

土木學會誌

02

特集

トンネル技術の今昔

—知られざるトンネルの世界—

この人に聞く 笹島建設(株) 会長 笹島 信義 さんに伺いました

PHOTO REPORT 台湾・高雄地下鉄全線開業
伝統的石材構築技法の解明と継承



夢のトンネル

朝倉 俊弘

正会員 京都大学大学院教授

究極の夢のトンネル

筆者がまだ小学生の頃だったと記憶するが、ワクワクするようなSF映画に出てきたトンネル施工法が強く印象に残っている。題名も配役、あらすじも正確には覚えていないが、旧日本軍の生き残りが南洋の種々の鉱石の豊富な島で驚くべき新型戦艦を建造し、捲土重來を期していた。いざ出陣というとき、なんとその戦艦の先端部分がとがったドリルになりゴリゴリと岩盤をうがちなが地下深く突進するのである。もちろん水には浮くし、空も飛べる。当時は今と違って純真だったので「すっ、すげえ！」と感動したものである。今であれば「おいおい、不法占拠だし、鉱石の不法採掘だし、掘進にあたって用地は取得したの？ 区分地上権の設定は？ せめて起工承諾は？ ドリル径より大きいブリッジ部は引つかからないの？ どうやって曲がるの？ 艦尾からジェット噴射しているけど反力は足りるの？ 掘れたとして掘削土の搬出は？」

支保もせずにそんなにどんどん掘進しちゃって後ろのトンネルは崩れない？」と、この程度のイチャモンは瞬時につけるであらう。しかし、これこそ夢のトンネル施工法ではないか？ なにしろゴリゴリ進む急速施工、支保も覆工も用地費もいらぬ経済施工であり、人間は丈夫な艦体の中での安全施工である。恐らく船尾からのジェット噴射でトンネル壁面は溶融し再固結して堅牢な覆工になるのであろう。と、これはあくまで子どもだましのSFの世界であるが、ここには究極のトンネル施工法が示されている。すなわち、どのような地質条件であつても急速施工、経済的施工、安全施工が可能な施工法こそが夢のトンネル建設である。有史以来、これまでにトンネル技術にかかわる何千万という先達が努力に努力を重ねて目指してきたものは、まさに急速施工、経済的施工、安全施工ではないか？

昔のトンネル、今のトンネル

将来を考える前に過去のトンネルと今のトン

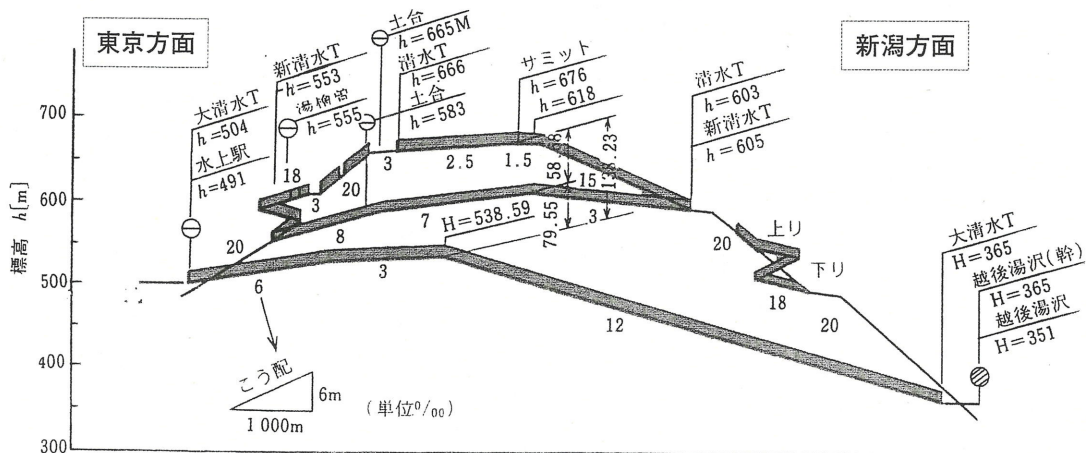


図 清水トンネル3兄弟



写真 リニアモーターカーとトンネル(山梨実験線)

ネルを比較してみよう。過去のトンネル技術、および最新のトンネル技術については、本特集号の別稿に詳しいので参照されたい。1000年前を振り返れば、海外でもわが国でも地下利用に関しては低迷時代であり、記述すべきものもない。2000年前といえば、わが国では弥

生時代の、たとえば登呂遺跡に見られるような竪穴式住居や井戸の掘削がなされた程度で、トンネル技術らしきものはなかったようである。一方海外では水路トンネル(ローマ、フチノ湖水路など)やら洞窟式修道院(トルコ、カッパドキアなど)やら地下共同墓地(ローマ、カタコンベなど)に

トンネル技術の源流が垣間見られる。当時はほとんどが人力作業によっており、覆工は無普請かれんがや石積みによっている。当時の人びとから見れば現代のトンネル技術はどのよう映るであろうか? 弾性波や電磁波を利用した調査技術、コンピュータによる数値解析を用いた設計技術、強力な爆薬や大型機械を駆使した施工技術など、まさに夢のような技術であり想像をはるかに超えるものであろう。同様に、浅学非才なる筆者には、たとえば1000年後といった将来のトンネル技術がどのように発展していくのか、まさに想像もつかない。

清水トンネル3兄弟とその子孫

上州と越後を結ぶ上越路には人の往来を妨げんと谷川岳

が立ちほだかり、これを鉄路で越すために大正期にはループ線で勾配を和らげながら山を登り、最後の山越えのために清水トンネルが掘られている。昭和の高度成長期の輸送力増強の必要性からつくられた新清水トンネルは一部ループ線を解消して清水トンネルよりも深く位置している。さらに新幹線のための大清水トンネルは、車両のモーター性能の向上とトンネル技術の向上から、前記2トンネルよりもはるかに深い位置に直線的につくられ、その結果20kmを超える長大トンネルとなっている(図)。このような深いトンネルは、山を三角形で表したときの底辺に位置するので基底トンネルともいえる。ヨーロッパのアルプス越えのトンネルも急勾配をよじ登るかのような登山鉄道から深部化、長大化が進み同様にbase tunnelなどと呼ばれている。この傾向を飛躍的に(というよりSF的に)発展させると、たとえばアメリカ大陸まで平面的にも縦断的にも直線的なトンネルをつくることができれば、本稿のタイトルにふさわしい、まさに夢のトンネルとなるではないか? このようなトンネルであれば出発後、重力の作用によって列車は加速し、さらに最深部を過ぎて目的地に近づくとき重力の作用によって減速するというきわめてエネルギー効率のよい輸送手段となるのではないか? もちろん強大な地圧や水圧、地熱の克服、超長大トンネル掘削の困難さなどを考えると近い将来に実現すべくもないが、1000年、2000年後となればひょっとして実現できないと誰が言い切れるであろうか?

実現したい夢のトンネル

前項では、実現可能性を評価しがたいような夢のトンネルについて述べたが、本項ではもう少し近い将来に実現できそうな夢のトンネルについて述べたい。

一つ目は日韓トンネルである。これは戦前の大東亜縦貫鉄道構想の一環でもあり、またユーラシア・ドライブウェイ構想に含まれるものでもある。調査坑の施工までなされており、技術的には実現可能ともいわれているが、費用対効果、政治的、宗教的背景など、克服すべき課題は少なくない。しかしながら、数百年来の構想と何回もの工事着手と挫折を繰り返しながらも完成にこぎつけた英仏海峡トンネルのことを考えると、いずれ計画が急加速するときがくるかもしれない。逆に、トンネル技術者としては、日韓トンネル建設が堂々と進められるようなアジアの、あるいは世界の経済情勢や政治情勢が実現しないものかと渴望する次第である。

二つ目は、中央リニア新幹線である。時速500kmの超高速の浮上式鉄道を前提としているため、その線形は従来よりもさらに直線的なものとなり、したがってトンネル区間が多くなることが予想される。アメリカ、ロシアや最近の中国の子どもたちが自国の有人宇宙船打ち上げを誇らしげに語るのを見るにつけ、技術立国を目指すわが国としてはぜひ早期にこの計画を実現していただきたいものである。完成の暁には日本の子どもたちはきっと自国を誇りに思い眼を

輝かせてくれることであろう。なお、超高速走行するがゆえに生じる空気力学的な諸問題を解決するために、断面積を従来よりも大きくする(車両に対する内空断面積の比を大きくする)必要があるほかは特段これまでと異なつたトンネル技術が要求されるわけではない(写真1)。南アルプスルートを採用した場合には、わが国では未経験の大きな土被りとなり、大きな地圧、水圧に遭遇して苦勞なしとはいかないであろうが十分に施工可能といえる。ただし、夢の超特急が走るトンネルである。間違つても維持管理に手間のかかる欠陥トンネルであつては困る。調査、設計、施工にわが国のトンネル技術のすべてをつぎ込み、メンテナンスにまつた手のかからないトンネルを実現してこそ夢のトンネルとなり得よう。

三つ目は、夢というには現実的すぎるかもしれないが、すでに存在するトンネルの耐震強度を十分なものにすることである。地震多発国であるわが国において、いつ何時既設のトンネルを強い地震動が襲うかもしれない。そんなとき、従来言われてきたように地震に強いトンネルであつてほしいものである。地形・地質条件が悪く、構造的に問題があると地震時に被害を受けやすいことがわかつてきた。過去につくられたトンネルは、その時々技術者が苦勞を重ねて完成したものではあるが、現在もそうであるように、完全な無欠陥のトンネルというわけではない。たゆまぬ維持管理の努力を重ね欠陥を取り除いていくことが耐震性の向上につながるはずである。巻厚が足りなかったり、背面に空洞のあるトンネルは順

番に直していききたいものである。夢の実現には努力が必要だ。

私の夢

最後に、トンネル技術に関する筆者の個人的な夢について字数を費やすことをお許しいただきたい。前述したように2000年前、1000年前の人が見れば今のトンネル技術は素晴らしく進歩している。1000年前から見ても同様であろう。しかしながら進歩したはずの個々の技術の自身はどうであろうか? 最新の調査技術をもつてすれば必要な精度で地質構造は把握できるであろうか? 最新の解析技術をもつてすればトンネル周辺地山の挙動は再現でき、支保や補助工法の効果は的確に表現できるであろうか? いったん施工を始めればどのような地山でも順調に掘り進み、供用後にびび割れやら変状に無縁のトンネルがつくれるであろうか? 残念ながらいずれについても答えは否である。おそらく今後しばらくは夢のようなトンネルを夢想するのではなく、きわめて実直に目の前にある数々の調査、設計、施工、計測、維持管理といった未完成の技術の完成度を高めていくべき取り組みが必要であろう。特に、トンネルの設計が本来の設計と呼べるレベルにまで高めたものである。過去の先輩たちが、これまで営々と努力を積み重ねて現在があるように、われわれもコツコツと努力を積み重ねてこそ100年後、1000年後に夢のトンネルが実現することであろう。妄言(まうごん)宥恕(ゆうじょ)あれ。