



夢はバラ色

トンネル技術と地下空間利用

竹林 亜夫*

1. トンネルの貫通

川端康成の小説の一節の「国境の長いトンネルを抜けると雪国であった。」で一躍有名になった新潟県の湯沢は、今ではリゾート都市として活況を呈している。その湯沢は、上越線清水トンネルが完成するまで、山奥の辺境の地であった。地元の人が、清水トンネルが完成した時に、山奥の村に文化の光明が届き、村中が喜びに満ちていたといわれている。

最近では、世界最長の青函トンネルが完成し北海道の人々は、本州と陸つづきになったように感じたと言っていた。

このような長いトンネルは両側から掘削を行ない、よく真中ですれ違うことなく貫通するものだと、質問される。無事貫通に至るのは掘削期間中、技術者が毎日正確に測量（長さ、中心線方向、高さ）を地道に積み上げた結果でもある。しかし測量担当者は、貫通の直前まで測量精度に一抹の不安を抱いているのは事実である。貫通の瞬間に、日頃の努力がむくわれ、その不安が喜びにかわり、貫通式の樽酒で祝杯をあげる。

2. トンネル掘削技術と地質

北欧のスウェーデンは、安定した岩盤が都市域まで分布していて、寒冷地という立地条件もあり、都市域の地下空間を多面的に利用している。

高層アパートが群立する丘の地下にトンネル式の下水处理場を設置したり、地下鉄、地下街、

石油、石炭の地下備蓄、地下駐車場等、世界に先がけて地下空間利用を行っている。スウェーデンは、ダイナマイトを発明したノーベルが創設したノーベル社があり、今でも発破技術で先進的である。削岩機では世界的に有名なアトラスコプコ社がある。これらの技術が総合され、安定した岩盤のトンネル技術は進んでいて、一発破掘進長4.5mを一般化し、経済的施工を心がけている。

しかし、断層破碎帯等岩盤条件が悪くなると自国の技術では対応出来なく、隣りのノルウェーの作業員に応援を求めることもある。

このようにトンネル技術は、その国の地質条件により、得意な部門があるようだ。その点、わが国は、硬い岩盤から軟質な土砂地盤まで、複雑な地質条件下にあり、かつ山岳域も多いことから、多様な地質条件に対応出来るトンネル技術が培われている。

3. 都市域のトンネル技術

東京、大阪、名古屋といった我国の大都市の地盤は、沖積世（現在～2万年前）に三角州に堆積した軟らかい土砂（砂、礫、シルト、泥）と、洪積世（2万年～200万年前）に港湾性および三角州の堆積物である締った土砂により構成されている。

このような土砂地盤に、地下鉄、地下駐車場、地下道路等の地下構造物を構築する技術は、社会的、環境上、経済性等の諸制約条件を満足する形で開発され、実施工を行ないつつ研鑽されてきた。

地下工事の技術としては、開削工法、シールド工法、山岳トンネル工法等が挙げられる。

開削工法は、ビル工事の地下階や地下浅部の地下鉄、地下街、地下駐車場等を施工する場合

*竹林亜夫 (Tsuguo TAKEBAYASHI), 清水建設株式会社, 土木本部技術第1部, 副部長, 学士, 土木工学

に用いられるもので、地表から土留壁を無音、無振動で施工して、土留壁に囲まれた内側を掘削する工法である。土留壁の種類は、適用地盤や工事条件により多様な工法が開発され、使用されている。その中で、地下50~100mの深さに厚さ0.8~1.5mの鉄筋コンクリート壁を鉛直精度1/1000で施工する地中連続壁工法は、周辺地盤に変状を与えることなく施工できることから、現在多くの用途に用いられている。また海外からも評価され、米国等にも輸出されている。現在は、東京湾横断道路のシールド発進立坑等のニーズに対応すべく、深さ150m、壁厚2.8mの地中連続壁工法も開発されている。

シールド工法は、トンネル掘削機を鋼製殻（シールド）で保護し、その後方でトンネル構造物（セグメント）をブロック状に組み立て、セグメントを反力としてジャッキでシールドを推進する工法である。近年、掘削機の前面を密閉状にして、その中に泥水を充填し、泥水圧力で掘削面を押え、周辺地盤の変状を防止しつつ掘進する泥水式シールド工法が開発され、鉄道の複線トンネルや下水トンネル等に使用されている。この工法は、現在施工中の英仏海峡トンネルの仏側にわが国の泥水式シールド機が輸出され、稼動している。最近では、シールド工事のセグメント組立て作業やセグメント運搬作業等の自動化技術が開発されつつある。

山岳トンネル工法は、掘削面が自立することが前提条件であるため、土砂地盤の場合には、薬液注入工法等の補助工法で地盤を補強する必要がある。設計は、FEM解析を用いて、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工や覆工厚さが検討され、周辺地盤の変形状況もチェックされる。地下鉄の駅部や三車線道路トンネルのように大断面のトンネル施工には、小さい断面に分割して掘削する方法が採用され、掘削面の変位や土圧を綿密に計測しつつ、周辺地盤に変状を与えないように補助工法を組み合わせる施工している。最近では、都市域周辺トンネル工事にも普及している。

4. 都市域の地下空間利用

都市は、人口の増加と共に発展し、発展に伴

って、多様な都市機能が必要となる。地下施設としては、上下水道、ガス、電気等がそれぞれ独自にあるいは共同溝に施設され、さらに人口が増加すると地下街、地下駐車場が必要となり、人口が百万人に近づくとも地下鉄が建設される。さらに大都市になると、地下変電所、地下下水処理場等、経済や産業の発展と共に多様な地下施設が建設される。

最近、東京が国際金融都市として活性化したことと、快適な都市生活の要求、地価の高騰化等の諸要因により、地下空間利用のニーズが高まっている。

このような傾向は我が国だけでなく、世界各国の傾向のようで、19年前にOECD（経済協力開発機構）が国際トンネル会議を開催し、わが国からも参加している。この会議が開催された理由は、世界的に人口の都市集中化いわゆる都市化傾向に対し、都市を政治、経済、文化の中心として、真に健康的、経済的な機能を保持せしめ、また都市居住者に相応な生活環境を提供するためには、徹底的に地下利用を計らなければならない。このニーズに答えるには、トンネル技術の一層の開発が必要であるとして、トンネル会議が開催され、その結果にもとずいてOECD勧告が各国政府に対して出された。

その後のわが国のトンネル技術の開発状況は前項のとおりで、この勧告の精神を、技術開発及び実施工の面でも模範的に実施している。

現在の都市域の地下空間利用のニーズは、都市問題である。通勤ラッシュ、交通渋滞および都市景観の向上に寄与し、都市機能を一層充実し、地表に緑の多い街を実現することになる。

わが国の現在の経済力、技術・文化レベルから、このような快適な都市の建設および再開発は、可能で、現実に実施されはじめている。たとえば、電線の地中化により、電柱がなくなり街路がすっきりした景観をとりもどしたり、地下河川の建設により、洪水が回避されたり、お寺や図書館の地下に高压変電所を設置し、土地を立体的に活用している。

今後ますます、都市域の地下空間を多くの用途から利用されることが考えられ、地下利用のあり方について研究および検討がなされはじめ

生産と技術

ている。このようなソフト面は、関係する専門部門と協力し、社会に受け入れられる地下空間利用を焦らずに、確実に実施されなければならない。

それに伴って、より経済的で、より早く出来る施工技術のさらなるハード面の開発も必要で

ある。

トンネル技術のソフト面とハード面の開発に努め、世界に先がけて、緑多き、快適な都市の建設および再開発が実現出来るよう取り組んでいる。

