

Technical Report

技術レポート

1

東京臨海副都心共同溝内の 配管施工報告

東京臨海副都心建設株式会社

建設部有明工事事務所

所 長 大野皓一郎

課長補佐 久永敏美

調 査 役 岡本 角

1. はじめに

東京臨海副都心は、①多心型都市構造への転換の推進、②国際化・情報化の進展への対応、③多様な機能を備えた理想的な都市の形成という3つを開発目標とするプロジェクトである。今日の経済的社会的な急激な変化を考慮して、今後の開発フレーム、開発スケジュールなどについて見直しが行われる可能性もあるが、平成7年度末までの始動期整備は当初の計画通りに完成した。

未来型都市である臨海副都心では、9種類のライフライン施設を共同溝内に収納している。

本レポートは、モデル工区を対象とした「臨海副都心共同溝内管路にダクタイル鉄管を使用して」（井龍；本誌第56号）に引き続き、総延長約73kmに及ぶダクタイル鉄管の共同溝内配管工事の概要を報告するものである。

2. 臨海副都心の共同溝内圧送管

1. 共同溝内の収容施設

平成7年度末までに整備された共同溝のルートを図1に示す。これは計画延長25kmの約60%、15.6kmが整備されている。この共同溝内には上・中・下水道、ごみ収集、電気、ガス、地域冷暖房、通信、情報通信の9種類の機能が収納されている。共同溝標準断面と配管占有位置を図2に示す。

このうち、ダクタイル鉄管は、上・中・下水道管に使用しており、その総延長は約73kmである。共同溝内の配管状況を写真1に、種別ごとの配管延長を表1に示す。

なお、共同溝を健全な状態に維持、保全し併せて防災、管理を万全に行うための施設として光ファイバーを利用した集中監視を行っている。管理機能としては火災感知、侵入感知、ガス感知、避難路などのほか浸水、入溝管理がある。管理センターは、当地域のテレコムセンター内に設置されている。

図1 共同溝整備ルート

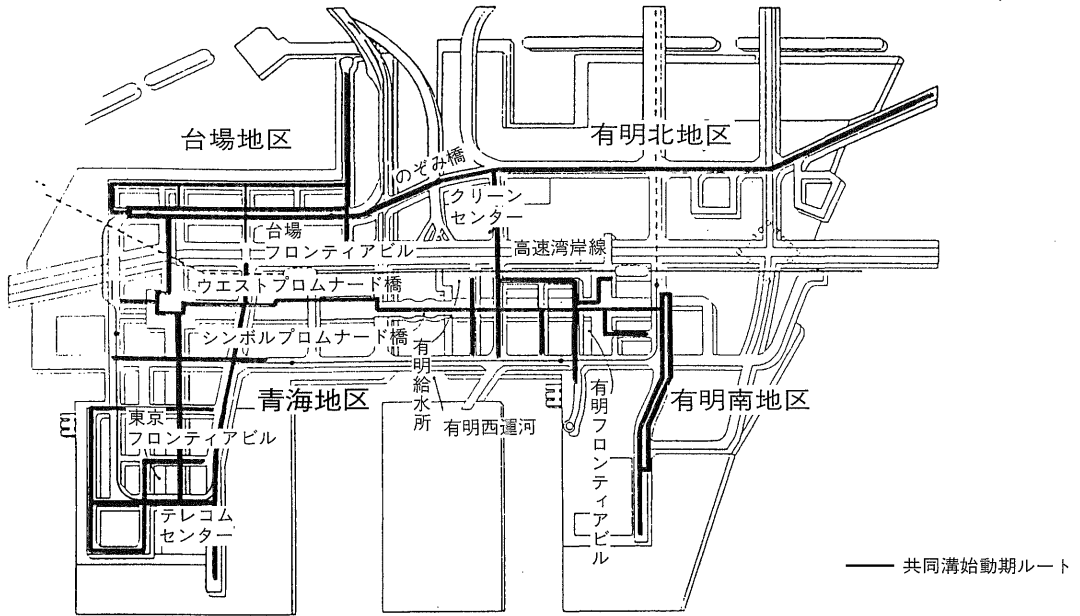
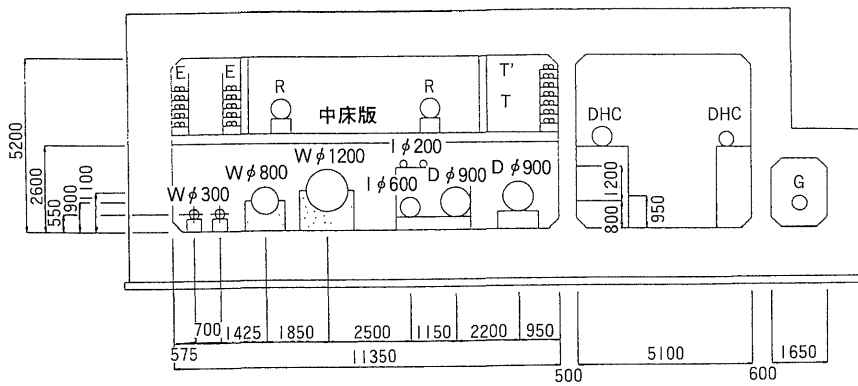


図2 共同溝内配管標準断面図



W：上水管 I：中水管 D：下水管
 G：ガス管 DHC：地域冷暖房用熱供給導管 R：ごみ収集管
 E：電カケーブル T：通信ケーブル T'：情報通信ケーブル

表1 共同溝内上・中・下水道管配管延長

種別		呼び径 (mm)	布設延長 (m)	管体数量 (本)
水道	送水管	1200	2,524	650
	配水本管	400、500、600、700、800、1000	8,034	2,460
	配水小管	75、100、150、200、250、300、350	21,044	9,600
	小計		31,602	12,710
中水道		100、150、200、250、300、400、450、500、600	25,688	11,450
下水道	汚水管	150、200、300、400、450、500、600、700、900	12,322	6,870
	汚泥管	250	2,943	720
	小計		15,265	7,590
合計			72,555	31,750

写真1



2. 整備工程

台場モデル工区の終了後、平成6年8月から平成7年5月の間に全区域を6工区に分けて整備した。各工区の月別の配管施工班数を表2に、1班の標準人員構成を表3に示す。

共同溝内の水系圧送管路は、上・中・下水道の3種類であるが、以下では管径、管材などの多様性、耐圧性能などから、上水道管を中心に基本要件および施工特性について述べる。

表2 ダクトイル管配管工事月別施工班数

工区名 月	台場 その2	青海 その1	青海 その2	有明北	有南 その1	有南 その2	合計 施工班
8月	3	2	2		1	1	9
9月	3	2	3	1	3	1	13
10月	3	5	5	1	3	1	18
11月	2	7	7	2	3	2	23
12月	1	7	7	3	3	4	25
1月	1	7	6	4	3	4	25
2月		4	6	5	3	4	22
3月			3	3	3	2	11
4月				1	1	2	4

表3 1班の標準人員構成

工種	作業内容	構成人員	(人)
材料の小運搬	材料置場から投入口までの運搬	クレーンオペレーター	1
〃	〃	玉掛 け	1
〃	〃	トラックの運転手	1
運 搬	投入口から接合現場までの運搬	クレーンオペレーター	1
〃	〃	モノレールオペレーター	1
〃	〃	玉掛 け	2
〃	〃	普通作業員	2
アンカーボルトセット	架台取り付け用アンカーボルトセット	〃	1
架台の取り付け	管類を載せる架台のセット	〃	3
配管・接合	管の接合	配 管 工	3
		合 計	16人

3. 共同溝内管路の基本要件

1. 上・中・下水道管の設計水圧

上・中・下水道管の水圧は、表4に示す通りである。

表4 上・中・下水道管の水圧

単位 MPa (kgf/cm²)

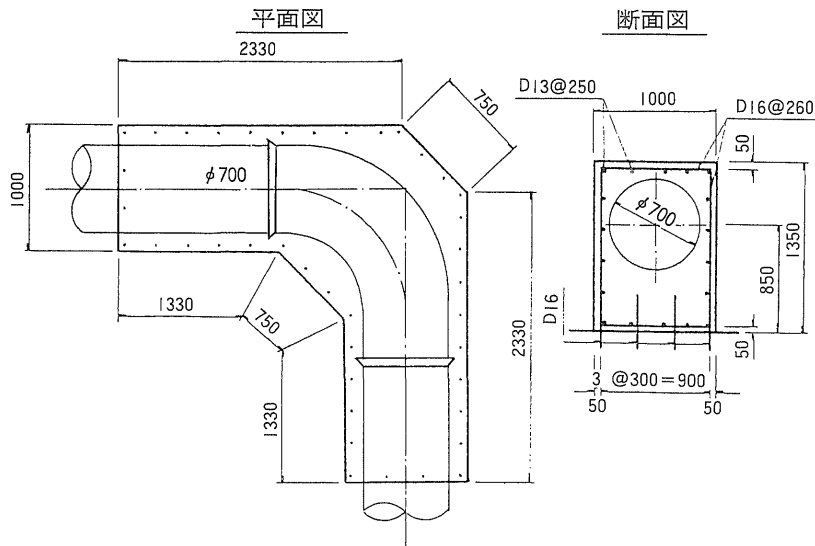
種 別	使用圧力	供給圧力
水道	0.74 (7.5)	配水本管 G L面で0.245 (2.5)
		配水小管 G L面で0.196 (2.0)
中水道	0.74 (7.5)	G L面で0.049 (0.5)
下水道 汚水・汚泥管	0.74 (7.5)	—

2. 異形管防護の基本的考え方

曲管、T字管などの異形管は、管内水圧の不均平均力を受けて管体が移動する恐れがあるため、鉄筋コンクリートブロックによる防護を行っている。上水道配管において、当工事規模の露出配管は前例がないため、異形管防護の構造、強度などについては慎重な検討を行い設計されている。図3に呼び径700mm×90° 曲管防護構造例を示す。

異形管部をコンクリートブロックで防護することにより、異形管部に作用する不均平均力を共同溝底版に伝え、管の移動を阻止するものとする。また、縦断防護については、コンクリート

図3 呼び径700×90° 曲管防護図



ブロックとアンカーとの付着で抵抗する。

3. 管受台の基本的考え方

管受台は管体、水重などの鉛直荷重および地震時の水平荷重によって発生する転倒モーメントに対して安全でなければならない。そのため、管受台はアンカーボルトで共同溝底版と一体化している。管受台の耐力は水平震度0.5以上で、地震時の転倒モーメントおよび横に滑動する力に対してはアンカーボルトの引張り抵抗力と剪断抵抗力とで対抗させる構造となっている。

なお、受台の構造については、配水本管は実績のある鋼製受台を巻き込んだ場所打ちコンクリートとし、配水小管についてはレジンコンクリート製のプレキャスト製品とした。

4. 管路の耐震対策

① 管路の耐震性

管路の耐震性を向上させるために、管種は強度、耐衝撃性、施工性などを総合的に考慮してダクタイル鉄管としたが、複雑な部分はやむを得ず鋼管やステンレス鋼管を一部において使用した。

また、水道用配管については、水密性、可とう性、伸縮性に富み、大きな離脱阻止力を持つS形・SⅡ形の耐震継手を採用し、曲管部などについてはKF形などの離脱防止継手と鉄筋コンクリート防護工を併用した。

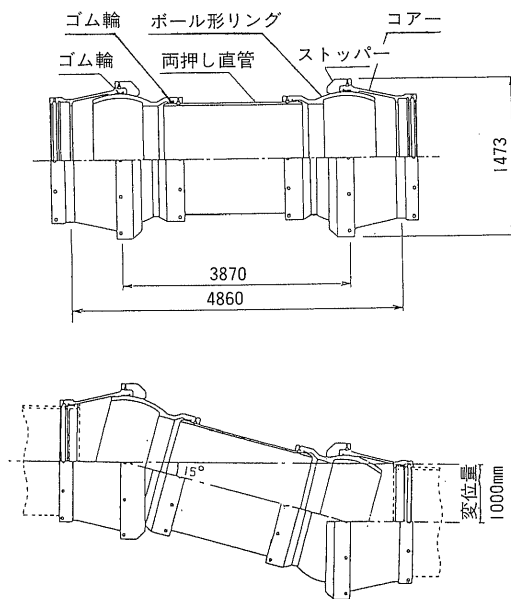
さらに、約30mごとに設けてある共同溝のエキスパンションジョイント部では、水平、鉛直方向の変位は継手の曲げ角と許容伸縮量で、また、共同溝の最大変位である軸方向100mmの変位についても継手の伸縮量を利用して吸収する構造とした。水平、鉛直方向の変位対策としてエキスパンションジョイント部に切管を挟み、軸方向変位対策としてはエキスパンションジョイント部前後の管体を管受台に固定しない構造としている。ただし、エキスパンションジョイント部前後の直線部が短い場合など、本構造によりがたい箇所については、鋼製や

ゴム製の可とう伸縮管の設置により対応した。

なお、切管の長さは、管径によって許容の伸縮量、曲げ角が異なるため一様ではないが、呼び径700mmを例にとれば、切管寸法2,300mm、許容曲角 $2^{\circ} 30'$ で水平、鉛直方向の許容変位量は100mmである。

このほか、共同溝内水道配管と地中に埋設された水道管との連絡箇所においては、地盤の不同沈下などに伴う継手の抜け出しや管の破損防止を図るため、大きな可とう性と継手離脱防止機能を持った可とう伸縮管などを使用した。青海地区の既設水道管連絡箇所で使用した呼び径1000mmボール式ダクタイル鋳鉄可とう管ユニットの構造概要を図4に示す。

図4 ボール式ダクタイル鋳鉄可とう管ユニット概要図 (呼び径1000mm用)



- ② 防護コンクリートおよび管受台のアンカーボルトなどの強度確認
防護コンクリートのアンカー鉄筋と管受

台のアンカーボルトの強度は、管路の耐震性を確保するための重要な要素である。所定の設計強度が得られるか、実際の施工に先き立って共同溝躯体と同じ強度23.5N/mm² (240kgf/cm²) のコンクリート版を製作し、設計条件で打設したアンカー鉄筋とアンカーボルトについて引張試験と剪断試験を行った。また、共同溝内の実施工のアンカーについては、引張試験と剪断試験を実施し、短期許容引張力と短期許容剪断力の強度があることを確認した。

供試体試験の結果を表5に、アンカー鉄筋D16剪断試験状況を写真2に示す。

写真2

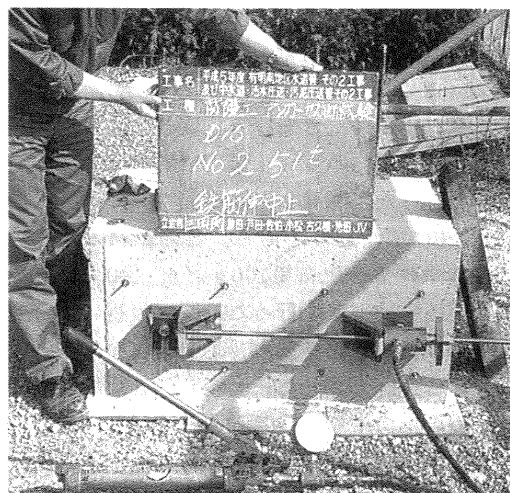


表5 管受台アンカーボルトおよび防護コンクリートアンカー鉄筋試験結果一覧

種類		管受台		防護コンクリート	
アンカー材		M12	M16	D13	D16
引張試験	短期許容引張力 (kgf/本)	1,810	3,080	1,810	3,080
	試験本数 (本)	18	18	18	18
	引張荷重の範囲 (kgf/本)	3,240~3,600	7,400~9,000	4,600~6,400	7,300~9,800
	引張荷重平均値 (kgf/本)	3,540	8,280	5,360	8,320
	破壊状況	ボルト切断	ボルト切断	コンクリート破壊	コンクリート破壊
せん断試験	短期許容せん断力 (kgf/本)	1,470	2,740	2,650	4,170
	試験本数 (本)	17	17	6	6
	せん断荷重の範囲 (kgf/本)	2,600~2,900	4,900~7,700	3,800~4,000	4,500~5,100
	せん断荷重平均値 (kgf/本)	2,690	5,340	3,900	4,800
	破壊状況	ボルト切断	ボルト切断	鉄筋伸び	鉄筋伸び

5.防食対策

① 塗装

ダクタイル鉄管の外表面塗装は、共同溝内の配管が露出配管であること、配管場所の湿度が比較的高いこと、塗装が難燃性であること、着色塗装が可能なことなどを総合的に勘案して、ダクタイル鉄管外面特殊塗装 (J D P A Z 2009の4C) とした。塗膜厚は規格より20μm厚い180μm以上とし、上塗り2層については、現地までの搬送の間に受ける擦過損傷を考慮して現地

で塗装した。

この塗装は、管体表面が乾燥した状態で行うことになっているが、共同溝内は季節によって湿度が非常に高くなり、管体表面が結露状態になる恐れがあった。そこで、塗装を管体表面が湿潤状態で行う場合に備えて、以下の対策を講じた。

まず、一般的な無溶剤型エポキシ樹脂塗料を管体表面の相対湿度が80%、90% (結露水なし)、90% (結露水あり)、100%の4ケースについて塗装実験を行った。こ

の結果、前者の2ケースについては異状は見られなかったが、後者の2ケースでは白い斑点が発生した。

そこで、管体表面が結露状態であっても、ウェス拭きを行う程度で塗装に異状が発生しない結露面塗装用塗料の研究・開発を行った。開発した結露面塗料の配合は、表6に示す通りである。この塗料の有効性について、塗布量 100 g/m^2 ($40\text{ }\mu\text{m}$)で現地塗装実験を行った結果、目視による異状はなく、クロスカットテープテストの成績も良好であった。しかし、きめ細かな工程調整により、管路表面が乾燥した状態の時期を選んで塗装を行ったため、結果的には開発した結露面塗料は実験工区で使用したのみであった。今後の同様な場所での塗装に活用できれば幸いである。

表6 結露面塗装用塗料の配合

	成分	重量百分率
主 剤	着色顔料	20.0
	低粘度液状エポキシ樹脂	50.5
	添加剤	4.5
硬化剤	疎水性エポキシ樹脂硬化剤	25.0
計		100.0

なお、ダクティル鉄管の内面塗装は、赤水対策、残留塩素減少対策を考慮して、JIS G 5528によるダクティル鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装を採用した。ただし、呼び径1000mm以上については生産能力の制約からセメントモルタルライニングとした。

② 電食防止対策

防護コンクリートの鉄筋とダクティル鉄管との接触をなくすため、マクロセル腐食防止チェックシートを作成し、接触の恐れが高い箇所にはゴム片やビニルホース片を半割りにしたものを取り付けるなどの対策を講じた。

また、ステンレス鋼管とダクティル鉄管

製仕切弁との異種金属接合部のボルト・ナットは、ボルト外周部には絶縁材を貼付し、ボルト頭部とナットの内側には樹脂座金を挟み込みこんだ絶縁処理を行った。

4. 配管施工

共同溝内の配管工事は、共同溝が完成した工区から順次開始したが、15.6kmにおよぶ共同溝全線にわたっての配管工事の実質的工期は、約10カ月（平成6年8月～7年5月）ときわめて短い期間であった。限られた工期内で配管を完成させるために、次のような方策を講じた。

1. 管材運搬工の工夫

共同溝内の管材運搬工は、モデル工区でのモノレール方式、軌条方式の実績から効率性と管重量などを配慮して、基本的には床版に軌道を設けて台車による運搬とした。ただし、搬入口直下部の横引き部や床版の起伏の著しい場所などにおいては、上床スラブにI形鋼の軌条梁を取り付け、電動ホイスト2台によるモノレール方式を採用した。また、作業スペースが比較的広い場所では、小型のフォークリフトを使用して管材運搬を行った。モノレール方式による管材運搬状況を写真3に示す。

さらに、呼び径1200mm配管において、平坦部約1.8km間については油圧ジャッキ付配管台車

写真3



を用いて管運搬、心出しおよび接合を行った。S形継手は、その構造が複雑なため他の継手形式と比較して接合に時間を要するが、油圧ジャ

図5 搬入口資材投入作業の概要図

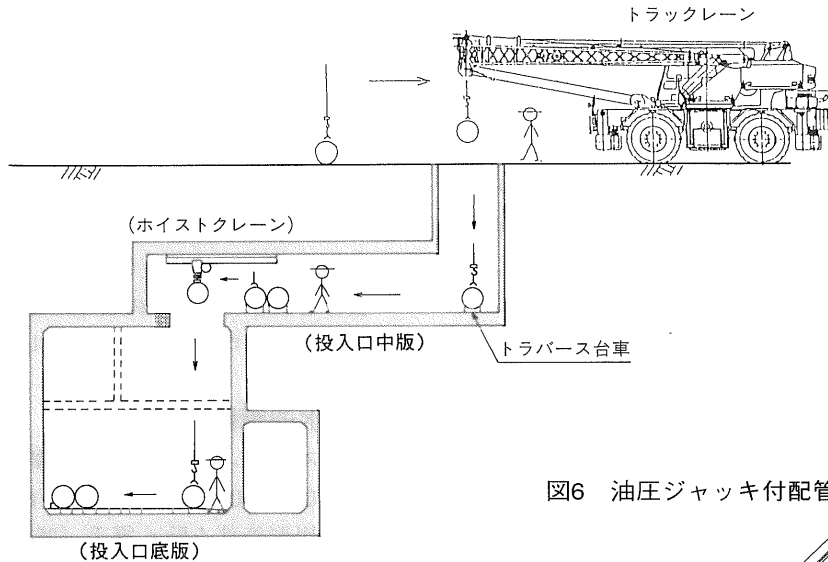
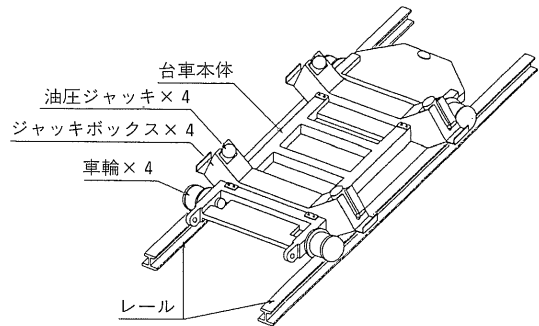


図6 油圧ジャッキ付配管台車



ッキ付配管台車の活用により、段取替日数を除けば延べ日数65日間（日進量27m）で配管工事のクリティカルパスとなっていた当該区間の施工を終了した。図5に搬入口資材投入作業の概要を、図6に油圧ジャッキ付配管台車の概要を示す。

2. 配水小管受台へのプレキャスト製品使用

共同溝内配管に伴うコンクリート工は、狭いスペースで型枠組み立てを行わなければならないこと、1カ所当たりの打設量が少ないこと、打設場所が離れていることなどが原因となって、多くの時間を要する作業となる。

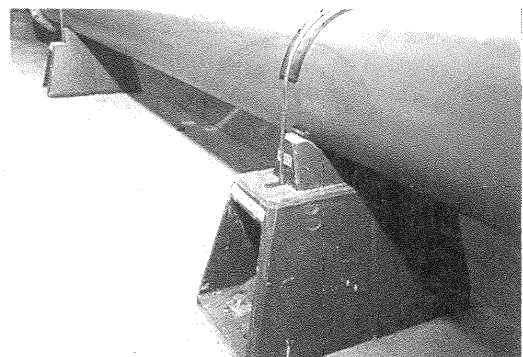
そこで、配水小管の受台にレジンコンクリート製のプレキャスト製品を使用した。レジンコンクリートは、碎石、砂などの骨材および充填材を樹脂（レジン）だけを用いて結合したコンクリートで、圧縮強度 78.4 N/mm^2 （ 800 kgf/cm^2 ）、曲げ強度 14.7 N/mm^2 （ 150 kgf/cm^2 ）以上の強度を有し、その強度特性を活かして製品の軽量化が図られている。呼び径350mm用管受台の重量も約 59 kgf と比較的軽く、作業効率の大幅な向上につながった。写真4に

呼び径350mm用レジンコンクリート製管受台の設置状況を示す。

3. 管材ヤードと加工場の整備

配管工事を滞りなく進めるためには、管材の

写真4



現場への搬入をスムーズに行うことが重要である。管材料が1本でも不足した場合、その時点で工事が中断するケースが少なからずある。そこで、配管工程を詳細に検討し、必要な管材を拾い出して事前に準備しておくための管材ヤードを、現地に最大時で約20,000㎡確保した。

また、調整用の切管加工などが迅速に行えるようにするために、約2,500㎡の加工作業場を管材ヤードに近接して設営した。

4.安全対策

共同溝内配管工事の特色は、作業空間が狭く、また、明るさが十分でないこと、隔壁、中床版に管の貫通孔や資材投入用の開口部があること、さらに管材など工事用資材の一切がクレーンの吊り降ろしによる搬入口からの投入となること、搬入口間約150mについては共同溝内での管材運搬が必要なことなどである。

このような作業環境で予想される事故は、貫通孔や開口部からの転落や墜落事故、資材投入時における合図不徹底や玉掛け不備による飛来落下事故、狭隘な場所での重量物運搬などに伴う挟まれ事故などである。

そこで、共同溝内配管工事の安全対策として、上下同時作業の禁止、貫通孔や開口部周囲への仮設柵の設置、アンカーボルト突出部へのつまづき防止のための黒と黄色の縞テープによる明示などをしたほか、搬入口からの資材投

入・搬出に際しては、地上と共同溝内部との合図への無線機使用、パトライト点灯やブザー警報による搬入口下部への立入り注意措置、作業中止時の搬入口養生などを行った。

なお、共同溝内配管工事を安全に進めるための方策の1つとして、ごみ収集、地域冷暖房工事を含めた共同溝内配管工事の請負者を中心に、橋梁添架管、直埋配管工事請負者も加えた13のJVで構成する「配管工事安全協議会」を設け、監督署の安全対策の受講、月1回の現場パトロールなどを実施した。

5.水道管路の水圧試験

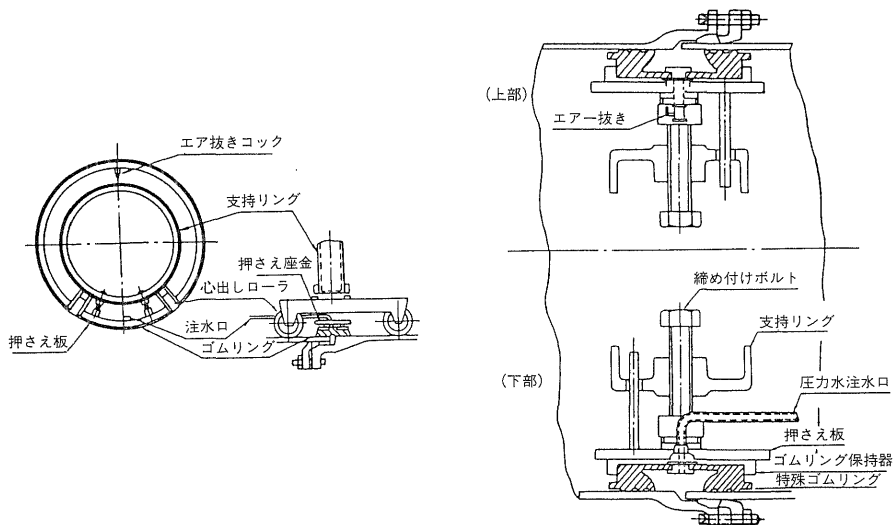
1.テストバンドによる水圧試験

呼び径1200mm送水管と呼び径1000mm配水本管の異形管部を除く継手（呼び径1200mm375口、呼び径1000mm51口）について、充水前にテストバンドを用いて水圧試験を実施した。試験水圧は、0.5MPa（5.1kgf/cm²）を初期圧力として負荷し、5分経過後に0.4MPa（4.1kgf/cm²）以上の圧力を保持していることを確認したが、5分後の計測結果は0.48～0.45MPa（4.9～4.6kgf/cm²）の範囲内であった。テストバンドの構造を図7に示す。

2.管路水圧試験

管路水圧試験は、まず予備加圧として初期水圧0.5MPa（5.1kgf/cm²）を負荷し24時間放置

図7 水圧テストバンド構造図



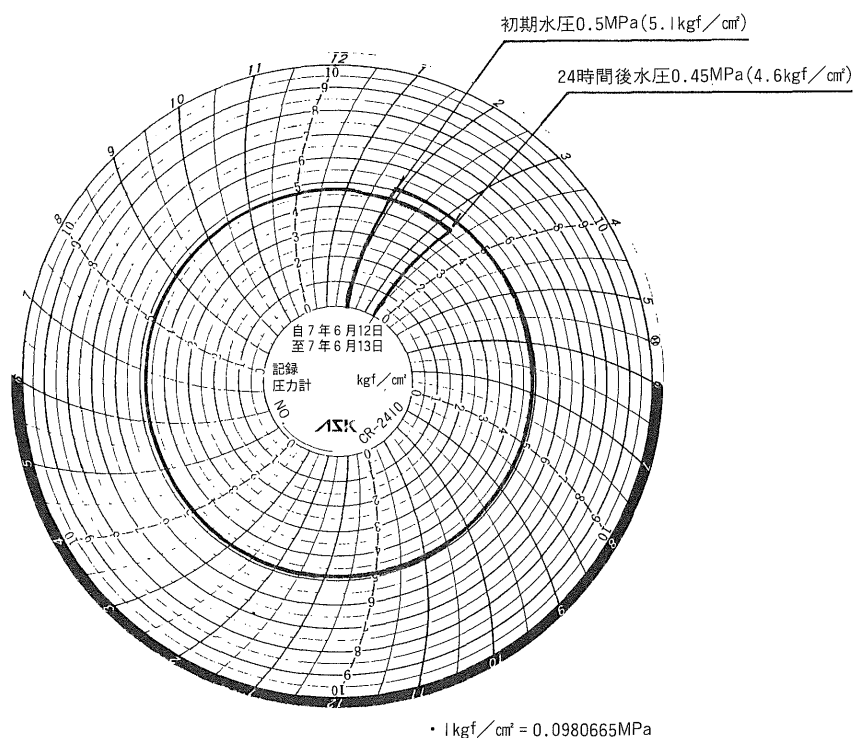
後の水圧低下量を確認する。次に、本加圧として再び0.5MPa (5.1kgf/cm²) まで加圧し、24時間放置後の水圧低下量を計測する。許容圧力低下量の設定は、使用水圧、内面塗装、継手構造、試験区間延長などを考慮して、初期水圧0.5MPa (5.1kgf/cm²) に対して30%以内の低下量である0.35MPa (3.6kgf/cm²) 以上とし

たが、本加圧24時間後の水圧値は、0.49～0.43MPa (5.0～4.4kgf/cm²) の範囲で、最大で14%の低下量であった。呼び径1200mm木場ルート送水管の本加圧時の自動記録圧力計チャートを図8に示す。

3.管路水撃作用実証試験

本工事は、新設管路延長が比較的長いので、

図8 呼び径1200mm送水管本加圧時の水圧チャート



管路の水撃作用の実証試験を行い、空気弁など関連施設の機能効果と配水施設の安全性について確認した。

試験内容は、停電事故などにおけるポンプ急停止時の管路内圧力変動の測定および管路異状有無の確認である。試験は、給水所内の緊急給水槽をサージタンクとして使用した場合におけ

る小ポンプ (29m³/分×52m) の単独停止と小ポンプ2台の同時停止について実施したほか、条件がより厳しいサージタンクを使用しない場合の小ポンプ単独停止の3ケースについて行った。試験結果を表7に示す。

表7 管路水撃作用実証試験結果

(上段最高圧・下段最低圧kgf/cm²)

サージ タンク	ポンプの状態	管内圧力				流量 (m ³ /h)	管路点検 結果
		給水所内	台場地区	青海地区	吐出圧 (m)		
使用	小ポンプ1台 停止	4.0 2.4	2.0 1.7	2.0 1.3	40.5	2,600	異常なし
	小ポンプ2台 同時停止	6.1 2.4	2.4 1.7	3.4 1.3	61.5	3,200	異常なし
未使用	小ポンプ1台 停止	4.0 —	2.0 1.5	2.2 0.7	40.5	2,570	異常なし

6. おわりに

未来型副都心である臨海副都心のライフラインを安全、効率的に確保する共同溝システム整備の最終段階である配管工事は、その規模、多様な管種の配管の集中施工であり、世界でも例をみない最大級の工事であった。この配管工事を実施するにあたっては、同時進行的に工事を進めていた電気、ガス、地域冷暖房事業者などとの加工、ヤード、資材搬入口、工事工程などの調整および安全施工の工夫や改良など、多くの関係者の助言や協力のもとに進めていった。工事の最盛期には、職員、作業員など連日500人を超える人員が施工に関わった。

本工事施工中に発生した阪神・淡路大震災のライフライン被害は記憶に新しい。臨海副都心地区の共同溝システムによるライフラインは、将来、東京地方に大規模な地震が発生した場合でも、各種の耐震対策により大きな被害を受けずに稼働することを確信するものである。

本配管工事に関係されたみなさまに工事が無事終了し、供用開始していることをこのレポートを借りて報告するとともに、深く感謝する次第である。

最後に、このレポート作成するにあたり(株)クボタ、(株)栗本鐵工所などの関係者から、多くの資料提供をいただいたことを申し添える。

〈文献および資料〉

1. 臨海副都心開発事業化計画 東京都 1991.3
2. 臨海副都心防災基本計画 東京都 1992.11
3. 水道施設設計指針・解説 日本水道協会 1991.3
4. 水道施設耐震工法指針・解説 日本水道協会 1980.6
5. 「ダクタイトイル鉄管」第56号 日本ダクタイトイル鉄管協会 1994.5
6. ダクタイトイル管路 設計と施工 日本ダクタイトイル鉄管協会 1993.9
7. 便覧 日本ダクタイトイル鉄管協会 1994.3
8. 東京臨海副都心共同溝内における鉄管外面特殊塗装
— 結露面塗装の開発 — 大野ほか4名
第47回全国水道研究発表会講演集 (予定)