

pH値の異常はまったく、現れていない。

本件薬注工事施行後の小金井市の水源井の水質検査結果によると、pH値は7.1ないし8.27とかなり高いが、本件工事着工以前にもほぼ程度の深井戸特有の高pH値を示していたこと、本件工事現場に近接する第4水源のpH値も他の水源のそれと変わりがないことからすれば、凝固剤の影響とは認められない（なお、第4水源からの取水は昭和51年11月より停止して安全を期していることがうかがわれる）。

さらに、凝固剤注入による未反応物質（珪酸ナトリウム）または生成したゲル化物質（苛性ソーダ）が多少地下水に溶出しても、多量の地下水によって希釈されることが十分考えられること、債務者らは現在も前記の観測井によって水質の検査を続けており、検査結果が暫定指針および取扱指針の水質基準に達しないときは、原因が究明されるまで、付近の井戸水の使用を禁じ、上水道による補完工事を行うなどの措置を講ずる用意をしていること、小金井市では定期的に上水道の水質検査を実施して水質保全に万全を期していること、本件工事においては、水質、土木についての学識経験者、住民代表および関係自治体等から構成される工事監視委員会が設けられ、地下水の水質、水位、工事施工方法等について常時監視を行っていること（ちなみに債務者らは薬注工事再開に当たり、同委員会の承認を得、前記G25の異状についても同委員会に逐一報告し、H13補助観測井も同委員会の提案で設置したものである）、などの事実が疎明されており、以上の事実を総合すれば本件工事で地盤中に注入された凝固剤のうちゲル化しない珪酸ナトリウム、または生成物である苛性ソーダの一部が地下水に溶出するという可能性をまったく否定し去ることはできないが、その影響は極めて限られたものであって、債権者ら付近住民の健康に被害を及ぼす程度の地下水汚染を生ずる蓋然性については、これを認めるに足る疎明がないものといわざるをえない。

3. 地下水脈の分断並びに揚水による被害について  
本件疎明資料によれば、およそ次の事実を一応認めることができる。  
本件工事におけるシールド通過域である武蔵野れき層は、その深さが地下約10m以下20mにも及ぶ滞水層であるところ、管きょの深さは10ないし15m その外径は3.55mであり、管きょの下部には凝固剤を注入しないから、管きょの規模および位置関係からして、管きょが地下水をしゃ断して地下水流、水位等に影響を及ぼす危険性はないといえる。本件薬注工事によって地下水脈の分断が生ずる旨の疎明は、前記疎明に照らし採

用できない。他に本件工事により地下水脈の分断が生ずると認むべき疎明はない。

本件第一、二立坑の掘削工事に伴う自然湧水を排除する必要から、債務者らが、本件工事開始時および再開時に相当量の揚水を行いその結果、立坑周辺の井戸のうちの一部に水位低下、白濁の被害をもたらしたものがあつたが、後日いずれも復水していること、債務者国は上記の被害を受けた井戸を使用している世帯に対し、上水道設備等の代替措置を講じていること、さらに第二立坑周辺の地下水への影響を少しでも緩和するために、債務者らは設計変更を行い、本件管きょを地下平均10mに敷設することとし、立坑底部の改造工事を行ったため、第二立坑の揚水をする必要もなくなり、今後の工事によって井戸の枯渇、白濁などおよび地盤地下をもたらすおそれはないことが一応認められる。

他に揚水によって、債権者らの主張する被害が発生し、または発生するおそれがあることを認めるに足る疎明はない。

4. 圧気工法による酸欠事故発生危険性について  
本件工事においては、漏水および出水防止のため、圧気工法が採られていることは当事者間に争いがなく、本件疎明資料によれば、同工法にあっては、施工区域が砂れき層で、含水量が少ないか、湧水が少ない場合で特に上部が不透水層で被われている場合には、その砂れき層に位置する井戸などに直接酸欠空気を吹き出すおそれがあるが、酸欠状態が生ずるかどうかは空気の通過する地層が、酸化状態にあるか、還元状態にあるかによって決まるところ、本件圧気工法を施行する砂れき層は、完全な酸化状態にあることが一応認められ、上記事実によれば、債権者らの主張する事故の発生する危険性はないものと考えられ、他に危険性を認めるに足る疎明はない。

5. 債権者らは、さらに本件工事の違法事由として行政手続上の瑕疵を主張するけれども、前記説示のとおり本件工事による債権者らの被保全権利に対する侵害または侵害のおそれについての疎明が認められない以上、債権者らの上記主張自体本件仮処分申請を認容するに足る事由ということができない（然らずとすれば、いわゆる客観的訴訟を本案とする仮処分を認容することになるが、現行法上かかる仮処分は許されない）ので、上記主張についてはその内容の当否を判断する要をみない。

6. 以上のとおりであるから債権者らの本件仮処分申請は被保全権利の疎明がないことに帰し、また本件工事の性質上、疎明に代える保証を立てさせて仮処分を認めることも相当でない。

よって主文のとおり決定する。



# パイプルーフ工入門(1)

萬澤 哲雄\*

## 1. はじめに

最近交通量の多い道路、鉄道または建物のような構造物の直下を横断して、新しく道路・鉄道・水路などを建設する必要が起つて来た時期に、今までのような開削工法では施工できないことがある。

このような場合にはトンネル工法を用いるのが普通であるが、一般のトンネルのように土かぶりがなく、かつ上載荷重が大きい場合が多いので、この荷重を支持するため、またはトンネル切羽の崩壊が地上面に及ぶのを防止するために使用するのがパイプルーフ工で、トンネル工法の補助工法である。

パイプルーフ工とは、鋼管（径15~60cm）を地中に横に連続して一枚の屋根状または帽子形あるいは箱形に打設し、この版の上部にかかる荷重を支持しかつ土留め矢板も兼用するような構造の鋼管の列をいうのである。

## 2. パイプルーフ工はいつ頃から使用されたか

トンネルの入口・出口の坑門付近は硬岩のトンネルで

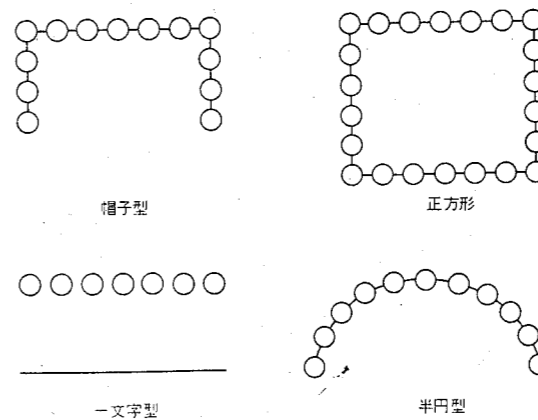


図-1 パイプルーフの形状

\* (株)奥村組技術研究所

も表土があるため、大抵土砂トンネルの施工法で掘削している。このために地表面は多少の沈下を起こしている。

このような場所で、地表面に道路または民家があるようなときには多少の沈下も許されることがある。

東海道新幹線の第一熱海トンネル建設では、上部に道路とホテルがあり、沈下すれば補償に多額の費用を要するため沈下防止用として径10cmの鋼管を水平ボーリングマシンを使用して半円形に打設し、これを矢板代わりにしてトンネルを掘削し、地盤沈下を防止している。これがトンネル工事に使用された記録に残っている施工例である。

これらのトンネルにおいて鋼管の径は10~15cmのものが多いが、鋼管内径20cm以上のものはボーリングマシンでは施工できないので、アースオーガの輸入から始まっている。

地中に埋設される上下水道管・ガス管・電線などは、大抵開削式で掘削して敷設されている。しかし鉄道線路、交通量の多い道路などでは開削が困難であるので、何とか開削しないで敷設できる工法が望まれていた。

径が60cm以上のヒューム管では推進工法が使用できるが、60cm以下の管では施工法がなかったため、国鉄では特に軌道面下の排水管の埋設に工事術のいらない施工法を考えていたのである。

まず米国サレム社から径60cmの鋼管圧入用の水平ボーリングマシンを1台購入し、鋼管を使用した軌道横断の排水管を各所で施工した。この水平ボーリングマシンの利用法としては、このほかに法面湧水排除用の水抜きパイプの打設もあったが、新しい用途として、昭和38年に鋼管を高さ3m×幅3mのアーチ形に打設してこのアーチの内側を掘削し、支保工を組み立てて鋼管を支持し、トンネル式に地下道を建造する実験を行った。これが日本での大口径パイプルーフ工の最初であると思う。

当時国鉄でも列車回数も現在ほどでなく、工事術も架設がさほど困難でなかったこと、この大型水平ボー

オーガも日本に1台しかないということで、パイプルーフを使用した地下道の施工法も利用されなかったが、最近では新しい地下鉄の建設に伴う従来路線との交差部の施工に、自動車の激増に伴う鉄道踏切の立体化工事にと、これなしでは施工できないほどパイプルーフ工は盛んに使用されて来ている。

### 3. パイプルーフ工の用途

パイプルーフ工の用途はいろいろあるが、大別すれば次のようである。

- (1) 重要構造物の下を通過するシールド工法・推進工法による管の埋設など施工時の上部構造物の防護。
- (2) 工事桁の代用として軌道面下の路盤に打設し、軌道を直接支持する。
- (3) 土留め板の代用として使用する。
- (4) トンネル坑口の緩み防止と土留め工。

#### 3-1 重要構造物の防護

線路を横断する地下鉄、大口径下水道などを施工する場合、軌道の沈下防止が最も大切な問題である。

図-2にあるように、シールドと軌道面との間にパイプルーフ工を施工しておけば、掘進時湧水などによる切羽面の崩壊が起きても、土砂の流出をパイプが防止し、軌道に及ぼす被害を最小限にとどめることができる。またテールボイドによる沈下もこれがあれば一時沈下をしゃ断できるので、軌道に及ぼす影響が少なくなる。

#### 3-2 工事桁の代用

たとえば鉄道の下に道路を新設する立体交差工事の場合、従来は開削式で施工するのが多かったが、列車の運行・労働・安全などの問題から最近ではトンネル工法を採用せざるをえない実状である。

地下道の場合には取り付け部の延長を最小にするために土かぶりも少なく、軌道の荷重を直接受ける構造となっている。このためパイプルーフ工は単なる路盤の緩み防止でなく、軌道の支持桁として使用している。図-3、4はこの一例である。

#### 3-3 土留め板の代用

パイプルーフを帽子形に打設して、小口部より掘削し、支保工を建て込みパイプルーフを支持する方法がある。この場合軌道に平行の部分は工事桁の代用として使用しているが、側面のパイプルーフは単なる土留め板の代用である。側面のパイプルーフも鋼管が1本の桁になっているから、小口部を2~3m掘削しても片持梁の効果を果すので安心して掘削し支保工を建て込むことができる。そのうえ地盤を緩めることが少ないので、沈下が地表面に及ぶ危険性がない(図-5)。

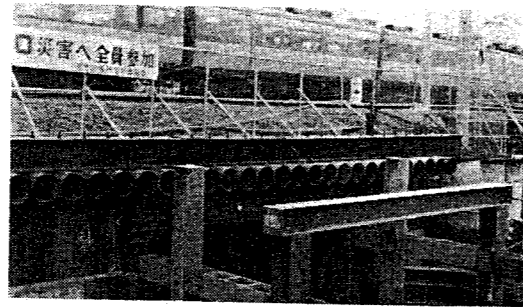


写真-1 パイプルーフ工

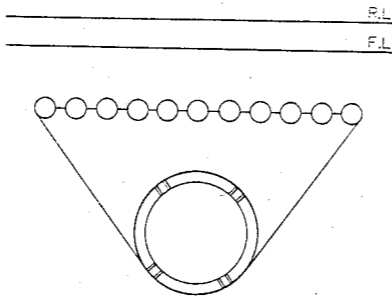


図-2 軌道防護用パイプルーフ工

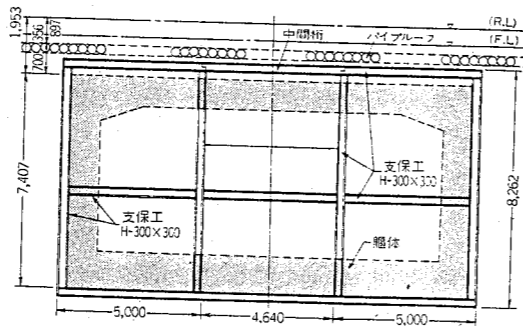


図-3 パイプルーフ施工図(東北本線小坂と道橋新設工事)

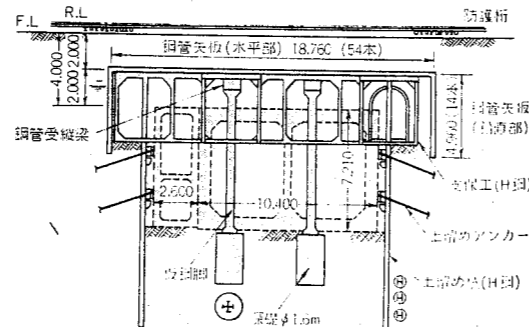


図-4 パイプルーフ施工図(中央線市ヶ谷駅地下鉄10号線建設工事)

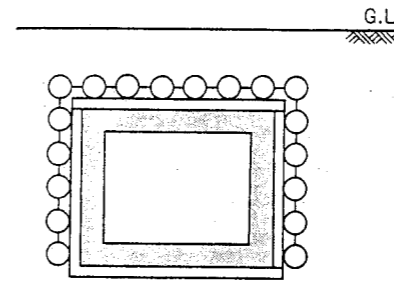


図-5 帽子型パイプルーフ

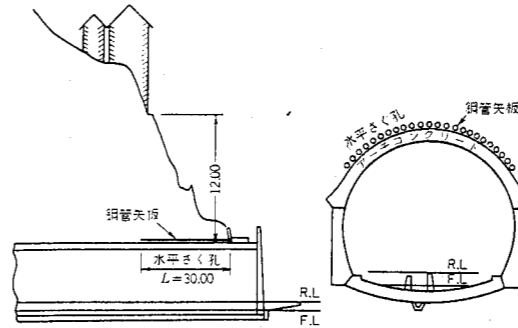


図-6 東海道新幹線第一熱海トンネルパイプルーフ

#### 3-4 トンネル坑口の緩み防止

トンネルの坑口付近は岩が風化しかつ表土も存在するので軟弱な場合が多い。そのうえ坑口付近に建物があり、この下を通過しなければならないような時には矢板の代わりに鋼管径10~12cm ぐらいのものを30cm 間隔に打

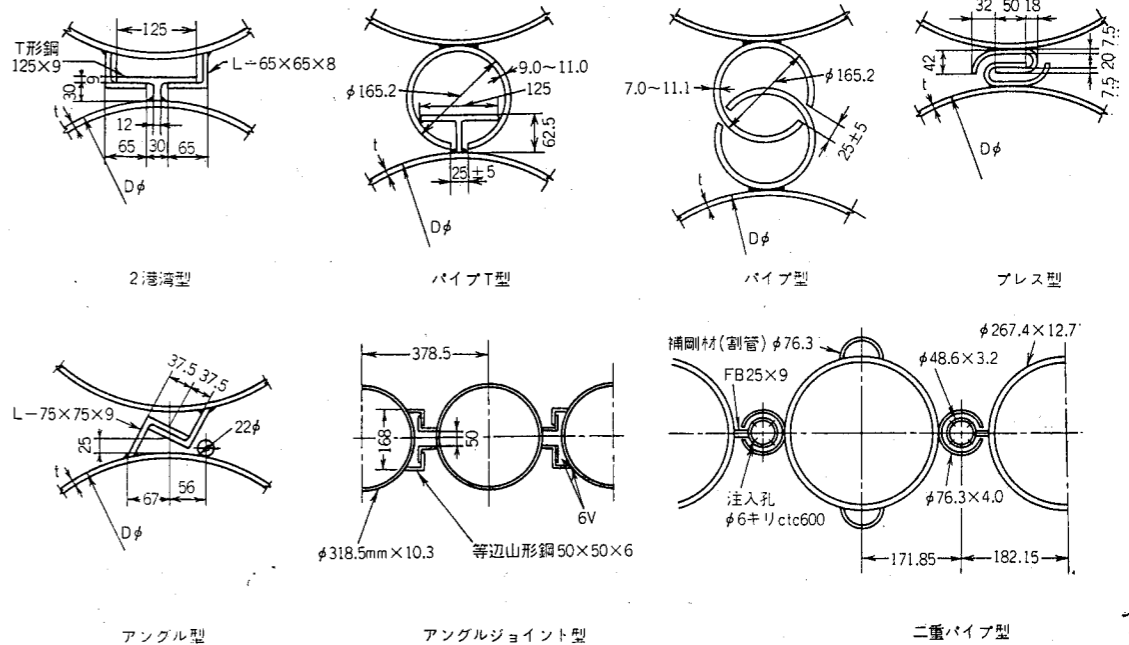


図-7 横継ぎ手の種類

ち込んで、この下に支保工を組みパイプルーフを支持している。この結果として、上部の家屋にはまったく被害を与えず大きな効果を得ている。図-6はこの施工である。

### 4. 鋼管および継ぎ手

#### 4-1 鋼管

使用する鋼管は普通鋼管杭用を使用している。表-1は主に使用される鋼管の一覧表である。出庫時の長さは5.5, 6mのものが多い。

使用する鋼管の径と肉厚は支間と上載荷重によるが、土質によっても決定することがある。たとえば掘削する場所の土砂に玉石の10~13cm 程度のものが含まれている可能性がある場合は、318mm の鋼管は使用せず402mm の鋼管を使用の方が施工上安全である。オーガと鋼管との間に石がはさまって回転できなくなるようなことがないように太めの鋼管を使用すべきである。

鋼管の決定方法は設計例において説明する。

#### 4-2 継ぎ手

パイプルーフの継ぎ手には2か所ある。すなわち鋼管とその左右に並ぶ鋼管との横継ぎ手と、鋼管の軸方向の継ぎ手すなわち縦継ぎ手とがある。

##### 4-2-1 横継ぎ手

鋼管は、パイプルーフとして使用される以前に鋼管矢板として河川工事における締め切り用に使われていたもので、この時の漏水防止用として考えられていたいろい

表-1 鋼管諸元表 (インチサイズ鋼管杭)

外径 D (mm)	厚さ t (mm)	断面積 A (cm <sup>2</sup> )	単位重量 W (kg/m)	断面2次 モーメント I (cm <sup>4</sup> )	断面係数 Z (cm <sup>3</sup> )	断面2次半径 i (cm)	外側表面積 F (m <sup>2</sup> /m)
318.5 (12½in)	6.0	58.91	46.2	719×10	452	11.0	1.00
	6.9	67.55	53.0	820×10	515	11.0	
	8.0	78.04	61.2	941×10	591	11.0	
	10.3	99.73	78.3	119×10 <sup>2</sup>	744	10.0	
355.6 (14in)	6.4	70.21	55.1	107×10 <sup>2</sup>	602	12.3	1.12
	7.1	77.73	61.0	118×10 <sup>2</sup>	664	12.3	
	7.9	86.29	67.7	130×10 <sup>2</sup>	733	12.3	
	9.3	101.2	79.4	152×10 <sup>2</sup>	854	12.2	
406.4 (16in)	6.4	80.42	63.1	161×10 <sup>2</sup>	792	14.1	1.28
	7.9	98.90	77.6	196×10 <sup>2</sup>	967	14.1	
	9.5	118.5	93.0	233×10 <sup>2</sup>	115×10	14.0	
	11.1	137.8	108	269×10 <sup>2</sup>	133×10	14.0	
457.2 (18in)	6.4	90.64	71.1	230×10 <sup>2</sup>	101×10	15.9	1.44
	7.9	111.5	87.5	281×10 <sup>2</sup>	123×10	15.9	
	9.5	133.6	105	335×10 <sup>2</sup>	146×10	15.8	
	11.1	155.6	122	387×10 <sup>2</sup>	169×10	15.8	
508.0 (20in)	6.4	100.9	79.2	317×10 <sup>2</sup>	125×10	17.7	1.60
	7.9	124.1	97.4	388×10 <sup>2</sup>	153×10	17.7	
	9.5	148.8	117	462×10 <sup>2</sup>	182×10	17.6	
	11.1	173.3	136	535×10 <sup>2</sup>	211×10	17.6	
558.8 (22in)	6.4	100.9	79.2	317×10 <sup>2</sup>	125×10	17.7	1.76
	7.9	124.1	97.4	388×10 <sup>2</sup>	153×10	17.7	
	9.5	148.8	117	462×10 <sup>2</sup>	182×10	17.6	
	11.1	173.3	136	535×10 <sup>2</sup>	211×10	17.6	
609.6 (24in)	6.4	100.9	79.2	317×10 <sup>2</sup>	125×10	17.7	1.92
	7.9	124.1	97.4	388×10 <sup>2</sup>	153×10	17.7	
	9.5	148.8	117	462×10 <sup>2</sup>	182×10	17.6	
	11.1	173.3	136	535×10 <sup>2</sup>	211×10	17.6	
711.2 (28in)	6.4	100.9	79.2	317×10 <sup>2</sup>	125×10	17.7	2.23
	7.9	124.1	97.4	388×10 <sup>2</sup>	153×10	17.7	
	9.5	148.8	117	462×10 <sup>2</sup>	182×10	17.6	
	11.1	173.3	136	535×10 <sup>2</sup>	211×10	17.6	
812.8 (32in)	6.4	100.9	79.2	317×10 <sup>2</sup>	125×10	17.7	2.55
	7.9	124.1	97.4	388×10 <sup>2</sup>	153×10	17.7	
	9.5	148.8	117	462×10 <sup>2</sup>	182×10	17.6	
	11.1	173.3	136	535×10 <sup>2</sup>	211×10	17.6	

ろの継ぎ手がある。この方法がパイプルーフの場合も横継ぎ手として用いられているが、常用されているのはこのうち2~3種類である。

この継ぎ手は鋼管圧入時のガイドの役目をするると同時に、鋼管上部の土砂の流出を防ぐ効果も有している。

4-2-2 縦継ぎ手

パイプルーフの鋼管1本の長さが仮に20mであるとすると、マーケットサイズは1本が6mであるので、6m+6m+6m+2mとなる。

この鋼管の縦継ぎ手は普通V形溶接継ぎ手とする。溶接箇所は1線にそろえず、第1本目の管に2mの端数管を1本おきに入れるようにするのが良い。

5. 施工機械

鋼管を圧入するには鋼管の先端部を掘削する必要がある。掘削方法に排土の方法で次の2種類に分けられる。

(1) 水を使用した排土方式

(2) アースオーガによる排土方式

5-1 水を使用した排土方式

(1) 10~12cm ぐらいの鋼管を圧入する場合は、一般にボーリング用機械を使用している。鋼管はケーシングとして圧入すれば良い。

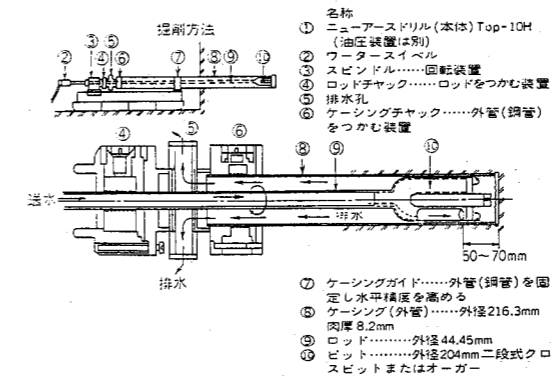


図-8 TOP-10H

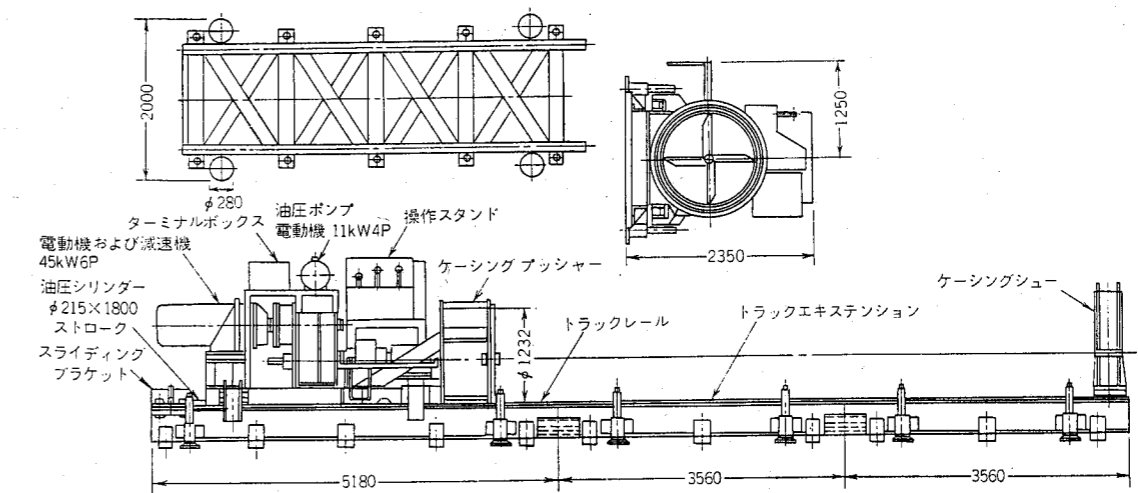


図-9 KA-MO水平・オーガ

(2) 15cm 程度のものでも粘性土の場合は水による排土方式が使用されている。図-8はトネボーリング機で製作したTOP-10Hで新橋駅地下トンネルのパイプルーフに使用した機械である。

5-2 アースオーガによる排土方式

鋼管径20cm以上のものはほとんどこの方式である。これらの圧入推進機は製作会社によって多少異なっているので、2~3の例を挙げて特徴を説明する。

5-2-1 KA-MO水平・オーガ

本機は米国からの輸入機であったが、日本では石川島ユーリング機で製造している。

本機の諸元は次のとおりである。

形式: KA-MOKE1200

寸法: 幅2,000mm×長さ5,180mm×高さ2,350mm

重量: 本体12t

電動機: オーガ駆動用A C45kW

〃: 油圧ポンプ駆動用A C11kW

オーガ回転数: 16.5rpm

オーガトルク: 最大2t・m

推力: 100t

油圧シリンダ速度: 100t 55cm/min  
50t 104cm/min

ただし鋼管の回転はできない。

5-2-2 TPM推進機

豊福建設が開発した機械であるが、現在はこの会社はない。しかし2~3の建設会社で使用している。

本機の諸元は次のとおりである。

形式: TPM推進機4号型

寸法: 幅2,230×長さ5,400mm×高さ2,250mm

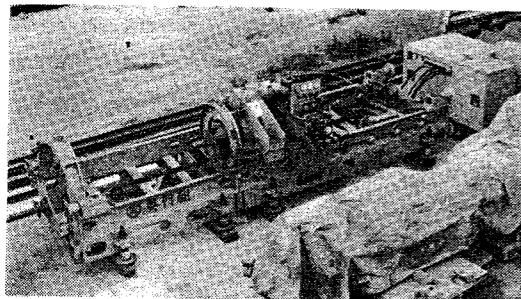


写真-2 OHA推進機

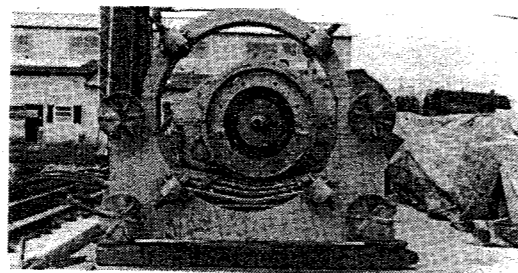


写真-3 OHA推進機 (正面)

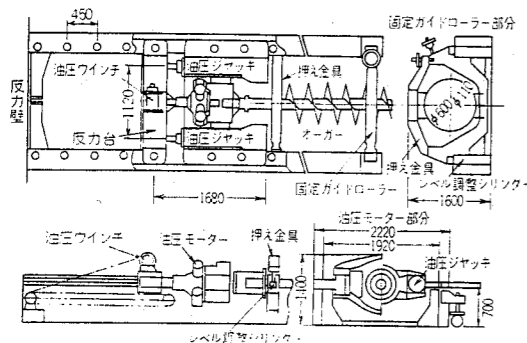


図-10 TPM推進機

重量：16 t

電動機：オーガ駆動用 45kW  
 オーガ回転数：30rpm  
 推力：400 t  
 ただし鋼管の回転はできない。  
 5-2-3 OHA推進機  
 (俣奥村組が開発した推進機でOHAはオクムラ・ホリ  
 ゾンタル・オーガの略号である。  
 本機の諸元は次のとおりである。  
 形式：OHA 3号型  
 寸法：幅2,080mm×長さ5,950mm×高さ1,580mm  
 重量：13 t  
 電動機：37kW (鋼管回転, オーガ回転用)

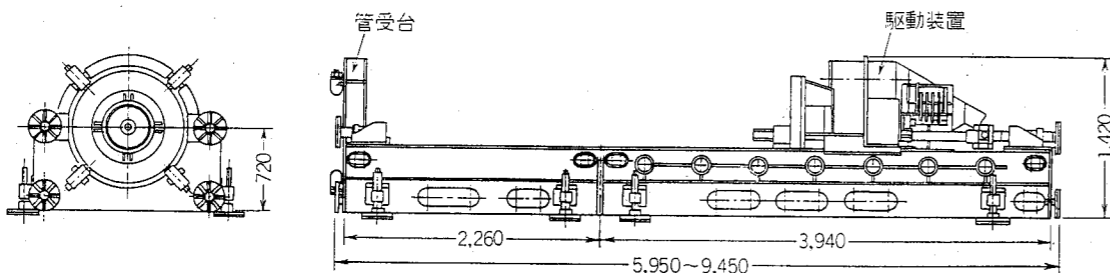


図-11 OHA推進機

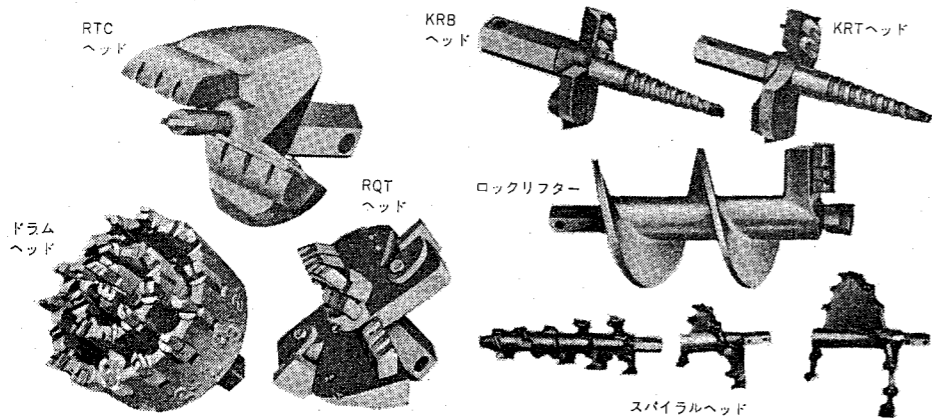


図-12 オーガヘッド

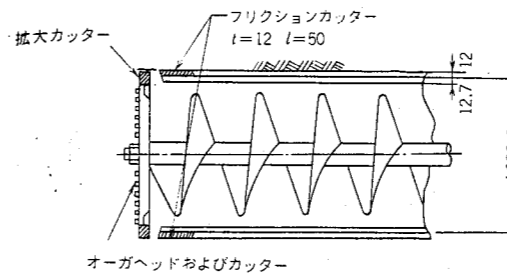


図-13 特殊ヘッド

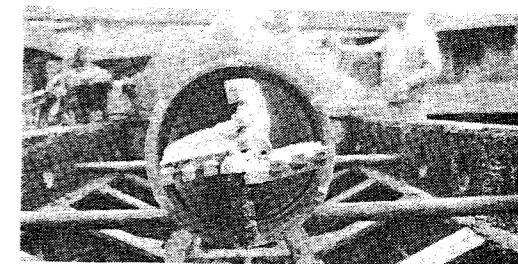


写真-4 軟岩用オーガヘッドおよび鋼管刃口

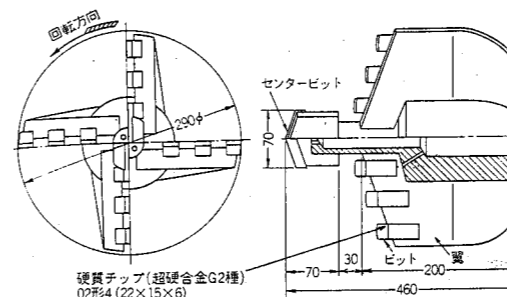


図-14 軟岩用オーガヘッド

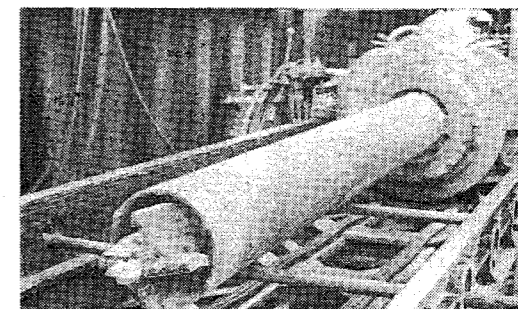


写真-5 圧入準備中の軟岩用鋼管

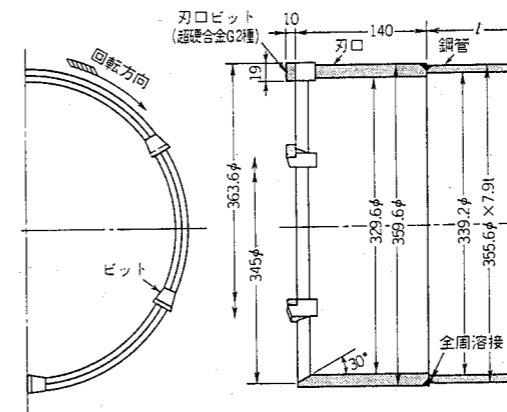


図-15 鋼管特殊刃口 (6ビット)

電動機：11kW (推進用)  
 オイルモーター (鋼管回転用)：  
 最大トルク 553kg・m×2 台  
 オイルモーター (オーガ回転用)：  
 最大トルク 553kg・m×1 台  
 オーガ回転数：11.7rpm (最大トルク 1,050kg・m)  
 鋼管回転数：0~2.5rpm (最大 " 4,760kg・m)  
 推力：200 t  
 本推進機は鋼管 (横縦継ぎ手付き) を圧入することもできるが、鋼管を回転させて圧入することもできる特徴を有している。

図-11に示すように推進台の長さは市販の鋼管の1本の長さによって伸縮できる構造になっている。鋼管長6mの場合には台長が9.45mであるが、鋼管長を3.5mとすれば推進機台の長さは5.95mとすることができる。

排土は切羽の土砂をオーガで運搬して、駆動装置の排土口で機外に排出するようになっている。

掘削土が粘性土である場合には、オーガの羽根に土砂が付着することも考えられるからオーガシャフトを中空にし、この中から水をオーガヘッドに送って噴出するように製作している。

5-3 オーガヘッドの形状

オーガヘッドは掘削する土質によって異なりいろいろと工夫されている。一般にはオーガの引き抜きを考慮して、オーガヘッドの径が鋼管径より小さくなっているが、正確に圧入するために拡大できるヘッドも製作されている。

5-4 コンクリートおよび軟岩掘削用ヘッドと鋼管刃口

パイプルーフ打設場所は構造物のある場所が多いから、コンクリートまたは軟岩が存在することがある。このような時にはOHA推進機を使用し、施工法で詳述するが、コンクリート破砕用オーガヘッドと超硬ビット付きの鋼管刃口を使用して回転式を施行すれば、コンクリートまたは軟岩を切断貫入することができる。

図-14は特殊ヘッド、図-15は鋼管刃口である。(つづく)

# 土木情報 No. 53

今月のおもな入札結果 (8月16日~9月15日)

事業主体	工 区 名	請負主体	請負金額 (万円)	トンネル 延長(m)	工 法	期 間
函 館 開 建	駒ヶ岳導水トンネル1工区	フジタ工業・三菱建設JV	76,800			
"	" 2工区	鉄建建設・岩倉組土建JV	79,100			
東 北 地 建	浅瀬石川ダム 一般国道102号付替5工区落し滝トンネル	大日本土木	80,500			
東 北 農 政 局	日中ダム仮排水路トンネル	大成建設・鹿島建設JV	66,000			54.3.末
中 部 地 建	静国~谷稲葉トンネル西工区その1	清水建設	59,000			
"	" 時ヶ谷トンネル新設その1	住友建設・地崎工業JV	49,500			
"	" 潮トンネル新設	飛鳥建設	45,000			
"	" 白岩寺トンネル新設	佐藤工業	47,500			
四 国 地 建	河西トンネル工事	戸田建設	53,850	907.81		54.1.31
福 島 県	阿武隈流域下水道事業関連の県中幹線管きょシールド(1-1)工事	三井建設	108,300	980.6		
千 葉 県	手賀沼流域下水道北部幹線管きょ築造(709工区)	鴻池組	73,000			
"	手賀沼流域下水道北部幹線管きょ築造(711工区)	奥村組	64,000			
長 野 県	長野電鉄長野線権堂工区	清水建設・熊谷組・北野建設JV	92,150	205		54.10.31
都 下 水 道 局	古川幹線その7	大林組	131,400			
"	花畑西雨水幹線その1	日本国土開発	71,500			
神 奈 川 県	相模川流域下水道その16	清水・鴻池組JV	62,000			
"	" その17	藤村・東洋JV	74,400			
川 崎 市	矢上川下水幹線第7号	東急建設	85,900			
名 古 屋 市	高速鉄道浄心駅工区新設工事	銭高組・前田建設工業JV	394,800	121	開 削	39か月
"	高速鉄道江川端町工区	竹中土木	209,000	453.5	"	31か月
"	" 浅間町工区	五洋建設・フジタ工業JV	377,000	179	"	39か月
"	" 六句町工区	西松建設・大林組JV	580,000			40か月
"	" 丸の内工区	佐藤工業	256,500	20	開 削	35か月
"	" 桜通伏見工区	飛鳥建設	200,000	309	"	34か月
京 都 府	桂川右岸流域下水道管きょ築造東幹線⑤工事	西松建設	64,000	655	シールド	54.3.25
大 阪 府	飛行場(南北)幹線下水管きょ築造第3工区	三井建設・住友建設・浅沼組JV	187,000	1,003	汚水加圧式シールド	54.9.30
"	寝屋川四条坂幹線下水管きょ築造第2工区	大林組・佐藤工業・竹中土木JV	136,000	1,338	土圧パランス式シールド	
"	弁天幹線下水管きょ築造その5-1	三井建設	77,300			
神 戸 市	玉津汚水幹線敷設その2	西松建設	82,500	1,178	汚水加圧シールド	54.3.31
"	" その3	飛鳥建設	76,000	1,082.5		54.3.31
福 岡 市	高速鉄道2号線呉服町停留場および地下一般部工事	大日本土木	278,800	319.5	開 削	36か月



## パイプルーフ工入門(2)

萬澤哲雄\*

- 前月号までの内容-----
1. はじめに
  2. パイプルーフ工はいつ頃から使用されたか
  3. パイプルーフ工の用途
  4. 鋼管および継ぎ手
  5. 施工機械

### 6. 施 工 法

パイプルーフの施工法は施工機械の項で示したように、機械の構造から図-16のように分類される。

鋼管の圧入施工法は使用する鋼管径、土質、目的などによって最も効果的なものを選定して用いている。これから各工法の概要と施工上の問題点について述べる。

#### 6-1 水を使用した排土方式の工法

ボーリング掘削機械を使用する場合はこの方法である。ボーリングロッドの先端に付けたクロスビットを回転させながら岩石などを粉砕し、ずりの排出方法としてクロスビットの先端から水を噴出させ、この水によって排土している。この理論を応用して土砂用につくった掘削機がTOP-10Hであって、小口径の鋼管圧入に使用されている。

#### 6-1-1 ボーリング機械による施工

主にトンネルの坑口付近の地盤沈下防止に用いるもので、ボーリング機械でそう入する鋼管より少し径の大きい孔を掘削し、鋼管をそう入して管の内外にモルタルをてん充する方法である。鋼管を土留め矢板の代用として

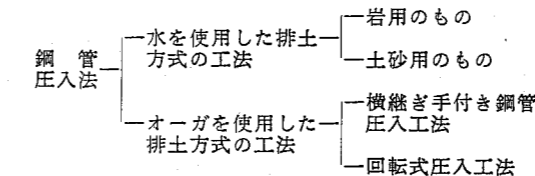


図-16 施工法の分類

\* 奥村組技術研究所

いる。

- (1) 使用鋼管径：85~116mm
- (2) 土質：風化岩または軟岩
- (3) 鋼管中心間隔：場所・土質などによって異なるが300~400mmが多い(図-6参照)。

#### 6-1-2 TOP-10Hによる施工

本工法は新橋駅地下トンネルに使用されたもので、地表面の沈下防止用である。この付近の土質は洪積の砂質土であったため岩用ボーリング機械による掘削は困難であるので、特に考案されたTOP-10Hを使用している。

機械の構造は図-8で示したように、鋼管の回転圧入装置とボーリングロッドの回転装置を備え、ロッドの先端には土砂用クロスビットがあり、中心部に水の噴出孔がついている。施工法は推進台上の鋼管圧入装置でまず鋼管を圧入し、クロスビットは鋼管先端より少し後方にあるように配置し、鋼管内に侵入した土砂を掘削し、水で排土するものである。図-17はこの工法を使用した新橋駅地下トンネルの断面図である。

- (1) 使用鋼管径：216mm 鋼管刃口にはダイヤモンドビットを取り付けた。

- (2) 適用土質：砂質土で20~30mmれきを混入していた。

- (3) 鋼管の中心間隔：400mm

#### 6-2 オーガを使用した排土方式の工法

オーガによって圧入鋼管の先端の切羽を掘削し、かつ発生土砂を運搬する方式であるが、鋼管の形状、圧入の方法によって横継ぎ手付き鋼管圧入工法と回転式圧入工法とに分れる。

パイプルーフには上記両工法とも使用されているが、横継ぎ手の構造には施工会社特有のものもあり、商社が実用新案権を保有し、使用を制限しているものもあるので、使用に当たっては注意が必要である。

#### 6-2-1 横継ぎ手付き鋼管圧入工法

使用する鋼管は図-7で示したような横継ぎ手の内パイ

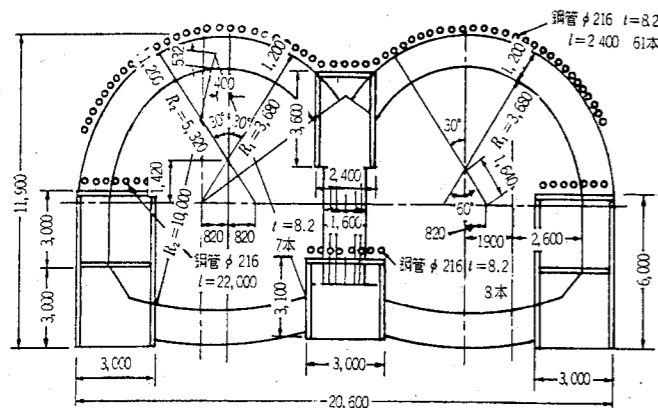


図-17 新橋駅地下トンネル防護用パイプ工法施工図

パイプとして最も使用しやすい継ぎ手を側面に溶接したものである。

圧入の方法は施工する場所の土質によっても異なるが、オーガで鋼管切羽を掘削し圧入ジャッキで管を圧入している。図-18はこの施工法を示す1例の側面図である。

- (1) 使用鋼管径：内径300~1,000mm
- (2) 適用土質：砂・れき・粘性土など、軟岩・障害物の多い所では不適。
- (3) 立坑の大きさ
- (4) 長さは使用する推進機によって多少違うが、寸法はほぼ同じで、市販の鋼管長が5.5~6mであるので、推進機長は約9mとなり反力受け台・腹起こしなどを加味すると土留め杭間は約11mとなる。
- (5) 立坑の幅は製作会社によって多少違うが、機械幅はほぼ2mであるので、機械の外側に推進機据え付け作業用の余地を考え、機械中心線から外2mぐらいの所に土留め杭が来るようにしている。図-19は立坑の大きさを示したものである。

(4) 架台

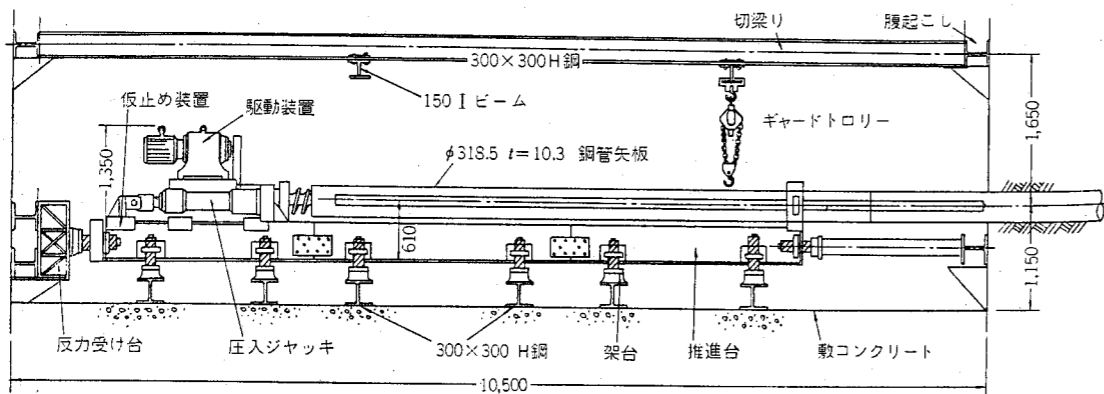


図-18 横継ぎ手付き鋼管圧入工法施工図

立坑内には推進機を据え付ける架台が必要である。架台は推進機に所定の方向を与える台であって、推進機の移動にも便利なように考えねばならない。

立坑の底面が軟弱な場合には敷コンクリートを打設する。堅固な土質の場合はH鋼の敷桁を並べるだけで十分である。

架台はH鋼を使用し、図-18のように推進機の据え付け用ジャッキのある位置および移動用ローラーのある場所の下面にパイプに直角に並べる。ただし斜角の場合は移動に便利にする。

推進機は架台上に所定の位置に据え付

(5) 掘削・鋼管の圧入

推進機は推進台と駆動装置からなっており、図-18に見るとおり駆動装置にはオーガ回転用モーターと鋼管圧入用のジャッキがある。

掘削用のオーガヘッドに図-22で示したように色々な形式があるが、掘削する土質の硬軟により最も適した形状のものを使用するように心掛けねばならない。

図-20は粘性土に使用した鋼管圧入の先端部の図であるが、この場合は鋼管を圧入してその後オーガによって掘削する方法を採っているが、砂質土でN値が高い場合には、オーガを鋼管より先行させ切羽を掘削して鋼管を圧入するという形式をとる場合が多い。

鋼管圧入に必要なジャッキ圧力は、鋼管の周面摩擦力和先端抵抗の和である。このジャッキの反力はまず推進台で取り、不足する圧力は推進台背面の反力受け台をとおして土留め杭に取っている。横継ぎ手付き鋼管圧入工法を使用する場合の立坑は、施工に当たって圧入反力を支持できる構造にしておかねばならない。

特に架台が地上面に出るような場合には、鋼管圧入反

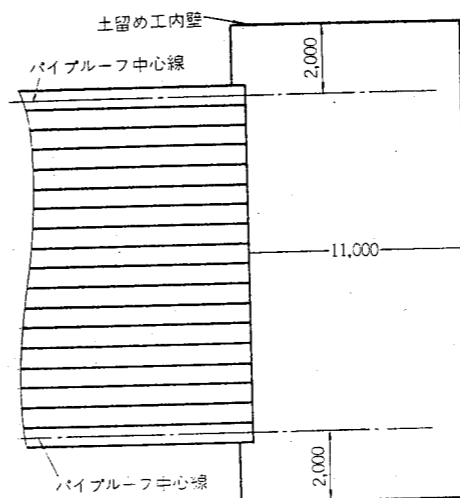


図-19 立坑の大きさ

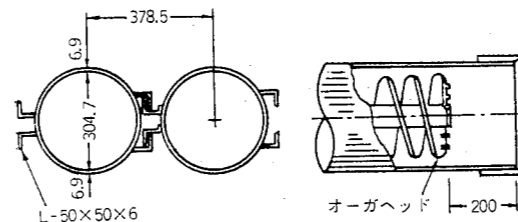


図-20 鋼管先端部断面図

力を架台で取る結果となるので、十分な強度をもつ設備を考えておかねばならない。

(6) 縦継ぎ手の施工

市販の鋼管が5.5~6mであるので、10m以上の鋼管の打設には縦継ぎ手が必要である。縦継ぎ手は鋼管の弱点であるので、1か所に集めず交互になるようにしなければならない。図-21はこの1例である。

縦継ぎ手の溶接部は図-22のようになる。鋼管の横継ぎ手は工場で溶接して現場に搬入するが、約600mmの長さの分は現場溶接としている。

施工の順序としては、まず鋼管を突き合わせV型溶接を行い、これが完了後600mmの横継ぎ手金物を溶接する。

この場合注意を要することは、鋼管の突き合わせ溶接は上半分は下向きの溶接で良好な溶接ができるが、下半分は上向き溶接となり、かつ推進台上がせまく完全な作業が困難である。このため十分な強度を期待できない欠点がある。

(7) 障害物の除去

パイプ工法の必要な場所は、大抵上部に構造物があり、この沈下防止のためのものであるから、何らかの

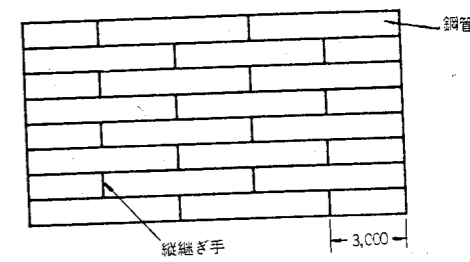


図-21 パイプ工法縦継ぎ手

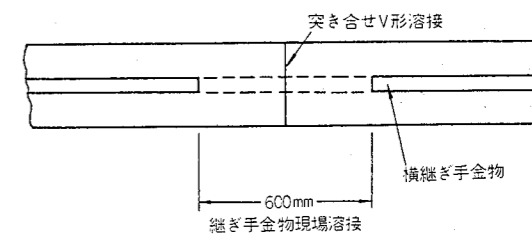


図-22 縦継ぎ手側面

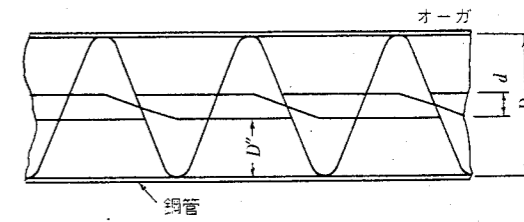


図-23 鋼管およびオーガ断面図

支障物が地中にあることが多い。また土質によっては転石・玉石などのある場合もあって、障害物の除去に困惑するものである。

(1) 玉石

オーガで土砂を掘削する場合、玉石はどのぐらいの径まで掘削運搬できるかと考えてみると、理論的には図-23のようになる。

計算式で示せば、オーガ通過最大径  $D'$  は、

$$D' < \frac{1}{2} (D - d) \text{ となる。}$$

$D$  : 鋼管の内径

$d$  : オーガシャフト径

玉石が  $D' = \frac{1}{2} (D - d)$  の  $D'$  より大きくなった場合は、鋼管内を通過できないので、オーガの回転をストップさせることがある。この場合は逆回転を与えたりして、上手に行けば、玉石を破碎し通過させることもある。

このような玉石による障害を防ぐためには、土質の調査を十分にを行い、玉石の径を調べこれらが通過できる鋼管径を選定することも大切な仕事である。

(2) 木杭・木片など

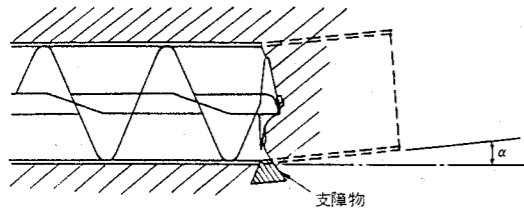


図-24 前進

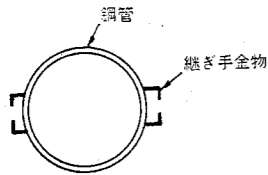


図-25 中心用鋼管

木杭・木片などが出た場合はオーガヘッドを先進させ杭・木片をヘッドによって破碎し、木屑は土砂とともに除去しているが、ヘッドの径外にある部分は除去できないので、鋼管の正面には木片が残りこのままで圧入すると鋼管が曲進するおそれがある。障害物を何とか苦勞して突破できる場合もあるが、どうしても鋼管が圧入できない場合には地表面から掘削して除去しなければならない。

地表面からの掘削ができないような時には、あらかじめ6-2-2で説明する回転式圧入工法を使用すれば施工可能である。

(イ) コンクリート片または石塊

コンクリート片の場合には普通のオーガヘッドでは破碎できない。特殊ヘッドを使用してオーガヘッドの幅だけ破碎しても鋼管の厚さに相当する部分が除去できないから、圧入不能または曲進の最大の原因となる。

このような場合が予想される時には、鋼管の先端まで作業員を入れて除去できるように鋼管径を600mm以上

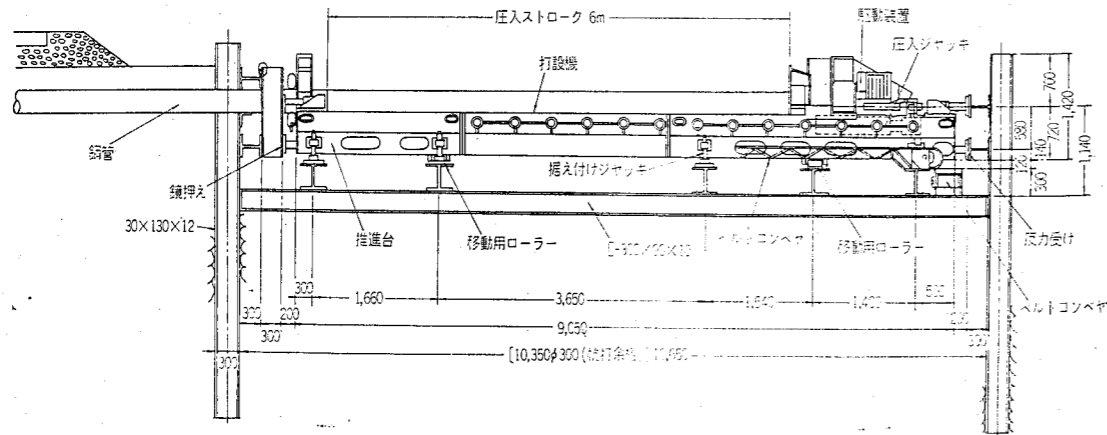


図-26 回転式圧入工法施工図

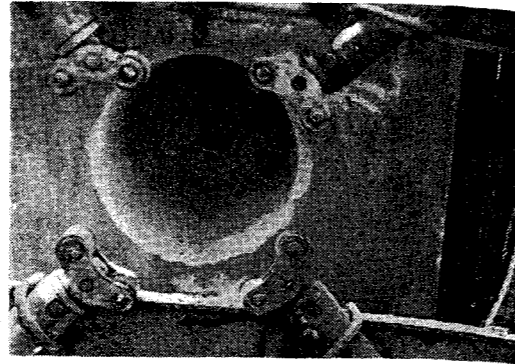


写真-6 コンクリートの切断試験

にしておくこともできる。土かぶりが多い場合には、地表面から掘削して除去することもできる。

地表面から掘削除去できないことが予想される場合には、5-4で示したような回転式圧入工法に軟岩用ヘッドと鋼管刃口を用いると200~300kg/cm<sup>2</sup>のものであれば切削除去できる。

(8) 施工上の注意

(イ) パイプルーフの施工法は、まず中心になる鋼管をできるだけ正確に打設し、これをリーダーとして左右に打設するのが普通である。

この中心になる鋼管は図-25のように継ぎ手金具の対称になったものを製作し、圧入すれば前面の抵抗が均一となるので精度が良い。

(ロ) 使用機械としてはTPM、KA-MO、OHAなどの機械も使用されている。

(ハ) 現在の機械では打設中の方向制御は不可能であるから、推進機の据え付けが大切である。架台の組み立てなど堅固にしておくこと。

(ニ) 横継ぎ手は図-7のとおりであるが、この内パイプルーフに使用されているものは2港湾型、アングルジ

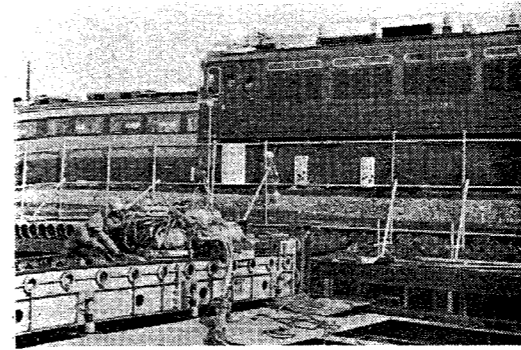


写真-7 OHA推進機による回転式圧入工法

ポイント型、2重パイプ型などである。

6-2-2 回転式圧入工法

この工法は横継ぎ手を用いず鋼管を回転させながら圧入する工法であるため、次のような特徴を有している。

- ①土質の変化に対しても鋼管刃口で掘削して進行するので曲進のおそれがない。このため精度が良い。
- ②木片・玉石などの支障物があっても、ある程度突破できる。
- ③土かぶりが少ない時でも上部の土砂とともに進めることがない。
- ④土かぶりが少ない時でも陥没を起こすことがない。
- ⑤鋼管の縦継ぎ手の溶接は十分信頼できる強度を有している。

図-26は回転式圧入工法の施工方法図である。この図により説明する。

- (1) 使用鋼管径：内径300~500mm
- (2) 適用土質：軟岩・砂れき・粘性土など
- (3) 立坑の大きさ
- (イ) 立坑の長さは推進機の機長によって決定される。

回転式圧入工法用の推進機としてはOHA（オクムラ・水平・オーガ）推進機がある。OHA推進機は

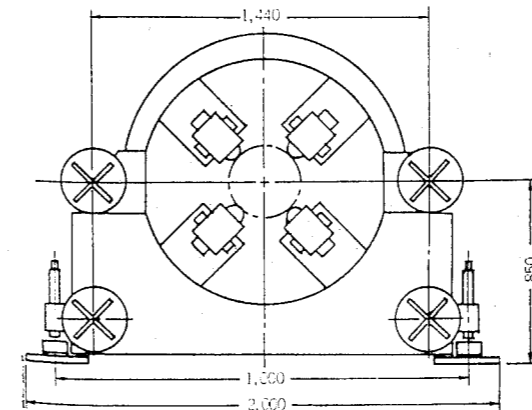


図-27 OHA推進機正面図

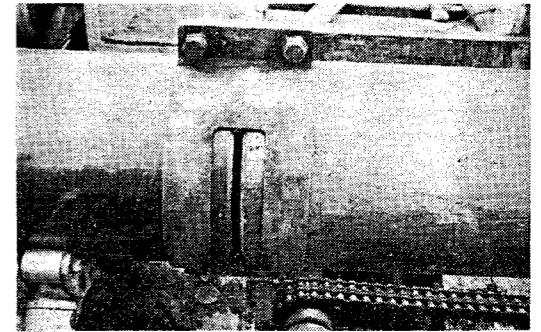


写真-8 鋼管接続用金具



写真-9 鋼管刃口

1号機より3号機までであるが、機長はほぼ同じで、図-26で示すとおり土留め杭間すなわち立坑の長さは10.7~11.0mとしている。

(ロ) 幅については、OHA推進機が図-27に示すように機幅が2mであるので、この場合も図-19のようにパイプルーフの幅より約4m広くとる必要がある。

(4) 架台

架台は横継ぎ手付き鋼管圧入工法の場合とほぼ同様であるが、鋼管圧入が回転式であるため摩擦抵抗と先端抵抗が小さく、圧入延長20mの場合で、土質によって異なるが20~30tと想定され、土留め工に及ぼす反力は考慮に入れなくて良いくらいである。なお架台が地上面より上部にある場合は反力が小さいため構造が簡単となる利点がある。

(5) 縦継ぎ手の施工

鋼管の縦継ぎ手は、打設済みの鋼管と接続鋼管とを接続用金具で仮止めを行い、十分中心線を合わせてから鋼管の接続部を仮溶接し、接続用金具を取りはずす。次に鋼管を回転させながら全周突き合わせV形溶接を行っている。本接手の溶接は常に下向き溶接が可能であるため引っ張り、圧縮、ねじれともに十分なる強度を出すことができるので、工事術として信頼することができる。

(5) 掘削・鋼管の圧入

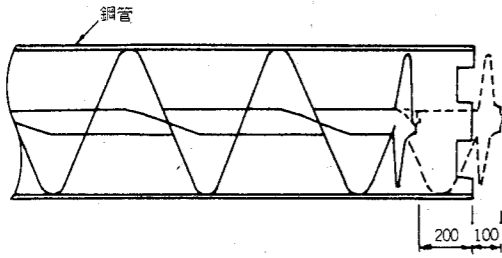


図-28

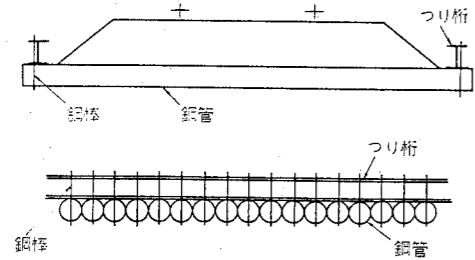


図-29 パイプルーフ端部固定方法図

圧入管が回転する方式であるから、鋼管の先端部に写真-9のような刃口を付けておけば、木片くらいのものは切断除去し、掘削力によって直進性が良くなる傾向を有している。なお玉石などの存在する場合で管内にある場合はもちろんのこと刃先にかかるものは刃先の回転力により管内に引き込まれる効用がある。このように支障物を除去できるから、直進性が良いわけである。

掘削用オーガは300mmだけ前進・後進できる構造であるから、軟弱なる土質・自立不能なる砂利層などの場合には図-29のようにオーガ先端を200mm引っ込めて掘削するので、鋼管内に侵入した土砂のみしか掘削しない。この効用として土砂の陥没を起こさない。切羽の土

ニュース

ニュージーランド・ドナー社に輸出  
三井造船アイムコのロッカーショベルなど

三井造船アイムコ(株)は、発足以来エンパイロテック・アイムコ社の国際販売網を通して、三井アイムコロッカーショベル、エクスカベータおよびサイドダンプローダなどの輸出を積極的に進め、すでに50台をこえる実績をおさめている。このほど、オーストラリア・アイムコ社を經由してニュージーランドのドナー社向けにRS95AL型ロッカーショベ

ル2台およびME630型エクスカベータ1台総額4,000万円を成約し、船積みを終了した。また台湾水利局から引合があったRS55型ロッカーショベルにもすでに、日トレを通じ、部品を含め成約額1,600万円で見地契約が終わり、近く船積みされる。

三井アイムコの坑内用ローダおよびエアモーターの輸出については、引き続き海外から多くの引合いを受

けており、今後とも輸出の進展が期待される。

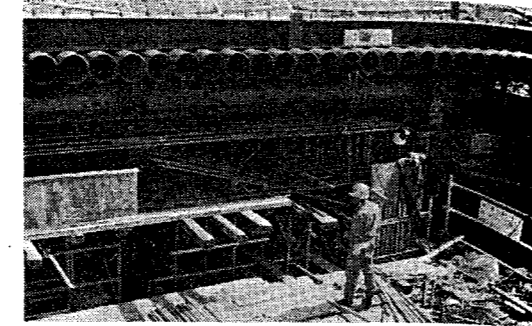
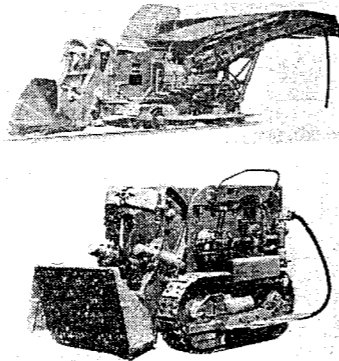


写真-10 パイプルーフ端部の固定

砂が硬く締まっている場合、または土円のような場合には、オーガの先端を100mm鋼管外に出すようにすると能率良く切削できる。鋼管の回転は1分間に1~2回、オーガの回転は10~13回としている。

推進台には移動式反力受け台があり、駆動装置に取り付けられた圧入ジャッキを反力受け台を支点として圧入すれば、駆動装置全体が前進する。鋼管は駆動装置の前進により圧入される。

(6) 施工上の注意

(イ) 鋼管相互間の密着

これは施工技術の問題である。1本の鋼管を打設し、次の鋼管が常に密着するよう推進台の方向を定め、推進台前部のガイドわくで締め付けながら圧入することが必要である。これらに注意して施工すれば上部の土砂が漏出しないよう施工することができる。

(ロ) パイプルーフの両端部の固定

パイプルーフの両端部をH鋼で連結して一体化すると、掘削時に鋼管上部の荷重を他の鋼管にも分散することができるので、施工時に安全である。

図-29は端部固定の方法図である。(つづく)



吹き付けコンクリート工入門(5)

天野 礼二\*

前月号までの内容

1. 総論
2. トンネル支保としての経緯と実績
3. 吹き付けコンクリートの施工
4. 青函トンネルでの施工
5. 新関門トンネルでの施工

6. 一関トンネルでの施工

6-1 まえがき

東北新幹線一関トンネルは、全長9k730mの複線トンネルであり、4工区にわけ、昭和47年9月に最初の導坑掘削が開始され、現在、すでにトンネル工事は完了している。そのうち観音工区の上半において、48年7月から10月にかけて、国鉄で開発された自動吹き付け機が延長330mにわたって試験施工されたので、6章ではその概略について述べる。

6-2 設計

(1) 地質

一関トンネルは、北上山系を貫き、ほぼ古生層からなっており、吹き付け施工区間の地質は、花こうせん緑岩、

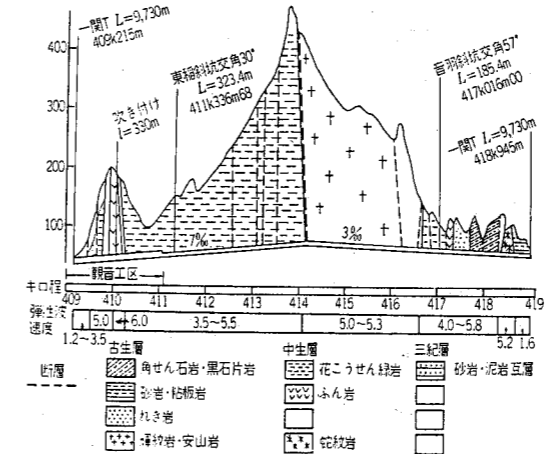


図-21 地質縦断面図

\* 日本鉄道建設公団工務部工務第1課長

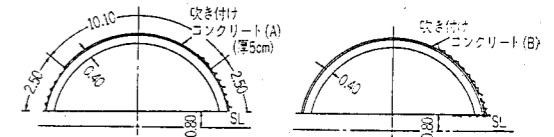


図-22 吹き付けコンクリート

ふん岩、硬質砂岩などが分布し岩IVに相当する。かぶり厚は約150mmで、一部の岩肌にはじむ程度の漏水がみられたほか、ほとんどは水気のない硬質岩区間である。

(2) 吹き付け厚さ

吹き付けコンクリートの設計厚は、5cmと10cmの2通りとした。また、吹き付けコンクリートを施工した区間は、アーチコンクリート厚40cmとした。

(3) 設備

坑外に骨材サイロ、ベルコン、半自動個別計量器、ミキサーおよびセメント倉庫などを設備した。コンテナ台車による材料運搬、移動式走行クレーン、スクリーコンベヤのセットされた吹き付けジャンボは、新関門トンネルで使用されたものと同型式である。

(4) コンクリート自動吹き付け機の機能と構造

自動吹き付け機は、切羽までの前後進と方向変換が容易にできる自走式台車と、ブームとジブ、ノズルの円滑な操作が行える油圧機構とからなっている。

(イ) 走行台車

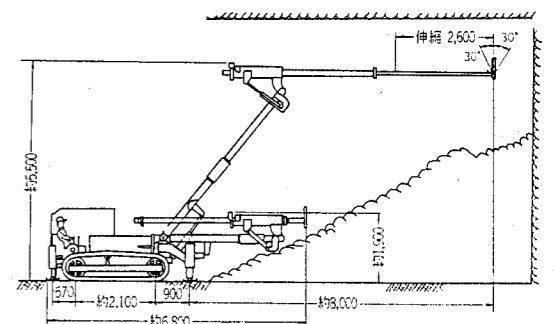


図-23 コンクリート自動吹き付け台車(RC-8)

③逆巻きコンクリート打設工法

④柱列地中壁工法

など、各種工法が考えられるが、泥水加圧式シールド工法を採用すること、スペースの問題、立坑の深さ(20m)、地層、地下水圧、工期などの前提条件を勘案し、比較検討した結果、連続地下壁工法を採用することとした。

なおこの立坑は、将来管きょ築造の完了後、連続地下壁を外わくとして内部に鉄筋コンクリートで完全な内室を築造し、マンホールとする計画である。

9. 発進のための坑口の地盤改良

当初計画においては、デープウェルとロッド注入の併用により初期発進をなすべく計画していたが、工事着手直後に、地盤試掘をかねてφ1,000mmのベント調査を行ったので、これを利用して8時間の揚水テストを行った。

しかしながら、洪積層で透水係数も大きく(10<sup>-1</sup>cm/s)地下水圧も高く、デープウェルによる揚水の影響範囲は半径600~700mにも及び、到底長期間の揚水は不可能と判断したため、ロッド注入とスリーブ注入の併用に工法変更して、初期発進を成功させた。

なにぶんにも透水性の高いところなので、注入にも細心の注意を払い、注入効果を上げるべく、また付近の住民に影響のないよう考慮して施工した。

一方、薬液注入に際して発生する残土および排水は薬液が混入しているので、残土については、水切り後ダンプにて場内の一定土捨場へ、排水については、良水を加え希釈してpH調整のうえ排水することにした。

10. 山陰本線下の施工

山陰本線の軌道中心線は、シールド発進口より約45mの地点で管きょ中心線と直交している。軌道を中心として管きょ延長約70mの区間が軌道への影響範囲と考えられるので、発進後わずか10mくらいで、この範囲内にシールド機が進入することとなる。この時期は、まだ発進直後の初期段取りに手間のかかる時期であり、この約70mの区間を通過するのに非常に時間がかかることとなり、極めて悪条件である。このため、地盤沈下の主原因であるテールポイドを最小限に抑えるため、1リングごとの掘進後ただちにセメントモルタルの加圧裏込め注入を施

すこととし、特別な地盤改良などは行わない計画とした。

また、国鉄米子管理局と協議の結果、従来の泥水加圧式シールド工法による軌道下横断の実例から考えて、一般的な道床バラストを補給する程度で、軌道保守が可能であると判断した。軌道の変状については、施工者側で毎日変状測定し、軌道の観察をして報告することとし、発進後約25mの地点から観測を開始し、軌道直下通過後も30日間を観測期間とした。現在まで進行中に8~14mm程度の道床沈下しか見られず、3~4回程度の簡単な軌道修正およびバラスト整正を行った程度で、別に大きな変化は見られなかった。

11. おわりに

本工事は、当初予想したよりはるかに大きいれきが点在、というよりむしろ群在といった方がよいような地層の中を、泥水加圧式シールド工法により掘進することとなったので、機械を改良し、パワーアップを図るなど施工計画に十分考慮を払って実施された。しかしながら、本年6月末に立坑より216m(240リング目)の地点で、掘進不能となった。

ただちに原因を調べたところ、アジテータ周辺に20~25cmの玉石が密集しかみ込まれていて、回転不能となっていたのでこれを取り除き、今後の対策を検討し、改良を加え8月上旬再び掘進できる状況となった。

泥水加圧式シールド工法の施工領域を広げるべく、現在まで種々検討を加え、改良を試みて来たが、まだまだ不十分であると認めざるをえない。今後とも鋭意、資料の整理分析を行い、巨れき地帯を貫通しうる工法、機種を選定、その組み合わせなどを確立していく所存である。

なお、本工事もまだ1/3以下の執行状況であり、実際の資料も不足していて、十分読者にご満足いただける報文とはいえないが、工事途中のことでもあり、なにとぞご寛容のほどをお願いしたい。上記トラブル発生後の詳細については再度機会があり次第、報告させていたければ幸いである。

末筆ながら本稿を執筆するにあたり、資料の提供などいろいろと協力いただいた西松建設(株)の技術陣を始め、各方面の方々に深甚の謝意を表する次第である。

★土木工学社図書紹介★

ベテラン専門家がわかりやすくまとめた教科書(日本大学・千葉工業大学)

トンネル工学概論

A5判・110頁・1000円

斎藤徹・濱建介・田島利男・長友成樹・今田徹著



パイプルーフ工入門(3)

萬澤 哲雄\*

前月号までの内容

1. はじめに
2. パイプルーフ工はいつ頃から使用されたか
3. パイプルーフ工の用途
4. 鋼管および継ぎ手
5. 施工機械
6. 施工法

7. 施工例

パイプルーフ工の構造・施工法については1~6章において説明したから、今回はパイプルーフ工をどのように利用しているかという観点から、施工例によりパイプルーフ工の設計と構造物築造に必要な掘削工法について

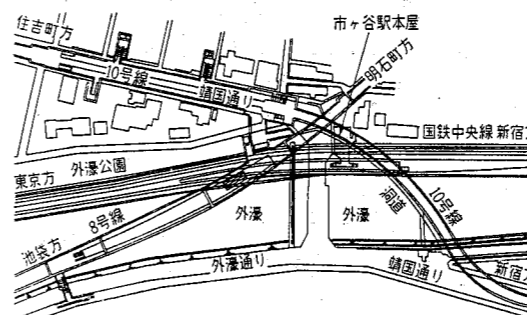


図-30 市ヶ谷付近平面図

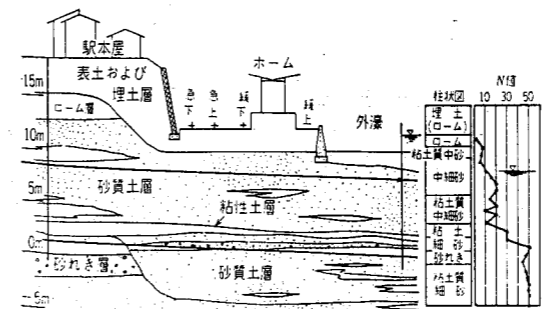


図-31 10号線地質縦断面図

述べる。

7-1 市ヶ谷駅における地下鉄10号線横断工事

中央線市ヶ谷駅は図-30で見ると、地下鉄8号線と10号線とが駅部の直下をトンネルで横断するという場所である。先に施工した地下鉄8号線は開削工法で国鉄線を横断したが、地下鉄10号線においては軌道面下で土かぶり約4mあり、かつ土質も締まった砂質土層であったので、開削式とせず小断面分割方式のメッセル工法で施工している(図-31)。

7-1-1 パイプルーフ工の目的

図-32は国鉄線路と10号線構造物との関係図である。パイプルーフ工は施工基面から2mの位置に打設し、工事桁の代用と掘削時の土留め矢板を兼用している。

しかし、本工事の場合は主要本線でパイプルーフ工を工事桁の代用とした例が少なかったために、軌道の沈下を考慮してH鋼造の上つり桁を補助として使用している。

表-2

区分	摘	要
鋼管	外径267.4mm, 肉厚12.7mm, 鋼管長49m. ×82本	
横継ぎ手	2重パイプ型	
使用機械	KA-MOKE1200特殊型	
圧入工法	横継ぎ手付き圧入工法	

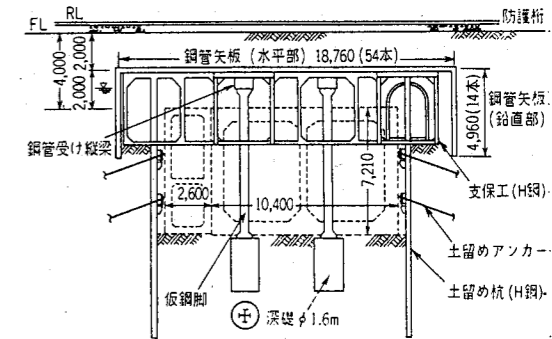


図-32 10号線掘削工断面図

\* (株)奥村組技術研究所

7-1-2 パイプルーフの設計

鋼管の設計に当たっては、たわみ限度5mmとし、鋼管の圧入延長50mから考えて径は267.4mmを採用した。圧入こう配は上向き25%である。

7-1-3 パイプルーフ工を利用した掘削工法

図-32は全体断面図で、施工の順序を図-34に示す。

パイプルーフ工は軌道面下を掘削するための補助工法であって、次の順序で施工する。

(1) パイプルーフ工を施工基面から2mの位置に帽子型に打設する。

(2) メッセル工法で導坑A・Cを掘削し、このC導坑を利用して、中間柱を4m間隔で深礎工法を使用して建植し、A導坑ではBH工法で土留め杭を1m間隔に打設する。中間柱の上部にはパイプルーフ工を支持する鉄筋コンクリートの桁を打設する(図-34(a))。

(3) 次に導坑B・Dを掘削し、B導坑に中間柱を、D導坑には土留め杭を施工し、A・B・C・D導坑間は支保工の上部の桁をつなぎパイプルーフ工を受ける(図-34(b))。

(4) パイプルーフ工は中間柱と土留め杭で支持しているので、上方から導坑支保工の柱を撤去しながら下方に掘削を進め、アースアンカーを使用して構造物底面まで

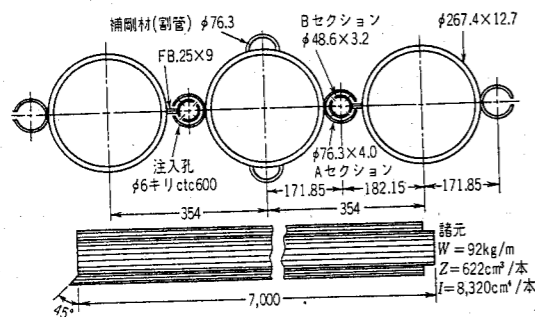


図-33 鋼管断面図

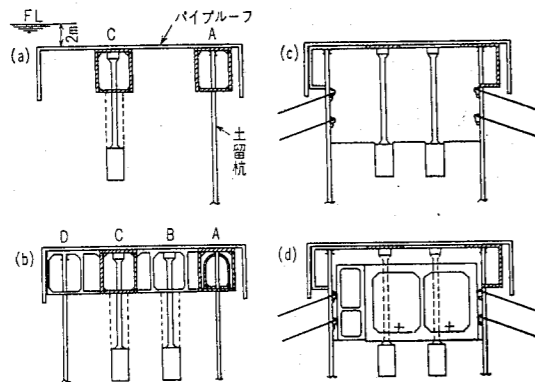


図-34 掘削工施工順序図

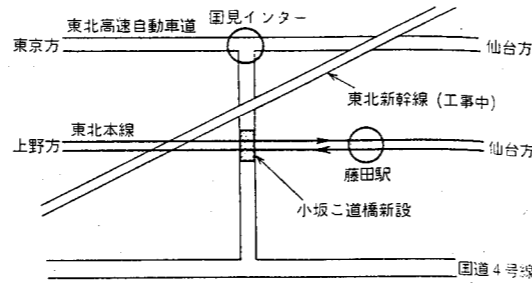


図-35 平面略図

掘削する(図-34(c))。

(5) 構造物は下床版から順次上方に鉄筋コンクリートで施工する。不用の柱は除去して構造物が完成する(図-34(d))。

7-1-4 本工事における特記事項

(1) 鋼管はオーガより先掘りするから、異物は取り除いて前進できるが、継ぎ手部は地山に圧入されるので、障害物の抵抗を受ける。

(2) 先掘り延長は短いほど地山の緩みが少ないと考えられる。本工事では20~30cmで施工した。

(3) 鋼管の先端にはフリクションカット用の爪をつけた。

(4) 鋼管の一部に補剛材を取り付けた(図-33)。

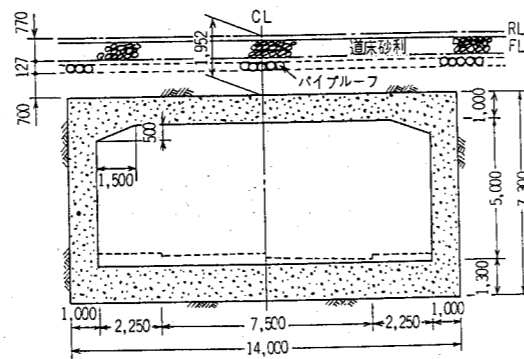


図-36 橋りょう側面図

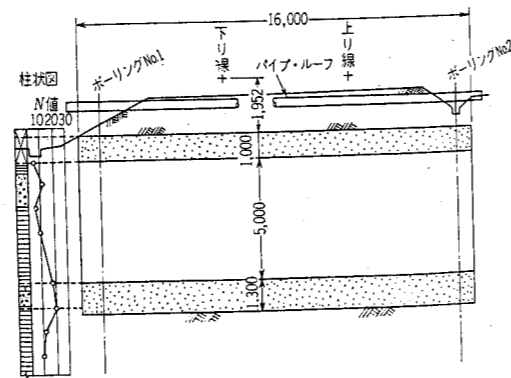


図-37 橋りょう断面図

(5) 2重パイプ型継ぎ手にはLW液を注入した。

(6) パイプルーフ工の施工精度は100分の1と考えた。

7-2 小坂こ道橋新設工事

小坂こ道橋は、東北高速自動車の国見インターと国道4号線を結ぶ新設道路が東北本線と交差する地点に設けられたもので、道路が国鉄線の下を通るアンダーパス方式である。図-35は現場付近の平面略図である。

本橋りょうは1径間函形ラーメン構造で、内空寸法は幅員12m、高さ5mで、長さは16mである。

線路は約2mの盛土であったので、パイプルーフ工はH鋼造の架台を設けて圧入した。

7-2-1 パイプルーフ工の目的

本工事は東北本線であるから、徐行は45km/hという最高速度が必要であり、なおかつ軌道を破断しないという条件になっていたため、パイプルーフ工を工事桁の代用として使用したのである。橋りょうの掘削にはOSA(オクムラ・スライディング・アーマ)工法を使用した。掘削時にはパイプルーフ工は天井土留め板を兼用している。

7-2-2 パイプルーフ工の設計

本工事においては鋼管の土かぶりを30cmで設計したが、道路取り付けこう配の関係上最小13cmという場所もあった。

鋼管の圧入には回転式を使用したので、施工基面の土砂を鋼管の摩擦で引きずるというようなこともなく、軌道のくわいは最小限に抑えることができた(写真-10)。

7-2-3 パイプルーフ工を利用した掘削工法

パイプルーフ工を工事桁として使用するには、このパイプルーフを完全に支持できる支点が必要である。もしこの支点が確定しないパイプルーフの場合は、工事桁としての安全が保障されないから注意を要する。

本工事においては鋼管の径と肉厚から支間を6mと

表-3

区分	摘要
鋼管	外径355.6mm, 肉厚11.1mm, 鋼管長17m×56本
横継ぎ手	なし
使用機械	OHA推進機
圧入工法	回転式圧入工法

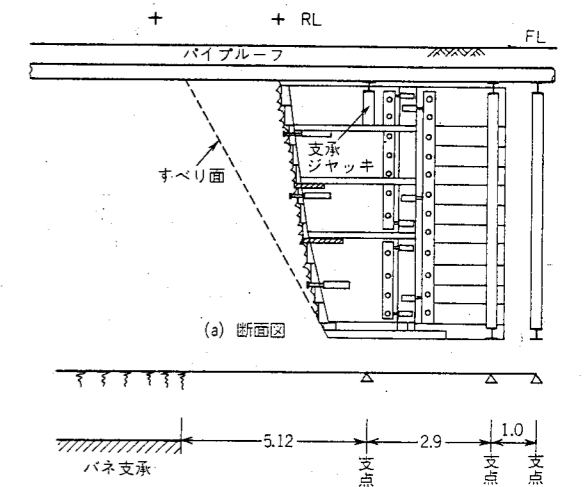


図-38 掘削時のパイプルーフ工支保図

図-38 掘削時のパイプルーフ工支保図

し、常に6m以内の支点で支持している。図-38はOSA掘削機による掘削中の場合で、図-39は掘削完了後の支保工による支保図である。

橋りょう部の掘削は安全上から全断面の同時掘削をせず、OSA掘削機による大断面分割掘削方式を採用した。

(1) パイプルーフ工を打設し、OSA掘削機で④部を掘削し、支保工を組み立て、パイプルーフを支持する。

(2) 次にOSA掘削機で⑥部を掘削し、支保工を組み立てる。

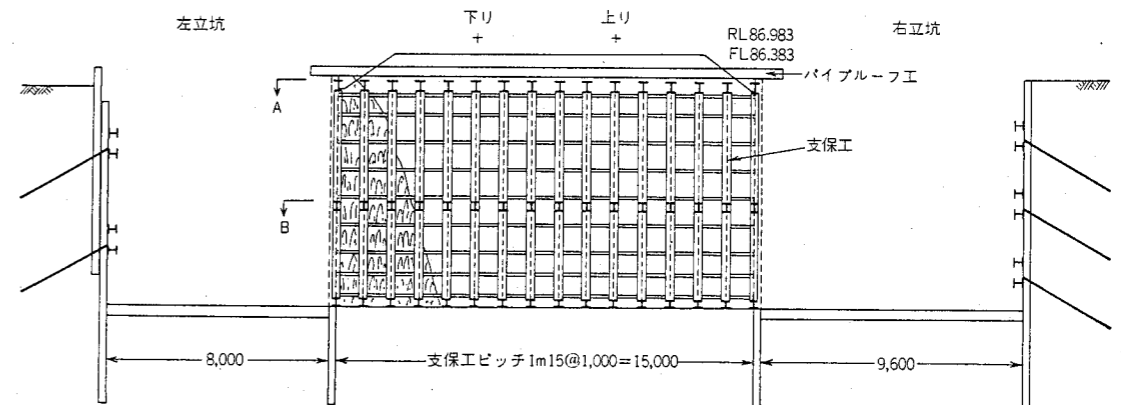


図-39 支保工縦断面図

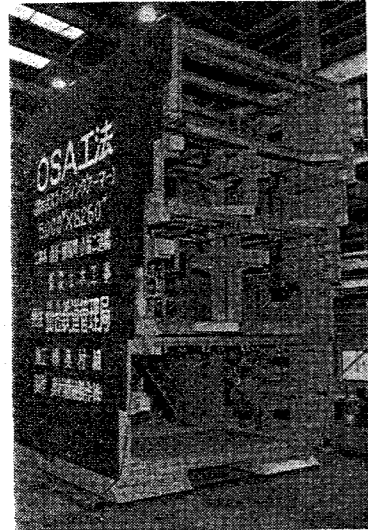


写真-11 大断面用OSA掘削機  
(幅5m×高8.26m)

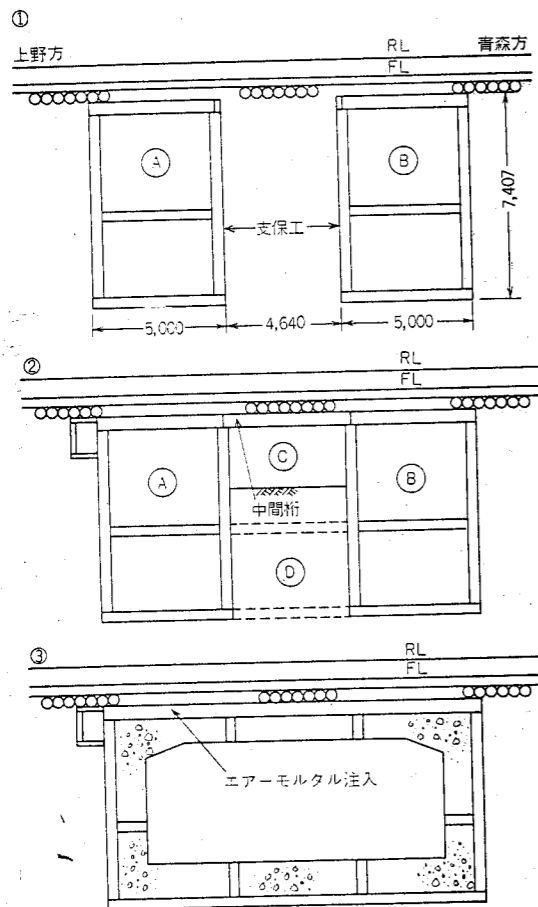


図-40 施工順序図

(3) 次に手掘りで③部を掘削し、④の支保工柱と⑤の支保工の柱を利用して中間桁を架設する。この桁によりパイプルーフを支持する。続いて⑥部を掘削し、中間梁・底梁を入れる。これにより全部掘削できる。

(4) コンクリートは下床版・壁・上床版と打設し、コンクリートの硬化をまって上床版とパイプルーフ工との空間にはエアモルタルをてん充して完全に空間をなくす。

(5) 不要の支保工を切断除去して、地下道を完成する。

7-2-4 本工事における特記事項

(1) パイプルーフ工の土かぶりには特に少なく13cmの場所もあった。

(2) パイプルーフ工は構造物の幅より片側約2mずつ両側で4mほど長く施工した。これは地盤の緩みによる沈下を予想したためである。

(3) パイプルーフの入口および出口はH鋼によって連結し、片持梁になった場合の補強を行った。

7-3 猪久保トンネル新設工事

東海道本線の線増工事は鶴見～戸塚間は貨物線複線分を別線で建設している。このため別線線増の一部が横浜新道(国道1号線)と交差することになり、交差部の土かぶりが平均7mであるため、道路の防護として道路の両側に立坑を掘削し、鉄道トンネルのアーチコンクリートに平行に水平ボーリングを行い、ケーシングパイプにモルタルを注入して埋殺し、これを矢木の代用としてトンネルを掘削したのである。本工事はパイプルーフ工をトンネル工事に使用した施工例である。

7-3-1 パイプルーフの目的

横浜新道は国道で自動車の交通が激しく、これに伴う振動も多い。普通の山岳トンネル工法である掛板または縫い地工法では、道路の陥没その他の事故のおそれがあるのでパイプルーフ工を採用した。パイプルーフ工は矢木の代用である。

7-3-2 パイプルーフ工の設計

図-43はパイプルーフの打設台である。鋼管の先端にはメタルクラウンを取り付け、鋼管3本をカップリングにて接続し水平に打設するのである。

鋼管内の棒状のコアは図-44に示すようにコアチューブにメタルクラウンを取り付け、これによってコアを破碎し排水とともに除去する。掘削が完了したならば鋼管の内外にセメントミルクおよびモルタルを注入して地山に固定する。

7-3-3 パイプルーフ工を利用した掘削工法

トンネルの掘削工法は、底設導坑先進上部半断面リングカット工法で、図-41に見るようにパイプルーフ施工区間に今井川暗きよがあったため、左右両立坑から鋼管

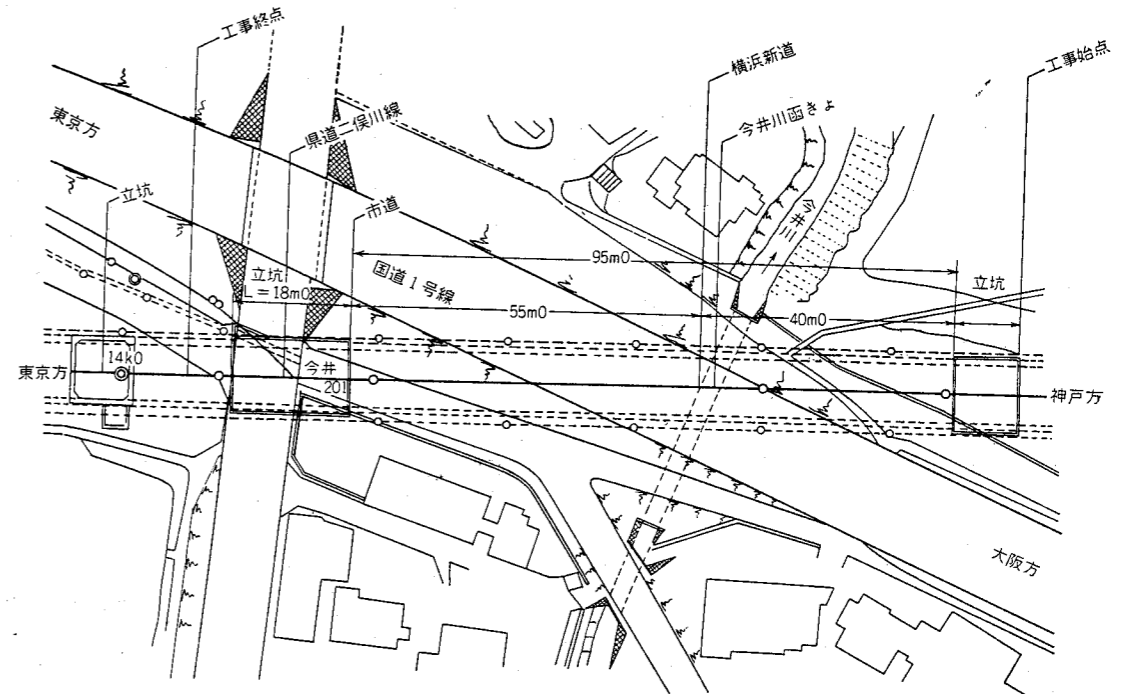


図-41(a) 平面図

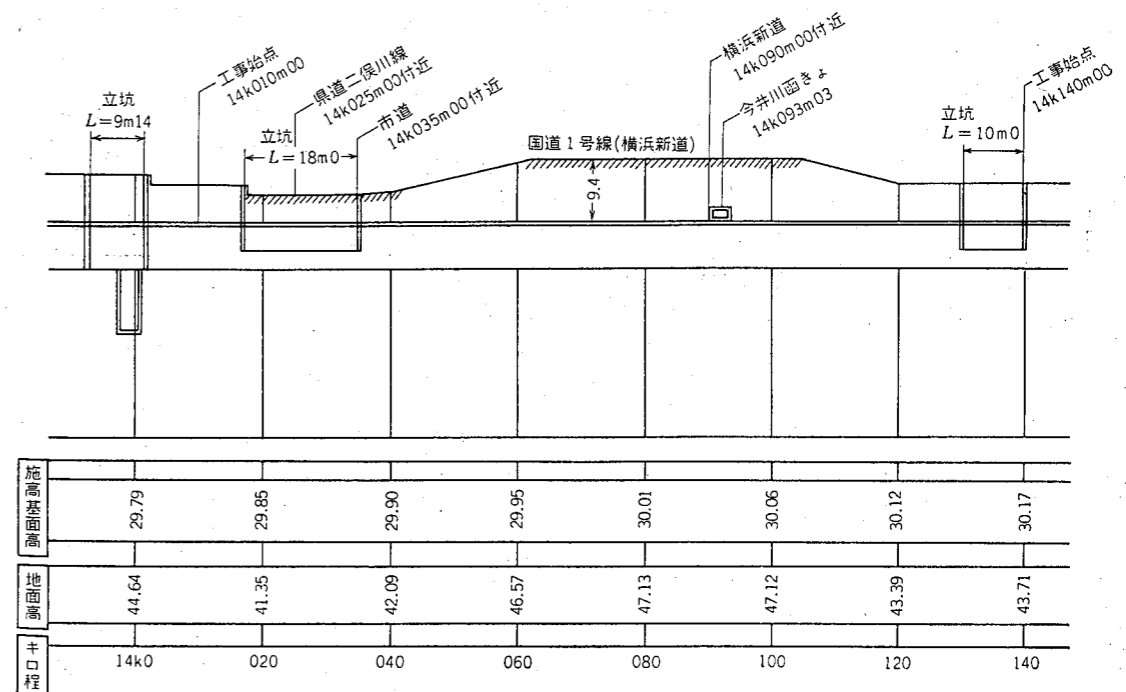


図-41(b) 縦断面図



表-3 ジョーブおよびサカー仕様

名称	型	式	メーカー	総重量 (kg)	L × W × H (mm)	ホイールベース (mm)	最高走行速度 (km/h)	走行度 (h)	登坂能力 (%)	最小回転半径 (m)	エンジン型式	出力 (HP/rpm)	排気量 (cc)	乗車定員 (人)	最大積載量 (kg)	必要加背 W×H (m)
ジョー	ブ	J44	三菱自工	1,470	4,100×1,675×1,320	2,640	62	35°	35°	6.7	4DR5 三菱ディーゼル	60/2,400	2,659	9	400	3.7×2.4
マンキヤ	リ	P T-14	ワグナ	2,944	5,890×1,920×1,420	3,300	24	16°	16°	4.95	F4 L812 ドイツディーゼル	44/2,300	3,400	16	2,000	4.0×2.5
ウニモグ	グ	UNG406	メルセデス	5,120	5,038×1,780×2,300	2,380	70	35°	35°	5.4	ベンツディーゼル OM352	94/2,550	5,675	18	2,000	3.8×2.6
アズ	ボ	J44	三菱自工	1,470	4,100×1,675×1,320	2,640	62	35°	35°	6.7	4DR5 三菱ディーゼル	60/400	2,659	2	400	3.7×2.4

りに比べると有利である。しかしこの工法は、人員が立坑に入る必要がなく安全であるため、岩盤の悪い場所に適すること、壁面仕上がりがきれいで立坑のいたみが少ないことなどの利点がある。トラックレス化が進んだ現在、据え付け運搬費を減少させる条件が整ってきたことと相まって、今後より多く使用される傾向にある。神岡鉱山におけるこの工法による現在の最長開削実績は117mである。

在来法、レイズボラー、レイズクライマーの切り上りコストを比較すると図-6のようになる。

6. 鉱石の運搬

各種採鉱法を用いて、多くの切羽で採掘された鉱石は、従来、スラッシャー、ローダーなどの積込機により、各切羽の坑井に投入され、中段坑道における水平2次運搬を経て主要運搬坑道に集約されていた。トラックレスマイニングシステムの普及に伴い、トラックレス斜道沿いに主要運搬坑道に通ずる集鉱坑井が要所に開削され、鉱石の大部分はLHD機によって切羽より直接集鉱坑井に投入されるようになった。このため切羽坑井の数が減り、

水平2次運搬の手間が省け、大幅な省力化とコストダウンが実現した。

7. 通 気

トラックレス化により、坑内動力として従来の電動機、圧気動機に加えディーゼルエンジンが導入された。この排気を坑外に排出するため、強制通気網を強化再編成している。日本の鉱山保安規則では、坑内で稼働する内燃機関の出力1kw 当たり毎分3m<sup>3</sup>の通気量の確保が義務づけられており、栃洞鉱の場合毎分14,000m<sup>3</sup>の通気設備を保有している。

局部通気のためには、5~25HPのプロペラファンを随時運転している。またディーゼルエンジンの排気は、触媒浄化装置およびウォータースクラバーを通して排出する。また有害ガスまたはNO<sub>x</sub>の測定にはドレーゲル検知管(西独製)を使用している。

8. トラックレスマイニングサービスシステム

トラックレスマイニングを効果的に運用するために、人員・機械の運搬を主業務とするトラックレスマイニングサービスシステムを採用している。このシステムは、坑内各セクションに配置されたTS(トラックレスマイニングサービス)員グループで構成されている。各TS員グループは、一方3~4名より成り、それぞれジープおよびサービストラックを保有している。なお、1セクションの作業員は平均70名である。TS員グループは切羽までの人員・機械の輸送はもとより、ガス検知を含む局部通気の管理、タイヤの交換、トラックレス故障機の修理用ピットへの運搬、燃料管理、圧気配管の修理、排水管理および浮石払い・ロックボルト打ち込みの保坑作業などを一手に引き受けている。各作業員はトランシーブを携帯しており、事故発生などの緊急時には、各自がTS員グループをTSグループ用のジープに搭載した誘導無線により呼び出すことができる。

内燃機関その他の設備機械の保全のため、坑内に保全部門を保有している。そのうち内燃機関の修理については、坑内各セクションにそれぞれ修理用ピットを設け、常時平均2名の修理員を配達している。

主要部品などはセンターのスタッフが管理するが、そのほか、坑内に旋盤加工および精密加工を行うグループがあり、緊急時の特殊部品などを自家製で間に合わせることができる。内燃機関の故障のなかでは、エンジンのトラブルが最も多い。これに対処するため各機種とも1~2台の予備エンジンを保有し、常に最良のコンディションを確保するように努めている。



パイプルーフ工入門(最終回)

萬澤 哲雄\*

前月号までの内容

1. はじめに
2. パイプルーフ工はいつ頃から使用されたか
3. パイプルーフ工の用途
4. 鋼管および継ぎ手
5. 施工機械
6. 施工法
7. 施工例

8. パイプルーフ工の設計

パイプルーフ工の設計において、まず当初問題となる打設位置および鋼管の断面決定などについて説明する。

8-1 パイプルーフ工の打設位置

パイプルーフ工を施工する場合一番大切なことは精度である。次は目的である。打設位置はこの精度と目的を考慮して定める。

8-1-1 精 度

精度はどのくらいに取るべきであるか。これは施工業者の技術力と土質、支障物などの総合的なもので定まるものであるが、大略は表-5のように考えられる。

設計に当たっては、表-5に示す程度の精度として仕事を進めている。

8-1-2 目的別による打設位置

(1) シールド工・推進工など施工時の防護の場合

表-5の④工法では1/100の誤差を考え、パイプルーフ工の延長が20mとした場合、誤差は次のようになる。

$$\text{誤差 } h' = 20\text{m} \times 1/100 = 200\text{mm}$$

表-5 工法別誤差

工 法 種 別	誤 差
④ 継ぎ手付き鋼管圧入工法	1/100 ~ 1/200
⑤ 継ぎ手なし鋼管回転式圧入工法	1/200 ~ 1/300

\* (株)奥村組技術研究所

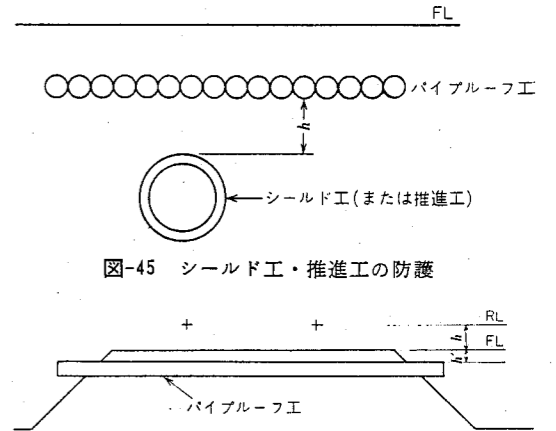


図-45 シールド工・推進工の防護

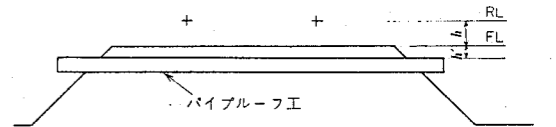


図-46 鉄道線路断面図

200mmの誤差が予想されるので図-45においてh>200mmとすること。余裕があればhを500~600mmとすべきである。

(2) 工事桁代用として軌道を直接支持する場合  
軌道を支持する場合の鋼管の打設位置は一定の基準がまだできていない。

鉄道線路に工事桁代用として打設する場合は、できるだけ浅くすなわち土かぶりが少ない方が、パイプルーフの下につくる構造物が浅くなりすべてに有利である。特に立体交差工事の場合は取り付け部の道路が短くなるので、工事費の節減となる。

図-46は軌道下にパイプルーフを打設した断面図である。

図中、hはその線区の規格によって異なるが、大略600mmをとっている。

$$h' = \text{土かぶり}$$

ここでh'をどのくらいにとるべきであるか考えると、パイプルーフ工は永久構造物となり将来とも残留するものであるから、保守側の意見と施工上の誤差などを加味して決めなければならない。

一般には土かぶりは最低200~300mmが使用されている。

軌道面下の路盤には杭・石垣など埋設物があることが多く、施工時に困難を伴うことがあるから、構造物に支障がない限りできるだけ土かぶりは大きい方が得策である。

8-1-3 鋼管の適用径

鋼管の径は施工例に見るとおり、目的によっていろいろの径が使用されている。結局この径は設計者の考え方によるもので、一定の法則は見当たらない。

(1) トンネル防護用

トンネル防護用としては径100~220mmが最も多く使用されている。

(2) 工事桁代用

鉄道工事における工事桁代用の場合では径318.5、355.6、405mmが最も多く用いられている。

パイプルーフ工はどこまでも仮設物として使用しているが、径900~1,000mmの鋼管を使用しこの中に鉄筋コンクリートを打設して本桁として使用する。工法も目下施工中であるので、近く結果が出るものと思われる。工事桁代用のパイプルーフ工の施工時には路盤陥没の事故が起きている。これは土かぶりが少ないうえに路盤には道床砂利が混入しているの、鋼管先端の切羽が崩壊しやすく、土砂が管内に流入して路盤沈下を起こすものである。この危険性は管径が大きくなるほど大きくなるので注意を要する。

鋼管の径は施工例に見るとおり、目的によっていろいろの径が使用されている。

結局この径は設計者の考え方によるもので、一定の法則は見当たらない。

パイプルーフ工はどこまでも仮設物として使用しているが、径900~1,000mmの鋼管を使用しこの中に鉄筋コンクリートを打設して本桁として使用する。

工法も目下施工中であるので、近く結果が出るものと思われる。

工事桁代用のパイプルーフ工の施工時には路盤陥没の事故が起きている。

これは土かぶりが少ないうえに路盤には道床砂利が混入しているの、鋼管先端の切羽が崩壊しやすく、土砂が管内に流入して路盤沈下を起こすものである。

この危険性は管径が大きくなるほど大きくなるので注意を要する。

鋼管の径は施工例に見るとおり、目的によっていろいろの径が使用されている。

結局この径は設計者の考え方によるもので、一定の法則は見当たらない。

パイプルーフ工はどこまでも仮設物として使用しているが、径900~1,000mmの鋼管を使用しこの中に鉄筋コンクリートを打設して本桁として使用する。

工法も目下施工中であるので、近く結果が出るものと思われる。

工事桁代用のパイプルーフ工の施工時には路盤陥没の事故が起きている。

これは土かぶりが少ないうえに路盤には道床砂利が混入しているの、鋼管先端の切羽が崩壊しやすく、土砂が管内に流入して路盤沈下を起こすものである。

この危険性は管径が大きくなるほど大きくなるので注意を要する。

鋼管の径は施工例に見るとおり、目的によっていろいろの径が使用されている。

結局この径は設計者の考え方によるもので、一定の法則は見当たらない。

パイプルーフ工はどこまでも仮設物として使用しているが、径900~1,000mmの鋼管を使用しこの中に鉄筋コンクリートを打設して本桁として使用する。

工法も目下施工中であるので、近く結果が出るものと思われる。

工事桁代用のパイプルーフ工の施工時には路盤陥没の事故が起きている。

これは土かぶりが少ないうえに路盤には道床砂利が混入しているの、鋼管先端の切羽が崩壊しやすく、土砂が管内に流入して路盤沈下を起こすものである。

この危険性は管径が大きくなるほど大きくなるので注意を要する。

鋼管の径は施工例に見るとおり、目的によっていろいろの径が使用されている。

結局この径は設計者の考え方によるもので、一定の法則は見当たらない。

パイプルーフ工はどこまでも仮設物として使用しているが、径900~1,000mmの鋼管を使用しこの中に鉄筋コンクリートを打設して本桁として使用する。

工法も目下施工中であるので、近く結果が出るものと思われる。

8-1-4 鋼管断面の設計

鋼管断面の設計に当たっては、次の点を考慮して決定する必要がある。

- ①使用目的, ②荷重, ③支間, ④土質.

鋼管を使用する工事最近大変多くなってきたが、設計法もまちまちで、指導書としては国鉄構造物設計事務所発行の構造物設計資料第49号に「パイプルーフの設計法」というのがあらくらいである。

目下構造物設計事務所においては鋼管の室内実験などからデータを求めて設計法を検討中であるので、本文に今まで使用された計算例その他を掲載することを差控えたいと思っている。

当社においても現在施工中の工事桁用のパイプルーフ工を使用して、国鉄の列車荷重による鋼管の応力その他の測定を行い、これらを分析して実験式を求め、計算式をつくりたいと思っている。

このため当分の間は今までの使用例のように、在来方法により断面を決定されると良いであろう。

8-2 鋼管打設用仮設備

打設用の仮設備は次のような条件により異なってくる。

- (1) 打設に使用する機械の種類

- (2) 鋼管の外径

- (3) 鋼管圧入の工法

- ①回転式圧入工法

- ②横継ぎ手付き鋼管圧入工法

- (4) 水平か、半円形か、帽子形などの形状

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

鋼管駆動油圧モーター 圧入ジャッキ オーガ駆動油圧モーター

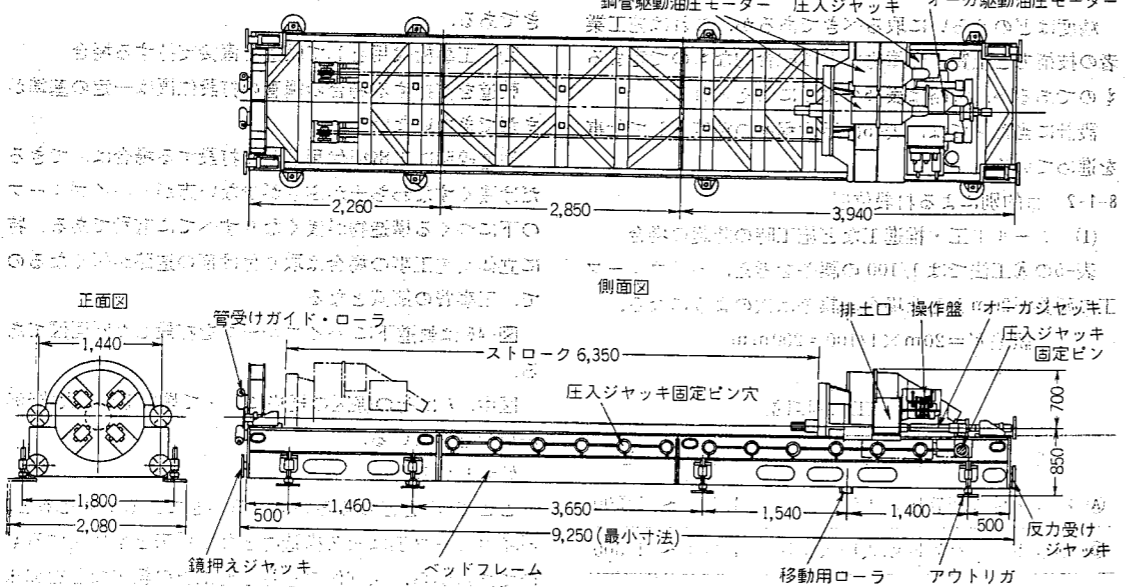


図-47 OHA推進機構造図

これら仮設備はあとに残るものでないで、各現場ごとで設計し、最も安価に製作している。このため一定の定規がないから設計例を示すことにしたい。

8-2-1 立坑の設計

立坑の大きさは圧入機械の長さ幅などの寸法と、パイプルーフ工の形状すなわち一字形か帽子形かなどによって決定されるものであるが、ここではOHA推進機の寸法を使用して計画してみる。

図-47は前に示したことのあるOHA推進機であるが、寸法を示すために再掲する。

鋼管の市販寸法は長さ5.5mまたは6mであるので、圧入誤差を少なくするためにはできるだけ長いものを使用した方が得策である。図-47では6mものを1回で圧入できるように製作されている。

(1) 立坑の長さ

立坑の長さは圧入機械の長さ、立坑の腹起こしの幅などの条件によって定まる。

圧入機械は構造的に鋼管圧入時には、圧入反力に耐えられねばならない。これと同時に立坑は、圧入機に加わる反力に負けて移動してはいけない。このために機械が移動しないように、完全に固定する。圧入機には前後にジャッキが各4台ずつ外向きについてきており、これを伸長して腹起こしに密着し、反力を立坑に伝えている。立坑の長さをLとすると次のように計算する。

L = (機長) + (腹起こし × 2) + (配力材 × 2) + (固定ジャッキ長 × 2) = 9,250mm + 300mm × 2 + 300mm × 2 + 100~150mm × 2 = 10,150~10,750mm

L = 10,150mm ~ 10,750mm

立坑の幅は、圧入機の幅、鋼管の外径、土かぶりなどを考慮して決定する。

圧入機には台を水平または一定の勾配に設置するためのアウトリガがある。正面の幅は2,080mmであるから鋼管を打設するためには、最端部の鋼管の中心より1,040mm以上の余裕がなくてはならない。そのうえ、台を上下したり一定の勾配にしたりするために、作業員が作業できる空間も必要である。これを最小幅500mmとすると、最端部の鋼管の中心と土留め杭の間隔Bは次のようである。

B = 1,040mm + 500mm + 300mm = 1,840mm

B = 2,000mm

パイプルーフ工の両最端部鋼管の中心間をB'とすると、立坑の全幅BはB' + B'' × 2と計算する。

B = B' + B'' × 2

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

8-2-2 架台の設計と立坑の深さ

(1) 立坑の架台と立坑の深さ

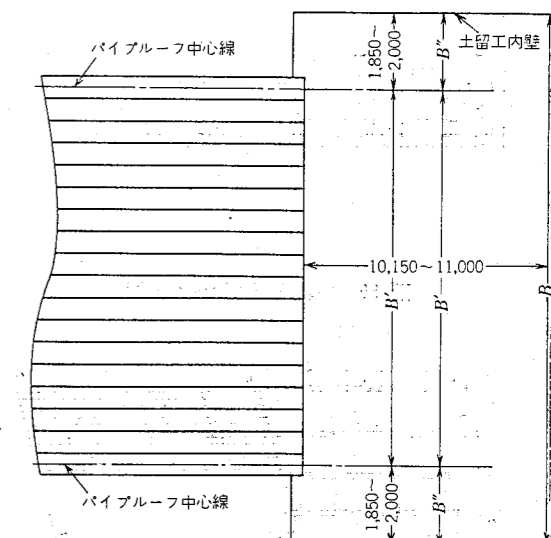


図-48 立坑平面図

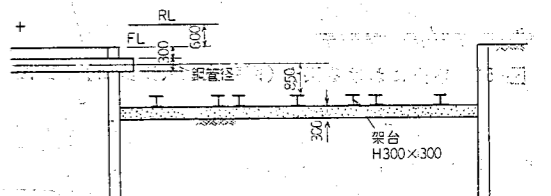


図-49 立坑断面図

鋼管圧入機をのせる台が架台である。図-47で見るとおりアウトリガ(据え付け用ジャッキ)8台のおおの下に、据え付け用H鋼(300mm×300mm)を敷並べる。

圧入機は鋼管1本圧入終了すると水平に移動させる必要がある。このため横移動用のローラーが圧入機の台座に付いている。このローラーのレール用としてのH鋼(300mm×300mm)も2本必要である。結局OHA推進機においては据え付け用と横取り用として図-47の場合では合計5本を使用する。

H鋼を並べるには下の地盤が堅固でなければならないと同時に凹凸があってもならない。このため普通敷コンクリートを約30cm打設する。滞水もなく堅固な地盤の場合では、据え付け用H鋼に直角に敷コンクリートの代用としてH鋼を並べることもある。

図-49は敷コンクリートを施工する場合の断面図で、図-50はH鋼を敷並べた場合の断面図である。立坑の深さはこれらの図のように圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

なおパイプルーフを縦に打設する場合には、サンドル上に圧入機を据え付け、鋼管を1本打設することにサンドルを下げて次々と打設する方法が使用されている。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

立坑の架台と立坑の深さは、圧入機の機高、管径、土かぶりなどを検討し、多少の余裕を加えて定めるものである。

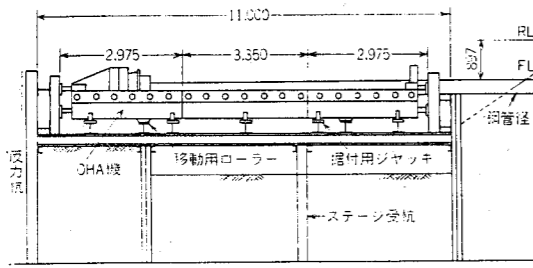


図-50 立坑内圧入設備断面図

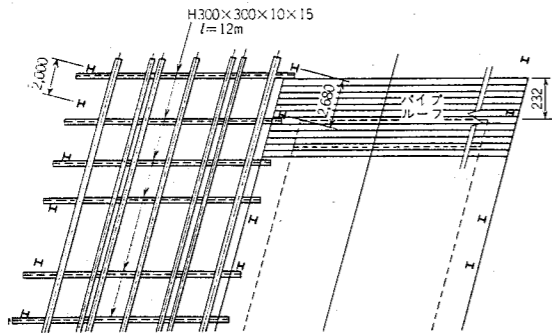


図-51 盛土における架台(回転式圧入工法用)平面図

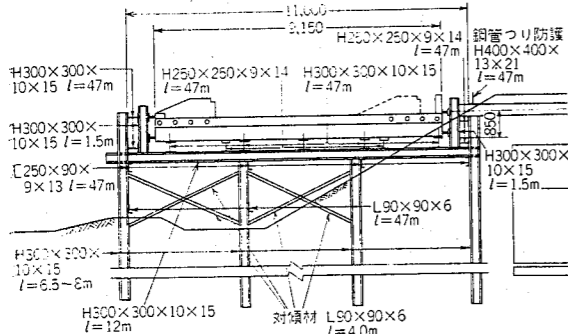


図-52 盛土における架台(回転式圧入工法用)側面図

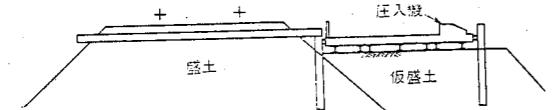


図-53 盛土における架台施工例

(2) 盛土における架台

パイプルーフ工を盛土で施工する場合には、打設高さまで地表面から架台をつくることになる。

立坑内に圧入機を設置する場合には、圧入反力を背面土留め工にとることができるが、盛土の場合は反力を架台にとることになる。このためには圧入反力により架台が後退しないよう頑丈なものでなければならない。

圧入反力は圧入方式によって大いに異なるので、回転圧入工法と継ぎ手付き鋼管圧入工法の場合において架台を考えてみよう。

(イ) 回転式圧入工法においては先端抵抗が掘削抵抗となり、周面摩擦は常に切断されているので少量である。架台は垂直荷重を十分支持し、水平荷重においては10~20tくらいの力に耐えうるものであれば良いと思われる。ただ土中に支障物があった場合は切断用の圧力が必要であるから、事故の場合を考えて架台の構造も強化しておくこと。図-51, 52は盛土における本工法の場合の施工例である。圧入力は支障物の抵抗を考えないならば次のようになる。

$$\text{圧入力} = (\text{オーガの掘削抵抗}) + (\text{鋼管の掘削抵抗}) + (\text{鋼管の周面摩擦} \times 1/10)$$

(ロ) 継ぎ手付き鋼管圧入工法を使用する場合には、支障物がないとして次のような抵抗が考えられる。

$$\text{圧入力} = (\text{オーガの掘削抵抗}) + (\text{鋼管の先端抵抗}) + (\text{鋼管の周面摩擦}) + (\text{継ぎ手部の先端抵抗}) + (\text{継ぎ手部の相互かみ合わせによる摩擦抵抗})$$

鋼管圧入時の抵抗については、土質の状態、れきのかみ込み、先端部の支障物の状態など千差万別で一定の計算方式がなく、実施例から算定して圧入機の圧入ジャッキの圧力を定めている。架台の水平力に対する強度は、圧入機の圧入ジャッキの圧力に等しくするのが最良である。図-53は盛土における架台の施工例である。この場合は架台を仮盛土としたものである。

9. おわりに

パイプルーフ工は開発されてまだ日が浅く、最近急激に使用されるようになったものであるから、設計・施工に当たって一般化された指針ができていない。ただ国鉄においては構造物設計資料 No. 49に「パイプルーフの設計法」という指導書が出ているのと、施工例から今まで使用されたパイプルーフ工の積算基準が作られている程度である。

また、施工については監督者の側から問題点が発見されているが、工事報告の段階で美化されて発表されているので、担当者以外にはなかなか施工上の欠点がわからないのが通例である。今回私はパイプルーフの研究者として、誰が設計・施工しても失敗しないよう、知っている問題点をできるかぎり細かに述べた。

最後に、パイプルーフ工の施工に使用する鋼管圧入工法は、このほかに上水道管の敷設工法に、圧入鋼管とヒューム管を置替えて下水道管を敷設する下水道工法にも使用されている。このように本工法は特徴を生かして次第に用途を広げているので、2~3年後には工事量も倍増することであろう。(完)



連載講座

吹き付けコンクリート工入門(7)

天野 礼二\*

9. 鋼繊維補強コンクリートの吹き付け

9-1 概要

モルタルまたはコンクリート中に短繊維を一樣に分散させてつくった複合点を、繊維補強モルタルまたはコンクリートと称し、短繊維には鋼、ガラス繊維などが用いられる。トンネルなど地下構造物工事では、鋼繊維(スチールファイバー)のみの実績があるので、以下鋼繊維補強コンクリートの吹き付けについて述べることにする。プレーンコンクリートと比較して優れている点は、①ひびわれに対する抵抗性が大きいこと、②靱性が著しく高いこと、などが挙げられる。

①②については、青函トンネルにおける基礎試験の結果では、鋼繊維の混入量が重量比5%で引張り強度が1.3~1.4倍増加することが認められている。また、この試験では最高耐圧点以後の変形特性が耐圧力をあまり減少せずに大きな延性を示しているため、可縮、可屈性の優れたトンネルライニング材といえる。コンクリートのようなぜい性材料を一定変形速度で1軸圧縮試験すると、荷重・変形曲線の最高荷重点で瞬間的に激しい破壊を起こす。しかし、鋼繊維補強コンクリートの場合では次第に耐荷力を減じながら、さらに変形を続け、この曲線の最高耐圧点後の右下がりの傾斜(kg/cm<sup>2</sup>)は、鋼繊維の混入量の増加に伴って、小さくなっている。これは鋼繊維の存在によって、材質が延性的な性質を帯びてくることを示すものである。

鋼繊維の寸法は、主としてその強化性能と施工時の作業性によって決まるもので、太過ぎるものや短過ぎるものは補強性能が

\* 日本鉄道建設公団工務第一部長

不十分であり、細過ぎるものや長過ぎるものは練り混ぜ時にボール状塊をつくり作業性が悪い。したがって、その寸法は断面積で0.1~0.4mm<sup>2</sup>(直径0.35~0.71mm)、長さで20~40mmが一般に用いられている。

鋼繊維の各種銘柄およびその仕様を表-45に示す。

9-2 用途

鋼繊維補強コンクリートの吹き付けを、プレーンコンクリートの吹き付けと比較すると、変形性能やせん断抵抗などの単なる物性の改善にとどまらず、掘削断面あるいは巻厚の減少による経済性の増大、さらにはひびわれ抵抗や凍結融解抵抗が大であるので、漏水防止、つらら

表-45 鋼繊維の各種銘柄とその仕様

会社名	名称	寸法(mm)
サンゴ社	ストレートファイバー	<形断面 0.5×0.3×L20
	"	" 0.5×0.5×#50
	"	" 0.3×0.3×#15
	"	" 0.5×0.5×#20
	異形ファイバー ステンレスファイバー	" 0.5×0.5×#30 " 0.3×0.3×#30
イゲタ社	ウェーブファイバー	<形断面 0.25×0.5×L25.4
	ウェーブファイバー (ステンレス)	" 0.25×0.5×#25.4
	ウェーブファイバー	" 0.19×0.6×#13
日本冶金	ストレートファイバー (ステンレス)	<形断面 0.3×0.3×L25.4
	ストレートファイバー	φ0.4×L30
	ドッグボーンファイバー	l=30
鐘紡建設	ウェーブファイバー	l=20
	ストレートファイバー	<形断面 0.5×0.5×L30
新日鉄		<形断面 0.35×0.7×L25
		" 0.35×0.7×#30
ナショナル スタンダード (英国)	Duaform	l=20
	"	l=40
	"	l=60
	異形ファイバー	l=17
リボンテクノ ロジー(米国)	ストレートファイバー	l=30