

最近のトンネル工学界の話題

土木学会トンネル工学委員会

はじめに

トンネル工学分野における最近の動向を広く知っていただく趣旨で、①トンネルの工事や研究における最近の動向、②トンネル工学に関する国際交流の最近の動向、③土木学会トンネル工学委員会の活動の概要、の3項に分けて概要を述べることにした。専門の報告や資料を読まれるうえでの参考になれば幸甚である。

1. トンネルの工事や研究における最近の動向

(1) トンネル関係工事における最近の特色

トンネル関係工事の個々の事業内容や工事の状況については、土木学会誌やその他の技術報告類に報告が寄せられており、また土木学会誌 56-3 に総括されている。したがって個々の詳細についてはそれらに譲って、ここでは、これらの事業全般を見渡しての最近の傾向や特色について数点を列挙したい。

a) 工事量の激増と大型化

学会誌 56 巻3号を見てもわかる通り、トンネル関係の工事量は従前の水準に比べて著しく増加している。またそのトンネル延長も長大なものが多く、工事規模が大きくなっていることは、最近の動向の中で第一に特筆されるべきことであろう。

鉄道トンネルでは、山陽新幹線の建設に伴って、新大阪—岡山間 160 km の 1/3 以上の 57 km が、また岡山—博多間では 393 km の 53% にあたる 218 km がトンネルであって、いっせいに工事中である。この中には新関門トンネル 18.6 km、六甲トンネル 16.2 km をはじめとして、5 km 以上のものは 16 か所もあって、従来のトンネル長さの番付表は近く全く一変されようとしている。在来線の改良および新線の建設に伴うトンネル建設も多いが、青函海底トンネル(延長 53 km)工事の本格化は特記されるべきものである。

道路トンネルにおいても昭和 45 年度施工中の 1 km 以上のトンネルは 25 か所、総延長約 50 km であって、これは道路の既存トンネルの総延長が 546.5 km である

のと比べるとその 10% にも及んでいることになる。

山岳トンネルとしては、さらに農業用水の部門でも盛大であって、国営事業として行なわれたもののみでも 105 か所、総延長 127 km と報告されている。

都市内トンネルとしても、地下高速鉄道の建設は東京・大阪・名古屋・横浜・札幌の5都市において施工中であり、他に計画中の都市が数市に及んでいて、このようなことは全く諸外国にも類のないことである。

b) トンネルボーリングマシンの利用開発

山岳トンネル施工技術の傾向の中で特記に値するものに、トンネルボーリングマシンの利用の増加と、これに伴う技術開発があげられる。

トンネルボーリングマシンがわが国に紹介されたのはすでに古いことであるが、従来の試験期をようやく脱して、今日ようやく実用期に入ったといえよう。

機械としては、最も一般的な回転式(ロビンズ—小松・ヒューズ—三菱・ウォールマイヤー—石川島播磨・ジャパー川崎重工など)のほか、米メムコ社のビッグジョン、ウェストファリヤ社のダックス、フィックス、三井三池のロードヘッダーなど、回転式以外のものを含めて国内での利用が急速に広まってきた。施工箇所と機種の詳細については、他の報告に譲るが、高速化と省力化を進めつつあるトンネル技術界にとって、次々に伝えられる使用実績は相互にはげましとなり、単に使って見たということにとどまらず、トンネルボーリングマシンならではの実効もあがりつつある。

このような大規模機械の導入による工法の革新は、一朝一夕に技術的経済的両面での完成は望めないが、機械とその使用を取巻く多くの利用技術の開発が、各所で精力的に行なわれているので、この種トンネルボーリングマシンの利用の発展は、今後急激に目を見ることができると予測される。

c) 都市トンネル工事技術の多様化

トンネル技術の面で、近年専門以外の人が見ればその急速な進歩に驚かれると思われるものの一つは、都市トンネルの施工技術の進歩であり、遭遇するいろいろな困難を解決するための多様な技術の採用であろう。

シールド工法に関しては事業報告にもある通り非常に多くの施工例が輩出している。そしてシールド本体やセ

グメントの改良も各種試みられ、また悪地質の処理にも多くの新事例が用いられている。断面も大型化が試みられ、とくに近畿日本鉄道の難波線における施工例はその顕著なものである。

カットアンドカバー工法では、悪地質に対処するため、従来の鋼杭にかえて、それ自体が将来の構造の一部をなすような連続地中壁工法や鋼管杭壁工法の採用があげられよう。とくに連続地中壁工法では、掘削機械・掘削方式に各種のものが開発導入され、工事の条件目的によって使い分けられ、工種は花盛りの観を呈しているといっても過言ではない。

これらの工法が、都市内における繁多な条件や過酷な要求下でトンネルを建設するためいかに役立ったかははかり知れぬものがあり、これらの新技術なしの旧技術のみでは、おそらく不可能であったことすらも実現されている。

沈埋トンネルや泥水式シールド技術もこれらの注目すべき新技術の開発の一つであり、今後の広い利用が期待されている。

(2) 基礎的あるいは理論的分野における成果

この分野の一括的所見を述べることは困難なことであるが、各方向にわたる活動が活発に行なわれ、多くの報告も行なわれている。

新しいものといえば、電算機を利用して行なう有限要素法による土圧や変形の解析はトンネル工学の面にも広く進出し、この種の問題の新しい手法として各所で研究応用がされている。地表沈下の数量的予測や覆工の応力解析などに用いられたものなどが報告されている。

また、測定機器とその手法の発達により、トンネル構造物の応力や変形、さらには外力としての土圧の測定が盛んに行なわれ、これまた多くの報告がもたらされている。これらの解析や測定の発達は、従来、経験的かつ定性的の域を出なかったトンネル工学にやがて定量性をもたらし、大きな飛躍を可能とするものであると予想される。

一方、室内実験・現場実験を通じての理論面の進歩にも興味のある事項が多数報告されている。たとえば、新エネルギーによる岩盤の破壊掘削などが、その好例である。この中には高压水流によるもの、極超短波によるもの、火焰ジェットによるものなどが含まれていて、研究の経過は着実な進行を見せていると思われる。

また、長尺水平ボーリングによる地質の先進調査や、吹付けコンクリートやロックボルトによる覆工代用は、実施と実験の両域にわたるものというべきであろうが、最近の研究テーマとして随所でとり上げられているものである。

2. トンネル工学に関する国際交流の最近の動向

(1) 従来国際交流

トンネル工学に関する国際交流は、他の分野に比べ従来とくに活発であったとはいえなかった。とくにわが国がその中で果たした役割は、決して主動的な立場にあったとはいえない。

しかし、外国において不定期に行なわれる国際会議に少数の人がわが国から出席するというような交流は、ダム関係の付帯部門としてのトンネル問題、道路関係会議の一部門としてのトンネル技術といったものを含めて、相当の頻度で行なわれ、岩盤力学に関する交流が先に実例化してからは、これに関するトンネル技術関係の交流もいっそうの増加の傾向を示してきた。

山岳トンネルに加えて、最近、世界各地において都市交通の問題が世界共通の課題となり、都市トンネルや地下利用技術に関する国際会議も行なわれるようになった。また開催地を見ても、自由主義国間に限らず、東欧を含む共產圏内でも行なわれている。このような状況から、昨今では世界各地で年間に数回という国際会議が行なわれるようになってきている。

のちにわがトンネル委員会の活動でも述べるが、昨年9月、トンネルシンポジウムをわが国が主催する初めてのトンネル専門の国際会議として開催した。これはトンネルに関する国際交流として画期的なことといえる。これによって、従来、文献のうで断片的に紹介されていたわが国のトンネル工事ならびにその技術は、直接諸外国に紹介されることとなり、これを契機として諸外国からの来訪者も一段と多くなっているように見受けられる。

(2) OECD の勧告と今後の国際交流

昨年6月、ワシントンにおいて、国際外交機関であるOECD(経済開発協力機構=Organization of Economic Cooperation and Development)が主催する各国政府ベースのトンネル会議が行なわれた。この会議にはわが国から京都大学の村山教授を団長とする31名の代表团が参加した。

会議ならびに会議後のツアーに関しては、すでに土木学会誌55巻10号に東京工業大学の菅原教授によって詳細に報告されている。

この会議の趣旨は、トンネル技術の開発が各国ひいては世界の経済的社会的発展に大きく寄与するものであって、この際各国協力してその促進をはかるべきであるとするとするものである。関係各国が取るべき処置を各国政府に

対し勧告するという形で勧告内容が審議され、議決された。その結果、各国には政府ベースのトンネル技術に関する統一機関を設置し、各国間はこの機関を通じて国際協力機関を組織して技術交流を画期的に増強しようという事になった。

今後、この勧告の線に沿って公的な国際交流が画期的に強化され、各種の行事や人の往来もまた著増するものと考えられる。

この会議を通じて、わが国におけるトンネルの今後の工事量の大きさが世界第2位にあることが紹介され、またトンネル技術の水準の高さについても各国から改めて関心が持たれている。わが国としても、今後この国際会議の場で積極的な役割を果たしたい旨を明らかにして、各国からも大いに賛同を得ているので、期待にそむかぬ主動的活動を継続的に行なう必要がある。

3. 土木学会トンネル工学委員会の活動の概要

(1) 創設から今日まで

トンネル工学委員会が土木学会の中に組織されたのは昭和36年12月のことであった。したがって、ようやく10年の歴史を持つに至ったことになり、当初30人あまりの委員数は、小委員会の増加とともに今日100人を越える大メンバーになっている。

トンネル工学に関する研究は、明治以来その歴史は古く、また土木技術史の中でも伝統的なものであり、研究層も決して薄いものではなかった。しかし、工事や研究の実施機関が多く部門に分れ、また各地に分散した工事現場の実態から経験を集め、あるいは研究を全体的に推し進めるというやり方は、なされていなかった。

トンネル工学のような技術の発展のためには、このような自然発生的研究体制を改めて、強力な協同研究体制を構成しなければならないというのが、本委員会創設の趣旨であったのである。

設立以来、道路関係・鉄道関係・発電水力・農業用水・地下鉄道などの分野の、発注者・建設業者・研究者など、広い分野の人々が集まって、まず国内研究体制の一本化と、全体の統一をはかる方針で、トンネル工事標準示方書の作成を企画、昭和39年8月その第一版が完成した。その後その不完全さを補って、昭和44年11月改訂版が完成し現在に至っている。この中では山岳トンネルにおける調査・土圧・設計施工にわたって、今日各界共通事項が審議を重ねてまとめられている。

都市トンネル部門では、シールド小委員会を中心に、シールド施工指針や施工例集の審議と出版が行なわれた。

また委員会研究の成果を広く一般化するため、毎年秋、

トンネル工学に関するシンポジウムを行なって、各回とも600~800人の参加を得てきた。そして昭和45年度第6回シンポジウムは、国内研究体制の一段階という機会にあわせて国際会議とし、諸外国からリポーターと一般参加者の参加を求めたところ、総数58人の外国トンネル技術者の参加が得られ、わが国トンネル技術を直接海外に知ってもらい、また今後の国際交流の礎を作る、またとない機会が得られ、盛会裏に無事完了することができた。

(2) 当委員会今後の活動の目標

委員会設立の当初第一段階の目標とした国内トンネル技術研究推進体制の確立という点は、前述の通りこの10年間の活動をもっておおむね目的を達した。今後は統一期を脱し、第2期活動に移ることとならねばならない。

この活動の内容については現在運営小委員会を中心として立案中であり、近日中に新研究メンバーとともに発足の予定である。今後の活動は、この委員会自身がみずから研究推進の中心になって、世上の研究成果を委員会の机上で取りまとめるに終るのではなく、新しく企画し現場での研究や実施に移し、その結果を集積して、開拓的開発を組織的に進める方針である。トンネル工学のような特性を持つ分野が、今後世上のトンネル技術の進歩に期待するものにこたえようとすれば、わが委員会が上述のような責を果たすべきであろう。

これらの活動は、トンネルに関する全分野にわたるものとしたい。すなわち、調査技術・土圧理論や設計理論などの基礎的理論的部門、施工、とくにトンネルボーリングマシンを初めとする新施工技術部門、シールド・沈埋トンネルなどの都市トンネル部門を、関連分野の専門家を含めて研究を進めたい。またトンネルに関する社会の要請がいかなるもので、いかにすればこれにこたえうるかといった、従来の純技術を横に眺める立場の研究も範囲に入れたい考えであり、高速化やコスト・ダウン、あるいは無公害化などが研究テーマの例としてあげられている。また一面、研究の成果を広く伝達して、今日の実施面の向上に直接役立たせることも重要な活動の一部であるので、引続いてシンポジウムの開催や図書編集などを行なうこととしたい。

さらに、2.で述べた国際交流の組織化に伴って、その実務を担当するものとして本委員会以外には考えられない。したがって、トンネル技術国際交流の国内事務局の役割も進んで負うこととしている。

以上のような活動を行なう構想であるので、学会員の方々の広い参加やご意見を寄せられること、あるいは各種の面でご協力やご叱正を賜わることを切にお願いする次第である。

(委員長 藤井松太郎)