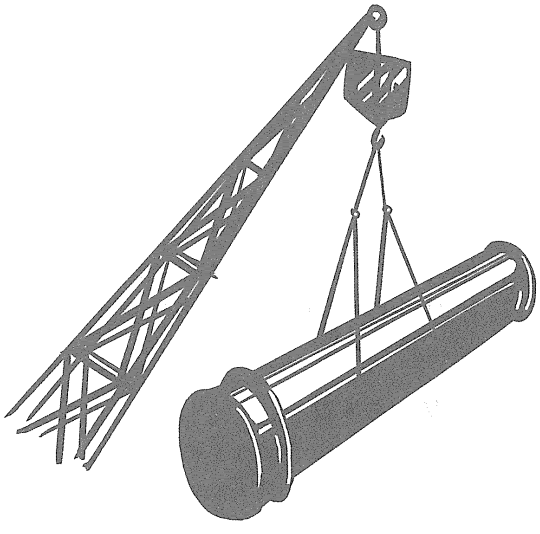
2 技術レポート

呼び径2000㎜ＵＳ形ダクタイル管のシールド内布設について



京都市水道局
技術部工務課主幹　明里　晃

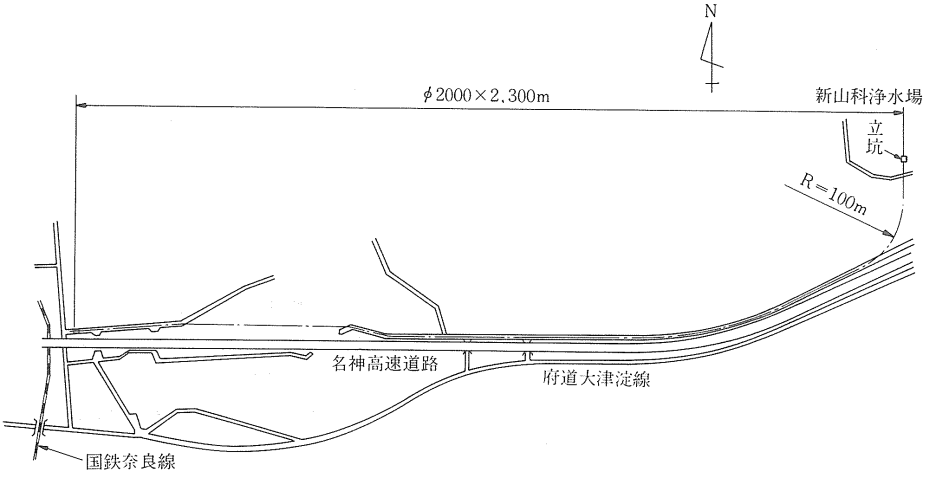
Ⅰ．はじめに

本市では洛西ニュータウンの建設をはじめ著しく発展を続けている洛西方面の給水需要に対応するとともに、既給水区域のうち南区、伏見区の給水事情の改善をはかるため新山科浄水場からの配水幹線の布設が必要となり、今回すでに完成している内径2700㎜のシールド工法による１次覆工内（以下シールド内と呼ぶ）に呼び径2000㎜ＵＳ形ダクタイル管を使用し、延長２,300ｍにわたるシールド内配管を行ったので、その概要を紹介する。

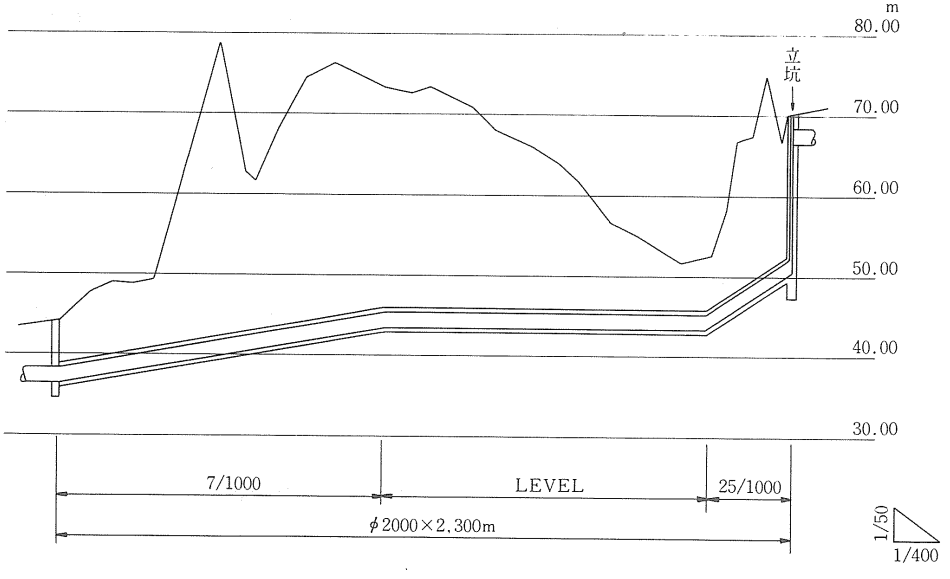
Ⅱ．工事概要

(1)　工事名称　　第８期拡張事業
　　新山科系新伏見幹線配水管
　　布設(その５)工事
(2)　工事場所　　京都市山科区勧修寺丸山町
　　～伏見区深草瓦町
(3)　工事期間　　昭和57年5月～昭和58年4月
(4)　工事内容　　呼び径2000㎜×延長2,300m
(5)　平面、縦断面　　図－１参照

図－１　平面図



縦断図



Ⅲ．管路の設計

1．設計の留意点

配水幹線の設計にあたっては、配水管路の性格および位置づけを検討し、配水幹線の評価をしておく必要がある。本幹線について種々検討した結果、

(1) 本市でもっとも大口径の呼び径2000mmである。

(2) 管路が名神高速道路と並行し近接している。

(3) 土被りがもっとも大きい所でG.L－38mでシールド内配管である。

以上のことから、この幹線の事故に際し、給水面での市民への影響が広範囲に及ぶとともに2次災害の規模も大きく、かつ復旧に多大の費用と期間を要すること。また、配水管内の滞留水量は約7,000㎥であり、緊急遮断弁などを取付けることにより、災害時に市民への水が確保できる。このような観点に立ち設計を行った。

2．耐震検討

地震時の管路の挙動を検討する方法としては、ここでは次の三通りについて計算を実施し、その中の最大値を採用することとした。

(1) 水道施設耐震工法指針・解説

(2) 地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)

(3) 新耐震設計法

なお、シールドにおけるセグメント、裏込材による強度は無視した。

A．地盤の概要

シールド工事に先立ち地質調査を行った結果、地質は次の通りであった。

a．沖積層(盛土を含む)は地表面に1～4m程度薄く分布している。

b．表面層の大部分は洪積層であり、よく締っている。

c．洪積層は砂層、粒土層が交互に表われており、また摺曲が著しく、地盤基盤が全路線に沿って明確にしにくい。

d．断層が見られる。

B．計算条件

○対象口径　　呼び径2000mm

○設定震度　　Ⅵ(烈震)

○設定加速度　　400gal(震度Ⅵの上限)

C．検討項目、計算結果

○土　歪　量　　$\varepsilon=2102\times10^{-6}$

○継手部伸縮量　$\ell=\pm8.4$mm

○管体発生応力　$\sigma=0.73$kgf/mm²

○継手部曲げ角度　$\theta=1'26''(\pm0.8$mm)

以上の計算の結果、

○地震時伸縮量(用途別余裕係数2)

$\ell_1=(8.4+0.8)\times2=\pm18.4$mm

○曲げ配管による伸縮量　$\ell_2=\pm18$mm

○温度変化による伸縮量　$\ell_3=\pm0.6$mm

○合計伸縮量

$\ell_1+\ell_2+\ell_3=\pm37$mm(絶体値74mm)

D．考　察

数値計算結果は、地盤が崩壊しない場合に適用できるものであるが、液状化現象、断層などに対しては現在のところ適切な計算方法が確立されていないので計算結果のみで判断することは適切でない。当ルートには断層が推定されるので、地震時には予想し得ない軸力、変位の発生が考えられる。したがって今回の設計は、数値計算結果と併せて鎖構造を有する耐震継手(US形)を採用することにした。

3．立上り配管

シールド内から浄水場の既設の管に連絡するために、垂直に約15m立上るものであるが従来このような配管については鋼管を使用する例が多く見られるが、今回本市ではシールド内配管の事故に際し、保守点検用に配水管呼び径2000mmに点検用分岐管(T字管)を取付け、分岐管に通ずる管理用立坑を設置することにした。このため管理用立坑と立上り管を一体にするとともに、施工性のよいUF形ダクタイル管を採用し、鋼管に変わる剛性を得その前後に伸縮、可とう性に富んだ継ぎ輪を使用することにした。したがって地震時には、管理用立坑の慣性モーメントのみを検討し、立上り管の検討を省略した。

4．裏込材の検討

シールド内配管後の裏込材については、地

震時に1次覆工(コンクリートセグメント)に加わるいろいろの外圧が配水管に直接伝わりにくい、砂程度のものが好ましいが、施工性を考慮して従来使用されているエアーミルクにフライアッシュを混入して強度を低下させることにした。

Ⅳ．施工方法

仕上り内径2700㎜のシールド内に呼び径2000㎜US形ダクタイル管を配管し、管とシールドの1次覆工(コンクリートセグメント)との間隙にエアーミルクを充填し、併せて立坑に垂直立上り配管を行って既設管と連絡し管理用立坑を築造するものである。

1．仮設備工

(1) 軌条設備

まず管をシールド内で運搬するため、全線にわたってレールを布設する必要があり、その概要を示す。

① 軌　道

○軌道の高低差　14m
○軌道の長さ　2,300m
○最小曲線半径　100m
○最急勾配　25‰
○軌　間　610㎜
○軌条の重量　15kgf/m

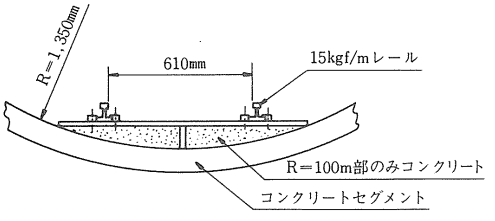
② まくら木

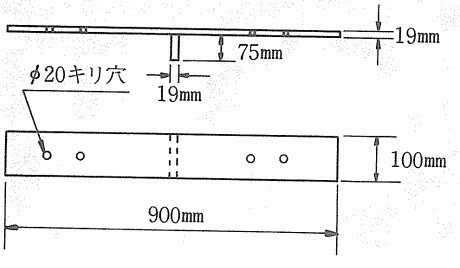
シールド内径2700㎜とダクタイル管受口外径2220㎜とのクリアランスが480㎜と小さいため運搬用特殊台車の高さを考慮し、軌条設置高をできるだけ下げ、また管の重重が7.5トンと負担荷重が大きく、配管時にレールの撤去が容易にできるよう鋼板製まくら木を使用し、900㎜ピッチに配置した。なお、曲線部(R＝100m)の部分には車両走行時の横振れ防止として、まくら木をコンクリートにて固定した。(図－2、写真－1)

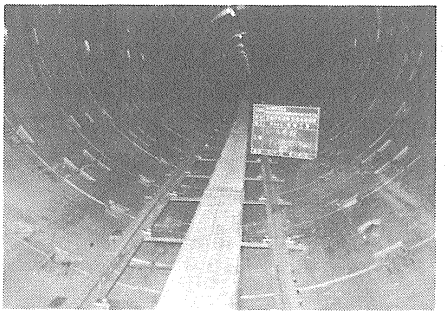
(2) 排水設備

もっとも下流より上流立坑に向って配管するため、シールド内の湧水を強制排除する必要があり、クリアランスの関係上特殊な装置とした。通常の水中ポンプでは、管運搬台車の通行に支障をきたすので、立坑の下部にバキュームポンプを設置し、シールド内に100㎜のVPを布設し、湧水箇所にて40㎜のホースで分岐して、バキュームにて吸引し立坑まで排水した。なおバキュームポンプはタイマーにて制御し、水の吸引箇所には液面フロートを取付け、水位が所定の位置に下ると電磁弁を閉じ、エアーの混入を防ぐ機構にした。(図－3、写真－2)

図－2

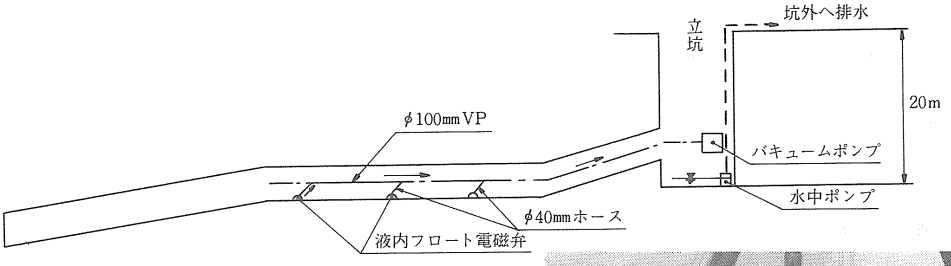






写真－1

図－3

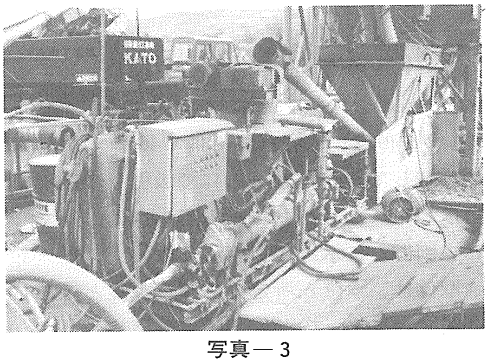


写真－2

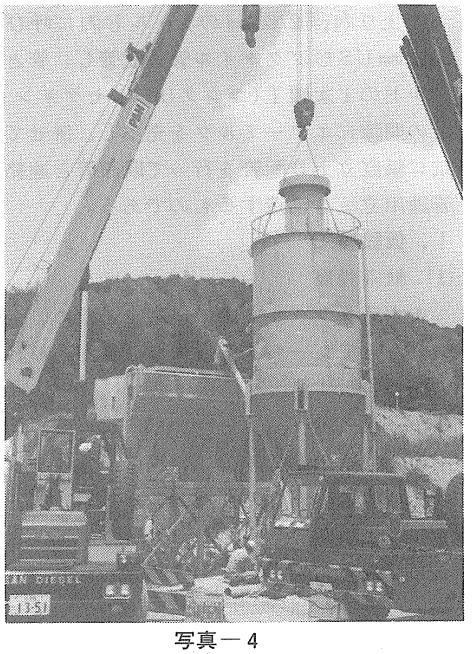
(3)　エアーミルク充填設備

今回工事路線上の付近に適当なプラントの設置場所の確保が困難であり、工程の関係上、夜間作業となるため騒音などを考慮して浄水場の立坑から全量圧送する方法をとった。そのために全延長2,300mを立坑1カ所からの圧送は設備の点から困難であり、途中2カ所に中継加圧機を設け、また連続注入できるように自動計量可能な設備とした。

○セメントサイロ　1基(写真－4)
○フライアッシュサイロ　1基(写真－4)
○クリーター　1式(写真－3)
○中継機　2台



写真－3

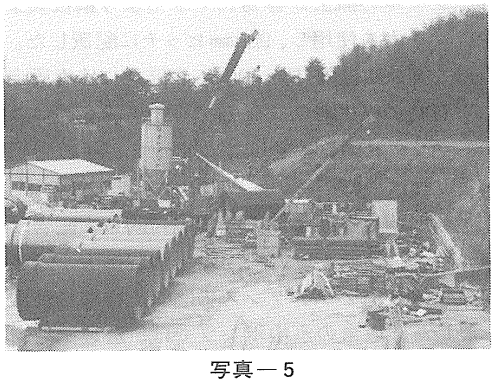


写真－4

2．シールド内運搬、据付工

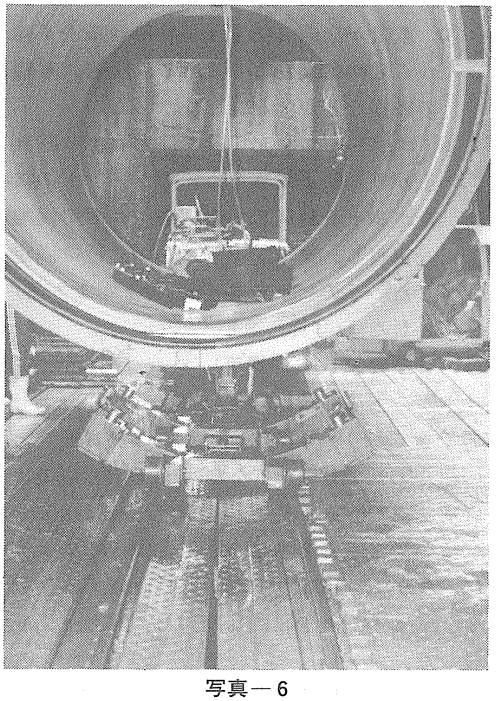
(1)　施工手順

①　管の搬入を20トン吊りトラッククレーンにより、立坑を約20m下のシールドの高さに設けてある踊場まで吊り下ろす。(写真－5)



写真－5

② 立坑下で待機している運搬芯出し兼用特殊台車に管を積込み、管が滑動や転落しないようワイヤーロープで台車に締結したあと、6トンけん引バッテリー車にて接合箇所へ運搬する。(写真－6)



写真－6

③ 接合箇所に到着したら、既設管に挿入しやすいように特殊台車の4個の油圧ジャッキを操作して高さを調整する。

④ 挿し口の外面、受口の内面およびゴム輪の全周を清掃するとともに滑材を塗布する。

⑤ 受口に規定の胴付間隔(Y＝115mm)を得るため、木製のディスタンスピースを置く。

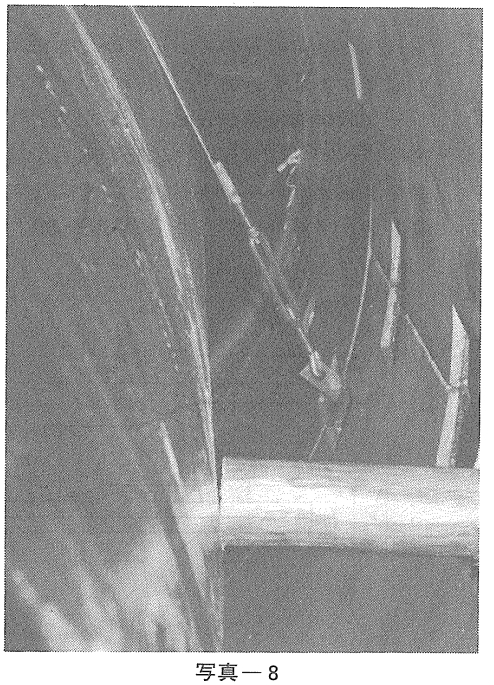
⑥ けん引車をゆっくり前進して受口を既設挿し口に挿し込み、ディスタンスピースに着くまで挿入する。

⑦ 2台の手動ジャッキにて管中心方向に押し上げ、台車が抜ける位置で管を仮受けし、台車の引抜きおよびレール、まくら木を撤去する。

⑧ 2台の手動ジャッキにて微調整を行うとともに、T定規、水準器を用いてあらかじめセグメント上に印してある管の高さおよび中心に合わせる。(写真－7)

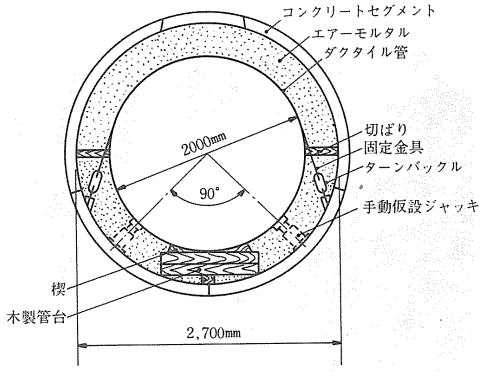
写真－7

⑨ 管の位置が決まると、木製管台を管の下に挿入し楔にて固定、管の横方向の移動防止のため切ばりをはめ込んで据付けを完了する。(図－4、写真－8)



写真－8

図－4



⑩　据付け完了後、内側継手による管の接合を行う。(詳細後述)

⑪　最後にエアーミルク注入時の浮力防止のため固定金具の取付けを行い、配管を完了する。(図－4、写真－8)

(2)　考　察

①　平均配管本数を5本/日で計画し、3～4日分(20本)の管のストックができるようにし、また管の吊下し用のトラッククレーンの作業半径が8mと短いため、作業半径へ容易にストックの管が人力で移動できるようレールを布設し、その上に管を並べてストックした。(写真－5)

②　管の布設延長が2,300mと長く、2.3km～1.0km区間の配管には運搬時間を短縮するため、立坑下に管1本分の仮置場を設けた。

③　重量が7.5トンと重く、特殊台車を4輪から8輪に改良して使用し、脱線、車輪の破損などがほとんどなかった。

④　エアーミルク充填時の浮力による浮き上がりを防止するため、セグメントの接合ボルトを利用して鋼板製ベルトの両端を定着し、ターンバックルで締付け固定した。そのピッチを4m(管1本1カ所)とした。(写真－8)

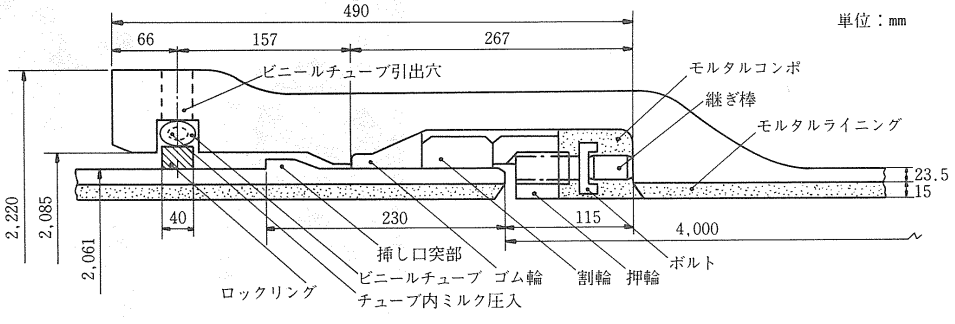
3．管接合工(US形継手)

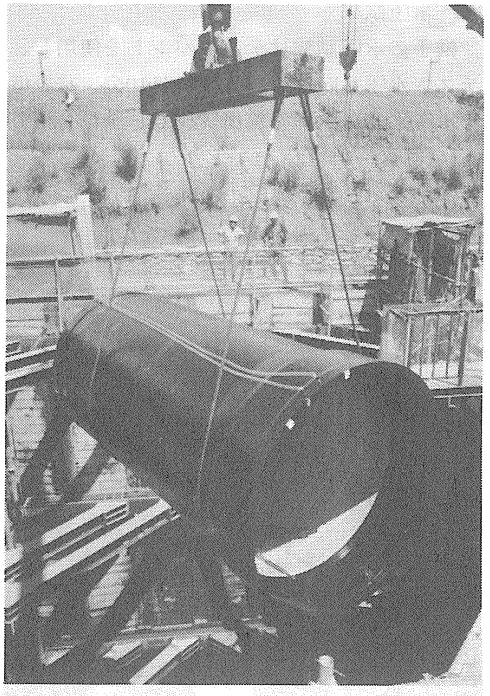
本ルートの曲線は100R～700Rの組合わせでできており、すべて直管(4m)と3°曲管との組合わせで行った。たとば100Rについては直管と3°曲管を交互に使用し、また200Rについては直管2本につき3°曲管1本のように、さらに300R以上については直管のみ使用し、ジョイントを屈曲(許容1°以下)させて布設した。

(1)　US形継手構造(図－5、写真－9)

この継手は鎖のように自由に伸縮、屈曲しかつ最終的に大きな抜出力に耐える機能にしたものである。

図－5





写真－9

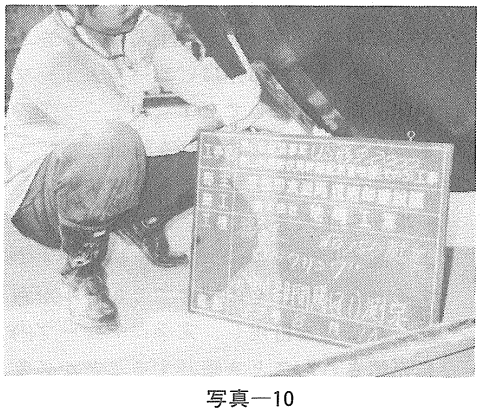
(2) 管接合要領

管の接合手順を以下に示す。

① 管の受口、挿し口の清掃を行う。

② ロックリングを挿し口にはめ込んで管とロックリングの隙間がないようにし、分割部の間隔を測っておく。(写真－10)

③ 受口の溝にビニールチューブを捩れ、折れがないようにセットし、2カ所の引出穴からチューブの両端を引き出し、管の長さより若干長くしておく。(引出穴は上部にくるよう管を据付ける)(写真－9)



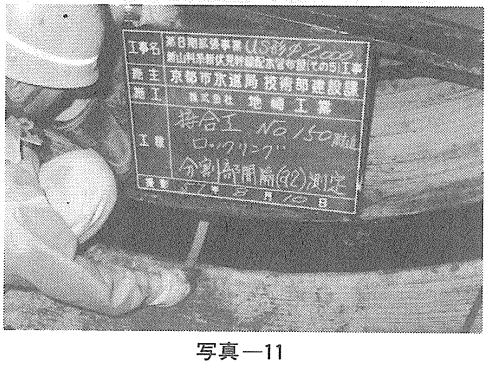
写真－10

④ ビニールチューブセット完了後、溝にロックリングをセットし、ロックリング拡大器にて溝の全周に均一に、十分溝の中に入り込むよう分割部を拡大セットする。

なお分割部は管の下部になるようにする。(以上①－④は坑外で完了しておく)

⑤ 管の運搬据付けを行う。(前述参照)

⑥ 据付け完了後、隙間測定器を使用してロックリングが管に密着していることを確認する。(②の間隔と比較する)(写真－11)



写真－11

⑦ 挿し口にゴム輪を挿入する。

⑧ 割輪、押輪の順にセットする。

a. 割輪は3分割になっており、左右を同時に入れたあと上部を入れる。

b. 押輪は4分割になっており、まず下部の押輪を入れた後、左右を同時に入れ、上部の押輪の両端に止め金具をつけてから入れ、止め金具を締付ける。

⑨ 鋼材とワイヤーを使用して、既設の管とレバーブロックにて締付け、押輪の押入れによる抜出しを防止する。

⑩ 押輪のボルトの締付けを順次行い、継ぎ棒の長さを締込んだあとボルトを戻し継ぎ棒をセットして均等に受口底部の間隔が規定の寸法になるまで締める。

⑪ ボルトの締付けが完了すると、③でセットしたビニールチューブに手動ポンプでモルタルを注入、充填し、モルタルの硬化を待ってリングの浮き上がりを防止する。(これはセグメントと管とのクリア

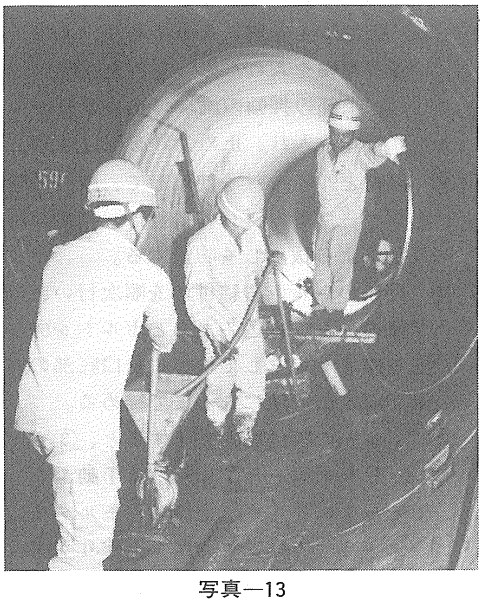
写真—12

ランスが小さく、セットボルトによる方法が不可能なためである）モルタルの配合は下記のものを使用した。(写真—13)

モルタルの配合

W	C	S	
1	2	0.7	（重量比）

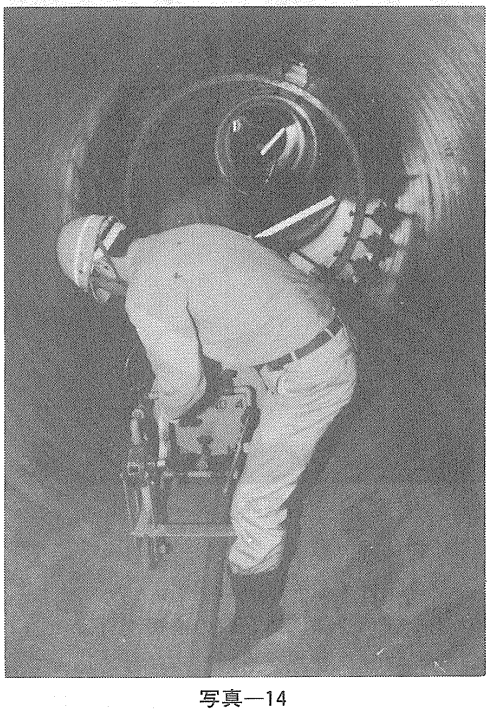
⑫　継手部モルタルコンポ
（U形継手と同要領）



写真—13

(3)　水圧試験

継手の水圧試験はテストバンドを使用し、テスト水圧 2 kgf/㎠、持続時間10分、許容低下水圧20%以内で全箇所実施し、全数合格した。(写真—14)



写真—14

(4)　考　察

①　ビニールチューブにモルタルを注入して、セットボルトにかえるのがこの継手の特徴であり、モルタルが確実にチューブに充填されていることが必要である。

今回の施工の例では、チューブの引出穴の出口で折れやすく、注入に支障をきたすため、この部分にビニールチューブを10cm位二重にしてビニールテープで巻きつけ、チューブの折れを防止した。

②　ビニールチューブのモルタル注入は、一端から注入をはじめ、他端を管の上部より高くしておき、エアーを抜けやすくするとともに、その端までモルタルが到達したことを目視し、完全にチューブ内に充填されたことを確認することが必要である。

③　シールド内に配管した鉄管の個数587個で、延長にして6mの伸びがあり、1個あたり10mmとなった。これは管の公差と接合部の若干の抜出しが加わったものであった。

④　接合部のモルタルコンポは水圧テスト後に行い、接合作業に数日遅れて追随した。

4．エアーミルク充填

この作業はシールドの1次覆工のセグメントと管との間の空隙にエアーミルクを詰めるものである。

(1)　充填材(フライアッシュ混合エアーミルク)

前述の設計配合に基づいて、現場において試験練りを実施し、次の配合を決定した。

表－1

(起泡液は動物性蛋白質の加水分解物で、比重 1.170である)

圧縮強度 (kgf/cm²)	水セメント比 (W/C+F) (%)	空気量 (%)	フロー値 (mm)	1㎥あたり材料				
				スラリー			起泡液稀釈水	
				セメント (kg)	フライアッシュ (kg)	混練水 (kg)	起泡液 (ℓ)	水 (ℓ)
$\sigma_{28}=\sigma\pm1$	W/C+F 56	62±3	160±30	175	175	196	148	35.52

写真－15　(気泡群の製造)

(2)　充填方法

プラントを浄水場内の立坑付近に設置した。エアーミルクの圧送能力が約800m程度のため800mごとに中継機を2カ所設置し、坑外のプラントから第1中継機へ圧送、再練して第2中継機を経由、2,300mをϕ50VPにて圧送注入した。

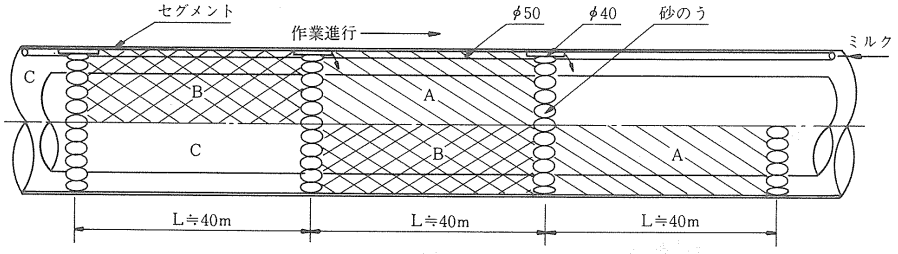
注入作業は昼間の配管作業に支障のない夜間を行い、その都度中継機は取りはずし立坑下に待避した。もちろん注入作業が進むにしたがい立坑に近づいてくると順次中継機は不要となる。注入作業は、管が40m(10本)布設されるごとに1回行い、平均2日に1回の割合で施工した。

1回の注入量は約90㎥で7時間を要し、13㎥/時であった。

エアーミルクのせき止めとして、砂のうを鉄管とセグメントの間に隙間のないように積上げて行い、側圧を考慮して2段階とし、セグメントの最上部に空気抜き兼用の充填確認のϕ40VPを設置し、そのパイプからエアーミルクが溢出することで注入完了とした。次に施工順図を示す。(図－6、写真－16、17)

上図の同符号の箇所を同一日に注入したもので、前回の上半と今回の下半を同一日に注入する。

図－6



写真—16

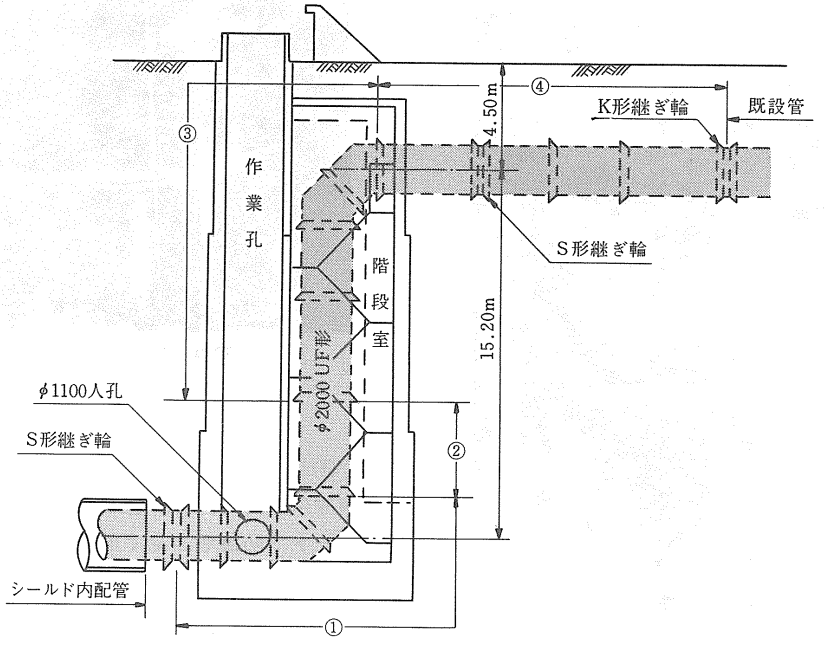
写真—17

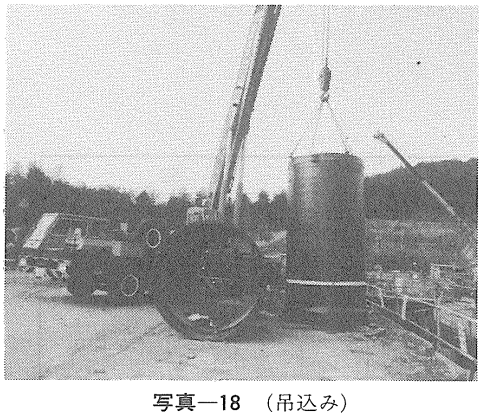
5．立坑内立上り配管

シールド内に配管した管が、立坑を立上り浄水場内の既設の管に連絡接続するもので、シールド内の配管が完了したあとに着工した。本配管については呼び径2000㎜UF形ダクタイル管を使った。立上り延長が約15mで非常に長く、4段階にわたって配管を行い、防護、階段室のコンクリートと併行して施工した。

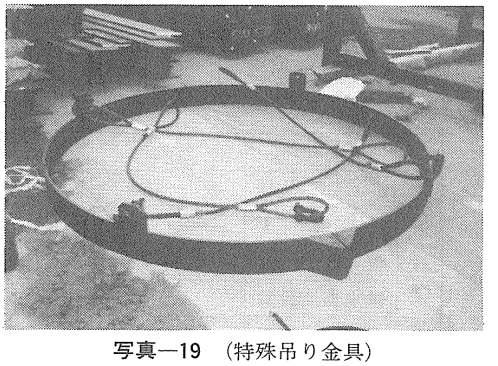
垂直配管で、かつ内側継手であるから常に受口を下向きに配管し、管の内外に接合作業用の足場を必要とした。また吊卸しには、垂直に吊下げることと、大口径、大重量のため特殊吊り金具を使用し、本管とシールド内配管、既設管との接続は、可とう性の大きいS形継ぎ輪を使用した。(図－7、写真－18～22)

図－7

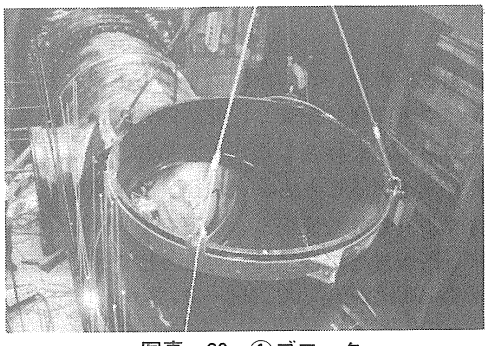




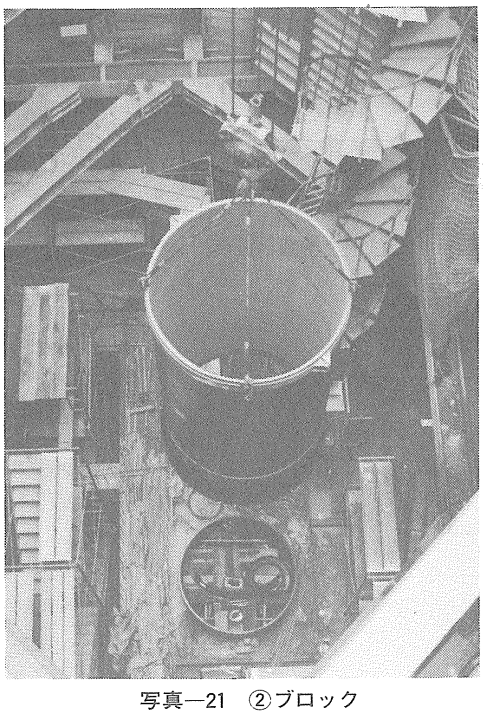
写真－18　(吊込み)



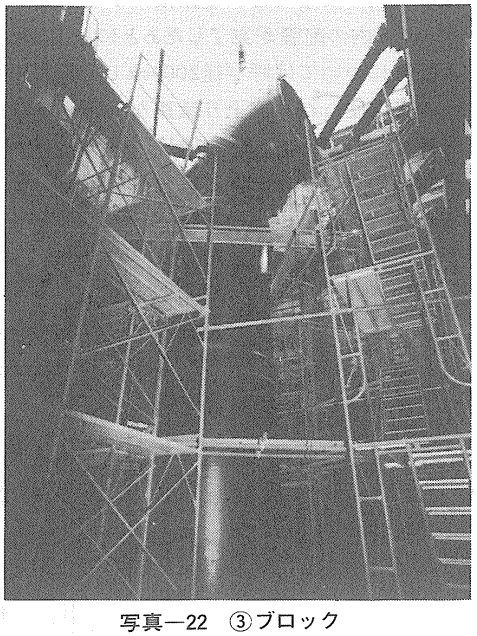
写真－19　(特殊吊り金具)



写真—20　①ブロック



写真—21　②ブロック



写真—22　③ブロック

①②③④は、4ブロックに分けた配管順序を示したもので、各ブロックごとにコンクリートで防護巻き立てのあと、次のブロックの配管を行った。

V．工事工程

1．実施工程表

実施工程を表にて示す。(表—2)

表—2

年		57								58			
工種＼月		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
仮設工	準備工	———											
	軌条設備		———										
	排水裏注設備			—									
シールド内配管工				———	———	———	———	———					
立坑内配管工									- - -	- - -	- - -		
管理用立坑築造工								———	———	———	———	———	———

2．標準作業タイムサイクル表(表－3)

表－3

作業			時刻 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
シールド内配管	①本	管の吊込み・運搬	―																				
		挿入・芯出・据付け		―																			
		内面接合			―																		
		管の固定				―																	
	②	〃			―	―	―																
	③	〃						―	―														
	④	〃								―	―												
	⑤	〃										―	―										
裏込め注入	2日に1回	砂のう製作搬入										―											
		中継機設置											―										
		エアーミルク注入												―	―	―	―	―		―	―		
		中継機搬出、片付け																				―	

3．シールド内配管日進量

シールド内配管の実績日進量をまとめてみると、次の通りである。

○管総数－587口(直管552＋3°曲管35)

○延べ日進量－587/128＝4.59口/日

○配管期間－58.7.5～58.11.9＝128日

○実動日進量－587/104＝5.65口/日

Ⅵ．むすび

以上、本市における最大口径配水管である新伏見幹線配水管布設(その5)工事の概要を述べたが、施工にあたってシールド内配管という、ある限られた作業スペースで、しかも片側一方からの長距離配管の作業条件にもかかわらず工事は順調に進み、計画工程通り所定の工期内に無事完成することができたことは、工事に対する住民の公害意識の高まる中で、今回作業基地を本市新山科浄水場敷地内としたため、工事そのものに専念することができたこと、また施工にあたり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次第である。