

技術レポート ①

シールド内ダクティル鑄鉄管の 配管施工法について



東京都下水道局第5建設事務所主任監督員
塚越 剛

I. はじめに

東京都は、1日も早く区内の下水道を完備すべく日夜その建設に努力しているが、計画通りに進まず、昭和52年3月末の区部の普及率は65%と推定される。

一方、下水道管渠工法の変遷を見ると、昭和30年代は開削および推進工法が大部分であり、推進工法は特殊工法とされ、鉄道や河川の横断などにおいて施工された。

シールド工法は37年にはじめて採用され、その後多くの幹線工事に導入されて、今日の下水道幹線工事の主流となってきている。そしていまや、シールド工法は下水道、上水道から電々、地下鉄に至るまであらゆる分野で採用され、都市における建設工事において不可欠のものとなってきた。

今回は、シールド工事によって完成したトンネル内部に汚水圧送管 ϕ 1,800mm、送泥管

ϕ 700mm 2列を配管した工事の施工経過を報告したい。

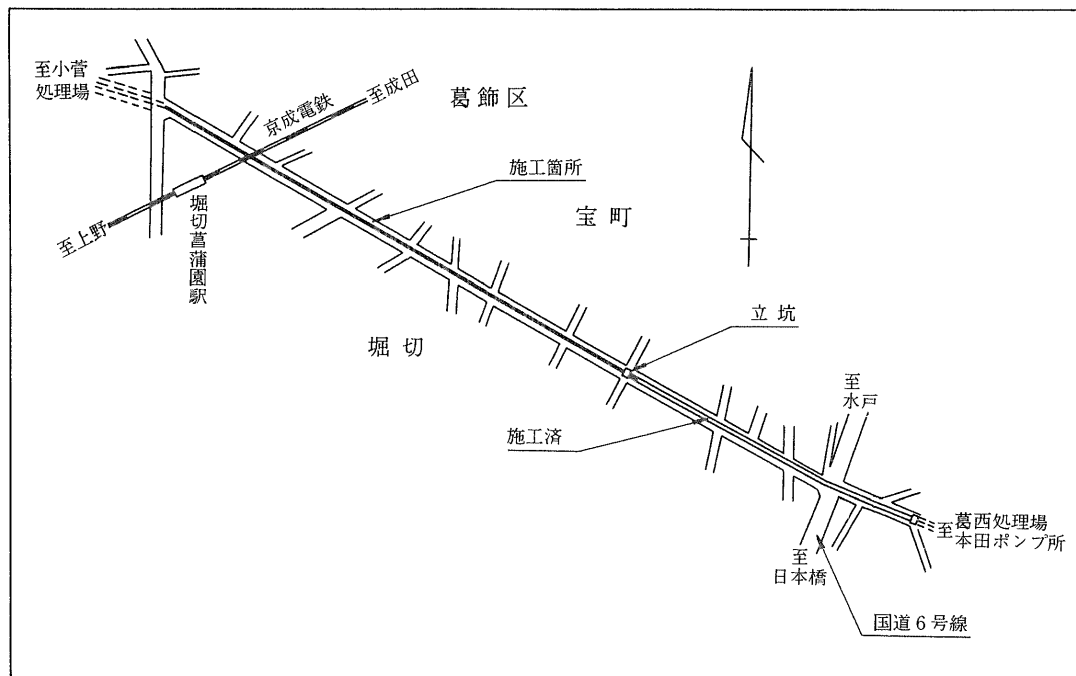
II. 工事概要

この工事は、小菅処理区域の葛飾区南部約44haの下水を堀切ポンプ所に導く、綾瀬川幹線(内径4,000mm)の内部にダクティル鑄鉄管を配管する工事である。

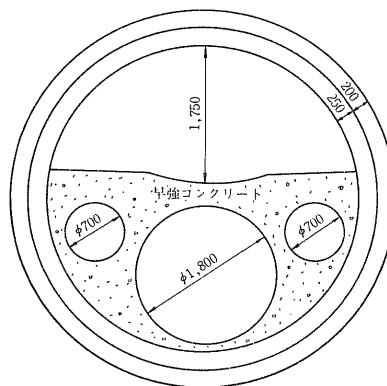
汚水圧送管は、本田ポンプ所より小菅処理場まで、汚泥圧送管は、小菅処理物より葛西処理場までの配管工事を行ったものである。

当初計画では、都道308号線道路に堀切幹線(ϕ 3,100mm)、綾瀬川幹線(ϕ 2,100mm)、送泥管(ϕ 700mm 2本)を別々に占用して施工する計画であったが、交通量の増大による警視庁および道路管理者の難色、地元住民の感情などから、下水関連を同一断面に収容するのが最善の策との結論に達し、幹線の断面を

図一 施工図



図二 配管継面図



4,000mmとして施工することが決定された。

企業者：東京都下水道局

施工：鉄建建設株式会社東京支店

工事件名：綾瀬川幹線内配管その1工事

施工場所：葛飾区堀切3、5丁目、宝町地先

工期：自昭和50年12月5日

至昭和52年3月31日

工事内容：汚水圧送管 $\phi 1,800\text{mm}$ (ダクタイル鋳鉄管、モルタルライニング鋼管)

送泥管 $\phi 700\text{mm}$ (ダクタイル鋳鉄管、亜鉛メッキ鋼管)

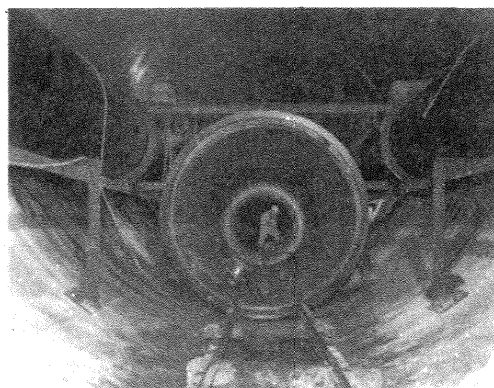
インバート築造工

空気弁室設置工

特殊人孔設置工

Ⅲ. 施工方法

仕上り内径 $\phi 4,000\text{mm}$ のシールド内に $\phi 1,800\text{mm}$ U形ダクタイル鋳鉄管(汚水圧送管)、 $\phi 700\text{mm} \times 2$ 本K形ダクタイル鋳鉄管(汚泥送泥管)を配管(一部立坑内鋼管)し、コンクリートを打設し、上部1,750mmを枝線とする工法である。



写真一 配管状況

1. 設備工

シールド内に、管運搬用軌条（軌条巾 610 mm）を布設後、 ϕ 700mmダクティル管の管受台（後述）を設ける。 ϕ 700mmはシールド底面より 1.13m 持ち上げて配管しなければならないので、 ϕ 1,800mmを含めて特殊な台車にて運搬する。

図-3-1 ϕ 700mm 台車図

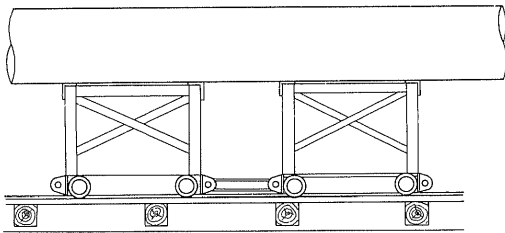
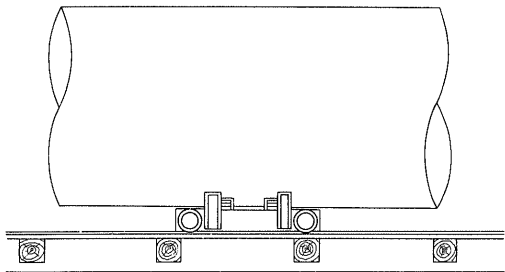


図-3-2 ϕ 1,800mm 台車図



2. シールド内運搬工

ダクティル鑄鉄管を立坑よりクレーンでシールド内に吊り下げ、管運搬用台車のうえに据付ける。

坑内運搬用バッテリーカーと台車をけん引棒にて連結し、所定の位置まで運搬する。

3. ϕ 700mm \times 6,000mm 2列K形ダクティル鑄鉄管（汚泥送泥管）配管

K形継手は、A形継手と類似の構造であるが、ゴム輪の先端部に丸ゴム部があるので、接合要領も少し異なる。

(イ) ϕ 700mm 管仮受台

L 75 \times 75 \times 9 のアングル部材を使用し 3m ピッチで設ける、アングルは 6 本のカットアンカーにて受持ち、浮力防止筋も受ける。

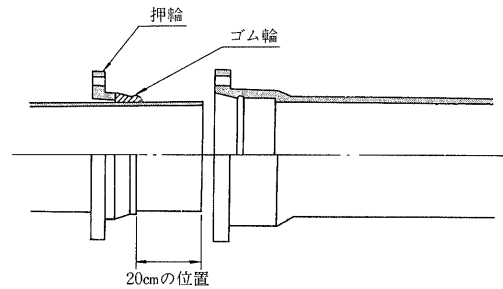
(ロ) 接合工

受口内面および挿口外面の端面から約 40cm の間に付着している油、砂、わらくずその他

の異物をきれいに除去し、押輪をきれいに掃除して挿口に挿入する。

挿口外面および受口内面およびゴム輪に石鹼水（水 1ℓ に対して石鹼 60g）を塗布し、ゴム輪を挿口に端面から 20cm くらいの位置になるように入れる。

図-4 ϕ 700mm K形ダクティル管継手図



受口、挿口の挿入には特殊台車および手動ジャッキなどにて徐々に挿口を受口に挿入する。挿口外面と受口内面との隙間を上下、左右、できるだけ均等に保ちゴム輪を同時に受口に向け、手で押し込む。ゴム輪の押し込み時はタガネなどでゴムを叩いたり押ししたりするとゴムを傷つけるので注意する。

押輪をセットし、管のボルト孔と押輪のボルト孔の中心を合わせ、押輪と挿口外面の間に楔を入れて、その隙間を均等にする。

ボルトを入れナットをラチェットレンチ、スパナなどで固く締付ける。この際、まず上下のナット、次に両横のナットという順序でいつでも略対称の位置にあるナットを交互に締め、押輪の面と受口の端面との間隔がどこ



写真-2 接合、ボルト締め状況

でも同じようにする。ボルト・ナットの締付けは小刻みに数回にわたって満遍なく行った。

全部のボルト・ナットが規定のトルクに達しているかを順次確認し完了した。φ700mm管のボルト締付けトルクは14kg・m以上である。

4. φ1,800mm×4,000m U形ダクタイル鋳鉄管(汚水圧送管)配管

(イ) 配管方法

U形管の接合方法としては、すでに接合されている管の受口に挿口を挿入しては1本ずつ接合していく方法。

すでに接合されている管の挿口に受口を挿入しては1本ずつ接合していく方法。

前もって挿口(受口)を受口(挿口)に挿入するだけの作業を続け、その後「継手施工」を順次行う方式などがある。ただし埋戻し前のことであって、埋戻しを急ぐ場合には、仮締めまで施工しておく必要がある。また管路を曲げて布設したい場合は、

まっすぐに接合しておいてから曲げる方法。

曲げた状態で接合する方法。

などがある。

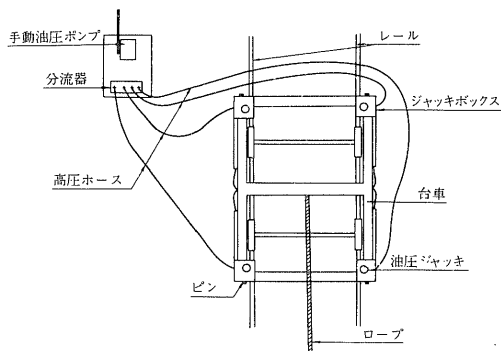
(ロ) トンネル内布設工

運搬、芯出し兼用特殊台車はバッテリーカーによってけん引して行くが、11¼°程度のレール曲りでは問題なく運搬できる。

管運搬時には、管の中にゴム輪、割輪、押輪、ボルト、継ぎ棒などの接合材料のほかに石鹼水およびスパナなど、工具類も入れておけば接合時に楽である。

(ハ) U形ジョイント用特殊台車

図-5 φ1,800mm U形ジョイント用特殊台車



台車は、トンネル内などの狭い場所での管

の運搬作業、芯出し作業を同時に容易に行い得るようにしたものである。

機構は大きく分けて運搬機構、芯出し機構、ジャッキ位置低下機構および台車移動防止機構の4つとなっている。

〔運搬機構〕

4車輪式であり、バッテリーカーでけん引して行く。

〔芯出し機構〕

台車の四隅には、4本の油圧ジャッキを管の中心方向に向けて取付けてある。ジャッキは高圧ホースで分流器、手動油圧ポンプに連結されている。

4本のジャッキに支えられた管は変形をおこすことなく、1人で遠隔手動操作によって簡単に上下、左右、斜め方向に自由自在に位置を移動および曲げることが可能である。

したがって、立体的な芯出しが可能で、微動調節もでき、クレーン、チェーンブロックなどによる芯出し作業より簡単、かつ確実な作業が行える。

〔ジャッキ位置低下機構〕

挿口を受口に挿入し配管して行く方式においては挿入完了後、受口部を台車が通る時ジャッキの油圧による上昇分と、さらにジャッキそのものの位置が下げられるようになっている。台車を抜き取るためのロープを引けばジャッキはジャッキボックスの中に落ち込む、そのままロープを引けば台車は容易に受口部をすり抜けて出てくる。

〔移動防止機構〕

ジャッキ頭部には、厚いゴムを取付けてあり、管との摩擦で管とジャッキとの間の滑りを阻止して、接合時管の拔出しが防げるようになっている。

また台車のバックを防ぐため、台車車輪とレールとの間には歯止め形ブレーキを取付けるようになっている。

(ニ) 管据付工

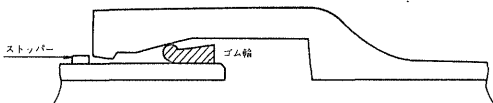
所定の位置、すなわち管接合個所に到着したら、4本のジャッキにて管を上昇させ、挿口を受口へ挿入するよう操作をし、芯出し作業が完了した後手動ジャッキに受けなおし、

ロープを引いてジャッキをジャッキボックスに落とし、台車を引き抜き、レール、枕木を撤去後、手動ジャッキを下げて、規定胴付寸法を検査し挿入を完了する。

(ホ) 接合工

受口、挿口の挿入前に挿口外面、受口内面およびゴム輪にドロドロの濃い石鹼水(1ℓに対し石鹼60g)を塗布しておく。次に受口、挿口を挿入しゴム輪を挿口に預け、指先で軽く入るところまで押し入れる。

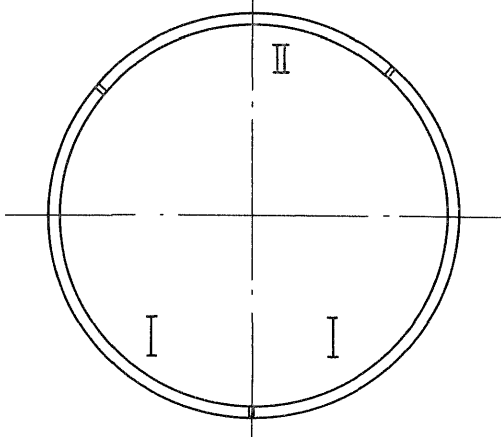
図-6 ゴム輪の挿入図



割輪(3つ割)を下から順次挿入する。まず下に2個のIを置き、次いでIIを管軸方向に滑らせ、Iの上に載せて組み合わせる。

割輪3ピースを受口に挿入した際、ピースとピースの間に大きい隙間がある場合は、ディスタンスピース(割輪と同断面、同材質、厚6mm)をピースI-Iの間に挿入する。

図-7 割輪



ボルトをねじ込んである押輪(4つ割)を下から順次挿入し、IIIが下に落ちないように留め金具で固定する。

押輪を挿入した直後では、ゴム輪、割輪、押輪の位置関係は図-9のようになる。

押輪のボルトの一部(3本に1本程度の割合)をスパナで逆回転させて、35mm~40mm程

図-8 押輪

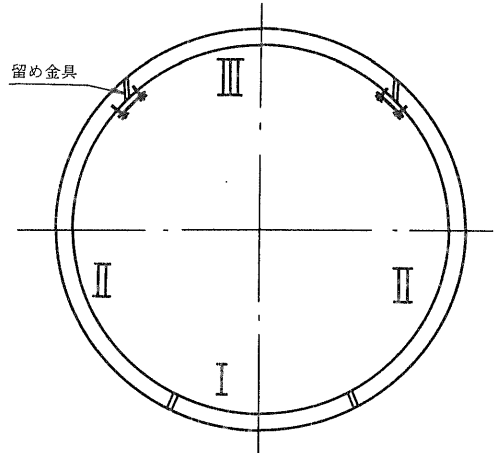


図-9 ゴム輪、割輪、押輪の位置関係

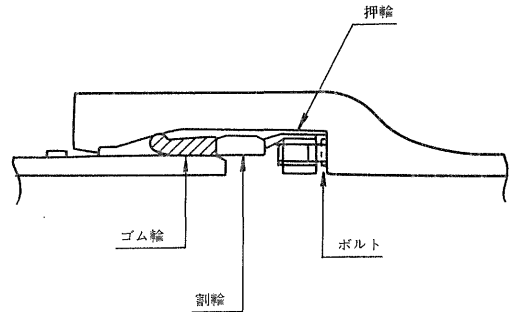
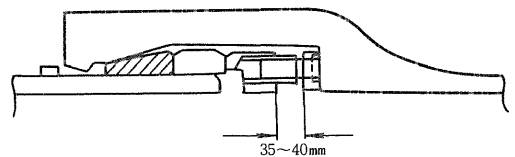


図-10 押輪のボルトネジ出し



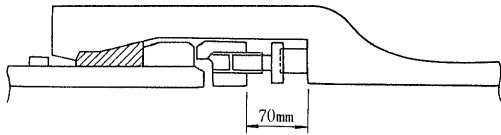
度押輪からねじ出し、ゴム輪を奥に押す。

また、ねじ出していないボルト頭部皿に継ぎ棒を挿入取付ける。継ぎ棒を取付けたボルトを少しねじ出して、はじめのボルトを一旦ねじ込み、この頭部に継ぎ棒を取付け、全ボルトの継ぎ足しを完了する。

ねじ出し間隔が上下、左右均等になるように注意しながら全ボルトをねじ出し、押輪と受口の底部の間隔が規定の長さ(φ1,800mmの場合は70mm)になれば締付けを完了する。ただし、規定の長さまで締付けにくい場合は、所定のトルク(φ1,800mmの場合は14kg-m)に達した時、締付け完了とする。

この継手は、K形継手とゴム輪の方向が逆になっており、ゴム輪が所定の位置に押し込

図-11 接合完了の状態



まれるにつれてその摩擦により挿口側管、あるいは受口側管が抜出そうとする。したがって、ゴム輪を挿入する前に受口内面、挿口外面およびゴム輪に濃い石鹼水を塗布してこれを緩和する。

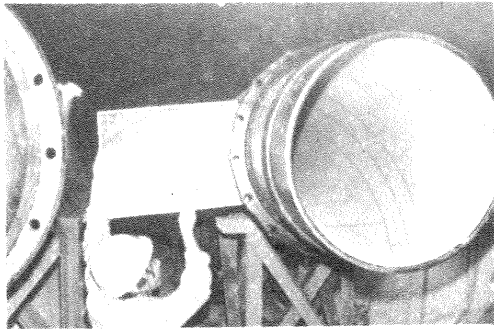


写真-3 挿口、ゴム輪セット状況

締付け時の管の抜出し移動を抑えるためにはワイヤー、またはテンションバーですでに配管を終った管と接合しようとする管を固定する方法をとる。U形管用運搬芯出し兼用特殊台車を使用する場合、台車にブレーキをかけ抜出しを阻止することができる。

U形継手の許容屈曲角は

1,800×4,000mm 許容屈曲角 1度
となっている。

(ハ) モルタル充填

挿口と受口胴付きの間、すなわちボルトの露出位置は防食対策と内面を平滑にする目的でモルタルを充填する。まず、全面に $\% \geq 2\%$ 、 $\% \div 0.35 \sim 0.4$ のセメントモルタルを手またはハケで円周の適当な範囲（モルタルペーストが乾き切らない範囲）を塗布する。

次いで $\% \div 1/2$ 、 $\% \div 0.2$ のモルタル（手で握りしめて、やっと形が保たれる程度の硬練りモルタル）を団子状にして、この隙間に手で押し込む。

ハンマーでモルタル面を叩き、十分に突き

図-12 モルタル充填(1)

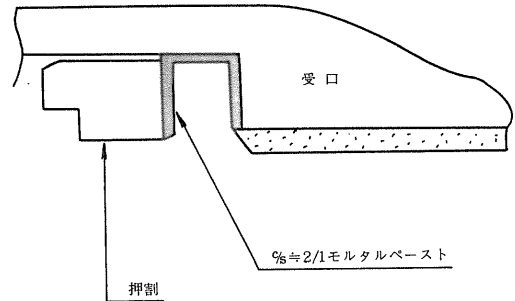
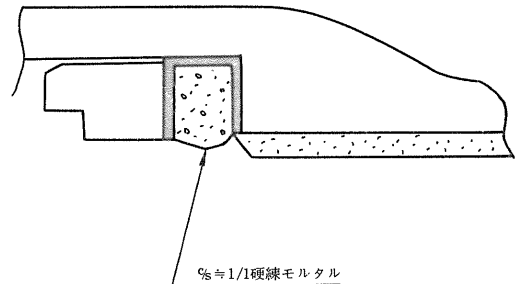
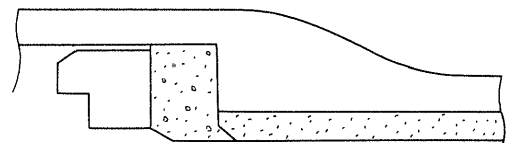


図-13 モルタル充填(2)



固めをし、その表面をコテで仕上げて完了する。

図-14 モルタル充填完了(3)



以上の作業を全周におよぼす。ハンマーで叩いて突き固めることによってボルト、継ぎ棒の裏側にも十分モルタルが詰っていく。

5. 水圧試験

水圧試験は、各継手内面にテストバンドを取付け、原則として 5 kg/cm^2 の水圧を5分間保持し、 4 kg/cm^2 以上あれば合格とした。

6. 浮力防止工

$\phi 700 \text{ mm}$ ダクタイル鋳鉄管の浮力防止筋はD12mmを使用し、ダクタイル管を抱き込み、両先端を管受台のアンクル(3mピッチ)に固定した。

$\phi 1,800 \text{ mm}$ 浮力防止は、2次覆工のコンクリートにカットアンカーにて受材を設置し、D19mm筋にてダクタイル管を抱き込み両先端を

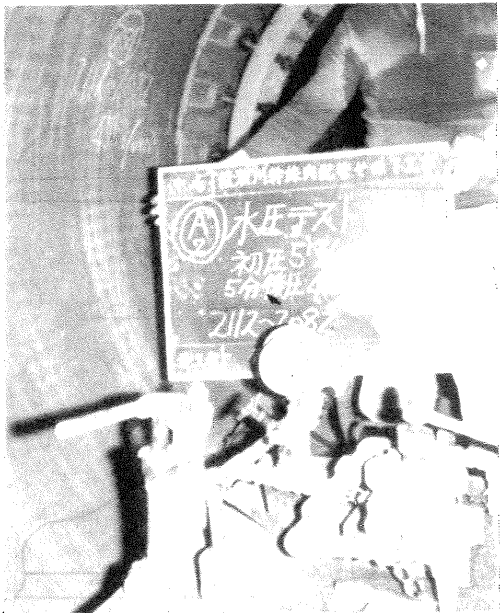
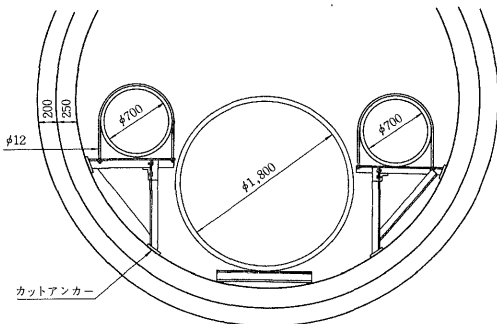


写真-4 水圧試験状況

図-15



受け、緩みはターンバックルで締付けた。

φ1,800mm×4,000mダクトイル管の1本当りの総重量は4.6トンあり、一端に約6トンの浮力がかかることになり、パイプサポート2本、枕木を逆八の字で受け浮力に対処した。

7. コンクリート打設

コンクリート打設は、1回で上部まで打設することは浮力などで困難なことから、4回に分けて打設することにした。

第1回打設はφ700mmダクトイル管の下端までとした。φ1,800mmの浮力防止にはサポート、枕木、浮力防止筋で対処しているが、打設時に万が一管が浮くと補修が困難となるためである。

第2回は、φ700mmダクトイル管の上端まで打設した。この時点では、φ1,800mmの浮力は

図-16 浮力防止工

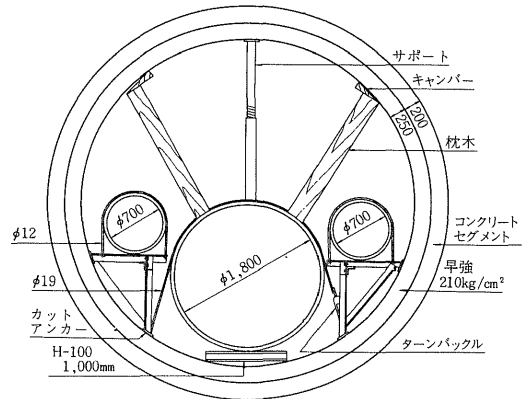
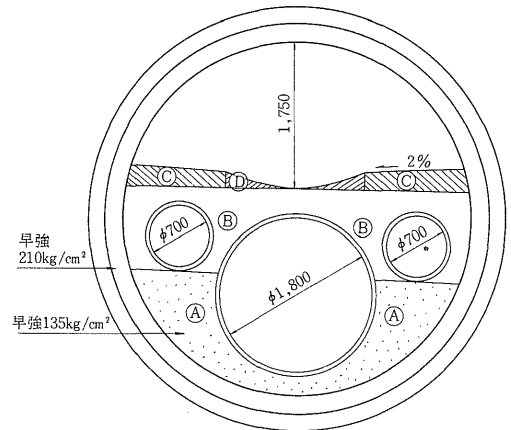


図-17 打設区分



なくなっているので安全である。しかし、φ700mmの浮力については注意しなくてはならない。

第3回は、左右肩の部分の打設した。型枠は角材およびメタルフォームで分け、鉄筋または胴梁で固定した。

第4回は型枠撤去後、インバートの部分の打設および仕上げを行った。

IV. 立坑内配管工(φ1,800mm、φ700mm鋼管)

立坑内は、φ1,800mmモルタルライニング鋼管、φ700mmは亜鉛メッキ鋼管とし、日本水道協会規格、そのほか関連諸規格にて証明されたものを使用した。

シールド2次覆工と立坑床版まで、φ1,800mmは1.16m、φ700mmは1.63mの段差があるこ

とから、ダクタイル管の受台を設置した。

1. 受台設置工

φ1,800mmの受台は、H=150およびH=150×100の異形鋼材を3mピッチで鳥居形に組みカットアンカーにて固定させ、配管、浮力防止筋を設けた。

立坑内については軽量コンクリートにて打設し、立坑中間に隔壁を設け、片側を機械室とするため、コンクリートの打設は操作台のみである。

φ700mmの受台は、L=100を使用し2種類製作した。第1は高さ1.63mの受台を10ヵ所第2は高さ0.23mの受台で11ヵ所設置したものである。これはダブル配管されているため、立坑内で段差をつけたものである。

2. バタフライ弁

φ1,800mmには1ヵ所のバタフライ弁を設置する。このため特殊な受台を製作しなくてはならない。

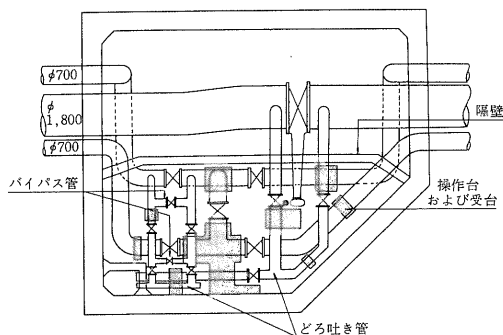
プレートを加工し、長さ2.00m、高さ1.15m、幅53.8cmの受台を設けバタフライ弁を設置した。

φ700mmのバタフライ弁は5ヵ所設置し、受台は異形H鋼を使用し、長さ0.80m、高さ1.46m、幅0.40mの受台を3ヵ所設け、残り2ヵ所はコンクリート基礎とし設置した。

5ヵ所のバタフライ弁中2ヵ所（小菅処理場側）には弁の開閉の補助をするためにバイパス管を設けた。

このほかに、φ400mm、φ250mmのどろ吐き管およびφ1,800mm、φ700mmより空気弁を6ヵ所設置した。

図-18 立坑内配管



3. 溶接工

溶接施工に先立ち、従事する溶接工の経歴書、写真および資格証明書を提出させ、JIS Z 3801に定めるN-3P以上であることを確認し施工した。

(イ) 溶接棒

溶接棒の種類は、被覆剤の系統により分類され、規定されている。溶接棒はJIS Z 3211（軟鋼用被覆アーク溶接棒）の規定に適合したものを使用し、常時乾燥状態に保つよう適正な管理を行った。

溶接棒は、恒温乾燥器中に300℃前後で1時間以上保持した後、適当な保温容器に入れて作業現場に持込み、これより1本ずつ取り出して使用した。

(ロ) 溶接

溶接部は十分乾燥させ、さび、その他有害なものはワイヤブラシその他で完全に除去、清掃してから溶接を行った。

溶接の際は、管相互のゆがみを矯正し、過度の拘束を与えない程度で正確に据付けて仮溶接を最小限度に行い、本溶接の場合支障のないようにした。また溶接の際発生するスパッターなどによりライニング面を傷つけないよう十分注意し、ビートの余盛りはなるべく低くするように溶接し、最大2mmを標準とした。

溶接は各層毎にスラグ、スパッタなどを完全に除去、清掃のうえ溶接を行い、開始したらその一層が完了するまで連続し、内外面ともゆがみを生じないように、対称位置で同時に行った。

裏溶接を行う場合は、外面より溶着金属が完全に表われるまで、裏はつり（ガウジング）を行った。

屈曲個所における溶接は、その角度に応じて管端を切断した後開先を規定寸法に仕上げから行い、途中で切管を使用する場合もこれに準じて行った。

溶接は、原則として路線の一方から逐次行い、仮付け溶接後はただちに本溶接するが、仮付け溶接のみが先行する場合は連続3本以内とした。

V. 鋼管塗覆装工事 (セメントライニング、 コールタールエナメル塗覆装)

コールタールエナメル塗覆装は、JIS G 3492 (水道用鋼管コールタールエナメル塗覆装方法) に準拠して行った。

(イ) コールタールプライマー (日鉄プライマー JDP-401を使用)

プライマーの指触乾燥時間は4時間以内とする。

(ロ) コールタールエナメル (日鉄エナメルJJ-3125使用)

塗覆装に使用する塗料は、JIS G 3492規格に適合するエナメルで、原則としてその管の工場塗装に使用したものと同じ製品とした。

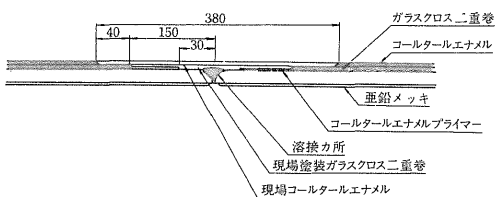
(ハ) ガラスクロス

ガラスクロスは、工場塗装に使用したものと同じ製品を使用した。

1. 塗覆装工

塗覆装は、水素ガスの有無を確認してから行い、塗装を施す前に泥、スラグ、その他の異物を完全に除去し、覆装材のラップはクロス巾の2分の1に25mm加えた長さとした。

図-19 コールタールエナメル塗覆装



2. X線検査

鋼管の溶接部をX線の透過写真による試験方法で、透過写真の等級分類を行うものである。

放射線装置、感光材料、撮影用具および観察用具は、溶接部の試験される部分の欠陥を明りょうに表わす透過写真を撮影し、これを観察できる性能を有するものでなければならない。

透過写真は、原則として試験部の透過する厚さが最小になる方向から放射線をあてて撮影する。ただし、この方向では撮影ができないか、または不適当な場合には、それぞれに

適した方向から放射線をあてて撮影してもよい。

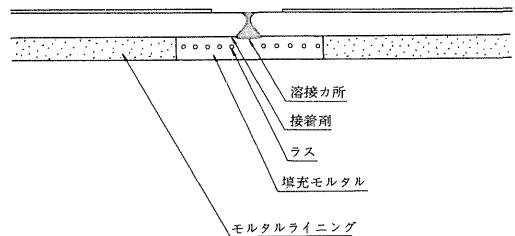
不合格となった溶接箇所は入念に除去し、開先そのほかの検査をしてから再溶接し、再び透過写真にて検査をする。

当工事でも規定にそって透過写真による検査を行い、X線の可否はJIS Z 3104-1968の3級以上であれば合格とした。

3. モルタルライニング

モルタルライニング施工は、まず施工箇所を落鏝し、次に接着剤を塗布し、補強用ラスをスポット溶接した。充填モルタルは、普通ポルトランドセメントと珪砂を混練したものを使用した。

図-20 モルタルライニング



VI. むすび

当工事では、シールド内部の施工性を考慮してK形ダクトイル管(φ700mm)U形ダクトイル管(φ1,800mm)を採用したが、継手工事は順調に進捗し、所期の目的を達することができた。施工後の検討では下記のような点が今後の課題となろう。

- (1) 配管工事完了後、ダクトイル鋳鉄管、コンクリート、シールド自体の各重量によるシールド2次覆工に亀裂が生ずることがあるので、その対策を講じなければならない。
 - (2) 坑内が狭いため、曲線半径が小さい場合はφ700mm管受台が管運搬時に支障となるため、先行ができない。
 - (3) 坑口はなるべく大きくし、管の吊り下しが水平になるようにしたい。
 - (4) ダクトイル鋳鉄管、バタフライ弁など、重量物を取扱うため、事前に吊り金具を取付けてあれば、上下、左右の移動が便利である。
- などがあげられる。