

## 1. 鉄道トンネル

### (1) 国鉄現在線

国鉄では昭和 43 年 10 月の白紙ダイヤ改正までで約 1 300 km の複線開業を行なったが、これに伴い使用開始されたトンネルは単線 168 ヲ所・約 140 km、複線 43 ヲ所・約 45 km であった。また、44 年 1 月現在で施工中のものは、単線 22 ヲ所・約 12 km、複線 21 ヲ所・約 40 km であり、この主なものについて述べると次のとおりである。

#### a) 頸城トンネル

北陸本線 糸魚川～直江津間線増工事に伴ってさる 40 年 12 月から施工されている頸城トンネル(延長 11.355 km)ほか 5 ヲ所のトンネル(図一1)(総延長 23.426 km、いずれも複線直流電化断面)は、44 年 10 月使用開始を目途に工事を進めており、これが完成すると北陸本線 米原～直江津間 357 km が複線電化されることになる。頸城トンネルの一部区間では、掘削後約 15 日で 80～100 cm の盤ぶくれを生ずる等の膨張性泥岩のため、上半先進ベンチカット全断面閉合法(図二)により突破した。また、同トンネルには新清水トンネル内の土合

駅に次ぐわが国 2 番目の地下駅(筒石駅)が設置される。

木ノ浦トンネル(延長 1.570 km)では小松ロビンス式トンネル掘進機(TM 230 G 型・掘削径 2.3 m)により 887 m 間の導坑掘削を行ない、月進 362 m の結果をえた。

#### b) 神居トンネル

函館本線 滝川～旭川間線増に伴って 40 年 8 月から着工されている神居トンネル(延長 4.540 km)ほか 4 ヲ所のトンネル(いずれも複線交流電化断面、総延長 8.965 km)は神居古潭構造帯を貫ぬいて施工されているが、44 年 10 月には使用開始の予定である。この地域には延長の約半分に玉石混りの滑石質蛇紋岩が分布しており、55 t/m<sup>2</sup> 前後の地圧が作用したため、側壁導坑先進工法、特殊逆巻工法等により施工された。

### (2) 山陽新幹線

山陽新幹線(新大阪～岡山間・165 km)のトンネルは 32 本、延長 57 km に達し、昭和 42 年 3 月帆坂トンネル(延長 7.575 km)を着工して以来、昭和 44 年 1 月現在 38 切羽より作業を進め、すでに導坑約 30 km、上半約 15 km を掘削している。主要なトンネル、延長、地質、掘削工法を示すと表一のとおりである。

トンネルの地質からみると、六甲山付近の花崗岩と姫路以西の凝灰岩類に大別できる。六甲山付近にみられる花崗岩は節理も多く、深層風化の程度も著しく、しかも数箇所の大断層と交差しているため、花崗岩特有の真砂と湧水の突破に苦勞しなければならない。これに対して、姫路以西の凝灰岩類は節理も少なく、湧水量も少ないので掘削に好適である。

山陽新幹線トンネルの特記すべき事項は次のとおりである。

#### a) 六甲トンネル花崗岩破碎帯の突破

斜坑 5 ヲ所、開削部立坑 1 ヲ所の 7 工区に分割施工している六甲トンネルのうち、鶴甲斜坑(延長 453 m)は大きな断層と斜交しており、43 年 1 月 275 m 地点で突

図一1 北陸本線 糸魚川～直江津間線路平面図

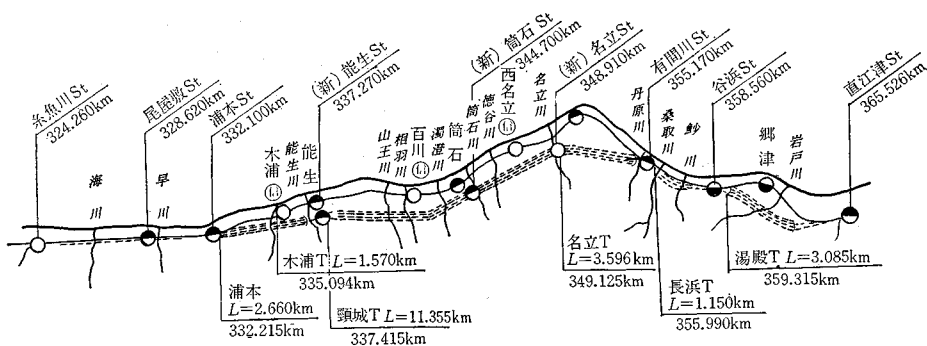


図-2 頸城トンネル膨圧区間の上半先進ベンチカット工法

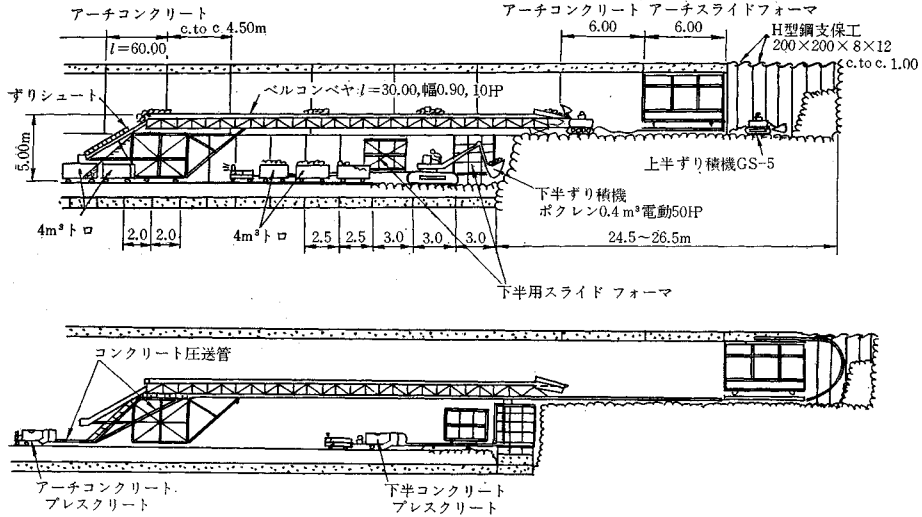


表-1 山陽新幹線(新大阪~岡山間)の主なトンネル

トンネル名	延長 (m)	地質	岩分類			掘削工法	上平均半進 (m)	導坑平均 月進 (m)	支保工方式
			土・岩 I~II	岩 III	岩 IV~V				
六甲	16220	花崗岩	42.9	24.9	32.2	底設導坑先進上部半断面 およびサイロット	95	145	H鋼支保工
神戸	7960	花崗岩	11.2	30.4	58.4	底設導坑先進上部半断面	107	166	H鋼支保工
帆坂	7580	凝灰質 凝灰岩	3.8	6.3	89.9	底設導坑先進上部半断面	103	222	H鋼支保工・ ルーフボルト
相生	3990	凝灰質 凝灰岩	9.2	9.3	81.5	底設導坑先進上部半断面 および木の子型	木の子型 143		H鋼支保工・ ルーフボルト
高塚山	3260	洪泥積 岩・砂	93.6	6.4	0	底設導坑先進上部半断面 および全断面シールド	全断面 250(想定)		リップアンド ラッキング
赤穂	2150	凝灰質 凝灰岩	8.2	2.8	89.0	底設導坑先進上部半断面 および全断面シールド	126	247	H鋼支保工・ ルーフボルト
西庄	1010	凝灰質 凝灰岩	15.4	13.1	71.5	底設導坑先進上部半断面 (導坑はT.B.M.)	—	300 (想定)	ルーフボルト

発的な大出水(土砂を含む湧水量 4t/min, 水圧約 10 kg/cm<sup>2</sup>)に遭遇し, 調査坑(5本), 水抜ボーリング(10本), モルタル注入(約 200 m<sup>3</sup>), 薬液注入(280 000 l)等の施工により無事突破した。また, 芦屋斜坑(延長 642 m)においても 43 年 3 月, 330 m 地点で鶴甲斜坑と同じように大出水(湧水量 3t/min, 土砂 200 m<sup>3</sup>, 水圧約 20 kg/cm<sup>2</sup>)に遭遇し, 調査坑 12 本, 水抜ボーリング 3 本, モルタル注入 63 m<sup>3</sup>, 薬液注入 600 000 l により突破した。

b) 帆坂, 相生, 赤穂等の凝灰岩地帯の掘削

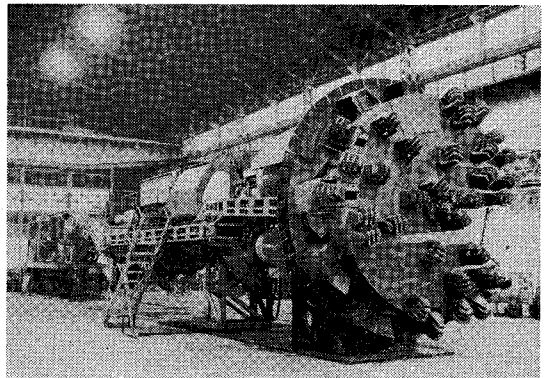
ここでは, 複線鉄道トンネルの標準工法とされている底設導坑先進上部半断面工法を採用しているが, 地質の良好な箇所では「木の子型工法」を併用し, スムースブラッシング等が試行されており, またルーフボルトも大規模に施工されている。

c) 機械化掘削

トンネル掘削の技術開発の面から姫路市内の西庄トンネルで国鉄貸与の硬岩地質に適するトンネルボーリングマシン(写真-1, 径 4.5 m, 導坑用, 三菱重工業製

RT-45 型)を1月から, また神戸市内の高塚山トンネルでは土砂~軟岩の地質に適するもので, 最近アメリカ合衆国メムコ社で開発されバケット式掘削機のボーリングプレートとを装備しシールドを組合せた全断面(図-3, 4)トンネル掘削機「ビッグジョン」をこの3月から使用することになり, その成果が大いに期待される。

写真-1 トンネルボーリングマシン  
(三菱重工業, 径 4.5 m, RT-45 型)



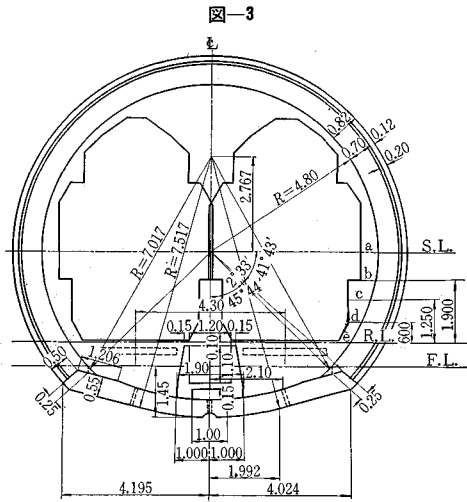
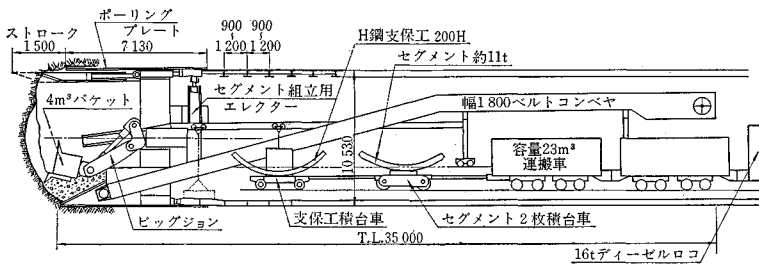


図-4 ビッグジョンによる掘削工法



### (3) 鉄道建設公団関係トンネル

現在、日本鉄道建設公団が施工しているトンネルは、119カ所、その総延長は約133kmである、このうち4km以上の長大トンネルは、只見中線、六十里越トンネル6.350kmをはじめ、10カ所である。そのほか青函トンネルは、延長36kmの海底トンネルで、調査工事を施工している。本文では、特殊な施工法を用いているトンネルについて、現況を報告する。

青函トンネルは、北海道方吉岡、青森県方竜飛において、公団の直轄工事として調査坑の掘削を進めている。吉岡方は斜坑1.210kmの掘削を終了、現在坑底設備の大半を終り、水平坑はトンネル掘進機（ハベーターTBM736型）により530m掘進している。竜飛方斜坑は、全長1.335kmのうち、1.175kmに達した。この間、坑内においては、岩盤試験、コンクリート吹付試験、先進ボーリング、止水注入、トンネル推進機等の諸調査をあわせ行ない、調査法ならびに施工法の開発研究に努めている。特に竜飛方斜坑900m付近において、昭和42年末より毎分1.5tの湧水をみたが、各種の注入工法により止水に成功している。

羽田トンネルは、東京外環状線の一部をなす京葉線の

うち、塩浜～大井埠頭間を結ぶもので、多摩川、東京国際空港、森ヶ崎運河、京浜3区、京浜運河の地下ならびに水底トンネルが連続している。

この困難な工事の施工に当って、昭和42年2月、日本鉄道建設公団本社に京葉線水底線路技術調査委員会を設置し、部内外の学識経験者を委員に委嘱して、水底線路の建設に関し調査審議を続けているが、多摩川水底トンネルは、沈埋函工法、東京国際空港付近はシールド工法により施工することに決定し、昭和42年12月工事に着手した。現在、長さ80m、中柱を有する小判型断面の沈埋函（1基当り総重量8500t）6基のうち、6号沈埋函の鋼製シェルを現場の仮ドックにえい航、躯体コンクリートを打設し、近く沈設する予定である（写真-2）。東京国際空港付近は、シールド推進の基地となる立坑の建設を進めている。

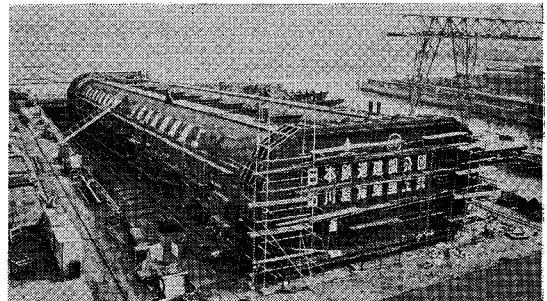
紅葉山線、新登川トンネルは、中間2kmにわたり蛇紋岩地帯を通過する。蛇紋岩トンネル掘削は、過去にいくつかの例があるが、いずれも難工事であったので、本トンネル工事に先立ち、現場付近の蛇紋岩地帯に長さ200m、最大かぶり100mの試験坑を設け、支保工応力測定、地山変位測定、岩盤試験、掘削、覆工、

吹付コンクリート等の施工試験を行なった。これらの結果と過去の経験に基づき、本トンネルは、円形断面を2段ベンチカット工法により掘削して、切羽までコンクリート吹付を行ないながら、掘進する工法をとっている。吹付コンクリートの厚さは20cmとし、さらに内側に厚さ30～40cmのコンクリート覆工をする。

### (4) 民鉄のトンネル

現在工事中の民鉄のトンネルとしては、西武鉄道秩父線の15カ所・7630mと近畿日本鉄道鳥羽線の3カ所・425m、立山黒部貫光の700mなどがある。西武秩

写真-2 造船所船台上で完成したNo.6沈埋函  
(京葉線)



父線 15 ヶ所のうち最長のものは正丸トンネルで延長は 4796 m あり、近畿日本奈良線生駒トンネルを抜いて私鉄では最長のものである。なお、このトンネルは単線であるが、列車行違いのため一部 (489 m) を複線としているのもまれな例である。立山黒部貫光のものはケーブルカー用であり、したがって、急勾配トンネルであるのが特徴である。そのほか、立山黒部貫光ではこのケーブルカーに接続してロープウェイ、および自動車道を工事中であり、この部分に自動車道用トンネルがある。

地下鉄トンネルの掘削については、近畿日本鉄道が難波線で初めて複線機械化シールドを取り入れ工事中であることは特筆すべきであろう。

## 2. 道路トンネル

### (1) わが国の道路トンネルの現況

#### a) 道路トンネルの現況

わが国の地勢上の特性からトンネルが非常に多く、特に上級道路ほど構造規準の制約と同時に網の形成上非常にトンネルの率が多くなっており、今後高速自動車国道の進捗および一般国道、特に元二級国道の整備が進むにつれ長大トンネルが増大する傾向となる。また、戦前においては 1000 m を越す道路トンネルはなく、ただ関門トンネルが工事中であった。戦後になり三国トンネル、鳥居トンネルが昭和 28 年に着工になり、それ以来道路整備に伴い高速自動車国道では 4 ヶ所、一般国道では 19 ヶ所、一般有料道路では 8 ヶ所になり、計画中および工事中の長大トンネルは非常に多い (表-2, 3 参照)。

#### b) 43 年度完成および工事中のトンネル

高速自動車国道の完成分 (43 年度完成を見込む) は表-4 に示すとおりである。同じく一般国道分を表-5 に、補助をもって完成した分を表-6 に示す。

表-2

区 分	実延長 L (km)	トンネル		L <sub>T</sub> /L (%)	改良率
		箇所数	延長 L <sub>T</sub> (km)		
高速自動車国道	628.8	31	17.6	2.82	100
一般国道	27694.8	887	171.6	0.62	76.6
都道府県道	122590.6	1556	172.9	0.14	35.2
市町村道	846343.8	1403	98.3	0.01	12.0
計	997258.0	3877	460.4	0.05	

注: ① 高速自動車国道以外、1968 年版・道路統計年報による。

② 高速自動車国道は、東名、中央道富士吉田線を含む。

表-3 元一級国道の整備率とトンネル完成箇所数

年	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
箇所数	11	8	9	23	22	47	48	32	27	21	32
改良率	52.7	57.6	62.8	66.6	67.2	71.7	76.4	84.3	88.7	91.4	95.2
舗装率	38.8	44.8	49.7	55.0	55.6	63.5	69.7	77.2	85.9	89.9	92.9

### e) 地方道

昭和 43 年、500 m 以下のトンネルは 7 ヶ所完成し、500 m 以上は 11 ヶ所、500 m 以下が 21 ヶ所工事中である。幅員は 5.5 m である。

### (2) 道路トンネルの傾向

鋼製支保工が昭和 36 年から急速に普及し、一部の地方を除いて完全に実施されており、これに伴って作業空間の確保が可能になったため、大型の機械が導入される

表-4

国道名	トンネル名	箇所名	延長 (m)	車道幅員 (m)	総幅員 (m)
東 名	蒲 原	静岡県蒲原町	上り 703 714	7.2	8.7
東 名	興 津	蒲原町市	505 521	7.2	8.7
	清 見 寺	清水市	780 785	7.2	8.7
	日 本 坂	清水市市	1500 1000	7.2	8.7
	宇 利	静岡県愛知県境	2180	7.2	8.7
中 央	小 仏 第 1	神奈川県高尾町	1619	7.2	8.7
	花 咲	大月市市	702	7.2	8.7

ほか 15 ヶ所 (500 m 以下)

<工事中のもの>

東 名	都 夫 良 第 1	神奈川県山北町	上り 1662 下り 1690	7.2	8.7
中 央	恵 那	伊中津川市市	8500	7.0	8.5

表-5

国道名	トンネル名	箇所名	延長 (m)	車道幅員 (m)	総幅員 (m)
	中 山	北海道厚沢部町	580	7.0	8.4
45 号	唐 桑	気仙沼市唐桑町	830	6.5	7.0
45 号	石 塚	釜石市	1349	7.0	8.6
45 号	鳥 谷 坂	釜石市市	1348	7.0	8.6
48 号	関 山	宮城県東根市	890	6.5	7.0
53 号	奈 義	岡山県奈義町	610	6.5	8.25
181 号	四 十 曲	岡山・鳥取県境	1860	5.5	7.5

ほか 26 ヶ所 (500 m 以下)

<工事中のもの>

229 号	第 2 白 糸	北海道島牧村	576	6.0	9.0
229 号	須 築	北海道須築町	590	6.0	7.0
230 号	定 山 溪	北海道札幌市	1085	6.5	8.45
231 号	滝 の 沢	北海道厚田村	588	6.0	8.95
231 号	大 島 内	北海道厚田村	880	6.0	8.95
13 号	信 夫 山	福島市	700	7.0	7.5
45 号	銀 台	三陸町・釜石市	2310	7.0	8.6
45 号	女遊戸第 3	宮古市市	550	7.0	8.0
45 号	佐 賀 部	岩手県田老町	610	7.0	8.0
49 号	車	福島県西会津町	925	6.5	8.0
113 号	横 根 山	山形県小国町	700	6.0	6.5
19 号	福 島	長野県木曾福島町	528	6.5	
8 号	賤 ケ 岳	滋賀県木之本町	820	6.5	8.0
53 号	黒 尾 第 1	鳥取~岡山県境	843	7.5	8.25
53 号	智 頭	鳥取県智頭町	780	7.5	8.25
56 号	焼 坂	高知県須崎市	966	6.0	8.0
56 号	法 華 津	愛媛県宇和町	1320	6.0	8.0
56 号	内 海	愛媛県内海町	840	6.0	8.0
56 号	坂 鳥	愛媛県宇和町	1110	6.0	8.0
56 号	犬 寄	愛媛県双海町	738	6.0	8.0

ほか 40 ヶ所 (500 m 以下)

表-6

道名	トンネル名	箇所名	延長(m)	車道幅(m)
158号	奈川渡	長野県安曇村	974	6.0
158号	親子滝	長野県安曇村	1260	5.5
158号	前川渡	長野県安曇村	623	5.5
158号	木賊	長野県安曇村	726	6.0
135号	新網代	熱海市	526	6.5
170号	紀見	橋本市・河内長野市	1453	6.5
ほか6ヵ所 (500m以下)				
<工事中のもの>				
128号	小湊第3	和歌山県勝浦市	534	6.5
178号	栗田	宮津市	588	6.0
197号	夜昼	八幡浜市~大洲市	2141	6.5
ほか8ヵ所 (500m以下)				

こととなり、軌道式の土運車による運搬方式は逐次タイヤ方式に変わり、建設省直轄工事において、500m以下ではタイヤ式が70~80%を占めるようになった。

そして、掘削方法は地質の良好な場合は上部半断面方式が最も多く、長大トンネルなど、および地質が不良の場合は底設導坑先進半断面、地質が悪い場合は側壁導坑型等が定形化してきた。しかし、個々の偶発的な問題処理については、よりいっそうの検討の必要性が認められる。

覆工も300mを越えるものについてはスライディングホームが常識化し、鉄筋コンクリート覆工も一部に使用され始めた。

換気については、先に名神高速道路に天王山、梶原トンネルにて中央制御室による換気方式をとったが、一般国道においても、43年度は交通量の多くかつ通行者の多い長大トンネル換気装置がつけられた。13号の栗子トンネル、48号の関山トンネル、25号の関トンネルには半横流式が、8号のくりからトンネル、5号線張碓トンネルにはジェットファンによる換気設備が設けられた。また、3号線の佐敷トンネルには立坑による横流式が計画され、立坑掘削機により施工中である。

特に関山トンネルには電子計算機を導入し、自動制御を行なっている。

今後換気設備がより多く要求される時代となるが、既設トンネルではジェットファンによるものが増えると思われる。しかしながら、今後長大トンネルが増大する傾向にあり、換気断面が大きくなるばかりか、歩行者自身の安全のためにも歩行者に制限を加える方向となる。また、昭和42年3月の国道1号線の鈴鹿トンネル内で火災が発生してから、建設省は非常用施設の設置基準を定め、道路管理者に指示した。

### (3) 特別なトンネルの概要

#### a) 恵那トンネル

中央高速自動車国道の岐阜県恵那市と長野県を結ぶ全長8.5km(世界第2位)の恵那トンネルが昭和41年着工になり、本トンネルに先立って地質調査および換気

坑として補助トンネルをトンネル掘削機をもって施工中である。中央アルプスを抜くため、断層も多く破砕帯も数100mと予想され、湧水の対策が問題となる。換気については、種々検討中である。昭和49年3月完成予定で、総事業費約125億円、設計速度80km/h、車道幅員3.5m×2、総幅員8.5mである。

#### b) 沈埋トンネル

沈埋トンネルとして安治川の海底トンネル、羽田海底トンネルがあるが、東京湾岸道路として大井埠頭から江東区13号地を結ぶ6車線1480mの沈埋トンネルが計画されている。工法はドライドックによって、100m前後の沈埋エレメントを製作し、設置部分をしゅんせつし基礎杭を打設、エレメントを曳航し沈設する。エレメントを仮接合し、砂を底部に吹きこみ填充し、エレメントを連結する。連結後戻しを行ない、内装する計画である。沈埋式は浮力とバランスをとる工法であり、慎重な施工が必要となり、連結および防水等より検討する必要があり、また設計に当たっても、地震の処理等まだ未解決の問題もあるが、この成果は今後の港湾部の道路計画に大きな影響を与えるものである。

### (4) 掘削機械

トンネル工法は削孔装薬爆破、換気、ずり積込、浮き石落し、あたり取り、支保工建込み、となるが、これは火薬工法によるために時間の損失が大きく、地山をいためることが多い。これを解消し、施工速度を上げ、安全性を高め、労務の合理化を行なう目的でトンネル掘削機が考案された。日本鉄道建設公団はパイプ型の Cutter を用いるウォールマイヤー型をもって青函トンネルに、建設省は歯車型の歯を押しつけるヒューズ型を三菱重工(株)に製作させ松島の歩道用トンネルに、道路公団はそろばん型の刃を押しつける小松ロビンス型を恵那山トンネルに使用している。いずれも径が3.00mのものである。

建設省で採用し松島で実施した結果は岩質が凝灰岩であるためきわめて順調であるが、44年度は岩質複雑なるトンネルに使用する予定である。恵那トンネルの実施例も200mほど掘削が進んでいる。

今後、これらの使用結果を検討し、その結果改善されるであろう大型の全断面掘削機の時代に入るものと思われる。また、立坑掘削機を建設省が試作し、佐敷トンネルの立坑に使用中である。これが成功すると、既設トンネルの換気設備をつくるのに安全で、かつ低廉に設置することが可能となる。

今後、トンネル工法は長大トンネルの増大、地下鉄工事の進歩、海底トンネルの発達等に加えて、労務者の不足も考えられるので、建設技術は機械化の方向に進んで行くであろうと推察される。

<特集・終>