

# 大深度地下空間の有効利用に向けて

吉川 和夫

東急建設では、1989年から都市部の地下深くに存在する堆積軟岩領域の有効利用を目的として、神奈川県相模原市郊外に深度50mまでの地下実験施設を構築し、大深度地下空間の建設技術やその利用技術の研究を進めてきた。

本報文では、大深度地下建設技術の現状と課題、東急建設で実施した研究成果の報告、および大深度地下空間の有効利用に向けての展望について述べる。

キーワード：大深度地下，STUD（Sub Terranean Urban Development），地下空間構築技術，環境技術，地下利用

## 1. はじめに

20世紀後半の日本は、バブル全盛期であるとともに、都市機能の大都市中心部への集中に伴い、地上部では、交通網の過密化、地価高騰などの諸問題を抱えていた。また、比較的浅い地下は、地下街、駐車場、鉄道（地下鉄、駅）、道路、共同溝、上下水道管、電話線などが輻輳して建設されており、都市機能の向上を図ろうにも、残り少ない地下空間では高度利用は困難であった。

これらを背景にして、1980年代後半から1990年代前半にかけて、これまで全く利用されていない大深度地下開発に注目が集まった。しかし、大深度地下開発は、1990年代のバブル崩壊ともいったん沈静化したが、都市再生の起爆剤となりうる「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案（大深度地下利用法）」が平成12年5月26日に公布され、再び注目を浴びるようになった。そこで、本法案を有効に活用して、都市の再生化、地上の環境保全や景観保護を目的として大深度地下開発を進めることが重要であると考えられる。

ここでは、大深度地下利用の現状および今後の課題・展望について述べるとともに、都市部の地下深くに存在する堆積軟岩の有効利用（ジオトラボリス構想<sup>1)</sup>）を目的として、東急建設（以下、当社）が1989年に神奈川県相模原市郊外の地上から深度50m間に建設した地下空間実験場で実施した調査研究成果について報告する。

## 2. 大深度地下利用法

### （1）大深度地下の定義<sup>2)</sup>

大深度地下とは、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案」において、「土地所有者等による通常の利用が行われない地下、

① すなわち地下室の建設のための利用が通常行われない深さ

または、

② 建設物基礎の設置のための利用が通常行われない深さ

のうち、いずれの深い方から下の空間」と定義されている。具体的には、①については、おおよそ地表面から40m程度、②については、建設物の基礎の支持層と考えられる地盤上面から10m程度下、のどちらか深い空間を大深度地下と定義している（図-1）。

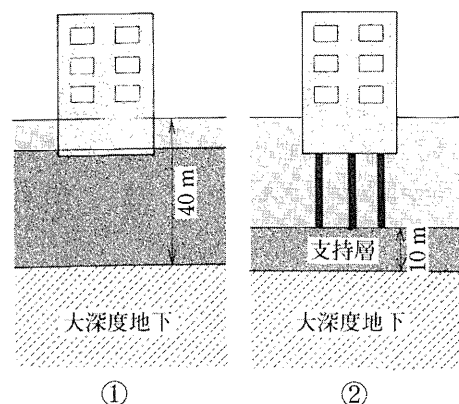


図-1 大深度地下の定義

## 2. 大深度地下空間利用への取組み<sup>3)</sup>

建設省（現：国土交通省）、運輸省（現：国土交通省）、通商産業省（現：経済産業省）において、これまで実施してきた大深度地下開発に関する取組みを以下に述べる。

### （1）建設省（現：国土交通省）

建設省では、地下空間の有効利用を目的として、産学官協力のもとに道路・鉄道整備を中心に以下の整備および技術開発が進められた。

- ① 道路下空間を有効利用するための計画
- ② 地下鉄・地下街・地下駐車場・地下公共施設等が一つになった地下交通ネットワークの整備
- ③ 都市型災害対策として実施する下水道整備と一体となった地下河川の整備
- ④ 地下空間を建設するための計画・設計・施工・維持管理技術の開発
- ⑤ 地下空間の防災・環境制御技術、環境保全技術等の開発

### （2）運輸省（現：国土交通省）

運輸省では、都市部の交通問題の解消と地下空間の高度利用を目的として、鉄道の整備を中心に以下の調査研究が進められた。

- ① 大深度地下鉄道の整備に関する調査研究（法制度の整備、技術面、経済性の検討）
- ② 大深度地下鉄道の防災に関する調査研究（駅部および駅間部の安全性の検討他、車両構造の検討、監視体制の強化、初期消火方法他）
- ③ 大深度地下鉄道推進のための技術調査（設計面および施工面での検討）

### （3）通商産業省（現：経済産業省）

通商産業省では、地下利用が積極的に利用されることを予測して、資源・エネルギーの貯蔵・発電のみの利用だけでなく、総合的な大深度地下利用を目的に以下の調査研究が進められた。

- ① 大深度地下空間の開発・利用のための法的整備・地下空間建設技術の検討
- ② 大深度地下空間開発技術（ジオドームの設計・施工技術）の調査研究
- ③ 地下式下水処理施設の調査研究
- ④ 地下空間の環境シミュレーション解析手法の調査研究
- ⑤ 都市ガス地下貯蔵システムの調査研究

- ⑥ 廃棄物の地下保管およびその再資源化に関する調査研究

## 3. 大深度地下利用における技術・安全・環境分野の現状と課題

臨時大深度地下利用調査会答申で、大深度地下を構築・利用する場合に配慮すべき事項として、技術面、安全面、環境面を挙げている。

大深度地下は、地球上に残された貴重な空間であるとともに、一度建設してしまうと撤去が困難であるという特徴をもっている。そのため、計画段階において、地下空間の効率的、効果的な配置を行うことが重要である。また、設計面、施工面では、計画段階から安全の確保、環境保全等を設計に取込み、後戻りのない計画、設計、施工、維持管理までのライフサイクルコストを考慮した大深度地下計画を立てる必要がある。

以下に技術分野、安全分野、環境分野の3つの観点から、その現状と課題について述べる。

### （1）技術分野における現状と課題

大深度地下利用に必要な技術として、

- ① 事前調査・設計技術
- ② 施工技術

の2つが挙げられる。以下にそれぞれについて現状と課題を述べる。

#### （a）事前調査・設計技術の現状と課題

大深度地下構造物を構築する場合、安定した地盤がどの深さにどの程度の範囲にあるか事前（計画・設計段階）に三次元的な地質構造を把握しておく必要がある。また、大深度地下構造物を構築するに当たり、地上空間、近接構造物への影響を考慮した設計、施工が求められるため、地下空洞掘削に伴う周辺地盤の変位および地下水の低下等が周辺地盤への影響も事前（設計・施工段階）に把握しておかなければならない。

#### （i）計画技術

地表から地下に向かって鉛直方向に掘削する場合、深度が増大するに従い、土砂掘削量の増大、運搬時間の増大、土留め壁芯材の厚壁化等によりコストは増大する。これに対して、地下を水平方向に掘削していく場合、安定した地盤中を掘削するためコストの増大も少なくなる。

大深度地下を構築する場合に、これらの条件を総合的に判断し、地上部で建設するコストに比べて経済的な地下空間計画を進める必要がある。また、既存施設との一体化を図りながら、効果的かつ効率的な地下計画を行うことが重要である。

### (ii) 地質調査技術

地質調査方法は、間接的に地質を調査する方法として物理探査方法、直接的に地質を調査する方法としてボーリング調査による方法に分けられる。

前者の物理探査方法には、地表から実施する方法とボーリング孔間を利用する方法がある。具体的には、音波または電気を任意の位置（地表面もしくはボーリング孔）に発生させ、その応答から地質変化位置、断層・破碎帯、地下水脈等の境界を調べるものである。後者のボーリング調査は、一方向（深度方向）のデータのみであるが、物理探査方法は平面的なデータの取得が可能であり、ボーリング孔による方法と物理探査方法をうまく組み合わせることにより、調査精度を高めることができる。

また、物理探査法の現状は、地盤中の境界（例えば地層と地層の境界：不整合面）を調べることまでは可能であるが、三次元的な地質構造を精度良く把握できる段階には至っておらず、精度の高い大深度探査技術の開発が課題と考えられる。

### (iii) 設計技術

立坑設計技術については、大規模土留め壁の設計実績（地下タンク、東京湾横断道路川崎人工島等）が徐々に蓄積されつつあり、また、掘削深度 100 m を超える大深度土留め壁の設計も行われ、現状の設計で対応可能な技術水準にある。

大深度地下トンネルの設計についても、深度 49 m に建設された大江戸線をはじめ、シールドトンネル分野では大深度、高水圧下での設計実績が徐々に蓄積されつつあり、シールド機の方向制御技術を含めて現状技術で対応できる。

NATM 工法についても、地下発電所や地下石油備蓄基地等の大深度・大規模地下空洞の建設に適用され、これまでに取得された計測および解析データの蓄積により、その技術水準は高いものとなっている。

今後の課題は、大深度地下利用関係者の技術的解釈の統一（国土交通省：大深度地下使用技術指針・同解説（平成 13 年 6 月））、維持管理、経済性を踏まえた設計手法の整備が挙げられる。

### (iv) 耐震技術

大深度地下空間は、一般に地上との取付け部を除き、地表付近と比べて地震の影響を受けにくいという特徴をもつ。ただし、地下構造物は、異なる振動特性の起因となる活断層、地層境界を避けて構築する必要がある。活断層分布については、文部科学省で実施した研究成果<sup>4)</sup>にまとめられており、確認されている活断層を避けることは可能である。

地震に対する課題として、大深度地下空間の耐震性の

検証（既存の大深度地下空間施設を利用した地震に対する安全性の確認）、上記以外の活断層を避ける技術、地上との取付け部および立坑とトンネル部接合部の耐震設計技術の向上が挙げられる。

### (b) 施工技術の現状と課題

大深度地下は、支持層以下に存在することから、一般には浅深度地下に比べて堅固で変形しにくい地層といえるが、施工面では高水圧下での工事となる。また、大深度地下建設に当たっては、有意な地盤変位および地下水位低下が生じないように、適切な工法選定と施工管理による近接構造物への影響抑制、供用時の施設内への漏水防止等の慎重な対応を行う必要がある。

#### (i) 立坑工事

大深度土留め工事は、大深度・大壁厚用に改良された掘削機の普及に伴い、深度 100 m クラスの地中連続壁の実績が蓄積されつつある。また、掘削中のデータ（土圧、土留変位、切梁軸力等）をもとに岩盤の物性値を逆に求めて、その物性値を用いて再計算しながら施工を進める、いわゆる情報化施工の実績も数多く蓄積されている。大深度土留め壁の施工は、深度 100 m 程度であれば現有技術で対応可能である。

今後の課題は、

- ① 耐久性確保の観点から完全止水が可能な防水工法の開発
- ② 経済性の追求の面から安全性を確保した上での経済的な施工技術の開発
- ③ 現状技術の整備

である。

#### (ii) トンネル工事

トンネル工事については、掘削中の諸問題

- ・近接構造物への影響低減
- ・湧水対策
- ・破碎帯との遭遇
- ・切羽崩壊

等に対応するための技術が、これまでの工事の中で NATM およびシールドの両分野で数多く蓄積されている。

シールド工事では、高水圧下、大断面トンネル用にシールド機が開発されている。例えば、高水圧下でのシールドトンネルでは都営大江戸線、大断面トンネルでは、東京湾横断道路、都営大江戸線駅部が挙げられる。

トンネル工事としての課題は、

- ・地震に強いトンネル接合部の設計・施工方法、
  - ・防水技術、
  - ・土砂搬入技術（運搬距離の長距離化対応技術）の向上、
- 等が挙げられる。

## (2) 安全分野における現状と課題

大深度地下は、不特定多数の人が利用する閉鎖空間となるため、災害（特に火災、地震、洪水等）発生時を想定した安全の確保と通常時における快適で安心できる環境を確保する必要がある。

大深度地下空間における防災上の特徴として以下の事項が挙げられる。

- ① 災害時の避難方向が上方であり、その避難路もある程度限定されるため、消火活動、救助活動が困難となる。
- ② 停電時に、地下空間が混乱状態になる。
- ③ 災害発生時に、その被害状況が地下にいる人に伝わりにくい。また、地上にいる人が地下の被害状況を入手することが困難である。
- ④ 災害後の現状復旧が難しい。
- ⑤ 地下空間への浸水が大きな人的な被害をもたらす（洪水時）。
- ⑥ 煙、熱、有害物質が滞留する（火災時）。

地下空間での安全対策は、近年発生した都市型災害に伴う地下鉄構内や都内各地での浸水、地下街で火災事故に見られるように十分な対策が図られているとは言いがたい。これらの教訓を踏まえ、防災上の課題として、以下の事項が挙げられる。

- ① 地下空間でのさまざまな災害（シナリオ作成）を想定した時の対応マニュアル（防災方法、避難方法等）の構築
- ② 防災体制の整備（浸水、停電等）
- ③ 平面的避難経路の簡略化
- ④ 防火システムの最適配置技術
- ⑤ 地下空間監視システムの適切な配置技術
- ⑥ 地下空間の空調換気の計画・設計技術の整備

換気技術は、トンネル分野において、技術開発が進められており、この技術を応用することにより対応可能と考えられる。また、災害時の避難方法については、高層ビルでの防災システムを応用して地下空間に適用した場合の問題点を抽出し、その問題点を解決することで対応できる。

## (3) 環境分野における現状と課題

地下空間の構築が、地下環境に与える影響として、地下水流動の阻害、施工中および施工後の地下水の汚染・汚濁、および長期的な地盤変形の影響等が挙げられる。これらの影響については、近年、解析技術の向上により比較的精度良く予測することができる。また、地下空間内の環境条件が人に与える影響も重要な要素となる。

### (i) 周辺影響の検討

地下水流動の阻害を検討する技術として、地下水の流れを予測する解析技術<sup>5)</sup>、ボーリングを利用して地下水の流れやすい位置および流れやすさを推定する調査技術の開発が進められている。地下水流動の解析技術は、現状技術で対応できるが、地盤の水利特性を推定する技術については、予測精度の向上および大深度用に改良中である。

地盤変形が近接構造物に与える影響を検討する技術としては、都市部の近接施工で培った技術で十分対応可能である。

今後の課題（地下水流動解析）は、地上から透水性の高い領域（水の流れやすい領域）および透水係数を三次元的に精度良く予測する技術の向上や地下水環境をコントロールする技術である。

### (ii) 地下空間内の環境

私たちが地下空間で快適な生活を送るためには、音、光、温度、湿度、空調等の環境条件を絶えず良好な状態に維持管理するシステムを構築する必要がある。

地下空間の長所は、

- ① 温度はほぼ一定であること
- ② 安定した岩盤中であれば振動が小さいこと
- ③ 遮音性に優れているため騒音を防止できること

等である。

これらの特徴を利用した快適な地下空間を創出するための研究を進める必要がある。地下空間の短所として、

- ① 停電により地下空間が暗闇となり混乱状態になること
- ② 日本の場合、湿度が比較的高いこと
- ③ 空気が循環しにくいいため有毒が溜まり人体に害を及ぼすこと

等が挙げられる。

これらの課題を解消するための技術課題として、採光システム技術、温度・湿度調節システム、地下空洞の形状に合わせた最適な換気設備の配置技術等の開発が挙げられる。また、地下空間において、音、光、温度、湿度、植物、香り等が人間の心理面に及ぼす影響を究明し、その成果を地下空間の設計に反映させる必要がある。

## 4. STUD プロジェクト

STUD (Sub Terranean Urban Development) プロジェクトは、堆積軟岩中の大深度地下都市（ジオトラポリス構想）の実現に向けて、設計・施工に関する技術から地下空間利用技術まで、地下空間を有効利用するためのさまざまな技術の開発・実証を目的に1989年に始め

られた。この中で、当社が実施した大深度地下空間の構築工法の検証、堆積軟岩の力学特性の把握、地下空間利用技術の開発について述べる。

### (1) 大深度地下空間の構築工法の検証

STUD プロジェクトでは、堆積軟岩を安全かつ経済的に掘削するための技術開発を目的に、図-2 に示すように立坑掘削（形状：6 m×10 m、深度 50 m）と横坑（延長約 50 m）からなる大深度地下空間を構築した。

立坑掘削は、深度 24 m までを遮水性連続壁工法（ソイルセメント壁）+ 切梁・腹起こし形式、それ以深を吹付けモルタル+鉄筋挿入工法（TOP 工法<sup>9)</sup>：東急建設の開発技術）で構築し、地質状態の変化に応じて経済的な工法を選定し、安全に立坑掘削を終えた。

横坑は、TOP 工法+山岳トンネルで用いられる NATM 工法で横坑の断面形状を変化させながら掘削を行い（図-2 を参照）、断面形状が空洞へ与える力学的影響を調べた。

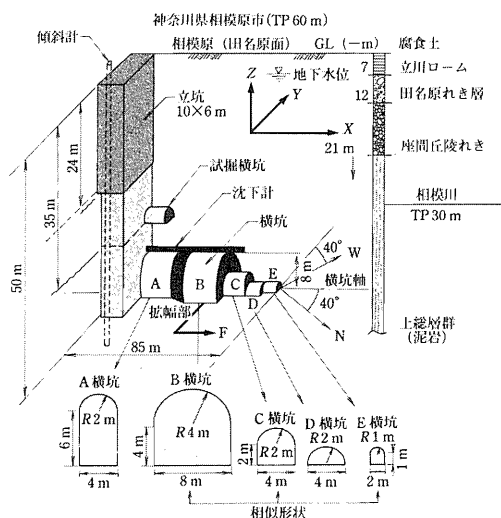


図-2 地下空間実験場

本プロジェクトにおいて、経済的な立坑、横坑の掘削工法を選定し、立坑、横坑を安全に掘削できることを確認した。

### (2) 堆積軟岩の力学特性

堆積軟岩は土木分野では支持層と考えられ、当時、その力学特性は未解明の部分が多いことから、空洞の安全性を確認するためにも堆積軟岩の力学特性（室内試験、原位置試験）を把握する必要があった。ここでは 50 m 横坑で実施した現場測定結果から得られた知見<sup>7)</sup>について述べる。

- ① 横坑掘削に伴う坑道天端の沈下量は最大 6 mm 程度である（図-3）。

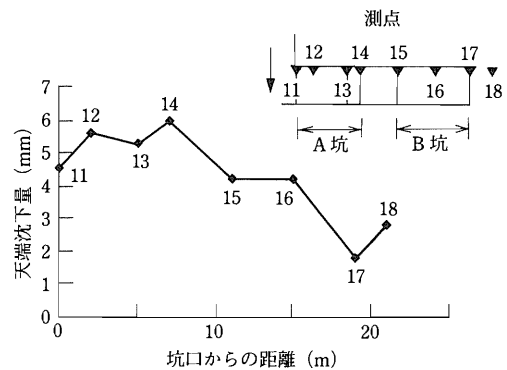


図-3 50 m 横坑の天端沈下量

- ② 長期間の岩盤変位（掘削後一定期間経過後の岩盤変位）は、ほとんど発生せず、現在は、安定した状態にある。

- ③ 岩石の室内クリープ試験（荷重を一定に保った状態で岩石の変形を長期的に計測する試験）を実施した。この試験データを用いて長期間（約 1 年間後）経過したときの 50 m 空洞内の岩盤変位を予測し、その結果が原位置での計測結果とよく一致した<sup>8)</sup>。

上記は研究成果の一例であり、その他にも堆積軟岩に関する力学特性が数多く取得されており、都市部における大深度地下空間を設計する上で有用なデータが得られている。

### (3) 地下空間利用技術の開発

地下空間は、

- ① 断熱性（熱を外に逃がさない）
- ② 恒熱性（温度変化が小さい）
- ③ 気密性（内部の密閉性が高い）
- ④ 防音特性（音が外部に漏れない）

等に優れるという特徴をもつ。ここでは、深度 50 m の横坑を利用して、これらの特性の検証および地下空間が人間に与える心理的影響に関する研究成果の一部について述べる。

#### (i) 地下空間の温度、湿度

深度 50 m 横坑内の温度および湿度は、年間通して大きな変化はなく、温度が 16~18℃、湿度が 90% 前後でほぼ一定に保たれている。

#### (ii) 地下空間の色彩

地下空間内の色彩が、人の聴覚刺激に与える影響を調べる目的<sup>9)</sup>で、閉鎖されたシミュレーションルームを利用して、音楽、騒音等による聴覚的刺激が、内装仕上げ材料の色彩等の視覚刺激によって受ける心理的影響および効果について調べた。その結果、視覚刺激が人の心理面に与える影響が大きいことがわかり、色彩が地下空間

の快適性を追求する上で重要な要素となる。また、地下空間の自然光の役割も果たす点でも重要である。

### (iii) 地下空間の緑化

地下空間の緑化は、火災の延焼防止、閉鎖感、圧迫感の緩和や空気清浄等の快適な地下空間の創造に効果的である。深度 50 m の地下空間内に花壇設けて、数種類の花、観葉植物、ハーブ、樹木を植栽し、以下の条件で観察を続けた（グラビヤ）。

#### ・照明：

照度は、照明設備を設置して 400～500ルクス（一般的な地下街を想定）、点灯時間 14 時間/日

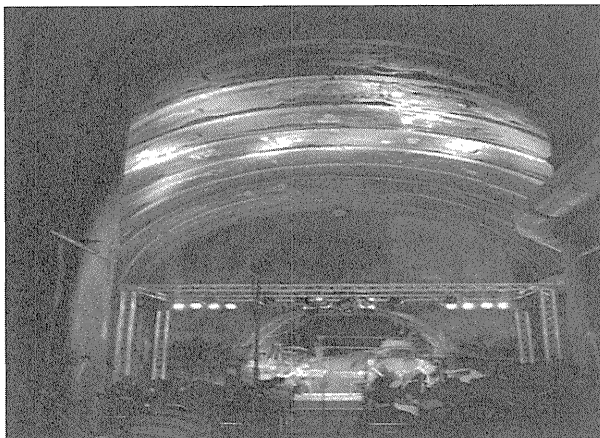
#### ・室内環境：

自然換気状態で、気温 20℃、湿度 90% 前後

生育状況は、枯れる植物と枯れない植物に分かれ、地下環境に適用できる植物と適用できない植物が存在することが分かった<sup>10)</sup>。その中で、観葉植物や樹木については、良好な状態ではないが、地下街と同等レベルの照度が得られれば、長期栽培の可能性を確認することができた。

### (iv) 地下空間の音響

地下空間での音響効果を調べるために、深度 50 m の横坑で模擬演奏会形式の音響実験を実施した（写真—1）。



写真—1 音響実験状況

大空洞内に多数の人が集まったときの音響効果の確認と聴講者からのアンケートの収集を行った。アンケート結果から、心理的な圧迫感はほとんど感じないという結果が得られた。

### (v) 地下水流動の予測技術

大深度地下空間周辺に掘削したボーリング孔を利用して、当社の大深度地下空間直下 GL-50～82.5 m に掘削した地下空間（ミニドーム）\* を埋め戻したときの、

地下水の水質、地下水位、地下水の温度<sup>11)</sup> の長期観測を行った。この結果を用いた地下水流動解析を実施し、地下空間周辺における地下水の流れを長期間にわたり再現することができた<sup>9)</sup>。

## 6. おわりに

大深度地下空間の構築がもたらす多くの利点として、例えば交通機関については、

- ・最適な線形計画が可能となる
- ・コストの削減（掘削区間の短距離化）
- ・列車走行速度の向上（混雑緩和）
- ・安全性の向上（線形の直線化）

等が挙げられ、大深度地下空間建設は、国レベルで推進していくべき事業の一つと考えられる。

大深度・大規模地下構築物を効果的、効率的に構築するためには、技術指針の整備および関係者の技術的解釈の統一を早急に進めるとともに、各段階において以下の事項が今後必要と考えられる。

#### (i) 計画・設計段階他

- ① 地下空間開発全体を管理する機関の設立（無秩序な地下空間建設の排除）
- ② 既存構築物と一体化した大深度地下空間の計画・設計技術の開発
- ③ 大深度地下マップへの情報の追加
- ④ 物理探査法を利用した三次元地質構造を把握する技術の向上（安全面では活断層の把握、環境面では地下水流動の阻害および地盤変形予測）
- ⑤ ボーリング孔を利用した検層結果およびボーリングコアを用いた室内試験結果と原位置の地盤物性値関係を明確化し、物理探査結果から地盤直接物性値を定量的に評価する技術の開発
- ⑥ 地盤内の応力評価技術
- ⑦ 地下構築物は永久構築物となることから、地下空間構築後の超長期的な地盤挙動（岩盤のクリープ変位）の計測を行い、その岩盤の変形挙動を再現する解析技術の開発
- ⑧ 環境影響評価技術の向上（地下水解析、地盤変形解析）
- ⑨ 災害時対応マニュアルの整備
- ⑩ 高齢化社会に向けたバリアフリー施設の構築

#### (ii) 施工段階

- ① 立坑掘削時の情報化施工技術の向上
- ② シールドの切羽前方探査技術、工期短縮および工費削減のための技術の向上
- ③ 切羽前方探査技術、切羽安定化技術、高圧地下水

\* 通産省工業技術院の産業科学技術研究開発制度の一環として、新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）が（財）エンジニアリング振興協会に委託して構築した構築物である

の処理技術、覆工の自動化技術、振動・騒音低減技術等の向上

④ 掘削土砂搬出システム技術の向上、防水技術の向上、防火技術の向上、地下浸水対策技術の開発

以上に述べたように、大深度地下空間を構築するための課題は残されているものの、地下空間の構築が不可能となるものでなく、現状技術で大深度地下空間の構築は対応可能と考えられる。また、地下空間構築後の地下空間図を作成し、その情報を外部に公開していく必要がある。

J C M A

《参考文献》

- 1) 越智健三, 壺内達也: 大深度地下開発フィールド実験—STUD プロジェクト—, 土木学会, 地下空間利用シンポジウム 1993, pp. 79-88, 1993年6月.
- 2) 佐藤寿延, 益田 浩: 「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」について, 建設オピニオン, pp. 19-29, 2000年7月.
- 3) 土木学会土構造物および基礎委員会地下空間研究小委員会: 地下空間と人間 ①地下空間の計画, 土木学会, pp. 139-145, 1995年12月.
- 4) 文部科学省: 地震調査研究成果報告書.
- 5) 伊藤 誠, 小島圭二, 登坂博行, 山川 稔: 地下構造物建設および埋め戻しに伴う地下水挙動に着目した地下水流れの数値シミュレーション (その1), 土木学会第55回学術年次講演会 (共通部門), CS-136, 2000年9月.
- 6) 西岡 哲, 越智健三, 壺内達也: 短ボルトと大型プレートによる切土補強効果に関する研究 (その3) —大型土層模型実験—, 土木学会第44回学術年次講演会 (Ⅲ部門), pp. 262-263, 1989年10月.
- 7) 越智健三, 壺内達也, 龍岡文夫: 空洞掘削と実験調査および線形逆解析による堆積軟岩の変形特性, 土木学会論文集, No. 487/26, pp. 177-186, 1994年3月.
- 8) 松本正士, 早野公敏, 龍岡文夫, 古関潤一: 地下空洞掘削に伴う堆積軟岩地盤の長期変形, 土と基礎, Vol. 48, No. 2, pp. 13-16, 2000年2月.
- 9) 猪股泰太郎, 杉野 潔, 戸井田義徳: 音と色彩の心理的關係に関する検討—地下空間利用における心理効果の基礎的検討—, 土木学会, 地下空間利用シンポジウム 1993, pp. 329-336, 1993年6月.
- 10) 伊藤 浩, 福田 淳, 吉岡美明華, 渡辺隆司, 谷本 亮: 地下空間緑化技術の研究 (2) —緑化の可能性の検討—, 土木学会第51回学術年次講演会 (共通部門), pp. 108-109, 1996年10月.
- 11) 高倉 望, 小島圭二, 島田 純, 山川 稔: 堆積軟岩中の地下構造物埋め戻し後の再冠水時における岩盤内地温変化観測, 土木学会第55回学術年次講演会 (共通部門), CS-119, 2000年9月.

【筆者紹介】

吉川 和夫 (よしかわ かずお)  
東急建設株式会社  
営業推進本部  
土木エンジニアリング部



# 絵で見る安全マニュアル

## 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、とても解いやすく表現している、新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5版 70頁 定価650円(消費税込) 送料270円

## 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289