

2

技術レポート

大井川広域水道 用水供給事業における 送水トンネル内呼び径1500mm ダクタイトイル管敷設工事について

静岡県大井川広域水道企業団

1. まえがき

静岡県大井川広域水道企業団は、昭和52年度に大井川下流地域約60万人に生活用水を供給するため、静岡県と14市町によって設立された。

もともと、地域内の生活用水は、各市町ごとに上水道、簡易水道により供給されてきたが、水源は島田市などごく一部で表流水を利用しているほかは、総べて地下水に依存してきた。

しかし、近年地下水の過剰揚水により、水位低下や水質悪化が著しく、加えて人口や産業の大きな進展もみられ、将来の水需要に対応することが困難な状況にある。このため、水量的に安定した水源を確保し、広域水道による供給が、地域で切望されてきた。

大井川広域水道の水源は、南アルプスを源とし、駿河湾に注ぐ1級河川大井川に、建設される建設省の多目的ダム「長島ダム」に求め、新設の相賀浄水場から人口増加の著しい藤枝、焼津、島田市をはじめ、従来から水事情に恵まれない掛川、小笠および榛南地域の4市10町に、1日最大16万700m³を供給する計

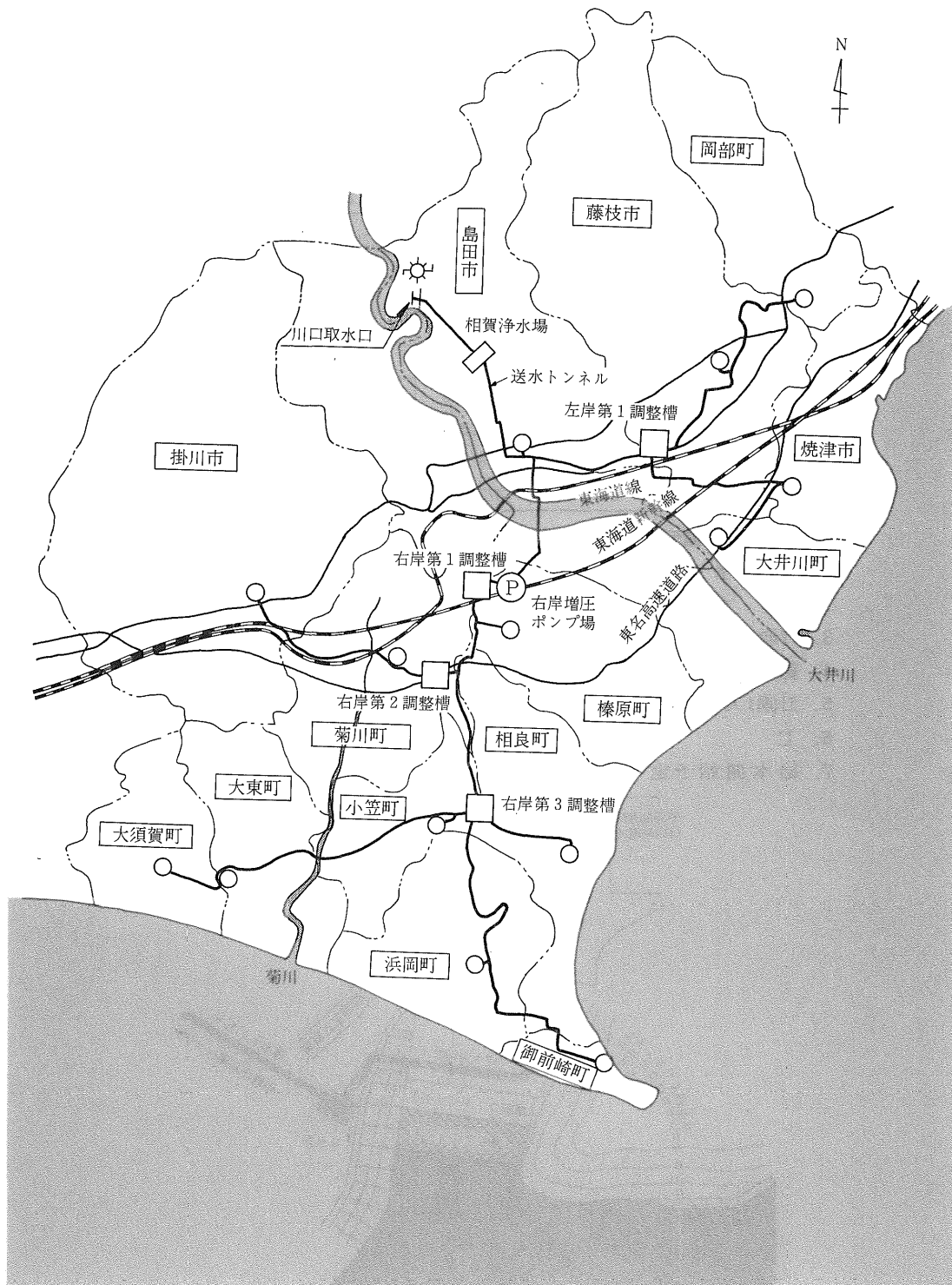
画となっている。

現在、ほぼ創設工事も完成に近づき、昭和63年度の一部通水を目指して、鋭意送水管敷設等残工事を実施しているが、創設工事のなかでも、特に重要で、施工上苦心した、送水トンネル内呼び径1500mmダクタイトイル管敷設工事について、その概要を報告する。

2. 事業の概要

水源を1級河川大井川水系、本川根町梅地地先の長島ダム(多目的ダム)に求め、下流部島田市川口にある中部電力川口発電所の下流で、上水6.0m³/秒、農水3.045m³/秒、計9.045m³/秒を共同取水口で取水する。上水の取水量は当面1期分2.0m³/秒であり、川口取水口から島田市相賀地区の浄水場までの間は、導水トンネルによる自然流下で導水する。相賀浄水場で薬品沈でん、急速ろ過、塩素消毒などの浄水プロセスを経た水道水は、送水トンネル内の送水本管を通り、途中2ヵ所でポンプアップし、以降は自然流下で14市町の受水池へ送水する。

図1 大井川広域水道用水供給事業施設計画平面図



給水量 (第1期)

単位 m³/日

給水区域	給水人口	給水量		
		計	自己水源	大井川 広域水道
藤枝市	132,700	73,000	50,100	22,900
島田市	74,500	44,400	29,900	14,500
焼津市	126,600	101,500	66,200	35,300
大井川町	25,300	10,000	9,000	1,000
岡部町	12,000	6,600	5,100	1,500
掛川市	76,000	45,000	10,300	34,700
小笠町	13,900	7,700	1,900	5,800
菊川町	29,400	20,600	6,800	13,800
大東町	21,300	13,600	4,500	9,100
大須賀町	12,900	6,800	1,000	5,800
浜岡町	23,100	14,700	3,000	11,700
榛原町	17,700	10,700	9,700	1,000
相良町	27,500	14,300	11,700	2,600
御前崎町	10,900	8,400	7,400	1,000
合計	603,800	377,300	216,600	160,700

●計画の基本諸元

1. 取水量 $2 \text{ m}^3/\text{秒}$ 172,800m³/日
2. 給水量 1日最大 160,700m³/日 (取水量 $\times 0.93$)
3. 行政区域内人口 70年推計 621,900人
4. 給水人口 70年推計 603,800人
5. 計画1人1日当たり最大給水量 625ℓ/人/日
6. 工期 昭和52年度から昭和62年度
7. 給水開始予定 昭和63年4月

図2 取水口

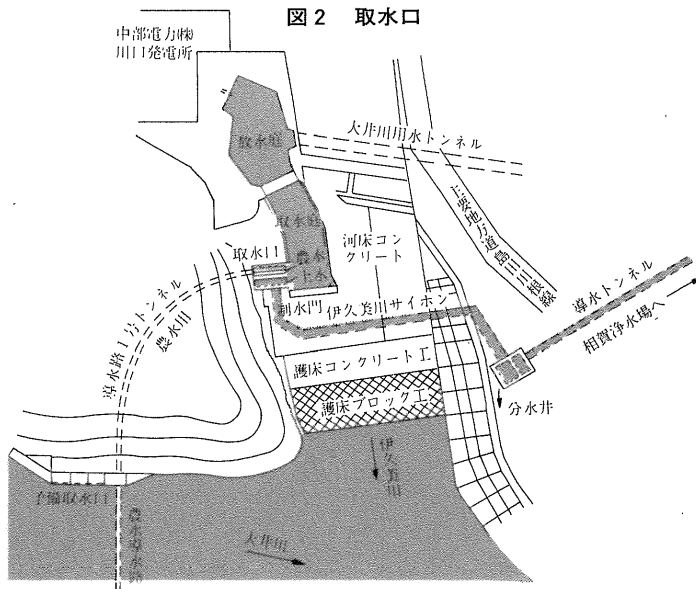
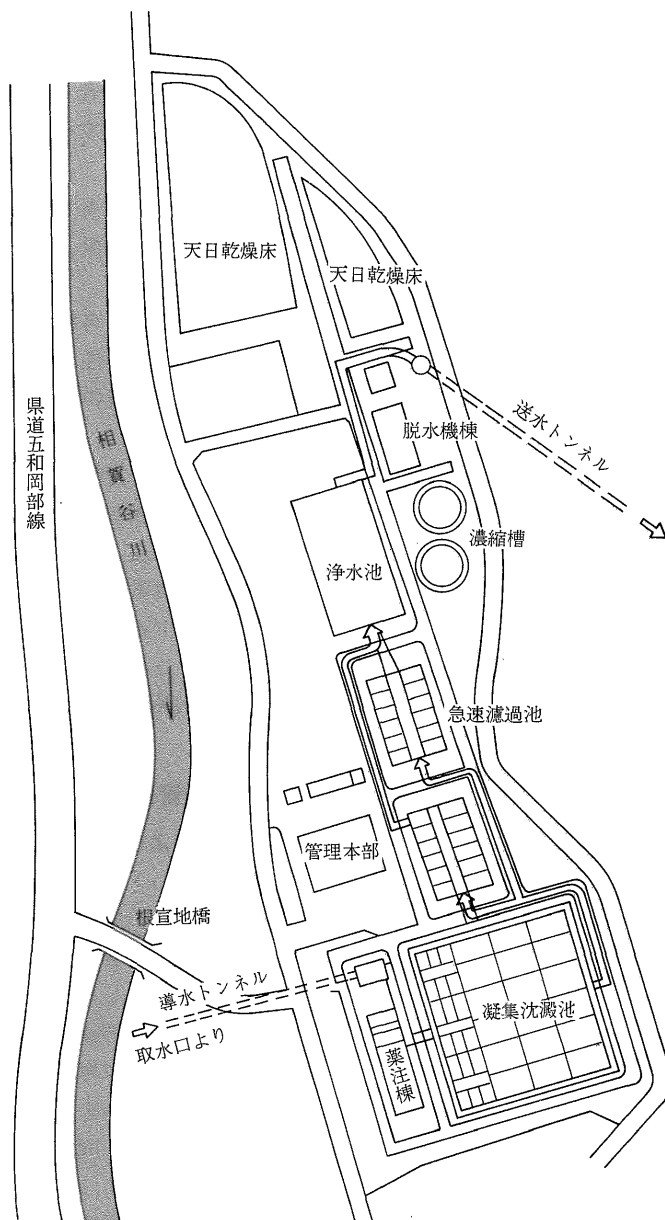


図3 相賀浄水場



3. 送水トンネルの概要

相賀浄水場から島田市伊太地先に至る送水トンネルは、延長約2.6kmの長大トンネルである。トンネル断面は、幅2.7m×高さ2.65mの馬蹄形である。

その掘削には、苦労を重ねたが、特に硬い岩質のため、日本に数台しかないというジャ

ンボ掘削機を採用した。地質は非常に複雑で頁岩、蛇紋岩、砂岩の互層となっており、極端な場所では、20mごとに地質が変化した所もあった。

送水トンネル内には、呼び径1500mmダクトイル管を敷設し、幅約70cmの点検用歩廊を設ける点検通路方式を採用した。

写真1 送水トンネル



写真2 敷設完成状況



4. 送水トンネル内配管敷設概要

1. 設計条件

送水管路の設計条件は次の通りである。

- (1) 呼び径 1500mm
- (2) 静水圧 3.4kgf/cm²
- (3) 水撃圧 3.4kgf/cm²
- (4) トンネル施工内径 直径2.7m
- (5) 立坑径 直径6.8m

2. 管種選定

本送水管の管種比較条件としては、次の事

項を原則とした。

- (1) 内圧に対しての安全性
- (2) 呼び径に対しての適合性
- (3) 環境に適合した施工性
- (4) 水質に対する安全性
- (5) 経済性

これらの事項を考慮し、あらゆる角度から比較検討した結果、いろいろな管種の中からダクタイトイル管が、

- (1) 継手部に可撓性があるので、トンネル内での施工性がよい。
- (2) 周辺環境の影響を受けにくく、作業環境がよい。
- (3) 工期が大幅に短縮できる。
- (4) 耐食性がよく、施工後の安全性に優れている。
- (5) 耐用年数、維持管理費などを総合的に比較すると、経済性に優れている。

以上のことから送水管の使用管種はダクタイトイル管を採用することとした。

5. 配管設計

1. 管および管受台の仕様

管は狭いトンネル内での施工性を考慮し、U形ダクタイトイル管とし、内面はモルタルライニング(JIS A 5314)、外面はタールエポキシ樹脂塗装とした。

管受台はH形鋼を使用し、管とH形鋼の間には、ゴム板(厚さ3mm)を敷いて管外面に損傷を与えないようにした。管固定バンドと管との間にも、同様の配慮をした。管受台は直管1本6mにつき受口側1ヵ所で支承することにし、管固定完了後、コンクリート巻き立てとした。

2. 管厚計算

$$\text{静水圧} = 3.4 \text{ kgf/cm}^2 (P_s)$$

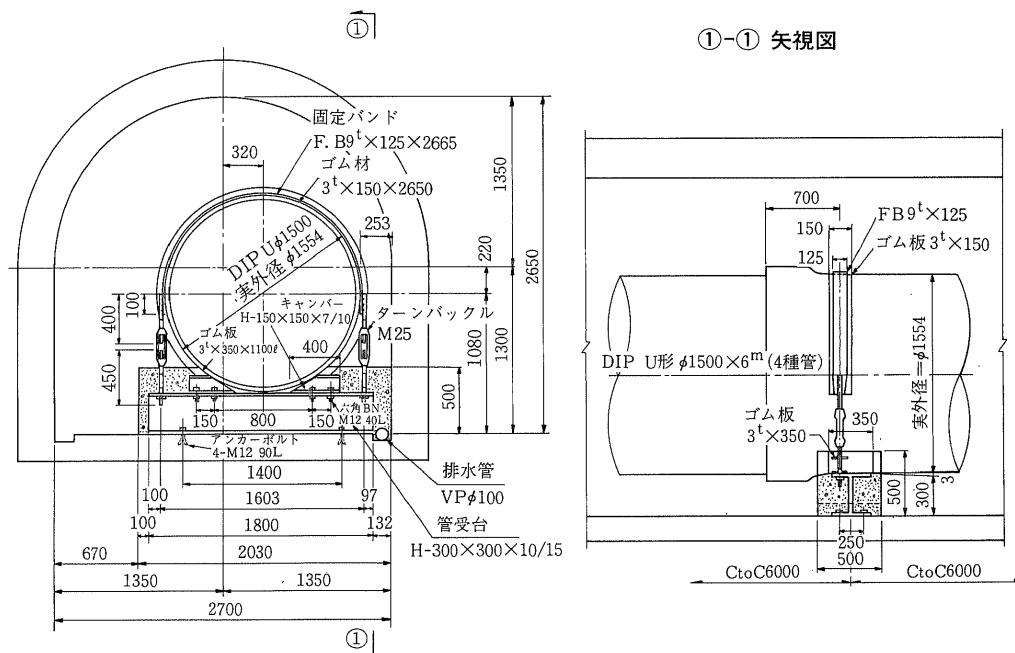
$$\text{衝水圧} = 3.4 \text{ kgf/cm}^2 (P_d)$$

$$\text{許容引張応力} = 2,100 \text{ kgf/cm}^2 (\sigma_a)$$

より、必要管厚(t)を計算する。

$$t = \frac{(1.25 P_s + P_d)}{2 \sigma_a} = \frac{(1.25 \times 3.4 + 3.4)}{2 \times 2,100} \\ = 0.273 (\text{cm})$$

図4 標準断面図



これに腐食代、鑄造公差を見込み、

$$T = 2.73 + 2.0 + 1.0 = 5.73 \text{ (mm)}$$

よって、規格管厚より4種管(T=16.5mm)

を使用する。

3. 受台で支承された管の安全性

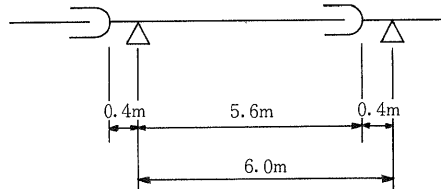
直管1本当たり、管受台を1カ所設けた場合の管の安全性を検討する。

(1) 荷重 (W)

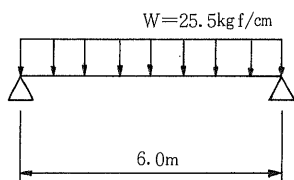
管体重量+管内水量

$$= 4,697 + 10,603$$

$$= 15,300 \text{ kgf}$$



$$W = \frac{15,300}{600} = 25.5 \text{ kgf/cm}$$



(2) 曲げモーメント (Mmax)

$$M_{\max} = \frac{W \cdot \ell^2}{8}$$

$$= \frac{25.5 \times (600)^2}{8}$$

$$= 1,147,500 \text{ kgf-cm}$$

(3) 発生曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z}$$

$$= \frac{1,147,500}{24,044.8}$$

$$= 47.7 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{ba} = 3,000 \text{ kgf/cm}^2$$

σ_{ba} : ダクタイル鑄鉄の許容曲げ応力

Z: 断面係数

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_2^4 - D_1^4}{D_2}$$

$$= \frac{\pi}{32} \times \frac{\{(155.4)^4 - (155.4 - 2 \times 1.3)^4\}}{155.4}$$

$$= 24,044.8 \text{ cm}^3$$

D_1 : 管内径

D_2 : 管外径

したがって、4種管で安全である。

4. 管の温度変化による伸縮量

(1) 温度変化

温度変化は、 $-20^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$ の範囲とする。

(2) 管の伸縮量(Δl)

管1本当たり ($l=6.0\text{m}$)

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot l$$

$$\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$$

$$\Delta t = (+20) - (-20) = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l = 1.0 \times 10^{-5} \times 40 \times 600 = 0.24\text{cm}$$

呼び径1500mm、U形継手の許容伸縮量は4.0cmであり、安全である。

6. 施 工

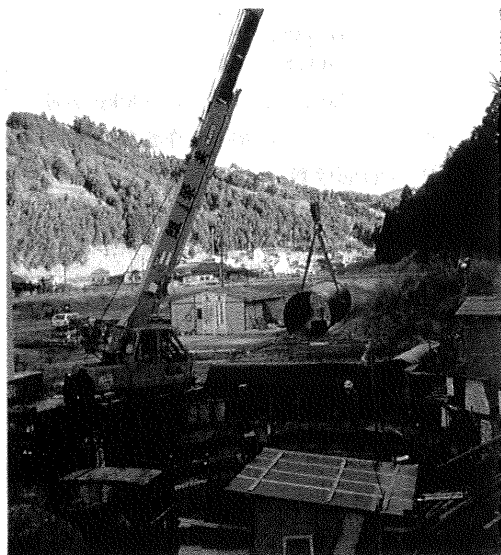
本工事は、トンネル内の狭い場所での工事であるので、第1日目は管運搬、管据付け、接合および管受台施工、第2日目は水圧テスト、型枠組み立ておよびコンクリート打設と、1サイクル2日間の工程で、U形直管 $L=6\text{m}$ 、4本、敷設長さ24m、管受台4ヵ所をトンネル中央の工区境より各坑口に向かって施工した。

また、延長2,667mという長大トンネルであることから、換気には十分注意するとともに、管運搬、接合などに使用する機器は排気ガスなどを排出するものは使用せず、電動式などを使用した。

1. トンネル内配管材料運搬

配管材料は、坑口近くの材料ストックヤード

写真3 立坑よりの管吊りおろし状況



ドに一時仮置きし、そこからトンネル内に運搬する。坑口よりトラッククレーンを使用して、管をナイロンスリングによる2点吊りでもり上げ、トンネル入口のバッテリーロコにけん引された管運搬台車に吊りおろす。積み込みを完了した台車は2km/時程度の安全な速度で、配管据付け場所まで管を搬送する。

写真4 立坑よりの管吊りおろし状況
(U形 $\phi 1500 \times 6000\text{mm}$)



写真5 台車への管吊りおろし状況

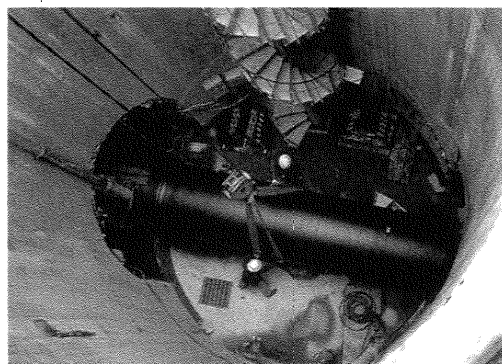
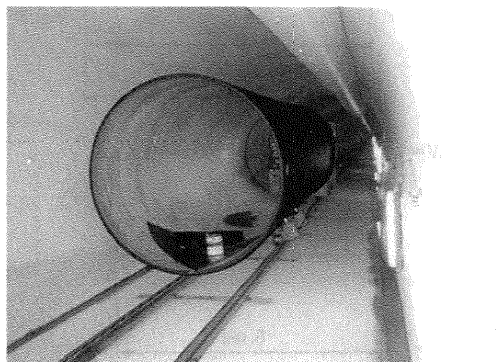


写真6 管運搬状況



2. 管据付け、接合

管据付けの前に、管の伸びを考慮して測量を行い、管据付け位置の芯出し、管受台の墨出しを行い、管受台固定用のアンカーボルトの穿孔、取り付けをしておく。管受台はSS41、H形鋼(300×300×10×15)製で、あらかじめ工場で加工されたものを使用し、現場ではアンカーボルトによるトンネルスラブへの取り付けのみとした。

台車に乗せられた管は、据付け場所ですでに据付けられた管の受口(または挿し口)に台車にセットされた4本のジャッキで微調整しながら静かに挿入される。次に台車を引き抜くため、仮受台をセットし、台車引き抜き用ジャッキにて管を持ち上げ、台車を引き抜く。そして、管受台(あらかじめ芯出しされた位置にライナー調整してある)をセットし、管を下げて仮受台を撤去する。

正しい位置にセットされ、芯出しを行い、完了すればただちに接合作業に入る。接合作業は、日本ダクタイル鉄管協会編「U形ダクタイル管接合要領書」に基づき行った。

写真7 管受台セット状況

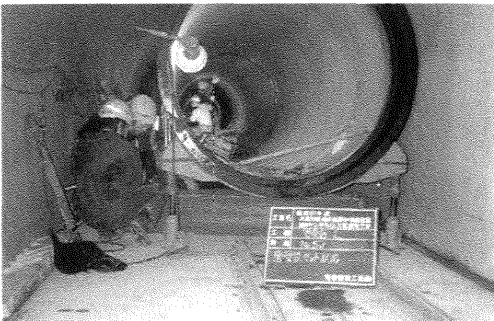
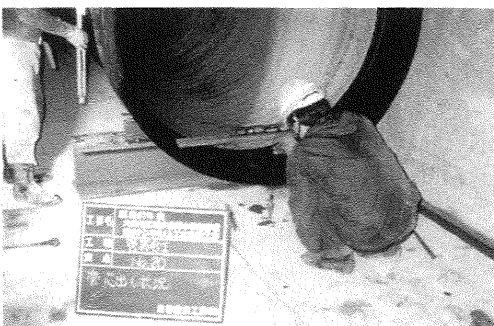


写真8 管芯出し状況



3. 水圧テスト

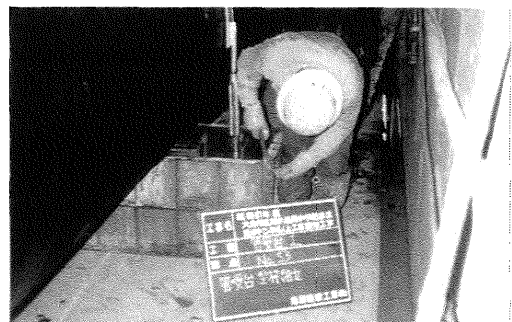
接合完了後、継手ごとに管内面テストバンドにより水圧テストを行い、接合の良否の確認を行った。参考までに、そのサイクルタイムは1口当たりおよそ次の通りであった。

ゴムリングセット	5分
押え板セット	10分
ボルト締め付け	15分
テスト準備	10分
充水	5分
水圧テスト(5.0kgf/cm ²)	5分
片付け	10分
計60分	

4. 管受台工事

管の接合が完了すれば、管固定バンドにて管を固定する。その際、管の外面に傷をつけないよう、管と固定バンドとの間にゴム板(厚さ3mm)をはさんだ。管受台巻き立てコンクリート用型枠は、打設効率を上げるため、あらかじめ鋼板製でつくっておき、現場では組み立て、バラシのみとし、転用した。コンクリートは生コンを使用し、仮設軌条上のプレスクリートに積み替え、トンネル内の運搬打設は6トンバッテリーロコと2.0m²プレスクリートを使用した。(コンクリート圧縮強度 σ_{ck} = 180kgf/cm²)

写真9 管受台用型枠組み立て状況



7. あとがき

幸い特にトラブルもなく、所定の工期内に送水トンネルおよびトンネル内の送水管敷設工事を完成することができたことは、施工に当たりご協力いただいた関係各位のご努力の

賜物と深く感謝するものである。

近時、市街地ならびにその周辺の住宅の密集、交通事情、そして工事に対する住民の公害意識の高まりなど、工事環境がますます多様化してきている。本工事においても例外ではなく、送水トンネルの立坑工事では騒音とか震動の対策に非常に頭を悩ました。

その意味からも、施工工期が短く、施工時に騒音の少ないダクティル管を採用したことは正しい選択であったと考えている。

本稿が同じようなトンネル内配管敷設工事をされる各位の参考になれば幸いである。

写真10 敷設完了状況

