり、かつ、大深度地下施設と地上建築物の相互離隔も一定量確保されることから、トンネル掘削時の地表への影響は通常問題にならないと考えられる。しかし、それでも地盤状況などによっては、影響の照査が必要である。一般に、

STEP-1 初期応力解析



STEP-2 0.35(σ<sub>0</sub>-σ<sub>r</sub>)の応力を解放



STEP-3 セグメント構築後 残りの応力を解放

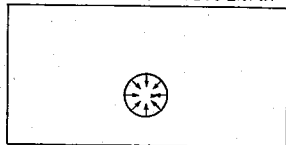


図-7 解析ステップ

トンネル掘削時の影響評価にはFEM解析が用いられることが多い。したがって、ここでは、FEM解析を行うことによりトンネル掘削による地上への影響を検討した。[検討例]

シールド掘削時の地表面への影響(沈下等)について、応力解放に伴う地盤の変形を二次元弾性FEM解析により求めた。これより、地表面の沈下は数mm程度であり、影響はほとんどないと考えられる。

また、最近の施工事例(地下鉄工事など)からは、シールド掘進に伴う沈下として2, 3mm程度が観測されており、計算結果より小さい値となっている。

計算における仮定条件を表-3, 4, 図-6, 7に示す。

4-2 大深度地下施設設置による地震動特性への影響

地表近くの比較的軟弱な地盤中に、一定規模以上の地下施設が構築された場合、地震時に地下施設の存在が地上建築物へ影響を与える可能性のあることが報告されている。しかし、良好な地盤と考えられる支持地盤以深で、離隔距離も一定量確保される場合、大深度地下施設の存在が周辺地盤や地表の地震動に及ぼす影響は小さいものと考えられる。ただし、複数の大深度地下施設を近接して設置する、あるいは大きな地下空洞を設けるなどの特殊な場合には、施設の存在が周辺地盤の振動特性に与える影響について検討する必要がある。

[検討例]

トンネルが存在することにより地盤の振動特性に影響がどの程度生じるのか二次元的FEM解析により検討

を行った。これより、トンネルの有無による応答加速度波形と応答スペクトルの変化はほとんどなく、トンネル構築に伴う地表面への地震動による影響が生じないことがわかった。

解析は、モデル地震動 [震源：ポートアイランド波を基盤面(地表面下100m)で入射波に修正，最大加速度570 gal] における大深度トンネル(地表面下40m，シールド外径：15m)の有無による応答加速度への影響について行った。解析条件は以下に示すとおりである(表-5~7，

表-6 解析に用いたトンネル定数

シールド外径 (D)	15m
セグメント高 (h)	75cm
設計基準強度 ( $\sigma_{sk}$ )	48N/mm <sup>2</sup>
弾性係数 (E)	35kN/mm <sup>2</sup>
断面二次モーメント (I)	0.0352m <sup>4</sup>
単位体積重量 ( $\gamma$ )	26kN/m <sup>3</sup>

表-7 応答加速度最大値

		[単位: gal]				
地盤モデル	トンネル	節点 A	節点 B	節点 C	節点 D	節点 E
地盤モデル1 (軟弱層小)	なし	828	267	828	312	272
	あり	823	267	828	312	272
地盤モデル2 (軟弱層大)	なし	561	360	561	395	326
	あり	565	360	561	395	326

表-5 解析に用いた地盤定数

地層	せん断弾性波速度 $V_s$ (m/s)	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$
沖積粘性土層 Ac	100	16	0.45
洪積砂礫層 Ds	400	20	0.45
地震入力基盤 上総層	550	20	—

は、トンネルの有無により差が生じている部分を示す。

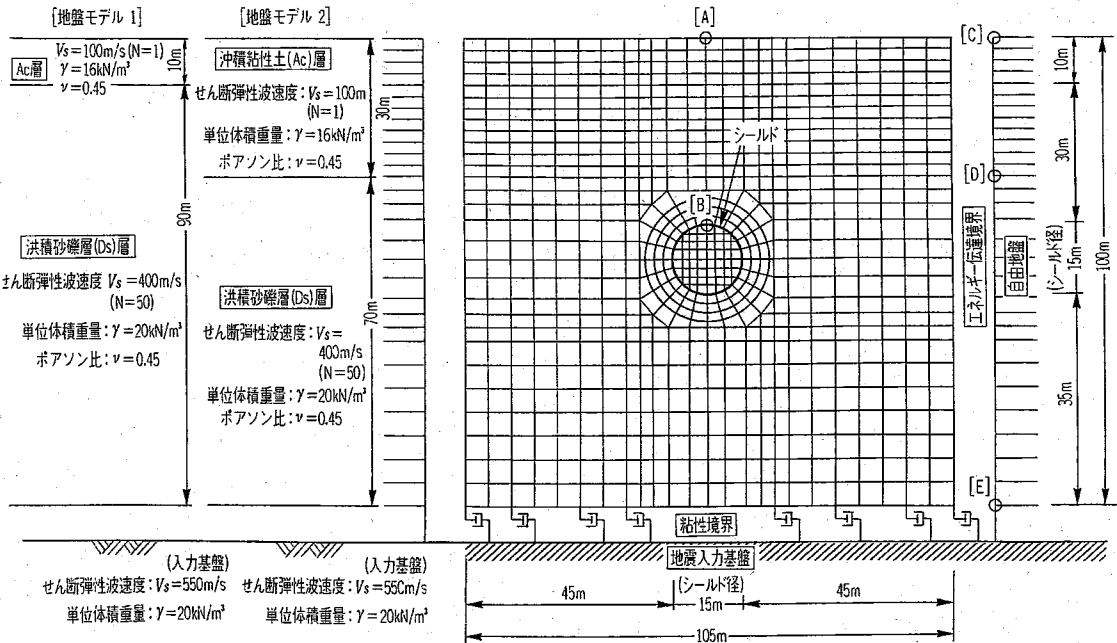


図-8 地震動の影響検討モデル

図-8)解析の結果、トンネルの有無に関係なく、地表面の応答加速度波形と応答加速度スペクトルがほとんど一致しており、トンネル構築が地表面の地震動に及ぼす影響はないものと判断された。

4-3 地上建築物の建設が大深度地下施設へ与える影響

支持地盤以下の大深度地下で、相互離隔も一定量確保される場合、地上建築物の基礎等の掘削が、大深度地下施設に与える影響は通常問題とならない。しかし、それでも立地条件や地盤状況等によっては、影響の照査が必要となることから、場合によっては数値解析等による検討を行う必要がある。

[検討例]

(1) トンネル横断方向の変位の計算

上部に軟弱層がある洪積地盤内にシールドトンネルがある場合について、FEM解析により大規模開削による既設シールドトンネルへの影響検討を行った例を示す。

なお、FEM解析で開削底面のリバウンド現象を扱う場合、一般に実測より大きな計算結果が得られる場合が多い。これはリバウンド現象が応力の除荷問題であること等が原因であると考えられる。

したがって、本検討で開削時に用いる地盤の変形係数は、過去の大規模開削の底面におけるリバウンド量の実測値と等しくなるようトライアル計算を行い求めた。表-8に開削時の変形係数を示す。

以下のCASE-1~3について検討した解析モデル図を図-9に示す。

CASE-1: 標準モデル(トンネル土被り40m)

CASE-2: トンネルが深い場合(トンネル土被り55m)

CASE-3: トンネル位置が掘削から偏心する場合(トンネル土被り40m)

表-8 地盤の物性値

地層	変形係数(kN/m <sup>3</sup> )		ポアソン比	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )
	シールド掘削時	開削時以降		
沖積層Ac	10,000	100,000	0.45	16
洪積層Ds	50,000	1,000,000	0.30	20

物性値は、表-8, 9に示す値を用いた。

本検討では、CASE-1~3について、解析ステップを以下のとおり設定した(図-10)。

STEP-0: 自重解析

STEP-1: 応力の解放率10%でトンネル掘削

STEP-2: セグメント設置後、応力の残り90%解放

STEP-3: 開削部を掘削(変形係数を表-5, 6に示す開削時のものに変更する。)

STEP-4: 開削底面に建築物荷重700kN/m<sup>2</sup>を載荷

FEM解析により求めた図-11に示すA-A'間のSTEP-2からの鉛直伸び量およびB-B'間のSTEP-2からの水平伸び量を表-10, 11に示す。

以上のFEM解析の結果、上記のどのケースでも、トンネル上部の大規模開削や載荷がトンネルへ及ぼす影響は最大でも10mm弱、トンネル径の0.07%弱と小さい。このように、掘削除荷や建築物載荷によるトンネルへの影響は小さいと考えられる。

ただし、事業の種類によって管理値、許容値が異なっており、離隔が1D以上の場合であっても、それぞれの事業の特性に応じて検討する必要がある。

(2) トンネル縦断方向の変位の計算

上方を掘削除荷される場合、トンネルが縦断方向にどの程度隆起するかをFEM解析で求めた。計算にあたっては、トンネルの変形は地盤の変形に追随すると考え、図-12に示すように、トンネルはモデル化せず地盤のみのモデルで検討した。地盤の変形係数は横断方向の検討で用いた開削時の変形係数とした。計算より得られたトンネル中心位置での地盤の縦断方向隆起量の分布を図-13に示す。同図より、最大隆起量は7.4mmであり、トンネル延長30m間での隆起量の差も約5mm程度であった。

以上より、想定したモデルによれば、掘削底面より1D程度の離隔を確保した場合、上方の掘削除荷による大深度地下のトンネルへの影響は、実用上問題とならない

表-9 セグメントの物性値

弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	断面積(m <sup>2</sup> )	断面二次モーメント(m <sup>4</sup> )
35	0.75	0.0352

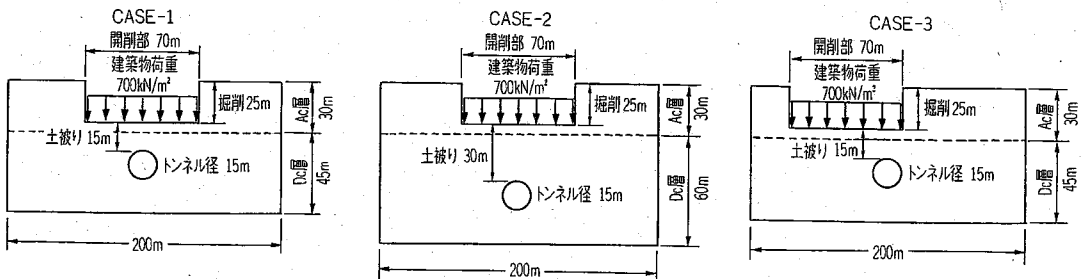


図-9 解析ケースおよびモデル図

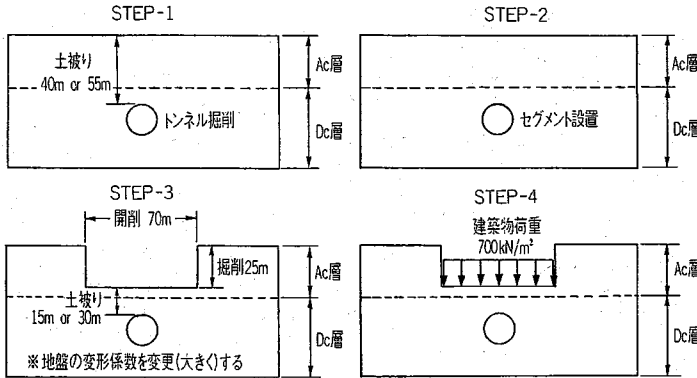


図-10 解析ステップ

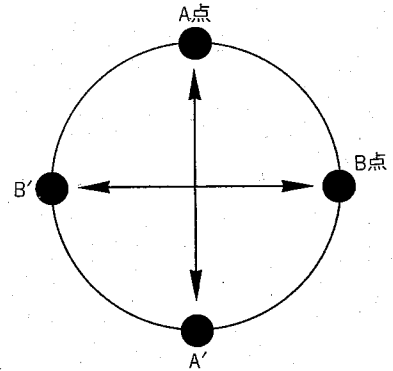


図-11 計測点

表-10 STEP-2からのA-A'間鉛直伸び量 (単位: mm)

	STEP-3	STEP-4
CASE-1	9.79	-6.90
CASE-2	8.06	-6.89
CASE-3	6.03	-5.79

表-11 STEP-2からのB-B'間水平伸び量 (単位: mm)

	STEP-3	STEP-4
CASE-1	-7.91	5.01
CASE-2	-6.48	5.34
CASE-3	-4.59	4.06

程度に小さいと考えられる。

ただし、事業の種類によって管理値、許容値が異なり、離隔が1D以上の場合であっても、それぞれの事業の特性に応じて検討する必要がある。

5. 大深度地下施設に近接して設置する場合の対応

先にも述べたように、技術指針では、大深度地下施設に近接して設置する場合の対応についての記述を追加している。そこでは、大深度地下施設(トンネル径15m程度までの単円形シールドトンネルを想定)に近接して、新規に施設を大深度地下に設置する際に考慮すべき事項を示している。

大深度地下は従前の経験が豊富な比較的浅い地下と比べて強く締まった良好な地盤特性を有しており、大深度地下においては近接施工による影響は小さいものと考えられる。このため、施設間の離隔に応じて行うべき技術的検討を以下に示すように定めている。

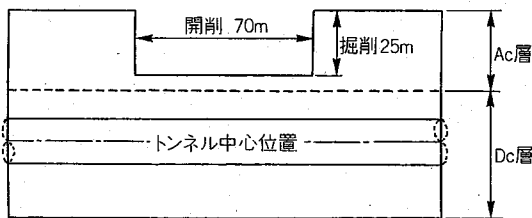


図-12 トンネル縦断方向の変位の計算モデル

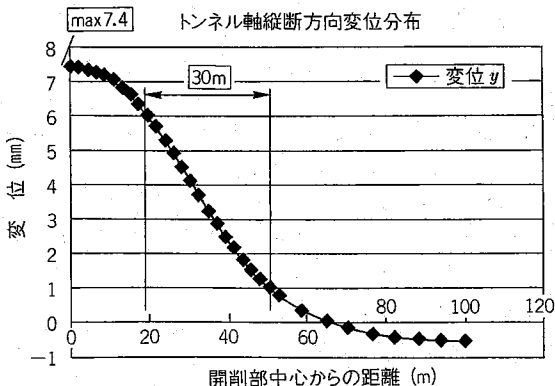


図-13 地表部掘削によるトンネルの浮き上がり変位

5.6 大深度地下施設に近接して設置する場合の対応

大深度地下施設に近接して新規に大深度地下に設置する施設は、近接して設置することによる相互の影響について、離隔に応じて以下の技術的検討を行うものとする。

- ① 離隔が1D(Dは新規に設置する施設の外径)以上の場合、原則として技術的検討を省略することができる。
- ② 離隔が0.5D以上1D未満の場合、地山の条件、施設相互の位置関係、施設の用途、施設の外径、施工状況等を考慮し、必要に応じて技術的検討を行う。
- ③ 離隔が0.5D未満となる場合には詳細な技術的検討を行わなければならない。

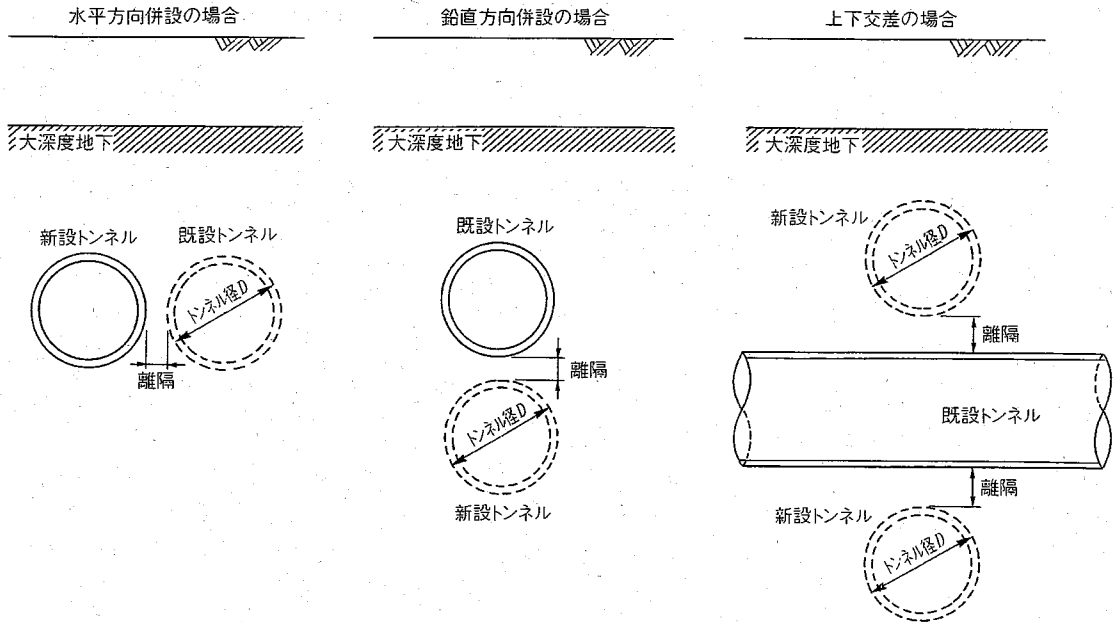


図-14 近接設置のイメージ

ここでいう近接施工とは、既設トンネルに対して新設トンネルが鉛直方向に併設、水平方向に併設、上下に交差の位置関係で近接して設置される場合を想定している(図-14)。

なお、近接施工によるトンネル相互影響に関しては、地山の条件、施設相互の位置関係、施設の用途、施設の外径、施工状況等の要因が複雑に影響し合い、また、大深度地下における近接施工事例は少ないことから、現状では未解明な点が残されている。したがって、大深度地下における近接施工の事例が増え、新たな技術的知見が蓄積された時点で、ここで定めた離隔距離の考え方について見直す必要がある。

## 6. おわりに

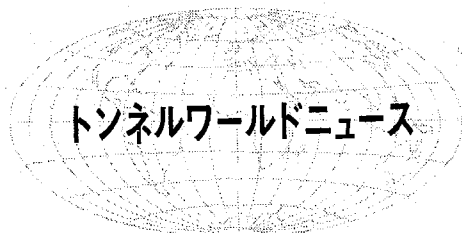
今回とりまとめられた技術指針では、基本的には既存の理論や実績などを踏襲し、安全側の考え方にたって検討が行われた。したがって、大深度地下の特性を十分に反映できているとは言い難い部分もあるが、今後大深度地下におけるトンネル等の実績が増えるとともに、新たな知見の蓄積や大深度地下に対応した新技術の開発が進

めば、より合理的な設計方法などが提案されることも十分考えられる。そのような場合には、新たな知見を取り込み、技術指針のより一層の充実を図っていくことが重要であると考えられる。

最後に、技術指針のとりまとめにあたってご尽力いただいた委員会の委員各位、関係各機関の方々に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) (財)先端建設技術センター：大深度地下使用技術指針(案)・同解説，2000.6.
- 2) 国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室：大深度地下使用技術指針・同解説，2001.6.
- 3) 佐藤寿延：大深度地下開発における技術と空間活用に関する研究，2001.8.
- 4) 細川雅則・ほか：大深度地下使用制度における地下施設の設計方法について，地下空間シンポジウム投稿論文，2001.1.
- 5) 土木学会：トンネル標準示方書〔シールド工法編〕・同解説，1996.7.
- 6) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，1988改訂.
- 7) 土質工学会：土質工学用語辞典，1985.3.
- 8) 岡田久延・ほか：大深度、急曲線、急勾配シールドの施工、トンネル工学研究論文・報告書，第6巻，1996.11.



(社) 日本トンネル技術協会  
国際委員会国内広報ワーキング

## トンネル工事のリスク管理

土木工事や鉱山などの地下工事に関わる専門の技術者にとってリスクを管理する能力というのは長年の挑戦であった。これがオーストラリアのメルボルンで最近開かれたジオエンジニア2000会議の討議テーマとなっていた。発注者にとっての関心事は予算と工期の超過である。請負者にとっての関心事は熾烈な競争のもとに行われる入札とその結果として不落札で仕事がとれないか、取れたとしても赤字工事で倒産してしまうことである。そしてエンジニアの関心事は請負者が工事の地下条件を誤って解釈するか、もしくは過度に楽観的な想定をすることであり、その結果、誤りや見落としに対するクレームが請負者や発注者から、あるいは両方からエンジニアに対してなされることである。

パネリストの一人であるHatch Mott MacDonald社のRandall Essex氏は土木の地下工事に関わる様々なリスクの一般的な概観を述べ、さらに一つの地下工事の現場を横断してみれば地下条件は変化するものだという避けることのできない事実、そして契約に示されていた条件と実際の地下条件が大きく異なった場合、請負者は要した追加費用の保障を追求してくるだろうという二つ目の避けられない事実を提示した。

パネリストのURS Corporation社のEvan Giles氏は、発注者、エンジニア、請負者と消費者という契約の各当事者に影響する様々な問題について紹介している。また、契約上のアプローチの根本的な相違、つまりリスクの分担とリスクの転嫁の相違を明確にした。また、同氏は米

国、英国、オーストラリアの法律をもとに、契約に含まれるリスクを相手の当事者に転嫁する自己免罪的な条項が本当に有効なものかどうかについて法的な意見を調査した。この調査によると3大陸における裁判所の判決ではリスクの転嫁のやり方を是認しておらず、従って、各当事者の利益はリスクを転嫁するより分担するというアプローチを取ることによって、より良く図られるということが明白にされている。

Essex氏はリスクの転嫁より分担に焦点をあてた、米国流の改善された契約の三つの根本的な要素について紹介している。一つ目の“The Differing Site Conditions”に対する救済条項は、入札過程での建設工事における博打的な面を排除するために米国政府によって1920年代に発展してきたものである。請負者に予見できない条件のために、契約上で追加費用補償の法的手段を与えることによって、入札金額から非常予備費的な金額が不要となり、全体的に請負金額を下げる結果となる。二つ目は、“The Geotechnical Baseline Report(GBR)”と呼ばれ、工事契約に含まれる報告書のことで、この中に予想される地下地質条件についての契約的想定が、現場近辺の類似工事の経験や地質データの適切な解釈をもとに明確な言葉で表現されている。プロジェクトの契約形態が設計・施工であろうと施工だけであろうと、工事の前にGBRが用意されることが、契約当事者に現場状況と請負者が入札時に負うべきリスクおよび発注者がそれを越えた場合に追加の補償を行うという条件と挙動の限度設定をより良く理解する手助けとなる。三つ目の要素は紛争審議会と呼ばれるものであり、客観的で独立した3人の委員がプロジェクトの開始時に組織される。この委員は工事の進行中は現場を訪れ、最新の現状を把握する。そして契約当事者間で解決できない紛争が生じた場合は、その聴聞を行い解決を図るために集まるという審議会である。Essex氏は、紛争審議会が世界中で500億ドル(5.5兆円)以上の紛争処理を助けるために利用されている、とつけ加えている。

(WT. '01.5. 担当 税所陽一)

〔土木工学社図書案内〕

## 岩盤の計測と解析

工博 鈴木 光著

A5判 箱入 260ページ 本体4,200円 (〒380円)

最近では、有限要素法を利用し、地盤や構築物の変形や応力分布に関する予想解析が行われるようになりつつある。そのために入力などに信頼度の高い各種計測値が要求されるようになってきた。

このような理由から、建設工事では、従来にも増して計測や解析が重要となりつつある。

本書は、応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である。

(2) 変位置と支保変状規模の関係

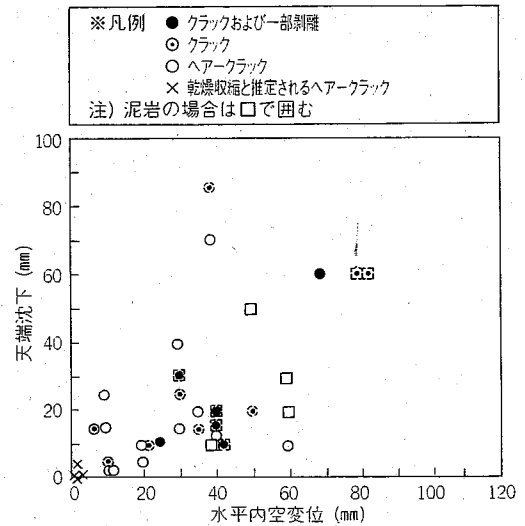
地山挙動やトンネル安定性低下の評価手法としてもっとも一般的な手法には、最終変位予測値と支保部材の変状実態にもとづく方法があります。この方法では、支保変状の有無とその程度が、変位置とどのような関係にあるかを実態調査などであらかじめ把握しておきます。つぎに、各断面での計測値から最終変位置を予測し、その値が実績データで変状が発生している変位以上に大きくなると判断された場合に、必要な対策工を行うことになります。

変位置と支保変状の関係について、現状では、支保変状の実績データを取りまとめたものが非常に少なく、地山条件や施工条件によって異なった現れ方をするため、より確かな目安値を得るためには、既施工データの分析あるいは類似地山トンネルでの施工実績を参考にすることが重要です。

図-2は、全国的に収集した2車線道路トンネル(掘削幅D=約10m)の施工実績をもとに、変状が発生した時点での変位置を示した一例<sup>1)</sup>で、吹付けコンクリートとロックボルトについて、内空変位および天端沈下と変状規模との関係を表しています。ただし、地山条件や施工条件が異なる施工実績を一つのグラフにしていることから、普遍性のある関係とは言い難いところもありますが、変位置と支保変状規模の大局的な傾向を知ることができます。

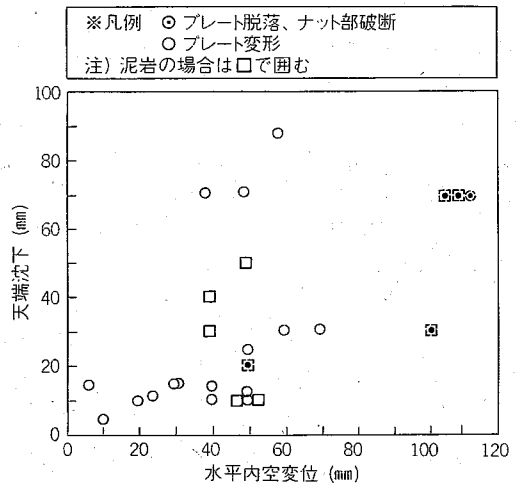
同図によると、吹付けコンクリートでは、変位置20mm程度を境に、20mm未満では軽微なヘアークラックの変状に止まり、20mm以上になると顕著なクラックや一部剥落を伴うクラックが発生しています。一方、ロックボルトについては、変位置10mm程度でもプレートが変形する場合があります、変位置がおおむね100mm以上でロックボルト破断などの変状が発生している傾向がみられます。

このように、変状と変位には密接な関係がありますが、変位計測は数十m間隔の離散データとなるため、トンネル全線にわたる地山挙動を十分に把握できない状況にあります。そのため、計測位置間における支保変状観察を実施して地山状態を把握し、連続データである切羽観察結果、支保パターンなどと対比した変状発生の要因分析を行い、早期の対策工を実施することが重要となります。既施工区間の対策工については、変状の内容、規模に応じた増支保などの検討を行います。一方、未施工区間に



•吹付けコンクリート変状発生件数/全回答件数 = 35/84 × 100 = 41.7%

(a) 吹付けコンクリート



•ロックボルト変状発生件数/全回答件数 = 27/84 × 100 = 32.1%

(b) ロックボルト

図-2 変位置と支保変状の関係例

おいては、要因分析結果にもとづき支保の再検討を行うとともに、計測管理基準値の再評価を行うことで、未施工区間の支保選定に活用する必要があります。

(文責：内藤将史・戸田建設(株))

参考文献

1) 日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針，平成5年11月。

## 連載講座

## 大深度地下利用(3)

## 大深度地下に関する利用調整

割石智洋\*

## はじめに

大深度地下は、大都市に残された貴重な空間であり、一度設置した施設の撤去が困難であるという性質を持つ。したがって、同一空間において複数の事業が計画された場合においても、事業間での空間の利用調整を行い、大深度地下を適正かつ合理的に利用することが求められる。

大深度法第6条では「大深度地下の公共的使用に関する基本方針を定めなければならないものとする」とあり、その基本方針には、大深度地下空間を適正かつ合理的に利用するための基本事項として利用調整の必要性が記述されている。

本稿は、国土庁が平成11年度から2か年にわたって設置した「大深度地下利用事業連携方策検討委員会」(委員長:足立紀尚・京都大学教授)での検討結果を踏まえ、大深度地下空間における施設配置の基本的考え方について解説するものである。

また、大深度法では、大深度地下の使用権を取得する手続きのなかで、事業間調整を行う仕組みがあり、若干の解説を行う。

## 1. 大深度地下空間の施設配置の考え方

## 1-1 大深度地下の特性

大深度法の目的は二つあり、一つは、大深度地下における公益事業の円滑な遂行であり、もう一つは大深度地下の適正かつ合理的な利用である。すなわち、土地所有者によって通常使われない大深度地下空間の使用認可を取得することによりルート選定の自由化や権利調整の簡略化などを図ることができるようにする一方、早い者勝ち、虫食いの乱開発が将来の事業の妨げとならないようにするために空間の利用調整が必要であるとしているのである。

そもそも「大深度地下」とは、通常の地下利用が行われない深さ(40m以深)および基礎杭設置のための利用が

行われない深さ(支持層上面から10m以深)のいずれか深い方と定義されている。現状の技術レベルでの最大深度が100m程度とすると、鉛直方向に利用可能な空間は、数本のトンネルが必要な離隔距離で交差すれば閉塞する狭い空間である。

さらに、利用が輻輳する箇所においては、鉛直方向の配置についてトンネルを上下にずらすなどの調整が必要となる。一方、平面方向には広い空間であり、利用が輻輳したとしても、十分な離隔をとった施設の配置による、適正な空間利用が十分可能である。

つまり、平面的には、早い段階から施設同士が十分な調整を行えば、将来の事業を行うスペースを確保することが可能であるが、鉛直的には配置の考え方がなければ、交差する空間がなくなるなど、将来の事業の妨げになる可能性がある。

1-2では鉛直配置の考え方を、1-3では平面配置の考え方を示す。1-4では同一あるいは近似ルート上に複数の事業が計画された場合の空間の合理化の手段として同一トンネルに2つ以上の施設を配置する共同化について記述する。

## 1-2 鉛直配置の考え方

複数のトンネルが交差する場合の配置の考え方として基本方針では、施設の方向性によって定める方法と施設の特性によって定める方法が示されている。

## 1-2-1 施設の方向性により配置を定める方法

施設の方向性により配置を定める方法とは、環状と放射あるいは東西と南北のようにある程度同じ方向を持った施設同士でグループとし、そのグループごとに利用する深度を限定することで、空間の整序化を図るものである。

例えば、東京では、地上の道路ネットワークはほぼ環状・放射の組み合わせで構成されており、これらの地下を利用してさまざまな施設が設置されている。例えば、山の手通りの地下の首都高速中央環状線および地下鉄大江戸線、環状7号線の地下の環七地下河川がそれぞれ、

\* (財)国土技術研究センター研究第二部主任研究員

表-1 各事業における判断

事業種類	有人施設か 無人施設か	移動が重力 に支配される か	構造上の問題		維持管理	
			線形の自由度		地上とのアクセ スの形状	管理設備(換気, 排水, 火災対策)
			曲線半径	縦断勾配		
鉄道	有人(不特定多数の人が常時出入りする)	重力に支配されている	400m程度 普通鉄道構造規則, 新幹線鉄道構造規則, 特殊鉄道構造規則に準拠	水平部: 3.5% 駅部: 0.5% 普通鉄道構造規則, 新幹線鉄道構造規則, 特殊鉄道構造規則に準拠	階段, エスカレーター, エレベーターなどの昇降設備が必要	換気設備: ○(自然換気・機械換気・半機械換気方式によって30m <sup>3</sup> /Hm <sup>2</sup> を確保。普通鉄道構造規則・東京都建築安全条例に準拠) 排水設備: ○(普通鉄道構造規則に準拠) 排気設備: ○(普通鉄道構造規則・東京都建築安全条例に準拠) 浄化設備: ○(空気清浄機により粉塵を除去) 排熱設備: ○(換気設備で代用)
			道路構造令に準拠	道路構造令に準拠。交差物件の制約を受ける。斜路の延長が長くなる。	斜路にならざるを得ず, 地上の街路線形に制約を受ける	換気設備: ○(道路トンネル技術基準に準拠) 排水設備: ○(路面排水設備, トンネル標準示方書に準拠) 排気設備: ○(トンネル標準示方書に準拠) 浄化設備: ○(必要に応じて除塵・脱硝装置が必要) 排熱設備: ○(換気設備で代用)
上水	自然流下方式では重力に支配される。	自然流下方式では重力に支配される。	水道管が布設できる曲率, 高水圧になるため極力直線が望ましい	水道管: 最小勾配2% トンネル事業: 最大勾配3%程度 凸部に空気弁, 凹部に排水設備が必要なので立坑間は片勾配が好ましい	立坑 浄水場, 配水池, 道路下既設管と接続する必要がある。 1~3 km/1 が必要	換気設備: ○((社)日本トンネル技術協会の指針に準拠) 排水設備: ○(高揚圧ポンプ設置が必要, 凹部には配水設備が必要) 排気設備: ○(凸部に空気弁が必要) 浄化設備: ○(地下湧水のpH調整のための中和設置) 排熱設備: -
			自然流下方式では重力に支配される。	汚泥の滞留およびつまりが生じないような曲率半径。 下水道施設計画・設計指針に準拠	自然流下方式の場合流下勾配が自ずと決定し, 下流ほど緩勾配になる。 下水道施設計画・設計指針に準拠	立坑 既存の下水道施設や地上部とのアクセスは, 道路もしくはその隣接区域などの公共区域に設けた人孔(立坑)を利用
河川	自然流下方式では重力に支配される。	自然流下方式では重力に支配される。	水面勾配や流れの損失が生じないような曲率半径	一定勾配が望ましい。 圧送管方式の場合は, 水理特性の詳細検討が必要	立坑 地表とのアクセスには, 河川もしくはその隣接区域などの公共区域に設けた立坑を利用	換気設備: - 排水設備: - 排気設備: - 浄化設備: - 排熱設備: -
農業用排水路	無人(点検時のみが入る)	自然流下方式では重力に支配される。	最小曲率半径の規定なし	圧力トンネルで斜坑トンネル以外の勾配については 1/100~1/500の範囲での設定が望ましい。 土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」に準拠	立坑 サイホン型の水路の場合, 呑口直上流に沈砂池を設けるなど, 底部に土砂がたまらない構造とする必要がある	換気設備: - 排水設備: - 排気設備: - 浄化設備: - 排熱設備: -
通信	重力に支配されていない	重力に支配されていない	自由度大 布設時10D 固定時20D (D: ケーブル外径)	自由度大 NTTの基準に準拠	立坑	換気設備: ○(平均風速0.3m/sec~1.0m/sec) 排水設備: ○(ピット, 排水ポンプの設置) 排気設備: - 浄化設備: - 排熱設備: -
電気			収容ケーブルからの制約少	収容ケーブルからの制約少	立坑	換気設備: ○(労働安全衛生規則, 酸素欠乏症防止の手引き, 共同溝設計指針, または各社基準に準拠) 排水設備: ○(共同溝設計指針, または各社基準に準拠) 排気設備: ○(共同溝設計指針, または各社基準に準拠) 浄化設備: - 排熱設備: ○(各社基準に準拠)
ガス			収容ガス導管からの制約少	収容ガス導管からの制約少	立坑	換気設備: ○(共同溝設計指針に準拠) 排水設備: ○(共同溝設計指針に準拠) 排気設備: ○(共同溝設計指針に準拠) 浄化設備: - 排熱設備: -

## 材料ごとの特性整理

時		非常時対策	
点検頻度および方法	地上部からのアクセス	災害時の停電対策、火災時のパニック対策ほか	避難方法、救助・救援活動
点検頻度は状況に応じて行う。事業者によっては、点検を機械で行っている。 鉄道運転規則、新幹線鉄道運転規則	不特定多数の乗降客が常時頻繁にアクセスする。大深度地下においては、アクセス機器の高揚程化、高速化を図る必要がある。	停電対策：○(常用電源対策、非常用電源対策を講じている) 火災対策：○(消火栓、水噴霧・給水栓設置、地下鉄道の火災対策の基準) パニック防止：○(異なる2系統の避難経路の確保、避難誘導設備の設置)	避難方法：○(トンネル部：軌道部・保守用道路での歩行、駅部：避難誘導設備を設け、乗降場から地上までの距離は非常階段による2方向避難を確保している。) 救援・救助活動：○(平時よりハード・ソフト面での対策を実施) 大深度では避難時間が増大するため、安全区間の確保について検討が必要
道路トンネル技術基準に準拠した点検頻度	常時はJCT・出入口を、非常時は避難路を利用する。	停電対策：○(非常用発電施設・CVCF設置など) 火災対策：○(消火器、水噴霧・泡消火栓設置、通達：道路トンネル非常用施設設置基準について) パニック防止：○(拡声放送、情報板設置、ラジオ再放送) 視野性の確保、電波伝播に支障のない設置場所の確保	避難方法：○(避難通路) 救援・救助活動：○(最小道路幅員の確保)
1回/10年 共同溝の場合は1回/月 定期的に水道管の外面腐食・漏水の有無の点検が必要(水道維持管理指針)	保守点検用の昇降設備など	停電対策：－ 火災対策：－ パニック防止：－	避難方法：－ 救援・救助活動：－
必要に応じて浚渫作業を行う	管理人孔	停電対策：－ 火災対策：－ パニック防止：－	避難方法：－ 救援・救助活動：－
		停電対策：－ 火災対策：－ パニック防止：－	避難方法：－ 救援・救助活動：－
		停電対策：－ 火災対策：－ パニック防止：－	避難方法：－ 救援・救助活動：－
随時		停電対策：○(非常灯、監視システムの無停電対策) 火災対策：○(消火器設置) パニック防止：－	避難方法：－ 救援・救助活動：－
1回/1～3年	人孔、換気孔からの入坑(保守点検用の昇降設備が必要)	停電対策：○(坑内非常灯、点検者携帯の懐中電灯で対応) 火災対策：○(火災検知器の設置、事故区間検出装置の設置) パニック防止：－	避難方法：○(坑内警報装置、距離表示板による待避避難路は点検路を利用) 救援・救助活動：－
1～2回/年(巡視点検)		停電対策：○(点検者携帯の懐中電灯で対応) 火災対策：○(都市ガスに関しては、ガス遮断装置を設置、電気設備に関しては防爆構造) パニック防止：－	避難方法：○(距離表示板による待避避難路は点検路を利用) 救援・救助活動：－

土かぶり40~60m程度の深度で整備されている。

そのうえ、さらに60m以深に環状方向の施設が設置されると、将来の放射方向の施設はこれより深い深度に設置せざるを得ないことになる。今後は、環状方向に事業化される計画はできるだけ、現在整備されている地下施設と同一の深度に平面的に分散させ、放射方向の施設の深度が深くならないようにするという考え方も秩序ある大深度地下利用を行ううえで必要となる。

1-2-2 施設の特性により配置を定める方法

表-1は、複数の施設が交差する部分の配置についての判断材料について、各事業施設ごとにまとめたものである。これをもとに施設の特性による配置の考え方を示す。

(1) 有人・無人施設

利用者が不特定多数である有人施設は、点検時のみ入坑する施設よりも上に配置すべきである。

(2) 地上とのアクセス構造

地上や浅深度地下の施設へのアクセスに対して構造上の制約を受ける施設は、アクセスしやすい空間に配置すべきである。

(3) 移動に対する重力の作用

地上や浅深度地下の施設への移動に対して重力が作用し、多大なエネルギーを必要とする施設を上配置すべきである。

(4) 線形の自由度

線形の自由度が比較的大きな施設が、線形(平面・縦断)に融通を利かす必要がある。

(5) 常時の維持管理ならびに非常時対策

有人施設は、人間活動の維持管理ならびに非常時対策に多大な労力および設備を必要とするので、地上とアクセスしやすい空間に配置すべきである。

以上の考え方を踏まえつつ最終的な施設の配置については、コストや地下利用の長期的展望などを総合的に判断したうえで決定されるべきであろう。

1-3 平面配置の考え方

基本方針では、「平面的には可能な限り将来の事業に必要となる空間を確保して施設を配置すること」となっている。

大深度地下利用において、もっとも重要な課題の一つは、地上とのアクセス空間をどのように確保するかとい

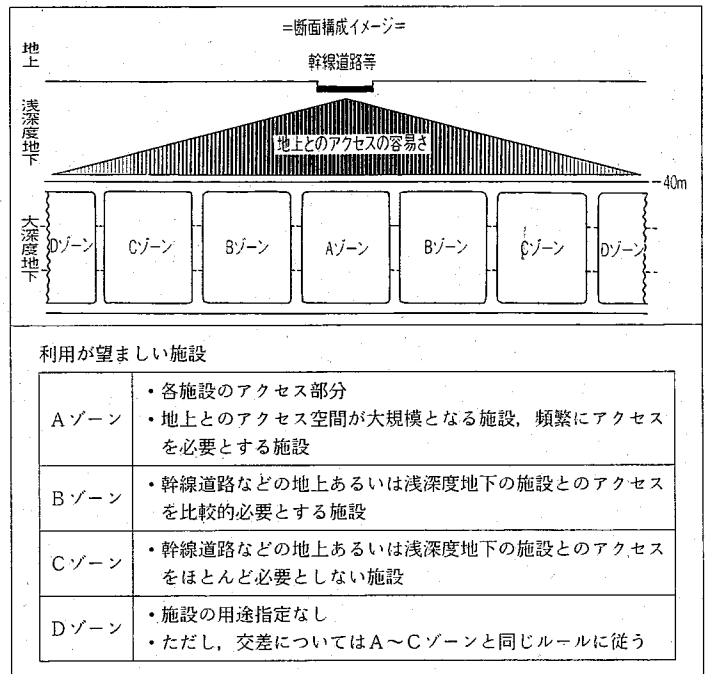


図-1 地上とのアクセス空間の確保の観点からの断面構成イメージ

うことであり、アクセス空間が大規模となる施設が、地上とのアクセス空間を確保しやすいような平面配置とすることが重要である。

道路などの公共用地は、その地下を含め、一般的に、民有地に比べ、権利関係が複雑ではないことから、アクセス空間としての利用が容易である。

したがって、平面的に見て道路などの公共用地から近い大深度地下は、道路などの公共用地から遠い大深度地下と比較してアクセス空間の確保の面で利用しやすい大深度地下であると言え、公共用地またはその近傍の大深度地下は、アクセス空間が大規模となるような施設が利用できるよう配慮する必要がある(図-1)。

例えば、道路・鉄道などの路線が、大深度地下から地上にアクセスするところでは、ある勾配をもってアクセスする必要があることから、アクセス空間が大規模となる場合があるため、公共用地またはその近傍の大深度地下に配置されるよう配慮されるべき施設の一つである。

1-4 共同化の考え方

共同化は、空間面およびコスト面で大深度地下を合理的に利用するために、有効な手段の一つである。同一あるいは近似ルートに複数の事業の計画があった場合は、早い段階から共同化に向けて事業間調整を行うことが必要となる。

このためには、当事者双方が納得できる共同化の方策を考えることが重要である。

1-4-1 共同化の方法

現在、地下における共同化の事例は少なからずあり、そのときの費用負担、管理・財産区分の考え方を整理したものが表-2である。

また、共同化の形態では、事業の規模などから大きく二つに類別できる。

一つは、事業者間の調整でトンネル径などの断面形状を決定するケースで、例えば、上・下水道や電気、ガス、通信などの施設を径を大きくすることで同一トンネルに収容するなどがこれにあたる。もう一つは、計画が具体化している施設の断面形状から必然的に生じる余裕空間を活用するケースで、例えば、道路や鉄道のトンネルの一部を利用してトンネル径を大きくすることなく様々な施設を収容することがこれにあたる。

どの方法や形態をとるとしても、共同化にあたっては、経済化を図ることを前提にあくまでも双方が共同化のメ

リット・デメリットを公平に負担しあうことが必要であり、上記以外の方法を当事者間で検討すべき場合もあり得る。

1-4-2 アクセス空間(立坑など)などの共同化について

前述のとおり、大深度地下では、地上とのアクセス空間を確保することが課題であり、地上とのアクセス空間は、地上の道路などの公共用地を主に使用せざるを得ず、アクセス空間が限られるため、トンネル部分の共同化の検討とともに、アクセス空間(立坑など)の共同化についても検討することも重要である。

現在までの立坑を共同化した事例では、立坑に隔壁を設け、別々の出入口を設けている場合が多い。

立坑に隔壁を設け、昇降施設などの必要な施設を別々に設置することは、コスト、空間の利用の面からも非効率であり、共有できる施設についてはできるだけ共同化の検討を行うことが重要である。

表-2 事例における主な費用負担、財産区分、維持管理の考え方

方式名	費用負担の考え方	管理・財産区分の考え方
(1)必要内空容積比率(管理通路)方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一断面内に複数事業の物件が設置され、隔壁によって仕切られる場合に適用</li> <li>管理用通路があり、管理用通路も含め各事業の必要とする内空面積(=必要内空容積、デッドスペースは含めない)の比率により負担する方法</li> <li>デッドスペースは双方で負担するという考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有し、その他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合</li> <li>隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理</li> </ul>
(2)必要内空容積比率(埋設管路)方式 共有空間按分方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>管路(下水、水道、ガス)の共同化の場合に多い事例。充填する場合も隔壁がある場合が多い。</li> <li>管路断面積の比率により負担する方法</li> <li>デッドスペースは事業規模に応じ双方で負担するという考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁中心線で財産を分け、それぞれを単独財産として所有</li> <li>隔壁により管理区分を設けて、それぞれを自主管理</li> </ul>
(3)占有内空容積比率方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一断面内に複数事業の物件が設置され、隔壁によって仕切られる場合に適用</li> <li>各事業の必要内空容積にデッドスペースを加えた容積の比率により負担する方法</li> <li>デッドスペースは各々の事業が負担するという考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有しその他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合</li> <li>隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理</li> </ul>
(4)単独施工費上限方式(CAB方式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>各事業が単独で実施した場合の工事費の割合により負担する方法、負担の上限は単独で実施した場合の事業費</li> <li>建設省CABシステムで採用されている方法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁中心線で財産を分け、それぞれを単独財産として所有</li> <li>隔壁により管理区分を設けて、それぞれを自主管理</li> </ul>
(5)推定投資額方式(共同溝方式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>推定投資額(単独で実施した場合の工事費-共同溝収容によって新たに必要となる費用(新規経費)+75年間の占用料+建設省事務費)を建設時に複利計算により還元した額を負担する方法</li> <li>共同溝で採用されている方法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造物は道路管理者の財産として管理、各施設は附帯施設として設置</li> <li>各事業者は各自の設置物のみ管理責任</li> </ul>
(6)分離費用身替り妥当支出方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>単独で実施した場合の事業費を合計し、これと全事業費との差額分(メリット分)を折半して差し引いて負担する方法</li> <li>多目的ダムで利用されている方法、事業規模に大きな差がある場合に事例あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>規模の大きい事業者の財産として所有、その他事業者は附帯施設として施設を設置、その施設のみ管理責任</li> </ul>
(7)全体事業費折半支出方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者の数で頭割りする方法</li> <li>内部施設の設置のための作業スペースなどの観点から折半とする考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有しその他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合</li> <li>隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理</li> </ul>
(8)空間リース方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>空間を開放して利用料をとる方法</li> <li>光ファイバーなど小断面のものを対象に例がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置する施設のみを管理</li> </ul>

表-3 共同化における技術的な留意事項

事業名	他の事業者に対する要望事項	他の事業からの要望事項
上水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理立坑には排水弁、空気弁、排水ドレインなどの付帯設備や、異形管防護などの設置スペースが必要である。</li> <li>水道の排泥設備あるいは排気設備などを設置するため中間立坑を単独に設けなければならない可能性がある。</li> <li>管内水圧が高圧となることから、異形管部に生じる不均力に対し配慮が必要。</li> <li>始点・終点不一致の場合は、分岐立坑が必要となる。</li> <li>電力に対しては、電食による水道管の腐食対策が必要である。</li> <li>ガスの漏洩および火災対策が必要である。</li> <li>鉄道に対しては、電気防食対策や列車通過時の振動対策を講じる必要がある。</li> <li>鉄道、道路に対しては、水道事故により大容量・高水圧管に漏水が生じた場合、システムを阻害し、さらには人命に対しても影響を与える可能性が高い(水道漏水時の排水対策)。</li> <li>下水道の汚水から発生する硫化水素対策を考慮する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上水との同一断面利用による共同化の場合、通水を長期間にわたり止めることができないため、保守点検や修理のための対応を検討しておく必要がある(近年、維持管理のためのバイパス路線の設置が多くある地区でなされてきている)(農業用排水路)。</li> <li>漏水対策、防災対策が必要(鉄道)。</li> <li>下水管の水密性保持が必要(下水道)。</li> </ul>
農業用排水路	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下河川との共同化の場合、地下河川には高い水圧がかかることとなるため、同一断面以外で水を流下させる以外は難しいと考えられる。また、同一断面の場合には、水質が問題となることから農業用排水路の場合には対応が必要である。</li> <li>上水との同一断面利用による共同化の場合、通水を長期間にわたり止めることができないため、保守点検や修理のための対応を検討しておく必要がある(近年、維持管理のためのバイパス路線の設置が多くある地区でなされてきている)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業用水路が開水路タイプの場合は、別室構造(上段利用が望ましい)とする(電気)。</li> <li>漏水対策、防災対策が必要(鉄道)。</li> </ul>
農業用道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気やガスとの共同化は、火災対策や定期点検の面からの制約があると考えられるため、共同化する際にはどのような配慮が必要であるか示して欲しい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気設備を有する事業と共同化を図る場合、ガス漏洩に対してガスが流入しないための適切な処置(隔壁の設置など)、または希釈対策・防爆対策などを検討する必要がある(ガス)。</li> </ul>
電気	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業用水路、河川、下水道が開水路タイプの場合は、別室構造(上段利用が望ましい)とする。</li> <li>鉄道、道路に対しては、供用開始後のケーブルの引き入れ、接続作業および維持管理面での安全性を考慮し、床版下などを利用した別室構造が望ましい。</li> <li>ガスに対しては、漏洩時の検知、希釈対策、電気機器の防爆化ならびに隔壁の設置などについて検討する必要がある。</li> <li>下水道に対しては、有毒ガス(メタン、硫化水素)発生時の検知、希釈対策などを検討する必要がある。</li> <li>メタルの通信線と大容量の送電線が長距離にわたり同室となる場合においては、電磁誘導に対する検討が必要となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電食による水道管の腐食対策が必要である(上水道)。</li> <li>電気やガスとの共同化は、火災対策や定期点検の面からの制約があると考えられるため、共同化する際にはどのような配慮が必要であるか示して欲しい(農業用道路)。</li> <li>電気設備を有する事業と共同化を図る場合、ガス漏洩に対してガスが流入しないための適切な処置(隔壁の設置など)、または希釈対策・防爆対策などを検討する必要がある(ガス)。</li> <li>火災時の安全対策、運転施設への影響などを検討する必要がある(鉄道)。</li> <li>電気と同室の場合は通信ケーブルに対する電磁誘導対策、電気ケーブル発熱などに対する火災対策が必要(通信)。</li> <li>電気、ガスなどに対する安全性対策が必要(河川)。</li> </ul>
ガス	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気設備を有する事業と共同化を図る場合、ガス漏洩に対してガスが流入しないための適切な処置(隔壁の設置など)、または希釈対策・防爆対策などを検討する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガスの漏洩および火災対策が必要である(上水道)。</li> <li>電気やガスとの共同化は、火災対策や定期点検の面からの制約があると考えられるため、共同化する際にはどのような配慮が必要であるか示して欲しい(農業用道路)。</li> <li>ガスに対しては、漏洩時の検知、希釈対策、電気機器の防爆化ならびに隔壁の設置などについて検討する必要がある(電気)。</li> <li>ガスに対しては鉄道の事例は全くなく、旅客の安全性に十分留意し技術的に可能かどうか慎重に検討する必要があるが、旅客利用のある道路においてガスと共同化している実績があることに鑑み、将来性の可能性を留保することとした(鉄道)。</li> <li>ガスと同室の場合は電気設備類の防爆対策が必要(通信)。</li> <li>電気、ガスなどに対する安全性対策が必要(河川)。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>上水道、農業用排水路、河川に対しては、漏水対策、防災対策が必要。</li> <li>電力に対しては、火災時の安全対策、運転施設への影響などを検討する必要がある。</li> <li>ガスに対しては鉄道の事例は全くなく、旅客の安全性に</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気防食対策や列車通過時の振動対策を講じる必要がある(上水道)。</li> <li>水道事故により大容量・高水圧管に漏水が生じた場合、鉄道のシステムを阻害し、さらには人命に対しても影響を与える可能性が高い(水道漏水時の排水対策)(上水道)。</li> </ul>

鉄 道	十分留意し技術的に可能かどうか慎重に検討する必要があるが、旅客利用のある道路においてガスと共同化している実績があることに鑑み、将来性の可能性を留保することとした。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄道に対しては、供用開始後のケーブルの引き入れ、接続作業および維持管理面での安全性を考慮し、床版下などを利用した別室構造が望ましい(電気)</li> <li>・電気設備を有する事業と共同化を図る場合、ガス漏洩に対してガスが流入しないための適切な処置(隔壁の設置など)、または希釈対策・防爆対策などを検討する必要がある(ガス)。</li> <li>・鉄道との共同化の場合には、鉄道の運転保安設備とは別室構造が望ましい(通信)</li> </ul>
通 信	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気と同室の場合は通信ケーブルに対する電磁誘導対策、電気ケーブル発熱などに対する火災対策が必要。</li> <li>・ガスと同室の場合は電気設備類の防爆対策が必要。</li> <li>・鉄道との共同化の場合には、鉄道の運転保安設備とは別室構造が望ましい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メタルの通信線と大容量の送電線が長距離にわたり同室となる場合においては、電磁誘導に対する検討が必要となる(電気)。</li> </ul>
道 路		<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道事故により大容量・高水圧管に漏水が生じた場合、道路のシステムを阻害し、さらには人命に対しても影響を与える可能性が高い(水道漏洩時の排水対策)(上水道)。</li> <li>・道路に対しては、供用開始後のケーブルの引き入れ、接続作業および維持管理面での安全性を考慮し、床版下などを利用した別室構造が望ましい(電気)。</li> <li>・電気設備を有する事業と共同化を図る場合、ガス漏洩に対してガスが流入しないための適切な処置(隔壁の設置など)、または希釈対策・防爆対策などを検討する必要がある(ガス)。</li> </ul>
河 川	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気、ガスなどに対する安全性対策が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漏水対策、防災対策が必要(鉄道)。</li> <li>・地下河川との共同化の場合、地下河川には高い水圧がかかることとなるため、同一断面以外で水を流下させる以外は難しいと考えられる。また、同一断面の場合には、水質が問題となることから農業用排水路の場合には対応が必要である(農業用排水路)。</li> <li>・河川が開水路タイプの場合は、別室構造(上段利用が望ましい)とする(電気)。</li> </ul>
下水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下水管の水密性保持が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下水道の汚水から発生する硫化水素対策を考慮する必要がある(上水道)。</li> <li>・下水道が開水路タイプの場合は、別室構造(上段利用が望ましい)とする(電気)。</li> <li>・下水道に対しては、有毒ガス(メタン、硫化水素)発生時の検知、希釈対策などを検討する必要がある(電気)。</li> </ul>

これらの事例では、トンネル部を共同化することを前提とし、立坑を共同化しているが、複数の事業者が1つの立坑から事業を実施することができれば事業の効率的な実施の面で有効である。このためには、ある程度の将来を見通して、立坑の深さ、規模を決定するなど将来の事業の可能性を考慮する必要がある。

#### 1-4-3 共同化の留意点

共同化においてどのような点に留意すればよいのか各事業者ヒアリング調査を実施した結果を表-3に示す。表の「他の事業者に対する要望事項」は、例えば、水道事業が他の事業と共同化の検討を行う場合、どのようなことに留意する必要があるか、水道事業者の考え方を記入したものであり、「他の事業者からの要望事項」は、例えば、他の事業者が水道事業と共同化の検討を行う場合、どのようなことに留意する必要があるか、他の事業者の考え方を記入したものである。

実際の調整はケースバイケースであるが、それぞれの事業者の考え方を明らかにすることが、共同化の検討を進めるうえで重要となると思われる。

## 2. 利用調整の手続き

事業者は他の事業者の情報を、大深度地下の使用認可を受けようとするその手続きの中で、①大深度地下使用協議会(第7条)、②事前の事業間調整(第12条)の2つの仕組みから入手することができる。この情報をもとに施設配置や共同化についての調整を構想段階から行うことになる。

### 2-1 事業構想段階からの調整

法第7条では「公共の利益となる事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用を図るために必要な協議を行うため、対象地域ごとに、政令で定めるところにより、国の関係行政機関および関係都道府県により、大深度地下使用協議会を組織する」としている。具体的には、大深度法の対象地域である首都圏、近畿圏、中部圏の各地方整備局に事務局を置き、定期的開催することが基本方針として示されており、各地域の協議会が設置されたところである。

その主な目的は、大深度地下利用の構想・計画などの

情報の収集、交換および公開であり、事業の構想段階からの調整に寄与するものであり、今後の動静が注目される。

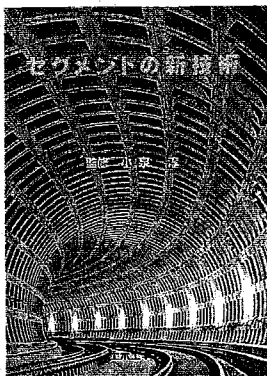
## 2-2 事業が具体化した時点の個別の調整

事業が具体化した時点においても、事業者が使用認可申請を行う手続きの中で、その事業内容の縦覧期間を設け、他事業者との共同化や施設配置の調整が行える仕組

みとなっている。このときの調整にあたっては大深度地下使用協議会を活用して客観性の高い調整を行ったうえで、認可申請を行うことになる。

また、大深度法による事前の事業間調整などの手続きについては、「大深度地下使用法使用認可申請マニュアル」(国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室)に詳細が記述されている。

### 【新刊のご案内】



# セグメントの新技术

監修 小泉 淳

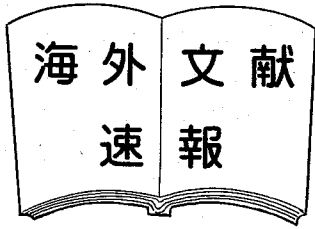
B5判 120頁 定価(本体価格2,000円+税) 円310円

本書は「トンネルと地下」の連載講座として、過去10年間に開発され、実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し、また、土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し、同じフォーマットで紹介したものをもとに、新たに「セグメントの新技术」編纂委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. 薄型化・高強度セグメント         | 18. シンプロセグメント         |
| 2. サンドイッチ型合成セグメント       | 19. WBセグメント           |
| 3. 矩形トンネル用合成セグメント       | 20. リングロックセグメント       |
| 4. NMセグメント              | 21. KLセグメント           |
| 5. 二次覆工省略型ダクタイルセグメント    | 22. コーンコネクターセグメント     |
| 6. リングシールド工法用セグメント      | 23. FRP-Key継手         |
| 7. コンクリート中詰め鋼製セグメント     | 24. ほぞ付きセグメント         |
| 8. DNAシールド              | 25. HOTセグメント          |
| 9. ガイドロックセグメント          | 26. インサート継手(その1:アーチ形) |
| 10. ウイングセグメント           | 27. インサート継手(その1:NF型)  |
| 11. ハニカムセグメント           | 28. CPIセグメント          |
| 12. CONEX-SYSTEM        | 29. PPCセグメント          |
| 13. スパイラルセグメント          | 30. FBRセグメント          |
| 14. コッター・クイックジョイントセグメント | 31. NRTセグメント          |
| 15. ワンパスセグメント           | 32. タイドアーチセグメント       |
| 16. ASセグメント             | 33. 遠心力締固めRCセグメント     |
| 17. マルチブレード式継手セグメント     | 34. 高流動コンクリートセグメント    |

**株式会社 土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072



(社) 日本トンネル技術協会  
研究開発委員会

北京の地下鉄駅建設に適用した新しいトンネル工法/A New Construction Method for a Metro Station in Beijing

W Liu, F. Luo and J. Mei: Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.15, No.4, pp.409-413, 2000

本論文は、北京の天安門の南西に位置する地下鉄駅の建設に際して適用された新しいトンネル工法「The tunnel-column method」の紹介である。

駅は図-1に示すように、土かぶり6.2mで、中央プラットフォーム式の2階建て構造になっており、幅24m、高さ14m、全長227mとなっている。通常、このような構造物については開削工法により施工されるが、駅の直上には交通量の非常に多い道路があることや多くの地下埋設物があることなどから、開削工法とトンネル工法を結びつけた新しいトンネル工法を開発した。なお、地盤条件は、図-1に示されているが、地下水位はGL-13.10~16.20mで比較的安定している。

新しいトンネル工法「The tunnel-column method」の施工手順を図-2に示す。まず、頂部と底部にそれぞれ4つの導坑を掘削、それぞれの頂設導坑から底設導坑に向かって本設の側部支柱や中間柱位置に堅孔を削孔する。次に、各底設導坑内に側部支柱や中間柱のためのベースコンクリートを打設し、堅孔内に鉄筋コンクリート柱や

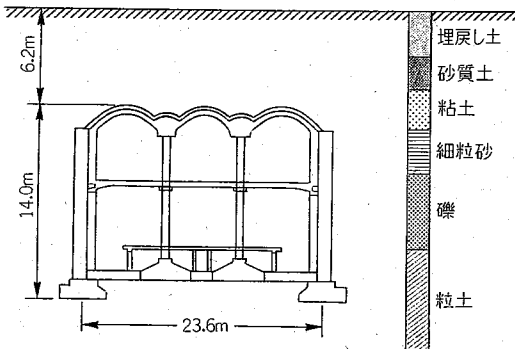


図-1 断面図

施工順序	説明
	導坑掘削
	1. 堅孔掘削 2. 頂部と底部のコンクリート梁 3. 側壁支柱と中間柱
	1. 仮設の鉄骨によるつなぎ 2. 頂設の導坑間トンネルの掘削
	1. コンコース掘削と巻き立て 2. 中間スラブの施工 3. 乗降フォーム部の掘削と巻き立て
	1. 底盤巻き立て 2. 建築工事

図-2 新しいトンネル工法「The tunnel-column method」の施工手順

中間柱が造られ、側部支柱や中間柱の上部梁が打設される。そして、次の段階が成功への鍵となるが、各頂設導坑の3つのトンネルを掘削する。トンネルの支保は吹付けと鋼アーチ支保工で、その荷重を側部支柱と中間柱で支える。これにより仮設時の支保構造が完成し、後は、内部を掘削し構築することになる。この工法の長所は、①導坑内から側壁と中間柱構造を造ることにより、地表での障害をなくしたこと、②側壁柱と中間柱に支えられたアーチ支保構造によって切り抜けが順巻きで行え、駅構造の品質に良かったこと、と言える。

この工法の有効性を確認するために施工手順に従ったFEM解析が行われた。施工手順として、8つの導坑の掘削順序2ケース(8つの導坑を一つづつの8ステップ、底設→頂設の2ステップ)と頂設導坑間の3トンネルの掘削順序2ケース(側部トンネル→中央トンネル、中央トンネル→側部トンネル)が比較検討された。まず導坑掘削順序については、導坑掘削完了時の地表沈下量に有意な差異がなかった。導坑間掘削については、側部トンネルを先行した方がやや沈下が少なかった。ただ解析結果によれば、地表面沈下で45mm、ライフラインのある地

表-5 清水第三トンネルにおける鋼繊維補強高強度吹付けコンクリート配合<sup>2)</sup>

配 合	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						
		C	W	S	G	混和剤	急結剤	鋼繊維
従来吹付けコンクリート	18	360	194.0	1161	624	—	25.2	—
高強度吹付けコンクリート	36	450	202.5	1052	567	1.60	45.0	—
鋼繊維補強高強度吹付けコンクリート	36	450	202.5	1114	478	1.76	45.0	78.5

2) 東北新幹線岩手トンネル女鹿工区(ビニロン繊維補強吹付けコンクリート)の事例<sup>1)</sup>

東北新幹線岩手トンネル女鹿工区工事は、土盛りが最大230mに及ぶ凝灰岩質軟岩地山をNATM機械掘削で施工した工事です。当該工事では、土盛りの増加および岩盤の脆弱化による地山強度の低下に伴い、内空変位が増大し、相次ぐ切羽の崩壊・崩落や支保の変状が発生しました。

このような変状に対し、切羽の崩壊は長尺鏡ボルトの対策工で対応しましたが、岩盤強度の低下に伴って内空変位が170~310mmにも達する状態となり、インバートの早期閉合を実施しても変位が収束しない状態となりました。このため、吹付けコンクリートにビニロン繊維を混入し、さらにシリカフェーム混入による高強度化により剛性および靱性の向上を図り、変位の低減に努めることとしました。その際に用いられた配合例を表-6に示します。

この配合は、NATM設計施工指針配合例をもとに試験練りで決定したもので、当該地山のように膨張性地山

表-6 東北新幹線岩手トンネル女鹿工区 ビニロン繊維補強吹付けコンクリート配合<sup>1)</sup>

S/A (%)	C (kg/m <sup>3</sup> )	Sif 混入率 (%)	急結剤 添加率 (%)	VF 混入量 (kg)	減水剤 (%)
65	360	5	5.5	10	2

Sif: シリカフェーム VF: ビニロンファイバー

特有の時間依存性の変形抑制には効果的であったと評価されています。

(文責: 山地宏志・三井建設(株))

## 参 考 文 献

- 1) 土木学会コンクリート委員会トンネルコンクリート施工指針作成小委員会編: トンネルコンクリート施工指針(案), (社)土木学会, pp.80-81, 2000.7.
- 2) 田中一・青山繁夫: 第二東名高速道路における超大断面トンネルの試験工事, 清水第三トンネル(総括: その1), トンネルと地下, Vol.31, No.8, pp.15-23, 2000.8.
- 3) 日本道路公団: 設計用要領集第三集トンネル編, 2001.1.
- 4) 奥村皓一・和地強他: SFRC覆工で収束しない変位に対抗, トンネルと地下, Vol.29, No.5, pp.7-18, 1998.5.

## 建設工事の地質診断と処方

石井 康夫・矢島 壯吉/共著

A 5 判 本体価格 4,300 円 (送料 380 円)

近年、建設技術の高度化と複雑化に伴い、建設コンサルタント、地質・土質調査業務の果たすべき役割と責任は重要なものになってきている。なかでも、建設工事の基礎になる地質の理学的な理解度と光学的な応用力が設計・施工の良否につながるといっても過言ではない。自然界の創りだす地質の諸現象にぶつかるたびに、如何に地質学とはむずかしいものかを痛感する。

この書が多少なりとも、建設技術者・土木技術者の各位に参考となり、利用されれば幸いです。

## — 目 次 —

1. 地質の基礎知識
2. 地盤・岩盤の地質診断法
3. 軟弱地盤と特殊土の地質診断と処方
4. 地盤・岩盤の評価
5. 地すべり・斜面崩壊の地質診断と処方
6. 山岳トンネル工事の地質診断と処方
7. 都市トンネル工事の地質診断と処方
8. ダム工事の地質診断と処方
9. 一般土工と基礎工事の地質診断と処方



株式  
会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
電話 (03)3267-2888(代) 振替 00110-8-190072

## 連載講座

## 大深度地下利用(4)

## 大深度地下利用に関する情報整備

塚原 弘 一

## 1. はじめに

平成12年5月19日に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が成立し、平成13年4月1日より施行されている。「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」(以下：大深度法)第8条では、「国及び都道府県は、公共の利益となる事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用に資するため、対象地域における地盤の状況、地下の利用状況等に関する情報の収集及び提供その他必要な措置を講ずるよう努めなければならない。」と定められている。このため、国および都道府県は地盤状況や地下の利用状況、事業の実施により得られたノウハウなどの情報を収集・提供する必要がある。

しかしながら、地下の利用状況などの情報については、国や自治体、事業者ごとに整備されており、一元的な整備はなされていないのが現状である。このように現在まで、地下利用に関する情報を、統一的に収集・整理されたことはなく、地下利用を計画するにあたって、情報収集に多大な時間と労力が必要となっている。よって、情報を事前に十分集めることができないため、場当たりに事業を実施せざるを得なかった事例もある。また、既存施設の位置を正確に把握できていないため、工事施工中に既存施設を破損してしまった事例もある。

本稿では、このようなことを未然に防ぐためにも、大深度地下に関する情報整備について考察する。

## 2. わが国における地下情報の整備状況

## 2-1 地盤情報の整備状況

ボーリングデータを中心とする地盤の情報は、国土交通省、東京都土木技術研究所、関西地盤情報活用協議会など、様々な機関が収集・整理を行っている。これらのボーリングデータ数の合計は、大都市圏を中心に全国で約30万本である。また、平成12年12月には国土庁より、

\* (財)日本建設情報総合センター(JACIC)建設情報研究所研究第三部長

ボーリングデータをもとに作成された3大都市圏の「大深度地下マップ」が公表されている。

## 2-2 地下埋設物情報の整備状況

地下埋設物については従来、「道路管理者が備え付けている道路台帳」および各事業者が「施設の管理を目的としたそれぞれの施設の情報」が整備されている。これらは、地図、台帳などの紙媒体で作成されていたが、効率的な管理を目的にデータベース化が進められ、GIS(地理情報システム)上で運用されているものもある。

例えば、東京ガスでは、自社の40,000kmに及ぶ管路をすべてデータベース化したシステムを開発した。これをもとに、通常の管理面だけでなく、防災対応、営業支援、など様々な面での情報の活用を行うとともにこのシステムを水道事業者や他のガス事業者などへ販売を行っている。

この他、東京電力やNTTのように独自にシステムを開発している事業者もある。また、(財)道路管理センターには、大都市の上・下水道、電力、ガス、地下鉄などの道路下の地下埋設物情報が集められている。これらの情報はROADISというシステムに入力され、会員事業者が閲覧できる。ROADISは、さまざまな事業者の地下埋設施設のデータを、同一システム上で整理している国内唯一の事例である。

しかし、各事業者が施工した物件の仮設構造物や、埋設されたまま廃棄された古い管路などの残置物はデータがほとんどなく、地下工事の障害となっている。

一方、民地の地下埋設施設については、大深度法施行以前は工事事例そのものの数が限られており、各事業者が自社内で情報を保有しているのみである。

## 3. 海外における地下情報の整備状況

2章では国内の地下情報の整備状況を整理したが、ここでは海外の事例を3件紹介する。

## 3-1 パリ市

## (1) 地下施設埋設情報

パリ市道路局において、1/2,000のデジタル化された

地下地図が作成されつつある(重要な部分は、1/200)。その財源は、地下を利用して事業を行う事業者から、その工事費の3%を徴収し確保している。また、パリ市の条例では、地下に施設を埋設した事業者は、工事終了後3か月以内に新しく建造した地下施設の情報をパリ市に登録することになっており随時情報が更新されている。

地図は、パリ市のイントラネットでの職員が必要となき閲覧できるようになっている。

(2) 地盤情報

地盤情報は、国の機関である地質・鉱山管理局(BRGM)が、一括して管理している。事業者(例えば、パリ市交通公団)が調査した地盤データは、地質・鉱山管理局へ渡され、随時データの更新が行われている。

3-2 ヘルシンキ市

(1) 地下施設埋設情報

ヘルシンキ市では、不動産局においてデジタル化された1/500の地下情報図が作成されている。また、現在三次元化が進められているところであり、全体の約10%が完了している。これらの情報は、ネットワークで関係部に配信できるようになっている。また、一般には公開していないがコンサルタントなどから資料の請求があった場合は、メールで情報を提供している。

(2) 地盤情報

地盤情報については、ヘルシンキ市内16万本のボーリ

ングデータをもとにデジタル化されたデータベースが作成されている。また、現在三次元化の作業を行っているところであり、市内中心部の40~50%が完了している。

3-3 スtockホルム市

(1) 地下施設埋設情報

ストックホルム市では、1/1,000の地下地図が作成されている。しかし、地下施設の情報に関する取り扱いには慎重であり、その情報はデジタル化されておらず、紙ベースの地図が数部存在するだけである。

(2) 地盤情報

地盤情報については、国の機関である地質調査研究所が収集・管理している。この情報は、事業者に公開されている。

4. 大深度地下情報システム(仮称)

国土交通省では、大深度法第8条にもとづく施策として、平成16年運用開始を目標に「大深度地下情報システム(仮称)」の整備・構築を図-1のようなイメージで検討している。

4-1 整備目的

このシステムは、①地下埋設施設情報、②地盤情報の2つの情報から構成される。

地下埋設施設情報では、事業者が大深度地下を利用した事業を行う際に、当該事業区域にどのような施設がど

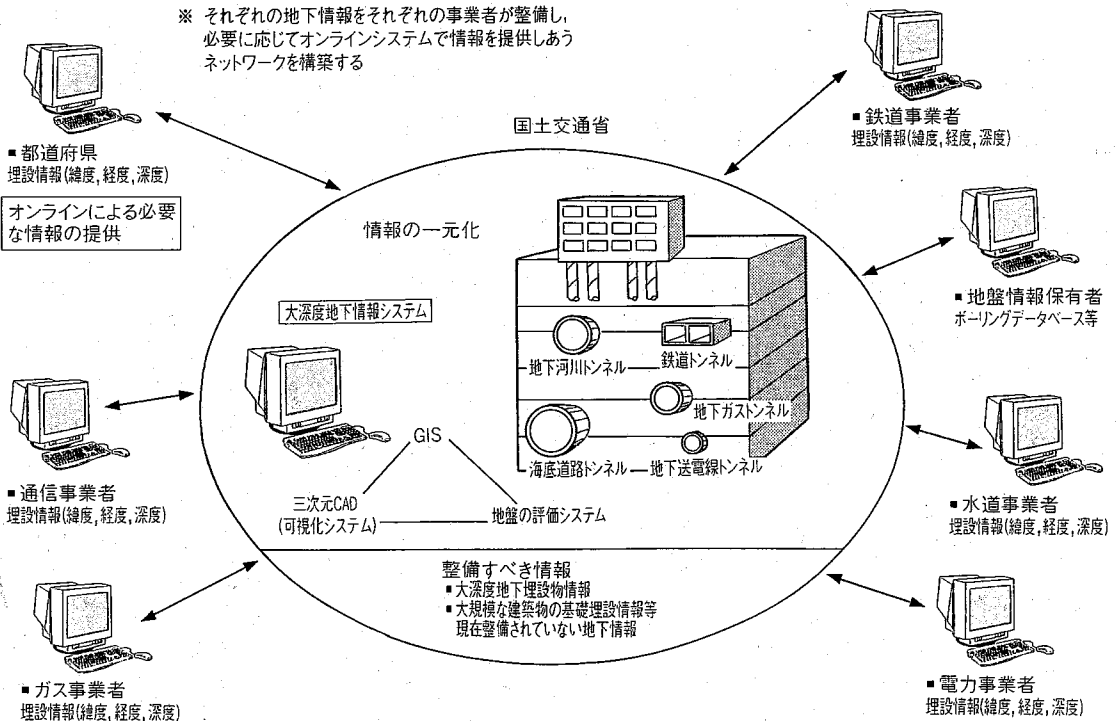


図-1 大深度地下情報システム(仮称)のイメージ

のような位置に埋設されているかをある程度把握し、事業の計画、調整が円滑に行えるようにすることを目的とする。

地盤情報では、現在は大深度地下マップなどでおおむね大深度地下の範囲を把握することができるが、当該事業区域近傍のボーリングデータなどの地盤調査結果を容易に入手し、大深度地下の範囲の特定や事業の計画が効率的に行えるようにすることを目的とする。

4-2 活用イメージ

図-2で大深度地下使用事業の業務プロセス、大深度法のプロセスと、大深度地下情報システム(仮称)の関係について整理した。

システムは、事業の計画・概略設計段階で活用される。それ以降の段階では、必要に応じて活用されるほか、事業による成果が新規情報、あるいは更新情報として各事業者より提供される。

4-3 大深度地下の情報基盤のあり方

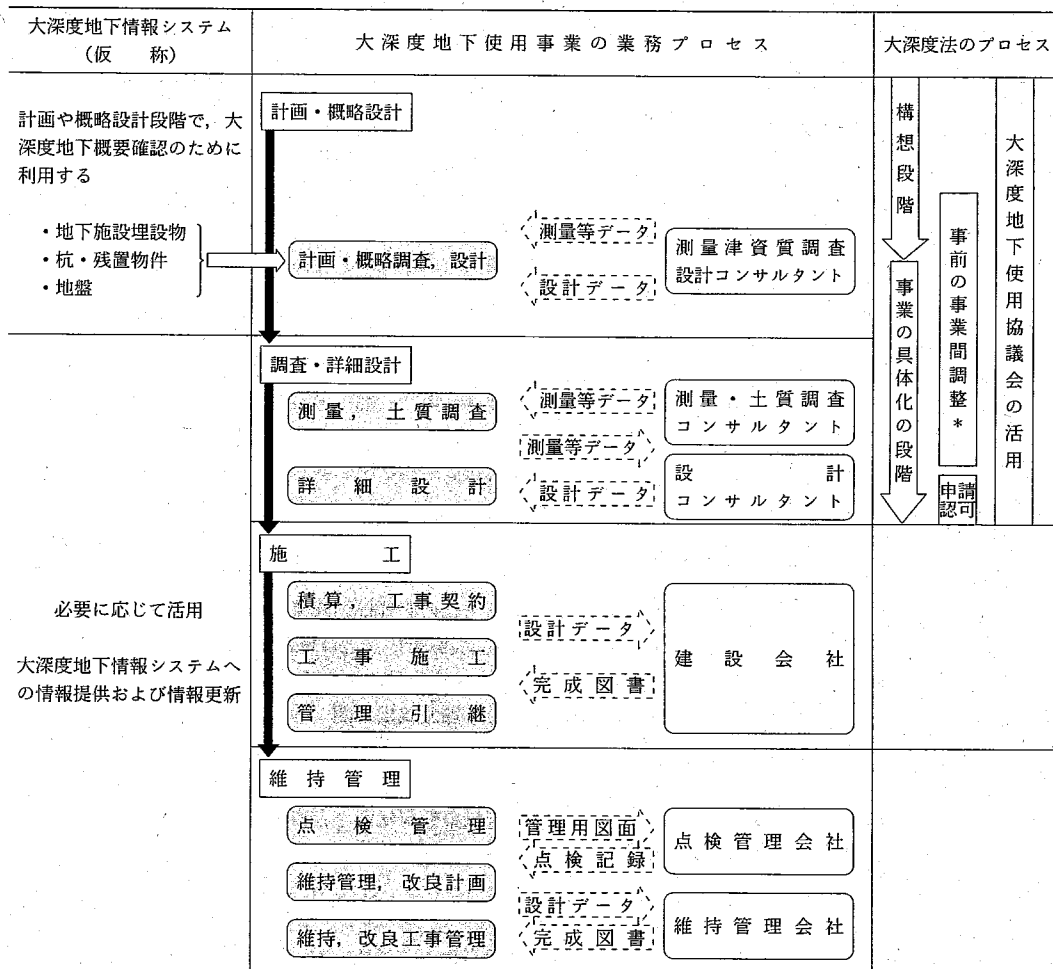
本項目では、わが国における地下埋設施設情報や地盤情報の整備・所在状況を考慮して、大深度地下の情報基盤のあり方を整理した。

(1) 地下に関する情報のワンストップサービス

海外においても地下情報を一元化する方向にあるが、わが国でも同様にデータの一元化を図り、1か所で地下に関するすべての情報が入手(ワンストップサービス)できるようにすることが得策である。

(2) 各機関のデータの活用

海外では1つの機関がすべてのデータを管理している例もあるが、わが国では、既にそれぞれの事業者がデータベース化を進めているのが現状であり、また情報を1か所で集中的に管理するのでは、データも膨大になり、大規模な投資が必要となる。また、施設の管理者以外が施設の情報を随時入手し、更新していくことはセキュリ



【\*事業概要書を作成して事業所管大臣または、都道府県知事に送付】

図-2 大深度地下情報システム(仮称)の活用イメージ

ティの面、情報の即時性の面においても問題があるといえる。

現状では、各事業者がデータベースをそれぞれ構築していることから、この資産を活用し、各機関のデータは各機関の責においてデータの維持・管理を行う方が、确实で効率的であり、責任の所在が明確となる。したがって、システムは各機関のデータベースから必要なデータを照会・入手し、これを総合的に処理することによりワンストップサービスを提供できることが望ましい。

### (3) 三次元 GIS

これらの情報は、場所と属性情報が密接に関わるものであるため、GISを利用したシステムの構築が望ましい。

また、地下空間は視覚的に把握できないという特性があり、地下施設を三次元的に可視化することができれば、業務の計画立案などが容易に行えるようになる。コンピューターの性能が飛躍的に向上していることを踏まえれば、現時点において三次元表現は技術的に十分可能な水準にあるといえる。

このような地下埋設物の可視化に加え、地盤構成を三次元的に処理することができれば、地下の地盤の状況を容易に確認できるうえに施設の配置、構造の決定が容易となるため、システムは三次元表現の可能なGISが望ましい。

## 5. 大深度情報システムに必要と考えられる情報の整備・所在状況

ここでは、前述の大深度情報システム(仮称)で必要と考えられる情報の、電子化の現状、情報の所在、現状の整備状況、電子化の必要性について整理する。

ここでの整理は、地下情報を保有している各機関へヒアリングを行った結果である。なお、同じ項目でも情報保有者によっては整備状況が異なる場合もある。

### 5-1 埋設物情報

#### (1) 地下街

電子化の現状：一部電子化。

情報の所在：国土交通省土地・水資源局(現在は中止)。

現状の整備状況：国土交通省土地・水資源局により一部電子化がなされた。

電子化の必要性：地下街の位置は比較的浅深度にあるため早急に電子化を進める必要はない。

#### (2) 地下駐車場

電子化の現状：一部電子化。

情報の所在：国土交通省土地・水資源局(現在は中止)。

現状の整備状況：国土交通省土地・水資源局により一部電子化がなされた。

電子化の必要性：地下駐車場の位置は比較的浅深度にあるため早急に電子化を進める必要はない。

#### (3) 建設物基礎(直接基礎、杭基礎)

電子化の現状：電子化の予定なし。

情報の所在：(財)日本建築センタに一部の図面データあり。

現状の整備状況：高層建築物にデータあり。ただし、デジタル化の予定なし。

建築申請の建設物概要には基礎情報の項目はない。

添付する構造計算書にはデータがある。ただし、保管期間は5年となっている。

地盤情報と建築物より、基礎情報はおおむね推測できるが現実的ではない。

電子化の必要性：基礎については大深度対象範囲に達する場合もあるため必要である。

備考：大規模の建築物のみ。

#### (4) 橋梁基礎

現状、電子化の必要性、情報の所在について調査および検討が必要である。

#### (5) 仮設構造物・残置物

電子化の現状：電子化の予定なし。

情報の所在：各事業者。

(財)日本建築センター。

現状の整備状況：各事業者がおおむね図面で整備しているが情報が散逸してしまった業者もある。完成図に含まれないケースが多く適切な整備がなされていない。

電子化の必要性：浅深度の情報は考慮しない。大深度の範囲にあるものについては整備していく必要がある。

#### (6) 地盤改良範囲

電子化の現状：電子化の予定なし。

情報の所在：各事業者。

現状の整備状況：各事業者がおおむね図面で整備しているが、情報が散逸してしまった業者もある。完成図に含まれないケースが多く適切な整備がなされていない。

電子化の必要性：大深度の地盤改良範囲情報の整備が必要である。その際に電子化を進めるべきである。

## (7) 井戸(浅井戸, 深井戸)

電子化の現状: 各自治体ごとに要領を定め各自で策定しているため, 自治体ごとに異なる。

情報の所在: 国土交通省・自治体

現状の整備状況: さく井協会会員によって施工された井戸の情報が, 国土交通省により平成14年度を目標に電子化の予定である。

電子化の必要性: 大深度法で補償対象項目でもあるため整備が必要である。

備考: 井戸については, 一般の水を汲む井戸と観測井を分けて整備するか検討が必要である。

## (8) 温泉井

電子化の現状: 電子化の予定なし

情報の所在: 厚生労働省, 経済産業省, 自治体, 日本温泉協会

現状の整備状況: 温泉法にもとづき, 各自治体に源泉情報が集約されている。

電子化の必要性: 大深度法で補償対象項目でもあるため整備が必要である。

備考: 現在も大都市地域で温泉井の掘削は行われているため, 今後も増加する。

## (9) 下水道

電子化の現状: 電子化済み

情報の所在: 自治体・広域事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

## (10) 水道

電子化の現状: 電子化済み

情報の所在: 自治体・広域事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

## (11) 鉄道

電子化の現状: 一部電子化済み

情報の所在: 各鉄道事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

るため, 必要である。

## (12) 通信

電子化の現状: 電子化済み

情報の所在: 通信事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

## (13) 電気

電子化の現状: 電子化済み

情報の所在: 電力事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

## (14) ガス

電子化の現状: 電子化済み

情報の所在: ガス事業者

現状の整備状況: 各事業者は保有設備の管理の必要性からすでに多くの情報(台帳・図面など)を独自に電子化している。

電子化の必要性: 損傷の許されないインフラ施設であるため, 必要である。

## (15) 地下河川

現状, 電子化の必要性, 情報の所在について調査および検討が必要である。

## (16) 地下道路

現状, 電子化の必要性, 情報の所在について調査および検討が必要である。

## 5-2 地盤情報

## (17) ボーリング柱状図

電子化の現状: 一部電子化済み

情報の所在: 国, 自治体, 公団など

現状の整備状況: ボーリングデータは一部電子化済み

電子化の必要性: 数が多いほど地盤情報としての精度が高くなるため, 必要である。

## (18) 地質縦断図

電子化の現状: 電子化検討中

情報の所在: 国, 自治体, 公団など

現状の整備状況: 電子化検討中

電子化の必要性: 地質断面図を収集し, 電子化を行うため, 地質縦断図の標準化を進める必要がある。JACICにおいて断面図の標準化を検討中。

(19) 地下水

電子化の現状：電子化の予定なし  
 情報の所在：国，自治体，公団など  
 現状の整備状況：環境省で地盤沈下情報の整備を目的とした情報整備をしているが，地盤沈下の起きていない地域の情報は無い。  
 電子化の必要性：地盤情報の一つとして情報を収集しデータベースの構築が必要。

(20) 支持層(N値)

電子化の現状：電子化検討中  
 情報の所在：国，自治体，公団など  
 現状の整備状況：電子化検討中  
 電子化の必要性：大深度地下マップが作成されているので，その電子化を図る。  
 備考：ボーリング情報に支持層の判定を付加すべきか検討を要する。

(21) 各種試験結果

電子化の現状：電子化済み  
 情報の所在：国，自治体，公団など  
 現状の整備状況：ボーリング柱状図作成時の試験を実施した機関により，それぞれ電子化がなされている。  
 電子化の必要性：大深度地下情報として必要な試験結果について電子化を図る。  
 備考：国土交通省と地盤工学会で試験，様式について電子化を検討中。

5-3 その他

(22) 計画図

電子化の現状：一部電子化  
 情報の所在：国，自治体  
 現状の整備状況：最近のものは電子化されている。  
 電子化の必要性：今後，国および地方自治体にGISの導入が進むにつれて自然に電子化される。

(23) ベースマップ

電子化の現状：事業者ごとにベースマップを電子化している。  
 情報の所在：国，自治体，各事業者  
 現状の整備状況：電子化済み  
 電子化の必要性：統一されたベースマップの構築が必要となる。

6. 大深度地下情報システム(仮称)構築に向けてのステップ

ここまでで，大深度地下利用に関する情報の整備状況，

大深度地下情報システム(仮称)，システムに必要なと考えられる情報の電子化状況について整理してきた。4章で整理したとおり，現状では大深度地下情報システム(仮称)を構築するには，項目によっては情報の電子化が遅

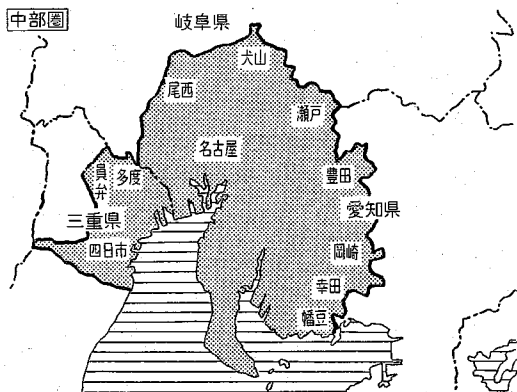
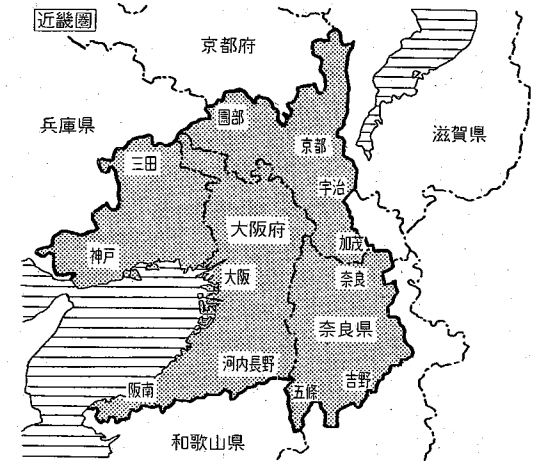
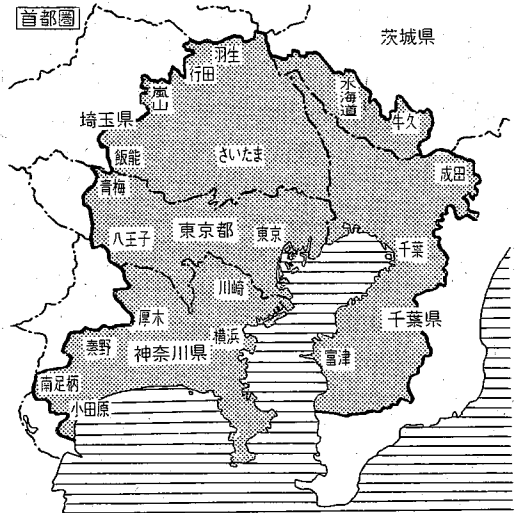


図-3 大深度法の対象地域

れており、地域的なばらつきもある。このため、いきなりすべての情報をすべての対象地域に等品質で提供することは困難であり、システム構築はいくつかのステップを踏む必要がある。

ここでは、情報項目を充実させるためのステップと、対象地域をカバーさせるためのステップについて整理する。

6-1 情報項目を充実させるためのステップ

上記のようにシステム開発や情報整備には時間を要することが予想される。しかし、システム開発に先立ち、既知の情報を整理し、情報の所在だけでも一覧表形式で公表すれば、大深度地下の利用を考える事業者にとっては役立つものと考えられる。したがって、まず既知の情報の所在を一覧表形式で公表し、その後情報整備やシステム開発に着手する流れが適当であろう。

6-2 対象地域をカバーさせるためのステップ

大深度法の対象地域は首都圏、近畿圏、中部圏の三大都市圏となっている(図-3参照)。

各都市圏の情報項目の整備状況や、新たに大深度地下を利用する事業が企画される見込みなどを考慮して、整

備計画を検討していくことが適当と考えられる。

7. 情報整備の課題

6章で情報整備のステップアップを提示したが、ここではその実現に向けての課題を整理する。

既に電子化がなされている情報について、平面位置は把握できるが、深度はあやふやなものが多い。深度が入力されていないものや、入力されていても、土かぶりの深度で整備されたものと、絶対標高で整備されたものがある。大深度地下を利用する事業は規模の大きな施設の建設が予想されるため、深度の値は、広範囲において客観的な値が把握できる絶対標高での表記が望ましい。しかし、この場合、土かぶりの深度表記で整備されたデータはデータ補正の手間が生じる。

電子化されていない情報については、情報のボリュームや情報収集の難易度、さらには優先度を考慮する必要がある。また、これらの情報の電子化にはコスト負担の問題も生じてくる。個々の事業者ではコスト負担に耐えられないケースも考えられるため、国や自治体は費用補助など、柔軟に対応していく必要がある。

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況

(2001年11月1日現在)

	第1巻	第2巻	第3巻	第4巻	第5巻	第6巻	第7巻	第8巻	第9巻	第10巻	第11巻	第12巻	第13巻	第14巻	第15巻	第16巻	第17巻	第18巻	第19巻	第20巻	第21巻	第22巻	第23巻	第24巻	第25巻	第26巻	第27巻	第28巻	第29巻	第30巻	第31巻	第32巻			
1月号		△	○	△	△	△	△	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
2月号	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○		
3月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○		
4月号		△	△	△	○	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	△	○	○	△	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○		
5月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○		
6月号		○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○		
7月号		○	○	○	○	△	△	○	△	○	△	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○		
8月号		○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
9月号	△	○	△	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	
10月号	△	○	△	○	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
11月号	△	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	
12月号	△	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ○印：在庫あり。△印：在庫なしですが、コピーは可能です(実費+送料+消費税)。

- なお、本誌の創刊号から300号までの総目次が下記の2冊に掲載されております。
- ・1987年(第18巻)4月号：創刊号(1970年9月)～200号(1987年4月)
- ・1995年(第26巻)8月号：201号(1987年5月)～300号(1995年8月)
- ・なお、毎年1年間の総目次は、その年の12月号に掲載されております。

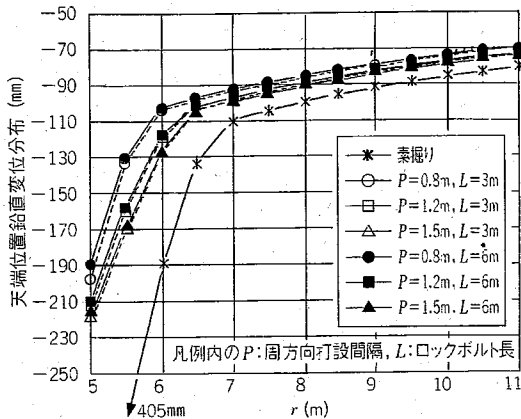


図-2 有限要素法解析結果の地山変位分布の例

発生変位が似かよったトンネルの実績を参考に、増しロックボルトの設計が行われているのが実情と思われま

(文責：蛭子清二・(株)奥村組)

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団編集：NATA設計施工指針,(株)鉄工サービス, pp.70-71, 1996.3.
- 2) 上記1)の p.297.
- 3) 吉川恵也・ほか：NATMによる計測実績の統計分析, 土木学会第15回岩盤力学に関するシンポジウム論文集, pp.220-224, 1983.2
- 4) 吉田福次・杉林剛・菅野勝広：NATMによる9区間の施工結果, 津軽海峡線北海道方のトンネル群, トンネルと地下, Vol.16, No.7, 1985.7.
- 5) 近藤達敏：NATM工法によるトンネル掘削における変位予測, 応用地質調査事務所年報, No.1, p.234, 1979.
- 6) 土木学会編：トンネルにおける調査・計測の評価と利用, p.222, 1988.9.
- 7) 上記1)の pp.299-301
- 8) 上記1)の p.97.

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況

(2002年 1月1日現在)

	第1巻	第2巻	第3巻	第4巻	第5巻	第6巻	第7巻	第8巻	第9巻	第10巻	第11巻	第12巻	第13巻	第14巻	第15巻	第16巻	第17巻	第18巻	第19巻	第20巻	第21巻	第22巻	第23巻	第24巻	第25巻	第26巻	第27巻	第28巻	第29巻	第30巻	第31巻	第32巻	第33巻
1月号		△	○	△	△	△	△	△	○	△	△	○	△	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
2月号	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4月号		△	△	△	○	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
5月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6月号		○	○	○	○	△	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7月号		○	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8月号		○	○	○	○	△	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9月号	△	○	△	○	△	△	△	○	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○
10月号	△	○	△	○	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11月号	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12月号	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	△	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ○印：在庫あり, △印：在庫なしですが, コピーは可能です (実費+送料+消費税).

なお, 本誌の創刊号から300号までの総目次が下記の2冊に掲載されています.

- ・1987年(第18巻)4月号: 創刊号(1970年9月)~200号(1987年4月)
- ・1995年(第26巻)8月号: 201号(1987年5月)~300号(1995年8月)
- ・なお, 毎年1年間の総目次は, その年の12月号に掲載されています.

## 連載講座

## 大深度地下利用(5)

## 大深度地下利用構想(その1)

内野善之\*

## 大深度地下利用構想の実現に向けて

## 1. 大深度地下利用の意義

21世紀を迎え、日本の都市のあり方は大きな転機を迎えている。20世紀はまさに「都市集中の時代」であり、都市空間の量的充足が課題であった。とくに、戦後は都市化のパイの拡大が都市づくりの命題となり類まれな大都市を日本に出現させた。この間、日本は高度成長という恩恵を受けたが、その代償として人口集中、地域格差、公害などの都市問題に直面することになった。しかし、近年の少子高齢化の進行や環境重視の意識の向上など国民の生活意識が変容し、Quality Of Lifeの向上が強く求められており、都市ではその空間の質的充足が求められ、まさにQuality Of Townの向上ともいうべき視点が必要となっている。

交通問題や防災問題の解決、都市景観の向上など快適で安心して生活できる都市をつくるために解決すべき課題はまだ多いが、その解決策として、もっとも有効なのが都市空間構成を再編成し、高度利用することである。この解決策を大きく前進させた手段の一つが、平成12年5月に成立した「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」である。

大深度地下利用に関しては、昭和60年代よりその可能性について官民を問わず広く議論が行われてきたが、私権の制限といった大きな問題を内在していたために慎重な取り扱いがなされてきた。しかしながら、国土庁(現国土交通省)をはじめとした関係省庁の地道な調査検討の成果により、今日では、その使い道に大きな可能性が開けることとなり、国民生活の質的向上に向けて第1歩を踏み出したといえる。

大深度地下利用は、都市に残された唯一のフロンティア空間であり、21世紀の日本の都市を形づくるための貴重な空間として活用を図ることで、都市問題を解決し生

\* (社)日本プロジェクト産業協議会都市再生担当

活の質を高めていくことが求められている。

## 2. 大都市の現状と課題

世界経済のボーダレス化が加速し、グローバルな都市間競争が激化しているにもかかわらず、わが国の大都市とくに首都圏の魅力が総体的に落ち込んでいる。アメニティを欠いた都市、交通インフラ体系に加え、環境、防災、廃棄物処理など経済効率性では十分律することのできない深刻な問題も顕在化しており、これらの諸問題を解決し、「大都市のリノベーション」を早急に行う必要がある。

また、大都市は都市活動の効率性を高めることに終始してきたため、都心部に業務機能が偏り、住居機能がその周辺に低密度で無秩序に広がっている。それゆえ、平面的過密、立体的過疎といった都市構造を形成することになり、この都市構造が通勤ラッシュ、交通渋滞さらには防災・環境問題などの都市問題を引き起こすことになった。このような無秩序で単機能に偏った都市構造を改善し、「都市空間を高度化する」必要がある。

さらに、大都市とくに都市中心部では通勤ラッシュなどの混雑現象に加え、居住、移動、通信のコスト高などによって住みにくい街となっている。このような状況を改善し、次の世代に豊かさやゆとりが実感できる、住みやすい都市を引き継ぐために、「都市基盤の充実」を図り、「都市構造の安全性の向上」を図る必要がある。とくに、道路についていえば都心部への交通の相当部分が通過交通となっており、交通混雑、排気ガスなどの都市問題に一層の拍車をかけている。このような「外部不経済の解消」を行い、「生活する人のための都市」につくりかえていく必要がある。

このような「都市再生」を行うべき背景として、日本経済の長期にわたる低迷があげられる。バブル経済崩壊によりこれまでの拡販量産型の産業構造における投資効果の低迷が顕在化し、経済成長が限界にきていることが明確となり、公共財政の逼迫や雇用問題の進行とあわせ

て、日本経済は悪循環に入り込んだ状態にあるといえる。このような状況が今後ますます長引けば、日本企業それ自体は生き残るとしても国内の雇用・消費はさらに冷え込むことになり、ファンダメンタルズの実情以上に国民心理に悪影響を与え、「ゆめのもてない国」となってしまいうだろう。

こうした状況を打開し日本経済を活性化させるためには、プロジェクトを軸に産業構造の転換を図り、これまでの量産型産業をブラッシュアップするとともに、新しい産業を育成する中で、統合の可能性を追求すること、ならびに娯楽・楽しみなどに通じる消費型の産業を育成し消費拡大を図る必要がある。こうした「ものづくり」と「消費」の二つの側面を支える「社会資本整備」を通じ、「都市型社会」に対応した「都市再生」を中心とした日本の再構築を目指すべきである。

### 3. 地下空間の有効活用による「都市再生」

地下利用にあたっては、民地では地権者との合意形成が困難なことも手伝い、道路地下などの公共空間が専ら利用されているが、道路地下は交通施設や供給処理施設などにより既に相当混雑し、負荷が高まっている。現在、都市の地下利用は建物の地階や地下街、地下鉄駅舎、管路などさまざまな利用がなされているが、今後ますます利用の拡大が予想され、大規模化、複合化、深層化が進むと考えられる。

このような状況に伴い、大深度地下利用へのニーズが高まり、平成12年5月に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が成立し、公共性が高い事業への民地利用の環境が整いつつある状況となっている。ただし、大深度地下利用は一度開発が進むとその変更が不可能な空間であるため、浅深度のような「早いもの勝ち」的な開発は許されない。

地下を利用した「都市再生」は、浅深度利用を大深度へ移管することを含め、それによって生み出された地上空間ならびに浅深度地下と大深度地下といった地上・地下空間を一体的かつ計画的に都市全体の中で位置づけ、地下空間とくに大深度地下を「人の生活をサポートする空間」として考えることが重要である。また、大深度地下は地震に対して安全であり、地上の騒音・振動の減少、景観保護にも役立つというメリットもある。このような特性を考慮しつつ、生活者の視点に立つと地下空間の有効利用による都市再生の効果はおおむね次のようにまとめられる。

#### (1) 都市に住まう

- ① 居住環境の改善
- ② 都市居住の実現

- ③ オープンスペースの確保(防災拠点の整備)
- ④ 生活道路の確保
- ⑤ 地元商店街の活性化
- ⑥ 行政サービスの向上

・都市基盤施設を地下に移設することにより居住空間を都市に生み出すことや既存居住環境や景観の改善を図ることができる。また、駅前などの通過交通を排除し、オープンスペースや生活道路の機能を確保することは地下利用によるまちづくり、さらには商店街の活性化の糸口となる。

#### (2) 移動する

- ① 都市鉄道の整備
- ② 新交通システム等の整備
- ③ 幹線道路の整備
- ④ 交通結節点(主要駅)のリニューアル(トランジットモール化)
- ⑤ 高速交通網の整備(高速道路、新幹線、空港)
- ⑥ インターチェンジの整備
- ⑦ 港湾機能の強化

・地下を利用した交通動線、交通拠点の整備は重要なまちづくりの要素となる。また、既存の交通網のリニューアルを実施し、地上を人の空間に開放することも重要である。

#### (3) 働く

- ① 業務機能の強化(再開発地区の整備)
- ② 情報通信ネットワークの高度化
- ③ 物流ネットワーク・物流拠点の整備
- ④ 都心・副都心などの活性化
- ⑤ 産業機能の強化
- ⑥ ゴミ・産業廃棄物処理場の確保

・オフィス環境を改善しビジネスチャンス確保すべく、都市としての基盤を支えるための機能を地下空間を利用して整備することが重要となる。

#### (4) やすらぐ・憩う

- ① 教育・文化施設の整備(博物館、図書館、コンサートホール)
- ② 娯楽施設の整備(映画館、スポーツクラブ、ゲーミング)
- ③ 情操教育施設の整備(テーマパーク、コンベンション、公園)
- ④ 大規模商業施設の整備(アウトレットモール、エンターテインメントモール)
- ⑤ 水と緑、名所の復活、ランドマークの整備

・都市機能として必要なものをそれぞれの都市に合わせて整備するために地下利用を図る。また、過去の名所を復活させ、現状の機能を地下空間へ移動させ

る等の可能性が広がる。

4. 社会環境・社会的ニーズに対応した地下利用

生活者からみた場合の地下空間の有効利用による都市再生の効果は上記からおおよそみえてくるが、今後の社会環境の変化に対応した地下利用を促進することが重要である。

社会環境の変化のトレンドとしては、

① 高度情報化・国際化時代の進展

② 急速な少子化・高齢化の進行

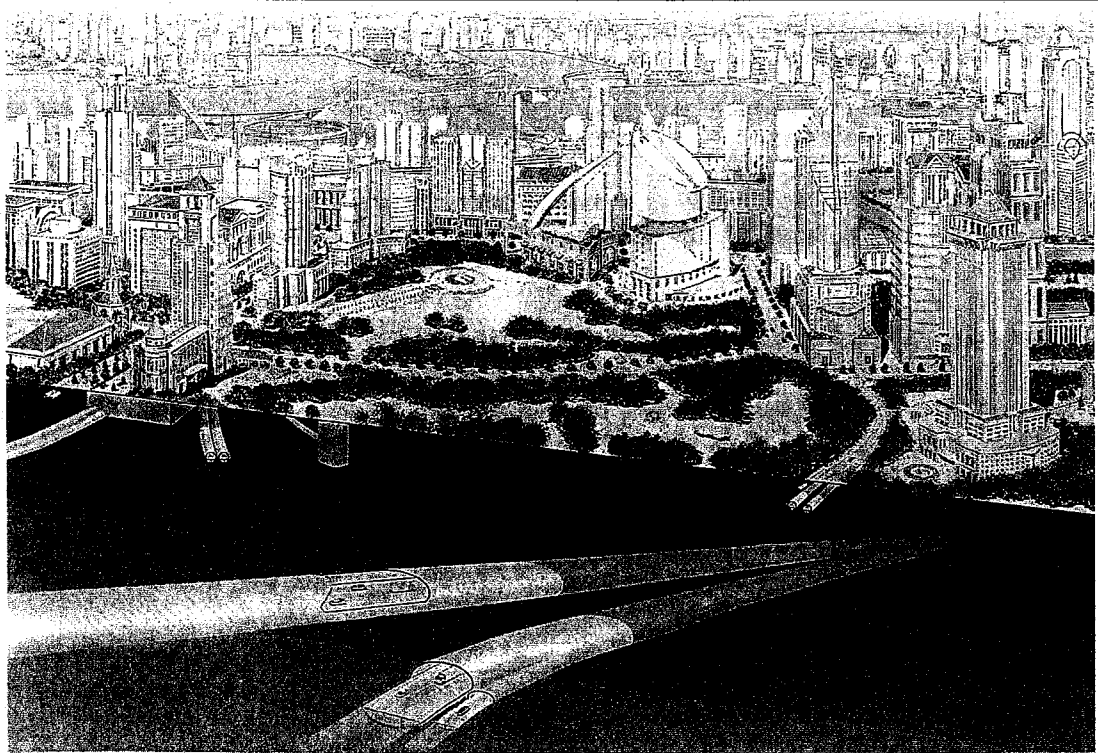
③ 個性化、多様化などの国民意識の大転換

を踏まえつつ、地下空間を有効活用することにより、

① 人と環境に配慮したまちづくり(地上空間を人のために開放)

資料-1 ジオスパークロスハイウェー構想

提案の概要	構想の概要	当該構想は、大都市圏の代表例とした東京の幹線道路の総合的再構築と、複合多機能空間を有した都市機能の再生を目指す提案である。すなわち、東京都内を通過目的で通行する車両の効率的で円滑な走行に伴う交通渋滞の解消と、物流の効率化に伴う経済波及効果の促進を主目的として、東名高速道路と東北自動車道を結ぶ縦貫幹線ルート(約35km)ならびにお台場(首都高湾岸線)と関越自動車道を結ぶ横断幹線ルート(約30km)を各々ITSによるスマートウェイ化された大深度弾丸トンネルで構築する。2本のルートは大深度地下で交差し、各々アクセスの向上を図る。2030年代の供用を目指す。
	導入施設	トンネル系施設(道路インフラ・物流インフラ・防災ライフラインインフラ)
内容	施設規模	縦貫幹線ルート延長約35km, 横断幹線ルート延長約30km, トンネル深度60m, トンネル直径24m
	効果	都内の通過交通による交通渋滞の解消(移動時間短縮, 地域環境保全と, 物流等効率化による経済波及効果の促進)
実現に向けての課題	技術面	施工技術としては、超長距離・超高速掘削技術の開発, 高速掘削土砂搬出システムの開発, 新覆工技術の開発, 地質調査技術の開発, 地下でのジャンクション部施工技術の開発等。運用技術としては、走行支援道路システム(AHS)の改善, トンネル内空気の浄化技術の開発等。
	法制度等	大深度幹線ルートへの進入アクセス部分等が必要であり、大深度から浅深度までの中間領域についても土地所有者との合意形成に向けた法制度プロセスを決めておく必要がある。また、トンネル内の道路線形や非常用施設などの制限の見直しも必要。事業面では多額の整備コストが必要となるため、事業採算性の確保が重点課題となる。



(JAPIC「地下を利用した大都市新生プロジェクト提案集」より。提案：鹿島建設)

- ② 国際競争力のあるまちづくり(都市の魅力づくり)
- ③ 様々な個性に対応したまちづくり(複合機能の強化)

を目指し、具体的に推進して行かなくてはならない。

その意味では、今まで顧みられることの少なかった地下空間を有効活用して「大都市の(都心・副都心地区)のリノベーション」を行い、「高速交通体系ならびに物流ネットワークの強化」、「エネルギー・情報通信の整備」、「水資源の確保・再利用の推進」、「ゴミ処理・安全・防災施設の整備」など、生活に密着したライフラインの充実を図ることで「大都市新生へ」とつなげていくことがきわめて重要になる。なお、具体的なプロジェクトを推進する場合、コストならびにパフォーマンスの向上のためにも、これらの機能を効率的かつ複合的に組み合わせ

て実施することが必要である。

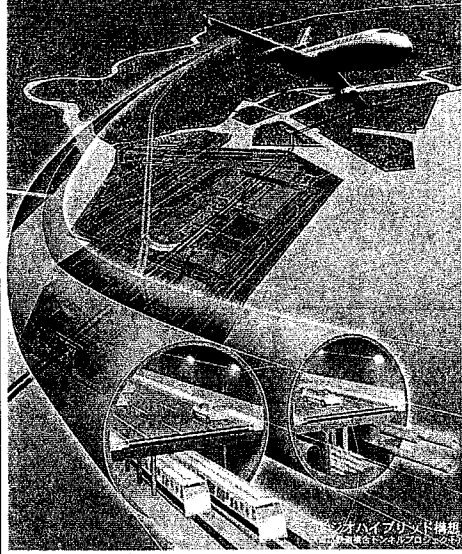
5. 大深度地下利用によって広がる大都市新生の可能性

これまで述べてきたとおり、地下空間を有効活用することによって「都市再生」を実施することは、今後きわめて重要な課題であり、官民をあげて取り組むべき重要テーマである。さらに、地下空間の中でも「大深度地下空間」を積極的に活用することは、地上空間のみならず浅深度地下空間の人への開放につながる。「大深度地下利用」は、輻輳した道路地下(公共)空間に限られていた地下利用を民地利用にまで広げ、「生活をサポートする都市基盤の整備・再整備、浅深度のものを大深度へ移管することを含めて整理・整頓」を可能とする。

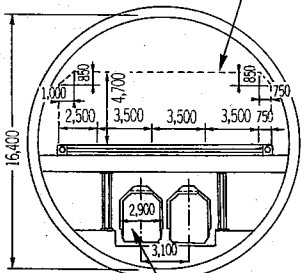
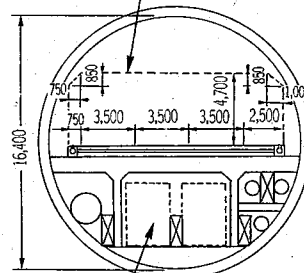
このように地下空間の大規模かつ面的広がりをもった

資料-2 R<sup>2</sup>ジオハイブリッド構想(道路鉄道複合トンネルプロジェクト)

提案の内容	概要	大深度地下空間に、道路(Road)と鉄道(Railway)を主施設とし、情報通信網、ライフライン共同溝等を一体的に整備する構想。中心市街地と空港などの交通拠点や業務核都市を直結する複合交通施設等として活用することができる。また、トンネル空間の活用により、避難通路やシェルター機能など災害に対する防災施設としての機能も考えている。
	導入施設	トンネル系：鉄道、道路、物流空間、ライフライン、避難用通路等防災空間 拠点系：駅、インターチェンジ、物流拠点、商業施設、コンピュータバックアップセンター、シェルター
	施設規模	トンネル系：国際空港～業務核都市～中心市街地、トンネル内径16m 拠点系：深度40～60m程度
効果	移動時間短縮、既存鉄道・道路の混雑緩和、地域生活環境の保全、防災機能の強化	
実現に向けての課題	技術面	シールド技術に関しては、大断面の合理的覆工構造、長距離高速シールド技術、発生土運搬処理の効率化等。また、拠点系施設との接合に関し、非開削での空間構築技術も検討が必要。 施設運用時の安全性に関しては、消防設備等火災への対応、緊急時の避難方法などソフト面からの検討も重要。
	法制度等	複合施設に対する事業制度の確立、ランプ部等地上とのアクセスにおける浅深度域での権利調整が課題。また事業採算性確保のため各種補助やインセンティブの確立が必要。官民の役割分担の明確化、関係省庁の連携も重要である。



道路空間

鉄道空間  
(リニアメトロ)

付加設備

- 物流用空間
- 情報通信網
- ライフライン共同溝
- 防災機能の強化 など

(JAPIC「地下を利用した大都市新生プロジェクト提案集」より。提案：間組)

有効活用と浅深度の有効活用に支えられた都市再生が多く  
の地域で実現されることにより、都市の再構築、「大  
都市の新生」が可能となり、ひいては日本の再生へと導  
くことになるだろう(図-1)。

※地上空間の都市基盤施設および新たな都市基盤施設に  
ついては、大深度地下への導入以外に浅深度への導入  
も当然考えられるが、その機能・特性を配慮しつつ、  
どのレベルに導入するかを状況に応じて検討する必要  
がある。

(1) 都市機能の再構築(面的利用)

1) 中心駅のトランジットモール化

新交通システム、バスなどの公共交通を地下で効率よ  
く連結させ、地上空間をオープンスペース、歩道などに  
利用する。交通機関のスムーズな乗り換えや混雑緩和を

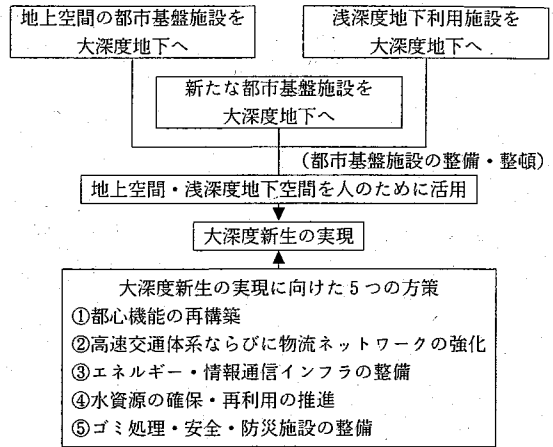


図-1 大都市新生へのシナリオ

資料-3 東京大深度地下インフラネットワーク構想

提 案 の 内 容	構 想 の 概 要	東京大深度地下インフラネットワーク構想は都心部の都市機能の向上、環境問題の解決、自然災害に対する対応等を考慮した、都心部の大深度地下領域を利用するインフラネットワーク計画である。ネットワークのトンネル内には常時使用して都市機能を高めるインフラ施設と、災害時に社会活動や生活をバックアップするライフラインを収容する。今回提案する第1期計画ルート(第1案)は常時および災害時にもっとも大きな効果をもたらすと考えられる延長約25kmのルート(新宿～代々木～外苑～日比谷～築地～有明～港南～大井～中央防波堤外埋立地)であり、外径10mのトンネルを構築する計画である。トンネル通過地盤としては東京の地盤特性を考慮して深度50～100m程度の準軟岩である土丹層を主に選定している。土丹層にトンネルを構築することでトンネル覆工厚さの低減によるコスト縮減、耐振性に優れた構造、安全・高速施工が可能になる。また、道路直下を利用したルートである第1案の他に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」を活用したルート選定を行った第2案も提案している。
	導 入 施 設	トンネル系施設：インフラ施設(廃棄物や一般用の物流、上・中水道、動力線、情報通信ケーブル等)の収容 拠点系施設：各インフラ施設の出し入れ口、ネットワーク運転に必要な諸施設の設置、災害時用の物資の貯蔵、超大型コンピュータの設置(重要情報データのストック)
	施 設 規 模	トンネル系(第1案)：深度75～130m、総延長(新宿～大井)24.7km、トンネル系10m 拠 点 系：深度95～100m
効 果	都市機能の向上、災害時の安全性の確保	
実 現 に 向 け の 課 題	技 術 面	トンネル覆工の合理的な設計法、シールド距離高速掘進技術、トンネル切り抜け技術、掘削土砂のリサイクル利用技術、曲線ボーリング調査技術、立坑構築技術等
	法 制 度 等	複合施設に対する事業制度の確立、地上からのアクセスにおける私的所有権の調整、デュアルモードトラックと車両制限令の関連整理等が法制度面の課題。その他事業採算性確保のための工夫や、維持管理の責任をどの事業者にさせるか等の管理体制の整備も必要。

(JAPIC「地下を利用した大都市新生プロジェクト提案集」より。  
共同提案：熊谷組、佐藤工業、西松建設、ハザマ、フジタ、前田建設工業)

実現し、駅周辺の環境を向上させる。

2) 中心駅周辺道路の地下化

駅前の道路を地下に入れることによって、通過交通を排除し、駅前周辺の環境を向上させる。

3) 中心駅の商業機能の強化

駅前に地下街、地下駐車場などを建設し、駅前の交通負荷を減少させるとともに、地上商店街と地下商店街と

の相乗効果による商業の活性化を図る。

4) 交通結節拠点機能の強化

大深度地下利用による新たな交通機能の導入ならびに物流機能の導入が可能となる。

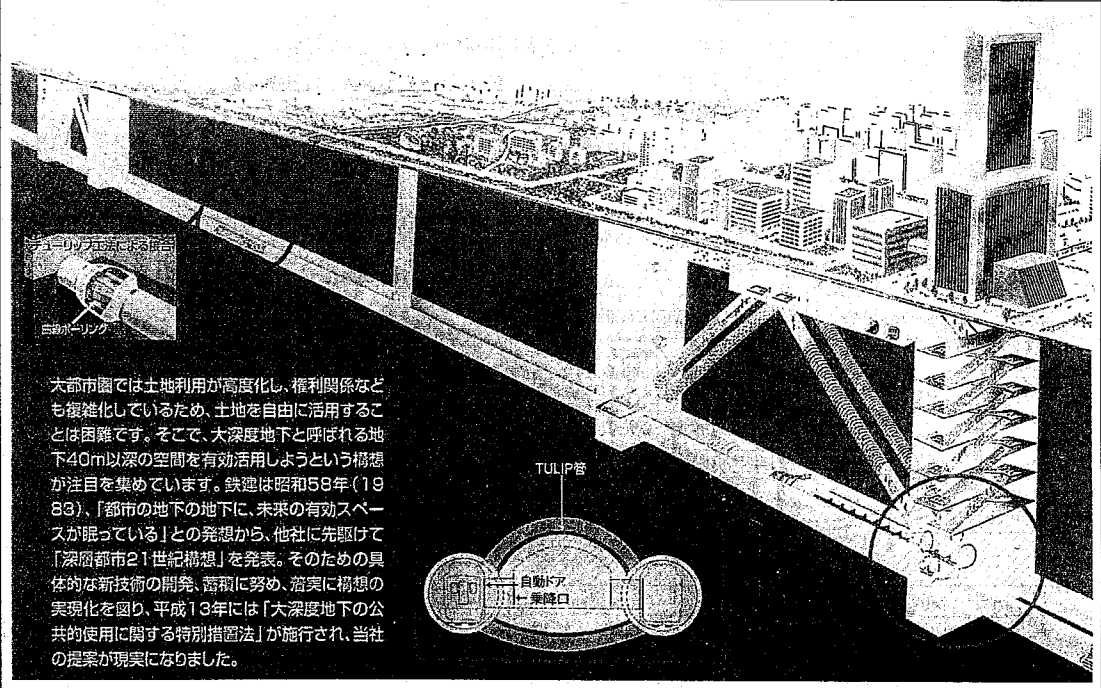
(2) 高速交通体系ならびに物流ネットワークの強化

1) 高速道路の地下化

中心市街地では高速道路による都市景観の悪化が街づ

資料4 深層都市21世紀構想・大深度高速地下鉄道の開発

提案の内容	構想の概要	本構想は、大部心圏においてますます増加する通勤ラッシュの解消と、遠距離通勤の快適性および正確かつ高速性を指向して大深度の地下鉄道建設を提案するものである。都市部の過密化した地下インフラ(地下鉄、上・下水道、ガス、電気、電話等の各種施設)を考慮し、大深度地下を利用することで用地問題を最小限に抑え、早期に都市問題の解決を図る。大深度地下鉄道では、既存の地上および地下の構造物に影響を受けないことから駅と駅とを直接トンネルで結べるため高速運転が可能となる。この利点を活かすため、駅間距離を通常の0.7~1.0kmから5~6kmとしている。駅部の施工は、すべて地下で行われるため、立地用地があればどこでも建設可能であるが、交通結節点としての機能が求められることから、地下には交通広場・駐車場・ショッピングモール・アミューズメント施設や、基盤施設として各種リサイクル施設・エネルギー施設等の共存を考えている。
	導入施設	高速地下鉄道、駅舎、交通広場、駐車場、リサイクル施設、エネルギー施設
	施設規模	トンネル系施設：三大都市圏、地下40m以深 交通結節点：地上から駅部まで(高さ方向に約40m)
効果	①高速運転による遠距離通勤の快適性向上、時間短縮、②通勤ラッシュの解消、③交通結節点の再整備、④地上への設置が困難な施設の地下空間への設置(雨水等資源の再利用)、⑤地上と地下の役割分担による地上空間へのゆとり創出	
実現に向けての課題	技術面	長距離高速施工技術、高水圧施工技術、トンネルの拡張・分岐などの施工技術、大深度地下連続壁技術、利用者の高速大量輸送技術、浅深度既設構造物との有機的な接続等の検討が必要。
	法制度等	防災計画を大深度での用途・機能にあったものへと整理することが必要。また、エスカレーター等の輸送設備に関する規制など各種現行法制度との調整が必要。事業面においては費用対効果の向上・地下空間の有効利用を図るため、公共用地と民地の地上部・浅深度を含めて複合的に整備することが考えられる。



大都市圏では土地利用が高度化し、権利関係なども複雑化しているため、土地を自由に活用することは困難です。そこで、大深度地下と呼ばれる地下40m以深の空間を有効活用しようという構想が注目を集めています。鉄建は昭和58年(1983)、「都市の地下の地下に、未来の有効スペースが眠っている」との発想から、他社に先駆けて「深層都市21世紀構想」を発表。そのための具体的な新技術の開発、蓄積に努め、遂に構想の実現化を図り、平成13年には「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が施行され、当社の提案が現実になりました。

(JAPIC「地下を利用した大都市新生プロジェクト提案集」より、提案：鉄建建設)

くりの大きなネックとなっている。高速道路を地下へ移設することにより、地上の景観のみならず都市機能の強化、憩いの場の復活などが実現可能となる。

## 2) 都市鉄道の地下化

地下を通ることにより目的地を最短距離で結ぶことが可能となり、移動・騒音等による環境悪化を改善できるとともに、高速走行による移動時間の短縮ができるようになる。

## 3) 高速鉄道の地下化

幹線交通網の強化を地上の土地利用状況と関係なく整備でき、かつ、主要交通結節点と直結できる。

## 4) 地下物流システムの構築

都市の交通渋滞原因の一つである貨物輸送を地下へ移動させることにより、都市部の渋滞緩和、環境問題の改善を図る。

## (3) エネルギー・情報通信機能の強化

### 1) ライフラインの地下化

災害などに強い都市基盤を確立できるとともに、大深度地下へ設置することによる浅深度空間の有効活用に寄与する。

### 2) 情報インフラの地下化

安定した情報インフラ幹線確立ができるとともに、最短のルートが可能となるため、建設コストを削減できる。

## (4) 水資源の確保・再利用の推進

### 1) 地下河川、中水道の地下化

大深度地下を利用して地下河川を建設することにより、

都市河川の氾濫に最適な場所に対処できる。また、中水の再利用を場所を選ばず可能とするほか河川維持用水として上流での利用が可能となる。

### 2) 導水路の地下化

場所を選ばず導水ネットワークの構築が可能となり、広域利水が実現できる。

## (5) 環境(ゴミ処理・安全・防災)施設の整備

### 1) ゴミ処理場の地下化

地下を利用することにより立地問題などの調整が改善されるとともに、地上の環境への負荷も軽減される。それによって緑の復活などが可能となる。

### 2) 防災シェルター

火災や地震などの天災から人々を守る地下空間を通常は地下駐車場利用などと合わせて整備する。

### 3) 地下備蓄

緊急時の食料・エネルギー確保の場として地下空間の特性を利用(常温を維持)して整備する。

## 6. 各種プロジェクト提案

当協議会では、以上のような大深度地下利用に関する視点のもと、平成12年9月に大深度地下を利用したプロジェクト提案の募集を行った。その結果、27のプロジェクトが提案されたが、とくにトンネル形状の交通基盤ネットワークの構築に関するプロジェクトを資料-1~4として紹介する。

## CALS/EC国際シンポジウムおよびMESSE2002開催のお知らせ

主 催：(財)日本建設情報総合センター、(財)港湾空港建設技術サービスセンター  
 後 援：国土交通省(予定)  
 開 催 日：平成14年1月30日(水)  
 会 場：TFTホール(東京都江東区有明3-1 東京ファッションタウンビル)  
 問い合わせ先：CALS/EC MESSE運営事務局(プロプラン内)  
 〒160-0023 東京都新宿区西新宿8-2-18  
 TEL:03-5348-5881 FAX:03-5348-5880  
 E-mail:cals@proplan.co.jp  
 URL:http://www.cals.jacic.or.jp/event.htm

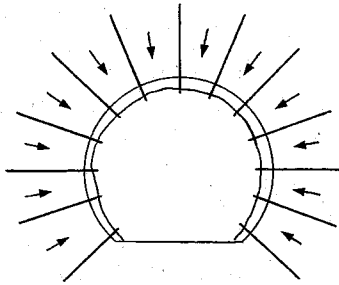


図-5 アーチ形成効果の模式図<sup>(1), (4), (7)</sup>

図で示したものです<sup>(5)</sup>。ロックボルトに生じる引張り軸力は、ロックボルトと地山の相対変位に比例するせん断力を軸方向に積分した分布形として与えられ、中立点より内空側が引張り部、反対側が引き抜き抵抗部になります。地山とロックボルトの相対変位が大きい場合に引張り軸力も大きくなります。そのための条件として、定着材も含めたロックボルトの剛性に対して地山の变形係数が小さいこと、次に、地山変位の深部方向への勾配が大きいことの二点があげられます。これらのうち、後者がロックボルトの打設方向と関係しそうです。トンネル壁面と地山深部で変位差の大きな方向にロックボルトを打設すれば、大きな引張り軸力を期待できると考えられます。トンネルが円形で初期地圧が等方的な場合には、この方向は半径方向になり、壁面直角方向の打設が有利となります。しかしながら、これらの条件に当てはまらないトンネル形状や初期地圧条件であっても、ロックボルトを中心から放射状に壁面に直角に打設すれば、ある位置の軸力が大きく、他の位置の軸力が小さくなるような状況が緩和されると考えられます。すなわち、他の打設方向を選ぶ場合に比較して、トンネル周方向それぞれの位置で発生軸力の一様化が図られ、一様な内圧がトンネル壁面に作用する状況に近くなることが期待できます。また、同じロックボルト長さであれば、直角方向に打設することで半径方向に広い範囲の地山を一様にカバーできるとも考えられます。

図-5はアーチ形成効果の模式図であり、次のように説明されています。

内圧効果によって見かけの耐荷能力の高まったトンネル周辺地山は、内空側へ一様に変形することによって地山アーチを形成します<sup>(4), (6), (7)</sup>。

このような一様な変形を手助けするためには、トンネル中心対称半径方向すなわち壁面直角方向にロックボルトを打設するのが効果的と考えられます。

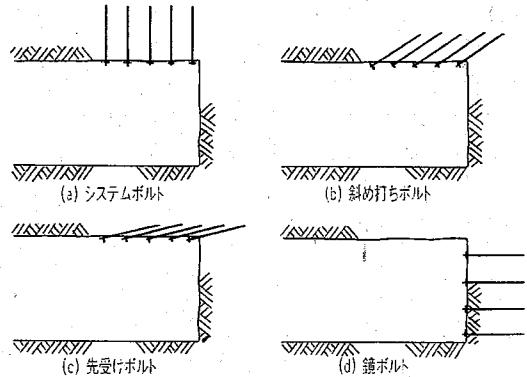


図-6 特殊な打設方法の例<sup>(3), (9)</sup>

以上のように、内圧効果やアーチ形成効果の発現に際して、地山が極端な異方性や非均質性を示さないならば、トンネル壁面直角方向がロックボルトの好ましい打設方向であると考えられます。

### (3) 特殊な打設方法

トンネル縦断方向には、ロックボルトを斜め方向やトンネル軸方向に並行に打設する場面があります。図-6はそれらの例です。これらのうち、(a)は上述のシステムロックボルトの打設方向です。(b)の斜め打ちボルトは、地山変位を早期に抑え天端の崩落を抑制する必要がある場合に採用されます。

また、切羽の安定化のために核を残す場合には、ドリルジャンボの構造から自然とこのような傾斜打設となります。また、(c)と(d)は、本来の作用効果とは別に、切羽前方地山の補強や切羽の押し出し防止を目的に補助工法として使用される場合です。

(文責：蛭子清二・(株)奥村組)

### 参 考 文 献

- 1) 上野正高・遠藤健二・今田徹・白井慶治・永島鉄郎：ロックボルト工入門(3)、トンネルと地下、Vol.9, No.4, pp.53-62, 1978.4.
- 2) 日本鉄道建設公団編集：NATA設計施工指針、(株)鉄工サービス、p.97, 1996.3.
- 3) 土木学会トンネル工学委員会編：トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説、丸善(株)、p.82, 1996.7.
- 4) 上記3)のp.80.
- 5) 土木学会：トンネルの地質調査と岩盤計測、pp.101-102, 1983.
- 6) 上記2)のp.89.
- 7) 日本道路公団監修：設計要領第三集第9編トンネル(1)トンネル本体工、(財)道路厚生会、p.101, 1997.10.
- 8) 上記2)のp.97.
- 9) 上記3)のp.83.

## 連載講座

# 大深度地下利用(6)

## 大深度地下利用構想(その2)

宮川 彰彦\*

### 21世紀に求められる都市の役割

#### 1. 都市の再生が求められている

##### 1-1 都市の役割が変化している

わが国における大都市は20世紀の後半、戦後の復興から高度経済成長を支え、エネルギー危機をくぐり抜け、また市民生活の向上に貢献してきた。さらに都市の国際化にさらされ、港湾流通から一転して情報流通が主役となり、一方では商業集積の合理化が進むなど、さまざまな激変を体験してきた。さらに都市に求められる役割は新事業に向けたインキュベーションやセーフティネットのシステム、また少子高齢化対応など、新たに変化しつつある。

こうした過程で、かつてつくられた種々の施設にはその役割を終えたものもあって、都市の活動を維持して行くためには施設のつくり変えや廃棄、新たなニーズに対する建設が必要となることも知られてきた。いまのような大都市の弊害が想定できなかつたということは、再び繰り返してはならない。

いま都市にあるものを地下に移すだけでは、都市の競争力は変わらない。大都市の集積のメリットを生かし、過密のデメリットを解決しながら、21世紀に求められる都市の役割に向けて、21世紀に実現するエンジニアリングを視野に入れつつ大深度地下利用を構築することが構想の原点となる。

##### 1-2 大深度地下の時代を迎えて

連載の第1回目(Vol.32, No.9)で紹介されたように、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が平成13年4月に施行された。さらに同月、「大深度地下の公共的使用に関する基本方針」が閣議決定され、公共の利益となる事業について社会資本の効率的・効果的の整備を行うとともに、地上の都市空間の再生を進めて行くこと

が決められた。これらの一連の施策によって、公共的な事業が地下利用における用地取得の問題などから大幅に解放されることになった。

併せて平成13年5月に施行された改正都市計画法で「当該都市施設の区域の地下または空間について、当該都市施設を整備する立体的な範囲を都市計画に定めることができる」とされた。これによって大深度地下から地上空間までを立体的に組み合わせ、使い分ける社会資本整備の構想が実現することとなった。

##### 1-3 都市の再生に向けて

都市のあり方に関する生活環境その他、さまざまな議論が活発に行われるようになってきている。都市の役割の基本的な条件として肝心なことは、都市が産業経済活動のニーズに応じて活力の源泉となり、雇用の拠点となる都市であること、また都市構造のメンテナンスがしっかりと行われて活力を維持することである。

平成13年3月、東京都都市計画審議会では、政策誘導型の都市計画が必要であり、東京圏全体を視野に入れて新たな都市構造をつくって行くこと、都市活力の維持・発展が必要であると報告された。

内閣においては、都市の再生を目指す21世紀型都市再生プロジェクトの推進や土地の有効利用などに関する施策を推進するために、2001年5月の閣議決定により都市再生本部が設置されることとなった。第2回は6月に開催され、次の着眼点が示された。

- ① 活力ある都市構造の確保
- ② 災害に強い都市構造の形成
- ③ 持続発展可能な社会の構築
- ④ 誰でも能力を発揮できる快適な都市生活の実現
- ⑤ 国際競争力のある世界都市の実現
- ⑥ 民間主導による事業展開

上記⑤について空港機能・港湾機能の強化、新都市拠点づくり、IT革命に対応した都市拠点の形成がうたわれている。これから本格的に「世界に誇れる都市」、「新しい産業経済の活発な活動を誘引し、集積する都市」へ

\* (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター 研究理事

向かうという視点で、大深度地下を活用する都市マネジメントが重要となる。

## 2. 大深度地下利用構想の視点

### 2-1 新しい都市の役割への都市基盤

エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センターでは上記の法制度と施策の流れによって、大深度地下利用に関するこれまでの調査研究成果を集大成し、地下空間利用技術のエキスパートを結集して、21世紀へ向けて地下を活用した大都市の再生を推進すべく実現可能性のある構想に絞って取りまとめた。

これらは都市基盤と環境、経済および市民生活との視点により、従来の都市施設の地下利用の考え方から脱して、21世紀に実現し普及される新しいエンジニアリングを予測し、新しい都市の役割に向けた都市基盤整備のあり方とプロジェクト構想ならびに具体化のための方策と技術課題の整理を行った。

### 2-2 都市における骨格と空間の整備

上記の都市基盤整備のあり方として、2つの方向に集約した。すなわち、①都市構造について都心および業務核都市といった中枢的な機能について東京圏をモデルとすると、骨格的な都市構造(ネットワーク)が必要とされる。また、②都市空間について質的な集積による都市空間形成を図り、同時に都市のコンパクト化によるエネルギーの利用効率の向上、エネルギーの節減を図ることが必要である。

### 2-3 大深度地下空間の大きな役割

地下空間の利用事例とさまざまな地下開発利用調査研究成果を整理した結果、大深度地下空間は地上の利用と有機的に連携すれば、多大の貢献をすることが再確認された。

大深度地下は単位長さあたりの施設コストは増大するものの、直線的なルート選定や、用地交渉などにおけるメリットが大きく、トータル的に社会資本の事業性が成り立ちやすくなる。このことは交通、情報、ライフラインなどのネットワーク構築に最適と言える。ただし、大深度地下は、「平面的に過密、立体的に過疎」と言われるわが国の大都市に残された身近な空間であり、現実に利用可能な深さの範囲は限られている。したがって構想段階から、長期的かつ広域的な視野で適切な連携や調整を図り、合理的な計画を行うことが重要となる。

## 3. 大深度地下利用の構想

現在整備が進んでいる交通ネットワーク、地下河川、雨水貯留管、下水送泥管、電力および通信洞道などの既存事業は、大深度地下も視野に入れて着実に発展すると

考えられる。これらの計画の進展を視野に入れたうえで、大都市再生のニーズと前記特別措置法の施行にもとづき、ここで絞り込んだ2つのネットワーク構想と2つの拠点構想について紹介する。

### 3-1 成田と羽田を結ぶ夢の超高速輸送

#### (ネットワーク その1)

成田空港の輸入貨物取り扱い高は、他の国際港湾と比べても最高である。成田～千葉～東京～羽田～みなとみらいを結ぶと、主な市場と人の流れを接続する。また世界中で国際的に経済活動の中心となっている都市はいずれも、ビジネス拠点がハブ空港から40分以内で接続されて活動の拠点となっている。

わが国の大都市でもっとも重要な課題となっている空港、新幹線などへのアクセスを千葉、東京および神奈川と東京圏を一体化することにより、機能性および都市効率の向上を図る。

そのために成田空港～幕張新都心～東京駅～築地～臨海副都心～羽田空港～横浜みなとみらいを大深度輸送(総延長88km)で直線的に結ぶ構想である(図-1)。地上の地形や勾配に制約されずに超高速化できる路線は大深度地下で可能となる。このトンネルは公共交通である鉄道に加え、道路(デュアルモードあるいは水素燃料自動車用)、新物流システム、各種インフラ施設なども収容する。

これらにより都市の機能と効率が格段に向上し、次のような効果が生まれる。

- ① 空港・新幹線などへのアクセス性の向上
- ② 速達性の向上による東京圏の国際化と都市の再編
- ③ 環境の保全および改善
- ④ 事業の実現性および経済性の向上
- ⑤ 物流などネットワークの構築による経済発展

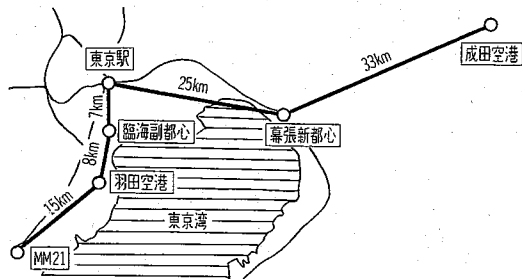


図-1 ハブ都市をつくる成田～羽田超高速輸送

### 3-2 都市分散型エネルギーネットワーク

#### (ネットワーク その2)

わが国の大都市ではエネルギーの有効利用効率は34%と低く、北欧～中欧先進国の約半分にとどまっています。また、燃料の発生するエネルギーの66%が無駄になっていると言われる。この内訳は表-1に示す状況であり、民

表-1 わが国大都市のエネルギー消費構造

有効エネルギー		34%
エネルギー損失66%	需要部損失32%	民生部門損失 7%
		運輸部門損失 12%
		産業部門損失 13%
	転換部損失34%	発電損失 25%
		その他損失 9%

生部門と運輸部門のエネルギー損失は都市の大きな構造課題の一つである。

その中で、都市のエネルギー転換は意外に早く進むと考えられている。米国でも既に、炭酸ガスを出さない水素燃料バスが走り始めており、わが国でも間もなく、自動車用の水素スタンドの技術が実証されようとしている。このように急速なエネルギー需給の変革や電力の自由化、今後その普及が予想される分散型電源などの新しい時代の動きに対応して、クリーンエネルギーであるメタノール、水素をネットワークで結びつけ、クリーンで低コストかつ高効率の電力・熱・燃料のエネルギー供給を図る(図-2)。

東京圏では東京湾岸に建設される水素貯蔵基地から都心部への水素ガスパイプライン・ネットワークの導入、さらに、このネットワーク幹線から各分散型電源までの水素ガス供給、分散型電源からの電力および熱供給システムの構築。また、廃棄物からのエネルギー回収も重要である。

分散型電源には小容量のベース電源として水素を燃料とする固体高分子型燃料電池(PEFC)ならびに中～大容量のミドルピーク電源および熱供給用にマイクロ水素ガスタービンが活躍する。さらに安定供給を図るため、地下ガスホルダーや小規模電力貯蔵施設(都市型SMES= Super Conductivity Magnetic Energy Storage)と地下変電施設を配置する。これらによる効果は、次のように考えられる。

- ① エネルギーの有効利用
- ② エネルギーの負荷平準化
- ③ エネルギーの安定供給と信頼性向上
- ④ 環境の保全および改善
- ⑤ 事業の実現性および経済性向上

### 3-3 地下防災センター(拠点施設 その1)

阪神淡路大震災でも地下施設の被害は軽微であったように、地下における地震の強さは地上の20~40%と小さく、また震災に対して安全な施設をつくりやすい。この地下の特徴を生かし、防災中枢拠点として、対策本部機能、防災情報システム、重要拠点および市民への給水・給電などの複合した役割を備える(図-3)。

これは市民生活の安全を守り、災害発生時に迅速な対応が可能な防災施設として、都市防災機能の向上をめざすものであり、自立性の高い自給自足型施設とする。またそのバックアップ機能として、大深度ライフライン(給水・給電・情報など)や交通システムとの連結を行う。さらに、常時の利用を考慮して、必然性のある地下施

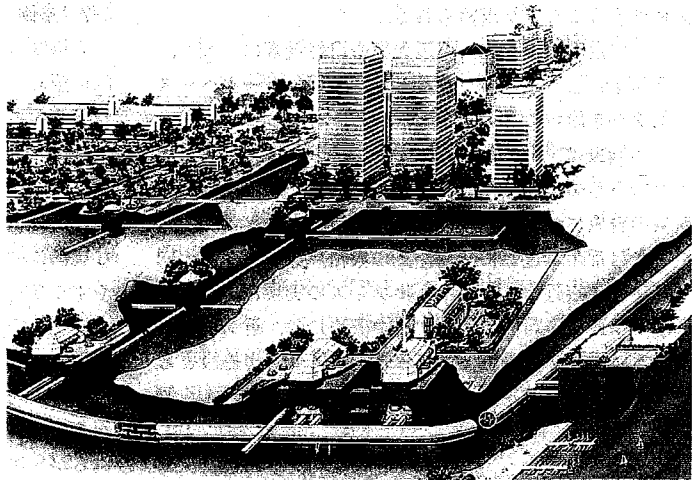


図-2 都市分散型エネルギーネットワーク

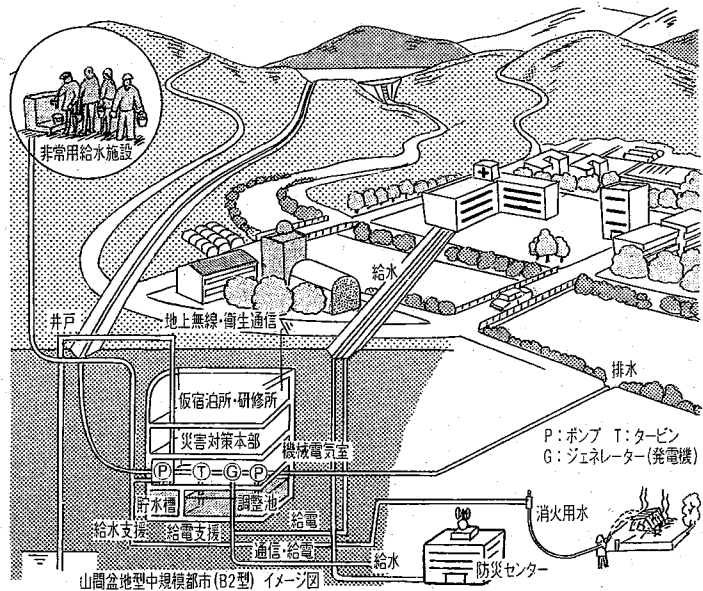


図-3 地下防災センター

設(国・公立病院の地下、地下駅、公園下の大規模駐車場などに付加、あるいは併用する形をとり、整備のコストダウン、合理化を図るものとする。

前述の都市計画法改正を含めて立体的な都市計画を行うことができるようになり、このような施設の実現が可能となってきたと言える。

### 3-4 データベースセンター(拠点施設 その2)

高度情報化社会を迎えて都市の競争力を確立し、経済活動の環境を整えるうえで、国際的な情報ハブ都市の機能が求められる。この役割はオープンネットワークとコンテンツベースに支えられるとともに、これらが災害によるダメージを受けずに、市民生活はもとより企業活動、行政活動の根幹を揺るがすことなく、併せて国際都市の信頼性を守ることが求められる。

そこで耐震性に優れ、周辺火災や自然災害にも強く、犯罪防止にも有利と考えられる地下空間にデータベースセンターを設けることが提案される。

この施設は、災害などに対する情報のセキュリティ向上を図るものであるとともに、それにとどまらず、情報産業の育成につながる機能も併せ持つことになる。

これは都市域近郊に関連産業の集積、発展を促すと同時に、職住接近やサテライトオフィスの実現による生活環境の快適化を可能にする。この実現には、近い将来に予想される大深度幹線情報ネットワークの拠点施設として、また上述の防災センター機能の併設などが考えられる。

## 4. 構想実現のための方策

構想実現のために、さらに種々の基盤技術の実現が求められるとともに、さまざまな事業方式が考えられる。これらに共通する主な事項は次のとおりである。

### 4-1 共通基盤技術の開発

「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の対象となる事業は主に、地上の私有地にはできる限り依存もしくは干渉しない大深度地下利用が多くなるため、真

上の土地に迷惑をかけずに地盤調査および検層を行う技術や、地下空間設計技術、さまざまな施工技術、環境対策、また維持管理技術が必要となる。さらに大深度地下空間における換気、防災、安全確保、移動と輸送、地下水対策および地下の環境アセスメントが重要である。

これらの技術は既に利用可能の技術、応用可能の技術もあり、また開発中の技術もある。また、今後新たに開発されることによって大深度地下空間の公共的な使用が一層進みやすくなる技術も多い。

大都市の再生にあたっては、既存の都市施設も有効に活用し、複合させて新しい大深度地下利用施設と立体的に組み合わせ、新旧施設をつないでいく技術あるいはそのシミュレーションも有効となる。

### 4-2 整備・運営方式の確立

大深度ネットワーク型施設の場合は事業の収入が積極的に望める事業形態であるため、PFIのような形態の事業構築が考えられる。例えば、空間構築および空間維持管理を公共セクターとし、PFI事業主体(民間出資の新会社など)が公共セクターに構造体の維持・管理料を支払うことになれば、PFI事業主体の初期投資額を経済的な規模に抑制することができ、事業計画が一層成り立ちやすくなる。また、長期にわたる維持管理を公共セクターに任せることによって施設の存続性の確保を図ることができるなどの利点も考えられる。

一方、地下拠点型の空間は事業性の面では賃料程度の収入となり、公共による構造体整備が基本となると思われるが、民間事業による整備も考えられる。

これらの整備空間は、公共用地および民間用地それぞれの浅深度と大深度にわたって、また大都市においては既存の社会資本と新設の都市機能に跨って所有と利用、整備と保全、安全と防災などが複雑に跨る場合が考えられる。こうした場合のシミュレーションを行って大深度地下を公共的な事業に使用するための実現性を確認し、そのための協調連携方法の確立を進めることにより、事業と施設整備が一層実現しやすくなるものと考えられる。

## きみも金鉱を発見できる

### 金鉱の有望地域と探し方

理学博士 石井康夫著 新書判 202頁 本体定価 980円(〒310円)

 株式会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂  
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072



(社) 日本トンネル技術協会  
研究開発委員会

A86号線の西方への延伸工事 / LE BOUCLAGE DE L'A86 AL'OUST

Michel BARFETY, Christophe THEAU-COF-ROUTE : TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS MAI/JUIN 2001

パリ首都圏における道路交通事情は、劣悪で、これを解決するには、パリ西方、すなわち、Rueil-MalmaisonおよびVersailles(ベルサイユ)間にて完結されていない外郭高速環状線A86号線を完成させることが急務であった。そのため、1995年12月8日にA86号線未完部分に高速道路を建設することが決定された。

この地区は、ベルサイユ宮殿などの歴史的・芸術的建造物が存在するため、A86号線を地下化し、かつ、地上構造物に影響を極小化できる施工方法として、土圧式シールド工法が採用された。

今回施工されるA86号線は、Rueil-MalmaisonにてA13

表-1 A86号線諸元

諸元	東線	西線
トンネル内径(mm)	10,400	10,900
トンネル外径(mm)	11,240	未定
覆工厚(mm)	420	未定
シールド外径(mm)	11,565	未定
車道部層数	上下線分離2層構造	単層構造
最高速度(km/hr)	70	70

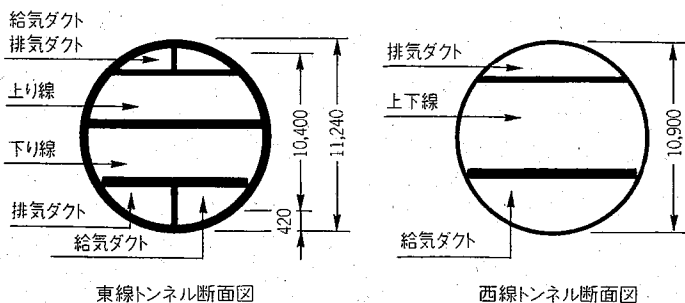


図-1 A86号線トンネル断面図

表-2 シールドの仕様

項目	数値
外径	11,565m
シールド延長	11.9m
後続設備を含む延長	203m
シールド重量	14,000kN
後続設備を含む重量	24,000kN
掘削能力	1,000m <sup>3</sup> /hr
全ジャッキ推力	151,200kN
最大掘進速度	80mm/min
最大面板回転数	2.4rpm
カットトルク	40MNm
ビット数	288
出力	9,000kW

号線とのインターチェンジを通過しPont Colbert中継所へ向かう東線(延長10km, 土かぶり20~70m)とA12号線に接続する中継所へ向かう西線(延長7.5km, 土かぶり20~90m)の2本のトンネルからなる。東線は、乗用車などの小型車専用道路で、西線は、トラックなどの大型車両の通行が可能となる。両線の断面形状を表-1、図-1に、シールドの仕様を表-2に示す。

A86号線は、現在、東線を施工中で、2004年に東線のA13号線とのインターチェンジ(Vaucresson)まで、2006年に東線全線が、2008年には西線の開通が予定されている。

本稿は、東線の施工に関して報告するものである。

当該地区の地山条件は、パリ盆地特有の石灰質土、粘土、砂質土が入り組む複雑な地層構成を呈しているが、比較的堅固な地山であった。

トンネル掘削には、Herrenknecht社製のミックスシールドが用いられ、地山の自立性が良い場合には、土圧式シールドとして掘削し、地山の自立性が悪い場合には、ベントナイトを用いた泥水式シールド工法が採用された。Rueil-Malmaison地下ランプ(延長650m)が、半地下構造の発進基地として利用された。

シールドの重量はシールド本体14,000kN、後続設備を含む全重量が24,000kNで、450kNから1,450kNのパーツに分割して搬入され、発進基地内で組み立てられた(表-2参照)。シールドは、2000年10月に組み立てを完了し、同年11月に発進し、現在、Vaucressonの到達立坑(ランプ(延長750m)を中間の到達立坑に利用)に向かって掘進中である。労務班編成は、

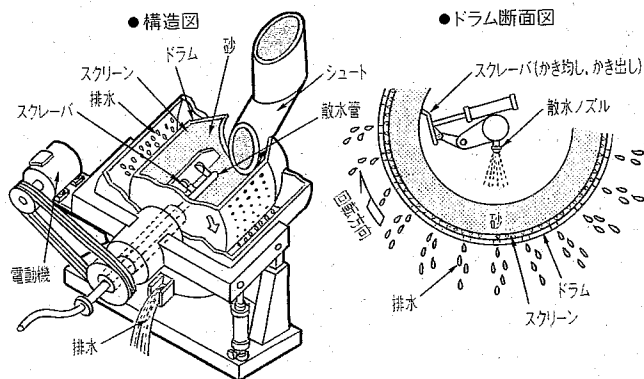


図-2 サンドスタビライザー構造図

評価しがたいためでしょう。しかしながら、細骨材の表面水率を適切に管理し吹付けの単位水量を安定させることは、各種の混和材を使用する以上にコンクリート品質を管理するうえで重要であると考えられます。より良い

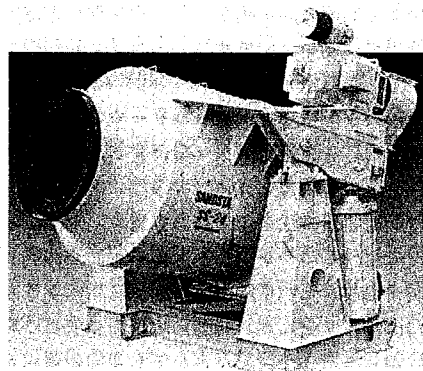


写真-1 サンドスタビライザー概観

吹付けコンクリート施工のためには、このような無形のノウハウに関して甲乙ともにそのコストを評価する必要があります。

(文責：山地宏志/三井建設(株))

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単 位 百万円
(52頁からのつづき)			
愛知県	東部丘陵線シールド1号	大林・大豊・徳倉JV	1,488
長崎県	長崎港改修金水T	鉄建・三基・竹下JV	1,630
大分県	国第7号道改	菅政・小田JV	2,068
"	治ダ第1-12号転流T	後藤・森JV	333.9
宮崎県	村道長野線長野T	松本組	1,045
さいたま市	谷田排水区第1分区污水その14(1)	森本・とだかJV	158.8
船橋市	夏見幹線管渠その2	福田組	175
"	中山放流管渠	戸田建設	180
野田市	雨水清水幹線管渠2	竹中土木	122
市原市	浜本町幹線管渠	若築建設	123
横浜市	北部処理区新羽末広線江ヶ崎支線	前田・山岸・相鉄JV	670
"	都築処理区二俣1号雨水幹線その4	奥村・保土ヶ谷・坂本JV	530
"	" 白根雨水幹線	坂本興業	515
"	今井川地下調節池その10	清水建設	440
"	新羽末広幹線北綱島支線下水道	前田・佐藤・協和・奈良JV	582
"	鶴見第2幹線	前田・三井・山岸JV	1,074
"	宇田川遊水地	大成・鹿島・白石・山岸・小雀JV	2,950
名古屋市	江川幹線その2	東洋建設	220
京都市	有栖川中央幹線(雨水)その1	ハザマ・佐藤・吉村JV	3,280
神戸市	住吉魚崎污水幹線ほかその2	三井建設	225
岡山市	鉄幹線1工区	三井・誠実・岡崎JV	1,213.8
"	津高幹線2工区	五洋・三幸・奥野JV	1,065
"	吉備幹線	前田組・重宗JV	897
福岡市	生の松原第5雨水幹線	澄男工業	550

## 連載講座

## 大深度地下利用(7)

## 大深度地下利用構想(その3)

富田 剛久\*

## “東京丸の内の1000年”

## —東京セントラルゲートの実現—

## 1. はじめに

本稿は、都市地下空間活用研究会(東京周辺地下利用分科会)が、平成10年度以来3か年にわたって行ってきた、東京駅赤レンガ駅舎復元の具体化に伴う丸の内側地上・地下の公共空間整備に関する、当研究会提案成果を総まとめした報告書の抜粋である。

当研究会では、東京駅の地下を含む駅前公共空間を首都東京の表玄関にふさわしいものとするために、50年後を見つめ、少しは手の届きそうな20~30年後をとらえてどのような“夢”が描けるかを熱心に検討してきた。ワークショップでの検討やシンポジウム議論、ホームページへの掲載、またマスコミを始め広く社会に公開するなど提案内容をアピールする様々な活動を行ってきた。その結果、間接的ではあれ行政レベルが現在検討を進める赤レンガ駅舎の復元ならびに駅前地下空間整備の現実化に向けた動きを一端でも支援、加速できたものと考えている。

“夢”を描くうえで研究会が留意したのは、現行の法規制の枠組みであったが、新しい時代に向けたメッセージを発しようとの意気込みから、現実局面にとらわれずに柔軟な発想で取り組んできた。そのような提案が盛り込まれている。

## 2. 地区の現況と課題

東京駅は、一日約80万人の乗降客数が集散するわが国有数の交通拠点である。今まで東京駅周辺整備は、地上を主として車の交通処理空間とすることが重点であった。しかし、駅およびその周辺の歴史的な背景、皇居をはじめ風格ある都市景観、周辺街区に行き交う多数の歩行者交通量を考慮すると、地上を首都東京の玄関口に相応し

たゆとりある空間にすべきであるとの声も強まっている。このため、今後の東京駅を中心とした都市空間のあり方においては、地上の修景整備を図りつつ、積極的に地下空間を利活用した地上・地下一体の立体的な空間構成により、21世紀わが国を代表する魅力ある駅前多層空間の創出を図るべきであると考えている。

## 2-1 地区の現況

## 2-1-1 対象地区の位置

対象地区は、東京駅を中心に四方約1km範囲とする面積約100haの地区である。地区内は、JR東京駅をはじめ、東京駅を取り巻くように地下鉄丸の内線など7駅が分散的に配置され、これらの駅は地下レベルで相互に歩行者が往来できるように結節されている。

## 2-1-2 対象地区の現況と課題

周知のように東京駅は、国土の骨格を形成する広域高速鉄道である新幹線や、首都圏交通を支える複数の都市高速鉄道が結節する鉄道駅であり、鉄道線相互の乗り換えをはじめ、駅から生じるバス・タクシーなどの公共交通や一般車への乗り換え、周辺の業務集積地域に集散する歩行者など、約80万人に及ぶ日乗降客数の巨大な交通ターミナルである(表-1)。

表-1 東京駅乗降客数の現況(人)

		地上	地下	合計
丸の内側	J R 線		166,871	351,409
	地下鉄丸の内線	184,538	139,170	139,170
	上記乗り換え		56,880	56,880
	計		249,161	433,699
八重洲側	J R 線	270,093	76,745	346,838
日本橋口	新幹線	6,800		6,800
合計		461,431	325,906	787,337

※H3 東京駅構内旅客流動調査(JR東日本)、H8 都市交通年報、H9.11 営団地下鉄調査

※東京駅の日乗降客数(約80万人)の内訳をみると、丸の内側には地下鉄丸の内線が約14万人(JR乗り換え約6万人)が含まれる。

\* 都市地下空間活用研究会主任研究員

また、東京駅周辺地区では、わが国を代表する業務センターが存在し、近年は戦後に建てられた建物の老朽化に伴う設備改善により、新たな建て替え計画が起きつつあり、現状の業務床の増大化を行わずに都心機能の更新を図り、新たな国際ビジネスセンターへの脱皮を図るなど活発な動きがみられる。

一方、丸の内側に位置する東京駅舎(通称:赤レンガ駅舎)は、近接する皇居やわが国を代表する丸の内のオフィス街に面して位置し、駅舎を含め風格を感じさせる佇まいは、わが国の駅前空間のなかでもきわめて貴重な景観を醸し出している。

## 2-2 都市整備上の課題

### 2-2-1 駅前修景整備の必要性

丸の内側の東京駅舎(赤レンガ駅舎)は、現状二階建てであるが、平成11年10月に震災前の三階建て(当初の辰野金吾設計時のもの)に復元されることが発表された。このため、駅前空間は駅ターミナルとしての交通機能をもつこと以上に、この象徴的で歴史性ある建物を中心に、景観的な調和、修景的な整備が必要とされることとなった。また、丸の内側は、対面する行幸通りを介して皇居との正面性を強くもつことから、皇居側に有する緑豊かな空間との連続性の確保も課題となっている。

### 2-2-2 交通処理機能の改善

東京駅は東西に駅前広場を有するも、地上部はバスを含めた車両交通と歩行者交通との錯綜、混雑状況がみられるなど、適切な空間確保が求められている。また、地下部においては地上および地下の歩行者動線の集中する場所(駅のラッチ付近、乗り換え動線など)では、ピークの歩行者交通量に対して、歩道幅員や通路幅員が不足しており、その拡大が必要である。

### 2-2-3 地下空間整備の必要性

東京駅は、地上部および地下部とを併せて駅乗降客を処理しなければならない。しかし、現状は地上部には自動車交通処理を改善するためのスペースは少なく、また、東京の玄関口としての「顔」づくりを行う場でもあり、従来のように地上部を交通処理機能として第一義的な課題とするわけにはいかない。一方、地下部に目を転ずれば、

表-2 駅前広場の施設現況と課題

		現 況	課 題
丸の内	路線バス	北口:4バス、南口:5バス	駅との連絡の維持、向上
	はとバス	乗降、滞留を道路上で処理	バスの確保と道路交通への影響
	タクシー	北口:2バス、南口:2バス	安全な乗降場所の確保
	自家用車	専用の空間なし	乗降スペースの確保
	地上歩行者	歩行者が集中する場所の幅員不足	歩行空間の拡大 わかりやすい動線の形成
	地下歩行者	地下鉄乗り換え動線等で混雑 周辺建物との連絡動線が不明確	
	その他	外交や祝典時のパレード利用あり	
八重洲	路線バス	南口:5バス	バス待ちスペースの拡大
	高速バス	4バス バス待ちと通行者が錯綜	
	タクシー	北側:3バス滞留スペース不足	滞留スペースの確保
	自家用車	乗降バス不明確、駅前路駐	乗降バス等の専用空間確保
	地上歩行者	駅寄り空間は錯綜、混雑	快適な歩行者空間の拡大
	地下歩行者	周辺ビルと地下街で連絡	
	その他	北口:計画中	
現況面積	30,200m <sup>2</sup> (交通結節機能に利用されている実質面積)		
丸の内	約19,200m <sup>2</sup> (地下ラッチ外通路は約19,000m <sup>2</sup> )		
八重洲	約11,000m <sup>2</sup> (都決面積は、外堀通りを含んで約26,820m <sup>2</sup> )		

出展(表-1.2とも):東京駅周辺地区における都市基盤施設の整備・誘導方針検討調査

とくに丸の内側は、JR横須賀線の駅と地下鉄丸の内線の駅、それらにアクセスする通路があるのみで、地上部水平投影面積の約1/2が土中の状態にある。この地下の余剰空間を活用することによって、新たな駅空間利用の可能性が生じるものと考えられ、地上空間の改善整備のためにも地下空間を活用することが必要である(表-2)。

## 3. 全体構想

### 3-1 計画目標

#### 3-1-1 計画のテーマ

東京駅とその周辺は、近代から未来に向けた東京の重要な都市資産であるとの認識の下、東京駅にこそ新しい時代の都市空間、日本を代表する駅と駅前空間を創り出すべきである。そのため、多くの人たちが集い、行き交う場所であり、時代を超えた都市資産としての価値を備えた公共空間、すなわち「都市の広場」とすることを計画のテーマとする(表-3)。

#### 3-1-2 計画目標

(1) 東京駅とその周辺を近代から未来に向けた東京の重要な都市資産として再生する

東京は、様々な時代の顔を持っているが、未来に続く都市空間が少ない。都市を代表する街とその景観、時代の連続性が履歴として意識でき、人々の活動の中でシン

表-3 計画のテーマと目標

計画のテーマ： 多くの人たちが集い、行き交う“都市広場” 計画の目標： ①近代から未来に向けた都市資産の再生 ②連携東京駅の構築 ③市民が集う駅前環境空間の創造 ④インターフェース空間の創出
---

ボルであり続ける場所、それが都市資産である。その対象として「東京駅」を挙げる。

(2) 一点集中型の東京駅構造を複数分散型の連携東京駅へと構築する

現状の主として地上空間に依存したままの東京駅空間構造では限界がある。現状の東京駅の一点集中型を周辺に広がった複数分散型の連携東京駅として構造的に再編し、駅を利用する人々にとって利用交通手段に素早く、安全に、安心してアクセスできる空間としていくことがもっとも基本である。そのために、地下空間を活用した円滑なネットワークを構築すべきである。

(3) 地上・地下一体型の空間利用により、市民が集うことのできる駅前環境空間を創造する

地上・地下を分け隔てなく活用した空間形成が必要であり、地上は、丸の内側を近代東京の顔を醸し出す赤レンガ駅舎と一体の駅前広場とともに風格ある街並み景観が、皇居へとつながる風景を創り出す。また、八重洲側は中・長距離のバスターミナルをはじめ機能的な交通空間形成を目指す。地下では、歩行者広場を中心に、地下として意識しないような自然光を取り入れた緑豊かな環境空間や、効率的な施設維持を図る設備システムの導入など、多様な都市活動がくり広げられる空間を提供する。

(4) 公共的スペースと民間スペースが一体となったインターフェース空間を創出する

地下の歩行者空間ではショッピングができ、地上と変わらぬ都心生活感覚が享受できることが重要である。人々に安全と安心と魅力を与え、地上と変わらぬ“街空間”として創り上げていく。そのためには、地下空間に面する周辺建物側は、人々の動線に対して開いており、行き交う歩行者の視線から施設の中が透視できるような構造とする。こうした公共空間と民地との接点空間を“インターフェース空間”と称し、公共空間の利用と民有空間の利用が相互に浸透しあうような空間整備を積極的に行っていくことを目指す。

3-2 全体構想

3-2-1 立体的・駅および周辺空間整備構想

地上・地下を一体的に活用する駅前空間を図-1のような構成とする(地下レベルをおおむねGL-6mと設定)。

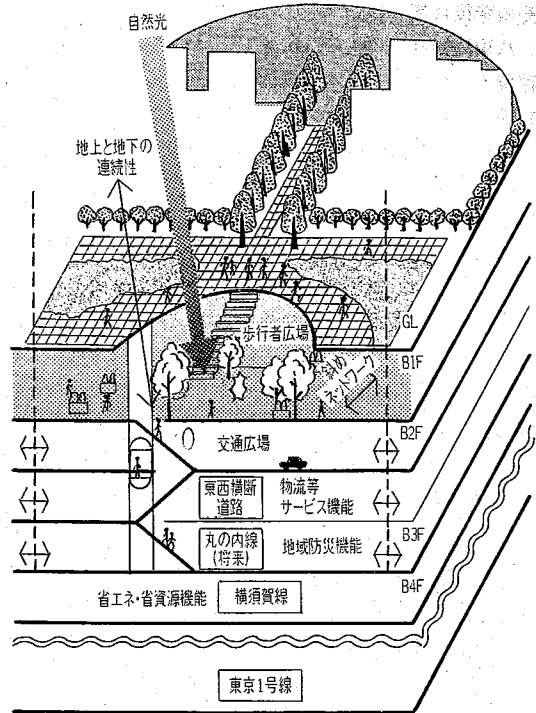


図-1 立体的・駅および周辺空間構想

(1) 地上

「赤レンガ東京駅の面前に広がる修景空間で、行幸通りと連続する。」

丸の内側は、修景空間を主とする整備を行う。赤レンガ駅舎の象徴性を高め、人々が集う広場を中央に配置する。皇居から連続する緑空間を広場に引き込み、行幸通りおよび周辺の街並みと一体の風格ある景観を創出する。広場内には地上景観を障害しない地下への光の取り入れ口を確保する。広場の南北側双方に一般バス・タクシー用の乗降スペースを配し、また一般車の出入りを含む動線を確保する。

八重洲側は、交通機能を主とする整備を行う。新幹線側に交通空間を拡張し、バス・タクシー用の乗降スペースならびに一般車両のサーキュレーション空間を配置する。周辺街区との連続を図るデッキシステムを導入する。

(2) 地下1階(GL-6m)

「全体を歩行者広場とし、自然的で賑わいある空間とする。」

丸の内側は、地上駅前広場の水平投影面積部分全体を地下歩行者広場空間とする。八重洲側とつながる三本の自由通路を配し、東京駅の東西一体化を図る。周辺街区側面を壁面としないように、商業やサービス施設などを配して広場空間との一体性を図る。皇居側との歩行者アクセスを図るため、行幸通りに地上への出入り口を設け、

その背後に都心観光センターを設ける。

八重洲側は、現状の八重洲地下街と連続し、東京1号線導入に伴い、一部に広場機能を設ける。鉄道敷き下を整備し、現状の中央コンコースを改良した中央自由通路、南北双方に自由通路を設ける。

### (3) 地下2階(GL-12m)

「駐車場、駅東西をつなぐリング道路、物流等の車両空間を導入。」

丸の内側は、交通広場機能とする。東京駅周辺をリング状に經由する地下自動車ネットワーク(リング道路)を導入する。そのために現状の地下鉄丸の内線を階下に移設する。地上で客待ちを要するタクシーなどの待ち行列用スペースを確保する。行幸通り下には、ほとんどのバス乗降場を設ける。また現状の行幸通り下の駐車場撤去に伴う新たな駐車場を確保する。

八重洲側は、現状の八重洲地下街を充実し周辺街区開発と地下レベルでのインターフェース空間整備を図る。また鉄道敷き下に駐車場を配し、リング道路と連結する。

### (4) 地下3階(GL-18m)

「地下鉄丸の内線を移設し、駐車場および地域防災機能を備える。」

丸の内側は、地下鉄丸の内線の導入空間を確保し、それ以外を駐車場広場とする。駐車場へのアクセスは地下2階の駐車場間でつなぐ。

八重洲側は、現状の駐車場機能を拡充し、地下2階のネットワークに接続する。

### (5) 地下4階(GL-24m以深)

「現横須賀線、地下空間全体の省エネルギー関連の機能とする。」

丸の内側は、横須賀線の導入空間がある。

八重洲側は、東京1号線の導入空間が構想されている。

## 3-2-2 ネットワーク構想

### (1) 歩行者連携ネットワーク

東京駅東西を一体的につなぐ地下歩行者ネットワークを形成する。また地下鉄諸駅と東京駅の相互間、地上街区との連携を図るため、街区間相互の貫通通路システムと連携する。

### (2) リング道路

東京駅の外周を取り巻く自動車用のリング道路を整備する。リング道路は各街区の駐車場とも連結し、街区駐車場連結道路としても機能させる。これに伴い、東京駅周辺に存在する首都高速の地下化を促し、日本橋川の再生につなげる。

### (3) 連携東京駅

地下鉄丸の内線のさらなる地下化に伴い、地下鉄を利用する歩行者が地下1階レベルで連続することが可能と

なる。

また、丸の内線の地下化は大手町においても他の地下鉄線との交錯を避ける再開発を行う。

## 4. 丸の内・駅前広場および地下広場構想

構想は、修景案と環境案の2案を提案する。

### 4-1 修景案

地上は東京駅赤レンガ駅舎を中心とした歴史的な雰囲気醸し出す修景空間とすることにより、皇居一行幸通り一東京駅と連なる風格ある都心景観を創出する。駅前広場に集まる車両交通は、地上と地下それぞれで分担する。地上ではタクシーを、地下では自走式でバスが導入される。こうして地下空間は、歩行者空間を中央に配置し、両サイドにバス乗降空間、周辺街区側にはインターフェース空間として賑わい機能を配置する。

#### (1) 地上

地上は、「東京広場」と称して歩行者広場を中心に配置し、赤レンガ駅舎創建当時の駅前広場イメージを再現した修景広場である。東京広場は、中央にシンボルツリーを置き、その周りではイベントや休憩の場となるなど、赤レンガ駅舎を前にした歩行者空間とする。広場には簡単なステージがあり、催し会場ともなる。その両サイドには、地下への明り取りとなる天空口があり、地下の緑が顔を出すなど緑環境にも配慮する。歩行者空間の両サイドには、タクシーの乗降場を設け、駅を出るとすぐに乗れる利便性を確保する。また地下に降りる車路は、天空口が空き地下空間に光を取り入れる(図-2)。

#### (2) 地下

地下は、地下空間全体を歩行者空間とし、比較的まとまって確保できるスペースに3つの広場を設ける。[広場1]は、「楽市」と称しイベントやバザールなどが開ける空間とする。[広場2]は、「憩いの広場」と称して緑環境を取り入れる。[広場3]は、「交流」と称し赤レンガ駅舎下の空間とあわせて利用する。地下の歩行者空間には、緑空間部に天空口を開けて自然光を取り入れ、3つの広場をつなぐようにショップやインフォメーションなどの施設を配置し、地下広場に賑わいをもたらす。また、歩行者と共存するバス乗り場を設ける。周辺の街区沿いは、地下空間に開かれた「インターフェース空間」とし、ショップやサービス施設などにより、周辺側も地下空間の賑わいを創り出す(図-3)。

### 4-2 環境案

地上は、地上も地下も緑多い駅前広場空間とすることにより、皇居一行幸通り一東京駅と連なる緑の連続性を創出する。駅前広場に集まる車両交通は、地上にタクシーおよびバス乗り場が導入される。こうして地下空間は、

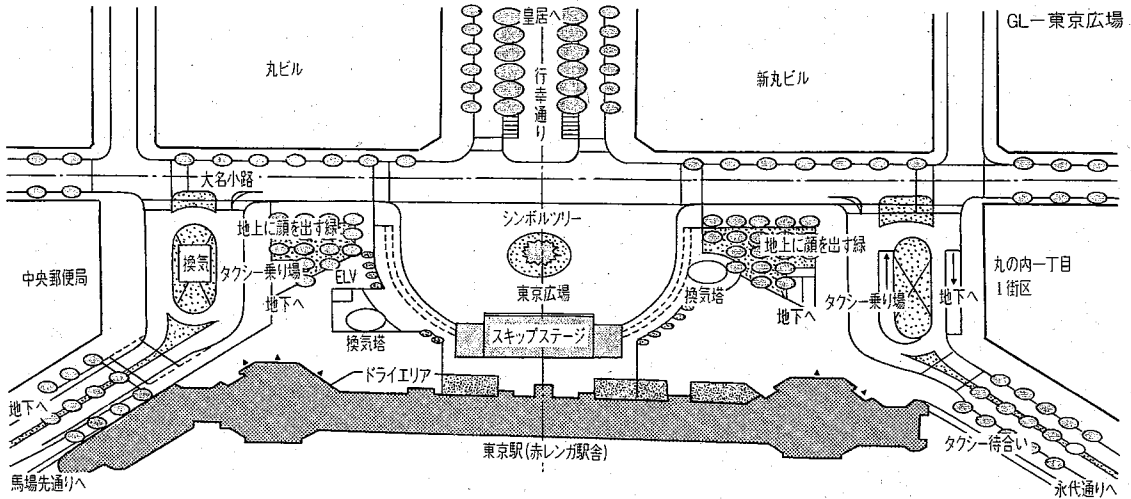


図-2 「地上」 東京広場を中心におく修景空間

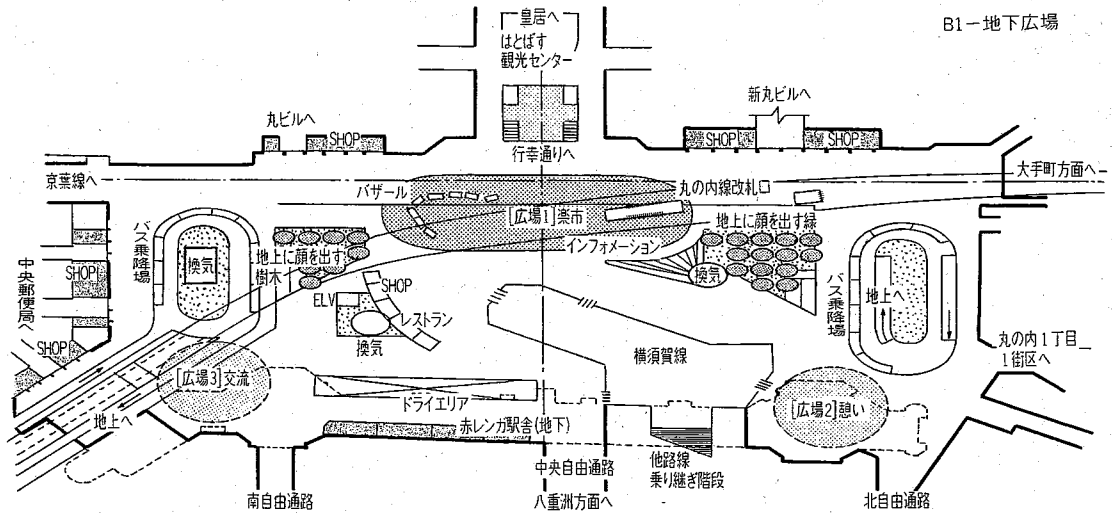


図-3 「地下」 歩行者広場とバス乗降場を共存する空間

すべてが歩行者空間となり、中央に緑の空間を配置し、地上に開けた天空口から自然光が差し込む環境空間を創出する。

また、周辺街区側にはインターフェース空間として賑わい機能を配置する。

(1) 地上

地上は、「東京広場」を中心に配置し、地下に自然光を取り入れる大きな天空口が開けた歩行者空間である。この天空口からは、地下の豊かな緑が顔を出す。東京広場は、赤レンガ駅舎から行幸通りを一直線で貫いた軸上の見通しを確保している。

歩行者空間の両サイドには、バス、タクシーの乗降場を設置し、公共交通用のスペースとしている。また、地下2階以深に設けた駐車場に行くための車路を、換気塔

とあわせて設けている。この部分には緑のスペースも確保することにより、駅前広場の外周部が緑空間で覆われたイメージを創出する(図-4)。

(2) 地下

地下は、中央のインフォメーション両側に二つのグリーンガーデンを設けている。両者はともに地上の天空口に向かって大きな樹木が伸びている。地下空間にそのような緑が植わっている様子は、都心の中の“森”を創出する。“森”の中にはショップやレストランなどが点在し、東京駅を訪れた人々の憩いの場となる。このような豊かな空間を生み出すためには、現在ある地下鉄丸の内線を階下に下げることが必要である。また、丸の内側と八洲側とを密につなぐため、東西の自由通路を3本設ける(図-5)。

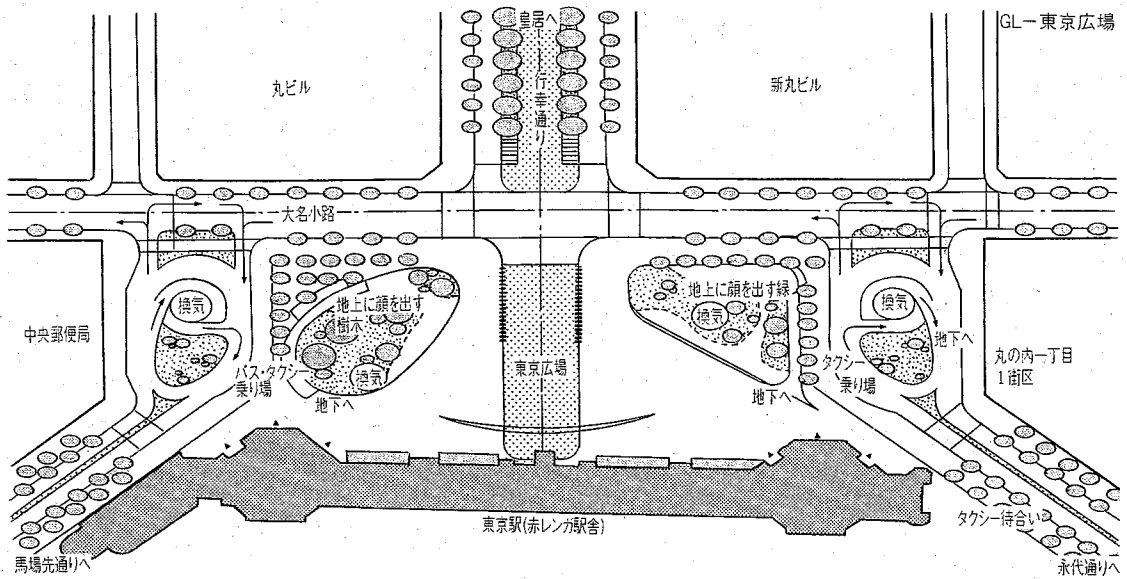


図-4 「地下」緑豊かなゆとりある歩行者空間

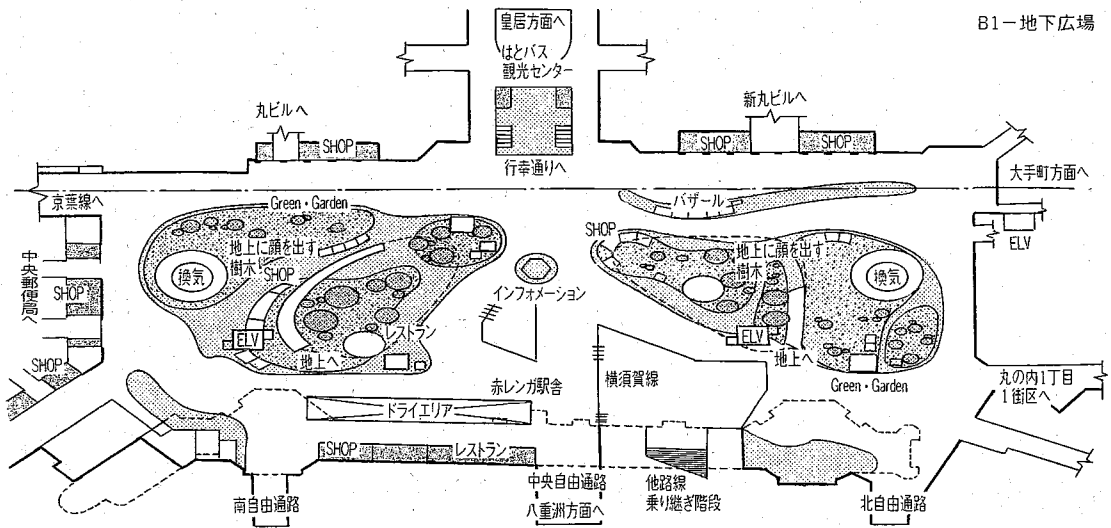


図-5 「地上」東京広場を中心に地上地下を貫く駅前環境空間

5. 構想の具現化に向けて

地下空間整備は、従来図式のままの公共主体とユーザーも含む民間主体とが、個別にバラバラに整備していたのでは良質な都市空間は形成しがたい。官と民とがともにパートナーシップを図って実現していくことが、基本と考える。

当研究会では、「地上地下の空間整備を実現していく方法として、PFI手法の活用など、いままでの方式にはとられない自由な取り組み」を図り、実現方策の検討として、『東京駅周辺整備版PFI』(PFI手法による建設・

維持管理・運営の事業スキーム案)の検討も行ったが、構想の具現化に向けて、以下の提案等を行う。

5-1 官民協調による地下空間整備

東京駅地下空間は、公共スペースと民間スペースとが一体となって形成される。この一体性を生み出す部分が、インターフェースと称する公共と民間との接合箇所である。民間側では、地下広場に面して店舗などが顔を向けることで、直接広場側からの客動線を確保することができ、公共空間側ではビル地下階と接続することにより、地下広場に地上と同様の“街のにぎわい”創出が期待できる。

こうしたねらいを実現するためには、公共スペースと民間スペースとを分離したままで行うのではなく、公共スペースとインターフェース空間とを合わせた部分は、広義の公共的地下空間と考え、施設の建設段階および維持管理・運営段階において官民が協調して、PPP=パブリック・プライベート・パートナーシップとして一体で行うことが必要となる。

### 5-2 建設のための財源確保の課題

今後の東京駅周辺等の都心部の機能更新においては、公共部門も民間部門も莫大な資金が必要となる。この資金調達について従来どおり、公共部門は公共事業費(起債および一般財源)、民間部門は自己資金および銀行借入により調達していくことは困難が予想され、公共・民間ともに新しい資金調達手段の検討が必要である。

民間部門の資金調達においては、不動産を証券化し、証券市場を介して一般投資家から資金を調達する直接金融が様々な案件で検討されている。公共部門の資金調達においては、PFI(民間の資金、経営能力および技術能力を活用した公共施設等の建設、維持管理および運営)が各自自治体で検討されており、東京駅周辺公共空間の整備に適用も可能と考えられる。

また、東京駅とその周辺公共空間は、日本を代表する都市資産であることから、広く国民・都民に向けた基金募集、記念切手発行、まちづくり団体によるイベント開催による収益など、公共財源によらない工夫も検討が必要と考えられる。

さらに、地域コミュニティの開発後の税収増加効果に着目し、当該増収分を引き当てることとした債券発行による資金調達がアメリカなどで実践されており<sup>4)</sup>、わが国でも、同様の仕組みが検討されてもよいのではないかと考えられる。

東京駅周辺整備は、このような多様な方法を研究し、駆使することにより、資金調達方法においても、日本の都心部再生のモデルになると考えられる。

### 5-3 維持管理・運営の一体化に向けて

従来の官民合築の建物等においては、所有・維持管理・運営区分において、明確な区分けがなされ、シャッター等が設置される。

東京駅周辺地下空間においては、国・都・区の公共と交通事業者・周辺事業者の所有・維持管理・運営区分が輻輳することとなる。

この東京駅周辺地下空間は、こうした区分が輻輳したものが一体で維持管理・運営されることにより、初めて利用者にとって快適な空間となると考えられる。

このため、建設・維持管理・運営を一元化するとともに、無駄なシャッターなどを設置しないための協定等を行うなど、地下空間に沿う、民間街区と地下広場管理者との協調方法について、今後の研究が必要となる。

### 5-4 道路等における占用許可規制の緩和の必要

東京駅周辺地下空間は、単なる道路空間でなく、街のゆとり・にぎわい・活性化の一翼を担うものであり、広場の施設や店舗等の導入が望まれる。

また、人の動線を誘導することや、治安・防犯面に備えることから、各種施設の導入が望まれる。

しかし、現行法規においては、道路にはこうした施設の占用は許可されにくい。

東京駅周辺地下空間は、「地下道」でも「地下街」でもない、新しい公共空間として、柔軟な法解釈が期待される。

## 6. おわりに

東京駅は、近代東京の貴重な資産であり、これを単に建物の復元とするだけでは充分ではない。駅は人々が集散する交通拠点でありながら、多くの人にとって、都市との関わりが持てる大変重要な場所であり、駅舎とその周辺は、相互に連携した一体的な空間形成を図るべき場所である。そのため、本研究会は、地下問題を対象とするのではあるが、東京駅に関しては、地上問題も同時に抱え込んで提案することとした。

そのため、本研究会では、現行の法規制にとらわれないことで、自由な発想の計画を作成し、そのことが、東京駅とその周辺の空間構成の可能性をおし開くことができたことと思う。そうした、諸検討の結果が、駅前の地上および地下空間の提案である。

また、東京駅の駅前広場、地下歩行者広場を一体化した事業として組み立てる必要があると考える。現実をみると、様々な縦割りの法規制状態にあり、また、費用捻出の仕組みも複雑となるため、今回描いた提案が、そのまま現実化するには、多くの困難が伴うものと予測される。とりわけ、「構想の具現化に向けて」で述べたように、関係者がともにPPP(パブリック・プライベート・パートナーシップ)をとることが必要である。今後、具体化にあたっては、「事業手法、費用、整備主体、サポート体制などの諸検討が必要と思われる。

最後に、本研究会の活動を支え、アドバイザーとしてご指導戴いた諸先生方はじめ行政メンバーの方々に謝意を表すとともに、3年間にわたり様々な活動を分担して担ってくださった当研究会のメンバー各位に、感謝の意を表するものである。

注)TIF: Tax Increment Financing

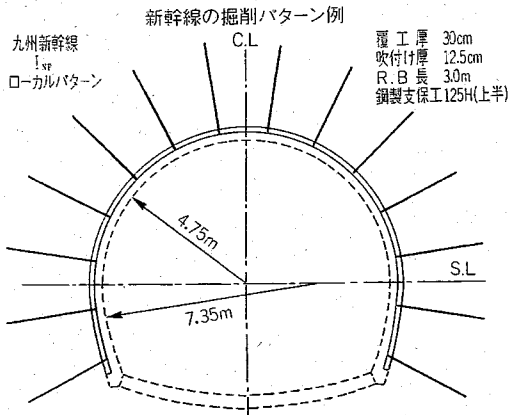


図-1 新幹線複線トンネルの支保パターン例(I<sub>SP</sub>)

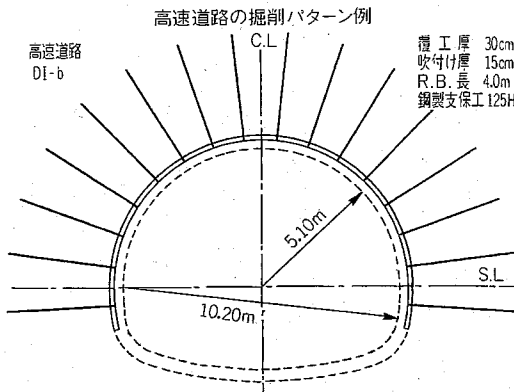


図-2 2車線道路トンネルの支保パターン例(DI-b)

とが現在の山岳トンネル工法の標準工法である NATM の大きな特徴でもあります。

## (2) 出来形管理の仕方

標準支保パターンに示されている吹付け厚には、全断面にわたって設計吹付け厚以上でなければならないとする「最小吹付け厚」の考え方と、断面内の平均厚が設計厚以上であれば部分的に設計厚に満たない箇所があってもよいとする「平均吹付け厚」の考え方があります。中硬岩・硬岩地山で発破による場合には、掘削面の凹凸が大きくなる場合があり、最小吹付け厚にすると吹付けコンクリートの余吹き量が必要以上に大きくなります。ま

た、土圧が大きい場合などでは、平均吹付け厚とする吹付け厚が小さい部分が生じ、応力集中が生じやすいなどの問題があります。鉄道トンネルでは、原則として最小厚としながらも、硬岩地山などにおいて発破掘削による場合では最小厚とすることが合理的ではないため、平均厚としてもよい(ただし、設計厚の70%は最低確保する)とのことで、地山等級Ⅱ<sub>N</sub>～Ⅴ<sub>N</sub>について平均厚としています<sup>2)</sup>。一方、道路トンネルでは、原則として最小吹付け厚とするが、掘削面の凹凸が大きい地山で設計厚が小さい場合には、吹付けコンクリートに変状が認められない限り、部分的な設計厚の不足を許すとしています<sup>3)</sup>。

## (3) 圧縮強度

吹付けコンクリートの設計基準強度としては、鉄道トンネル、道路トンネルとも 18MPa が採用されています。ただし、最近道路トンネルにおいて、鉄道トンネルにはない偏平大断面のトンネルが施工されるようになってきます。偏平大断面トンネルでは通常より大きな曲げ強度やせん断強度が必要になると考えられます。このため、通常と同程度の吹付け厚であれば曲げ強度やせん断強度を高める必要があり、高強度吹付けコンクリートや繊維補強吹付けコンクリートが用いられます。たとえば、第二東名・名神高速道路では、高強度吹付けコンクリートが採用され、初期および長期の強度を向上させるために、設計基準強度を材齢 1 日で 10MPa、材齢 28 日で 36MPa としています。また、繊維補強吹付けコンクリートも採用されています。偏平大断面トンネルに対する吹付けコンクリートについては、「吹付け Q. 9」(2000年 9 月)を参照してください。なお、標準支保パターンにおけるロックボルトの考え方については「ロック Q. 16」(2001年 4 月)に記述されていますので、参考にしてください。

(文責：篠川俊夫・佐藤工業(株))

## 参 考 文 献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説，1996。
- 2) 日本鉄道建設公団：NATM 設計施工指針，1996。
- 3) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，1997。
- 4) ジェオフロンテ研究会：山岳トンネルの新技术，土木工学会社，1991。

## 連載講座

## 大深度地下利用(最終回)

## 大深度地下利用に関する技術開発ビジョン

船本浩二\*

## はじめに

平成13年4月1日に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」(以下、「大深度法」)が施行されたことにより、大深度地下利用は新たな事業実施の段階に入った。都市再生や都市機能の強化などの目的に対して、空間利用に関する新たな選択肢が加わったことになる。今後、大深度地下利用の利点を活かした地下事業が計画・実施されていくことが期待されるが、大深度地下の特性や大深度地下使用制度の特徴を踏まえた適正かつ計画的な地下利用が望まれる。

本講座は、今後、大深度地下を使用する事業に携わる技術者への情報提供を目的として、大深度地下使用制度の概要と制度の円滑な運用のための環境整備に関する国の取り組み、民間における地下活用プロジェクト構想等について、昨年9月号より連載してきた。当初6回の予定で始めた講座であったが、途中テーマの調整により合計8回での連載となった。第1回では、大深度法の概要および環境整備に向けた国の取り組みの概要について解説した。第2,3回では、大深度地下施設に求められる耐力を定めた技術指針の考え方、計画的な大深度地下利用を目的とした施設配置や利用調整の考え方について解説を行った。第4回では、大深度地下施設を計画するうえで必要となる地下情報の現状および今後の整備のあり方について解説した。第5~7回では、民間団体による都市再生のための大深度地下利用構想について紹介を行った。

最終回となる本稿では、地下利用の課題を踏まえ、今後、大深度地下をより快適かつ合理的に利用するために必要と考えられる技術開発の方向性について解説する。なお、本テーマについては国土交通省において、「大深度地下利用に関する技術開発ビジョン検討委員会」(委員長：黒川洗・東京工業大学名誉教授)を設置し、平成12年度から検討を行ってきているもので、平成13年度末に

表-1 連載講座；大深度地下利用の構成

回	テーマ(文責)
1	大深度地下の公共的使用に関する特別措置法 (国土交通省)
2	大深度地下使用技術指針 (財)先端建設技術センター)
3	大深度地下に関する利用調整 (財)国土技術研究センター)
4	大深度地下利用に関する情報整備 (財)日本建設情報総合センター)
5	大深度地下利用構想-その1- (社)日本プロジェクト産業協議会)
6	大深度地下利用構想-その2- (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用 研究センター)
7	大深度地下利用構想-その3- (都市地下空間活用研究会)
8	大深度地下利用に関する技術開発ビジョン (国土交通省)

とりまとめを予定している。原稿の執筆時期との関係上、本稿では、最終的報告ではなく中間的な報告となることをご容赦いただきたい。最終報告については、別の機会に、改めて紹介することとさせていただきます。

本講座における各テーマを表-1に示す。各講座の詳細については、掲載されたそれぞれの講座を参照されたい。

## 1. 地下利用の現状と課題

大都市圏では、都市化の進展に伴いこれを支える都市基盤施設の収容空間として地下が様々な利用されており、その利用深度は着実に増加している(図-1参照)。

とくに、道路等の公共用地の地下については、地下埋設物が相当に輻輳した状態にある。また、地下利用のマスタープランを持たずに整備が進められてきたため、地下での交錯をさけるため順に浅い地下から深い地下へと利用されてきた結果、今日においては既に50m近い深さの部分まで利用が進展しており、整備コストの上昇や、地上アクセスに関する不便性が問題となっている。

一方、民有地の地下は比較的未利用であり、地下利用

\*国土交通省都市・地域整備局企画課大深度地下利用企画室

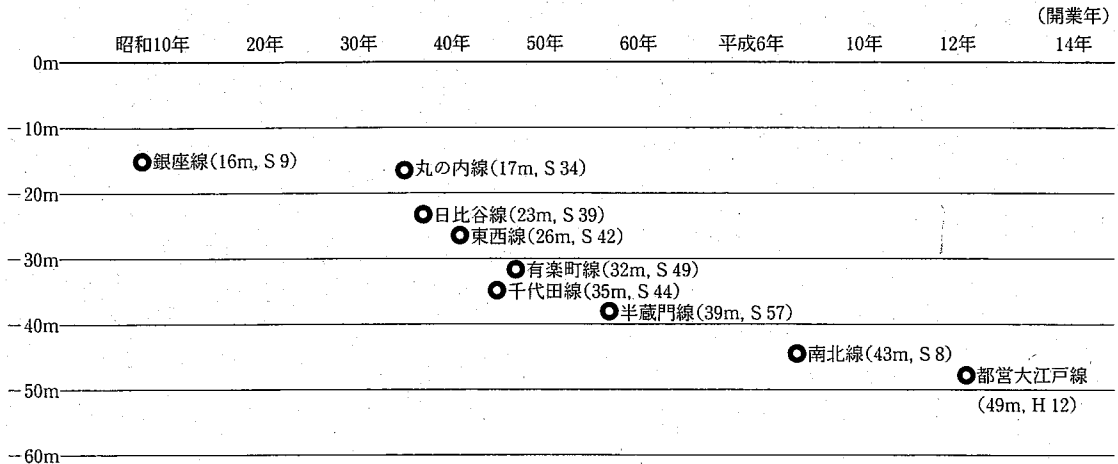


図-1 東京の地下鉄におけるトンネル部の最大深度の推移

ニーズの高まりに応じた合理的な基盤整備を考えるうえでは、アンバランスな地下利用状況になっている。

また、地下鉄銀座線の開業から60年以上、首都高速の開業から30年以上を経過し、既存施設の機能更新、再整備のニーズも、今後高まってくるのが想定される。

## 2. 大深度地下利用の今日的意義

今後の都市基盤整備における大きな課題として、①地下利用ニーズの増大と公共空間への集中に伴う弊害の改善、②既存都市基盤の機能更新、再整備ニーズへの計画的な対応の必要性が考えられる。

このような課題に対応するため、大深度法が整備されたところであり、大深度地下使用制度の確立とその活用によって、以下の効果が期待できる。

- 一定の条件下で民有地の地下の利用が可能となり、地下施設のルート選定の自由度が増し、効率的な社会資本整備が可能となるとともに、整備効率の向上による事業効果の早期発現などが期待される。
- 大深度地下利用における権利調整のルールが定まり、新たな社会資本整備がスムーズに進むものと期待される。
- 大深度地下空間の特性を活かした適切・合理的な基盤施設整備が進むものと期待される。

このように、今後の社会資本整備にあたっては大深度地下空間を有効に利用することが重要と考えられる。

## 3. 都市再生において地下空間利用が果たす役割

大都市圏の国際的な魅力と競争力を高め、経済の牽引役とするため、大都市圏における都市再生を目的とした取り組みが行われている。

都市再生本部(本部長：内閣総理大臣、平成13年5月

設置)においては、

- 東京臨海部における基幹的広域防災拠点の整備
- 大都市圏におけるゴミゼロ型都市への再構築
- 中央官庁施設のPFIによる整備
- 大都市圏における空港の機能強化と空港アクセスの利便性向上
- 大都市圏における国際港湾の機能強化
- 大都市圏における環状道路体系の整備
- 大阪圏におけるライフサイエンスの国際拠点形成
- 都市部における保育所待機児童の解消
- PFI手法の一層の展開
- 密集市街地の緊急整備
- 都市における既存ストックの活用
- 都市圏における都市環境インフラの活用)

などの都市再生プロジェクトが決定され、具体的な個別プロジェクトの早急な整備が進められようとしている。

都市再生において地下空間利用が果たす役割として、都市再生推進懇談会の提言に示された都市再生の取り組みの方向性に照らし合わせて地下空間利用の可能性を整理すると、以下のような地下空間利用が考えられる。

- 土地の高度利用・複合利用の推進
  - 地下交通ネットワークや地下空間を利用した交通結節機能の強化、都市機能の集積
- 個性豊かな魅力ある拠点の形成
  - 地上施設の地下収用によるオープンスペースの増強、都市景観の修復
- 安全性・防災性の向上
  - 地下を利用したライフラインの確保、河川・防災施設などの整備
- 都市基盤の整備改善
  - 地下空間を活用した交通施設整備による都市交通

の円滑化、上・下水道・エネルギー幹線などのライフラインネットワークの整備、地下物流ネットワークの形成

- ・広域的な交通基盤の整備
  - 地下を利用した広域基幹線道路、鉄道等の整備
- ・情報ネットワークの充実と活用
  - 地下空間における情報通信施設の整備
- ・環境インフラストラクチャーの整備
  - 地下空間を活用した水路整備等による地上部の緑地・水辺環境の再生、廃棄物処理施設等の整備
- ・美しく文化的でゆとりある都市づくり
  - 施設更新と併せた地上施設の地下化による良好な地上都市環境の形成

このように都市再生に向けて地下空間は、多方面での活用が可能と考えられる。とくに都市部では、利用可能な地上空間の確保が困難であり、大規模な基盤整備において、大深度地下利用が、都市再生を推進するうえで有効なツールとなる可能性が大きい。地下空間利用にあたっては、単に良質な社会資本の効率的・効果的整備という観点だけではなく、地下を活用して地上の都市空間を再生させるという観点も重要になってくると考えられる。

#### 4. 大深度地下利用における技術的課題

このように大深度地下利用のニーズは、今後より高まってくるものと考えられ、より深く、より長く、かつ大規模な地下空間の実現に向けて、大深度地下利用特有の課題を克服する努力が必要と考えられる。一方、現状でもかなり深い地下空間の利用が行われており、深い地下を利用する場合の課題が挙げられている。

大深度地下は、現状の地下利用空間にも増して深く、未利用な地下空間であることから、施設の維持管理・更新の困難さや周辺環境への影響の把握、地上アクセスや

建設コストなど大深度地下特有のネガティブな要素への対応、多様な空間ニーズに対する空間構築技術など解決すべき課題は多い。大深度地下利用にあたっての技術的課題を整理すると表-2に示すものが考えられる。

#### 5. 技術開発ビジョンの検討

以上に示したように、都市再生に向け大深度地下利用への期待が高い一方、施設の維持管理・更新が難しいなど、大深度地下であるがゆえにその利用にあたって検討、解決すべき技術的課題も多い。このため、大深度地下利用に関する今後の技術開発の方向性を示すことを目的として、技術開発ビジョンを作成する。

##### 5-1 検討の基本方針

民間企業等における今後の研究開発の促進を目的として、事業横断的に活用され得る汎用性の高い技術を中心に、大深度地下利用に関する技術開発ビジョンを作成し、今後の技術開発のあり方を示す。

検討にあたっては、大深度地下に相当する深さまたはそれに近い深度での地下利用の現状を踏まえるとともに、第5～7回の講座で紹介したような今後の大深度地下利用の可能性なども踏まえ、都市再生への利用ニーズが高いと考えられる線の(トンネル系)幹線施設ならびにこれらと地上との連絡施設を中心に、技術開発テーマの抽出等を行った。

開発期間としては、おおむね10年程度で開発が達成し、実際の施設へフィードバックが可能となることを目標に、技術開発項目の検討を行った。

##### 5-2 技術開発テーマ

技術開発テーマを抽出するにあたっては、大深度地下利用のあり方として、①より良く・安全に使うための技術、②環境に配慮してよりよく作るための技術、③経済性など大深度地下利用を適切に評価するための技術、を

表-2 大深度地下空間の利用課題

大深度地下利用の特徴	利用空間諸元	浅・中深度利用と比較した大深度利用の課題	既往技術での主な対応困難性	既往地下利用程度
深い未利用空間	40～100m	<ul style="list-style-type: none"> <li>・維持管理、施設更新が難しい</li> <li>・土圧、水圧が高い</li> <li>・強固な地盤の掘削が必要</li> <li>・地上避難、移動が困難</li> <li>・地上から作り難い</li> <li>・地下水環境への影響が大きい。</li> <li>・建設・利用コストが相対的に高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大深度に対応する設計法未開発。</li> <li>・環境アセスメント手法が未発達</li> <li>・大深度での地盤評価、水制御のための計測実績等がない</li> <li>・大容量、高速な垂直輸送システムが未開発</li> <li>・地下構造物の耐久性の定義未確定で、実績も不十分</li> </ul>	～50m
長距離、連続的な利用	数キロ～数十キロ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル延長長い。</li> <li>・地上との連絡点が限定される。</li> <li>・水平方向への避難も困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速度掘削、トンネルの分岐・断面変更が必要</li> <li>・土砂搬出、資材搬入効率の大幅向上が必要</li> </ul>	数キロ程度
まとまった大規模空間利用	100～500万m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深く、大規模な空間利用ニーズが想定される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既往技術での対応可能であるが、コスト低減、効率向上が必要</li> </ul>	地下街で30万m <sup>3</sup> 程度

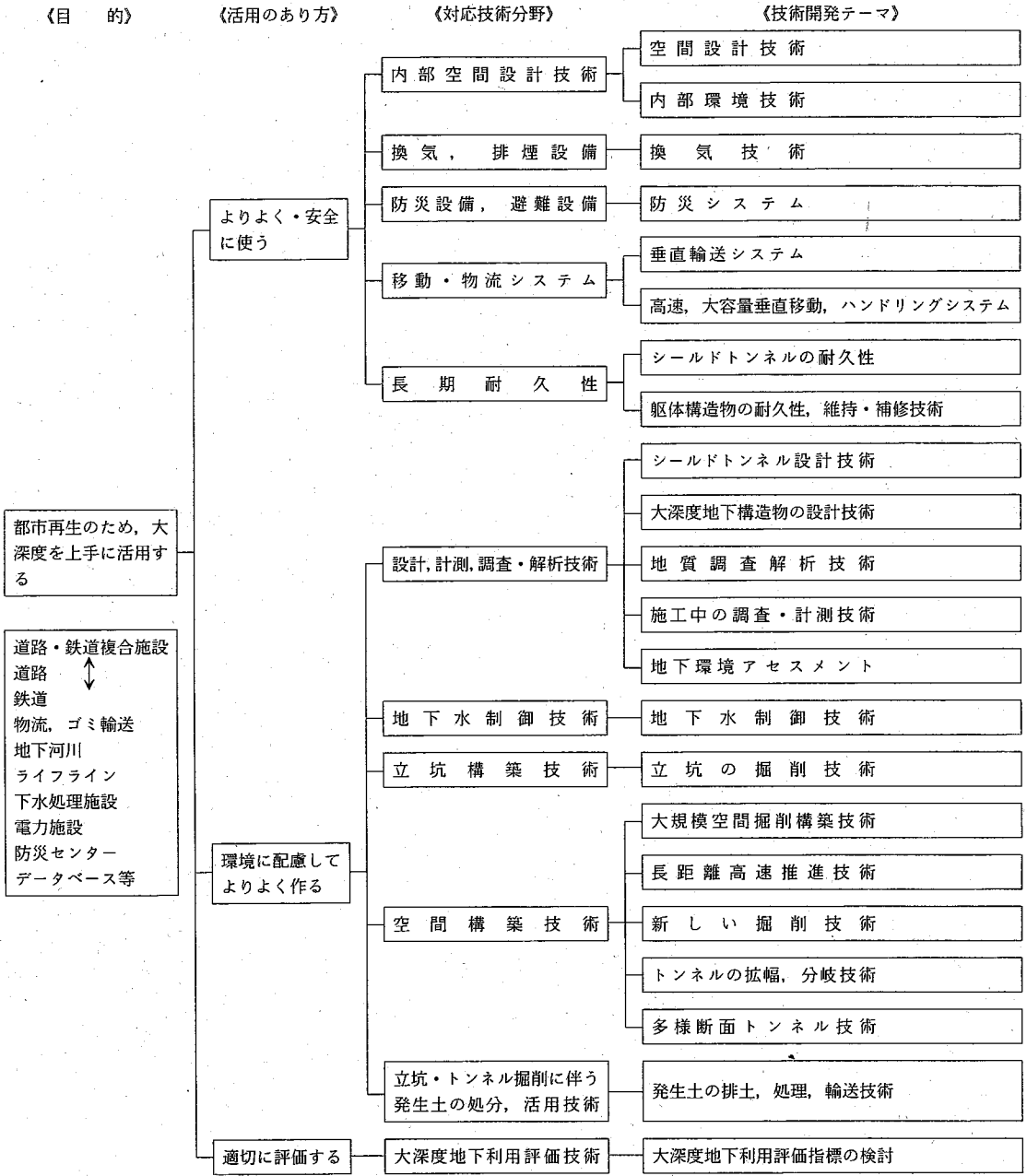


図-2 技術開発テーマ

柱として考え、これらに対応する技術分野を抽出し、その中から技術開発が重要と考えられるテーマを整理した。これらを模式的に表したものを図-2に示す。

5-3 技術開発項目

抽出した各技術開発テーマについて、今後の大深度地下利用に対する技術開発の課題について検討を行った。検討にあたっては、基本条件として、以下の条件を考慮

した。  
利用する深度：地下40mからおおむね100mまで  
設置する施設：外径15m程度のトンネル(シールドトンネルを基本とするが、テーマによっては他の工法についても検討する)

施設の利用目的：大深度法の対象事業(道路、河川、鉄道、電気、ガス、上・下水道など)

利用する地盤の土質：支持層以下の土丹層または砂礫層

上記条件を踏まえ、各テーマについて、開発目標の設定を行い、具体的な技術開発項目の検討を現在行っているところである。

具体的な技術開発項目としては、①地上への高速アクセスを目的としたリニア垂直輸送システムや急傾斜エスカレーター、②大深度地下特定に必要な支持層の深さや広がりを精度よくかつ効率的に把握するための浅層反射法やトモグラフィなどの地盤調査手法、③多様な地下空間ニーズに対応するためのシールドトンネルの拡幅・分岐・多様断面構築工法、④地上とのアクセス部にもなる立坑の合理的な設計および施工法、⑤大深度地下使用事業の事業効果の適切な評価手法、などについて検討を行っている。

これら検討結果をとりまとめるとともに、主要な技術

開発項目と今後の大深度地下利用について整理を行い、「大深度地下利用の技術開発ビジョン」を今年度末に取りまとめる予定である。

### おわりに

8回にわたる連載講座により、大深度地下使用制度の概要、これまで行ってきた大深度地下利用に関する検討の内容、地下利用の今後の可能性などについて紹介を行ってきた。

大深度地下は、空間の高度利用が進む都市内に残された貴重な空間であり、適正かつ計画的な利用が期待される。大深度地下使用制度は、大深度地下の特性を考慮し、社会資本の整備を円滑に進めることを目的として整備されたもので、都市再生の推進などにおいて有効なツールとなり得るものである。一方、これまであまり利用されていない空間であるが故に、大深度地下をより有効に利用するためには、解決しなければならない技術的課題も数多く残されている。本講座により、技術者の大深度地下利用に対する理解が深まれば幸いである。

## 【新刊図書】

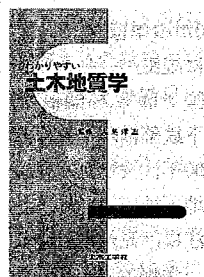
### わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格2,500円(税別) 〒340円

本書は、平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

#### 〔主要目次〕

序編 トンネルと地質の関わり	第三編 地質調査法
第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学	第四編 工事を対象とした地質調査の進め方
第II編 トンネル工事と地質条件	



 株式会社 **土木工学社**

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂  
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072