

札鉄局で施工中の隧道改築工法の 2, 3 について

正員 札幌鉄道管理局 大 平 拓 也

札鉄局管内には、経年 50 年前後の隧道が多くその老朽荒廃による被害は広範囲に及んでおり、その取替工事に日夜追われている現状である。

これら隧道は技術的に未熟な時代に施工されたものであり、また私鉄の買収線も多いことなどにより、一般に不良なものがほとんどである。施工不良による漏水は、凍結融解作用により骨築の破壊を著しく促進し、これが被害の大半になつている。更に震害、偏圧その他による断面変形などの被害もかなり生じている。

これら隧道の改築は、列車を通しながらの工事であり、その間に列車の運転を中止するような事態の発生を絶対に避けなければならない、安全確保を第一とするため、他の一般工事に比して制約を受ける点が極めて多く、それだけに幾多の困難を伴う。

工事には、被害の状態並びに原因と、その隧道を通る列車本数、列車間合、あるいは周囲の状況などを検討しているいろいろな方法が採られているが、ここではその主たるもので、現在札鉄局で施工中である隧道改築工法の 2, 3 について述べる。

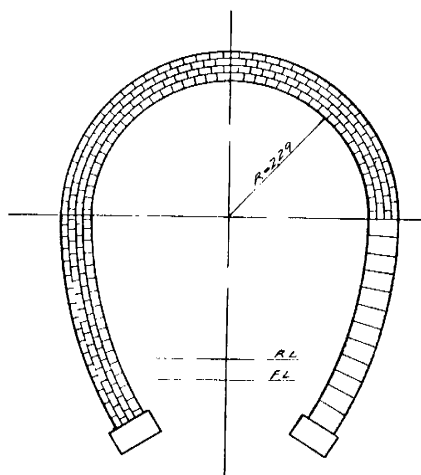
1. モルタル吹付けによる方法

煉瓦巻隧道ではその目地モルタルが漏水の凍結、融解により破壊され、漏水を増すと共に煉瓦を浮かせて剥落を起し、列車運転保安上重大な問題となつている。これは被害の程度から云つて軽いものであるが、最も広い範囲に認められる状態である。隧道断面は図—1 のごとくで煉瓦 4~5 枚で巻かれているが、昔のことであり施工、特に目地モルタルの乱雑なものが多い。目地モルタルの施工は内側は比較的确实に行われているが、外側ほど粗雑になつている。このような隧道において、目地が破壊され、信頼されるべき内側の煉瓦に剥落が起つている骨築は、土圧に抗するには強度的に全く不安定な状態にあると考えられる。

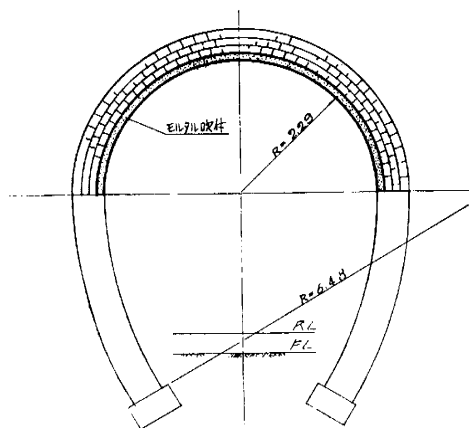
しかし、これで 50 年来断面変形も起さず、あるいは多少の変形はあつても現在少しも進行していないのは、山の荷重が殆んどかかつていないか、あるいは充分落着いてバランスしてしまつているからであろう。

このような隧道の改築方法としては、わざわざ骨築を

取壊し、地山をむき出してまで巻替える要はなく、むしろそのような工法をとると、折角長年の間にバランスした地山に、改めて地みを与えて山圧を誘発する恐れもあり、工事也大規模になる。よつて漏水止と煉瓦の剥落防止を主とした程度の設計でよく、これにはモルタルの吹付けを採用している。設計は図—2 のごとく剥落を起している内側の一枚を全部取除き、その後をライト式モルタルの吹付けにより、厚みが煉瓦一枚分と同じ 11 cm に



図—1

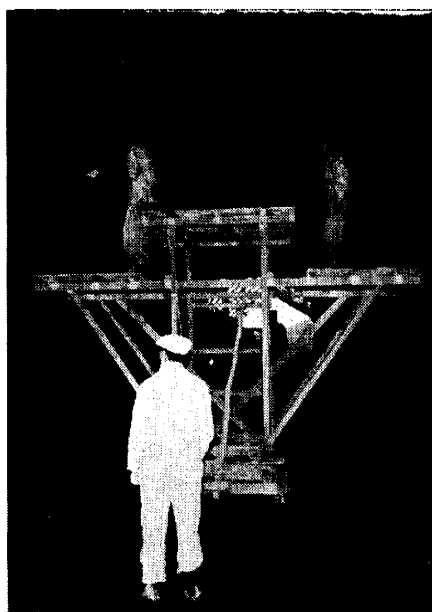


図—2

なるまで、何回にも亘つて吹付けるのである。

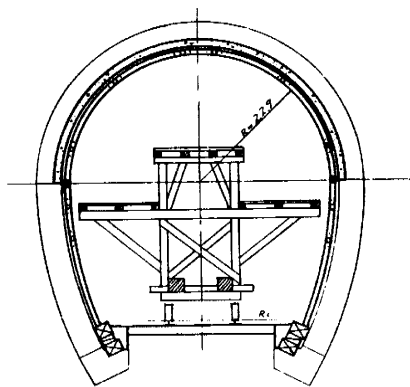
これは吹付けたモルタル自身でも厚みが充分であり、アーチアクションも相当期待できる上、煉瓦に対する密着もよく、2層目以後の不完全目地にもよくモルタルが吹込まれて、充分管渠断面の補強、改築になつている。

吹付けモルタルの配合は表—1のごとくであり、圧力は4 kg/cm²程度で、1回15 mm程度の厚さに、1時間5~6 m²の吹付けができるが、列車間合の閉鎖工事のため、1日の作業可能時間は函館本線級の幹線では4時間程度よりない。この方法は目名〜上目名間第二白井川隧



写真—1 モルタル吹付け施工状況

道その他で施工している。また倶知安隧道では、この方法のモルタル吹付け部分を図—3のごとく レールセントルと型枠を用いて場所打コンクリートで施工したが、両隧道より試験片をとり出して比較したところ、表—2のごとくであり、モルタル吹付けの方が種々の点で優れた結果を示している。



図—3

表—1 モルタル標準配合表 (モルタル 1 m³ 当り)

	最大水セ メント比 (%)	セメント (kg)	ポゾラン (kg)	砂 (kg)	R.G.A 剤 (kg)
一 層 目	35 以下	600	120	1,400	1.8
二 層 目	35 以下	500	100	1,200	1.5
以 下					

R.G.A 剤 混 入 物
アルミ粉末
ポゾリス No. 5
珪 藻 土
外 2 品

表—2-A 圧 縮 強 度 試 験 結 果

	コア採取 箇所	供試体寸法 (mm)	比 重	圧縮強度 (kg/cm ²)	備 考
モ ル タ ル 吹 付 覆 工	アーチ迫め	78×82×155	2.30	604	①供試体は柱の中心軸が アーチ軸と一致するよ うに角柱型をコンクリ ート切断用ノコギリに て切り出した。 ②試験に先立ち三昼夜水 中につけた後水から取 出し容量 200t アムス ラー型試験機により中 心軸方向 (アーチ軸方 向) に載荷した。 ③参考のため煉瓦のみの 圧縮試験を実施した。
		60×62×126	2.30	588	
	アーチ 30°	80×81×138	2.26	467	
		83×84×123	2.26	396	
ブ レ ン コンクリート 覆 工	アーチ迫め	80×86×141	2.35	231	
		70×75×144	2.33	248	
	アーチ 30°	83×85×142	2.30	199	
		81×83×133	2.30	185	
倶知安隧道煉瓦のみ		72×74×143	2.08	91	
		71×73×143	2.11	114	

表-2-B 曲げ試験結果

	コア採取箇所	煉瓦との 接着部寸法 (mm)	曲げ強度 (kg/cm ²)	破壊状況	備 考
モルタル 吹付覆工	アーチ 30°	99.5×79.5	28.9	煉瓦との接着 部で破断	①煉瓦とモルタル又はコ ンクリートの接着部 をはりの中央部とし、は りの軸がアーチ軸に直 角になるように、はり型 供試体を切り出した。
		91 ×70	35.8	〃	
プレ ン コンクリート 覆 工	アーチ 30°	99.5×69	18.7	〃	
		91 ×69.5	4.0	〃	

②供試体は三昼夜水中につけた後水から取出し、モルタルまたはコンクリートとの接着部を中央としてスパン 14 cm に支え、中央に集中荷重を容量 5 t オルゼン型万能試験機にて実施した。

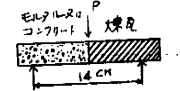


表-2-C 透水試験結果

	コア採取箇所	透水量 (g)	備 考
モルタル 吹付覆工	アーチ 迫め	0.5	①水圧を加える方向 がアーチ腹面に直 角になるように八 角厚板型供試体を 切り出した。
		1.8	
	アーチ 30°	2.0	②透水試験は JISA 6101建築用セメン ト防水剤の試験方 法に準じて行つた。 即ち気乾状態の供 試体の一面から、3 kg/cm ² の水圧を1 時間加えて滲透し た水の量を求めた。
		1.0	
		1.0	
プレ ン コンクリート 覆 工	アーチ 30°	2.0	
		3.0	
		4.0	
		2.0	

工費は表-3 のごとく僅かに高いが、施工そのものがレールセントル建込みなどの煩雑がないので、工期が短く全体としてはモルタル吹付けを有利と認めている。

2. 隧道内面より列車間合を利用して畳築を 取替え改築する方法

畳築の被害が相当著しく、漏水もはなはだしいか、あるいは偏圧その他を受けて断面にかなりの変形を来している、上記のような方法では設計不十分と考えられる場合は、畳築断面を新たに設計して取替えねばならない。これに二つの場合がある。

(1) 畳築材料の被害及び漏水がはなはだしいだけで、断面変形はなく、地質良好で荷重は殆んど掛らないと判断される場合。

この場合はレールセントルを 1 m 間隔に建込み、在来畳築を取壊してレールセントルにより山留めを行い、同じレールセントルを用いて型枠を設置し巻立てを行う。レールセントルでは耐荷力に乏しいので、山が多少とも

表-3 改築延長 1 m 当り

種 別	モルタル吹付 (円)	プレ ン コンクリート (円)
請負	レールセントル架設	5,228
	同上撤去	1,798
	穹拱煉瓦取毀	10,348
	穹拱改築コンクリート	11,170
	穹拱モルタル吹付 建築限界縮小定規 仮設撤去 小 計	20,585 149 28,693
支給品	セメント	3,800
	小 計	3,800
直営	軌道整正	73
	線路警戒	73
	小 計	1,434
附帯電力	小 計	921
	小 計	921
合 計	34,806	32,953

押して来る場合はこの方法は採用できない。

(2) 畳築断面が変形していたりして山が悪くて、改築に当り荷重が相当掛つてくると判断される場合。

この場合は図-4 のごとく鉄製セントルを用いる。これを 60 cm 間隔に建込み、畳築との間を充分パッキングで締めあげてから、図-5 のごとく畳築を取壊して切抜けるが、支保工と畳築用セントルとは、交互に一つ置き鉄製セントルを用いてそれぞれ 1.20 m 間隔になるようにして改築を進めることになる。この鉄製セントルは相当に頑強なもので、60 cm 間隔に建込むと厚さ 60 cm のコンクリート巻に相当する程で、縫地をしてかなり荷重のかかつて来る場合でも勿論大丈夫であるが、荷重の

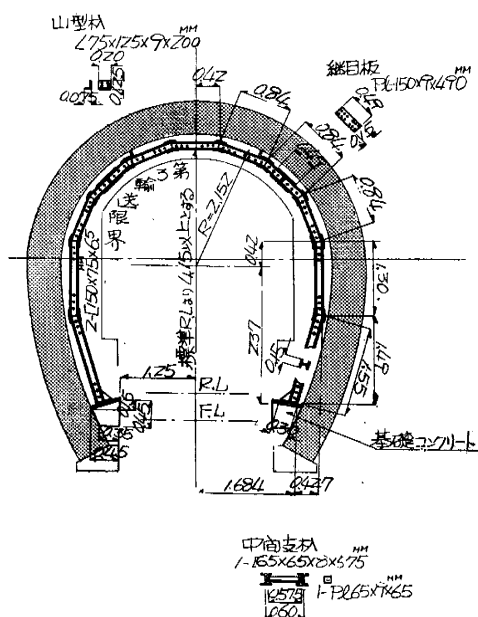


図-4 鉄製セントル

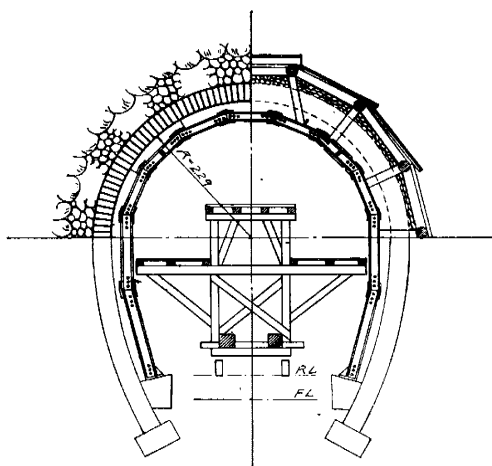


図-5

いかんによつては、更に 30 cm 間隔に建増しすることもできる。

以上何れも現在隧道の内面より列車間合を利用して閉鎖工事で施工するわけで、幹線など列車本数の多いところでは 1.5 時間程度の間合が先ず最大と考えねばならず、数間合を利用しても 1 日の延閉鎖時間は 4 時間程度がせいぜいである。また山の状態が多少でも悪いと、安全に列車を通すため、作業の終りに完全な山留工を施すのに日数を要するので、その期間だけ見越して作業を事前に打切ねばならない。また工事を始めるに当つても、その山留工を取外してから作業にかかるので、一般隧道のごとく連続作業ができず、純作業時間は延閉鎖時間より

相当少ないものとなり、能率は決してよくない。従つてこの方法は閑散支線区で夜間などに長時間の閉鎖工事が可能な場合には有効である。この工法の場合骨組は、作業時間が短く、とぎれとぎれになるので、普通場所打コンクリートとすることは殆んどなく、コンクリートブロックを使うことが多い。(1)の方法は現在塩谷～関島間忍路隧道に施工中である。

3. 改築を隧道の外側より施工する方法

列車回数が多くて、有効な閉鎖工事の間合が殆んどない場合、また多少あつても山が悪くて掘きく切掘げに当つてどんな事態が生ずるか予想がつかず、その場合のことも考えると僅かの閉鎖時間では安心できないし、また極めて非能率的と考えられる場合に行う施工法である。すなわち、先ず隧道内に上記 2 の (2) と同様に 60 cm 間隔に鉄製セントルを建込み、骨組との間をパッキングで充分締め上げ、セントルの間に板張りをして、土その他のものが列車の通る隧道内に落ちないようにする。次に導坑を山の外から掘り進んで、隧道の拱頂部上に出て、隧道をその外側から図-6のごとく切掘げ巻立て、埋戻しを行つて改築を進める。

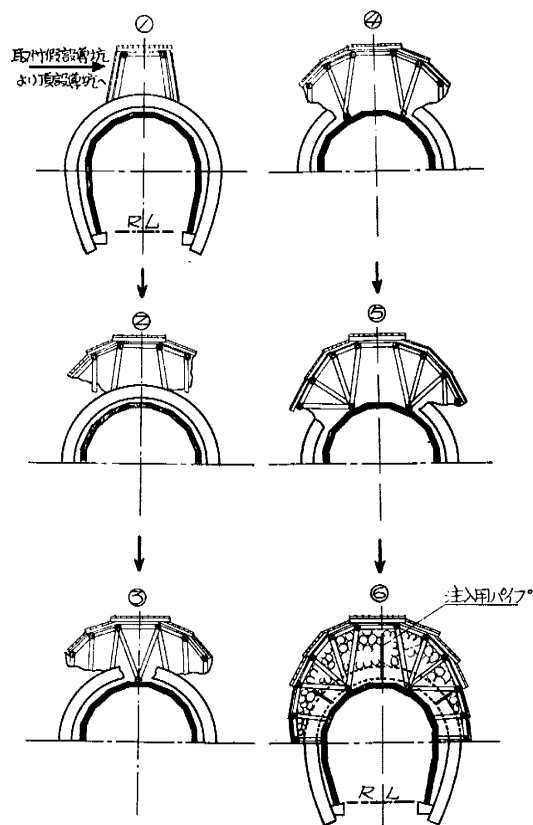


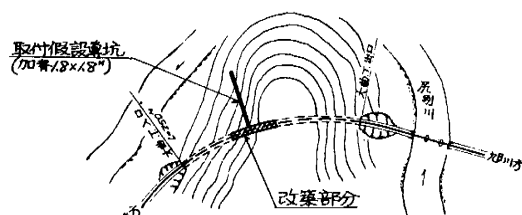
図-6 切掘げ掘削順序

この方法では2の(2)の場合に比べ、豊築改築に実際必要となる以上に大きく切掘げを行わねばならず、取付導坑その他余分なことも多くて、見掛け上割高につくように考えられるが、列車に関係なく連続作業が可能で能率があがるので、列車回数が多くて閉鎖時間が少ない場合は、逆に経済的になってくることがある。

またこの方法では、山が悪くて縫地その他切掘げに困難を伴うことがあつても、時間も充分あり作業空間も適当にあるので、事態に連応してどんな手段でも講ずることができる。

ただ切掘げ断面が余分であるので、いかに完全に埋戻しをしても、それだけ山を弛める可能性がこの方法に較べて多いと考えられるが、後で裏込めにモルタル注入をするので、この点は大した問題にはならないと思われる。

この方法は現在、比羅夫～倶知安間大曲隧道(図一7)で施工中である。ここは昨年4月突然断面変形を来し、大量の棟瓦剝落があり列車脱線などもあつたところで、当然急激な山の変化があつたものと考えねばならず、こ



図一7 外部より改築する場合の1例
函館本線大曲隧道

れに対処するのに隧道内面からの勝負では危険であるのと、閉鎖時間が少なく非能率的であるので、外部より改築を進める本工法を採用した。現在工事は順調に進んで竣工に近いが、大空洞があつたりしてこれを隧道内面からの改築する工法を採つていたら大変な事故になつたと考えられる。なおこの工法は北海道においては初の試みである。工費は表一4のごとくで隧道の建設費はm当り約15万円程度であるのに較べると、営業線隧道の改築がいかに高いものかわかる。

表一4 外部より改築した場合の工費の1例穹拱改築50m(函館本線大曲隧道)

工 事 種 別	単位	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)
鉄製セントル基礎コンクリート仮設	米	54	2,888	153,252
レールセントル撤去	組	30	2,346	70,380
鉄製セントル仮設	〃	90	11,440	1,029,600
穹 拱 切 掘	立米	629.6	9,992	6,290,968.20
穹拱コンクリート(コンクリートブロック積)	〃	178.2	20,329	3,622,627.80
裏 込 栗 石	〃	451.5	1,710	772,065
鉄製セントル撤去	組	90	2,180	196,200
鉄製セントル基礎コンクリート撤去	米	54	2,128	114,912
支 給 品 関 係	式	1	239,070	239,070
直 営 工 事 関 係	〃	1	311,501	311,501
付帯工事 軌道低下工事	〃	1	300,000	300,000
付帯工事 建築限界縮小定規仮設	〃	1	320,000	320,000
付帯工事 監督員詰所仮設	〃	1	480,000	480,000

計 13,900,571

1m当りの工費……………278,011円

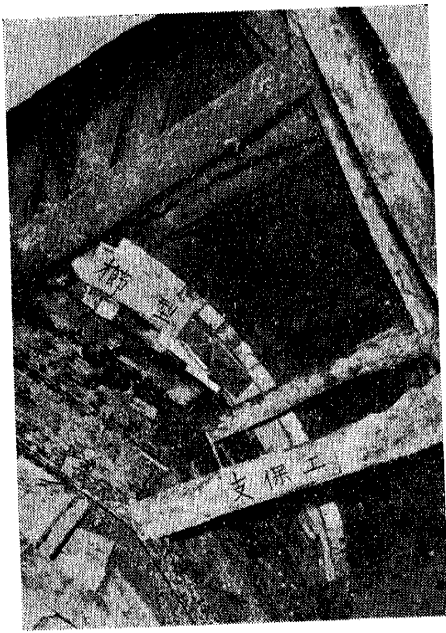


写真-2 鉄製セントルと支保工



写真-3 鉄製セントル仮設状況