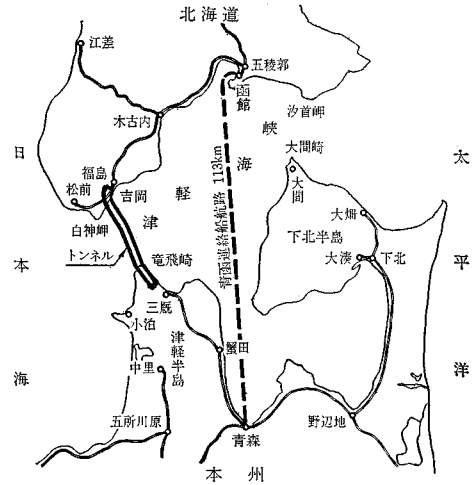


青函トンネル調査工事中間報告

浜 建 介

図-1 青函トンネル位置図



本州～北海道の間に横たわる津軽海峡は、その東口（大間崎～汐首岬）および西口（竜飛崎～白神岬）でその幅はともに約 21 km である。海峡には、水深 250～300 m の深い海谷が東西に走り、西口付近のみに水深 140 m の浅帯部を残している。また、東口付近には、南北に走る那須火山帯（洞爺～昭和新山～恐山～八甲田山～蔵王～磐梯山～那須）の中軸が位置して、地質はかなり乱されている。これらから、本州～北海道を結ぶルートとして、東口を通る案は上野～札幌間で約 60 km 距離が短縮されるが、西口案の方が、水深も浅くてトンネル延長が短く、かつ地質も安定しているので総合的に有利と考えられる。国鉄においても西口ルートに主体をおいた調査を実施してきたが、昭和 39 年 3 月、国鉄から新線建設部門が分離して、日本鉄道建設公団が設立され、この青函トンネルも公団の手で実施されることとなり、函館に青函トンネル調査事務所がおかれている。

青函トンネルは、本州側では青森から分岐している現在の津軽線の終点の三厩より、約 2 km 北でトンネルに入り、北海道側、松前線の渡島福島駅の西に出る延長 36.4 km のトンネルである。このうち、海底部分は約 22 km である。現在のところ、こう配は、東北本線、奥羽本線、函館本線等の改良等を勘案し、同一編成列車を同一機関車重連による運転を考慮して 20% としている。また、最小曲

図-2 海底地形図

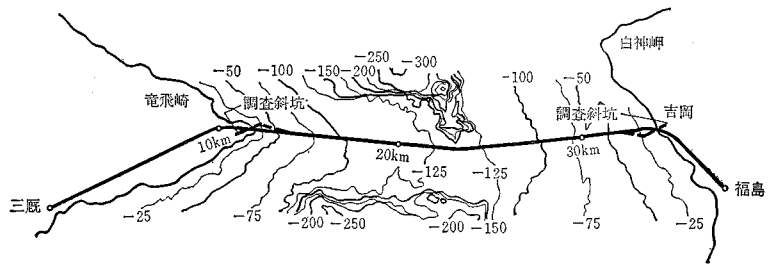
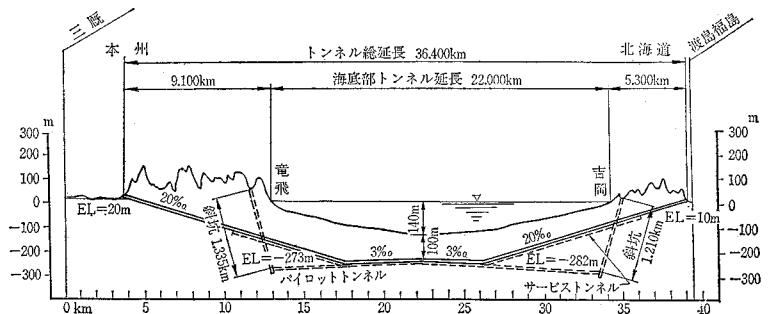


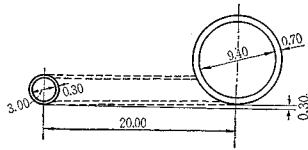
図-3 青函トンネル縦断面図



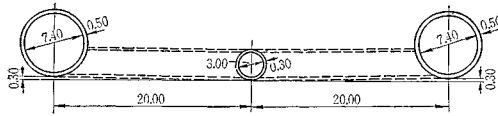
* 正会員 日本鉄道建設公団青函トンネル調査事務所長

図-4 本坑および調査坑計画

(1) 複線



(2) 単線



線半径は 2500 m としている。これらの点は、今後の運転、車両、トンネル内の列車の風圧抵抗、新幹線との関連等をさらに詳細に検討する必要があると考えられる。

工事は、重要問題である海底部分から着手するため、本州側は竜飛、北海道側は吉岡より、それぞれ延長 1335 m、1210 m の斜坑を下し、両側からパイロット トンネルを掘削する。このパイロット トンネルは、先進調査坑および水抜坑の役割と、中央部の本トンネルと平行する部分では、本トンネルに対する先行止水注入坑として利用し、完成後は両側の斜坑坑底のポンプ座から排水する排水坑として利用する。両側の斜坑の中間で、本トンネルの位置ぞいにサービス トンネルを掘削し、先進調査坑および本トンネルに対する先行止水注入坑としての役割を果たす。これらパイロット トンネルあるいはサービス トンネルと、本トンネルとの関係は 図-4 に示すとおりで、これら調査坑で予知された湧水箇所、地質不良箇所に対する注入を本トンネル予定位置の外周に実施して、本トンネル掘削を高効率化しようと考えている。

青函トンネルが完成すると、現在青森～函館間の連絡船・113 km が、津軽線、松前線を含めて、青森～函館間約 170 km になる。これらは全線複線化され、交流電化方式で運転される。トンネル区間も当然複線になるが、トンネル断面が、複線 1 本にするか、単線 2 本にするかは、さきのこう配、曲線半径等の問題とともに、今後の調査の結果と、完成後の保守作業等との関連から、慎重に検討して決定される。

2. 調査の重点

青函トンネルにおける、過去のトンネルと比べて特異な点につき以下に述べる。

(1) 海底下を掘削する

もちろん陸上のトンネルもほとんどが地下水位以下を

掘削するので、場合によると水圧等は高いこともあるが、貯溜水が有限で水圧の低下、水量の減少、あるいは水抜坑の設置等の対策等も考えられるが、海底の場合は無限大の水に対して、流路の拡大による水量の増大こそ考慮されるが、湧水を止める以外の対策はない（少量であれば別だが）。したがって、湧水処理が最大の問題点で、そのためには、まず、湧水の位置、水量、水圧、水質、その付近の地質等について正確な予知が必要である。前方予知には各種の方法があるが、湧水に対するいくつかの正確なコメントを得るには、先進ボーリングが最も確実な方法である。

先進ボーリングによって予知された湧水位置の手前で、地質に応じた適正なバルクヘッドを残して坑の掘削を止め、予知された湧水圧、量、地質に応じて、注入材、その配合、注入孔配置を定めて所要の注入を実施し、最後にチェック孔注水による効果を確認して注入を終る。という作業のくり返しが、最も着実な方法である。これらの効果を最大に、作業所要時間を最小にすることが調査の最重要点である。

(2) トンネルが長大である

これも陸上部では斜坑、立坑等による工区分割が可能であるが、海底部 22 km については、両側から進める以外にないという意味で長大である。長大トンネルを克服するには最も簡明なのは時間であるが、現在のトンネル工法では青函の地質だと、月進 150 m 程度が計画の限度と考えられる。現在工法の、削岩～爆破～支保～ずり出しのサイクルをそれぞれの技術開発によって縮めるにしても、これら作業がシリーズで行なわれる限りは限界がある。したがって、削岩以下の作業の一部あるいは全部を並行作業で行なうことが最も時間短縮の捷徑である。トンネル掘進機はかような意味で（ほかにメリットもあるが）本質的にはこれら作業を並行させることができるという性能を持っている。そしてコンクリート吹付による支保は、さらに作業を促進することになる。機械掘削の欠点は、またその長所である並行作業である。というのは、どの機能の一部が故障しても全体の作業が停止することになる。したがって、機械の良好な保守整備、さらにはより丈夫な機械が、最も望ましい点である。さらに、機械に接続する、運搬、配電、給水（冷却系統）部品貯蔵等についての正確な計画が必要である。

以上、二つの特異点を、先進ボーリング、注入（止水工法）、機械掘削（高速掘削）、コンクリート吹付等の工法の組合せでいかに克服しうかが調査の最大の問題点であり重点指向である。これらの技術開発には、個々の問題は数多く存在するが、これらを各個に解決し、有効

図-5 青函トンネル地質縦断面図

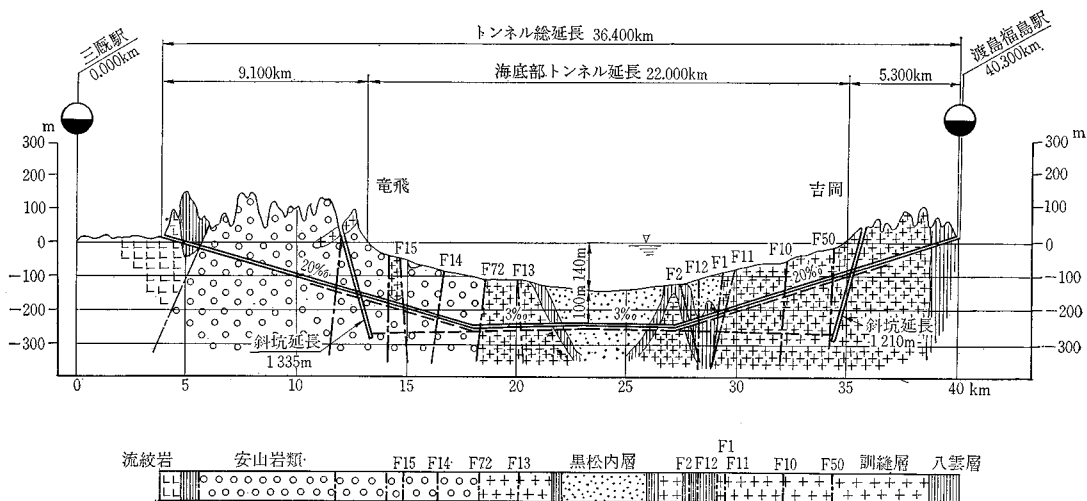


表-1 斜坑岩石の諸性質

岩石名	圧縮強度 (kg/cm ²) (最低~最高)	引張強度 (kg/cm ²) (最低~最高)	比重 (湿)	吸水率 (%)	弾性波速度 (湿) (m/sec)	動弾性係数 (湿) (kg/cm ²) × 10 ⁴	
本 州 方	砂質凝灰岩	263 (109~335)	28 (14~40)	2.08	13.0	2880	18.6
	火山礫凝灰岩	167 (63.7~293)	22 (9~35)	2.17	12.5	3035	20.7
	火山角礫岩	286 (12.3~755)	39 (2~90)	2.36	5.9	3935	40.8
	安山岩	964 (547~1400)	111 (91~131)	2.72	0.7	5495	84.6
	玄武岩	572 (299~935)	84 (8~146)	2.66	1.7	5030	69.7
北 海 道 方	凝灰岩	219 (90~287)	22 (11~31)	2.19	13.8	2850	18.2
	シルト岩	474 (196~1066)	33 (17~126)	2.18	10.1	3050	20.7
	砂質凝灰岩	298 (182~552)	30 (14~50)	2.23	6.1	3010	20.6
	火山礫凝灰岩	185 (116~288)	12 (10~20)	2.24	11.4	2830	18.3

な組合せによる工法を採用し、本トンネル建設の計画策定にあたり十分な基礎を持つ必要がある。

3. 調査工事の現況

青函トンネルの地質は図-5の縦断のように本州方には比較的多くの火山岩類が分布し、北海道方は訓縫層と呼ばれる、凝灰岩シルト岩(新第三紀)主体の岩石が多く、中央部には黒松内層と呼ばれる比較的軟い地層が分布している。これらを、過去の海上調査で推定される断層がいくつか、F₁、F₂を最大以下10本程度存在している。これら断層周辺には当然、岩盤のれっかも多く、湧水が考えられ、さらに本州方の火山岩類での湧水も多量と考えられる。また中央部の黒松内層は比較的軟いので、湧水時の侵食が問題である。このほか、地熱、温泉、天然ガス等についてもその可能性がある。これらの問題

を、調査坑掘削時に(先進ボーリングを含めて)逐次解決して行かねばならない。

(1) 掘削

北海道方吉岡では、斜坑1210mを、昭和39年5月に直轄工事で着手し、本年2月掘削を終了した。その数量その他総括表は、表-2のようである。斜坑の地質は訓縫層の凝灰岩、シルト岩で、表-1のような強度である。掘削は、レッグドリルで組立て足場によって全断面掘削で行なった。所要火薬量からいうと、多少通常の第3紀の岩石では軟い方に属する。支保は前半は鋼製支保工で、後半はコンクリート吹付工の習熟にとまって、ほとんど全部を吹付のみで行ない、異型断面の箇所のみを鋼製支保工で補強した。横坑は、先進ボーリング、ポンプ座、トランス座の諸横坑を適当な間隔に掘削し、現在は坑底設備の掘削中である。坑底設備の掘削は

表-2 斜 坑 総 括 表

	吉岡 昭和 39 年度	吉岡 昭和 40 年度	吉岡 昭和 41 年度	吉岡 斜坑合計	電飛 昭和41年3月 ~昭和42年6月	備 考
掘削進行 (m)	373.5	235.1	589.1	1197.7	713	坑口より誘食 吉岡 12m 電飛 51m
掘削数量 (斜坑・m ³)	8556	5371	13752	27679	20217	
掘削数量 (横坑・m ³)	869	1168	1619	3656	1717	
平均月進 (m)	34.0	19.6	53.6	35.2	44.6	最大月進 吉岡 108.9(昭和41年11月) 電飛 79 (昭和41年7月)
火薬使用量 (kg)	5417	3099	8610	17126	14818	
火薬使用量 (kg/m ³)	0.633	0.577	0.626	0.619	0.733	
吹付数量 (斜坑・m ³)	0	1070	1146	2216	1459	
吹付数量 (横坑・m ³)	78	369	408	855	105	
支保工区間 (m)	373.5	235.1	103.6	712.2	542	支保工 吉岡 (125H 555基 150H 55基 電飛 125H 324基)
吹付区間 (m)	0	0	485.5	485.5	290	
注入所要日数 (日)	47	243	42	332	173	

図-6 吉岡側調査坑

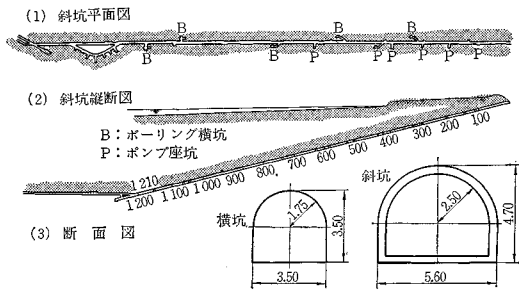


図-7 吉岡側坑底設備図

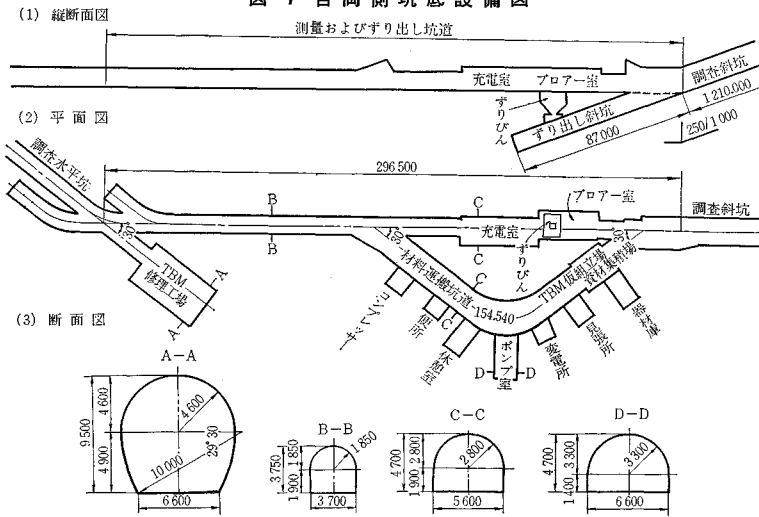
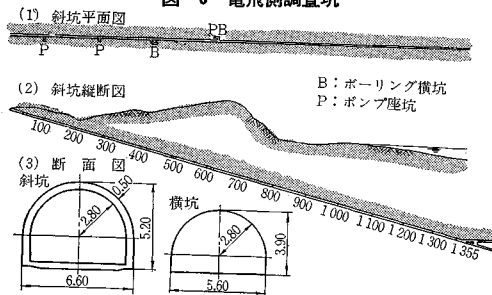


図-8 電飛側調査坑



本年中に終了する予定である。現在の斜坑の湧水量は、毎分約 1m³ であるが、このうち 0.6m³ は先進ボーリングからの湧水である。斜坑では 360m 付近の小断層からの湧水防止の注入を始めて、注入の実働日数で 332 日を要し、斜坑自体の進行は多少停滞したが、地質上の意味での小断層においても、かなりの湧水防止に時間を要することが考えられる。本州方は、昭和 41 年 3 月より直轄で掘削を開始し、吉岡と同様全断面、支保工、吹付併用の工法を実施し、現在、斜坑の後半の掘削中である。この火薬使用量は、通常の火山岩地帯に比してかなり少量であり、岩石試験よりもはるかにその格差が大きい。湧水量はおおむね毎分 1m³ 程度であるが、これはほとんどが坑内湧水である。

(2) 先進ボーリング

斜坑の進行に先進して、斜坑の両側からボーリングを行ない、表-3 のように、吉岡では 10 本(うち 3 本は坑底設備に対するもの)、電飛では 2 本(現在 3 本目を施工中)を実施している。これらは、すべてワイヤーライン工法によるオールコアリングで実施し、コアの採取率は 90% を超える成績である。斜坑ボーリングあるいは水平ボーリングでの問題は、まず孔の曲りであって、当初は、孔曲り(下方へ下って行く)の修正にかなりの時間を要したので、現在では、地層の性状から予想曲りを想定して、所定の位置に収める方法を取り良好な成績を収めている。ボーリング孔内に湧水があれば(送水排水の量比でわかる)、多量の場合は、孔内にパッカーを挿入し、正確な位置と湧水量、湧水圧、量、圧の変

表-3 先進ボーリング実績表

種別	錐進長 (m)	コア採取		全日数 (日)	掘進 方数 (方)	方数 (方)	錐進時間 (A) (分)	準備時間 (B) (分)	付帯時間 (C) (分)	測定時間				作業時間 (分)	m		実錐進長 (m)	
		長 (m)	率 (%)							湧水 (分)	孔曲り (分)	その他 (分)	合計 (分)		錐進 方数 (m/方)	方数 (m/方)		
岩盤箇所	YB ₁	284.24	276.73	97.5	27.5	19.8	41.5	8 325		10 895				5 620	24 840	14.35	6.86	200
	YB ₂	417.37	400.42	96.0	57.2	36.5	103.4	15 325		33 130				13 285	61 740	11.34	4.05	303
	YB ₃	1 056.43	952.32	90.1	154.0	79.9	309.0	33 544		18 225				17 887	69 646	13.23	3.40	500
	YB ₄₋₁	408.28	378.95	92.8	48.5	29.2	110.5	12 245	19 665	16 778	3 660	2 992	4 340	10 992	59 680	14.00	3.69	408.28
	YB ₄₋₂	581.65	563.48	96.9	49.2	42.8	139.0	17 980	26 030	23 225	1 240	3 700	3 260	8 200	75 435	13.58	4.18	581.65
	YB ₅₋₁	250.08	237.59	95.0	25.7	18.4	64.3	7 705	7 530	13 885	2 850	1 350	1 330	5 530	34 650	13.65	3.90	250.08
	YB ₅₋₂	499.85	472.95	94.6	69.0	38.1	100.8	16 020	18 200	16 900	1 600	1 930	170	3 700	54 820	13.09	4.96	499.85
	YB ₆₋₁	196.62	142.01	72.2	19.7	20.3	49.3	8 520	7 640	8 250	60	1 120	970	2 150	26 560	9.69	3.99	196.62
	YB ₆₋₂	399.30	363.35	91.0	32.3	30.6	94.8	12 840	16 450	19 800	640	450	1 000	2 090	51 180	13.05	4.21	399.30
	YB ₆₋₃	431.50	363.21	84.2	45.0	29.1	133.0	12 210	27 300	26 910	1 190	2 910	880	4 980	71 400	14.83	3.24	431.50
	TB ₁₋₁	246.91	240.80	97.0	41.0	16.0	54.0	6 710	2 810	14 315	—	—	—	3 950	27 785	14.14	4.57	246.91
	TB ₁₋₂	363.80	348.53	95.0	35.0	26.2	104.0	11 010	3 085	39 780	—	—	—	2 450	56 325	13.86	3.50	363.80

表-4 吉岡調査斜坑注入経過表

区分	注入区間 (m)	注入切羽 (m)		湧水		注 入			注 入 孔		
				最大圧力 (kg/cm ²)	最大湧水量 (l/min)	最高注入圧 (kg/cm ²)	セメントグラウト量 (m ³)	セメント量 (kg)	不安定 水ガラス量 (m ³)	孔 数	全 孔 長
I	360~380	1	326.79	6.1	34.6	18	2.9	757		4	88.0
		3	347.67	7.0	39.8	20	13.03	4 402		10	417.4
		2	359.97	8.6	7.6	25	5.84	1 208		16	444.4
		計					21.77	6 367		30	949.8
II	400~410		394.74	8.0	7.0	22	3.16	412		23	504.6
III	450 付近		426.88	8.0	1.1	30	0.19	19		2	100.0
IV	500~520	1	467.47	10.5	10.3	27	1.92	265		4	170.9
		2	477.47	10.0	28.0	30	25.91	4 819		39	1 141.4
		3	492.47	9.5	12.3	30	20.43	2 848	2.47	42	930.8
		4	502.73	10.0	16.6	30	19.29	4 476	0.60	39	889.5
計					67.55	12 408	3.07	124	3 132.6		
V	550 付近		525.00	10.5	34.0	30	27.25	7 557		19	596.8
VI	600~640	1	554.52	12.0	228.0	30	4.06	1 211		7	215.3
		2	580.35	13.0	254.4	30	51.45	13 742		29	793.5
		3	595.11	13.0	60.0	30	54.52	9 069		42	1 220.0
		4	620.94	12.0	6.2	30	4.45	740	0.04	14	525.0
計					114.48	24 762	0.04	92	2 753.8		
VII	660~680	1	650.66	12.7	10.8	20	1.33	1 178		5	150.0
		2	669.11	10.0	5.0	25	14.01	2 793		36	1 225.0
計					15.34	3 971		41	1 375.0		
VIII	750 付近		724.60	8.0	5.2	25	0.39	346	0.58	3	180.0
合 計						251.30	55 842	3.69	334	9 597.6	

動時間等を測定して、セメントグラウトを実施して掘り進んでいる。作業の掘進は、ワイヤーライン工法なので、深度にはあまり関係なく能率的であるが、付帯の湧水量調査や注入に相当の時間を要している。今後の問題としてはトンネル掘進機によるトンネル掘削の高速化にともない、ボーリング速度の向上、ボーリングの長尺化（長期間にわたる前方予知による計画、技術開発余裕、工程管理等のねらいも含めて）、検層技術の向上（ノンコア化にとまないもの）、崩壊、湧水等に対する処置法等があげられ、鋭意改良、開発に努力している。

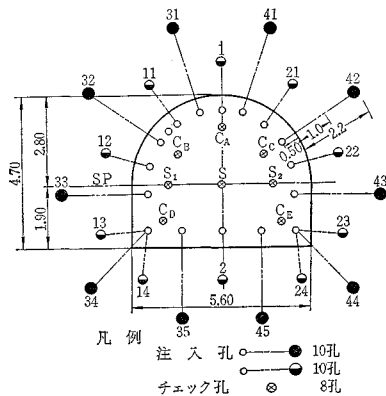
(3) 注入および湧水

トンネルの両側の先進ボーリングで予知された湧水位置の10~20m手前で掘削を止め、まず、さぐり孔を50~60m削孔し、切羽における正確な湧水位置、湧水量、湧水圧をチェックする。ついで、湧水の性状に応じて注入孔配置により注入孔をさく孔し注入する。削孔はガードナー デンパー RR 123 および DH 123 を使用、孔径は65~70m/mである。注入は主としてセメント注入で、一部水ガラスを使用している。吉岡では、主としてシルト岩の割目からの湧水で、あまり大きい割れ目

表-5 竜飛調査斜坑注入経過表

注入区分	注入区間 (m)	注入切羽		湧水		注 入			注 入 孔		記 事	
				最大圧力 (kg/cm ²)	最大湧水量 (l/min)	最高注入圧 (kg/cm ²)	グラウト量 (m ³)	セメント量 (kg)	不安定水ガラス量 (m ³)	孔 数		全孔長
I	300~340	1	292.60	3.0	300.6	20	73.41	29 680		74	968.5	LWは原液先行注入
		2	306.40	3.0	360.0	20	39.25	14 131		24	568.2	
		小 計					112.66	43 811		98	1 536.7	
II	360 付近	1	340.00	4.8	33.9	20	6.71	1 718		4	158.9	
III	420 付近	1	395.20	4.0	28.2	13	5.90	1 810		7	160.4	
IV	470~490	1	465.10	6.0	253.0	20	39.49	14 169		34	850.6	
V	520~680	1	494.90	7.0	225.0	20	4.01	2 424		2	54	
		2	509.40	8.0	330.0	23	43.23	28 674		38	686	
		3	529.40	8.0	410.0	23	23.57	15 150		19	538	
		4	556	11.0	192.0	25	49.74	19 594		36	1 136	
		5	586	9	500以上	25	56.16	43 873		18	453	
		6	607.4	11	960	25	51.42	27 585	5.3	22	668	
		7	649.2	14	441	27	123.57	61 144		43	1 516.4	
小 計					351.70	198 444	5.3	182	5 051.4			
VI	700~730	1	694.0	12	314.0	26	106.38	43 414		35	1 056	
VII	740~770	1	730.0	12	400.0	25	146.19	42 183		52	2 006	
VIII	780~	1	767.5	15	144.8	30	25.16	9 650		31	648	759.0 ポンプ 壓注入
				15	270.0	30	89.01	12 003		56	1 443	
合 計						883.20	367 202	5.3	499	12 911.0		

図-9 注入標準配置図



はなく、かつ割れ目の連続性は小さく、粘土等を挟在する
 場合が多いので、一孔当りのセメント注入量は比較的小さい。
 これに対して、竜飛方は、火山岩の岩脈および特にその周辺の変成部に割れ目が発達し、その幅も大きく、
 連続性もかなり大きいので、湧水量も大きく、したがってセメント
 注入量も格段に大きい。いずれの場合も岩盤の割れ目なので、
 セメント（ペロセメント）で十分注入することができるが、
 グラウト液の濃度や、機械吐出量は変えねばならない。注入
 圧は、セメントミルクの粘性、脱水効果等から、湧水圧より
 も10~20 kg/cm²上回って最終圧としている。

湧水の水質は、吉岡では海岸線(415 m)前から、急激にイオン
 量を増加し、淡水、海水の混合となってきたと

表-6 調査斜坑湧水分析

採水位置	土かさ (m)	水深 (m)	水準 (m)	湧水圧 (kg/cm ²)	湧水量 (l/min)	PH	分析値 (ppm)					モル 数 比				全イオン量 (ppm)	記 事	
							Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Na/Cl	Ca/Cl	SO ₄ /Cl			Ca/Na
北海道側	吉岡海水	—	—	—	—	8.4	11 000	1 272	390	430	19 560	2 520	0.87	0.04	0.10	0.04	35 172	斜坑上部の 沢水
	沢 水	—	—	—	—	6.95	15.4	8.9	5.2	5.0	27	5	0.57	0.19	0.19	0.34	66.5	
	65m	—	-4	—	1.0	6.8	43	0.2	14	3	23	22	2.88	1.08	0.71	0.37	105.2	
	422.5	91	-92	7.3	0.5	8.5	1 729.6	14.4	2 368	2.3	6 450	565.4	0.41	0.65	0.07	1.57	11 129.7	
	530.0	114	-118	7.5	4.7	9.4	1 125	4.8	224	2.0	1 320	330	1.32	0.30	0.19	0.23	3 005.6	
	702.5	151	-159	10.3	2.4	8.7	754.4	0.5	416	2.2	1 425	627.5	0.82	0.52	0.33	0.63	3 225.6	
本州側	992.0	216	-230	21.7	44.8	9.6	1 173	0.2	560	1.2	1 450	1 868	1.25	0.68	0.95	0.55	5 052.4	B ₃ 湧水
	1 198.0	258	-280	25.0	0.6	9.0	920	2.6	340	2.8	340	2 380	4.18	1.77	5.18	0.42	3 986.4	漏水
	395.3	111	-45	4.0	4.0	7.6	51	8.9	43.2	5	117.3	42.0	0.67	0.65	0.27	0.97	—	B ₁ 湧水
782.0	166	-139	14.5	480.0	7.4	500	84.0	380.0	6.0	1 600	166.0	0.48	0.42	0.08	0.87	2 736	B ₂ 湧水	
803.0	151	-144	15.0	220.0	8.5	6 000	903.2	2 352.0	45.5	14 400	1 660	0.64	0.29	0.09	0.45	25 360.7	B ₁ 湧水	

表-7 吹付コンクリート配合と水洗い分析

(1m³ 当り)

	設計配合			吹付配合			付着配合			はね返り配合			
	最低	最高	標準	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	
吉岡 (40年8月~41年1月)	最大寸法 (mm)		20										
	W (kg)		120	131	264	215	96	330	194	45	358	152	
	C 早強および普通(kg)		300	280 (177)	653 (656)	430 (329)	244	826	465	52	496	232	
	W/C (%)		40	33	79	52	15	76	43	15	111	62	
	S/A (%)		60	55 (44)	87 (76)	66 (68)	28	96	72	27	83	44	
	S (kg)		1 238	910 (753)	1 563 (1 693)	1 132 (1 376)	598	1 243	1 937	338	1 419	892	
	G (kg)		826	202 (474)	814 (920)	591 (642)	90	1 036	497	513	1 679	1 146	
	急結剤 (%)	3°	5°	4°									
	はね返り (%)									17.4			
	竜飛 (41年8月~41年12月)	最大寸法 (mm)		20									
W (kg)		50	165	120	134	323	201	212	411	261	82	170	
C 早強および普通(kg)		200	400	300	212	422	290	297	637	427	134	315	
W/C (%)		25	55	40	48	89	66	34	108	63	48	77	
S/A (%)		50	63	60	49	70	61	56	82	68	28	52	
S (kg)		953	1 350	1 273	947	1 378	1 186	1 005	1 379	1 190	603	1 127	
G (kg)		729	953	787	554	987	764	289	839	554	925	1 543	
急結剤 (%)		2° 3°	14° 12°	4°									
はね返り (%)													

注) 吉岡側吹付配合の()内は、ベルコン上にて採取

考えられるが、坑底に行くにしたがってその水質が変わり、地層水(温泉性)となっている。吉岡では、750m以降は注入しないで掘削をしている。竜飛でも海岸線(815m)の手前から徐々に海水の混入が見られ、現在ではほとんど海水に近いものと考えられる。水質分析は現場の分析室で実施しており、水質判定による注入に対する必要度を判断している。ただ、海水も、地層を通過する際にイオン交換等で変質をするので、判定基準については問題が残されている。

注入にあっては、今後はやはり、所要時間の短縮が最大の問題であると考えられる。適正な注入孔の配置、注入材の選択、注入機の性能の向上、削孔機の軽量化等の問題がある。

(4) コンクリート吹付

鋼製支保工の代りにコンクリート吹付を実施することは、岩盤への密着度、地山のゆるみ防止、余掘の後うめ等からいって、技術的、経済的に有利な点が多いので、昭和39年度より吹付試験を実施し、実用化するに至ったので、昭和41年度より完全に掘削のサイクルの中へ入れて施工している。吹付機はトルクレット式で、配合は表-7に示すとおりである。当初問題であったはね返りは技能の習熟とともに漸次減少し、現在では10~20%程度となって完全に実用段階にあると考えられる。吹付はいうまでもなく型枠を必要としないので、単に支保のみでなく、各種の用途があり実施している。材料費労務費を合せて、在来の鋼製支保に比していちじるしく

経済的なので、常用されることが望ましい。現在まで約5000m³の吹付を実施したが、密着度、地山の保持は非常に良好である。今後は、湧水の多い箇所に対する付着、換気その他の塵埃防護、1時間当りの能率向上等が問題と考えられる。

4. トンネル掘進機

41年5月にスイスで製作した、ウォールマイヤー式トンネル掘進機が吉岡に入り、同年6月より昭和42年2月まで試験掘削を実施した。この試験では機械に対する習熟、準備部品、消耗品の量、性能、改良の必要性、ずり出し、送電等関連作業に対する検討等に重点をおいて実施した。その成績は表-9のとおりであるが、平均掘進速度の1.2m/hrは、ドラム回転等を試験のため落しているので実際は1.5~2.0m/hr程度は十分出るとされている。掘進機は本年8月より坑底で掘削を開始する。今後はさらにトンネル掘進機の稼働率、定期修繕回帰日数等についての資料をとるとともに、カッターチップ、スクレーパー、冷却機構、坑内における電気関係の絶縁、作動油等、後方機構と故障時の修繕法等について逐次検討を加え、実用化に対して遺漏なきを期したいと考えている。さらに最も大きい問題は、本トンネル用の大型断面掘削機であって、現在の小型機による各種の試験資料を基本にしながら、最も効率的、経済的な機械の開発をしなければならない。

なお機械掘削時の坑内測量は、位置測定のためのレザ

図-10 ウォールマイヤー式トンネル掘進機

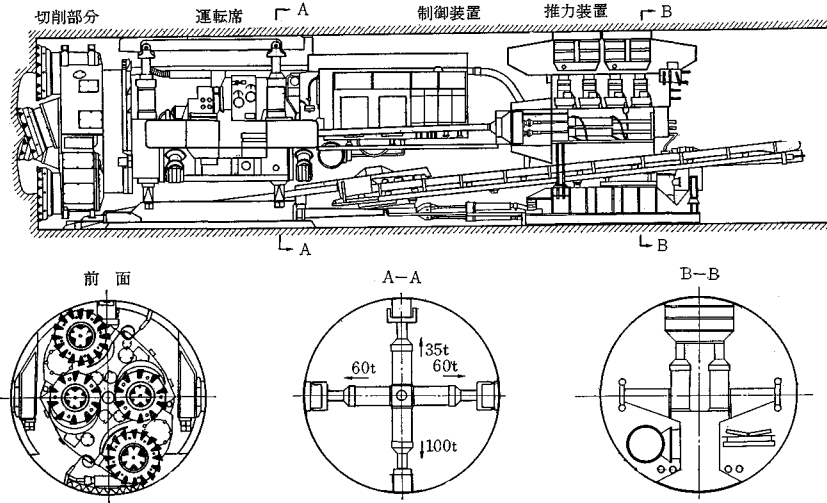


表-8 トンネル掘進機 (T.B.M.) 主要諸元

区	分	仕	様
形	式	S.B.M.	736-001
全	長	最	14 700 mm
		大	8 360 mm
		体	4 000 mm
全	高	本	3 720 mm
		体	3 740 mm
		プッシャー	3 820 mm
全	幅	本	2 950 mm
		体	約 84 t
		プッシャー	約 62
重	量	総	約 22
		体	3 相交流 500 V 50 c/s
		プッシャー	366/300 kW
受	電	機	3 730 mm φ
		出	3 578
		力	98 t
電	動	機	176
		切	240 mm
		削	約 50~90 m/min
推	力	(作動油圧 100 kg/cm ²)	500 mm
		(作動油圧 180 kg/cm ²)	78 m/min
ス	ク	レー	
		パー	
		羽	
ベ	ルト	コン	
		ベ	
		ヤ	
ベ	ルト	幅	
		速	
		度	

ー ビームを使用し、随時チェック測量を行なう。本州～北海道相互間の測地測量的な作業は、国土地理院に委託して、基準三角点を6カ所、補助三角点9カ所、基準水準点8カ所を設置し、昭和40年度より測量を実施している。

5. 結 び

青函トンネルの調査も、本年で4年目を迎え、調査の核心部に入り、工法の選択とその細部への問題を移行しつつある。技術的な問題点は数多く存在し、それらを個々に解決しつつ、その成果の積み上げ、組合せによって各種の新しい工法が考え出されようとしている。これらは、技術全般の広汎な分野における協同作業と、その精力的な集中によってのみ達成されることと考えられる。

表-9 試験掘削実績表

月	掘進時間 (分)	掘進距離 (m)	断面積 (m ²)	月別掘進量 (m ³)	掘進速度 (m/h)	切込深さ (cm)	破 砕 幅 (cm)	ドラム回転数 (rph)	プッシャー圧力 (kg/cm ²)	消費電力 (kWh)
6	261	7.21	10.5	75.71	1.66	1.93	7.07	13.72	133.48	1 550
7	1 260	37.52	10.5	393.96	1.787	2.20	6.21	17.59	126.91	4 730
8	0	0	10.5	0						0
9	692	12.62	10.5	132.51	1.101	1.80	5.96	13.01	130.00	2 100
10	1 570	32.60	10.5	342.30	1.246	2.04	6.13	12.17	129.10	4 710
11	1 080	20.23	10.5 9.9	137.03 71.08	1.118	1.43	7.81	10.79	130.00	3 760
12	1 060	17.57	9.9	174.14	0.996	1.34	6.18	10.68	130.00	3 820
1	650	8.85	9.9	87.02	0.817	1.29	5.07	11.40	129.00	2 210
2	1 480	27.81	9.9	275.32	1.127	1.50	8.04	11.90	92.00	4 400
計	8 059	164.43		1 689.67	1.235	1.69	6.57	12.77	125.06	27 280

注) 1. T.B.M. 掘進開始位置は坑口より 40.65 m
2. 坑口より 40.65~143.65 m T.B.M. 掘進半径 1.825 m
143.65~205.08 m T.B.M. 掘進半径 1.775 m

3. 1日の作業時間 480 分
4. 試験場所：吉岡鉄道建設所 T.B.M. 試験坑
5. 試験期間：昭和41年6月23日から昭和42年2月23日まで

(1967.8.1・受付)