

ダクタイル鉄管 NO.24

DUCTILE IRON PIPES





清水市建設部下水道課：K形口径1,500mm下水道用配管。



高知市水道局：U形推進用中間スリーブ管口径1,200mm。



東北建設局能代開拓建設事務所：K形特薄管口径 ϕ 1,650mm。



札幌市水道局：U形推進管口径1,500mm配管工事

今号の概要

軟弱地盤における大口径ダクティル管路の 経年変化について

千葉県水道局浄水課長 中岡忠老(6)
浄水課長補佐 大杉克己

千葉県営水道が第3次拡張事業として、昭和43年にダクティル管口径1,800mm導水管を佐倉市、臼井地先の印旛沼取水場より柏井浄水場を結ぶ約6,960mに埋設した。この地域は圧密沈下の激しい軟弱地盤地域である。調査結果によると、埋設後2年間に地盤は約1m不等沈下をおこしていた。しかし、ダクティル管路は全体が円弧状となり、継手部の拔出しはほぼ均等に、しかも予想よりは少な

く15mm以内であり、K形継手の特性である可とう性によって地盤の不等沈下に順応していることが明らかとなり、ダクティル管の軟弱地盤における適性が証明された。また、ボルトや管外面がほとんど腐食されず、10年間の使用にもかかわらず内面セメントライニングも異状はなかった、と結んでいる。

U形ダクティル管の長スパン推進工事

高知市水道局建設課第2技術係長 中司国夫(37)

高知市水道局は、第4期拡張事業の中で一部区間において「U形ダクティル管の長スパン推進工法」を採用した。というのは、計画路線に接して店舗や養護学校などがあり、また道路幅員が狭く、地下埋設物があって開削工事が困難、などの理由から総延長468mを2

スパンに分け、第8工区、第9工区として中間スリーブ管を用いたこの推進工法によって施工した。高知市水道局としてははじめて取り入れた工法であったが、各工程とも順調で無事竣工した。

松江市の口径700mm S形ダクティル鉄管の

採用について 松江市企業管理者企業局長 圓山一義(44)

松江市は地形的にも、地質的にも水に恵まれず、昭和48年の異常渇水の時には長期におよぶ給水制限をした。ところが、昭和49年に松江市ほか1市2町を対象とした県営水道の拡張が計画されたため、昭和55年4月の通水を目途とした第10次拡張事業を昭和50年から実施した。

この事業は、震災に対して十分対応できるよう考慮し、特に送水管、配水幹線については耐震継手のS形ダクティル管を採用した。これは松江市の水源の93%が市の南部にあり地震がおきた場合北部への緊急給水と復旧が困難なため、県営水道受水地点から市北部の

配水池、この配水池から北部市街地にあるポンプ場までのそれぞれにS形ダクティル管を布設する。

この拡張事業によって、市街地北部に1日2万7,000m³を給水することができ、また震災時に他の施設や管路に被害が生じても、管内の貯水により計画給水人口11万8,000人に1人1日3ℓの飲用水を約10日間給水することが可能である。

工事は地元業者が行ったが、結果としてはメーカーの指導によって、今後は地元にて布設する体制ができた、と結んでいる。



◆ 巻頭言 ◆

京都会議への期待

第12回国際水道会議は、本年10月2日から6日にわたって京都国際会議場において開催されるが、内外からの多数の水道人の参加が期待されている。

この水道会議は、一般報告を除けば研究発表とそれに対する討論が中心をなしている。今度の一般報告としては、「水源管理」と「緊急時給水」の2題が選ばれ、各メンバー国の現状が報告される。

研究発表としては、8種類の常置委員会での発表と討論と、特別議題として10課題、パネルディスカッションが7課題、いずれも討論のテーマがあらかじめ定められているのである。パネルディスカッションを除けば英語フランス語、日本語の同時通訳が行われるので、国際会議での各国代表の発言を日本語で聞いたり、質問を日本語で行うことができるわけであるから、わが国の水道人にとっては外国の水道問題に直接に触れることのできる絶好の機会である。

今度の会議においては、わが国の水道人の活躍もめざましく、発表者として7名が、討論者として14名が名を連ねているので、わが



山梨大学教授
石橋多聞



国の水道について外国の水道人に知ってもら
うよい機会でもある。

わが国から特に強く要望して採用してもら
ったテーマに、特別議題の「下水の再利用」
と、配水委員会での「地震地帯を含めた不安
定地盤での配管問題」と、防食委員会での「地
下埋設水道管の腐食と防食」がある。下水の
再利用の問題を取り上げたのは、水資源に窮
迫している大都市地域で今後の最大の問題で
あるし、わが国ではすでに東京、大阪、名古
屋、川崎の各市で小規模ながら実施されてい
る実績があるからである。

不安定地盤での配管問題を取り上げたのも
わが国が名だたる地震国であって、配管施設
での数々の地震被害の実績を有するとともに
配管の免震構造や地盤特性に応ずる耐震設計
の研究開発が世界に先がけて進歩しているこ
とを、各国に知ってもらいたいからである。
铸铁管のダクティル化によって、地震力によ
る折損は減少したが、従来型の継手では継
手部に集中する変位に対しては、拔出し、衝
突などの被害を防止することは不可能であっ
た。新しく開発されたS形継手は伸縮余裕が

大きいから、1本、1本の継手が伸縮継手と
同じ機能を持つから、地震地帯のみでなく、
不安定地盤でも威力を発揮するから、各国の
水道人の注目を浴びるであろう。

埋設された鉄管の腐食に対する関心は、いま
まではわが国ではそれほど高くなかった
のが実情である。

しかし最近では、腐食性の強い環境下に管
を埋設せざるを得ない例が多くなり、こうし
た場合のボルト・ナットの防食についても、
わが国独自の研究が行われ、大きな成果を上
げているので、防食委員会での発表は世界の
関心を集めるであろうと期待されている。

以上に紹介したのは、今度の会議でのわが
国の水道人の活躍の一部に過ぎないが、いま
まで欧米で開かれた会議においては、言語の
障壁もあって、わが国の水道技術のレベルを
知ってもらう機会が少なかったのである。

今度の京都会議を契機として、わが国の多
くの水道人が国際会議に慣れ、将来ともま
ます国際的に発展されることを期待したい。

技術レポート ①

軟弱地盤における 大口徑ダクタイトイル管路の 経年変化について



千葉県水道局浄水課長
中岡 忠老



浄水課長補佐
大杉 克己

1. はじめに

千葉県営水道は、千葉市をはじめ市川、松戸、船橋、習志野の各市および浦安町の5市1町(現在は鎌ヶ谷、市原の2市を含む)を給水区域として昭和9年発足した。

終戦後、本地域は京葉工業地帯の発展と東京都のベッドタウンとして給水人口の急増に伴い水の需要増加著しく、これに対処して昭和31年度から第1次、2次、3次の拡張事業を実施してまいり、現在第4次拡張を実施中である。

標題のダクタイトイル管路は、第3次拡張事業の佐倉市、臼井地先の印旛沼取水場より千葉市柏井浄水場を結ぶ延長約9,320m(うちダクタイトイル管6,960m、鋼管2,360m)に埋設された口径1,800mm導水管で、昭和43年6月22日通水以来、約9年4ヵ月を経過して今日にいたっている。

この埋設道路は今日まで、水道道路として一部小型車輛のみの通行を許可していたが、今回舗装し、全面通行することになった。

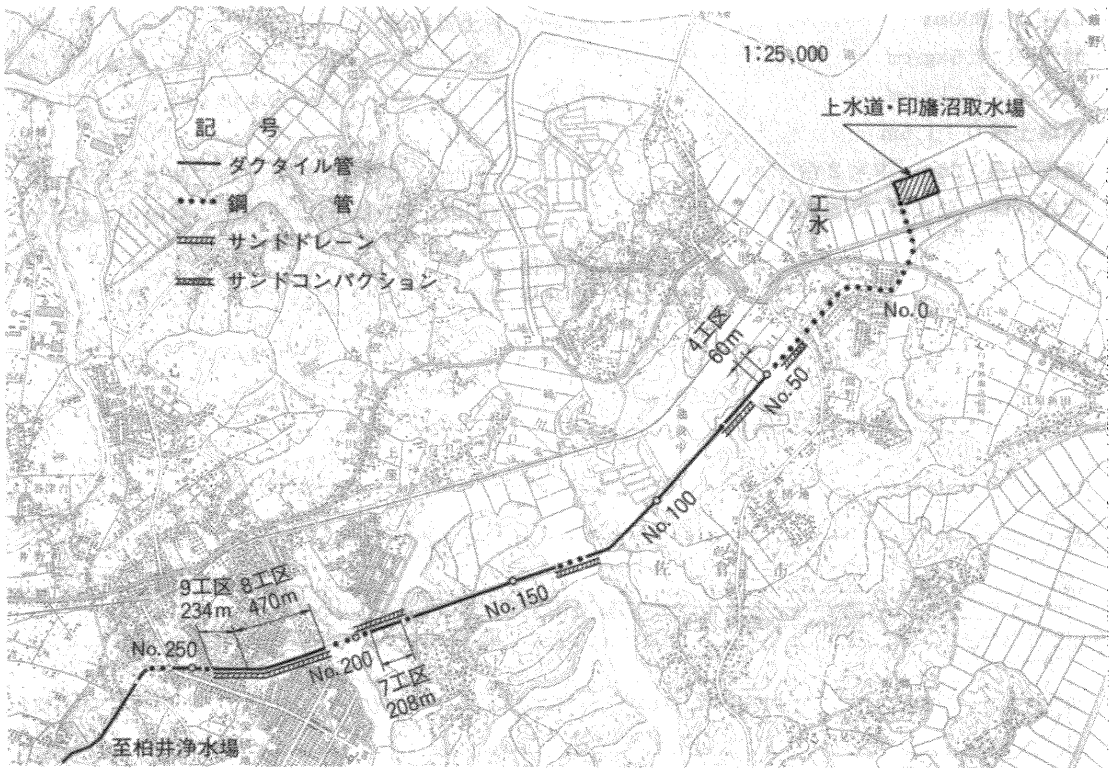
したがって今後は、簡単に掘削することがむづかしくなる。

この間、1m程度路面が沈下したところもあり、これを計画高に合わせて路盤築造のうえ舗装し全面通行することになった。したがって、今後は簡単に掘削することがむづかしくなり、さらに増加荷重が加わることから管路の安全性を確認したく、渇水期を利用して(4 拡口径 2,000で補う)取水を停止、埋設状況を調査することになった。

今回の調査は、特に軟弱地盤地帯に埋設された佐倉市臼井地区および志津地区について実施した。

また、佐倉市志津地区の一部については、埋設時からの沈下量を測定していたので、今回の調査と合わせて報告する。

図一 管路概略図



2. 導水管埋設の実施計画

管路の埋設地盤の半分は、印旛沼を中心として広がる沖積層地盤に位置し、谷津田が複雑に入り込み、圧密沈下の激しい軟弱地盤地域となっている。

当局としては、当時をはじめの大口径管であり、上記のような悪条件であるので、本工事の計画にあたっては他都市水道の埋設状況の調査はもとより、地質調査を入念に行い、これらの結果を基本として実施方法および施工後に生ずる不等沈下に対する検討を行った。

その主な点は、次の通りである。

1 管種選定

導水管は、その性格上安全を第一に考慮してダクトイル管(内面セメントライニング)および塗覆装鋼管(内面コールタールエナメル)を採用することとした。

ダクトイル管は良質地盤、軟弱地盤のほぼ全域に使用した。(採用比率75%)

当時は、軟弱地盤に埋設する管種として基礎杭または地盤改良などを行わない場合は、一般的に鋼管が採用されているようであったが、当該地区は水田地帯で、地下水の遮断が困難なため、現場溶接や塗装作業に問題が多い鋼管をできる限り避け、これらの問題点に対処できるダクトイル管を主として採用することにした。

また、管の沈下対策が検討され、平板載荷試験の結果をもとに、川砂を管底に1m敷き込んで対処し、全体の沈下は各継手の特長である可とう性に期待した。

一方、鋼管は主として管路の屈曲部、軟弱地盤中の管路の固定箇所および丘陵地との境界付近で、ベローズ管をユニバーサルに使用した前後に採用した。

2 ダクトイル管の管厚

一般的に採用されているJIS G 5526“水道用遠心力球状黒鉛鋳鉄管”の解説、管厚計算式に準じて行い、以下の諸条件をもとに土

被り4mまでは2種管を採用した。

口径：1,800mm

静水圧：7.5kg/cm²

衝水圧：5.5kg/cm²

標準土被り：1.5m

路面荷重：20ton車×2台

埋設状態：平底溝(管底支持角 $2\theta=60^\circ$)

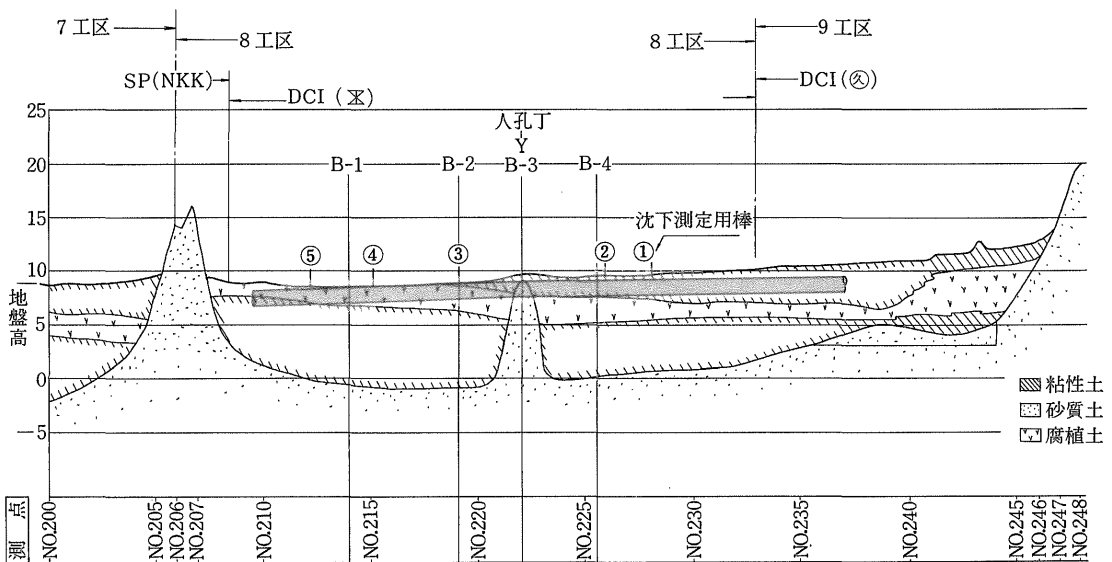
3. 軟弱地盤対策

1 土質状況

軟弱地盤の地質の一例として、志津地区(第8工区、第9工区)のものを図-2、図-3に示す。

台地は洪積層で砂質土が主体であるが、谷津田部の軟弱地盤は沖積層で腐植土と粘土か

図-2 地層断面概略図(8工区、9工区)
測定No. 200~No. 250



ら構成されており、その土質試験結果の概要は表-1の通りである。

表-1 土質試験結果(志津地区の例)

	腐植土	粘土
自然含水比 (W) %	500以上	約 100
液性限界 (W _L) %	〃	〃
相対稠度	W _L > W 正	W _L < W 負
間隙比 (e)	10以上	2.5~3.5
単位体積重量 (γ) g/cm ³	約 1.0	1.4~1.5
一軸圧縮強度 (q _u) kg/cm ²	0.2~0.34	0.16~0.23
先行荷重 (P ₀) kg/cm ²	0.29~0.33	0.31~0.86
体積圧縮係数 (M _v) cm ² /kg	0.35~0.58	0.1~0.28

2 地盤改良とサンドドレーン

導水管埋設道路は、佐倉市の都市計画街路として計画決定がなされており、当局がこれに便乗協力して道路用地の2分の1を確保し、管理設を先行したもので、道路基本計画にし

たがい種々の制約を受けて実施することになった。

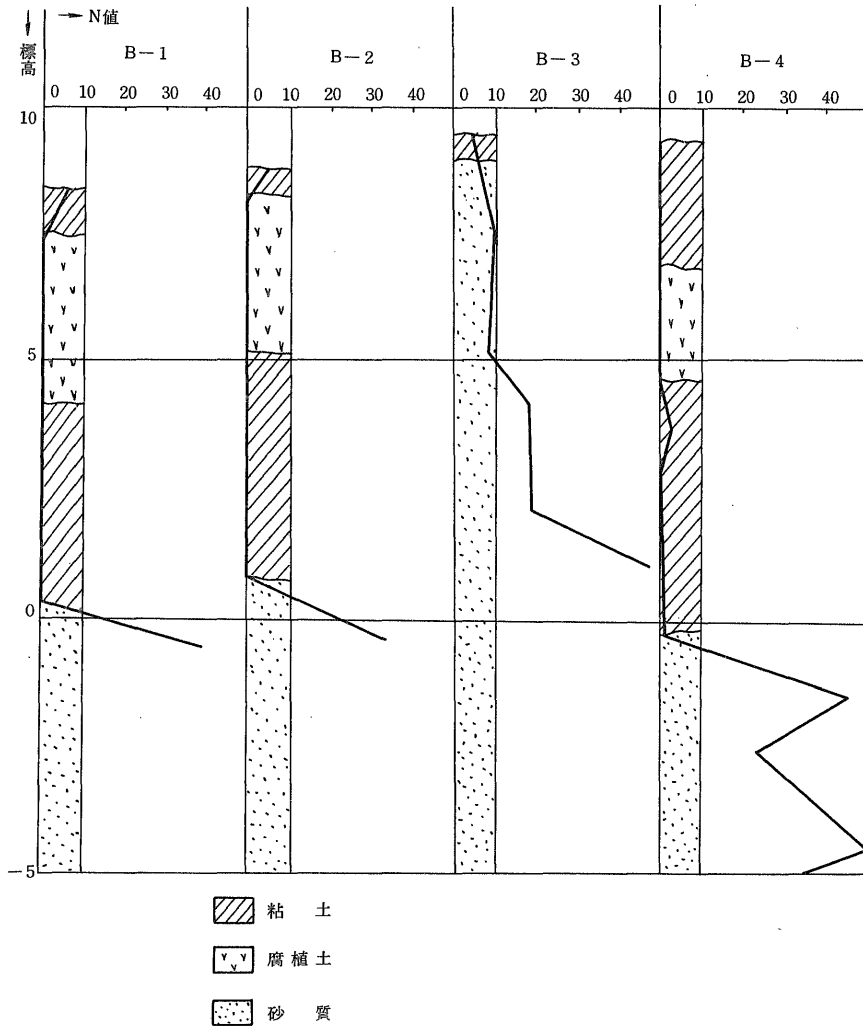
路線は山間、丘陵そして谷津田を中心に計画されており、周辺は住居もまばらな田園地域で、騒音、振動、交通問題などについては比較的よい環境であった。

前述の台地と谷津田の取付けはすべて盛土形態で、特に高盛土(3~7m)部分はこれを安定する工法としてサンドコンパクション工法(図-4)を採用し、短期間でN値0の腐植土層H≒3.0mおよび粘土層H≒7.0mの圧密を促進させ地盤を改良した。

通水までの期間が短いため盛土と並行して管理設を行ったが、約10年経過した今日では、ほとんど路面の沈下は見られず安定している。

一方、盛土が比較的低い(1~2m)長区間の谷津田地帯は、特に地盤改良は行わず、地

図-3 ボーリング地点のN値



下水の強制排水を促進させ、ただちに施工ができるようにという目的でサンドドレーン工法(図-5)を部分的に実施した。

また、埋戻しは管底にサンドベットとして川砂を1m敷き込み、管の上端まで山砂で埋戻し地耐力の増加をはかり、不等沈下に対処して管理設を実施したが、管路築造後2ヵ年の間に約1mの地盤沈下が見られた。

なお、導水管埋設に先立ち地盤改良およびサンドドレーンの杭打機、管理設のための矢板打込み、土砂掘削あるいは管運搬用の重機を現場に入れなければならないので幅員7~8m、厚さ1mの山砂を敷きつめた仮設道路

の造成を行った。

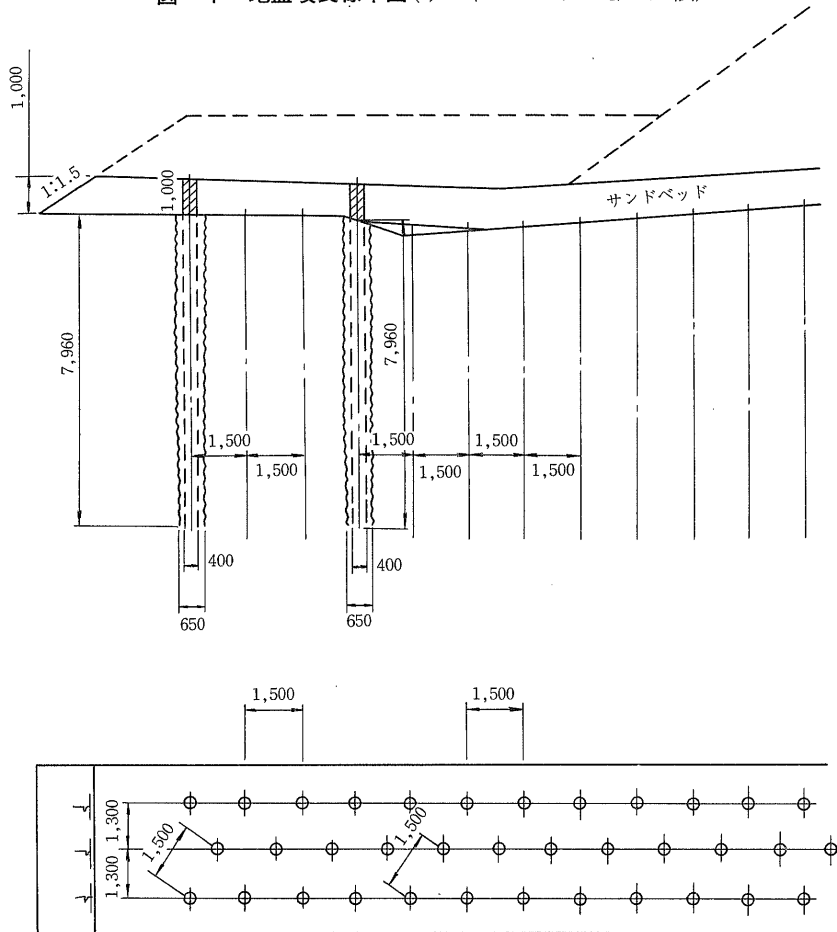
4. 管路の施工方法と実際

1 施工方法

ダクトイル管の埋設で、特に軟弱地盤については前記のように、地盤改良またはサンドドレーンを施行した道路に図-6のように埋設し、埋戻し後数回に分けて盛土し、最終的には1.5~3mの土被りとした。

埋設条件としては前述のように、管底約1mを砂で置き換えて、施工時での管の安定と継手工の作業をやりやすくすると同時に、埋設後の管重量、埋戻し土重量の下層への分布が均一になるようにした。

図-4 地盤改良標準図(サンドコンパクション工法)



2 施工時の状況

埋設時の状況を写真により説明する。

(写真-1)

地盤が軟弱なため電柱が斜めになっており、道路横に置いた管が田圃に沈むような状態であった。



(写真-2)

矢板は約9mであったが、軟弱層の深いところでは斜めになったり、また打ちにくい個所もあり、雨水の流入するところもあって、埋設条件の悪いことを示す。



図-5 サンドドレーン工法標準図

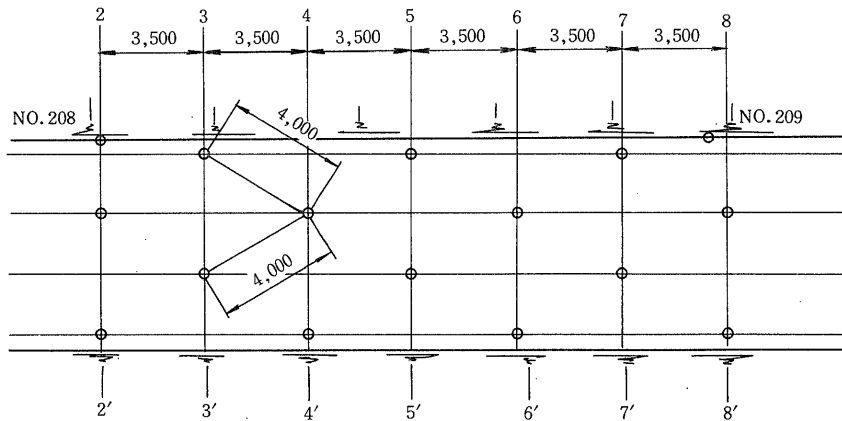
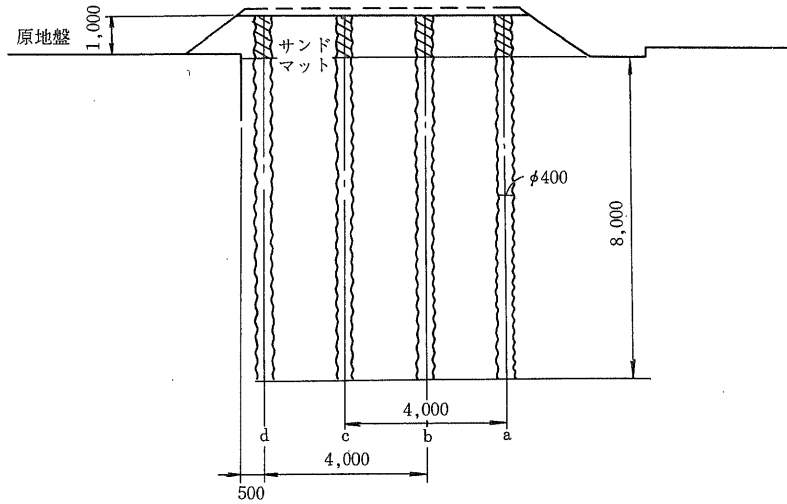


図-6 管理設標準図

5. 管路の調査方法

調査は次のような方法で、それぞれの箇所および時期について行った。

1 調査項目および測定方法

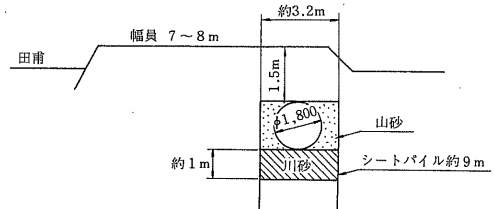
イ. 胴付間隔

各継手部の胴付間隔を専用に製作したノギスで図-7に示す箇所を測定した。

ロ. へん平量

挿口部および管中央部の2ヵ所を上下、左右について棒ゲージで測定した。

ハ. 管路の上下方向変位



各区間ごとに測定し、最初の管の管底を0とし、図-9に示すように各挿口部の高さをレベルで測定した。

ニ. 沈下量

志津地区の一部については、施工時管頂に図-10のように測定棒を取付け、地上の基準

図-7 胴付間隔測定箇所

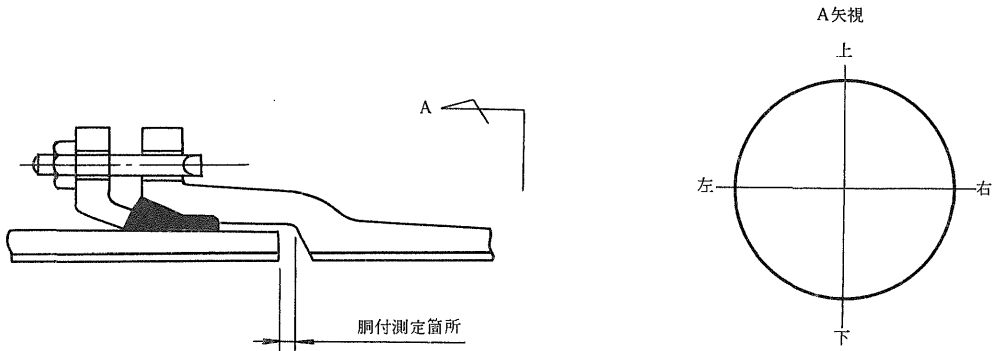


図-8 口径1,800 K形管(2種管)の寸法図

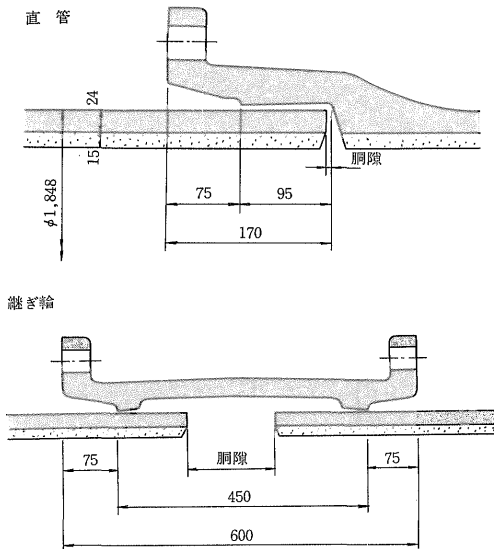
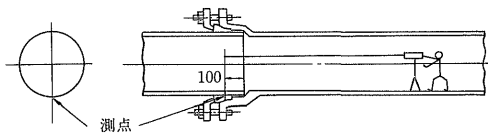


図-9 管路の上下方向変位測定方法



点と比較しながら埋設状態のまま測定した。
(埋設後約14ヵ月間)

ホ. 管内面状況

モルタルライニングのクラックの有無、または管端面の腐食の有無について調査した。

ヘ. 腐食に関する土質調査

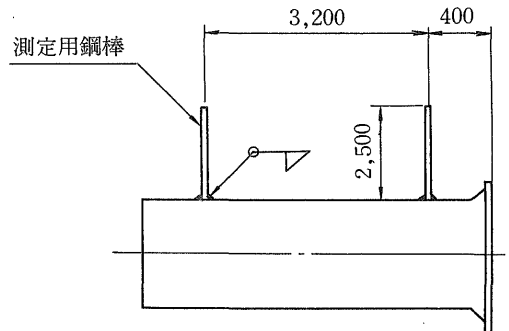
各地区の土の比抵抗を測定した。

2 調査区間、調査項目および時期(表-2 参照)

6. 管路の調査結果

1 胴付間隔の変化

図-10 測定棒の取付方法



通水開始から約8ヵ月後および約9年4ヵ月後の胴付間隔の測定結果の一部を表-3～表-14に示すが、その変化量は全般的に10mm以内におさまり、継手が局部的に大きく動いたというところはなかった。

イ. 軟弱地盤の層厚がゆるやかに変化しているところ

表-8、9、14に示すように、最初の2～3本目まではあまり変化がないが、次の数本は上側が開く傾向を示し、次の継手で逆転し数本は上側が閉じるような傾向を示す。

これは管路が地盤の沈下に順応しており、その傾向が次のようになるものと考えられる。

ロ. 軟弱層厚があまり変化しないところ

表-3、4、5、10、11に示すように、これといった傾向はない。

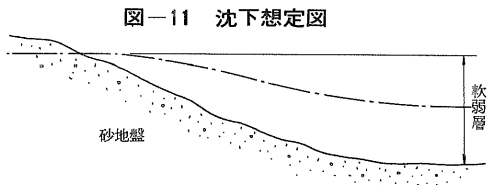
若干の変化を示すところでは、3～4本の前後で上下に開きが分散して順応している。

(表-5、継手No.6～8、表-10、11、継手No.10～13、表-13、14、継手No.46～50～53参照)

表-2 調査項目および区間

	施工時 43.2~43.6	約8ヵ月通水後 44.2	約14ヵ月通水後 44.9	約9年4ヵ月通水後 52.10
白井4工区	胴付間隔 (1部)	胴付間隔 (1部)	——	全項目
下志津7工区	——	——	——	〃
上志津8工区	胴付間隔 沈下量	胴付間隔 管底上下	沈下量	〃
上志津9工区	胴付間隔	胴付間隔	——	〃

区間	測点 No.	距離m	備 考
白井4工区	No.50+8m ~No.54+8m	60	地盤改良なし
下志津7工区	No.185+1m ~No.195+9m	208	サンドドレーン工法、杭梁4~10m 杭間2.5~4.0m
上志津8工区	No.209+10m ~No.233	470	サンドドレーン工法、杭梁8~9m 杭間4.0m
上志津9工区	No.233 ~No.244+14m	234	サンドドレーン工法、杭梁6~9m 杭間2.5~4.0m



2へん平量

へん平量の一例を表-15~18に示すが、土被り深さ2~3mで、ダクトイル管のへん平量は0~1.2cmであった。

(左右-上下)÷2=へん平量とする。

図-12 沈下量の経日変化(志津地区第8工区)

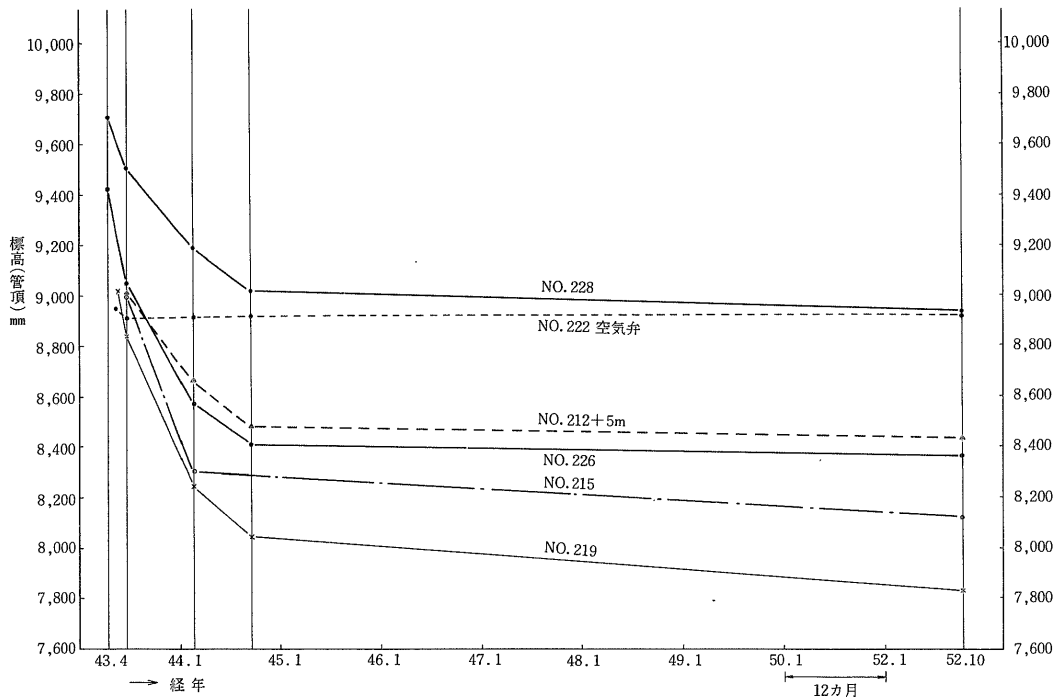


表-3 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第3工区
鋼管

第4工区

第4工区 NO. 1 ~NO.10

継手NO.	胴付間隔mm									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
測定日										
(1) 44. 2. 15	+	+	+	0 +0 0	0 +0 0	9 16+0 10	12 50+5 40	0 5+0 15	8 0+30 20	2 0+5 0
(2) 52.10.13	37 16+17 0	11 0+14 0	9 0+8 0	0 0+0 0	0 0+0 0	4 13+0 9	5 51+4 53	0 6+5 16	1 1+27 26	0 0+0 1
(2)~(3)	+	+	+	0 0+0 0	0 -5+0 0	-5 -3+0 -1	-7 1+-1 13	0 1+5 -1	-7 1+-3 6	-2 0+-5 1

上下方向変位mm (NO.1 を0とする)

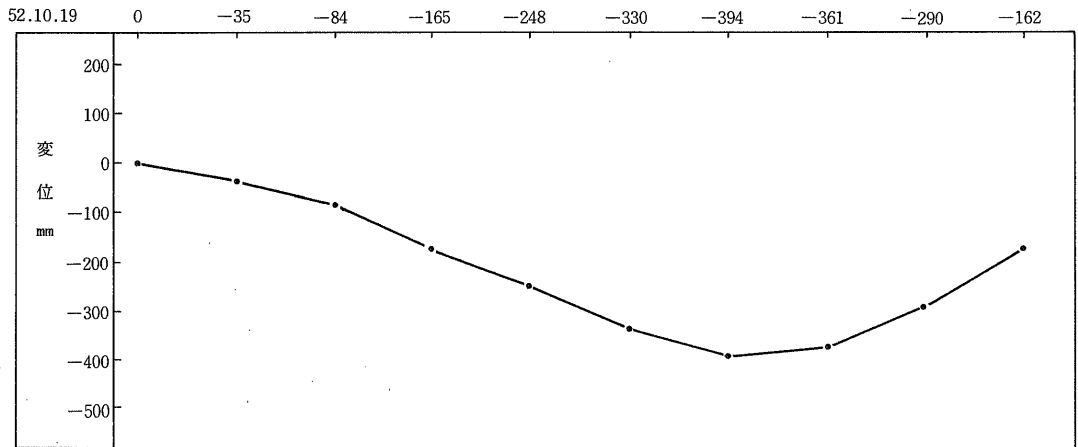
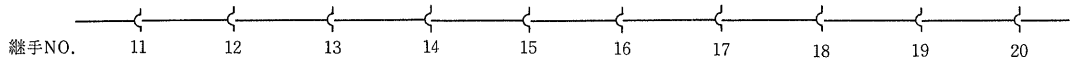


表-4 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第4工区 NO.11~NO.20



継手NO.	胴付間隔mm									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
測定日	0	14	9	1	1	3	5	5	5	5
52.10.13	0 + 0 0	5 + 5 0	5 + 2 0	0 + 0 0	0 + 4 1	0 + 18 15	5 + 15 15	5 + 10 10	5 + 5 5	7 + 12 18

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.13 -22 117 214 280 330 377

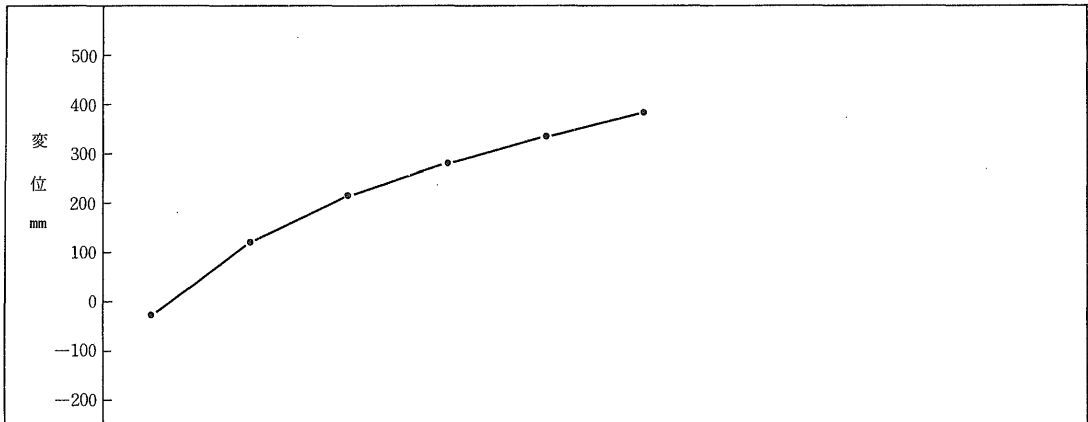
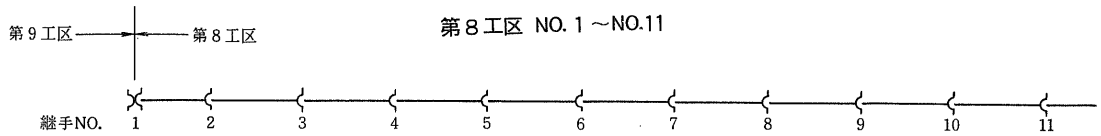


表-5 胴付間隔および上下方向変位測定結果

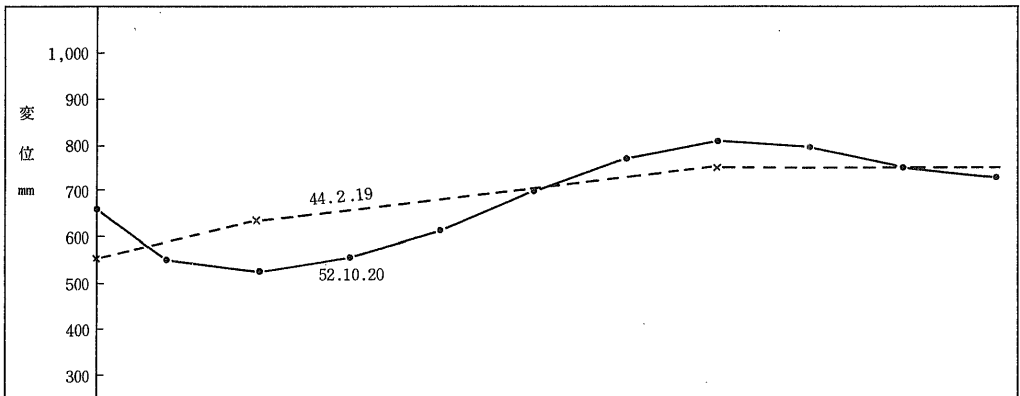


胴付間隔mm

測定日	0	0	0	0	1	11	11 ^s	20	2	3	4
(1) 43.6.22	1 ⁺ 6 ⁺ 7	12 ⁺ 17 ⁺ 29	5 ^s 5 ⁺ 11 ^s	3 ^s 2 ⁺ 5 ^s	1 ⁺ 4 ⁺ 4	6 ⁺ 5 ^s 1	13 ^s 16 ^s 18	16 ⁺ 4 ^s 0	1 ^s 5 ⁺ 4 ^s	6 ^s 1 ⁺ 5	6 ⁺ 8 ⁺ 10
(2) 44.2.19	3 ^s 4 ⁺ 7 ^s	⊕ 緊結(固定)	0 ⁺ 7 ⁺ 14	3 ^s 2 ⁺ 5 ^s	0 ⁺ 0 ⁺ 0	4 ⁺ 5 ^s 0	11 ^s 8 ⁺ 6 ^s	15 ⁺ 7 ⁺ 1	1 ^s 3 ^s 2	4 ⁺ 0 ^s 4 ^s	8 ⁺ 5 ^s 13 ^s
(2)-(1)	2 ^s -2 ⁺ 0 ^s	⊕	1 ^s 2 ⁺ 2 ^s	0 ⁺ 0 ⁺ 0	-1 ⁺ -4 ⁺ -4	-1.5 ⁺ 0 ⁺ -1	1 ^s -8 ^s -11 ^s	-0 ^s 2 ^s 1	2 ⁺ -1 ^s -2 ^s	-3 ⁺ -1 ⁺ -0 ^s	-4 ⁺ -2 ^s 3 ^s
(3) 52.10.20	7 ⁺ 9 ^s 22	⊕	11 ⁺ 10 ⁺ 20	3 ⁺ 3 ⁺ 7	0 ⁺ 0 ⁺ 0	1 ⁺ 3 ⁺ 3 ^s	11 ^s 7 ^s 2	17 ⁺ 8 ⁺ 2	5 ⁺ 4 ⁺ 1 ^s	2 ⁺ 0 ⁺ 2	7 ⁺ 6 ⁺ 15
(3)-(2)	3 ^s 5 ^s 14 ^s	⊕	11 ⁺ 3 ⁺ 6	-0 ^s 1 ⁺ 1 ^s	0 ⁺ 0 ⁺ 0	-3 ⁺ -2 ^s 3 ^s	4 ^s -0 ^s -4 ^s	1 ^s 1 ⁺ 1	3 ^s 0 ^s -0 ^s	-1 ^s 0 ^s -2 ^s	0 ⁺ 0 ^s 1 ^s

上下方向変位mm (丁字管NO.53~NO.54の中央を0とする)

44.2.19	545		640				750				
52.10.20	657	552	527	557	615	696	768	809	793	752	733



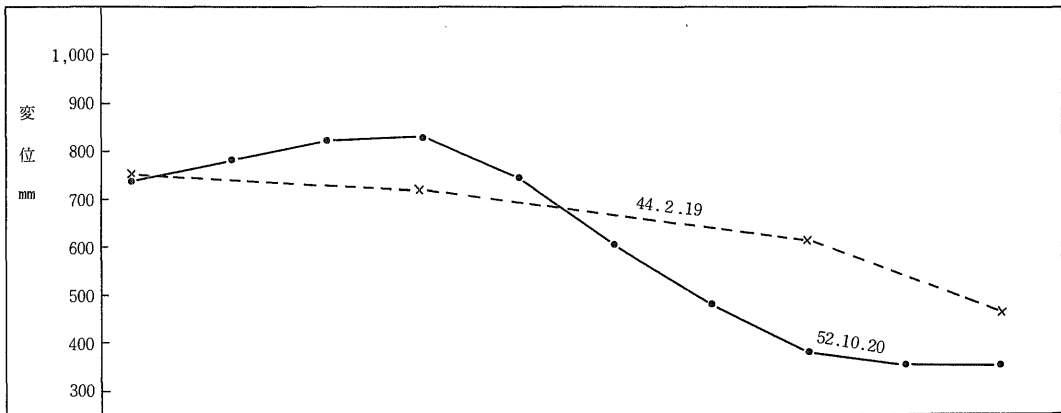
表一 6 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区 NO.12~NO.21

継手NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.6.22	1 3 + 12 ^s 15	5 4 + 6 5	7 ^s 6 + 3 2 ^s	22 15 ^s + 8 ^s 2 ^s	10 5 + 7 ^s 2 ^s	6 2 ^s + 4 1	4 1 ^s + 3 1	1 4 + 7 10	1 8 + 12 19	8 2 + 19 13
(2) 44.2.19	1 3 + 13 15	5 ^s 0 + 8 ^s 14	9 ^s 6 ^s + 5 2	32 ^s 21 ^s + 13 2	13 6 + 9 ^s 2 ^s	5 2 + 4 1	0 2 ^s + 4 6 ^s	0 2 + 15 13	0 8 + 14 22	18 2 + 22 6
(2)-(1)	0 0 + 0 ^s 0	0 ^s -4 + 2 ^s 9	2 0 ^s + 2 -0 ^s	10 ^s 6 + 4 ^s -0 ^s	3 1 + 2 0	-1 -0 ^s + 0 0	-4 1 + 1 5 ^s	-1 -2 + 8 3	-1 0 + 2 3	10 6 + 3 -7
(3) 52.10.20	0 5 + 11 ^s 17	6 ^s 1 + 7 ^s 3	15 ^s 8 ^s + 5 ^s 0	40 27 + 14 1	18 ^s 10 + 10 ^s 1	6 ^s 2 + 6 2 ^s	0 1 ^s + 7 ^s 9	0 8 + 19 26 ^s	1 5 + 15 ^s 17	24 3 ^s + 23 4
(3)-(2)	-1 2 + -1 ^s 2	1 1 + -1 -11	6 2 + 0 ^s -2	7 ^s 5 ^s + 1 -1	5 ^s 4 + 1 -1 ^s	1 ^s 0 + 2 1 ^s	0 -1 + 3 ^s 2 ^s	0 6 + 4 13 ^s	1 -3 + 1 ^s -5	6 1 ^s + 1 -2

上下方向変位mm (丁字管NO.53~NO.54の中央を0とする)

44.2.19	755			725				625		475
52.10.20	749	788	831	835	749	614	490	383	362	365



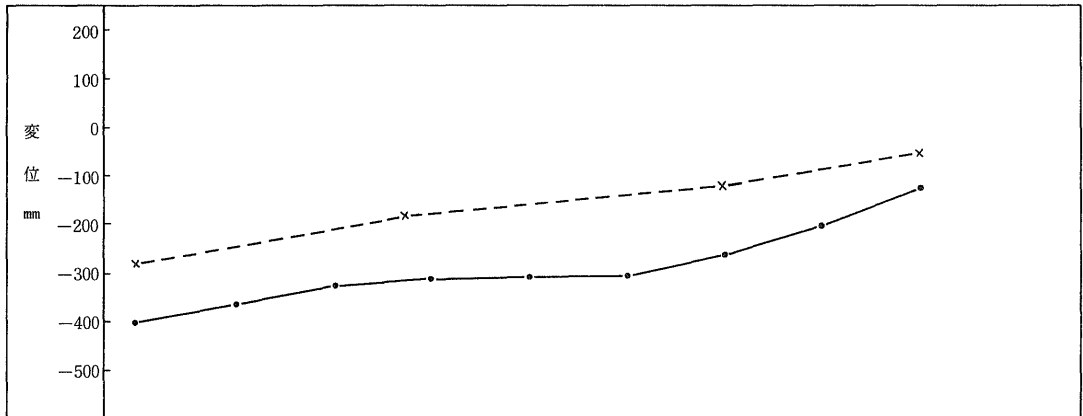
表一 7 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区 NO.36~NO.45

継手NO.	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43. 6. 22	$4 \begin{matrix} 15 \\ + \\ 16 \\ 6 \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} 3 \\ + \\ 4 \\ 2 \end{matrix}$	$5^s \begin{matrix} 9 \\ + \\ 4^s \\ 1 \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 9 \\ + \\ 6 \\ 1^s \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 11 \\ + \\ 10 \\ 3 \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} 4 \\ + \\ 15 \\ 11 \end{matrix}$	$2 \begin{matrix} 3^s \\ + \\ 23 \\ 22^s \end{matrix}$	$2 \begin{matrix} 1 \\ + \\ 14^s \\ 15^s \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 8 \\ + \\ 18^s \\ 11^s \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} 6^s \\ + \\ 11 \\ 3^s \end{matrix}$
(2) 44. 2. 19	$2 \begin{matrix} 9 \\ + \\ 11 \\ 4 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 1^s \\ + \\ 1^s \\ 0 \end{matrix}$	$5 \begin{matrix} 8^s \\ + \\ 3^s \\ 0 \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 7 \\ + \\ 4 \\ 0 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 8 \\ + \\ 8 \\ 0 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 3 \\ + \\ 13^s \\ 10^s \end{matrix}$	$1^s \begin{matrix} 3 \\ + \\ 23 \\ 21^s \end{matrix}$	$1^s \begin{matrix} 1^s \\ + \\ 15 \\ 15 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 5^s \\ + \\ 17^s \\ 12^s \end{matrix}$	$2 \begin{matrix} 8 \\ + \\ 6 \\ 0 \end{matrix}$
(2)-(1)	$-2 \begin{matrix} -6 \\ + \\ -5 \\ -2 \end{matrix}$	$-4 \begin{matrix} -1^s \\ + \\ -2^s \\ -2 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} -0^s \\ + \\ -1 \\ -1 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} -2 \\ + \\ -2 \\ -1^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} -3 \\ + \\ -2 \\ -3 \end{matrix}$	$-4 \begin{matrix} -1 \\ + \\ -1^s \\ -0^s \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} -0^s \\ + \\ 0 \\ -1 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} 0^s \\ + \\ 0^s \\ -0^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} -2^s \\ + \\ -1 \\ 1 \end{matrix}$	$-2 \begin{matrix} 1^s \\ + \\ -5 \\ -3^s \end{matrix}$
(3) 52.10.20	$0 \begin{matrix} 3^s \\ + \\ 10^s \\ 7 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 0 \\ + \\ 1^s \\ 1^s \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 4^s \\ + \\ 3^s \\ 2 \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 3^s \\ + \\ 3^s \\ 1 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 0 \\ + \\ 9^s \\ 3^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 3 \\ + \\ 14 \\ 11 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 5 \\ + \\ 23 \\ 18 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 4^s \\ + \\ 15^s \\ 9 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 8^s \\ + \\ 15^s \\ 6 \end{matrix}$	$3^s \begin{matrix} 12 \\ + \\ 10 \\ 0 \end{matrix}$
(3)-(2)	$-2 \begin{matrix} -5^s \\ + \\ -0^s \\ 3 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} -1^s \\ + \\ 0 \\ 1^s \end{matrix}$	$-2 \begin{matrix} -4 \\ + \\ 0 \\ 2 \end{matrix}$	$-2 \begin{matrix} -3^s \\ + \\ -0^s \\ 1 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} -2 \\ + \\ 1^s \\ 3^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 0 \\ + \\ 0^s \\ 0^s \end{matrix}$	$-1^s \begin{matrix} 2 \\ + \\ 0 \\ -3^s \end{matrix}$	$-1^s \begin{matrix} 3 \\ + \\ 0^s \\ -6 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 3 \\ + \\ -2 \\ -6^s \end{matrix}$	$1^s \begin{matrix} 4 \\ + \\ 4 \\ 0 \end{matrix}$

上下方向変位mm (丁字管NO.53~NO.54の中央を0とする)

44. 2. 19	-280			-180			-120		
52.10.20	-400	-363	-327	-312	-308	-306	-266	-203	-121



表一 8 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第 8 工区 NO.46~NO.55

継手NO	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43. 6 .22	$1 \begin{matrix} + \\ - \\ 1^s \end{matrix}$	$12^s \begin{matrix} + \\ - \\ 5^s \\ 1 \end{matrix}$	$8^s \begin{matrix} + \\ - \\ 3 \\ 1^s \end{matrix}$	$10 \begin{matrix} + \\ - \\ 1^s \\ 1 \end{matrix}$	$4^s \begin{matrix} + \\ - \\ 8^s \\ 5^s \end{matrix}$	$4^s \begin{matrix} + \\ - \\ 4 \\ 2^s \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} + \\ - \\ 8 \\ 8 \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} + \\ - \\ 2 \\ 4 \end{matrix}$	$5 \begin{matrix} + \\ - \\ 1^s \\ 8^s \end{matrix}$	$11 \begin{matrix} + \\ - \\ 14 \\ 5 \end{matrix}$
(2) 44. 2 .19	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 0 \end{matrix}$	$13 \begin{matrix} + \\ - \\ 6 \\ 0 \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} + \\ - \\ 2^s \\ 0 \end{matrix}$	$10 \begin{matrix} + \\ - \\ 1^s \\ 0 \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} + \\ - \\ 7^s \\ 3^s \end{matrix}$	$5 \begin{matrix} + \\ - \\ 3 \\ 0 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 7^s \\ 9 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 3 \\ 3 \end{matrix}$	$4^s \begin{matrix} + \\ - \\ 12^s \\ 11 \end{matrix}$	$10 \begin{matrix} + \\ - \\ 13^s \\ 4^s \end{matrix}$
(2)-(1)	$-1 \begin{matrix} + \\ - \\ -1^s \\ -1 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ -1 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ -1^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ -1 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} + \\ - \\ -1 \\ -2 \end{matrix}$	$0^s \begin{matrix} + \\ - \\ -1 \\ -2^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} + \\ - \\ -0^s \\ 1 \end{matrix}$	$-4 \begin{matrix} + \\ - \\ 1 \\ -1 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ 2^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} + \\ - \\ -1 \\ -0^s \end{matrix}$
(3) 52.10.20	$3^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$	$19^s \begin{matrix} + \\ - \\ 5^s \\ 0 \end{matrix}$	$9^s \begin{matrix} + \\ - \\ 1 \\ 0 \end{matrix}$	$9^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$	$3^s \begin{matrix} + \\ - \\ 7 \\ 2^s \end{matrix}$	$5^s \begin{matrix} + \\ - \\ 3^s \\ 0 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 4^s \\ 4^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$	$1^s \begin{matrix} + \\ - \\ 10 \\ 8^s \end{matrix}$	$10 \begin{matrix} + \\ - \\ 13^s \\ 5 \end{matrix}$
(3)-(2)	$3^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$	$6^s \begin{matrix} + \\ - \\ -0^s \\ 0 \end{matrix}$	$1^s \begin{matrix} + \\ - \\ -1^s \\ 0 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} + \\ - \\ -1^s \\ 0 \end{matrix}$	$-0^s \begin{matrix} + \\ - \\ -0^s \\ -1 \end{matrix}$	$0^s \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ 0 \end{matrix}$	$-1^s \begin{matrix} + \\ - \\ -3 \\ -4^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ -3 \\ -3 \end{matrix}$	$-3 \begin{matrix} + \\ - \\ -2^s \\ -2^s \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} + \\ - \\ 0^s \\ 0^s \end{matrix}$

上下方向変位mm (丁字管NO.53~NO.54の中央を0とする)

44. 2 .19	-20			75			30		0
52.10.20	-43	+1	52	56	70	52	36	13	-4 ±0 12

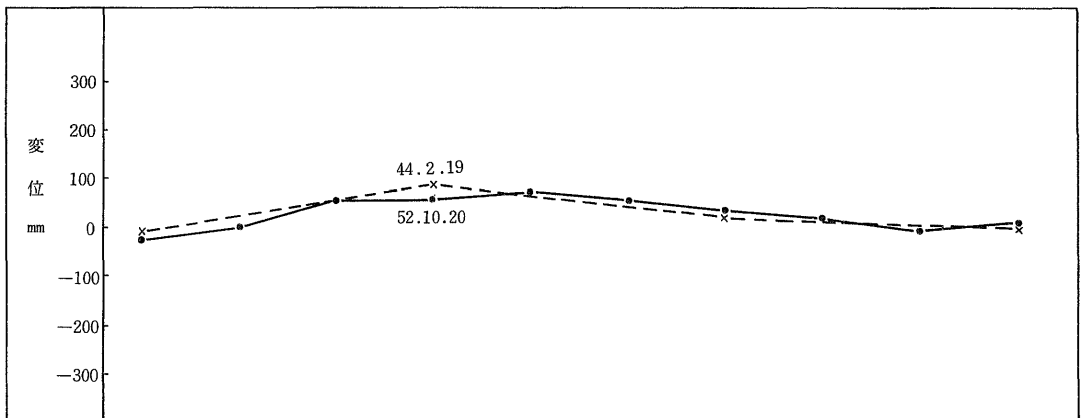


表-9 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区 NO.56~NO.66

継手NO.	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
胴付間隔mm										
測定日										
(1)43.6.22	$2 \begin{matrix} 17^s \\ + \\ 22^s \\ 7^s \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} 15 \\ + \\ 13 \\ 2 \end{matrix}$	$6 \begin{matrix} 8 \\ + \\ 4^s \\ 2^s \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} 5 \\ + \\ 3^s \\ 7 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 10 \\ + \\ 21^s \\ 17^s \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 6 \\ + \\ 14 \\ 5 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 2 \\ + \\ 8^s \\ 12^s \end{matrix}$	$13 \begin{matrix} 5 \\ + \\ 11^s \\ 19^s \end{matrix}$	$12 \begin{matrix} 10^s \\ + \\ 9^s \\ 7^s \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} 6^s \\ + \\ 7 \\ 9^s \end{matrix}$
(2)44.2.19	$0 \begin{matrix} 19 \\ + \\ 20^s \\ 1^s \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 15 \\ + \\ 13^s \\ 2 \end{matrix}$	$6 \begin{matrix} 8^s \\ + \\ 4^s \\ 2^s \end{matrix}$	$9 \begin{matrix} 7^s \\ + \\ 4^s \\ 6^s \end{matrix}$	$9 \begin{matrix} 11^s \\ + \\ 22^s \\ 20 \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} 11^s \\ + \\ 15 \\ 12 \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} 3 \\ + \\ 9^s \\ 15 \end{matrix}$	$11 \begin{matrix} 9 \\ + \\ 13^s \\ 16 \end{matrix}$	$11 \begin{matrix} 13 \\ + \\ 12 \\ 10 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 5^s \\ + \\ 6^s \\ 8 \end{matrix}$
(2)-(1)	$-2 \begin{matrix} 1^s \\ + \\ 2 \\ -6 \end{matrix}$	$-0 \begin{matrix} 0 \\ + \\ 0^s \\ 0 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 0^s \\ + \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 2^s \\ + \\ 1 \\ -0^s \end{matrix}$	$2 \begin{matrix} 1^s \\ + \\ 1 \\ 2^s \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 5^s \\ + \\ 1 \\ 7 \end{matrix}$	$1 \begin{matrix} 1 \\ + \\ 1 \\ 2^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} 4 \\ + \\ 2 \\ -3^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} 2^s \\ + \\ 2^s \\ 2^s \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} -1 \\ + \\ -0^s \\ -1^s \end{matrix}$
(3)52.10.20	$1 \begin{matrix} 17^s \\ + \\ 21^s \\ 7 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 17^s \\ + \\ 14 \\ 1^s \end{matrix}$	$6 \begin{matrix} 10 \\ + \\ 5^s \\ 1^s \end{matrix}$	$10 \begin{matrix} 8^s \\ + \\ 5 \\ 4^s \end{matrix}$	$12 \begin{matrix} 15 \\ + \\ 20^s \\ 18 \end{matrix}$	$15 \begin{matrix} 19^s \\ + \\ 15 \\ 7^s \end{matrix}$	$11 \begin{matrix} 7^s \\ + \\ 9 \\ 11 \end{matrix}$	$20 \begin{matrix} 21 \\ + \\ 18 \\ 15 \end{matrix}$	$13 \begin{matrix} 18^s \\ + \\ 14 \\ 10 \end{matrix}$	$5 \begin{matrix} 3 \\ + \\ 6 \\ 9 \end{matrix}$
(3)-(2)	$1 \begin{matrix} -1^s \\ + \\ 1 \\ 5^s \end{matrix}$	$4 \begin{matrix} 2^s \\ + \\ 0^s \\ -0^s \end{matrix}$	$-0 \begin{matrix} 1^s \\ + \\ 1 \\ -1 \end{matrix}$	$0 \begin{matrix} 1 \\ + \\ 0^s \\ -2 \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 3^s \\ + \\ -2 \\ -2 \end{matrix}$	$7 \begin{matrix} 8 \\ + \\ 0 \\ -4^s \end{matrix}$	$3 \begin{matrix} 4^s \\ + \\ -0^s \\ -4 \end{matrix}$	$8 \begin{matrix} 12 \\ + \\ 4^s \\ -1 \end{matrix}$	$2 \begin{matrix} 5^s \\ + \\ 2 \\ 0 \end{matrix}$	$-1 \begin{matrix} -2^s \\ + \\ -0^s \\ 1 \end{matrix}$

上下方向変位mm (丁字管NO.53~NO.54の中央を0とする)

44.2.19				-80	-250			-375		
52.10.20	17	-11	-86	-165	-255	-325	-424	-508	-607	-724

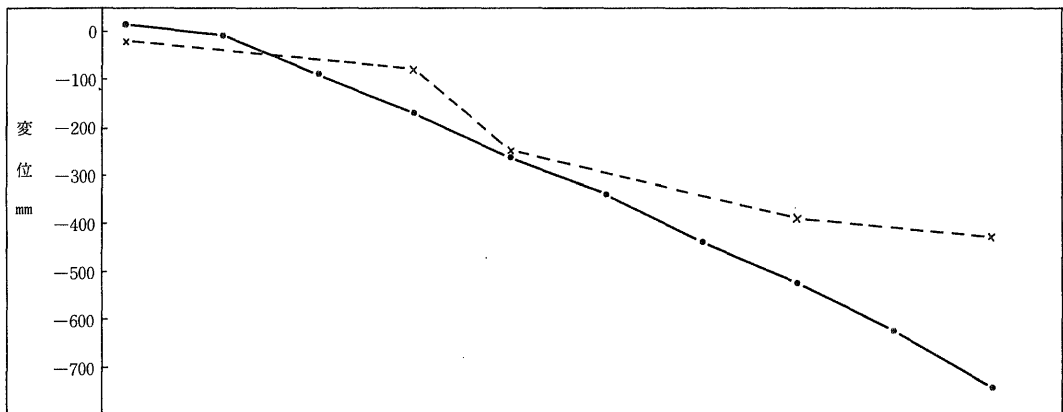


表-10 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第9工区 NO.2~NO.11

第8工区 ←

継手NO. 1

→ 第9工区

測定日	胴付間隔mm									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(1) 43.5.13	$\frac{33}{25 \pm 20}$ 0	$\frac{7}{7 \pm 3}$ 0	$\frac{7}{10 \pm 2}$ 0	$\frac{2}{3 \pm 0}$ 0	$\frac{5}{2 \pm 5}$ 0	$\frac{1}{1 \pm 1}$ 0	$\frac{1}{0 \pm 6}$ 0	$\frac{0}{1 \pm 5}$ 5	$\frac{3}{0 \pm 6}$ 5	$\frac{3}{2 \pm 12}$ 15
(2) 44.2.19	$\frac{30}{19 \pm 18}$ 2	$\frac{7}{6 \pm 3}$ 0	$\frac{8}{7 \pm 1}$ 0	$\frac{1}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{3}{3 \pm 0}$ 0	$\frac{1}{1 \pm 1}$ 0	$\frac{6}{1 \pm 5}$ 0	$\frac{0}{1 \pm 4}$ 3	$\frac{7}{1 \pm 7}$ 4	$\frac{4}{3 \pm 11}$ 16
(2)-(1)	$\frac{-3}{-6 \pm -2}$ 2	$\frac{0}{-1 \pm 0}$ 0	$\frac{1}{-3 \pm -1}$ 0	$\frac{-1}{-3 \pm 0}$ 0	$\frac{-2}{1 \pm -5}$ 0	$\frac{0}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{5}{1 \pm 1}$ 0	$\frac{0}{0 \pm -1}$ -2	$\frac{4}{1 \pm 1}$ -1	$\frac{1}{1 \pm -1}$ 1
(3) 52.10.19	$\frac{27}{13 \pm 14}$ 5	$\frac{8}{3 \pm 2}$ 0	$\frac{8}{6 \pm 1}$ 0	$\frac{0}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{2}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{0}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{7}{0 \pm 5}$ 0	$\frac{0}{0 \pm 2}$ 2	$\frac{3}{0 \pm 3}$ 2	$\frac{6}{6 \pm 9}$ 10
(3)-(2)	$\frac{-3}{-6 \pm -4}$ 3	$\frac{1}{-3 \pm -1}$ 0	$\frac{0}{-1 \pm 0}$ 0	$\frac{-1}{0 \pm 0}$ 0	$\frac{-1}{-3 \pm 0}$ 0	$\frac{-1}{-1 \pm -1}$ 0	$\frac{1}{-1 \pm 0}$ 0	$\frac{0}{-1 \pm -2}$ -1	$\frac{-4}{-1 \pm -4}$ -2	$\frac{2}{3 \pm -2}$ -6

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.19 0 101 213 292 349 414 453 494 510 532 544

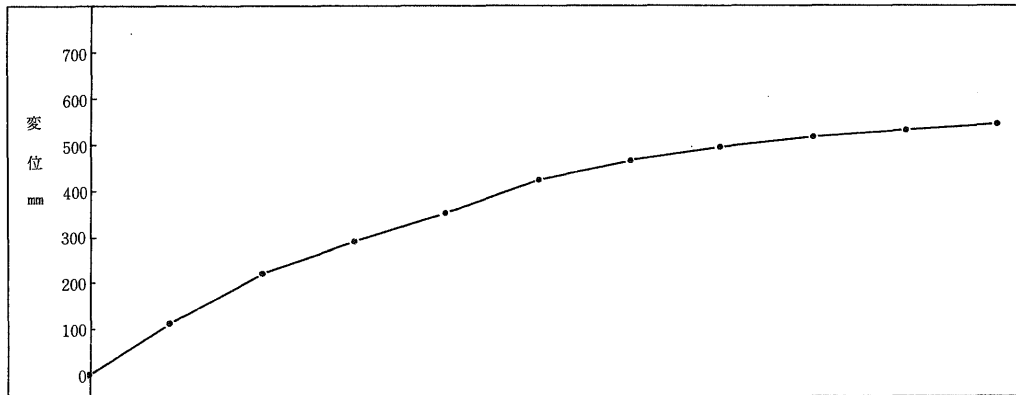


表-11 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第9工区 NO.12~NO.21

継手NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43. 5. 13	$6 \begin{smallmatrix} 7 \\ + \\ 10 \\ 12 \end{smallmatrix}$	$1 \begin{smallmatrix} 2 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$5 \begin{smallmatrix} 6 \\ + \\ 5 \\ 2 \end{smallmatrix}$	$10 \begin{smallmatrix} 5 \\ + \\ 2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$12 \begin{smallmatrix} 12 \\ + \\ 7 \\ 4 \end{smallmatrix}$	$10 \begin{smallmatrix} 2 \\ + \\ 0 \\ 6 \end{smallmatrix}$	$1 \begin{smallmatrix} 1 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$5 \begin{smallmatrix} 10 \\ + \\ 7 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$7 \begin{smallmatrix} 5 \\ + \\ 10 \\ 11 \end{smallmatrix}$
(2) 44. 2. 19	$6 \begin{smallmatrix} 7 \\ + \\ 8 \\ 12 \end{smallmatrix}$	$1 \begin{smallmatrix} 3 \\ + \\ 2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$6 \begin{smallmatrix} 6 \\ + \\ 5 \\ 3 \end{smallmatrix}$	$9 \begin{smallmatrix} 4 \\ + \\ 1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$10 \begin{smallmatrix} 12 \\ + \\ 6 \\ 4 \end{smallmatrix}$	$9 \begin{smallmatrix} 2 \\ + \\ 0 \\ 6 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$5 \begin{smallmatrix} 10 \\ + \\ 8 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$7 \begin{smallmatrix} 5 \\ + \\ 9 \\ 11 \end{smallmatrix}$
(2)-(1)	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ -2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 1 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$1 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 1 \end{smallmatrix}$	$-1 \begin{smallmatrix} -1 \\ + \\ -1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-2 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ -1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-1 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-1 \begin{smallmatrix} -1 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ -1 \\ 0 \end{smallmatrix}$
(3) 52. 10. 19	$5 \begin{smallmatrix} 5 \\ + \\ 5 \\ 6 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$2 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$4 \begin{smallmatrix} 8 \\ + \\ 1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 5 \\ + \\ 2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$4 \begin{smallmatrix} 6 \\ + \\ 6 \\ 3 \end{smallmatrix}$
(3)-(2)	$-1 \begin{smallmatrix} -2 \\ + \\ -3 \\ -6 \end{smallmatrix}$	$-1 \begin{smallmatrix} -3 \\ + \\ -2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-6 \begin{smallmatrix} -6 \\ + \\ -5 \\ -3 \end{smallmatrix}$	$-7 \begin{smallmatrix} -4 \\ + \\ -1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-6 \begin{smallmatrix} -4 \\ + \\ -5 \\ -4 \end{smallmatrix}$	$-9 \begin{smallmatrix} -2 \\ + \\ 0 \\ -6 \end{smallmatrix}$	$0 \begin{smallmatrix} 0 \\ + \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-5 \begin{smallmatrix} -5 \\ + \\ 6 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$-3 \begin{smallmatrix} 1 \\ + \\ -3 \\ -8 \end{smallmatrix}$

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.19 573 625 660 690 703 706 698 688 667 627

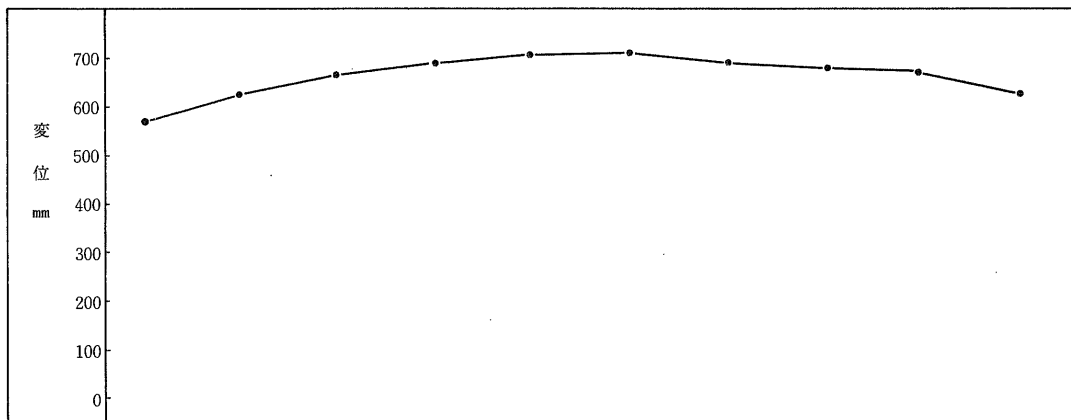


表-12 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第9工区 NO.30~NO.39

継手NO.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.5.13	0 + 10 10	8 + 10 3	3 + 10 5	10 + 12 3	12 + 8 2	10 + 10 1	10 + 2 1	8 + 3 0	8 + 2 2	16 + 2 2
(2) 44.2.19	1 + 9 10	5 + 6 0	4 + 7 3	9 + 8 0	10 + 7 0	3 + 5 0	7 + 1 0	5 + 0 0	3 + 0 0	10 + 2 2
(2)-(1)	1 + 1 0	-3 + -4 -3	1 + -3 -2	-1 + -4 -3	-2 + -1 -2	-7 + -5 -1	-3 + -1 -1	-3 + -3 0	-5 + -2 -2	-6 + 0 0
(3) 52.10.19	0 + 14 15	0 + 6 2	0 + 4 0	3 + 3 0	7 + 3 0	9 + 1 2	6 + 0 0	1 + 0 0	2 + 0 0	8 + 0 0
(3)-(2)	-1 + 5 5	-5 + 0 2	-4 + -3 -3	-6 + -5 0	-3 + -4 0	6 + -4 2	-1 + -1 0	-4 + 0 0	-1 + 0 0	-2 + -2 -2

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.19 267 404 568 704 835 943 1,035 1,086 1,125 1,163

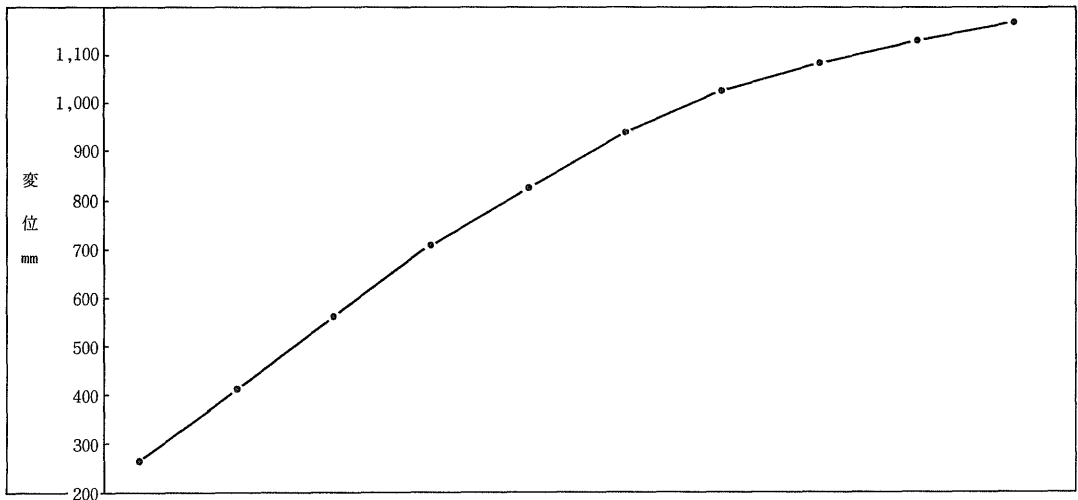


表-13 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第9工区 NO.40~NO.49

継手NO.	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
胴付間隔mm										
測定日										
(1)43.5.13	0 0+0 0	1 2+0 2	1 5+0 6	0 0+0 0	0 0+0 1	0 1+0 1	18 10+26 15	10 5+10 5	25 12+30 12	8 10+15 25
(2)44.2.19	0 0+0 0	0 2+0 0	0 7+0 8	0 0+0 0	0 0+0 0	0 0+0 0	16 5+24 14	9 2+9 0	26 7+28 9	8 10+12 16
(2)-(1)	0 0+0 0	-1 0+0 -2	-1 2+0 2	0 0+0 0	0 0+0 -1	0 -1+0 -1	-2 -5+2 -1	-1 -3+1 -5	1 -5+2 -3	0 0+1 -3
(3)52.10.19	0 0+0 0	0 0+0 0	0 5+0 5	0 1+0 3	0 2+0 3	0 0+0 2	1 0+13 12	3 0+5 2	17 1+20 4	6 1+3 2
(3)-(2)	0 0+0 0	0 -2+0 0	0 -2+0 -3	0 1+0 3	0 2+0 3	0 0+0 2	-15 -5+11 -2	-6 -2+4 2	-9 -1+8 -5	-2 -9+9 -14

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.19 1,158 1,160 1,160 1,185 1,230 1,300 1,378 1,476 1,576 1,645

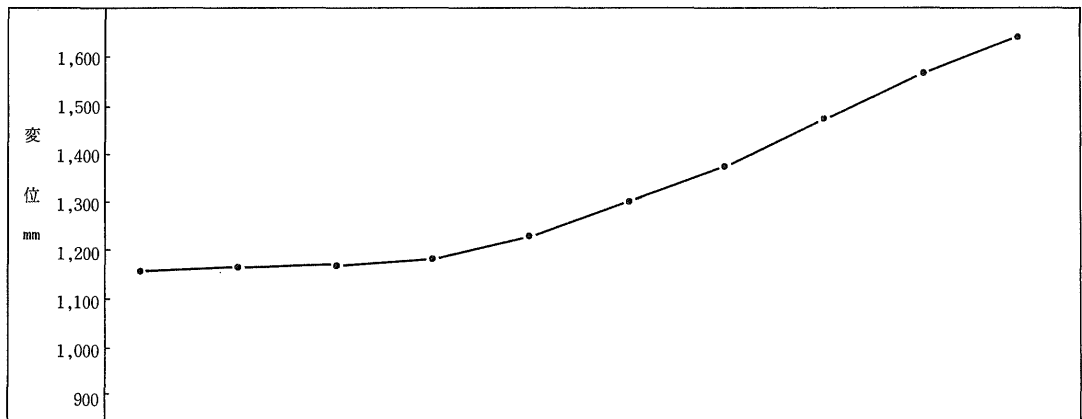
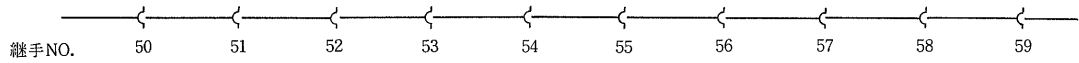


表-14 胴付間隔および上下方向変位測定結果

第9工区 NO.50~NO.59



		胴付間隔mm									
測定日		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
(1) 43.5.13	10	15	20	35	28	5	2	15	17	18	0
	8	20	10	3	8	2	8	10	23	0	
		5	20	15	20	15	3	12	25	25	0
(2) 44.2.19	16	14	18	30	28	7	0	12	15	12	0
	4	17	7	2	4	0	7	9	12	12	0
		1	17	25	29	12	0	10	20	15	0
(2)-(1)	6	-1	-2	-5	0	2	-2	-3	-2	-6	0
	-4	-3	-3	10	9	-4	-2	-7	-1	-11	0
		-4	-3	10	9	-3	-3	-2	-5	-10	0
(3) 52.10.19	34	18	21	26	28	6	0	7	8	2	0
	11	0	13	5	15	3	0	0	7	6	0
		0	12	23	37	10	0	1	11	0	0
	18	4	-1	-4	0	-1	0	-5	-7	-10	0
	7	-1	-4	-2	-13	-1	0	-1	-2	-6	0
		-1	-5	-2	8	-2	0	9	-9	-15	0

上下方向変位mm (NO.1を0とする)

52.10.19 1,696 1,664 1,594 1,559 1,611 1,698 1,791 1,860 1,955 2,032

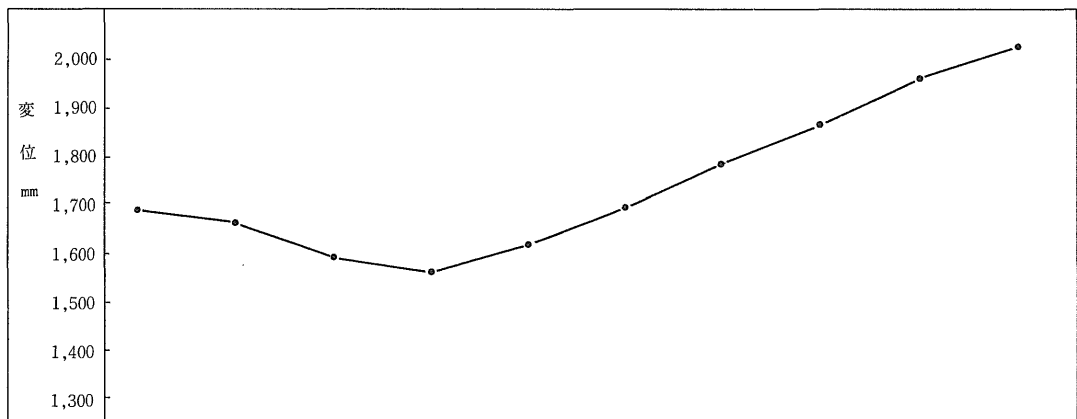


表-15 へん平量測定結果

第4工区

へん平量mm=(上下+左右)÷2

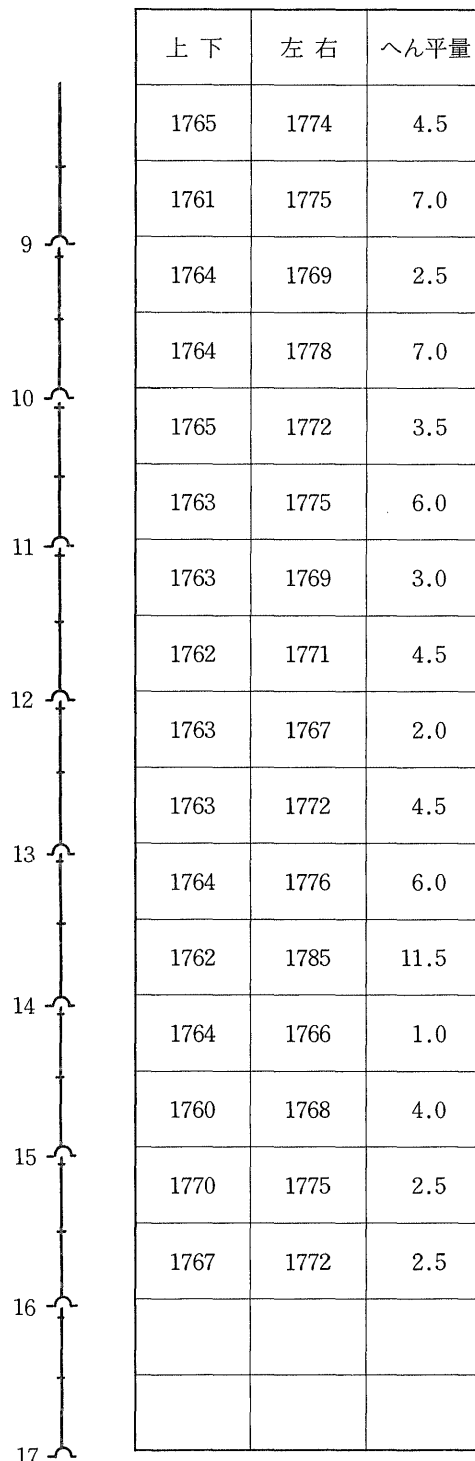
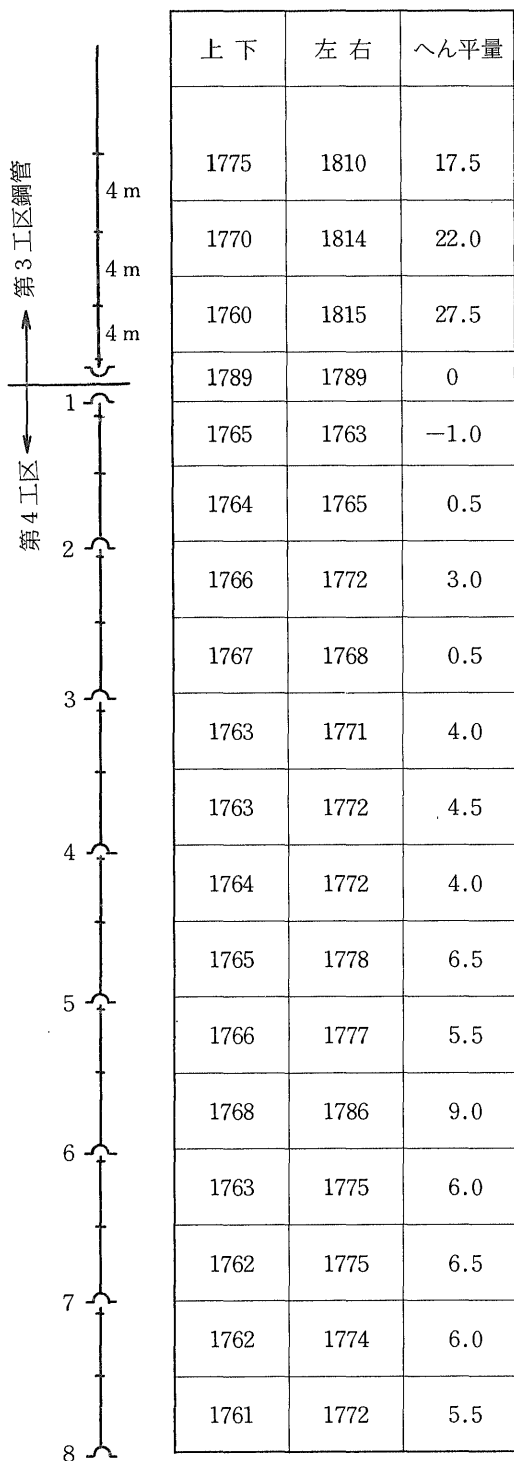
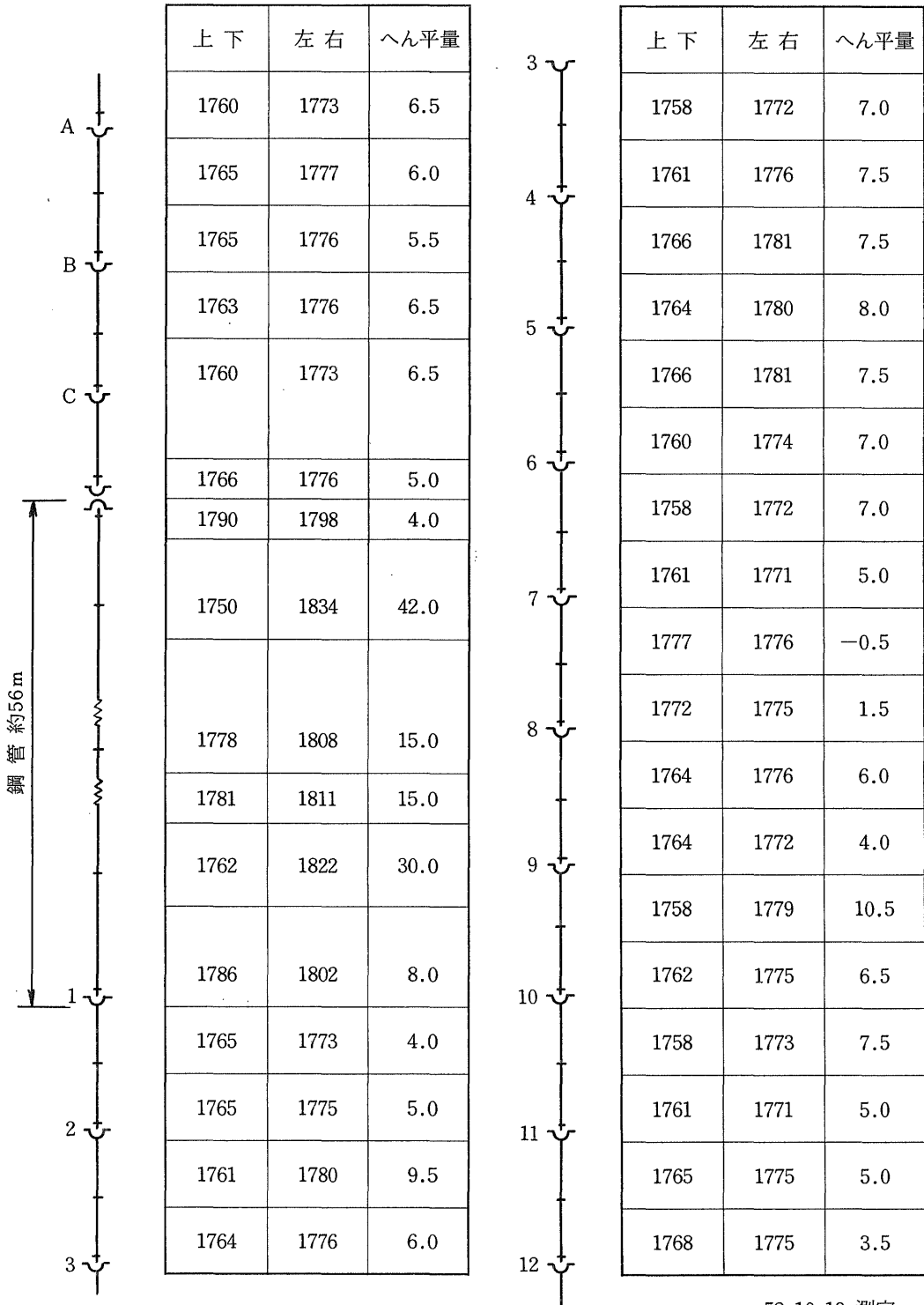


表-16 へん平量測定結果

第7工区

へん平量mm = (上下 + 左右) ÷ 2



52.10.19 測定

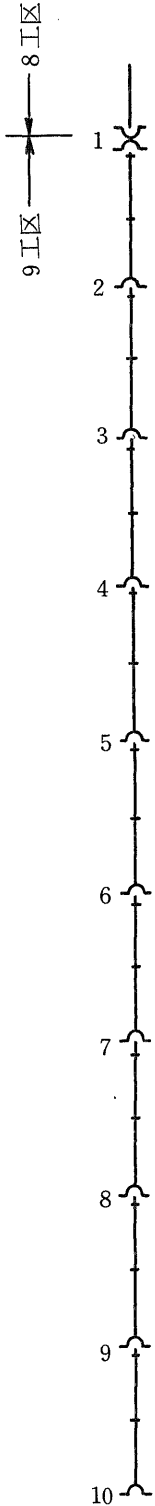
表-17 ヘン平量測定結果

第8工区 ヘン平量mm=(上下+左右)÷2

	上下	左右	へん平量		上下	左右	へん平量
1	1764	1764	0	11	1766	1776	5.0
	1771	1775	2.0		1763	1776	6.5
2	1765	1773	4.0	12	1766	1774	4.0
	1771	1781	5.0		1769	1781	6.0
3	1764	1771	3.5	13	1764	1768	2.0
	1774	1788	7.0		1768	1777	4.5
4	1761	1773	6.0	14	1770	1775	2.5
	1765	1784	5.5		1764	1774	5.0
5	1764	1768	2.0	15	1757	1763	3.0
	1768	1774	3.0		1767	1777	5.0
6	1766	1770	2.0	16	1764	1777	6.5
	1767	1777	5.0		1769	1778	4.5
7	1763	1770	3.5	17	1767	1767	0
	1764	1773	4.5		1780	1780	0
8	1758	1769	5.5	18	1764	1772	4.0
	1770	1781	5.5		1776	1782	4.0
9	1763	1771	4.0	19	1762	1767	2.5
	1774	1782	4.0		1772	1786	7.0

表-18 へん平量測定結果

第9工区 へん平量mm = (上下 + 左右) ÷ 2



上下	左右	へん平量
1769	1775	3.0
1764	1778	7.0
1767	1783	8.0
1767	1782	7.5
1763	1773	5.0
1764	1775	5.5
1762	1768	3.0
1766	1775	4.5
1768	1775	3.5
1764	1770	3.0
1764	1771	3.5
1764	1775	5.5
1766	1778	6.0
1763	1777	7.0
1757	1766	4.5
1764	1774	5.0
1766	1772	3.0
1764	1770	3.0



上下	左右	へん平量
1767	1779	6.0
1764	1781	3.5
1768	1778	5.0
1770	1782	6.0
1765	1771	3.0
1765	1767	1.0
1769	1777	4.0
1768	1776	4.0
1769	1778	4.5
1762	1775	6.5
1763	1770	3.5
1764	1774	5.0
1763	1770	3.5
1765	1770	2.5
1764	1770	3.0
1763	1771	4.0
1760	1774	7.0
1761	1775	7.0

3 上下方向の変位

測定記録の一部を表-3~14に示すが、管路の上下方向の蛇行は各所に見受けられるが胴付間隔との関係からわかるように、いずれも管1本あたりの許容偏位以下であった。

4 沈下量

志津地区の一部で沈下量を測定した。

管底の上下方向の変化と併せて表-19、図-12、13に示すが、土被り深さおよび管底の軟弱地盤層の厚さに比例して沈下量も大きくなっていることがわかる。

また、沈下の大部分は埋戻し後（途中盛土が行われているが）2年以内で終わっていることも推察できる。

5 管内面状況

モルタルライニングは健全であり、管端面の腐食はほとんどなく良好であった。

6 土の比抵抗

図-14に示す箇所での土の比抵抗を測定した結果を表-20に示すが、 $2,400\Omega\text{cm}$ 以上あり土壌としては腐食に関しては心配ない数値といえる。

一般に、 $2,000\Omega\text{cm}$ 以上の砂質土では安全といわれている。

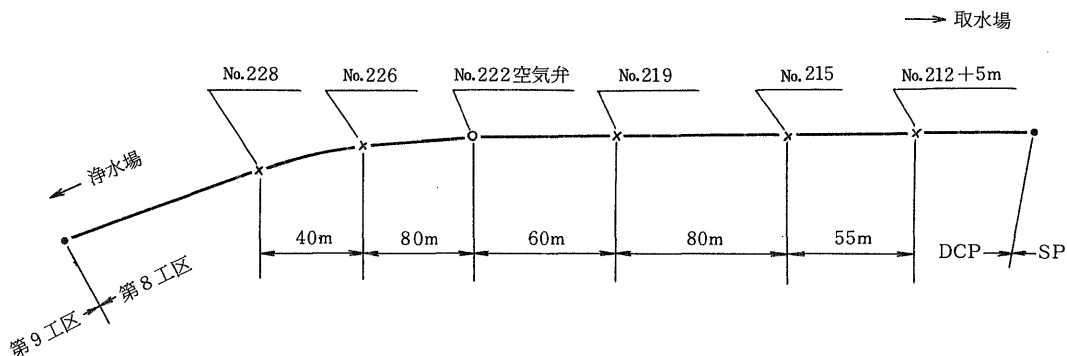
今回の埋設地区は地下水位が高く、管底1mを砂で置き換え、埋戻土は管頂まで山砂で盛土部分は普通土で行っている。

表-19 志津地区(第8工区)沈下量の測定結果

経日による管頂高 mm、および土被り m、軟弱層厚 m

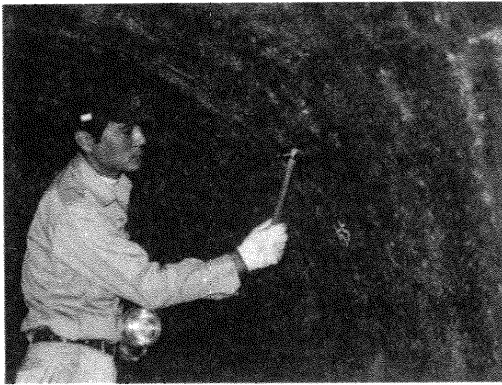
測点 No. 測定日	228	226	空気弁 222	219	215	+5m 212
43.4/20	9704	9421	—	—	—	—
5/6	9645	9327	—	—	—	—
5/14	9641	9309	8941	—	—	—
5/27	9638	9207	8929	9015	—	—
6/22 通水	9577	9053	8912	8827	8988	9055
44.2/19 8ヵ月	9191	8588	8921	8252	8310	8670
9/5 14ヵ月	9035	8401	8922	8040	—	8482
52.10/20 9ヵ年	8929	8360	8924	7802	8116	8420
土被り m	2.5	2.9	2.4	2.6	1.9	1.7
軟弱層厚 m	6.96	7.2	0	8.25	7.95	7.35

測点位置



(写真-3)

清掃後の管内面には黒色(水質による)が残っているが、異状は認められない。



(写真-4)

清掃後のライニング面には納入時の検査マーク、年号などが残っており、ライニングの健全さを示している。

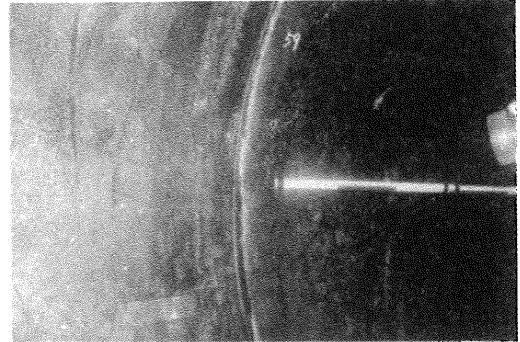


図-13 地盤状況と沈下量(志津地区第8工区No.218~No.222)

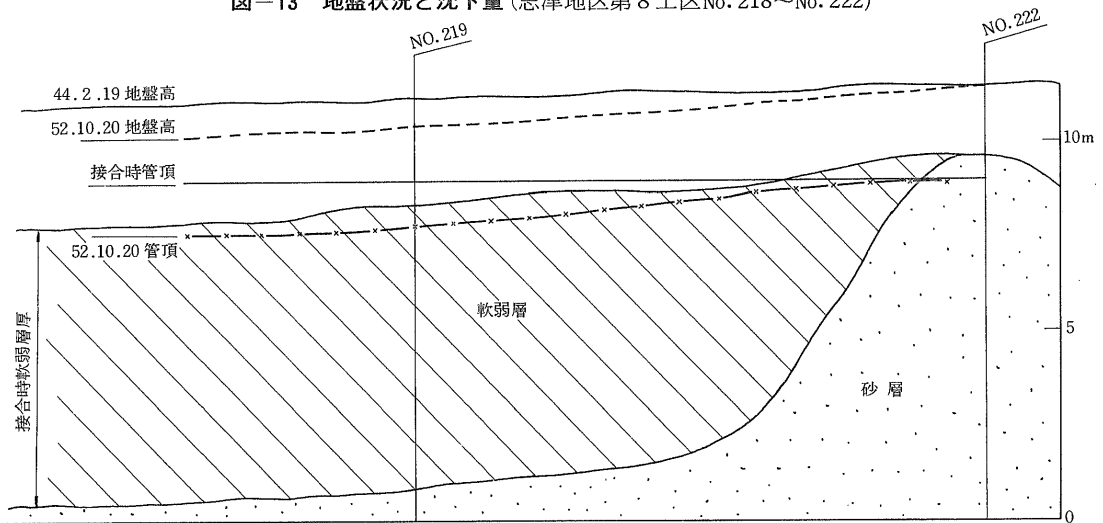


表-20 土壌の比抵抗値Ω-cm

測定	白井地区			志津地区			
	1	2	※3	1	2	3	4
深度 2m	2,800	2,400	—	2,600	2,800	3,300	3,200
3m	3,000	3,200	2,400	2,800	2,800	3,000	3,200

測定はハンドオーガーで穿孔し、その孔中に計器(オーム計)を押し込んで測定した。

※白井地区No.3は調査用入口付近で掘削溝内で行った。

「参考」継手部の緊結措置

管理設後、通水に先立ち管路を調査したところ、一部の継手部で胴付間隔のやや大きい箇所があった。

許容拔出し量(47.5mm)に対して十分の余裕は

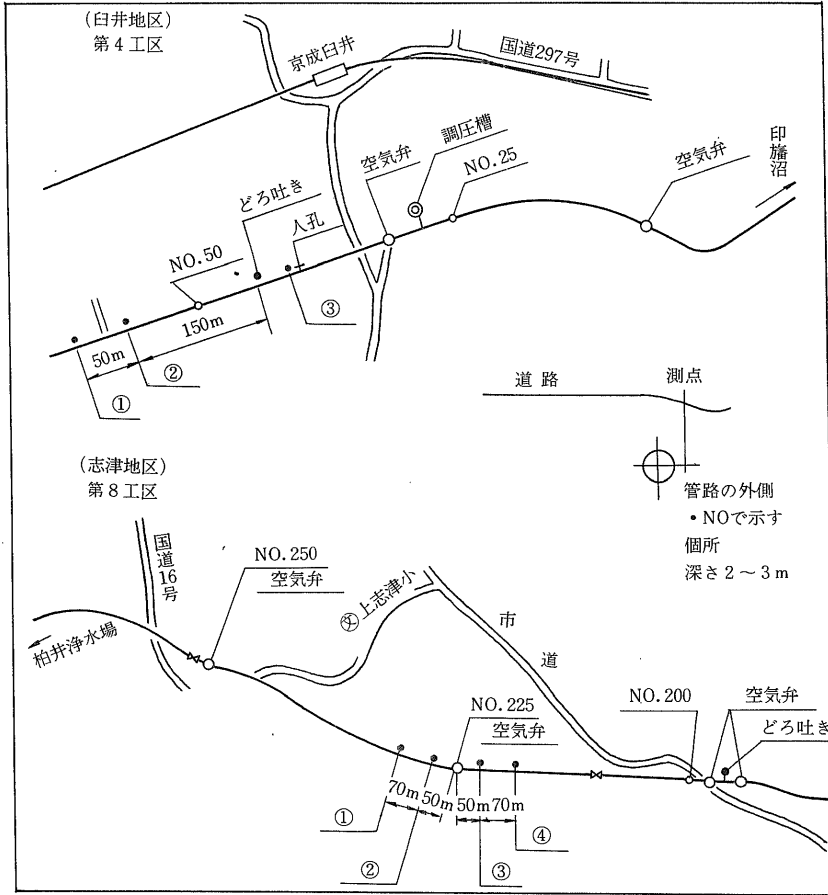
あったが、試験的にこれらの継手を図-15のような方法で緊結し、以後の沈下に対処すると同時に、その効果を確認することとした。

緊結後、約6ヵ月後および約9年後の経過を表-21に示すが、不等沈下が少なく緊結箇所前後での継手部の胴付間隔はほとんど変化していなかった。

また表-5、継手No.2で緊結している。この部分は若干の不等沈下があったが、その前後の継手部で吸収しており、その胴付間隔の変化は最大14.5mmであった。

写真-5に緊結部の状況を示すが、防食用エポキシパテの異状はなく、継手部にかかる力はその前後の管に伝達されていることがわかる。

図-14 比抵抗測定箇所



以上のようなことから、緊結部は予想通りに作用したといえるが、一方このような措置を取らなくても、継手部の拔出し余裕で十分吸収できたといえる。

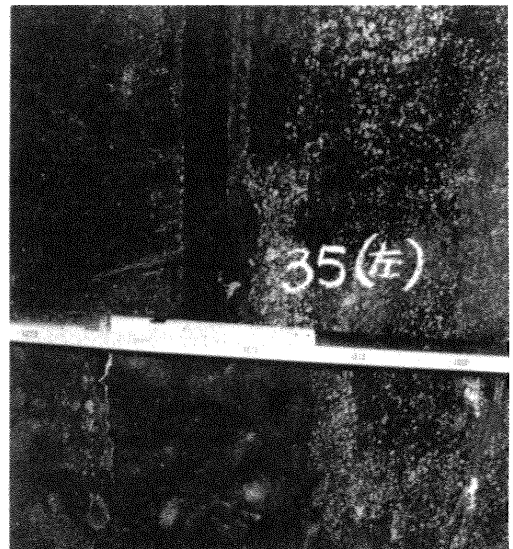
緊結措置は、管継手部の円周数ヵ所に200~250mmのディスタンスピースを図-15のように取付けた。

この場合、まずその部分のライニングを剥がし、ディスタンスピースの孔に合わせて管部に穿孔し、ねじ切りを行い、取付け部分にエポキシパテを付けてボルトを締付け、ディスタンスピースをセットした。

セット後、モルタル部の補修およびディスタンスピース全体の防食のために、全面エポキシパテを塗布した。

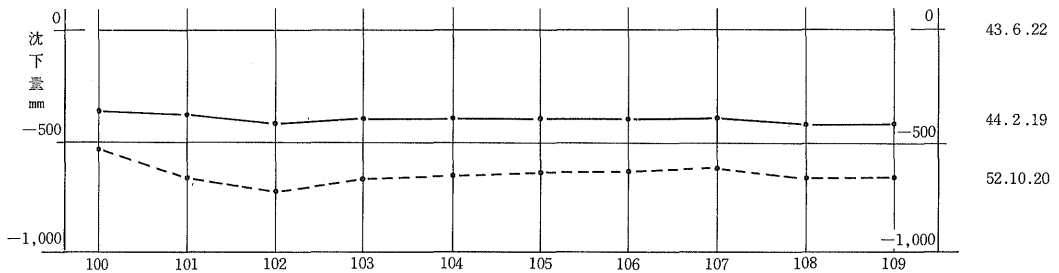
(写真-5)

胴付間隔の比較的大きい箇所を緊結し、通水約9年後の状況。

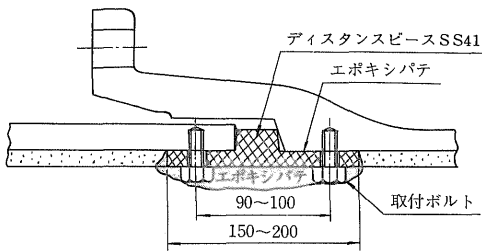


表一 21 胴付間隔緊結箇所前後の測定例 (第 8 工区)

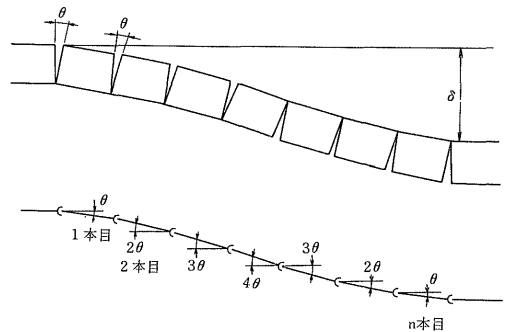
継手NO.	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	測定日
胴付間隔 mm	4 12 + 10 ^s 14 ^s	9 22 + 19 32	10 7 + 13 12	13 29 + 17 34	31 25 ^s + 14 3	35 33 ^s + 9 7	30 35 + 3 ^s 8	32 25 + 9 8 ^s	6 20 + 20 36	1 5 + 11 ^s 16 ^s	44.6.22 (補強)
mm	3 ^s 10 + 9 15 ^s	⊕	4 4 ^s + 12 12 ^s	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	0 19 ^s + 17 ^s 37	1 ^s 4 ^s + 11 14	44.2.19
mm	0 6 ^s + 8 1 ^s	⊕	0 0 + 14 14	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	0 15 + 19 33	0 1 + 11 ^s 12	52.10.20



図一 15 胴付間隔の緊結方法



図一 16 管路の順応性



7. 考察

1 ダクタイトイル管路の沈下と継手の拔出し量 (胴付間隔の変化量)

当該地域の軟弱地盤は谷津田 (後背湿地帯) であり、軟弱層全体の厚さは管路に沿ってゆるやかに変化しており、地盤の沈下量は増加荷重が一定であれば一般に軟弱層厚に比例するので沈下状況は円弧状となり、ダクタイトイル管路は管 1 本 1 本の継手が伸縮継手の役目をして、図一 16 のように地盤沈下に順応していくものと考えられる。

この場合、管路が順応し得る沈下量を次式で求めた。

$$\delta = \ell (2 \tan \theta + 2 \tan 2\theta + 2 \tan 3\theta + \dots)$$

$$+ 2 \tan \frac{n-1}{2} \theta + \tan \frac{n+1}{2} \theta)$$

ここで、

δ : 管路で順応できる沈下量

ℓ : 管 1 本の長さ

θ : 一継手における屈曲角

n : 最大沈下点までの管本数 (奇数)

また、この場合の継手の最大拔出し量は $\frac{n+1}{2}$ 本目の管の継手に発生し、次式で求められる。

$$S = \frac{1}{2} \ell (\sec \frac{n+1}{2} \theta - 1) + \frac{1}{2} D_2 \sin \theta$$

ここで、

S：継手の最大拔出し量（胴付変化量の最大値）

D_2 ：管外径

いま地層断面図から軟弱層厚が漸次増加している区間の距離を約45mとして、この区間で管路が順応し得る沈下量および継手の拔出し量を下式で求めた。

$$\delta = \ell (2 \tan \theta + 2 \tan 2\theta + 2 \tan 3\theta + 2 \tan 4\theta + 2 \tan 5\theta + \tan 6\theta)$$

$$S = \frac{1}{2} \ell (\sec 6\theta - 1) + \frac{1}{2} D_2 \sin \theta$$

ここで、管長 $\ell = 4,000\text{mm}$ 、外径 $D_2 = 1,848\text{mm}$ 、一継手の屈曲角 $\theta = 30'$ 、 1° 、 $1^\circ 30'$ とすると、表-22のようになった。

表-22 継手の曲り角度と沈下量

一継手の屈曲角 θ°	30'	1°	1°30'
順応可能な沈下量 δ mm	1,260	2,520	3,790
継手の最大拔出し量 S mm	11	27	49

一方、口径1,800mm K形継手の許容屈曲角は1°30'であり、一継手の拔出し余裕量は95mmであるので、予想以上の沈下が発生してもダクタイル管路は十分吸収するものと判断した。

以下に、今回の調査結果のうちから継手の胴付間隔の変化および管路の沈下量について考察する。

2 胴付間隔の変化

地盤の沈下（管路の沈下）の進行とともに胴付間隔も変動しているが、かならずしも沈下量に比例してはならず、継手部が開く傾向を示したり、あるいは閉じる傾向を示したりしているが、測定結果の項でも述べてあるが、管底の軟弱地盤層厚がなだらかに深くなっているような地盤で胴付間隔の変化はあまりなく、10mm以下で予想以下の数値であったといえる。

これは、管理設時にある程度の蛇行がありそれが管路の沈下（管路長の伸びることになる）によって、むしろ是正されるような形となり、継手部の開きがむしろ（-）になるところも出たのではないかと考えられる。

各工区間の胴付間隔の合計を上、下、左、右、それぞれに分けて合計し、各測定時ごと

に比較したものを表-23に示すが、沈下量の割には継手部は伸びておらず、むしろ縮んだ部分もあり、ダクタイル管継手の特長が現われている。

表-23 胴付間隔の各測定日での合計例
第8工区継手 No. 1～No. 53

測定日 区分	43. 6 .22 通水前	44. 2 .19 約8ヵ月後	52.10.20 約9ヵ年後
上	401	388	429
右	479 ⁵	463 ⁵	464 ⁵
下	466	443	441 ⁵
左	362 ⁵	337 ⁵	354

第8工区継手 No. 54～No. 120

上	871 ⁵	806 ⁵	788 ⁵
右	863	797	818
下	807 ⁵	772 ⁵	776
左	834 ⁵	787 ⁵	780 ⁵

第9工区継手 No. 2～No. 59

上	365	315	261
右	390	307	225
下	373	323	225
左	380	315	201

また、地盤改良を行わなかった第4工区についても同じように、地盤沈下に順応しており継手部に異状はなかった。

3 沈下量

沈下の傾向は、管底の軟弱地盤層厚および盛土高によって変化するが、実測値と理論値について比較すると、次のようになる。

沈下量の計算

(イ) 計算式

$$S = m_v \cdot \Delta P \cdot H$$

ここで、

S：沈下量

ΔP ：増加荷重

m_v ：土の体積変化率

H：層厚

$$\Delta P = I_\sigma \cdot \Delta W$$

I_σ ：深度による影響値

ΔW ：管底（または盛土面）での増加荷重

(ロ) 計算（測点No. 219について考える）

$$\text{管と同容積の掘削土の重量} = \frac{\pi}{4} D_2^2 \times \gamma =$$

$$2.68 \times 1.25 = 3.35 \text{ t/m}$$

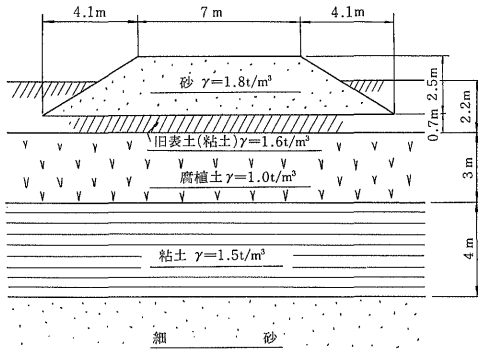
掘削土は粘土 ($\gamma = 1.5$) と腐植土 ($\gamma = 1.0$) が層状になっているとして1.25とした。

管の重量 (口径1,800 T=24、ライニング t=15) = 0.86t/m + 2.54t/m = 3.4t/m

以上の結果、管重量による増加荷重はほとんどないと考えられるので、盛土あるいは埋戻土による増加荷重による沈下量が管路の沈下量(地盤の沈下量)となる。

図-17のように盛土が約1.5m沈下した時点から管理設を行ったので、以後の盛土道路の沈下量を計算する。

図-17 沈下量計算



各層の中央部における先行荷重 P_o は、

$$\text{腐植土 } P_o(Pt) = 0.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{粘土 } P_o(C\ell) = 0.31 \text{ kg/cm}^2$$

となっており、盛土前の各層中央の地中応力 (γh) は、地下水位を地表面にとると、

$$\begin{aligned} \text{腐植土 } \gamma h(Pt) &= (1.6 - 1.0) \times 2.2 + \\ & (1.0 - 1.0) \times \frac{3}{2} = 1.32 \text{ t/m}^2 = \\ & 0.132 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{粘土 } \gamma h(C\ell) &= 1.32 + (1.0 - 1.0) \times 3 \\ & + (1.5 - 1.0) \times \frac{4}{2} = 2.32 \text{ t/m}^2 = \\ & 0.232 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

となる。

したがって、この地盤は過圧密を受けた地盤と考えられる。

盛土による増加荷重 ΔP は、次のようになる。

$$\Delta P = 1.8 \times 2.5 = 4.5 \text{ t/m}^2 = 0.45 \text{ kg/cm}^2$$

地中に伝播する応力は、Osterbergの影響線図による影響値 I を用いて求められる。

これらから求められた各々の増加荷重を

ΔP_{Pt} 、 $\Delta P_{C\ell}$ とすれば、

$$\Delta P_{Pt} = 0.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{C\ell} = 0.80 \times 0.45 = 0.36 \text{ kg/cm}^2$$

となる。

γh と P_o の間の増加荷重を ΔP_1 、 P_o と ΔP の間の増加荷重を ΔP_2 とすると、

$$\begin{aligned} \Delta P_1(Pt) &= 0.33 - 0.132 = 0.198 \rightarrow \\ & 0.20 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta P_2(Pt) = 0.45 - 0.20 = 0.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_1(C\ell) &= 0.31 - 0.132 = 0.178 \rightarrow \\ & 0.18 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta P_2(C\ell) = 0.36 - 0.18 = 0.18 \text{ kg/cm}^2$$

となる。

m_v は、各増加荷重の中央値に対応する値を使用するので、 $\Delta \bar{P}_1$ 、 $\Delta \bar{P}_2$ は次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P}_1(Pt) &= \gamma h(Pt) + \frac{\Delta P_1(Pt)}{2} = 0.132 \\ & + \frac{0.20}{2} = 0.232 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P}_2(Pt) &= P_o(Pt) + \frac{\Delta P_2(Pt)}{2} = 0.33 + \\ & \frac{0.25}{2} = 0.455 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P}_1(C\ell) &= \gamma h(C\ell) + \frac{\Delta P_1(C\ell)}{2} = 0.132 \\ & + \frac{0.18}{2} = 0.222 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P}_2(C\ell) &= P_o(C\ell) + \frac{\Delta P_2(C\ell)}{2} = 0.31 + \\ & \frac{0.18}{2} = 0.400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$\Delta \bar{P}_1$ 、 $\Delta \bar{P}_2$ に対応する m_v は、

$$m_{v_1}(Pt) = 0.60 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$m_{v_2}(Pt) = 0.55 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$m_{v_1}(C\ell) = 0.27 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$m_{v_2}(C\ell) = 0.27 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

となる。

したがって、沈下量は、

$$\begin{aligned} S_1(Pt) &= m_{v_1}(Pt) \cdot \Delta P_1(Pt) \cdot H(Pt) \\ &= 0.60 \times 0.20 \times 300 = 36 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$S_2(Pt) = 0.55 \times 0.25 \times 300 = 41.3 \text{ cm}$$

$$S_1(C\ell) = 0.27 \times 0.18 \times 400 = 19.4 \text{ cm}$$

$$S_2(C\ell) = 0.27 \times 0.18 \times 400 = 19.4 \text{ cm}$$

となり、全沈下量は計算上 116.1cm となる。

一方管路の沈下量は約 1m であり(表-19、No. 219 参照)、予想量とほとんど一致した。

8. あとがき

以上、調査結果で考察したように、計画時に論議された数々の問題点が通水後10年目の調査により明らかとなった。

当該路線には軟弱地盤が多く、サンドドレーン工法やサンドコンパクション工法を採用したが、通水日が定められており、用地買収などの関係で工期が短かく、特にサンドドレーン施工箇所は地盤の圧密が終了するのを待たず管理設工事を行わねばならなかった。

そのため、管理設後2年の間に地盤は約1mの不等沈下をおこし今日にいたっているがダクタイトイル管路は全体が円弧状となり、継手部の抜出しはほぼ均等に、しかも予想よりは少なく15mm以内であり、K形継手の特性である可とう性によって地盤の不等沈下に順応していることが明らかとなり、ダクタイトイル管の軟弱地盤における適性が証明された。

ちなみに、管理設工事前仮設道路の構築開始からの沈下量は2~2.5mの部分もあり、事

前調査段階での予想沈下量の約2~2.5倍となった。

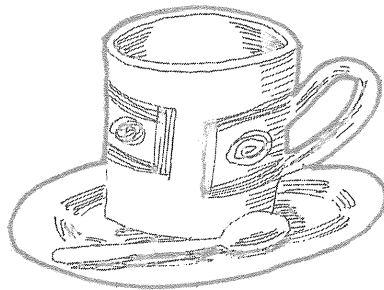
本例のごとく軟弱地盤に管理設を行い、このうえが将来一般に開放される道路となる場合は十分な安全率を見込んでおく必要があると思われる。

また、サーチャージによる強制圧密は、管理設より少なくとも1年以上前に行っておくのが望ましいと思われる。

一方、管理設に際しては、管底1mを砂で置き換え、管頂まで山砂で埋戻しを行い、地耐力の増加をはかり不等沈下に対処したが、このことはまた管周囲の土壌の比抵抗を上げ防食に役立ったと考えている。

それは今回の調査によって、ボルトや管外面がほとんど腐食されていないことから確認されている。

また、この10年間の使用にもかかわらず内面セメントライニングも異状はなく、切管端面の腐食などについてもなんら不安がないことが確認された。



U形ダクタイトイル管の 長スパン推進工事



高知市水道局建設課第2技術係長

中 司 国 夫

1. はじめに

高知市水道局では、昭和43年度より第4期拡張事業を進めているが、その中の口径1,200mm送水本管布設工事のうち、一部区間において中押工法による「U形ダクタイトイル管の長スパン推進工法」を採用したので、その内容について報告する。

当工事は、送水幹線のうち高知市朝倉若草町において計画路線に接して店舗・養護学校などがあり、道路幅員が4～5mと狭く、輻輳する地下埋設物（上水道配水管、電々公社地下ケーブル）などがあって開削工事が困難であり、またほかに適当な回路がなく、車両の通行止めができない状況下であり、これらの条件下で検討をした結果、総延長468m

を2スパンに分け、第8工区(230m)、第9工区(229m)として中間スリーブ管(中押し)を用いた同推進工法により施工することとした。

2. 工事概要

ここでは第9工区の概要を示す。

- (1)口径1,200mm U形ダクタイトイル管による延長229mの推進工事。
- (2)発進坑の構築および推進付帯設備。
- (3)補助工法（地下水水質管理、地盤改良のための薬液注入工事、滑材注入工事、換気設備、排水設備）
- (4)計測内容および観測項目概要（推力、水平鉛直方向の変位、胴付寸法、タイムスターディ、切羽の状況、水質試験、PH測定、換気、地下水位、湧水量、薬液注入量）

図-1 平面図

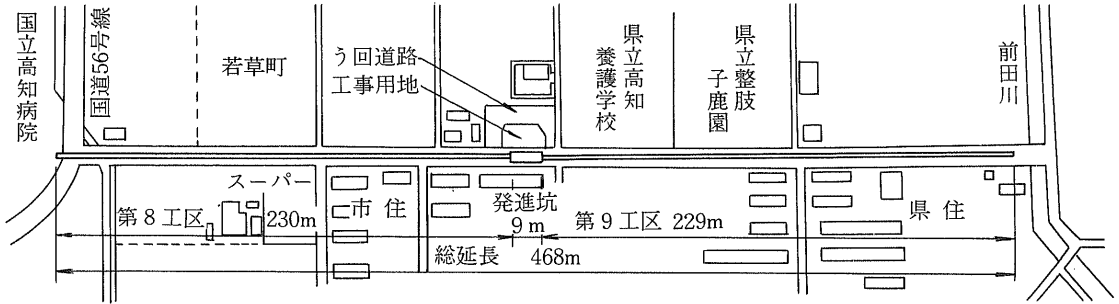
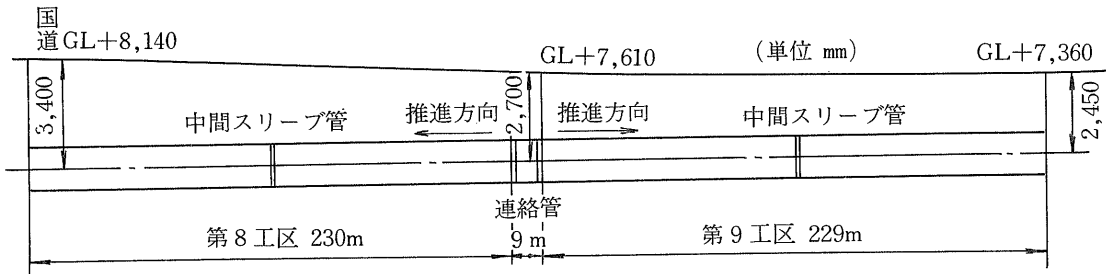


図-2 断面図

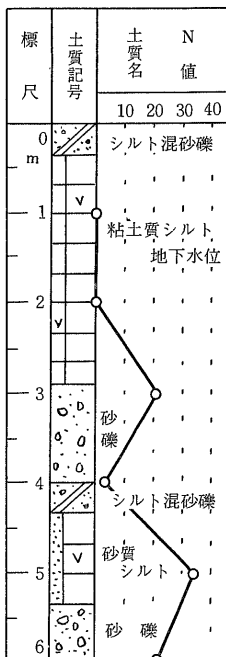


3. 推進工事

1. 地形および土質

四国外帯の土佐湾にあって、高知平野の西

図-3 地質柱状図



部を東西に延びる盆地状平坦地で、地形としては中小河川の合作による複合三角州となっている。地質としてはベルム紀の高岡層に属し、上層は鏡川の流送土砂が堆積してできた地形で、図-3に示す砂礫層、泥質土（シルト質）などからなっている。なお、当工事区間は鏡川の南部にあたり、堆積砂礫層には同河川の伏流水が滞留し、地下水位が高く、かつその量が非常に多い場所であるため止水、切羽の自立、地盤安定のため全断面に薬液注入を行い施工した。

2. 工法の検討および中押し工法の採用

開削工法で布設することは、前述の条件から至難な状況下であり、このため幹線ルート内において口径1,200mm U形ダクタイトル鉄管の推進工事の実績(L 50m-2本、L 90~120m-3本)と、今回中間スリーブ管を使ったU形ダクタイトル鉄管の中間ジャッキ工法の開発と併せ、作業空間を最大に執るための中間ジャッキおよび設置位置の工夫によりこれを採用し、長スパン229mの推進を可能とした。

3. 推力の検討

推進工法においては、推進延長が長くなる

につれ管周面摩擦抵抗が増加して、ジャッキの必要とする推力が増大し、したがって推進管の必要とする管軸方向強度も大きくなる。推進可能延長は、これらの要素と施工現場の諸条件によって定まり、その推力は次式にて計算される。

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

P : 推力……t

P₁ : 刃口の先端抵抗力

$$\pi D_2 + \gamma \left(H + \frac{D_2}{2} \right) \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

P₂ : 管の周面摩擦抵抗力

$$\frac{1}{2} \pi D_2 \mu \left\{ W + \frac{1}{2} (W_1 + W_2) \right\} \times L$$

P₃ : 管の自重による摩擦抵抗力

$$\frac{1}{4} \pi W g \mu L$$

設計条件

管種……U-3

管外径……D₂ = 1,362mm

土被り……H = 2.0m

土質……礫混り砂

土の内部摩擦角……φ = 30°

摩擦係数……0.4

W・W₁・W₂……管に作用する土圧 t/m²

Wg……管の単位長さ当りの重量

1.12 t/m

L……推進延長 229m

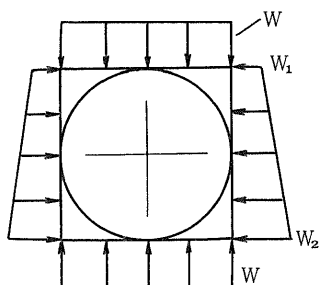
管に働く土圧分布を図-4の通りとして計算する。

W : 垂直土圧 = γH

土被りが浅いので土被り全部がゆるむものとする。

W₁ : 側土圧 (管頂側) = CγH

図-4 土圧分布



$$C = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

W₂ : 側土圧 (管底側) = Cγ(H + D₂)

なお先導管は、セミシールド工法用のものを用いたので刃口抵抗は考えない。故に必要な

$$\text{推力 } P = \left[\frac{\pi}{2} D_2 \mu \left\{ W + \frac{1}{2} (W_1 + W_2) \right\} + \frac{\pi}{4} W g \mu \right] L$$

$$P = \frac{\pi}{2} \times 1,326 \times 0.4 \left\{ 3.6 + \frac{1}{2} (1.2 + 2.02) \right\}$$

$$\times 229 + \frac{\pi}{4} \times 1.12 \times 0.4 \times 229$$

$$= 1.102 \text{ t}$$

で推進長さ 229m の場合、推定推力が 1,102 トンとなり、推進用 U 形管の許容抵抗力 920 トン (補強リブ使用) では不足となる。対応策として中押工法による中間スリーブ管を検討する。

中間スリーブ管は、管内にセットする中間ジャッキの必要推力、取付個数、ズリ出し作業性などを考慮し、100 トンジャッキを 6 台取付ける。したがって 600 トンとなるが、余裕を見て 450 トンで設計した。

中間スリーブ管の挿入位置、L は

$$L = \frac{P}{\frac{\pi}{2} D_2 \mu \left\{ W + \frac{1}{2} (W_1 + W_2) \right\} + \frac{\pi}{4} W g \mu}$$

$$= \frac{450}{\frac{\pi}{2} \times 1,362 \times 0.4 \left\{ 3.6 + \frac{1}{2} (1.2 + 2.02) \right\}}$$

$$+ \frac{\pi}{4} \times 1.12 \times 0.4$$

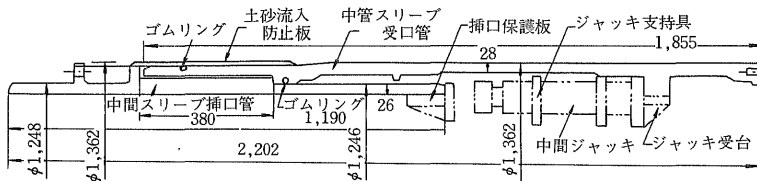
$$= 93.5 \text{ m}$$

この結果、中間スリーブ管は先導管から 95 m の位置に挿入することにした。残りの 134 m については 645 トンとなり、許容抵抗力内に入る。なお、地質の変化、初期推力の上昇などを考慮し、滑材の注入を行うこととした。

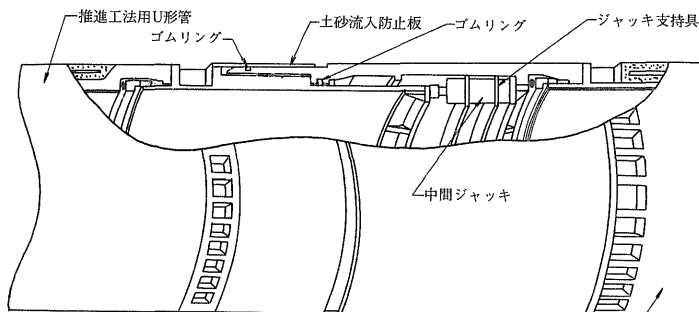
4. 中間スリーブ管の構造

図-5 に示すように、中間スリーブ管は挿口管と受口管とからなり、これを接合して使用する。中間ジャッキは受口管の内部にセットし、また土砂の流入防止と止水については土砂流入防止板を取付け、受口管に内挿した 2 個の O リングで防止する構造とし、推進工

図-5 中間スリーブ管の構造



中間ジャッキを作動していない時



推進方向

推進完了後挿口管と受口管とを接合させる

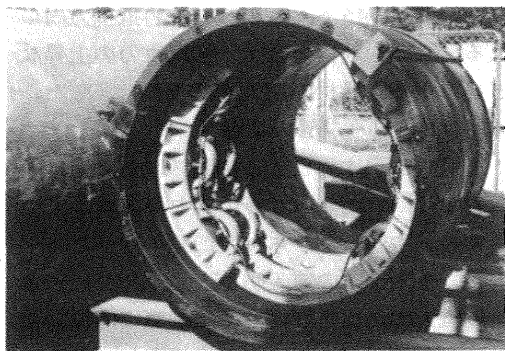
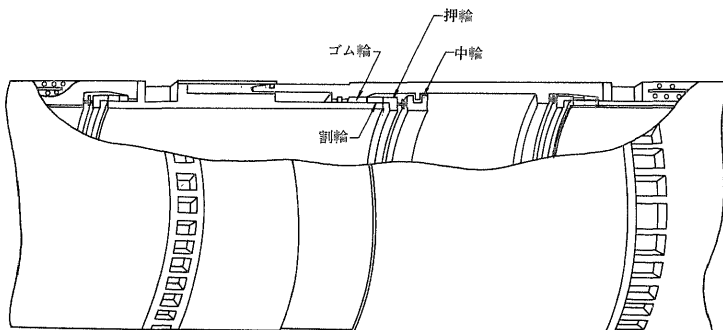


写真-1 中間スリーブ管の構造

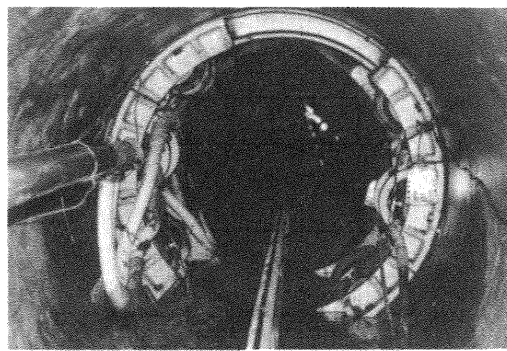


写真-2 推進管内部(中間スリーブ)

事完了後は中間ジャッキ、挿口保護板、ジャッキ支持具、ジャッキ受台を撤去し、挿口管と受口管をU形継手にて接合し、管路の一部として使用できる構造となっている。

4. 施 工

1. 発進堅坑

総延長468mの中間位置に幅2.6m、長さ9.0m、深さ4.0mの堅坑を設け、バックコンクリートの打替えにより、両工区発進堅坑とした。

2. 主要機器

推進に使用した主な機器の概要は次の通りである。

元押ジャッキ	800t (200t×4台 ストローク 500mm)
中間ジャッキ	600t (100t×6台 ストローク 300mm)
方向制御ジャッキ	刃口240t (30t×8台 ストローク 60mm)
分散制御装置	720kg/cm ² ×7.5kw1式
U形スパーサー	口径 1,200mm用×6 m 1セット
換気装置	リングブロワ 3.7kw 2台
橋形クレーン	10t吊り 2t吊り 1式

3. 推 進

管の推進は刃口を先導管の挿口に取付け、元押ジャッキ、中間ジャッキを操作し、刃口を地中にくい込ませながら崩れ落ちた土砂を地上に搬出する方法で行った。

4. 切羽の土質

推進長90mまでは砂礫が主体であったが、その後229mまでは順次粘性土へと変化した。なお、湧水量は0.15m³/分で作業には支障がない程度に薬注効果があった。

5. 中間スリーブ管の挿入位置および作動

中間ジャッキは、原則的には元押ジャッキ推力がU形ダクタイトイル推進管の許容抵抗値の80%くらいを目途に作動させる。本計画では圧入状況（周面摩擦抵抗力の増減と支圧壁の強度などを測定する）により96mの位置に挿

入し、118mから中間ジャッキを作動させた。

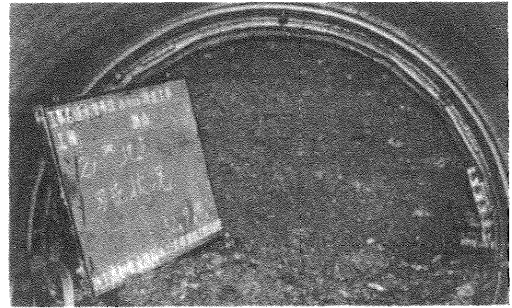


写真-3 切羽の土質



写真-4 切羽の土質

6. ズリ出し

中間スリーブ管挿入後は電動式モノレール台車にて搬出を行い、ズリ出し時間を大幅に短縮した。(ズリ出し時間往復13~15分/210m)

7. 油圧装置

中間ジャッキ(100t×6台)を用い、1ストローク300mm作動後、自動的にジャッキを引き、続いて元押ジャッキ(200t×4台)が同ストローク作動するように2つの油圧ユニット(分散集中制御装置……720kg/cm²)を連結させ使用した。

8. 地盤改良

推進管路の全断面については薬液注入(水ガラス系LW形)を行い、地盤改良に努めた。特に地下水への影響を配慮した水質検査、PH観測を十分に行った。

(注) 「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針」

昭和49年7月10日付、建設省官技発第160号

「薬液注入工法の管理について」

昭和52年4月21日付、建設省官技発第157号

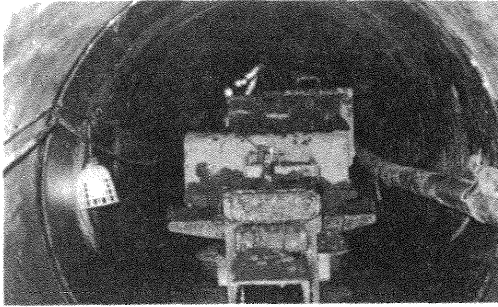


写真-5 ズリ出し

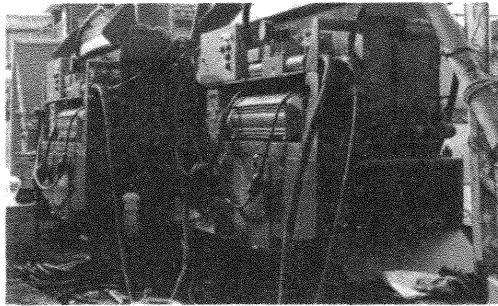


写真-6 油圧装置(分散制御装置)



写真-7 地盤改良

「薬液注入工法の管理に関する通達の運用について」
 昭和52年4月21日付、建設省官技発第158号

9. 軌道偏位測定

推進管の偏位(水平、鉛直方向)については管1本ごとに測定し、その状況により刃口に取付けた手動ジャッキを用いて刃口の方向修正を行い、常に計画線から大きく離脱しないよう注意した。

4. 結果

図-6、7、8に推進工事結果を示した。

図-6 推進長と推力の関係

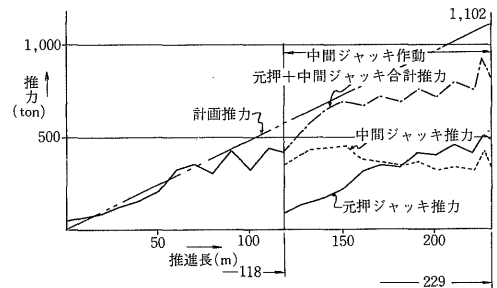


図-7 推進長と鉛直・水平方向偏位

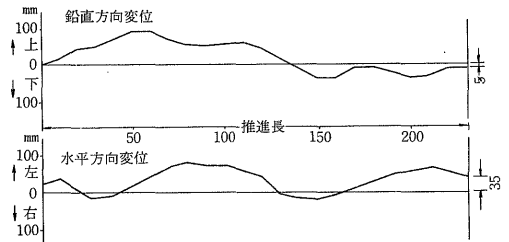
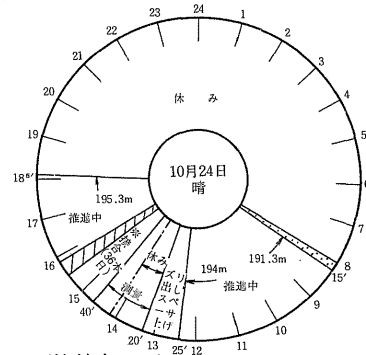


図-8 推進作業時間(1日の作業工程)



- ※ U形管接合 50分
- 内面接合 2人
- 外面接合 1人
- ≡ レール等部品接合 20分
- ※ 酸素濃度測定 15分
- 推進時間 6時間15分
- 推進延長 4m
- なお、平均推進延長 4m/日(接合・ズリ出し含む)
- 平均実働時間 9時間/日
- ズリ出し時間 55分

推力について見れば、最大推力は910トン(元押ジャッキ+中押ジャッキ推力)で計算上の数値に対して約20%程度低い値におさまった。このことは滑材(ベントナイト)の効果で周面摩擦抵抗力が減少したものと考えられる。

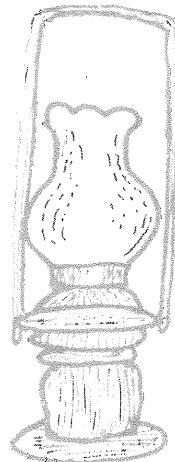
偏位は最大水平方向80mm(82m地点)、鉛直方向95mm(54m地点)となったが、到達抗地点での偏位はそれぞれ35mm左へ、5mm下方となり、推進精度として非常によい結果となった。

中間ジャッキの作動は推進延長118m地点から開始し、終点229mまで順調に使用できた。推進実日数57日、1日平均4mとなる。

5. おわりに

このたびの中押工法による「U形ダクタイトイル管の長スパン推進工事」は、はじめてであったが、中間ジャッキの作動、ズリ出しのスピード化、推進精度、中間スリーブの接合、工期の短縮などいずれも順調に竣工した。

今後ますます長スパン化に移行するものと推察され、この施工技術が少しでも役立てば幸いと願うものである。



技術レポート ③

松江市の口径700mm S形ダクタイル鉄管の採用について



松江市企業管理者企業局長

山 一 義

1. はじめに

松江市は1610年(慶長15年)に堀尾氏が松江城を築き松江と称してから城下町として発足し、今日では人口13万人を擁するにいたっている。

この間、国際文化観光都市、中規模地方開発都市、中海地区新産業都市の指定を受け、名実ともに山陰地方の政治、経済、文化の中心として発展を続けてきた。

松江市は島根県の東部に位置しており、北は島根半島に接し、東は中海に、西は宍道湖に抱かれ、南は背後に中国山脈系の起伏した丘陵地帯に囲まれている。

また市街地は、宍道湖から中海に通ずる川幅160mあまりの大橋川により南と北の区域に完全に分割されている。

市街地の地質は第3紀層が摺曲してできた島根半島と、本陸との間の大陥没地帯により生じた宍道低湿地帯の東縁にあって、厚さ最

大20mあまりからなる沖積層を持って構成されている。

この沖積層は有機物に富む泥がち堆積物を主とし、最上部にレンズ状の形態をなして砂層の薄層が挟まれている。

松江市は地形的から周辺に大きな河川がなく、地質的には地下水に恵まれず、したがって水源としては市街地の南方にある小河川から取水している容量132万7,000 m^3 と37万8,000 m^3 の2つのダムから3万 m^3 /日、市街地北方の農業用溜池から3,000 m^3 /日のほか、県営水道から1万 m^3 /日を受水して合計4万3,000 m^3 /日の給水能力を有しているが、ダムの流域面積が狭少のため、昭和48年の異常渇水の際には134日間におよぶ給水制限を余儀なくさせられた。

もとより新水源開発は、市政の重点施策として意を注いできたが、適地がなく苦慮していたところ、昭和49年に松江市ほか1市2町を対象とした県営水道の拡張が計画され、新し

く日量2万7,000m³の受水が決定したので、昭和55年4月の通水を目途に第10次拡張事業を立案、昭和50年から鋭意施行中である。

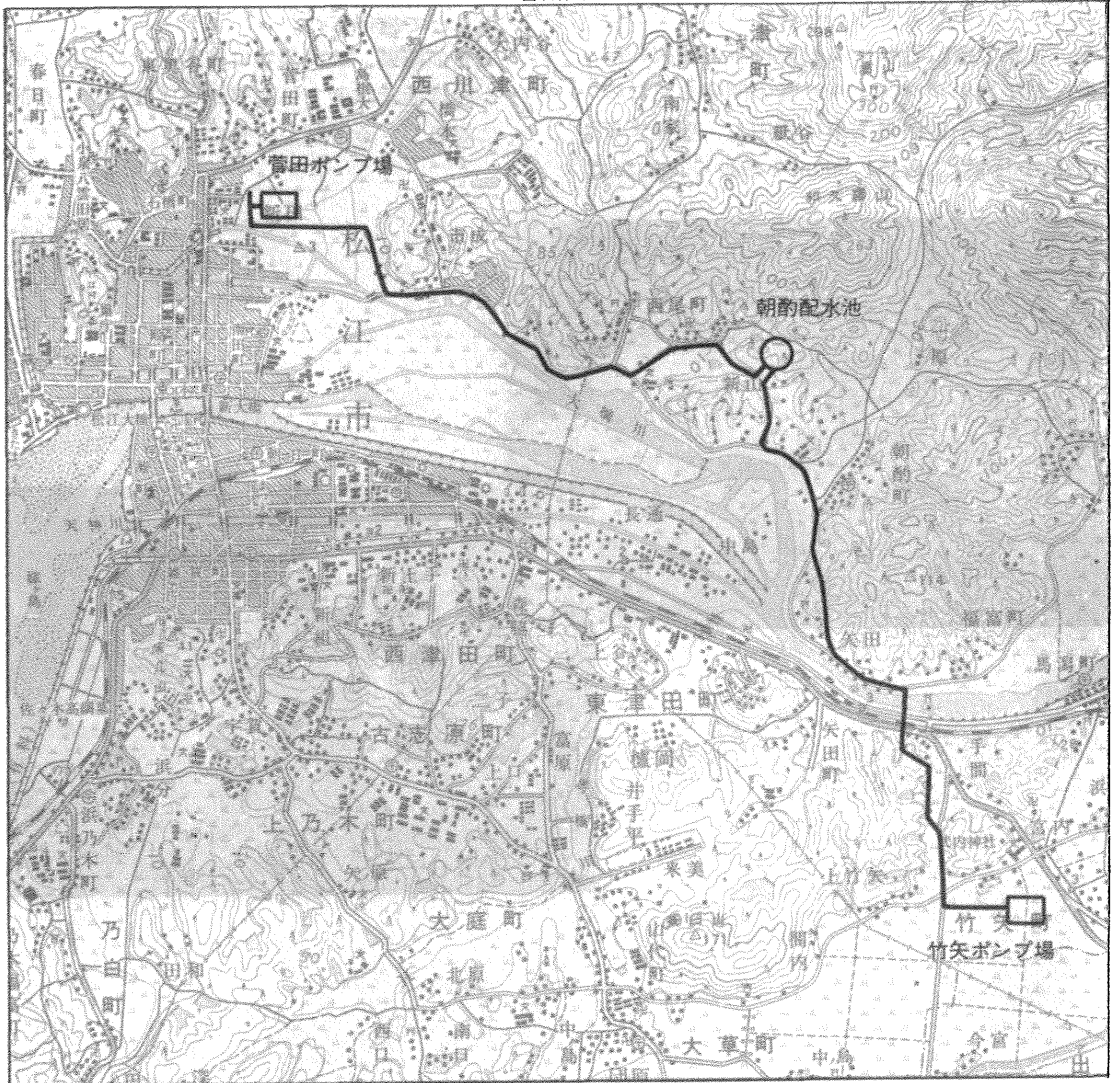
今回計画した第10次拡張工事は、近年クローズアップした震災に対して十分対応できるよう考慮をし、特に送水管(口径700mm)および配水幹線(口径700~600mm)については耐震継手のS形ダクタイトイル管を採用した。

S形ダクタイトイル管採用にあたって技術的諸問題は、すでに先進各都市から幾多の発表があるのでこの点を除いて、松江市が今回S形ダクタイトイル管を使用するにいたった経過について述べる。

2. S形ダクタイトイル鉄管路の概要

管路は図(5万分の1)に示しているように市の南部にある県営水道受水地点の竹矢ポンプ場から市の北部に設ける朝酌配水池まで口径700mm管、延長約4,300m(大橋川横断は別に口径800mm鋼管、延長300mを川底にシールド工法で横断)と、朝酌配水池から北部の市街地にある菅田ポンプ場まで口径700mm管、延長約3,200mおよび口径600mm管、延長約1,200mの総延長約8,700mを布設し、竹矢ポンプ場から市街地の北部に日量2万7,000m³を給水する幹線とした。

管路図



3. S形ダクタイル鉄管採用の経過

前に述べたように、松江市の水源の93%は市の南部にあり、一旦地震がおきた場合は市街地を二分している大橋川にかかっている橋に添架の配水幹線と橋は戦前のものであり、これらの破壊は当然考えられ、市街地北部の緊急給水と復旧は容易でなくかねてから懸念をしていた。

また地震予知の戦略論として、近い将来地震のおこる可能性がほかより高いと考えられるような地域に対して「地震予知連絡会」の「観測段階指定規準小委員会」で、島根県東部がM=7.0の特定地域として全国6ヵ所のうちに指定され地震対策の急務を痛感していたところ、各界の権威者による耐震継手の研究の結果、先年S形ダクタイル鉄管の開発を見たので今回実施中の拡張工事に使用し、現在まで口径700mm管、延長1,800mを布設してきた。

この幹線管路が完成すると管内に約3,300m³の貯水ができる。

震災時に他の施設や管路に被害が生じてもこの管内の貯水により計画給水人口11万8,000人に1人1日3ℓの飲用水を約10日間給水が可能と考えている。

4. 工事の施行

工事は実施前に鉄管メーカーに依頼し、水道部職員と地元業者に対し耐震継手の理論と構造および配管実技の講習を受けた。

工事は地元業者の技術向上をはかる意味から地元業者に発注しており、一定期間鉄管メーカーから技能者の派遣を求め技能者の指導のもとで施行した。

その結果、請負業者は技術を十分取得でき今後は地元業者でS形ダクタイル鉄管の布設に対処できる体制ができた。



〈座談会〉

低経済成長下の 首都圏水道事業を語る

出席者(発言順・敬称略)

中川 義徳 / 東京都水道局技監

金田 康二 / 横浜市水道局専任主幹水道技術管理者

岩尾 正満 / 川崎市水道局長

藤城 弘之 / 千葉県水道局技術部長

小野 久彦 / 埼玉県企業局技監兼水道部長

(司会) 國分 正也 / 日本ダクタイル鉄管協会理事長

長谷川 弘 / 日本ダクタイル鉄管協会関東支部長

國分 本日はみなさま方にはご多忙の中、お集まりくださりましてありがとうございます。

今日の座談会は「低経済成長下の首都圏水道事業を語る」と題しましたが、この頃停滞気味なそれぞれの水道事業の現状なり、これからの見通しなどにつきまして、お気軽にお話しただければと思います。

最初の話題として、石油ショック以降の水需要の状況についてお伺いしたいと思っております。かつては、どこまで伸びていくかわからないほどに水需要の増大があったわけですが、例の石油ショック以来、経済成長がとどまると同時に水需要の方もストップしてしまっただけという状況にあります。この4年間の需要の状況、今後それがどのように変わっていく

のか、その見通しについては非常にむづかしい点もあろうかと思いますが、まず東京都の中川さんからご発言いただきたいと思っております。

ようやく水需要増加の傾向へ

中川 戦前、東京都の水道の給水量は、日量100万トンほどだったのですが、昭和40年には約4倍の1日最大給水量378万トンにもなりました。その後、高度経済成長が続くとともに水需要もどんどん増え、48年には1日最大給水量567万トンの記録を作るまでになりました。ところが、石油ショックによる経済成長の鈍化などに伴い、その後はほとんど横ばいに近い線に推移するようになり、現在にいたっています。特に51年は気候の関係もあっ

たようで、落ち込みましたが、52年になってまた伸びてきております。

横パイの原因はいうまでもなく、石油ショックによる経済の低迷が影響していると思われませんが、それ以外に47年から48年までの利根川渇水を契機として、将来の水資源は有限であり、しかもダムの開発が進まないということで、東京都が全国に先がけて打ち出した需要抑制策が深く浸透してきていることも上げられるかと思えます。しかし今後の需要動向を考えます時、やはり需要量は増加していくものと考えられます。

その原因を考えて見ますと、まず生活用水と都市活動用水とに大きく分けられますが、生活用水については下水道の普及がまだ十分でないので、今後水洗化が進むことにより、少なくとも水洗化人口1人当り30ℓは増えると思われれます。また公衆浴場が減るとともに自家風呂が増加しつつありますので、その影響も1人当りの使用量を増加させることとなります。

そのほかの要因としては核家族化という問題もあります。戦前の大家族制度が法律的にも実態的にも崩れてしまい、東京では現在1戸当りの平均家族構成数は3人ほどのようですが、今後まだ核家族化は進んでいくと思われ、それによって1人当りの使用水量は増えまた生活様式の向上による水量増が非常に大きいと思えます。昨今の生活様式の中での入浴を考えて見ても、従来は燃料費が高くつくというか、苦しい時代の節約観念というものがあって、それほどひん繁には入浴しなかったわけですが、生活が向上して毎日入浴するようになると、それはもう入浴しないではいられない習性になって、その回数が増えていく……。洗たくにしてもそうです。いままでは下着を3日に一度取替えていたものを清潔で気持ちいいので毎日取替えるようになります。当然、洗たく回数も増えてくるわけです。

このように、ある程度衛生面の向上という基本的なこともあると思いますが、そのような生活水準の向上で増えるものが、東京の過去のデータによると40年代では毎年1人当



中川 義徳氏

り1日8ℓぐらいずつ増えていました。今後ある程度の鈍化はあっても、まだまだ伸びていくであろうと考えられます。

また都の場合、区部は過密状態になっていますので、人口が横パイもしくは減少気味ですが、多摩地区はまだ人口増が続いていますので、今後多摩地区の人口増による水需要の増加が考えられます。

都市活動用水については、日本の首都ということでビルとか公共施設、あるいは営業的な施設が今後とも増えることはあっても減るようなことは考えられません。昼間人口もどんどん増えていますし、都市活動用水も増えていくと見なければならぬでしょう。

またいままで安くてよい水だということで地下水がよく使われていましたが、地盤沈下対策のために江東地区、城北地区は工業用の地下水の汲み上げ規制を受けています。ビル用水についても、ビル用水規制法が強化されてきて、区部では地下水を汲まないで水道への転換をしなければなりませんし、その他の地区につきましても公害防止条例で工場用、ビル用の井戸の新設は禁じられています。また既設分についても循環利用をするなど、地

下水汲み上げを減らすよう行政指導が行われていますので、地下水から河川水の水道を利用するよう転換が進められています。

以上のことを考えて見ますと、水道の需要量はここ数年間は横バイだからといっても一時的な現象で、長期的に見ればまだまだ増加する基調にあると思います。計算の仕方はいろいろ考えられますが、こんなところが妥当ではないかという線で推定して見ると、52年の1日最大が616万トン記録しましたが、60年には810万トンほどになると考えておかなければいけないという予想をしています。ですから、水需要が増える対策の仕事をまだまだやっていかなければならない状況にあります。

國分 私にとっては大変懐かしいお話を聞かせていただきましてありがとうございます。

それでは最近特に人口の増加が著しく、大阪市に追いつくとかわれております横浜市さんの方はいかがでしょうか。

金田 いま東京都の中川技監からお話がありましたように、横浜市においても石油ショックの影響で昭和49年にはじめて前年度の配水量を下回りました。参考までに数字を申し上げますと、48年の1日最大配水量は133万2,000トンだったのが、49年には131万5,000トンと前年度をやや下回る状態になっています。

従来、横浜市は東京のベッドタウンという性格もあり、人口が非常に急増してまいりまして、38年から石油ショックがおこる48年までの10年間に平均1日最大で6万トンほど増えていました。それが49年の時点で前年度を下回る状況になりましたが、50年、51年、52年では1日最大で前年比3万トン、52年は51年に対して5万トンと、従来ほどの伸びはありませんけれど、低成長時代に合ったように相変わらず需要の伸びはあります。

全体の水の使用の内訳は、人口の急増によって45年頃の時点までは家事用の占める割合は50%以下でしたが、45年から46年を境にして家事用は50%を超え、現在では61~62%と全体の給水量の中で占める割合が高くなりました。この現象は、著しい人口増と最近

は不況のあおりを受けて工場用あるいは業務用が減ってきたために比率の逆転がおこったわけです。

今後、水需要がどうなっていくかを考えますと、いままでは水の需要というものは時系列的に過去の実績から伸ばしていく、いわばマクロ的にとらえていくようにしていただのですが、時代の変化とともに家事用、工業用、業務用、公衆浴場用、その他というように分類して、今後どのような需要増があるかを推計したわけです。

ちょうど横浜市全体の行政指標が52年から56年までの5ヵ年で策定されましたので、水道事業も56年を目標にして指標を定め推計をしたわけです。

それによりますと、年間の1日最大で4~5万トンの増加がまだ続くだろうと見込んでおります。そのうち工場用水についてはほとんど50年頃の横バイ、都市活動用水の業務用は15%増、家事用は23%増として、56年の人口は290万5,000人、1日最大給水量156万1,000トンと推計をしまして、それに対応した方策を講じようと考えています。

國分 ありがとうございます。

工場をたくさん抱えておられる川崎市さんは、こういった景気の中でどうなのかと、全国のみなさま方が関心をお持ちだと思うのですが、いかがなものでしょうか。

不況による大口需要の減少

岩尾 私どもは、良きにつけ悪きにつけ名だる工業都市ということで、経済情勢を敏感に反映する体質があるかと思います。

水の需要についてみますと、昭和48年には戦前の約8倍程度、1日最大給水量61万トンと伸ばしたものが、ご多分にもれず石油ショックで49年から急激に減りはじめ、一気に6~7%ほどダウンして、その後低迷を続けて上がったたり下がったりといった状態です。

当初、これは一時的な現象で、しばらくすれば回復するのではないかと考えていたのですが、このようにかなり長い間水需要が減ってきますと、原因は不況にあるに違いないが



岩尾正満氏

水需要の構造的な変化であると考えざるを得なくなっています。

水を使う内訳の問題ですけれど、生産加工などの大口需要者の水使用の動向が強く反映して、その使用量は数年前には全体の40%近くを占めていたのが、51年度には24~25%くらいに減ってきたのが特長です。それでも一般の生活用水などは若干増えていく傾向にあります。

大口需要者のこんなにも大きい減り方はなにに起因するかというと、不況による生産の抑制もあると思いますが、もうひとつ見逃せないことに水の合理的使用があるようです。51年の統計を見ますと、従業員30人以上の事業所が500ほどありますが、全使用淡水量の80%が再生利用の水で占められています。また工業用水道の利用工場だけで見ますと、90%が再生利用水で、これなどが水需要の減少に大きく響いてきていると思います。こういった事情から、2~3年の短期的に考えた場合は低迷、横バイ状態が続くと思われます。しかし、もっと長期的な視点に立って考えますとそうだとばかりはいえません。たとえば港湾の埋立とか下水道の普及、学校など公

共機関の整備、あるいは一般住宅の建設などのような行政面における諸計画が進められていきますので、総体的に考え合わせると水の需要は増えるということになりましょう。

また最近の川崎市の新しい面として、北部の丘陵地区の開発が依然続けられており、首都圏のベッドタウンという性格が強くなってきていますので、人口の方も現在の計画では60年には15万人ほど増える見込みです。あれこれ総合して考えますと、今後も水需要はまだまだ伸びるであろうと見ています。

國分 ありがとうございます。私が東京都に在職中は、自分のところだけで手がいっぱいでも他都市の状況はあまりわからなかったのですが、その後、伺えばみなさん方のうち、特に千葉、埼玉県さんの水需要の増加にはただただ驚くばかりです。それでは藤城さん千葉県の水事情についてお願いいたします。

藤城 当局の水道事業のうち、主要事業である京葉地区についてお話ししますと、昭和11年に創設、30年に第1期拡張事業、37年に第2期拡張事業を行って、40年には1日最大給水量21万トン程度となっておりました。それが石油ショックのあった48年になりますと、1日最大給水量60万トンと水需要は約3倍近くに伸びております。毎年平均5万~8万トンぐらいつつ増加していたので、49年には67万トンになると想定していました。ところが実際は58万6,000トンでした。50年は72万トンを予測し、67万トン。51年は75万トンの予想が58万6,000トンに落ち込んでしまいました。

そこで私どもは1日最大給水量の見通しについて少々自信を失い、52年度72万トンと前年を下回る想定をしたところ、結果は67万トンでした。石油ショック以来、豊水年が続いたこと、景気の停滞その他の条件が重なってこの4年間の1日最大給水量はほぼ横バイ状態です。しかし年間の有収水量の方は不思議にずっと伸びていまして落ちてはいません。ちなみに京葉地区での48年度の有収水量は1億2,900万トン、49年度は1億3,400万トン、50年度は1億5,100万トン、51年度は1億5,200万トンと増加しております。給水人口が毎年

大体5万～6万人前後、給水せん数にして2万6,000前後伸びていますので、これがその要因になっていると思われます。この伸びは48年以前になるともっと急激で、人口にして7～8万人、給水せん数では3～4万ほどになっていました。

次に使用の業種の問題ですが、当局の場合全水量の大体76%が口径25mm以下の家事用水です。また口径25mm、20mm、13mmの家事用水相当のせん数が97%ほどを占めており、県水の動向は家事用水によって左右されるようです。

また51年に平均2.56倍の改訂率で料金改定を行いましたので、大口使用者の使用量が減少してきています。いずれにしても今後の水需要、特に夏期ピークの推定は非常にむづかしくなってきました。

國分 千葉県の南房周辺を一巡して見ますと2月でも菜の花が咲くような気候のよいところですから、今後はもっともっと開発されて水需要はずいぶん増えるのではないかという気がするわけですが……。

藤城 そうですね。千葉県の方には地下水が少ないところで、地形的にも一番高い山で400mなんです。大体は200m以下の丘陵が主なうえ、海岸に密着して家があるため、飲み水には非常に不自由しています。特に夏場には海水浴客などで人口が増えますから、小さいため池とか調整池などを造って需要をまかなっているような状態です。

國分 東京都と埼玉県とは、切っても切れないご縁があります。私の時代も大変お世話になったのですが、埼玉県の状況を小野さんお願いいたします。

小野 埼玉県営水道は新興水道でして、用水供給事業ということもあり、みなさまのところとは若干毛色が変わっています。

埼玉は東京の北に位置し、元々の人口は200万人程度でしたが、昭和35年から急に増えはじめ、現在では510万人になっています。水道そのものは人口が増え出した35年頃から地下水を水源とする簡易水道を集めたような形の水道が拮がったものです。いまの普及率は

91%ほどですが、41年から50年にかけての年間給水量は1億6,000万トンから5億トンへと約3倍ほどの伸びを見えています。全県的に地下水の低下と地盤沈下現象がおこり、これだけ水需要があれば地下水だけではとてもやっていけないことがわかりましたので、東京がオリンピックの時に導水したのと歩調を合わせて、武蔵水路を利用して県営水道を43年に創設しました。

当初は約2,000万トンを給水していましたが、ちょうど10年目に当る52年には年間3億トン、夏期日量100万トンの用水供給を行いました。オイルショック前までの40年代は年間3,000万トンずつ河川水が増えていったわけです。それ以後はどう変わったかと申しますと、まず人口が年に20万人ずつ増えていたのが、オイルショックを境にして15万人、13万人と落ちていき、これからは年間大体10万人増ぐらいになるかと思われます。

埼玉県ではご存知のように平地が広がっているため、東京からの転入人口が多く、ベッドタウンになっていますが、部分的には内陸工業地帯でもあるわけです。そのため水需要の動向が地区によって非常に違います。工場を抱えているところは横パイもしくは下がる傾向にありますが、純然たるベッドタウンで宅地がどんどん建設されているところでは当然のことながら増えており、個々の市自体でも増えているところもあれば横パイのところもあるという状況です。

県営水道は全人口の60%に当る南部地域の310万人に用水供給を行っています。ひと頃は年間3,000万トンずつ増えてきたために、75%ほどを県水で、残りの25%ほどを地下水でという割合でまかかっていましたが、これからは人口の伸びに伴う分だけが県営水道の増加ということになりましょう。その量は年間1,500万トンほどという状況です。今年の供給量は3億トンですから、これから計算しますと53年は3億1,500万トン、54年には3億3,000万トンになる見込みです。

また、問題になっている地盤沈下ですけれど、最近では沈下も止まり、かえって上昇して

いるといわれていますが、西部の所沢方面は工場の汲み上げがあるためちょっと沈下しているようですし、東北部についても茨城県の周りでも汲み上げているということで、年間10cmの沈下がここ3～4年来あります。将来的には人口が60年に600万人ぐらいと想定して、日量90万トンほど汲み上げていた地下水を上水道の給水の安全をはかるため56年までに40万トンに減らし、残りは河川水を用水供給事業でまかなうということになっています。

國分 ありがとうございます。お話をお聞きしますと、石油ショックで一時的な需要量の横バイ状態になってはおりますが、人口の自然増もありますし、需要はまだ増えそうです。

先年、厚生省の水道課が水道環境部という名称に変わりましたが、国民の生活環境の改善向上が中心になって、首都圏の水需要は増える要素が多分にあるようですね。決している水源、施設で万全だという状況になっていない気がするわけです。

そこで、いつも問題になる水源問題についていかがでしょうか。首都圏のうち東京、埼玉、千葉は利根川に依存しなければならない。一方、横浜、川崎市さんは地元の水源を開発して利用されているわけですが、水源面での対応策はどのようになっているのでしょうか。先頃、利根川の第3次フルプランが発表されていますが、利根川開発の見通しについて中川さんお願いします。

大きい利根川への依存度

中川 東京の水道の歴史をさかのぼりますとむかしは多摩川主体でずっとやってきて、村山、山口、小河内とほとんど開発し尽くしたので、さらに相模川にもお世話になったわけです。それでも高度成長のために全然足りない。このような情勢の中で、利根川からの導水は東京の水道にとって大正時代からの宿願だったわけですが、それが昭和30年代後半にやっと実現して、今回の第3次フルプランまでにいたっているわけです。

現在、利根川の水源は都の水道の80%近く

を占めており、利根川への依存度は大変大きいものです。利根川にはじめて矢木沢ダムが完成して武蔵水路から利根川の水を引くようになり、これでひと安心だと思っていたのも束の間、需要は高度成長でどんどん伸びていく。それに加えて、その頃からダムの建設が非常にむつかしくなってきたり心配していたところに47～48年の渇水に遭い、8年振りに給水制限を行いました。39年の時に比べると期間も短くて済んだのは幸いです。しかしこれを契機にダムの建設をして水源を求めるといことは、まことに大変なことだということが見直されたわけです。たしかに利根川は1次フルプランから今度の3次フルプランへと60年を目標としたものが決定したわけですが、計画が決まって目標が明確になったという点では非常に意義があるのですけれど、あくまでも計画であって、いかにして実現させるかということになりますと、解決すべきむつかしい問題点がたくさんあるわけです。私ども水をもらう側としてはできるだけ協力をして、なんとか促進したいと思っています。

ダムの開発が困難な原因につきましては、なんとといってもダムの建設により立ち退きなどで影響を受ける地元の方々の生活再建問題がいままでは十分行き届いた配慮のもとになされなかったためのように思われます。今後については地元の方々の立場を十分考えて誠心誠意話し合い、できるだけ努力をして地元の方々が本当に安心できるようにしていかなければならないと思います。制度的には水源地域対策特別措置法により、国庫補助の嵩上げ制度などが整備されて、さらに利根川、荒川水源地域対策基金により、生活再建対策を具体的に実行していくための機関が設立され態勢は順次に整いつつあると思います。しかしこれを本当に促進していくには、われわれが国と一緒にやって一生懸命やることが大事だと思います。

東京の昨年の水需要は大幅低かったが、52年度はまた上がっていますので、水源開発が進んでいかないことには60年に向けて安定給水はきわめて危なくなっています。千葉、埼

玉さんとも一緒になって、水源開発の促進を
していきたいと考えています。

國分 なんだかんだといっても、いざという
時には国の力で水源をなんとかやりくって
いただいている点は感謝しなければならないと
思います。

小野さんは、この水系について永い間ご研
究されているようですが、小野さんから見た
ところの開発についてのお話を聞かせくだ
さいませんか。

小野 中川さんがいわれていたことで大体尽
きるわけですが、いま荒川も加わった形の第
3次フルプランによって利根川の水を有効に
使おうじゃないかと努力目標が定まった段階
では、それを一生懸命努力していく以外はな
いのですけれど、時間が大変かかるわけです
ね。以前は10年ぐらいで完成していたのです
が、これからはダム建設地域のコンセンサ
スを得て完成するまでに20年と、相当長い年
月が必要です。この間においても水需要はず
っと増えていきますので、地道にやっていく
以外ないと思います。流域変更をしたり、下
流の方で海に落ちていた水を貯めこんで使
う。いま北千葉導水というものができていま
すが利根川の下流で海に落ちている水をと
らえて都市用水に変えてしまおうというプ
ランが出てきており、技術的なものは大体
出そろってきたと思います。ですから、こ
れからは都市用水に使う側が水源開発を
一生懸命やっていくしかないようです。

國分 利根川を最下流で使用している藤
城さん、付け加えてお話をください。

藤城 千葉県では昭和30年代から都市人
口の急増現象が表われておりますので、計
画が過剰にならないようにと考えていまし
たし、水源などに対しても同様に考えて
いました。そこで利根川河口堰とか、北
千葉導水路から都市用水の配分をいただ
くというように、利根川からの水利権は
一応確保しています。40年代の考え方と
しては、たとえ開発水量は少なくとも自
力で県内河川の開発をやろうということで
、地形的に多少無理であってもダム建
設を進めようとしております。たとえば小
櫃



小野久彦氏

川に亀山ダム、養老川に高滝ダムなどが現在
建設、あるいは計画され、日量14万トンの確
保が約束されております。

このように県内河川の開発に力を入れてま
いりましたので、60年ぐらまではまずまず
大丈夫であると考えています。

國分 そうですね、ありがとうございます。
神奈川県さんはむかしから水源手当を手回し
よく計画されて成果を上げているようですが、
その後の水源事情はいかがなのでしょう。

60年までの水は大丈夫

金田 横浜の場合、明治20年の創設時に水源
を相模川水系に求めて以来、今日まで相模川
に依存してきましたが、今日までの過程の中
には水不足のピンチが幾度かありました。

しかし、國分さんがいわれましたように、
水源の手回しが他都市に比べて非常によかつ
たとみなさんにおっしゃっていただいている
わけです。相模川水系の開発では神奈川県が
最近の総合開発の前身として河水統制事業を
行い、多目的ダムの津久井ダムを造りまして
そこから取水するようになりました。また次
の総合開発では城山ダムを建設することによ

って新規水源を開発しました。この事業は私どもの単独ではなく川崎市、横須賀市さんの上水道や工業用水道、それに県営の上水道、発電との共同事業として水源開発がされたわけです。しかしそれだけでもまだ足りないので、河口で取れるだけの水を取水するという形の高度利用事業を行いまして、この3事業により相模川の利用率は約70%の高度利用という形になり、なんとか息をついてきました。

しかしながら、まだ水が不足する状態になりましたので、今度は神奈川県下2番目の河川である酒匂川の開発を行おうということになりました。いま申し上げましたように、相模川水源開発の過程の中で、たとえば河水統制事業の時には川崎市さんとの共同で導水路を造りましたし、総合開発におきましても横須賀市さんと共同で浄水場等の施設を造ったりして、水源開発と同時に施設面でも共同で行うという体制ができていました。ですから酒匂川の開発に際しても、それぞれ個々にやらずに神奈川県下の主要な4つの事業体、すなわち横浜、川崎、横須賀、それに県の西部中央、湘南地帯に供給している県営水道が一緒になってダムをはじめとする水道施設を造り、この4構成団体に用水供給を行う体制にしようということで神奈川県内広域水道企業団が設立されました。この企業団が酒匂川の開発事業に着手し、53年度に一応完了しますので、この春からいよいよダムの湛水に入るといった状況です。

当初、酒匂川の総合開発による水も昭和55～6年頃にギリギリになるのではないかと心配して、それに合わせた拡張事業を行ってまいりましたが、現在では需要の伸びの鈍化により当面は酒匂川からの受水で60年頃までは大丈夫ではないかと考えています。また60年以降の水源開発としては、相模川支流の中津川に今度は建設省で2億トンの多目的ダムを造り、利水者として水道企業団が参画しますので、これより受水する予定です。ダム建設には、最初は地元の反対などもありましたけれど、最近の情勢では大体的話がまとまりまして調査等の段階に入っているようです。

これが実現すれば、60年代の当面の水は確保されると考えています。ただ、その後はどうするのかということになりますと非常にむづかしい問題で、特に神奈川県の場合は県内にすべての水源を求めているのでいままでは大変都合がよかったのですけれど、それを外に求める場合は非常に困難です。ですから60年代は中津川にできる宮ヶ瀬ダムの水でなんとか先をしのいでいく方策を考えねばならないのが現状です。

小野 東京の小河内ダムとか、いまの神奈川の大変苦勞されてきたことを受けまして、埼玉の持論的なことをお話したいと思います。

埼玉というところは、いままで都市用水の水源開発の面で非常に遅れていたわけですが、いまひとつの方法として農業用水の合理化事業というのを行っています。農業用水に都市が参加するもので、関東のまん中にありまして、利根川の水を大堰で毎秒85トン取水している江戸時代からの大きな用水で、灌がい反別5万haもあります。これがいまの状況では古い用水路だということと、自然流下で非常に大きなものですから、農業用水だけで水を全部使ってしまうんじゃないか、また末端灌がいによって下の方で蒸発してしまうんじゃないかと考えられたわけです。計算して見ますと、日量20mmぐらいを1回かければ3分の1ほど消失して、3分の2は出てくるという状態でした。2～3回反復しても、大体半分は消失して半分は出てくる結果から毎秒30～40トンの水が下流に放流されているのが明らかになりましたので、末端でそれをつかまえて三郷放水路により10トン量の水を江戸川へ送り込むということになっています。また都市化が進み、実際に南部は市街地になってしまっているのに水路はそのままになっているので、水路を切ってしまうとか、狭めるとか、パイプライン方式でやるとか、あるいは分配をもっと近代的にするとかして、余剰水を生み出そうということになりまして、葛西用水を1次幹線改良、2次パイプラインとに分けて県営で合理化を行いました。53年度からは日本一の毎秒45トン量の見沼用水に

手をつけて、都市用水と一緒にあって合理化事業が行われるわけです。

また、東京都さんの村山、山口貯水池のように、どこでもやっていらっしゃるのですが、平地の貯水池を造ろうと計画しています。たとえば工業用水の水源として造っている権現堂の貯水池(容量 400万トン)とか、荒川堤外の平地を掘って造るとか、方法としては平地でいくらでも考えられると思います。下流の方へいきますと若干の問題はあるにしても河川の余剰水がありますし、需要地近くでそれをうまく使えば、もう少し余分の水を使えるのではないかと考えています。イギリスの島国の水道水源としてそういうことを盛んにやっているようです。これを埼玉の平野地帯で行うということは、水道の水源取得方法としてもいいことではないでしょうか。

また埼玉の水源問題として、地下水をうまく使う方法を考えなくてはいけないと思います。地下水というのは全体の10分の1ぐらいしか取れないのですが、容量としては非常に大きいわけです。だから河川渇水時に臨時的な、短期的な使い方をすべしうまくいくのではないかと考えています。

埼玉としては神奈川、東京がされたように荒川の水源を利根川の補助的なものとして4つのダムを造ろうと一生懸命になっているところです。

節約+努力=安定供給

國分 中川さん。現在、利根川の水の利用状況は何%ぐらいになっているのですか。当時は20何%とかいっていましたが、いまではもう少し増えたのでしょうか。

中川 そうですね、河口堰ができたり、野田導水路、草木ダムが完成したので、たしかいま約30%ぐらいになっていると思います。

小野 全体というのはつかみにくいんですけど、利根川上流の利根大堰のところでは農業用水が取水してまだ余剰流出がありますがとにかく取水して利用するものと、河川の自流を見ますと、平年で約30~35%ほどです。48年の渇水年では45%ぐらいになっていまし



長谷川 弘

て、レベルは非常に上がっているようです。
長谷川 水源のことをお伺いして、大変ご苦労されていることが身にしみて感じられました。

先ほど國分理事長からお話がありましたように、横浜市さん、川崎市さんは大変な中にも手回しがよかったと申しますか、自己水源あるいは県内広域企業団による酒匂川の開発また建設省直轄の相模川支流宮ヶ瀬ダムの開発を一生懸命されて、昭和60年まではなんとか持ちこたえられるだけの水源を確保されています。しかしそれ以降の水源ということになると非常にむづかしい状況にあるようですね。でも、利根川・荒川水系に依存している埼玉、東京、千葉さんから見ると今後の見通しとしてはまだまだいいように思われます。利根川・荒川の第3次フルプランも出ていますが、計画通り順調に進んでいくとも考えられません。それぞれに農業用水の転換とか荒川水系の開発などと相当な苦労をされているようですね。おまけに今度の第3次フルプランによって、利根川水系も河川として利用の限界近くになりかかっています。そういう意味からすると、今度のオイルショックによっ

て需要がある程度抑制されて鈍化してきたことは、別の観点から見てピークが先に伸びて猶予を与えられ楽になったと考えられなくもありません。

しかし、これから先のことを考えますと、まだまだ予断は許されない状態で、水源についてはあらゆる面から考えて対応していかなければなりませんので、大変なことだと思います。

中川 私どもとしましては、利根川の開発計画そのものがやり方によっては遅れる可能性があるということと、開発余力そのものもあまりないということを考えますと、横浜市さんの酒匂川、相模川支流の開発によって60年までは安心していただけるというお話を伺いますと、うらやましい限りです。

東京都の場合、あるいは千葉、埼玉さんも同じような条件だと思いますが、今度のフルプランをもう少し詳しく見ますと、51年度に完成した草木ダム以降は大部分の水源施設が計画通りに完成したとしても57～58年以降になるわけです。水需要がそれまで低迷してくればいいのですが、福田首相のいわれる経済成長率7%に伴って、水需要もある程度鈍化しながらも増えていくということになりますと、非常に心配なわけです。ですから東京都としても、ただそれだけにおんぶしているわけにはいかないということで、緊急対策事業として2つのことを考えています。

第1点として、利根川と多摩川をそれぞれ単独ではまだ十分有効に利用できませんので有機的に相互連絡して水を融通しようということです。これは利根川の水が取れる時はできるだけ利根川から水を取り、その間小河内ダムには極力水を温存するようにし、夏季の最大需要時や利根川がいざ濁水という場合に大量に放出するわけです。単に東京のためだけではなく、そういう施設によって現在ある水を最高度に有効利用することを考えています。

第2点として考えていることは、城北工業用水道が利根川河口堰を水源にしていますけれど、工業用水道はかならずしも利根川の水

でなくともいいわけです。実は多摩川の下流が汚染されたため上水としてはとりあえず取水を停止していますので、これを暫定的に城北工業用水に使用し、それによって浮いた利根川の水を上水に転換していくということなのです。これらの費用は大体500億円ほど必要ですが、現在工事を進めている最中で、53年度には完成する予定です。

このように利根川の水源開発だけに依存するのではなく、都自身でできる対策をひとつひとつ懸命にやっているわけです。

そのほか、需要抑制対策ということですが水を水源地の方々をお願いするだけでなく、使う方もムダのないように大切に使うことを考えています。ポスターなどで節水や水の合理的使用を呼びかけたり、小中学生向けの副読本を配布したりして、教育面からもその浸透をはかっています。そのほか細かく上げれば洗濯機の節水の奨励とか、水洗便所の節水化とか、節水ゴムの普及などに住民の方々のご理解をいただき、ご協力をいただくように努めています。先般50年に料金改訂を行いました、その体系も累進制の強化をいたし、抑制効果をはかったものでした。そのほか水の循環利用もあります。現在は行政指導で行っておりますが、最近建設されている大型ビルの大部分が循環利用装置を組み入れた節水型で、かなりのご協力をいただいております。量的には多い数字ではありませんが、自分たちでできることはなんでもやって、50年代の水をなんとかして乗り切ろうという考え方です。

小野 たしかに東京都の小河内、山口、村山の2億トンも、多摩川だけの単独流域では例の東京オリンピック当時、貯水池は底をついてしまいました。ところがいまのお話にあったように、流域を一緒にして使う時はものすごい威力を発揮するというのが、水の貯金とでもいいますか、貯水池を持っていることが誠に有効である証拠になったと思います。

私は昭和30年代の利根川の濁水を経験していますが、あの時には荒川下流に一滴の水もなく、利根川は歩いて渡れるほどでした。ま

あ実にひどい状態でありました。ところが48年に再び利根川に大濁水がありました。この時に2億トンの補給があったため、ご承知の通り大助かりで、あの程度の状況で過せたわけで、改めてその有効さを感じた次第でした。貯水池は造っておかなければなりませんね、つくづくそう思います。しかし一般の認識として「天からのもらい水」という考え方がいまだにあるわけですし、私はただいまこの席でも、水源開発すなわち貯水池を造ること、河川を結んで導水することは非常に大切なものだと強調したいんです。

有効率90%に向けて

國分 要するに神奈川県下も開発し尽くされるし、首都圏で使う水の開発は利根川しかないということですね。今後低経済成長が続いていくにしろ、まだ水需要が増加していくとすれば、この開発はますます重要なことになってくるわけです。そこで首都圏の今後の都市造りについて議論されなければならないと思いますが、あまりにも大きな問題になりますのでそれはさておき、次の話題に入りたいと思います。

水源不足対策のひとつとして、既開発水源の有効利用のために例の有効率90%の施策が厚生省から示されまして、先頃日水協でも漏水防止対策指針というものを答申されたようですが、これの具体的な計画はいかがおすすめていただいているのでしょうか。できましたら具体的にお話くださいませ。

中川 私どものように古い施設をたくさん抱えた都市にとって、有効率90%というのは大変厳しいパーセントです。この数字自体が日本中すべての都市に相当かどうかについては問題の余地があると思うのですが、こういった厳しい水源事情は全国的に同じです。漏水防止対策は水道事業者自身が努力してできるわけですから、先ほども申し上げた通りそういう意味では非常に重要だと思います。いままではどちらかというと経営、経済性の面から漏水を少なくしなければという考え方が先行しましたし、道路管理に対する点での

重要施策であったわけです。

東京はご承知の通り、戦災によって給水装置のほとんどが破壊されてしまいましたので漏水率80%と、本当のザル給水の状態から出発しております。懸命な努力によって昭和30年代末には漏水率は20%ぐらいにまでなりました。ところがそれ以後はいくら努力しても漏水率はなかなか低下しません。よく考えて見ると、その頃から重量車輛その他がたくさん通るようになったことと、舗装も高級化したため漏れた水が道路に出にくくなったことまた通行車輛の騒音で漏水が発見しにくくなるということなどがありまして、そのままの方法では漏水率を低下させることができないという状態になってきたわけです。そうこうしているうちに47年、48年の利根川濁水に見舞われ、改めて漏水防止の重要性を認識し、抜本的に解決する方法を考えるようになりました。

漏水は古い管、特に給水装置に多く発生するため、配給水施設の体質を漏水しないような構造に改善していくのが急務として47年から経年管の取替えをはじめました。現在では配水施設整備事業という名称で、50年から60年までの期間に1,850億円の資金を投じまして、主に漏水を少なくするように古い経年管の布設替えを計画的に進めています。したがって来年度も170億円ほどの予算を計上していますが、これの執行に努力していく所存です。

國分 私の承知しているところでは、工業用水道の新しい配水管での漏水を見ると97~98%の有収率であったように記憶しています。したがって上水道でも管を新しくすればよいという考え方が成り立つと思いますが、例の指針によれば漏水の90%前後は給水管によるものという結果がでています。漏水量の90%に当る部分を止めるために具体的な施策はどうなんでしょう。

中川 いまお話になったように、配水管すなわち鉄管そのものから漏れているより、鉄管から分岐した給水装置から漏れている方が80%とはるかに多いわけです。そこで配水管

を取替えることによって、まず分水せんの部分を新しいものに取替える。同時にその給水装置が漏れているかどうかの判断ができ、悪いのはその都度取替えることができます。また給水装置がそこにあっても実際は使用されていない残存管を整理、撤去していくといういろいろな作業が同時に進められていくわけです。私の最初の説明は言葉が少し足りなかったようですが、経年管取替工事はこのような総合的な効果が期待できるのでやっております。もちろん経年管を取替え、施設の体質そのものを強化していくという方法だけではなく、従来からの発見修理ということも大事ですので、いまこの面での技術開発の努力をいろいろやっています。

たとえば発見方法では、従来は音を道路上で聞いて回る音聴調査を行っていますが、もっと的確にキャッチする方法はないものかと研究しています。たとえば波形分析法とか、内面調査法とか、いろいろ取組んでおり有望ですが、まだ決定版が出ていませんので、これでいけると申し上げられないのが残念です。なお給水装置そのものの構造、それに材質の改良もきわめて重要なことだと思いますので付け加えておきます。

小野 極端ないい方かもしれませんが、工業用水道とか用水供給に使われているダクトイル管と鋼管のパイプそのものは100%の有効率を持っているんです。事故などで壊われたりして実績は98%とかになっていますが、普通の状況では100%なんですね。だから私どもとしてはどれくらいの年数が経過すると漏水が多くなり、取替えなければならないということについてはよくわかりませんが、現在布設されている管からの実証的なものとしては、これはほとんど100%だと思っております。したがってこの点、埼玉の場合は施設が新しく、東京都さんの場合とはまあ両極端になるわけです。

決め手がない漏水防止対策

國分 金田さんのところはいかがですか。

金田 私のところは悪い方で、東京都さんと



金田康二氏

肩を並べるぐらいなんです。有効率というのは、はっきりした数値としてはなかなかつかまえないと思うんです。といいますのは従来から有収率という形で数値を出しておりそれは出た水と売った水との計量で算出することができるわけです。しかし有効率になりますと、メーターの誤差の問題、洗浄水、消防水の問題などもあるわけです。大きな管の新設になりますとなん回も大量の洗浄水をいたしますし、管の接続その他の理由によって断水工事をした時の吐き水とか、赤水などにおける放棄水や家庭に新設した装置の洗浄水とか、正確に計量できないものがたくさんあります。しかし水資源が貴重になった現時点において、ムダな水の最たるものは漏水でありますから、これは直さなければなりません。漏水防止を的確に進めていくことは非常にむづかしい問題です。

横浜は旧市街地が沖積層の厚い地帯であることと歴史が非常に古いということにひとつの問題があります。それと地形的に起伏に富み、高台の末端まで給水するためにはポンプなどの加圧によらなければなりません。起伏が非常に大きいので局部的に高水圧地域が生

じまして、当然のことながら水圧が高ければ漏れた場合の漏水量が増えることとなります。ですから漏水を減らしていくためには漏水の原因を逆から考えていこうとしているわけです。水圧に関してむかしを見てみますと、むかしは低区と高区に分けて、高台には高区専用管、低区には低区専用管という具合に布設していたようですが、給水に追われて次から次へと水を送っている間にその区分は乱れてしまいましたので、それらを整理して水圧をコントロールしていくことを考えています。

それと古い部分で事故がおこりますので、東京都さんがおやりになっているように管を取替えることを実施しています。

また、給水装置の漏水が多く見られます。もちろん古いものもありますけれど、給水装置の改良という面も考える必要がありそうです。しかしながら、このことは水道を引かれる住民の方々のご負担になるわけです。漏水防止のためにはあまり高くつき過ぎてもいけません、ある程度高くてもいいものを開発して使っていただく方向へ持っていかざるを得ないと考えています。具体的な決め手となかなかないものですから、いまのところは古い管をできる範囲内で新しいものに取り替えていくことと、漏水を早く探していくことに全力を投じ少しでも有収率の向上をはかりたいと考えています。その結果、少々ではあるけれど有収率が上がっていますが、なかなか思い通りに上がってくれないというところが現状です。

國分 岩尾さんの方ではどのように対応策を考えていらっしゃるんですか。

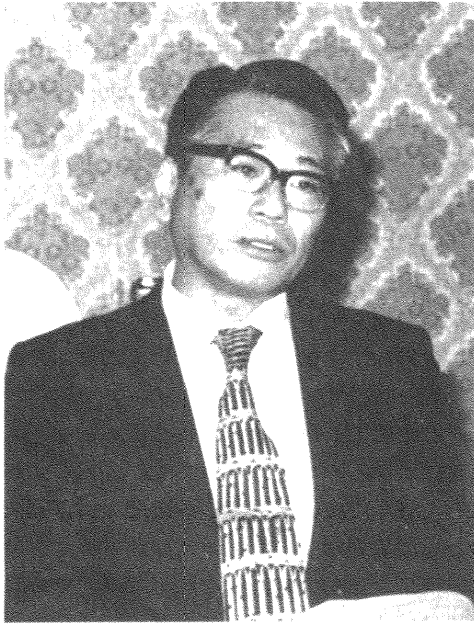
岩尾 有収率90%と申しますのは、水道事業体としては当然の努力目標だと思っています。このたび協会において、漏水防止についてのりっぱな指針を作っていただきましたので大いに活用してますます努力していきたいと考えています。ただ、有収率の問題で気になりますのは費用も人も継続的に大きな負担になっているわけですが、その割に目に見えて効果が上がるということにならないむづかしい点があることです。漏水防止の実態から考え

て、地道に努力を重ねていく以外にないと思うのですが、なんらかの形で集中的に取り組むということであれば、それなりの効果は期待できるのかもしれませんが。漏水防止対策に国の援助が欲しいというのも一方で当然のように思えます。それにしても有効率の向上はそう簡単なことではないと思われれます。きちんと計画的に進める必要があり、そのためには漏水の実態をデーターを揃えてはつきり掌握し、重点的に実効をはかっていくことが必要だと思われれます。

そこで私どもの問題ですけれども、まず人の問題があるかと思われれます。漏水を調べるうえで調査技術、機器の改善開発は前提条件として重要なことですが、間断なくコツコツと探索する努力が必要なわけです。そのためにはいまの組織で果してうまくいくのか見直して見るつもりです。また漏水のつかみ方有効率のつかみ方を合理化するのによいと見られる管網の適当なブロック化をさらに密に進める必要があると思っています。管網の流量の計り方もこれに沿って検討してまいります。配水管の経年管の取替え、管洗浄更生も積極的に進めたいと思います。漏水発生9割を占める給水管対策ですが、公道上の給水管については管径、管種の選定で協力をしてもらい、また古い管の更新についても、当局の若干の援助をもとに協力していただくというような従来からの方針もあります。いずれにしても、着実に、取り組みやすいところから改善をはかっていくということを心がけたいと思います。

國分 千葉県さんの方はまだそんなに心配しなくてもよいでしょうか。

藤城 私どもは39年から音聴調査をはじめました。当時は有収率が70%を少し割っていましたが数年間は効果がなく、42~43年頃から少しずつ実績が表われはじめ、46年は77~78%までに向上いたしました。ところがそれから一向に向上しないので、先進の企業体にご意見をいただいたのですが、決め手をつかむことができませんでした。特効薬がないことは薄々わかっていましたけれども、実は最近の



藤城弘之氏

技術の進行等に若干の期待はしていたわけでちょっと複雑な気持です。

そこで51年に、通常行われている配水圧の調整とか、経年管の布設替えとか、従来から実施しているところの漏水防止作業、メーター関係、最後に点検業務の関係、この5点についての専門部会をおき、有収率向上対策委員会を作りました。この5つの専門部会で具体的な対策を作成するというので現在にいたっております。余談になりますが50年当時に調べた時におもしろいことに気がきました。たとえば46年に給水せんは33万栓ぐらいだったのが50年になると5割ほど増えて46万栓になっているんです。送配水管にしてもその頃3,200kmぐらいだったものが4,200kmと50%近く増えているわけです。ということは新しい施設が相当量増えているということです。それにもかかわらず、その頃の有収率は77、77.1、76.9%とほとんど横バイ状態で、これは変だと感じたわけです。だから新品も中古品も、こと有収率に関しては変りないのはおかしいと疑問を持ちまして、その後いろいろと調査はして見たのですが、その原因はいまだにわかりません。

またこれもおかしなことですけれど、50年からは少しずつ有収率が向上してきまして、77%前後だったものが81.8%になっています。その間なにをしたかという委員会を作っただけなんです。現在はどのような委員会活動をしているかといいますと、従来の漏水防止調査員15人ではとても足りないのので倍以上に増員する努力とか、漏水調査センターのようなどころへ新方式による委託調査を依頼するなどです。

また配水管の布設替えにつきましては、石綿セメント管が送配水管4,600kmのうち2,200kmほどありますが、特に地盤沈下地帯や重車輛が通るところを重点的にダクトイル鉄管に布設替えしていくつもりです。さらに漏水が集中的におこる地区をいままでの実績から区画を作りまして漏水多発地帯と呼び、その配水管を積極的に取替える所存です。

配水圧については、配水施設の急増によってそのバラツキが目立ちますので、減圧弁などの設置やその他の対応によって1.5kgまで抑えるようにしたいと思っております。以上申し上げたように総合力を集中して取組み、努力していかなばならないと思います。

國分 新しい管を入れればどんどん有収率が向上していくのは当然ですね。最近東京の有収率がよくなってきていますが、あれだけ管を布設替えしたのでですから、これはまあ当然だと思います。

最後に53年度の拡張計画についてお聞きしたいと思います。今年は起債が6,650億円と前年度に比して少し減りましたけれど、このところ毎年1,000億円も残している現状からすればこれも仕方ないような気がします。しかし、一面においては補助金が要求以上についたことから、今年こそはこれを消化不良にならないようにしなければなりません。また政府の7%成長率を確保するためにも、この予算を消化することがわれわれに課せられたひとつの課題だと思うのですが、拡張事業計画の進め方についてどう考え、どうされているのか簡単にお話いただければと思います。

景気刺激のためにも拡張事業の推進を

中川 都の拡張計画としましては、先ほど申しましたように60年に810万トンの需要があることが予想されますので、現状の施設能力623万トンを強化していく方針です。そのため60年までに6,000億円を投じて第4次利根拡張事業を行い、1日最大220万トンの施設能力を完成させる予定です。これは47年から着手していましたが、三郷市内の浄水場用地の買収など問題もありましたけれど、埼玉県さんにお世話になりましたいろいろご協力をいただき用地の買収も完了し、昨年から本格的な工事にかかっています。

53年度の予算としましては、この4次利根拡張事業に本年と同額の800億円をつぎ込む予定です。内容的には浄水場のほかに水元給水所、練馬給水所、北部幹線という口径2,600mmの送水幹線を主力に加えて、多摩川中央幹線などの幹線についても同様本格的に行う予定です。

また先ほどの景気刺激策という意味も国全体にとって見れば重要な問題ですので、本来の目的はあくまでも水道事業としてですが、そちらの方にも役立つように一生懸命進めていきたいと思っています。また用地問題などがほぼ片付いたとはいえ、工事の過程でたとえば残土をたくさん出せば車が通る沿線の住民の方々から苦情もあるでしょうし、これらの理解をいただくためにも誠心誠意折衝したいと考えています。

そのほかの事業としましては、先ほどお話しした配水施設整備事業に170億円、多摩川水道施設拡充事業に130億円かけまして、100%実行する意気込みで努力していくつもりです。
國分 金田さん、横浜市の水道計画をお願いします。

金田 私の方は市長の辞任に伴う措置で、53年度は6月までの暫定予算を組みまして、54年度で終了する予定の8回拡張には28億8,000万円、配水管の整備事業に28億5,000万円、それと浄水場の施設関係の整備、経年管その他地震対策、公害防止などに5億2,000万円で、



國分正也

53年度は当面62億5,000万円ほど予定しています。これはほとんど起債によるもので、毎年繰越しをゼロにするように努めていますが、なかなか思うようにいかないで苦勞している状況です。

最近では配水管整備事業はもちろんのこと、拡張事業の配水幹線工事が市街地で行われるようになってきましたので、地元住民との問題とか他事業との競合などで思うようにはかどらないのが実状です。建設用地、買収の困難などもありますけれど、職員数などの能力から考えても、繰越しをなくすように消化していだけで精一杯で、早期発注などはなかなかむづかしいというところ です。

國分 岩尾さんのところはいかがでしょうか。

岩尾 私のところも建設時代は一段落つきまして、これからは改良整備事業に専念する段階に入ってきました。そういう意味で、首都圏の事業体の中ではささやかな予算で執行していくわけですが、私どもとしてはいま計画と財政のアンバランス是正という問題をかかえております。財政の建て直しができたらえでという条件付き見たいなものになるわけですが、そういう中で46年度から9ヵ年計

画で実施してきた8 拡事業の8 年次として20 億円ほど計上しています。酒匂川の開発を基盤とするこの拡張事業に関しましては横浜市さんも同様ですけれど、根源に当る浄水送水施設までは広域水道企業団で施工していますので、私どもとしては末端の配水管整備によって受水の仕上げを行うわけです。

そのほかには経年管の取替え、あるいは普及率が人口比ではほぼいっぱいになっていますが、新たに開発される場所を含めると面積的にはまだ普及していない地域があります。効率としては悪いんですがどうしても給水しなければならぬ場所もありますので、配水管の整備に13億円ほど予定しています。また拡張事業後の施設に悪くなったところがあれば、ここら辺りで少し改善していこうと整備計画に10億円ぐらい予定しています。

財政の建て直しができた段階で、以上のようなことをやっていきたいと考えていることができますことならこの程度ぐらいは今後も引続いて実施したいものと思っています。

國分 藤城さん、千葉の状況はいかがですか。
藤城 最初に背景だけを簡単に申し上げます。昭和46年に施設能力54万1,000トンだったものを京葉の4 拡張事業によって2倍半の135万トンに高めようとしてしました。また北総事業において施設能力を19万トンにするように45年に決定して、すでに3分の2の施設が完成しております。いまになって見ますと、水需要の低迷にもかかわらず既発注工事に適切な歯止めがなく、浄水施設その他がどんどんでき上がっているんです。ですからいまはこれにブレーキをかけるのに一生懸命で、先行投資をやり過ぎて水道料金にはね返えるのではないかと、などの批判を受けたくないよう適正な工事発注に最重点をおいています。公共事業の集中的発注など、現在の国の施策とはまったく逆の方向に工事の発注を控えるように進まざるを得ない状態です。金額で申しますと、第4次拡張事業費は51年度の起債分だけで171億円ありましたが、52年度には126億円に落としていますし、53年度につきましては191億円を予定しています。

しかし、配水管整備その他については重点的に行う予定で、職員の実施能力いっぱいには計画を組み、65億円ほどの予算計上を予定しています。53年度の事業計画としては、配水管整備に力を入れて拡張事業にはブレーキをかけるという傾向です。

國分 小野さんのところはかなり広い区域ですからどんどんやる必要があるのではないのでしょうか。

小野 ちょっと矛盾した話になりますが、基調としてはブレーキをかけながらも将来に向けて拡張事業を進めていくということなんです。極端にいいますと、55年に165万トンと計画していたものが60年まで持ってしまうので、一方では一生懸命ブレーキをかけている状態のところへ北千葉からの水が入ってきます。これは東京都さんの220万トンと一緒に36万5,000トンを取水するという共同施設で、当初は60年までかかると考えていたんですが、64~65年になってもいいことになってしまうんです。東京都さんは早くやらなければならないのに、埼玉は5~10年も延びてしまうので、どうやって延ばしていくかの問題があるわけです。

いま南の方の人口は300万人ですが、64年に400万人になると想定しています。それで南のそれぞれ第1水道と名前がついている中央、東部、西部を全部統合して埼玉県管広域第1水道としまして、いまそれぞれの市町村に1本ずつ入っているメインパイプに加えて36万トンの水を導入する際にもう1本ずつメインパイプを入れて連結しようと考えています。53年度は統合の初年度となりますが、それによって400万人に給水する安全度を高めていこうと計画しています。口径1,500mm程度の太い管を50km布設していくことを予定しています。

また北の方では供給人口150万人を対象として、広域第2水道という特定事業をこれから行う予定で、60年創設に向けて250mmのパイプを布設して、できたところから給水をはじめます。そのように浄水場施設についてはブレーキをかけていますが、将来に向けてパ

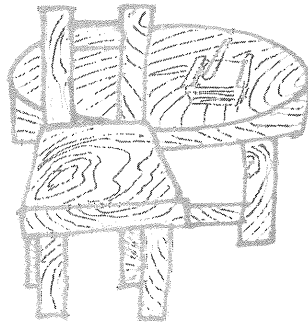
イプをたくさん使う方向にあります。予算的には第1次、第2次を合わせて残事業として約2,000億円ほど必要で、53年度はあまりダウンしないで150億円ほどを予定しています。

國分 お話を伺いますと、水資源に対する若干の不安はあるようですが、みなさんのいろいろなご計画とその実施へのご努力によって首都圏の水道はまずここ数年の間、安泰のように思われます。

しかしながら、圏内人口のすう勢はいかほどか、特別な対策が打出されない限りまだまだ増えていくような気がしてなりません。全

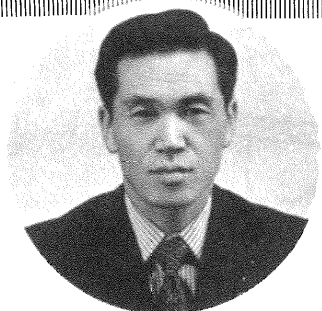
国的にはいまだ水キキンに悩まされている多くの住民の方々がいますが、この記事をご覧になると首都圏に住んでみようというお考えを持たれる方も出てくるのではないのでしょうか。そうなりますと、ますますみなさん方の責任は重くなるわけです。お互いにドンと胸をたたいて、「水のことはまかせておいて下さい」といえるほどに頑張ってくださいませ。

どうも今日は長時間にわたりまして、有意義なお話をお聞かせくださいまして、誠にありがとうございました。これで座談会を終わります。



随筆

- | | |
|------------------|------|
| ☆開発と自然保護 | 澤田純一 |
| ☆異常寒波と暖冬異変 | 小黑徳男 |
| ☆宝を汲む | 半澤 進 |
| ☆雪に思う | 柳瀬 晃 |
| ☆鉄管と私 | 柳瀬広雄 |
| ☆地下水論議 | 野村孝治 |
| ☆地方支部総会を迎えるにあたって | 山崎啓二 |
| ☆びわ湖冬景色 | 影山誠三 |
| ☆雇われママのぼやき | 中島光哲 |
| ☆佐賀をたずねて | 吉野一紀 |
| ☆心の声 | 平野順次 |



開発と自然保護

苫小牧市水道部長
澤田 純一

かつては不毛の地といわれた勇払原野に、わが国初の内陸掘込港が建設され、いまや2,450ヘクタールにおよぶ苫小牧西部工業地帯が造成された。さらに昭和45年から苫小牧東部工業地帯の開発計画が、国家的プロジェクトとして取り上げられ、9,800ヘクタールにおよぶ大規模な開発が行われつつある。

こうした巨大開発を進めるにあたり、市は

昭和48年に緑と太陽の大自然を擁するかけがえのない郷土を守り、人間を主体とした公害のない健康で安全な都市環境の創造をめざし全国でも例のない「人間環境都市」を宣言したのである。

開発は地域の発展を促進するものとして、すべてに優先してきたのであるが、最近では地域住民の反対運動が各地でおこり、大きな社

Essay

会問題となっていることは従来の観念からは想像もできなかったことである。

かつて私も、水道拡張にあたり工業用水と水利権の競合があったが、飲料水優先を強く唱えたため、大変な反逆者にされたことがあり、つくづく年月の流れが人の考え方を変えるものだと知らされたのである。現実の姿として一部には開発の故に美しい緑の自然が失われているのを見るとき、開発と自然保護のむつかしさを感ずるのである。

苫小牧市は三重式活火山として世界的に知られている雄大な樽前山と風光明媚なカルデラ湖の支笏湖を背景として、広大な原野と緩やかな丘陵地が樽前山に続いている。これらの地域は樽前火山の放出物である火山礫層に厚く覆われていて腐食土層はきわめて少ないため、植物の生育に悪い条件であるばかりでなく、冬季間の少ない積雪と厳しい寒気によって土壌凍結が深く、さらに春先の気温も低いいため、植物の環境としては好ましいとはいえない。このような地域に近時、急激な都市化により自然緑地の保護は大きな課題となっている。

このような状況の中で、水道の拡張も進められているのであるが、今回配水池築造の適地として標高40mの丘陵を買収した。かつてこの山の下に住宅団地を造成した際に湿地帯を埋立てするために土取場だったところで、無秩序に削り取られた山肌が露出し、降雨のたびに火山灰が泥土となって流れ出し、また乾燥すれば風で灰が飛散する始末で住宅団地から苦情が絶えなかった。したがって配水池の安全性と、さらに住民の要望からこの山を緑化する必要に迫られたのである。

しかし、なに分にも土質が凝灰質で緑化はむつかしい状態である。法面については基本的には肥料分を混合した種子吹付工を行うことにしたのであるが、活着性から考えると今後のメンテナンスを十分に行う必要があった。

私は本来、特に使用目的にこだわらないの

であれば、緑化の基本は在来の姿に復元するべきだと考えていたので、この山の法面も当然、あたりがそうであるように笹原に戻すべきだと思っていた。かねてから私は、笹の根の強さと森林の理水機能に非常に有効な働きをしていることに関心を持っていた。芝は洋の東西を問わず土木材料として重要なものであるが、笹を使用した工法は知らないのである。北海道の山地は約500万ヘクタールで総面積の約65%を占めているが、これら山地の林床をなしているのは、ほとんど笹である。ところが笹は、植林などの邪魔物として枯らす研究は進んでいるが、笹を生育する研究は未だ聞かないのである。本市においても非常にやせた火山灰地を笹原がおおい、薄い腐食土層を造成している。苫小牧地方の河川は渇水豊水の差がきわめて小さいのであるが、土層が火山礫層であり降水の保留が著しいことが最大の原因ではあるが、さらに笹原が厚く地面を被覆し、地表流下水量を減少させ、かつ土壌形成により浸透能力を増加させているからで、水源涵養の大きな役割りを果しているものと考えているのである。

しかし、笹原に復原するとしても種子をまいて発芽した例は知らないし、第一笹の実は60年に一度なるといわれ、むかしから笹に実がなると凶作だという伝えがあるくらいで種子の入手はむつかしい。そのようなわけで移植の方法しか現在は考えられないのである。笹の移植をするにあたり、浄水場から配水池にいたる約500mの管路が笹原であり、伐開処分する予定だったものを約3,500㎡の笹を剥ぎ取り、配水池の南法面に移植したのである。ちょうどこの頃、連日の豪雨でせっかく土羽打ちした法面が崩れ、下の団地に泥流となって浸入する1件があり、種子吹付工法では発芽して法面保護するまでに危険が再発すると考えて、約2万3,000㎡は張芝に急拠変更したのである。

笹は根の黒土とともに移植したのであるが、

随筆

もし万一、笹が根付かなかった場合に備えて柳の目串で押え、さらにヨモギやイタドリなどの種もまいた。ひと冬過ぎ私たちの心配をよそに笹は急斜面に根を張っている。また柳の目串も新芽を出し、ヨモギも生えている。

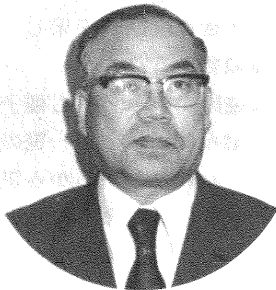
一方、張芝部分は凍上現象でかなりの被害が出た。従来、緑化といえはなんでも緑になればよいという考え方があるようだが、特に自然保護の意味からは生態系を変化させない配慮が肝心である。今回の試みは環境破壊を最小限に抑えるささやかな思いやりのつもりである。特に山中での工事で法面はすべて芝を用いる方法は考え直してもよいのではなからうか。ササはもちろんヨモギやイタドリ、ススキ、ヨシなど、土木材料として防災的な効果を発揮できるものは多いと思うのである。

国の4分の1が海面下にあるオランダでは干拓地に一番先にヨシやアシを植えて、これが何百年もかかって土壌を造るのを待つとい

う偶話を聞いたが、いまでは運河の水辺まで牧草地帯、菜園地帯として緑におおわれ、工業地帯においては「緑の壁」と称して緩衝緑地帯が住宅団地やリクリエーションゾーンを厚くさえぎっている。あまりみごとな樹林なので植樹したのかと聞いたら「海に樹は生えてなかった」という言葉が彼らの緑化に対する自信のほどをうかがわせている。貝殻混じりの細砂に無雑作に植林したり、芝を張ったりしているが、彼らの秘密はコンポストにある。

わが国でもようやく下水汚泥や家畜し尿の利用が叫ばれ出したのは、遅きに失した感がするけれども、緑化を推進する上からも喜ばしいことである。

開発は、いかなる理由によっても自然保護に優先するものでない。われわれは今後、いかに調和した開発をすすめるべきかを真剣に考えることが、美しい日本をいつまでも後世に残すことになるのではなからうか。



異常寒波と暖冬異変

小樽市公営企業管理者

小黒徳男

2月も半ば頃は新年度の予算の編成、ヒヤリングも終えて、議会提出用の印刷のため議会の開始までちょっとしたゆとりがある。冬とはいえ日当りのよい局長室は暖房のいらないくらい暖い日もある。窓辺の鉢植がとても気持ちよさそう。先日依頼された一文をなんとか責任を果すべくぼんやりと構想を練る。前に2回ほど投稿しているはずであるが、職務もその時々で変っている。今度で終りだなどと呟やいてみた。

北海道に住むものとして、いま頃の季節に

はどうしても冬のこと、寒さのことがいちばんはじめに気付くことは自然の成行きであろう。2月4日は立春といっても名ばかり。例年でもこれからが本番といえる。暖冬といわれた年ほど、この2月は要注意とされている。

冬ともなれば寒さ暖かさで一喜一憂というべきと思っていたら、立場の逆な人もいて一憂一喜となるから面白い。昨年、異常寒波にさんざん傷め付けられて、苦い経験を持っている市民も水道担当者も、今冬の当初は打って変った暖冬に、やはり寒さも1年ごとな

Essay

な、との感じでこれが当然と思っていた。寒波は北海道に住むものとしてあたり前のことであり、冬に寒波がなければまた暖冬異変と騒ぐことになる。異常、異変と名が付けばやはり日常生活も狂いだす。異常寒波とは、決った定義はないようであるが、通例として20～30年に1回の割のものをいうらしい。一度マスコミさんが記事にするとその時点で通用語となる。今年もまた昨年のような異常寒波がきた時、この定義らしきものはどのように表現されるだろう。2年連続の異常寒波という表現になる。これが来年も続いたらまた3年連続の……。ついには巷間ささやかれている小氷河期がくる前兆となるのであろうか。

昨年の暮れには北海道でも雪のない正月を過ぎたところが多く、スキー場で雪乞いをしたら、雨が降ってきてなげなしの雪をすっかり融し去ってしまったとか。神様は雨乞いと感違いしたらしい。千歳で飛行機を降りたスキーヤーがどこにも雪のないのを見てびっくり。スキー場経営者はすっかり悲鳴を上げてしまった。喜んだのはもちろん道路担当者で、除雪費がいらぬよりは市民から苦情のないのがなによりである。水道担当者も同様である。このままでは済むまいと思いつつも、いままでは寒波がこなかっただけでもうけもの、心配なのは積雪のない時に極度の寒波がくると被害が一段と大きくなることである。

果せるかな1月21日、道東地区帯広市周辺に地区史上最高の88cmの降雪量を先払いとして、2月中旬まで1ヵ月間昨年に劣らぬ異常寒波が襲ってきたのである。昨冬戦後最低の-40.8℃を記録した日本の寒極地^{モジリ}母子里では-41.2℃と記録を更新している。(ただしこれは非公式記録)、日本の最低気温の公式記録は明治35年1月25日の旭川市で記録された-41℃、この日は昨年映画化されて話題となった「八甲田山」で陸軍の歩兵連隊が雪中訓練で200人近い兵士が凍死した日でもある。非公式記録としての最低は昭和6年道北の美深町の

-41.5℃ということである。これとは比べものにならないが、2月17日小樽地方でも-17.2℃で小樽測候所開設(昭和18年)以来2番目の記録となった。異常寒波といわれた昨年の最低は-14℃である。道内でも暖かい地方といわれる浦河地方でも、真冬日が連続27日間で浦河測候所開設(昭和2年)以来50年振りと新聞は報じている。

今年は寒波ばかりでなく豪雪も伴った。2月2日夜半から3日にかけての降雪は道産子の私にとってめめずらしい体験であった。この日私は所用のため車で朝7時半頃家を出て札幌に向っていた。9時半からの会議なので十分余裕を持っていたつもりが、降雪による思わぬ車の渋滞のため遅れに遅れた。大粒のフワリフワリとした雪が一寸先も見えぬくらいに間断なく落ちてくる。吹雪で前が見えなくなることがあるが、これははじめてである。道路は雪の洪水だ。いや洪水か。予定より倍以上の時間がかかり会議には遅刻した。午後帰りは晴れるものとたかをくくっていたらまだ止みそうにもない。車のラジオは休みなく交通情報と気象状況を流している。空港の閉鎖。鉄道の運転中止。高速道路では追突事故のための死傷者、道路の閉鎖。これから通ろうとする道路もただいま事故発生、道路は閉鎖されましたというニュースも飛込む。降り続く雪で札幌地方の積雪は史上最高に近く、さらに降り続く模様とか。札幌間であるからなんとか通り抜けてきたものの、これが峠道でもあったら事故か車もろとも雪埋めの運命かといまさらながら大雪の恐しさも味わった。結局この日は千歳の飛行機の発着ゼロ、鉄道は空前の大混乱、さしもの大札幌市も雪まつり中であつたので除排雪を自衛隊に緊急要請した。家庭でも屋根の雪下しに慣れぬ労働にギックリ腰。これまで「お早よう、」今晚は、と仲のよかつた隣人も雪の処理のことで仲たがいもおこる。寒さのため夜を徹して石油ストーブをたき続けるから火災の発生率も

随筆

高くなり、焼死者も増嵩。空気の汚染にも拍車をかけ、環境基準も破られ健康にも重大な支障になる。生憎ソ連カゼの流行で臨時休校も相次ぐ状況に内科、整形外科、薬屋さんは大はやり。こんなような中で、空き巣の犯罪が3割ほど減ったという面白い報告もある。これは昨年の冬の記録であるが、大雪、寒波続きで住民が家に閉じこもり、戸締りもしっかりしていたので泥棒さんもさすがにまいっらしい。また昨年からの寒冷のため海流に変化があり、幻の魚といわれて久しい鯨の回遊に期待がもてそうともいう。

最近の異常気象は世界的規模でおきておりもう先を予想するのは至難のわざ、これからながおきてても不思議でないといわれ、本当に物騒な世の中だ。冬の異常寒波と夏の異常猛暑、この寒暖の差で地殻に変動をおこし、招かざる客の大地震も近いとか。北緯35度線の中国河北の大地震、伊豆の大地震と続き、最近は宮城沖地震と北指向の傾向がある。観光と流行歌の北指向は歓迎するが地震はお断りしたい。

以上、情報に関する大部分は最近の新聞、週刊誌の記事のつぎはぎである。

怖いものの代名詞、地震のことはこれ以上深入りすることはやめるとして、家内と話題がたまたま「三寒四温」のことになった。私は単に「寒さというのはそんな長く続くものではなく、せいぜい3日続けば4日間は暖くなるのだ」と。一方家内は「3日間寒さが続いて後に4日間暖くなり、1日1日と暖かい日が多くなり、春が近づいてくる」と。どちらが正しいかと百科辞典を開いて見たら、「中国北部や朝鮮方面でいわれる天気の俚諺で、冬に寒い日が3日続くと、その後4日温暖な日が続く、合計7日の周期で寒暖が繰返される」とあった。実質上は私の解釈が正当に近いようであった。家内はたしかに女学校の頃国語の先生が教えてくれたことをはっきり覚えていた。伯父、叔父の使い分けと三寒四温

だけは自信があったという。「その証人の先生はもうすでに亡くなったしね」と。先日偶然かテレビのアナウサーが「三寒四温といいますが、春も近づいたような気もしますね」家内が台所から飛んできてお互い顔を見合せ、また議論のぶり返しである。たしかに2月末から3月ともなれば春を待つ気持は北国の人であれば誰しもである。三寒四温という言葉に早く暖くなってくれればよいとの願いと情緒を込めた方が、むしろ日本的解釈として心温まる。ただし、12月初冬にこれをいっても実感は湧きかねるが……。

損する人がおれば、得をする人もいるのがこの世の慣しであるが、寒波寒波と水道の凍結とその修理費に嘆いた人があれば、それを修理する業者は忙しい忙しいと寒さも忘れ、仕事に忙殺される。冬眠状態であった土建屋さんもこの時ならぬ天の恵みの大雪に除雪の注文を受けるのに大忙し。本州地方の積雪のある水道事業体では寒波大雪による修理費や凍結防止のための出し放し、融雪のための水道の使用量の増加のため思わぬ増収となることもあると聞く。日本全国で雪の降るのは国土全体の2分の1、そこに住みついている人間の数は5分の1である。寒波大雪のため思わぬ出費を余儀なくされる地方と、増収にほほえむ地方との違い。表面きってこの差異を主張して見て、どのくらいの人がいままで真に理解してくれたであろうか。たしかに観念的には誰も否定もしないし、理解してもらえるが、その真実はその現場に入り込んだものでなければとてもわからないことが多いのではなかろうか。これからの寒冷地の水道を担って行かれる技術屋さんは建設畑だけでなく給水業務、維持業務もぜひ一度体験されることを望みたい。きっと水道哲学的なものも併せ収穫があると思うが、どうであろうか。

雪はもちろん益もある。むしろこれを利用した生き方こそ生活の知恵のひとつでもある。全道各所各種の雪まつり、ウィンタースポー

Essay

ツのスキー、スケート。スキー場にいたっては夏のゴルフ場と同じように年々増設されるし、利用する人も増えている。スポーツは元来見る楽しさより自分で実際やることは、それがたとえ下手でも上手になる望みもあるし、努力の仕方もあるし、その楽しみは数倍であろう。

私の冬のスケジュールは異常寒波にも暖冬異変にも関りはない。日曜祭日は他人をあてにせずスキーをかついで1人で出かけることにしている。ハイヤーを利用することはない。これはケチなためではない。バスを利用し、降りてから15分くらいハアハアいながら山道を登る。これで準備運動も完了。普段の運動量の不足を一気に晩回せんとしての気持でもある。帰りのバスでは今日もケガもせず無事で終わったという緊張からの解放感もまた爽やかである。こんな私でも日曜日1回か2回

ご無沙汰するとやはり出かけるのが億劫になるのはいなめない。これが年とは思いたくないのだが……。北海道の積雪寒冷の地に骨を埋める心積りでいるならばずっと冬は楽しく過す工夫が必要だからである。

私と長女(23才)、長男(20才)とは夏のプロ野球(3人とも巨人)、冬はスキーのことで話題が一致する。しかし3人のうちで誰れがいちばん上手かということになると意見は一致しない。No.1とやや確定しているのが長男でその後の順位が自薦、他薦で譲らぬ。いつも話題の外にいる家内が「それでは私が審判になるから8mmフィルムに収めてきてわ」という提案に衆議一決。期日は2月末の日曜日、決戦場所はニセコヒラフスキー場。遠山の金さんのような名判官でないのが気がかりだが果してどのような迷審判をするか。いずれにしても、これにて一件落着になりそうである。



宝を汲む

白石市水道事業所長

半澤 進

「なあーにをくむ、たからをくーむ。」何度も何度も繰返しながら、手桶に八分目くらいになるまで柄杓で凍るような清水を汲んできて、五穀の調理に用いられるのがお正月3ヶ日の風習であった。

それはまた、毎年お正月を迎えるたびに私に課せられた勤めでもあったようである。

まだ幼なかった頃で、早朝まっ暗な中を刺すような寒風にさらされながら裏の小川のほとりにある、靄の立つ湧水を汲みに行った。玉のような清水であったことが思い出される。

そして家が貧しかったせいか、お年玉をも

らうことがなかったかわりに、この3ヶ日の聖なる清水汲みが終ると、小正月の前の日に一升杓にモチ米と紙に包んだお金を入れてあるのを、伏せたウスの中から取り出してもらえるのが楽しみであった。

当時はなぜ一升杓にお金とモチ米を入れるのかはわからなかったし、いまま理解に苦しむが、新春はせいぜい厳粛なものとして3日間は他所へお年始のご挨拶にもいかず、家族みんなが普段着よりも上等の着物を着てなにもしなかった。したがって、前年暮のうちにお米を「とい」だり、薪を割ったり準備万端

■■■■■ 随筆 ■■■■■

整え、新春を迎えて1年の計を立てるのにふさわしい雰囲気をつくりだしていたようである。

ところで、お正月行事のひとつである15日の小正月には、その前日の14日にモチを搗き片栗粉のうえで熨斗モチにして菱に切ったものと、米の粉を練って丸め「だんご」をつくり、それを蒸して大きな株になったものほどよいといわれる「ミズノ木」や、「やまが」、「かえで」などに刺し、採色されたいろいろの形のせんべい(私どもは「からからせんべい」と呼んだ)を糸でつるし室内を飾って喜ばせてくれた。

その頃は、現代のような玩具も遊びもなかったからことのほかうれしかったものである。

この日に搗くモチ米が一升枧の中味であり、前述したように私のお年玉をこの日にいただくことになるわけである。

いくら入っていたかは残念ながら記憶にないが、銭単位で暮していた当時のことでもあり、おそらく僅かであったろうと思うが、幼な心にも働いて報われたという気持で人一倍うれしかったことは間違いない。

お正月が過ぎ、田畑もぼつぼつ忙しくなって、文字通り朝に星をいただき、夕に月影を踏んで帰る苛酷な農作業がはじまると、私どもも小さな手でできる範囲の家事の手伝いをしなければならなかった。

両親や祖母などが帰ってくるまでに風呂に水を汲んで沸かしておくことなど日課のようなものである。

いまでこそじゃ口をひねれば雑作もなく風呂にお湯がでるきわめて便利な設備となったが、当時は桶屋さんが作る竹の「たが」でしめた手桶を両手にさげて、10回近くも井戸と風呂の間を往復しなければならなかった。

風呂もやはり木造りで高さも相当あり、私どもにとっては縁が首のあたりまでであった。したがって台を備えて手桶の水を入れたものであるが、時々この風呂の縁に手桶を引っか

けずぶ濡れになったこともある。

ただ、水を汲むのだけは底まですきとおって見える雑用の溜井に手桶を入れて汲上げてくれるだけで簡単であったし、汲上げたあと溜井は澄んでいて濁るということはなかった。相当水量が豊富であったからである。

暑くて鳴くのではないだろうが、カエルがにぎやかになる季節になると子供にとっては裸の天国であった。頃経たおっかさんさえ恥らいもなく垂れ袴(私どもは幼い頃、堆肥を運ぶためナワで籠のように編んだものの底を結び、馬の背に振分けにして取付けた運搬用具をそう呼んでいた)をぶらんぶらんさせているのどかな風景が見られたものである。

学校が終業時になると、待ちかねたように一目散に家に帰り、カバンを玄関から投げ捨て近隣の溜池や小川へ飛込んだ。清澄の冷水はなににもたとえようのない気持ちよさで、唇をぶどう色にさせながら泳ぎ回ったものである。毎夜のように親父の雷が落ちてても明ければケロリと忘れて次の日も、次の日も出かけたことを思い出す。いまはこの小川もあの溜池も、とても泳ぐことはおろか、足を入れることさえできない。流水が少なく濁って底などどうも見てい見ることができないからである。

秋雨がシトシト降って水量が増し、冷たい風が吹き氷滑りができる頃になると、また「なあーにをくーむ、たからをくーむ」の季節が近づきウスの中のお年玉をいただくことを楽しみになん年か繰返してきた。近年はその仕草も変って遠いむかしである。

現在は、せちがらい世の中を「フルスピード」であまり遠くないところにさしのべられているお迎えの手をつかみに突っ走っているようなものである。

人生も下り坂になると水流のように早く、昨年4月突然水道事業所へ着任したと思ったら早くも去年になってしまった。私も人の子、体裁よくも全体の奉仕者としての誓いをたてて地方公務員になったものの、心の片隅では

Essay

やはり食うための生涯の仕事としてとらえ、行政という「サイクル」の中であらん限りの精力を傾注してきたつもりである。若さにまかせてガムシャラに取り組み、時には後悔先に立たずもあったようである。

ここへくるまでは、ほとんど事務系統の地方自治であり、現場仕事はまったくの素人、それも公営企業というひとつの経営体の中に飛込んだのであるから当初はまったく途方にくれた。

水商売はいかにして成立つか、小学校1年生以下の幼稚な出発点からの出直しみたいなものである。

血のめぐりがおとろえている脳細胞には専門用語がわからないし、ましてや地方自治法がこびりついているところに企業経営をつめ込もうとするので、なんとなくこんがらがってしまふ、早く順応しようとするほどなんともむつかしいものである。

損をすることもできないし、儲けることもできない、商売に課税がないものの株主である水道利用者にあらざらば公表しなければならぬ義務が課せられている。そして帳尻を見ると、年々水が足りなくなっていく、いままでも自家水井や簡易給水施設によって賄っていた行政区域内の住民も水道の恩典に預かろうと希うこと切なるものがあるようである。隣りの家は給水区域内にあって清浄にし

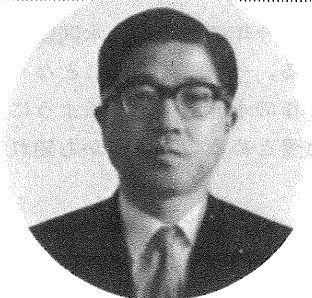
て豊富、低廉な水を断つことなく「サービス」されているのに、その隣りは給水区域外であるばかりに不自由を忍んで暮さなければならない。水のないのはお金や食べ物がないより苦しいと隣りの人は嘆く、これはなんとしても満たしてやりたいと思うと、身を切られるようである。

往時の清流や昏々と湧く泉は願うべくもないが、霊峰蔵王山麓にはこの街の水道を賄ってなお余りある湧水が散見できる。距離はだいぶ遠いし、灌漑用水として利用している水利権者が頑としていたことも事実である。むかし川中島で有名な上杉謙信は、敵である甲斐の武田信玄に塩を贈ったという。感傷的かも知れないが、そのことを思えば同じ市民の枯渴を救うためになんとか割愛できないものだろうか。「宝を汲む」ため誠意をつくして口説く年になりそうである。

可能となれば多分至難な工程や相当の経費が必要となるであろうことは間違いない。

そうなれば企業の経済性などクソ喰えと叫びたくなるが、そうもいくまい。追いつめられている水は、随所に連鎖反応を示す深刻なことである。

本年7月、日水協東北地方支部総会が本市で開催される光栄に浴している。ぜひ一言と依頼されてなんとも格好のつかない「綴り方」となったが、ご容赦賜りたい。



雪に思う

東京都水道局給水部長

柳瀬 晃

今年の正月3日は、雪で明けた。2日夜半より降った雪は、東京地方の3ケ日の記録で

はめずらしく、昭和46年以来のことで、21cmの積雪であった。正月のまとまった休みをゆ

随筆

つくり朝寝坊した目に、銀世界はまぶしいようであった。さっそくスコップを取って雪かきなどをしたが、なんとなく浮き浮きした気持を味わった。息子には子供のようにハシャイでるとからかわれたものであった。

私は、富山県の生まれで、どうも正月に雪がないのは、それらしい気分がしない。子供の頃は、暮れに朝早くおきて正月用の餅つきをする時には、外は雪景色であったように記憶している。最近では田舎の方も、暮れに根雪になるようなことはなく、また正月3ケ日でも雪のない年が多いようであるが、暖冬の傾向なのであろうか。東京に出てきて30年にもなるが、やはり正月には雪があった方がなんとなく落つく。

昨年は比較的降雨に恵まれ、多摩川、利根川系の貯水量も順調で、制限給水などの心配

のないよい年であった。しかし、東京の水事情は毎年が厳しさの連続で、特に、昨年配水量の増加傾向を考えると、これからの1年1年がますます心配される。新しい年にあたって、今年もどうか水の心配のないような年であってほしいと祈らずにはいられない。3日の降雪は、その意味で子供の頃の思い出とともに、二重になにか心はずむ気持ちにさせたものと思う。

ところが、現実はなかなかそのようにうまくいかないようである。過去の降雨量の記録を表に示すことにする。最近の資料で、東京地方の3ケ日の積雪、1月の雨量、年間の総雨量をまとめたものである。特に、東京の水事情に関係するのは、多摩川水源地方（小河内流域）なので、それを加えた。

東京地方、水源地方降雨量

単位 mm

	東 京		水 源 地		
	1 月	年累計	1 月	年累計	
大正15年	7.3	1,176.8	18.1	1,074.5	代表的渇水年
昭和15年	0	1,094.4	1.6	1,060.0	〃
〃 39年	148.3	1,138.9	93.3	1,204.2	〃
〃 46年	32.0	1,439.0	16.2	1,322.0	東京地方3ケ日の降雪量6cm
〃 47年	113.5	1,627.5	127.8	1,887.9	利根川系取水制限の年
〃 48年	136.0	1,149.5	118.9	1,196.0	〃
〃 49年	29.0	1,592.0	23.4	2,074.1	最近多雨であった年
〃 53年	25.0		21.3		東京地方3ケ日の降雪量21cm
平 均	48.0	1,511.9	41.6	1,623.2	大正14年～昭和51年の平均値

最近の例では、東京地方で3ケ日に降雪を見たのは昭和46年と今年のみである。昭和46年は東京地方、水源地方とも1月の雨量も年累計雨量も平年を下回っている。昭和49年は最近では比較的多雨の年であるが、1月の雨量は平均をかなり下回っている。また昭和48年は、1月の雨量はかなり多いのであるが、年雨量は相当に少なくなっている。

以上のように、正月3ケ日の状況、1月のそれを見て、1年を判断することは大きな誤

りである。むしろ今年の場合も、水問題は長丁場の勝負である。一喜一憂することなく、十分注意して1年の水運用にあたるようにという天の啓示と受とめるのが本当かも知れない。

それにしても、いつも思うのであるが、もうすこし長期的に降雨の予想ができないものかということである。少なくとも、各月の降雨量が推定されれば、毎日の水運用がきわめて円滑に行えるわけである。かくして貯水池

Essay

の貯水、放流の計画がムダなく行えるわけである。現実にはほんの短期の天気予報によらざるを得ず、このための手戻りが生じてしまう。これも仕方のないことで残念である。

今年の正月の雪が、今後どのような1年を

象徴しているのかわからない。いずれにせよ今年もまた内外ともに厳しい年であろうが、なんとか、せめて水事情だけでも順調に推移してほしいと祈ってやまない。



鉄管と私

東総広域水道企業団企業長

柳瀬広雄

水道鉄管と私との出会いは、約40年前のむかしにさかのぼる。（ここでいう鉄管とは、規格のような厳密な技術用語でなく、通俗的な言葉に解していただきたい。）

私は昭和11年12月に、東京都水道局拡張課の臨時工手を拝命して、第2鉄管工事掛りに勤務した。この掛りは配水小管と区別されていた呼び径350mm以下の配水管の布設を行う掛りであって、後に第2工事掛りと改称されてからは、それ以上の呼び径の配水管の布設も担当するようになった。

第2工事掛りは、掛長以下300名くらいの大世帯であって、現在の組織からいえば部ぐらいの人員を擁していた。当時の掛長は三輪時三郎さん、工事主任は小林芳之助さんで、後に伊藤克己さんに代られたと記憶している。

私の勤務場所は、淀橋浄水場構内の西北隅青梅街道成子坂寄りにあった淀橋詰所であった。（現在の新宿副都心の三井ビルあたりにあたるであろうか？）ここではじめは受託工事といって、電話のマンホールや電柱の障害になる配水管の切回し工事の竣功図書きや精算をやらされた。

間もなく目黒駅から権之助坂を下った目黒川のほとりの下目黒の現場に移ったが、その

現場が大森区の堤方町の大森詰所となって、そこに変わった。大森詰所の管轄区域は、渋谷区以南の目黒、荏原、品川、大森、蒲田区の区域の配水管の布設で、いくつかの工事現場が散在していて、それぞれ工事担当員が工事現場を受持っており、それを大森詰所が統括しており、主任の工事担当員は木村孝太郎さんであった。

当時、東京市の水道は市域の拡張（昭和7年～11年）に伴って新市域で経営されていた江戸川、荒玉、玉川など多くの町営、組合管会社営の水道を吸収合併し、その区域の配水管の拡充を応急拡張事業として行っていた。私たちの仕事はその応急拡張事業の配水管布設工事が主な仕事であった。

配水管はもちろん、高級铸铁管、ソケット継手であった。HCと記号したり、セミスチールと呼んでいた。

材料置場から現場への運搬は1.5トンか2トントラックで行っていた。

管の布設工事は直営方式で、供給人から人夫（土工）の供給を受け、職工という職名の配管技術工のもとに布設工事を行った。職工は職場の華というべき存在で、管の据付け、接合切断などに名人芸を競い合っていた。

■■■■■ 随筆 ■■■■■

接合のため7つ道具もファイヤポット、鉛鍋、クリップ、シヤコマン、麻打、鉛セットダイヤタガネ、パチタガネなど数多く、工事詰所にはフィゴが置かれていて、ダイヤタガネ、パチタガネなど、いつでも使えるように自分たちで修理していた。したがって一人前の鍛冶の技術が必要であった。

両挿口管(両切管、乙切管)をボウズ、継ぎ輪をサンプル、曲管は90度を4ブン、45度を8ブン、乙字管をトラなどと呼び合っていたがもうこのような技術を持つ配管技術工はいなくなっている。

昭和15年9月、私は仲田聡治郎さん(当時拡張課長)のお世話で、東京市水道局を辞めて社団法人水道協会に勤めた。

当時の水道協会は水道橋ぎわの本郷区元町(現在の全水道会館)にあった。元通信社の出物を買収して事務所にしたということであった。

組織は、総務、調査、検査の3部に分れており、総務部長は西川武雄さん(元東京市収入役で、建設省河川局治水課長、経企庁審議官をやられた西川喬さんの厳父)、調査部長は草間偉先生、検査部長は西大條覚さんであった。西大條さんは、私が入ってから間もなく辞められて、仲田聡治郎さんが就任した。

当時の検査部は、久保田鉄工(株)隅田川工場、日本鋼管(株)、川口市の永瀬鉄工所(荒川大橋のたもとの厩)に検査員が駐在しており、大阪と満州に出張所を持っていた。

隅田川工場に小林真三男さん、日本鋼管には青木盛之さん、永瀬鉄工所には東條仁平さんがそれぞれ駐在所長をしておられ、その下に5~6名ぐらいの検査員が常駐していた。

私は、はじめは東條さんの下で川口市内の工場のバルブ、消火栓などの検査に従事し、次いで青木さんの下で日本鋼管(株)で鋼管、浅野造船(株)で大口径鋼管、日本ヒューム管(株)でヒューム管の検査などに従事した後、

久保田鉄工(株)隅田川工場で铸铁管類の検査に従事したが、この期間がいちばん長かった。

隅田川工場は以前は、(株)隅田川精鉄所であったのを、久保田鉄工が昭和13年に合併し隅田川工場となったもので、白鬚橋^{ヒゲ}のたもとの隅田川沿いの向島区寺嶋町にあり、米田健三さんが工場長をしていた。戦後、船橋に工場が移転してから東京都に買収されて、現在は避難広場となっているそうである。

铸铁管の直管と異形管のほかにインゴットケースがつくられていた。铸铁管はもちろん高級铸铁管で、ズク(铸铁のなまこ)にスクラップ(鋼くず)が加えられてつくられていたが当時のスクラップはほとんどアメリカからの輸入であるということであった。直管は立吹きで、大きな回転円板台の外周に沿って、筒形の金型が縦に取付けられて製造されていた。

私たち検査員は、铸造された直管を1本ごとに外形寸法の検査の後テストハンマーで丁寧^{ニヤ}に叩いて、ピンホール、砂喰などをチェックの上、水圧検査を行っていた。それからコールタール焼付けをして完成であった。

昭和18年4月には調査部に変わり、受託設計の業務に従事したが、これは首題と関係が少いので省く。

終戦の年の昭和20年11月に、郷里の隣り町である銚子市役所土木水道課に就職した。はじめは戦災復興都市計画の仕事に従事していたが、昭和23年9月から水道の仕事をするようになった。

銚子市は、県下で千葉市に次いで昭和8年に市制をしいた都市であるが、水道も県営水道に次ぐ規模で昭和12年から13年にかけて創設されていた。しかし、規模が計画1日最大給水量4,500^m3(現在は7万9,500^m3)で、現在の規模から比べると、まことにチツポケな水道であった。

水源は深井戸で、当初の見込みに比べて湧水量が減退しており、1日取水量2,500^m3程度で、戦後から1次拡張事業で水源を河川の

Essay

表流水取水に切り替えた昭和29年頃まで午前中4時間、夕方4時間の時間給水しかできないまったくの断水水道であった。一以上は余談として一。

ここの水道の導水から送水、配水管類は、呼び径400~300mmは高級铸铁管、250mm以下は石綿セメント管であったが、铸铁管は両挿口の坊主管で、継手はギボルト型のサイトウジョイントといって、铸铁のフランジ、スリーブとゴムとボルトで接合する継手であった。

当時の各都市の水道鉄管がソケット継手を使用していた時代に、このような継手の鉄管を採用した創設時代の方々の英断に敬意の念を抱いた。河野愛香さんが顧問で、鈴木三郎さんが水道課長であった。接合作業もソケッ

ト継手から比べて簡単で、耐漏水性も高かった。有収率も良好で、現在でも90%以上を維持しているのはこの辺に原因がある。

昭和36年以降の拡張工事にはメカニカル形ダクタイル鉄管(モルタルライニング)を使用したが、このことは後にゆずる。

本稿をご執筆いただきました柳瀬広雄様は4月18日に急逝されました。
謹んで哀悼の意を表し、心からご冥福をお祈り申し上げます。

地下水論議



一宮市水道事業等管理者
野村孝治

水道水や工業用水を地下水に求めているところは現在でも日本全国数多く、その量も無視できないものである。それがため地下水の汲み揚げ過剰による地盤沈下の問題が論ぜられ、今日なお規制の方法が話題になっている。

わが市(愛知県一宮市)も水なくしては成り立たない繊維産業都市であるが、生活用水としての水道も一部県営水道(表流水)の受水を除いて大部分を地下水に求め、約20ヵ所の深井戸から揚水している。

ご多聞に漏れず、当地方も地下水の規制については従来から種々問題にされてきており昭和34年に対策協議会を設置して研究をはじめ、特に昭和40年頃からは地下水の自主規制

を行い、昨年頃まで地下水論議を真剣に戦わしてきた次第である。

しかし、昨年から愛知県公害防止条例に地下水の規制措置が盛り込まれたため、自主規制の意味もなくなり、対策協議会もその活躍を停止するにいたった。

そこで、地下水の論議について絶えずひとつの真理を求めているにもかかわらず、時代とともに(わずか20年余であるが)こうも論議の方向が変わるものか、一人言を述べてみたい。

まず思い出すのは、当地方の地下水位がどんどん低下をはじめた昭和30年代後半のことであるが、地下水利用者(工場経営者)に私は「このままでは地下水の汲み揚げを規制しな

■■■■■ 随筆 ■■■■■

いと約1,000本の井戸が存在する当地域(尾張西部地域と呼んでいる)では地盤沈下はともかく、遠からず地下水量の減少や、井戸への砂の混入などの問題が発生するだろう。」と説き、また新聞などにも私どもの調査した概要や意見が時々掲載されたのに対し、事業者側は「そんなに神経質になってもらっては困る。現実はまだいい水が出ているし、すぐそばの木曾川の清流で地下水は涵養されているのであなたのご意見はご意見として聞き参考しておく。」などと嫌われたものだ。事業者側のこの理由が成り立てば地下水位は下らないはずなのに……、いやはやまったく深井戸の水利がわからないのも甚だしい。その説明に苦労したものである。

とやかに論議されているうちに、通産省の指導もあって昭和40年から揚水規制を自主的に実施したのであるが、その方法の一例としては、当時地下水位の低下が進行しているにもかかわらず、既設の井戸よりある一定の距離を隔てた場所での井戸の新設は差し支えないと理論的に裏付け(?)し、承認したのであるが、井戸がいくつも存在し競争して揚水しあう限り、ある程度離れていても間もなく互いに干渉しあい、地下水位の低下を促進して行くことに当時大部分の人が気付かなかったのである。(放任よりはいいが)

もうひとつの例は、昭和30年代から昭和40年代後半まで既設井戸よりも深い井戸を掘って滞水層の異なる場所で揚水するならば支障ないだろうと考え、そのように実行し(井戸の新設を認め)、PRし、当座はそれでよかったが、事実可能な限り新しい滞水層の水を揚水しても、その水位は2、3年後に上層水と同じ速度でどんどん低下しはじめ、安定しないまま今日まで続いている。この理論も現在ではまったく見当違いということが立証されるにいたった。

というのは、むかしから木曾川の付近に栄えた工業地域として現在まで地下水の汲み揚

げを続けている当地方では、地下深くまで砂質混り土壌が多く、いわゆる完全な粘土質の不透水層が少ないため、地盤沈下がおきにくい代りに過剰揚水により水位の低下に比例して上層の水がわずかながら徐々に下層へ浸透して行く、ということが最近になってわかったということである。その結果として地下深いところにある良質な水は汚染の危険にさらされた浅い地層の水の混入が余儀なくされているということになった。要するに教科書通りの地層(完全な不透水層)ではなかったということである。

また、最近のトリチウム検査によると、地下水の涵養は一朝一夕にしてできるものではなく、当地方の在来の深井戸の水は20年ほどいやそれ以上も前にできたものを今日飲み、また使用していることもわかり、地下水探索に確実性を加えてきた。

まことに自然(特に地下水)というものは長期間かかって貯えられ、使い過ぎれば微妙に悪化して行くものであるということを実に知らされた次第だ。

しかし振り返って見ると、当時の学者の論文や当地方の地下水を研究してくれた人々の報告書によれば、われわれの地域ではまだ当分は既存の井戸を減らさなくてもいいし、上手に求めれば新しい井戸を掘ることができるという期待感の持てるものばかりであり、われわれも地下水位の低下が続いていることを知りながら半信半疑でそれにしがたってきた。

その間に病魔が人間の体をむしばむごとく問題が進行していたことになり、今日にいたって広範囲にわたる県の規制(ここにも論議のつきない問題はあるが)の必要が生じたのであろう。

人間の頭脳はひとつひとつの事実と遭遇するとその都度これが真理だと叫んでは失敗することが多い。そのため進歩するのも知れないが、すべての問題は簡単に論じ、簡単に決定してはならないような気がする。しかし

Essay

適時適切に処置して行くことも必要である。

水商売(?)をしている限り地下水論議は今後も続けて行くことになるだろうが、地下水に限らず世の中のことは明日のことを考えて研

究し、対処しないと失敗する危険性がある。という私こそ判断を誤らないよう、頭をもう一度叩き直して勉強することが必要だ。



地方支部総会を 迎えるにあたって

福井市水道部長
山崎 啓二

本年6月1日～2日にわたって、日本水道協会中部地方支部の総会が福井市で開催されることになった。開催地として非常に光栄である。いまから会員諸兄の多数ご来福を心よりお待ち申し上げる次第である。また本総会が当面する水道事業の諸問題解決のため、実り多い会になるよう関係者一同甚だ不馴れではあるが、誠心準備をいたす所存である。なお生憎と全国水道週間と重なりご迷惑をおかけすることもあるが、近年当総会の開催が6月下旬などで天候に恵まれなかったように思い、早期にと思案いたしましたものである。

ついては、簡単に「ふくい」市の沿革と近くの名所地をご紹介申し上げ、ご来福の折りにはご案内いたす予定である。

福井市は福井県の北部にあり、市制実施は明治22年(1889)で、面積は339.24km²である。市の西方は国見岳をへだてて日本海に面し、海岸線は越前加賀国定公園となっている。北方には坂井平野が拓け、東方は吉野岳を越えて永平寺町、勝山市、大野市などの奥越山地へ連なる。南方は鯖江市、清水町などに隣接している。市内には九頭竜、足羽、日野の3大河川が流れ、その良質な伏流水は市民の飲料水のみならず広く工業用水として利用され近年まで織物の街としての福井の名声に寄与

した。市の人口は23万3,942人、世帯数は6万3,439世帯となっている。(2月1日現在)

歴史的な発祥は、26代継体天皇(507～531)が男大迹(おおとの)皇子として在住された頃九頭竜、足羽、日野の3大河川を治水して開拓したことにはじまると伝えられている。「北ノ庄」の名で城下町として栄えるようになったのは戦国時代柴田勝家の天正年間(1574～1582)の頃からで、その後徳川家康の二男秀康が慶長6年(1601)当地に封ぜられてから、松平藩が17代にわたって藩政を行った地である。今当時の面影を偲ぶもの、第1には「福井城跡」、第2に「芝原用水」がある。

福井城は、慶長6年福井藩祖秀康が6ヵ年の歳月をかけて造りあげた城である。ここに天守閣をはじめ月見櫓など3つの櫓がそびえていた。天守閣は白壁の四層五重で、高さは12丈7尺5寸(約39m)、朝日に美しく輝いていた容姿はさぞ圧巻であったと思われる。

寛永元年(1624)三代藩主松平忠昌が、地名の北ノ庄を福井に改めたので城名も福井城となった。堀の石垣には笏谷石(しゃくだに)が使われ、当時の美しい姿はいまも本丸の跡が偲ばれる。芝原用水は、藩政時代から大正13年の水道布設までの約300年間住民は飲用に、市中を流れる当用水を使用していた。藩では

随筆

「用水奉行」を任命し「御用水」と称して「触書」、「御達」などの規定を設けて組町1組ごとに樋口4寸4分の木管で取水させていた。住民は「御用水を頂戴する」といい、使用していた気持が理解できるようだ。

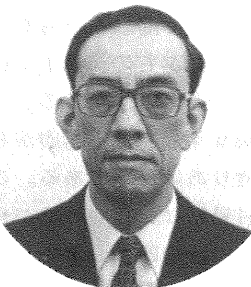
さて、市の東南約10km一乗谷は、足羽川の支流の一乗谷川に沿った南北に細長い谷間に位置する。ここに一乗谷朝倉遺跡がある。現在特別史跡に指定され保護整備事業が進められている。朝倉氏は天正元年(1573)織田信長のために滅ぼされた戦国大名であるが、文明3年(1471)朝倉敏景が越前守護職となり、居城を一乗谷に移し、この間京都との交流をはかり、その地は小京都ともいわれ、その洗練された文化的な生活は、現存する遺跡にもその面影を偲ぶことができる。遺跡の代表的なものとして朝倉館跡、諏訪館跡庭園、湯殿跡庭園、南陽寺跡庭園、家臣居館跡など数々におよんでいる。

次に足を東方の永平寺町に延ばそう。門前町を通り過ぎ、道路を登りつめると老杉の立ち並ぶ道を歩き山門に達する。永平寺は全国

に1万5,000の末寺と、600万の檀信徒を数え、わが国最大の仏教宗派といわれる曹洞宗の大本山で、その規模においてもまた日本随一の禅寺として知られているようである。

永平寺はいまを去ること730余年のむかし、寛元2年(1244)開祖道元禅師によって開創された名刹である。同禅師は当時求法のために支那(中国)へ渡り、天童山(浙江省)景德寺の如浄禅師という当代随一の聞こえ高かった高僧に師事して、いわゆる不惜身命的な修業を続けてついに禅の奥義をきわめ、無事帰国され、数年間京都におられ、その後越前の国に移られることになった由である。

寺の境内はおよそ10万坪、建物の数は大小合せて70余種、その数多い諸堂伽藍が大きな山の斜面に、ちょうど下から上の方へ向って這い上るような形で、幾段となく重なりあって建てられて、その中に七堂伽藍の偉容が望見される。いまなお深い白雪のうちにたたずんでいるが、みなさま方がご来福の時には、道中のあふれる新緑がお迎えることであろう。



びわ湖冬景色

大津市水道ガス事業管理者

影山 誠三

大空の星が凍りつくような寒い夜は、びわ湖を取り囲む大津の街の灯が1年中でいちばん鮮やかに映し出される夜でもある。小さくキラキラと光る星屑の中に、静かに寒の月がまるくまるく顔をのぞかせた晴れた夜の眺めは、なんとも神秘的である。冬の時期は大気中の不純物が風の流れですっかり吹き払われ湖面は月光に映えて街の灯が手に取るように

近く眺められる。幻の大津京といわれながらも、このほどの地下発掘調査で宮殿の柱穴、廻廊の跡らしきものが発見され、大津京跡は現在の「錦織地区」と断定されたその辺りを上って、比叡山ドライブウェイからのびわ湖は、冬の夜をいま深く、静かに眠っている。

現在は近畿1,000万の命の水がめといわれるものの、悠々と水をたたえてそこに都のあ

Essay



ったむかしながらの生活が、街のにぎわいが
つい昨日のように思われてくるのである。月
の輝く夜はむかしながらの自然をそのままに
戻す作用があるのだろうか。

びわ湖の兩岸の距離がいちばん短くて、約
1,350m、堅田～守山の地区に架けられたびわ
湖大橋から晴れた冬の日、比良連山に輝く白
雪を仰ぐのはなんとまた雄大なこと。

近江八景のひとつに「比良暮雪」といわれ
るのもむべなるかなである。暮雪とは夕暮れ
の太陽の光りが斜めに映えて、山々の雪に陰
影をつけている情景を指すものと思っている
が、空の色はピンクからむらさきに变化しつ
つ、やがて比良連山をつつんで暮れていく。
暮れなずむ湖上を走る漁船の数もめっきり減
ったが、この辺り「カモ」「かいつぶり」な
どの水鳥の楽園でもある。もう春だと思ふそ
の頃、突然の吹雪に山の姿もみえず、思わぬ
寒さに驚くのを土地の人々は「比良の八荒あ
れじまい」と呼んで冬の終りといひ伝えてお
り、ここにも自然そのもののふるさと山々
が、ずっしりと重く、手に取るように近く人
人を抱いているようだ。

びわ湖も北部となると雪が多く、いまでは
便利になって京阪神からの手ごろなコースと

して、湖西から湖北へとスキー場が賑わって
いる。びわ湖のいちばんびわ湖らしい眺めは
湖北からとよくいわれているように、湖上に
浮かぶ竹生島の辺り水深 100m、広々として
波もあり、湖といえど海の感じ。その辺りは
「風まだ寒き志賀の浦」と歌われた「琵琶湖
哀歌」で有名な四高生ポート遭難の痛ましい
思い出の場所でもあり、若い青春を惜しんで
いまでもひっそりと紅椿が花をつけている。
現在、国鉄湖西線が京都、山科から北陸へ抜
ける近道として、この山と湖にはさまれたわ
ずかな平坦地を走っているが、海津、大浦、
管浦とむかしからの湖上交通の港もいまは雪
の中をひっそりと眠っているようだ。この辺
り湖南では考えられない「ドカ雪」がアッと
いう間に降り積り、辺り一面を白銀の世界に
塗りつぶし、一部落が孤立するほどの豪雪と
なることがある。塩津浜の辺りに今年はず
かに流氷が見られたという。

賤ヶ岳の7本槍で名高い余呉湖はびわ湖に
は見られない水の深さが感じられる。この辺
りに陣を構え、雪解けを待って必死に戦った
強者どもの魂の色であろうか。

湖のまわりに雪をかぶった田圃のあちこち
には、取り入れ時の稲架かけに使う様(ハン)

随筆

の木が雪の白さと対照的に黒々とその幹を空に向かってコブシをのぼしている。けだし白と黒とで描いた湖北の風物詩である。

安土、近江八幡にいまもわずかに残る水郷のところで「ヨシ刈り」の知られるのも冬の風物詩のひとつ。背たけ以上に延びたヨシと独特の鎌で刈りあげていく作業は並々ならぬ重労働である。刈ったヨシを揃えて乾燥し、商品として出荷するまで手のかかる作業は続くが、若い後継者がなかなか見あたらないとか、ここにもひっそりと冬を生きる人た

ちの営みがあり、やがてくる春を待ちつつびわ湖独特の漁法である魩(エリ)を立てる作業が湖岸のあちこちに見られるようになる。

3月11日の湖水開きはもう近い。

びわ湖諸元

湖面積(水位±0m)	約680km ²
湖容積(水位±0m)	約275億m ³
湖岸延長	約240km
最大水深	104m
平均水深	41m



雇われママのぼやき

徳山市水道事業管理者

中島光哲

「水道事業管理者を雇われママとは、ふざけるな」と、多くの誇り高き先輩諸氏からお叱りを受けるかも知れない。もちろん、同じ水商売といっても、夜な夜なに華やぐバーの雇われママの哀歓と、水道事業管理者の苦衷が同質であるわけではない。が、それでもあえて私は水道事業管理者とは、雇われママのようなものと、よく自虐的な答えをするのである。

事業体の規模の大小や深刻の度合の差異はあるにせよ、水源対策、財政問題、料金値上げ、拡張計画、労務問題、それらを中心にした対議会等々を通じて考えさせられることはいつもこの雇われママ的苦悩を味わうからである。

特に、むつかしい労務問題は本県の場合、特有多様性が潜んでいるのかどうかは別として、隔靴搔痒のような重い心で日夜悩みあぐんでいるのが実情である。いまでは小生が県

内で最古参の部類に入っていることから、まさに夜の花の雇われママどころか、槿花1日の栄に終るはかない存在のようである。

株主総会である議会では、能率が悪い、人件費が高い、もっと合理化を、赤字けしからんと責めたてられる。料金値上げでもすると、なかなかスナリとはいかない。

料金改正、職員定数、予算等々の議会提案権をはじめ、指定管理職の任免等々、事業者である市長の調整権は、法律上も実務上も巨大である。そのうえさらに絶対的機能として議会がある。ことごとくに力弱き雇われママは嘆息が続きグチりたくもなるというものである。

たしかに、地方公営企業法、同労働関係法では、労働協約権やそのほかいくつもの権能はあるにせよ労使運命共同体でない、絶対つぶれない企業の、しかも当事者能力のない社長、それが水道事業者である。権能と責任の

Essay

アンバランス、特に労務問題についてはしかりで、これが雇われママ的悲劇性の大筋というわけである。

積年の苦勞で身につけた手練手管のママに劣らず、われわれもまた日夜顧客である市民に気を使い、株主総会の議会で生活の知恵をしぼりながら、気持よく働いてもらうためには従業員にも並大抵の気の配りようではない。

このことは、大都会の大キャパレーと田舎場末のバーの違いはあっても、雇われママはあくまで雇われママであって、それ以外ではないとすれば、いく分不遜のそしりを受けるかも知れないが、全国水道事業管理者の共通の哀愁といえるのではなからうか。

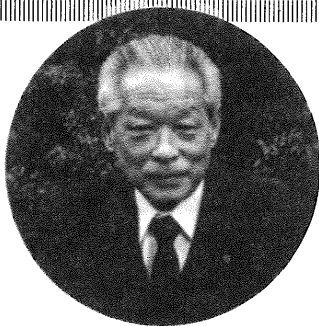
もちろん、大都会の洗練された質量と、田舎臭い行政技能とは大いに違いはあろうけれど、^レ感じ、るものが同じということである。

そんなことだから、先日も日水協の理事会で、田舎バーのママよろしく、はじめての発言がかねて不思議に思っていた会長不在の協

会に、すこしばやいてみたわけである。

いつも、ご奮闘中の岡崎副会長よりご親切な説明はあったものの、わかったようなわからないような気持ではある。あるいは、職員給与問題やそのほかの議題にしても、まったくの質疑なし、異議なし、アーわれわれの株主総会でもあんな風にいけたら本当にラクチンだかなーと^レ感じ、ながら、はるばる江戸参りで聴講して帰ることの空しさも、なおひとしお^レ感じ、るのである。

民主主義制度の基本ともいべき地方行政の中で苦勞してきた雇われママにとっては、形骸化された会議への参加意義よりは、多少ぼやいたり、グチつたりして、万機公論に徹することこそ、生でのみ込むより自らも十分消化できるような気がするからである。それがひいては、組織のエネルギーにもなり得るのではなからうかと、相変わらず田舎バーのママよろしくぼやいている昨今である。



佐賀をたずねて

佐賀東部水道企業団企業長

吉野一紀

このたび、日本水道協会九州支部総会が佐賀市において開催されることとなり、関係者一同大変光榮に存じており、九州各県のみなさま方のお集まりに際し、はがくれ発祥の地佐賀市を紹介させていただきたい。

佐賀市の主要河川である嘉瀬川には豊かな水があり、この水系に8万5,000^m³/日の水利権を持つ本市は、昭和40年より15年計画で第1期工事、第2期工事と進めてまいり、50年度より第3期工事に着手し、現在では8万5,000

^m³/日の施設能力となり、16万人まで浄水施設給水面積の拡大をしているが、水の需要量は今後もさらに増大することが予想されるのでこの必然的な水の需要に対応するため、佐賀市、佐賀郡、神埼郡、三養基郡の1市3郡の1市12町村で東部水道企業団を組織し、昭和50年4月に発足し、久留米瀬の下に昭和55年完成の合口堰から日量1万400^m³/日の水利権を得て加盟市町村の浄水を確保することとしている。以上が大まかな佐賀市水道の概要で

随筆

ある。

佐賀といえば「葉隠」がピンとくるくらい有名である。これは江戸時代鍋島侍の武士道書で一名鍋島論語ともいわれる葉隠は、宝永7年から7ヵ年の歳月をかけ佐賀藩士山本常朝が粗述した談話を田代陣基が筆記し、11巻の書物にまとめたもので、談話の数は1,300を超えている。この内容は佐賀人の精神文化面に大きな影響を与えた。混迷している現今の社会の中で厳しく生き抜くことが要求されている現代、葉隠を心の糧として見直そうという気運も生まれている。

葉隠の語りが行われた場所は佐賀市金立に小丘として残っており、松の疎林の間に「常朝先生垂訓碑」と刻された巨大な石碑が建てられている。佐賀人氣質を表わす諺として「寝っても鯛、ふうけても(馬鹿者でも)佐賀んもん」「佐賀人の通った後は草も生えん」といったものがあるが、いずれも佐賀人の自尊心から生まれているものである。

明治初年、廃藩置県により府県が生まれた時、その区画は大体旧国の1国が2、3国をあわせて1県としたが、1国で2県になった例は全国では武蔵と肥前のわずか2府県である。武蔵の場合は江戸が東京と改められ、日本の首都としてやむを得ない事情があったが、肥前が2県にわかれたことは猛烈な佐賀人の独立心からおきたことに他ならない。政府としては肥前国1国を長崎県として存続させる意向であったが、佐賀人のものすごい合併反対にあって遂に明治16年5月9日に今日の佐賀県が誕生したのである。これはひとつに佐賀から明治維新以後新政府に江藤新平、副島種臣、大隈重信、大木高仕らの有為な人物を輩出していたことも大きな力となった。

葉隠には「武士道とは死ぬことと見つけたり、首を落されてもすぐ死ぬようでは氣力がない、悪鬼のような氣迫があれば死後もひと働きぐらいできる」という箇所がある。戦前軍国主義華やかなりし頃、佐賀から勇敢なる

水兵の三浦虎次郎、爆弾三勇士の江下伍長、満蒙で散った古賀連隊長、捕虜になったのを恥じて自殺した空閑少佐、真珠湾九軍神の広尾彰大尉と勇ましい英雄がぞくぞく誕生し、「武」の国佐賀の名を高めた。現在でも防衛大学や自衛隊入隊希望者が多い。

佐賀市は楠と水の都で、いたるところに掘割が見られ、亭々と老楠が枝を張る森の都である。街の中でも小鳥のさえずりが聞かれ、鍋島直茂が征韓の時彼の地から持ち帰ったといわれる天然記念物カササギの瀟洒な姿も見られる。この街は山麓から有明海まで丘ひとつない佐賀平野の大きな広がりを中心地として江戸時代より鍋島36万石の城下町として栄えてきたところである。

明治7年、佐賀の乱がおこり佐賀城は兵火にかかり、いまは城門を残すだけになっている。同16年佐賀県の誕生によって県都となり同22年市制を施し佐賀県の政治、経済、文化の中核都市となった。だが内的には、佐賀平野の農村を舞台とした消費都市として他の産業が少なかったため大きく市況は発展することなく、第2次大戦にも戦災を受けず終戦を迎えた。それだけにいまもむかしの街並みや武家屋敷のたたずまいを残す歴史の街となっている。

豊かな水をたたえる城濠境界は官庁、学校、図書館、博物館などの風致地区で、佐賀の丸の内、と呼ばれ、都市公園になっている。商業地区は近年再開発が進められ、8階建の銀行などを最高に近代建築ビルが10数棟建てられているが、ビルの間にはむかしながらの土蔵造りの家屋が残ったり、この街ならではのコントラストを見せている。

近年叫ばれている都市公害など、本市では一部国道筋の騒音などを除くとそれほどの問題もなく、街中の川で釣糸を垂れる姿も見かけるのどかなところである。

しかし佐賀のお濠や小川にネオンが映える頃、松原町、白山町、復興通りの盛り場が活

Essay

気づく。佐賀市は人口の割に飲食店、風俗営業の店が多いことで有名で、その概数は飲食店 600軒、寿司屋 100軒、西洋料理店 150軒、バー・スナック 100軒、キャバレー・クラブ 120軒、喫茶店 150軒、その他ラーメン屋などを加えると 1,500軒におよぶ店がある。城下町の落ち着きをそのまま残したような料亭、割烹も多い。

食べ物は生きのいい有明海のみずらしい貝料理や玄海の活造りを出してくれる。中華料理は長崎に近いだけに「チャンポン」ひとつにしても本物の味が味わえる。一杯飲み屋も多いが、どこでも気取らずサービスがよい。ところによっては名物の茶がユまで作ってくれる店もある。バー、キャバレー街では、特に大規模なものはないが、気取らず予算をいえばそれ相応に心ゆくまで楽しめる。料金も比較的安く、また佐賀は米どころだけに酒もよく、九州では福岡県に次いで2番目の生産を誇っている。酒の専門家の言によると「佐賀の酒は流れのいいくせのない酒で引き込みがよい」と評判がよく、飲んでも実にうまい。料理も左党にとって忘れ難いもののひとつであるエツの魚料理、土地の者は前海物と呼ぶムツゴロー、ワラスボ、シャツパ、アゲマキなどは形はグロテスクだが味はきわめて美味。佐賀ならではの味。ぜひ一度足をお運びいた

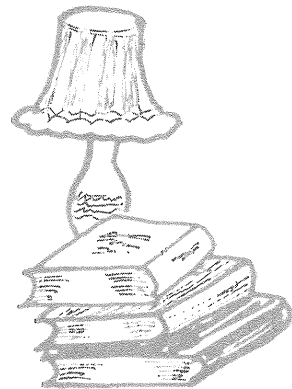
だきたい。甘党の方は日本の大メーカーである森永とグリコは佐賀県人がおこした企業である。

地元では年間10億円を超える売上げがある小城羊羹をはじめ、ローカル色豊かな菓子も多い。佐賀ではアメガタ、マルボーロ、ノンキ、逸口香、黒棒、近年作られているヒシ飴、ひしやんよう、浮立などの民芸を取扱った浮立、浮立大鼓、鍋島さま、佐賀錦の菓子などが知られている。おみやげにいかがが……。

あまり宣伝臭くなくてもどうかと思うのでこの辺で筆をおくことにしよう。

久すの木のわが枝ゆすりてこのあした

こえあげやまぬかちがらすあり(中島哀浪)



随筆



心の声

株式会社栗本鉄工所 取締役社長

平野 順次

もう40年もむかしのことになるのに、どうして鹿児島から出てきた一少女の言葉が僕の記憶に残っているのだろうか。

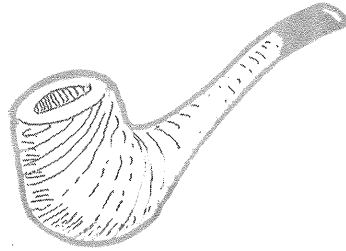
☆ ☆ ☆

京都で学生時代を送っていた頃、高知高校からきたYという男がいた。当時は現在の学生のように、友達のすべてを競争相手と見るというようなことがなく、のんびりと青春を謳歌しておればよかったし、当時の京都という町は政治の町東京、商人の町大阪とちがって、学生が大事にされ可愛がられた町でもあった。

最近はあまり使用されなくなったが、当時家を離れて勉強に行くのを遊学といったが、この男などまったく遊びにきたような男だった。謹厳な僕が、どうしてこんな出身学校も違い、専攻学科も異なる遊蕩児と知り合いになったかいまでも不思議に思っているのだが多分おでん屋か、撞球場か、またはいかがわしいところであって学校でなかったことだけはたしかである。

とに角、今夜は宮川町、明晩は祇園町と遊び暮していたが、いくら田舎の親爺でもこれでは堪らぬと思ったのか、帰郷命令がきた。

Essay



しばらくして姿を現わした彼は、

「えらいこっちゃ。親爺が嫁を持って押しつけよった、

「そしてその嫁さんはどうした、

「連れてきた、

親としてはどうせ女狂いばかりしているのだから「女という名のもの、を持たせば道楽も止むだろうという考え方だったろうし、息子も青春の血潮の吐け口として恋愛もなにもあったものでない。

それよりも親のいうことをきかぬと学資を送ってくれぬという単純な考え方だったのだろう。とに角、その頃としてはめずらしい学生妻を持ったわけである。僕も一度その娘を拝顔に及んだが、近頃の娘とちがって親が行けというからきたというだけの南国特有の黒髪を持った可憐な田舎娘であった。

北白川辺りの下宿でまま事のような生活を送っていたようだったが、絃歌の中で暮していた男にそんな生活が永く続くはずはない。2、3ヵ月すると旧もとに戻って毎晩のように蕩児の生活が続けられた。

「Y君、君のように無茶なことして奥さんおこりはしないかネ、と聞くと、

「ところがネ、平野さん。この間女房にこんなことばかりしてお前腹が立たぬかネー、と聞いたら、あいつ「腹が立たぬけれど私さびしいわ、といいよった時はさすがのわしもホロリとしたネ、

ここで月並みな「私腹が立ちます、とか「帰らせていただきます、などといったところでこの蕩児もホロリとしなかったであろうし、僕も覚えていなかったに相違ない。「私腹が立たぬけれどさびしいワ、といった言葉に無限の味わいがある。

親のいいなりに結婚して鹿児島の田舎から都会へ出て来、頼りに思う人が日夜遊蕩にふけている。比叡おろしの吹く下宿の一隅で一人しょんぼり火鉢を囲んでいる田舎娘にとって、この間結婚したばかりの夫への愛情、うらみ、つらみ未だ湧かず、思いは遠く離れた鹿児島の両親の許。たださびしいばかりであったのであろう。

40年も経ってその娘の顔すら思い出せないのに、この言葉が僕の脳裏に残っているのはなぜだろう。

僕を感傷的にさせるのはいつも真実の心から出る言葉である。(ジュン・ヒラリー郷)

下水道用 ダクティル鑄鉄管

日本ダクティル鉄管協会

技術委員 長尾正三

1. はじめに

下水道の管きよに使用されるダクティル鑄鉄管は、その使用分野としてはダクティル鑄鉄管の持つ特性を生かした圧送管路、処理場内管きよ、汚泥圧送管路、エアレーション用空気配管、汚泥消化用加温管などに用いられているが、下水道管路としては上水道管の場合と異なり、輸送する流体が下水（汚水および/または雨水）であるため必然的に固形分を含有し、かつ水質としては上水と比較して多量の塩類、有機物などの溶解物を含有するため摩耗、腐食などの悪条件が加わるため、それらを加味した設計配慮が必要とされる。

これらについて、内外での事例を参考にして述べる。

2. 下水道の特殊性

下水道は汚水、雨水を処理するものであり前述のごとく水中の懸濁固形分による管路の

摩耗および水質による腐食を考慮する必要がある。

摩耗に関しては上水道の場合と比較するとその条件はかなり厳しく、摩耗とともに土砂の堆積を考慮してその設計流速は污水管の場合0.6～3.0m/sec、雨水管の場合0.8～3.0m/secとされており、理想的流速は1.0～1.8m/secに採ることが望ましいとされており、上水道の場合の導水管、送・配水管の0.3～6.0m/secと比べると若干異なっている。

下水管の腐食に関しては、下水道の水質がその地域、地域の特性により一定せず、統一的な基準を設けることは非常に困難であるが一般的には次のように考えることができる。

近年、公害に関する企業の意識の徹底および下水道法および同法施行令により、次に該当する廃液を公共下水道に排出する時は適当な前処理をすることが義務付けられているこ

となどのために、極端な侵食性の強い廃液が下水道中に直接流入する可能性の少ないことおよび水に各種の塩類が含有され、特に污水などの有機物が多量に含有される場合は水の緩衝能力が大なること、および各種の下水が多種混合する場合には、統計的には略々中性になることなどの点からいって、極端な酸性の侵食性の強い下水が直接流入することはほとんどなく、特に下水幹線ではあり得ないといえる。

それでは下水の腐食性とは何か。これは2つの観点から見る必要がある。一つは下水には多量の溶解固形物を含むために水の電気伝

① 温度：45℃以上	⑤ 油脂類：300ppm以上
② pH：5以下または9以上	⑥ 汚濁消費量：220ppm以上
③ BOD：600ppm以上	⑦ フェノール類：100ppm以上
④ SS：600ppm以上	

表-1 各種水の水質

	上水道水	下水道流入水	海水
pH	～7	～7	～8
Cl ⁻	数ppm～数十ppm	数百ppm	～18,000
SO ₄ ²⁻	数ppm～数十ppm	百ppm～数百ppm	～3,000
導電率	5,000～10,000Ω-cm	数百Ω-cm	数十Ω-cm

導度が高く、一般的な腐食反応における電気化学反応が速やかに進行すること、すなわち表-1に示すごとく、電気伝導度が上水と海水の間にあるため、海水ほどではないが上水よりもかなり腐食性が大である。さらにもう一つの大きな下水の水質の特質は多量の微生物が下水には生棲している点である。すなわち、下水中には硫酸塩が含有されているがこれが水中や管底のスライム中に生棲されている硫酸塩還元バクテリアによって還元され硫化水素H₂Sが生成し、これが管路の気相中の管壁に生棲している別種の酸化性バクテリアによって硫酸が生成され、これが管材質を腐食するという点である。実測によると5%硫酸が生成したことが報告されており、このものはほとんどすべての材料に対しても非常に腐食性が強い¹⁾。ただし、この後者の腐食は水が満杯で流れる圧力管路の場合は全然問題

はなく、温度が低い場合もあまり激しくはないといわれている。

3. 下水道用ダクトイル鋳鉄管

前記のごとき下水道の水質に対して、ダクトイル鋳鉄管の耐食性が十分耐え得るかについては海水に対してのダクトイル鋳鉄管の平均腐食速度は0.05mm/年以下であるから、それよりも浸食性が少ないと考えられる下水に対しては安全であるといえる。

一般にダクトイル鋳鉄管はセメントライニングが内面に施されており、さらにこのセメントライニングにはビニル系、アクリル系などの合成樹脂系のシールコートが施されているため、下水水質に対しては十分な防食効果を発揮する。特に前述のごとき気相での侵食問題のない圧送管路においては問題はない。

なお、異形管類やセメントライニング管の

継手部の下水に直接接触する部分に対しては、安全のためタールエポキシ塗装を0.3mm行って、防食をより確実にするを原則としている。²⁾

なお前記の水質汚濁防止法や下水道法の規定にもかかわらず、酸性廃液などの侵食性下水の流入する可能性のある管路に対しては、セメントライニングの表面に0.3mm厚のタールエポキシ塗装を施した防食ライニングが優れた性能を示すことが実験管路での通水試験の結果から明らかになっており、一部の下水道管において実用されている。³⁾

下水道圧送管においてはそのような危険性が少ないが、自然流下系の管路などにおいてはかならずしも管内を水が満杯状態で流れるのではなく、液相、気相が共存状態である管路においては、前述のごとく硫化水素および硫酸の発生に基づく腐食性が非常に激しいこともあり、極端な場合はコンクリート管が水線上の部分で8年足らずの期間に1.5インチも侵された例や、¹⁾同様の極端なコンクリート管路の劣化の事例が紹介されている。⁴⁾このような下水管路の気相の腐食問題は、特に温度の高いアメリカ南部諸州や中近東地域の下水において非常に重大問題化しており、これに対処するためにコンクリート管の場合は、コンクリートの表面を背面にT字形リブの付いた塩化ビニル製の内張りを施すことにより一応の解決を見ている。⁵⁾しかしながら、このような塩化ビニルライニングコンクリート管はコスト的に非常に高価につくため、アメリカにおいてはこのような自然流下系の下水管にも内面にポリエチレンライニングを施したダクタイトル鉄管や、セメントライニングにタールエポキシ塗装を施したダクタイトル鉄管が用いられるようになっており、後述するようにASTM A 746-77 “Standard Specification for Ductile Iron Gravity Sewer Pipe” (自然流下系ダクタイトル鉄管規格)として制定されている。またISO規格においても現在 “Ductile Iron Pipes and Accessories for Sewers and Drains Without Pressure” (無圧力下水用ダクタイトル鉄管

および附属品類)として規格化の審議中である。

4. 汚泥圧送用ダクタイトル鉄管

下水処理場において発生した汚泥を単一の処理場で処理するのではなく、数箇所ある処理場間を有機的に結合して汚泥処理を経済的に行うことが最近多くなってきた。この際送泥管としてダクタイトル鉄管が一般に用いられている。送泥管としては、摩擦損失を防ぐためにセメントライニングを一般的に施すが、セメントライニングダクタイトル鉄管は微粒子を分散したスラリーの輸送用として用いた場合、耐摩耗性に優れた実績を示し、たとえばアルミナ精錬時の残滓である赤泥輸送に長期間使用してもほとんど摩耗、腐食のないことが示されていることからわかるように、有機質のスラッジである汚泥の輸送用に対しては優れた適性を持っているといえる。

輸送する汚泥としては含水率98%以上のものを、流速1.0~1.5m/sec程度で設計するのが一般的であるが、長距離の場合は0.6m/sec程度の例もある。⁶⁾

5. 送気管用ダクタイトル鉄管

エアレーションタンクへの送気管は空気がブローにより断熱圧縮を受けるため、約80℃にも達する高温となり、かつ多湿であり、かつ常に空気中の酸素が十分に供給されるということから、管内面は非常に厳しい腐食性の環境にさらされることになる。このため管内面は通常の防食塗装であれば短期間に劣化してしまい、鉄面の腐食によって錆が多量に発生し、これが送気と同時に剝落し、曝気槽の散気板の閉塞原因となるとともに、管路の耐久性をも低下させることにもなっていた。

この送気管にセメントライニング・ダクタイトル鉄管を用いることにより、これらの問題が一挙に解決し、管内面の錆の発生心配もなくなり、散気板の目詰りも大幅に減少したと報告されている。⁷⁾一般にセメントライニングは高温においてはセメントモルタル中の遊離水分が揮散して密着性低下、亀裂の発生

などの欠陥が発生すると考えられていたが、現在のダクタイル鋳鉄管のセメントライニングは鉄管下地の凹凸が密着性確保のための優れた効果を発揮すること、また膨脹性セメントの使用、シールコート養生などの優れた技術によって、このような苛酷な条件下でも十分な防食ライニングとしての効果を発揮せしめており、実験的には100℃の熱風を通して異常なく、防食能力を保持することが確認されている。

なお、この送気管用のゴム輪としては、空気によるゴムの劣化および高温などの条件に耐え得る必要があり、そのようなゴム輪とし

てネオプレンゴム輪、またはニトリルゴム輪が用いられ、前者は日本ダクタイル鉄管協会規格として規定されている⁸⁾。

6. 下水道用ダクタイル鋳鉄管用ゴム輪

下水道用に用いられるダクタイル鋳鉄管の継手は、上水道に用いられる継手と基本的にはまったく同じものが用いられる。すなわちA形、K形、T形、U形などである。

しかしながら、下水道の水質は上水道の水質に比すと多量の塩分や有機物を含んでいるため、ゴム材質に対する影響が異なるものと予想される。表-2に下水道の水質の一例を

表-2 下水道の流入下水の水質

東京都各污水处理場における流入下水の水質の例

	芝 浦	三河島	砂 町	小 台	落 合	藤ヶ崎	浮 間
pH	6.8	7.0	6.5	4.9	6.9	7.0	7.5
蒸 発 残 留 物[ppm]	1,276	877	2,010	882	596	668	1,749
強 熱 残 留 物[ppm]	936	555	1,384	546	306	476	1,079
溶 解 性 物 質[ppm]	1,115	693	1,880	657	385	630	1,521
浮 遊 物[ppm]	161	184	130	225	211	36	232
溶 存 酸 素[O ₂ ppm]	1.8	3.1	2.5	5.6	5.6	1.2	—
酸 素 飽 和 度[%]	18.0	35.0	24.7	60.0	53.0	14.0	—
BOD [ppm]	171.0	158.0	114.0	238.0	193.0	50.0	314.0
COD [O ₂ ppm]	133.0	118.0	93.0	184.0	138.0	45.0	412.0
全 窒 素[N ppm]	28.3	30.5	24.1	22.1	28.2	13.9	52.5
アンモニア性窒素[N ppm]	8.3	9.1	7.6	6.4	6.5	6.4	8.8
アルブミノイド窒素[ppm]	5.0	6.8	5.4	6.9	7.9	2.8	10.5
亜硝酸性窒素[N ppm]	0.20	0.10	0.10	0.30	0.20	0	0.0
硝酸性窒素[N ppm]	0.70	1.20	0.20	1.40	0.80	0.10	16.70
有機性窒素[N ppm]	19.1	20.1	14.7	14.0	20.7	7.4	26.1
塩素イオン[Cl ⁻ ppm]	437.0	200.0	869.0	119.0	46.0	172.0	208.0
硫化物[H ₂ Sppm]	17.0	24.0	28.2	15.0	12.0	18.0	62.0
油 類[ppm]	13.0	19.0	7.6	18.0	12.0	23.0	9.8
ABS [ppm]	5.2	6.2	5.2	7.9	7.9	4.8	8.8
遠藤赤変菌数(1ml中)	120×10 ³	20×10 ⁴	71×10 ³	16×10 ³	32×10 ³	47×10 ³	—

示す。この表からもわかるように、下水道に流入する汚水、雨水については、極端に濃厚な油分などはなく、極端にゴム材質を侵食することは考えられない。このような生し尿、汚水、処理場水などで、各種のゴム材質を浸漬試験した結果でも、SBR系の合成ゴムはもっとも優れた性能を示し、一方下水における特徴である硫化水素や稀硫酸に対しても十

分な化学的耐久性があるので、SBR系合成ゴム製のゴム輪を下水道用にも標準化している。

なお、下水道に鉱油分などが流入する可能性のある場合には耐油性のネオプレン、ニトリルゴムなどを用いることもあり、前者は前項の送気管用のネオプレンゴム輪と同じくJDPAで規格化されている⁷⁾。

7. 自然流下系の下水道用ダクタイル 鋳鉄管規格

前述のごとく、アメリカでは下水用コンクリート管が硫化水素や硫酸による腐食で激しい被害を受けることや、コンクリート管の継手は水密性が劣るために漏洩による土壌環境の汚染の問題および地下水が管内に侵入して処理場の容量を大きくせねばならないなどのために、ポリエチレンライニングを施したダクタイル鋳鉄管が広く自然流下系下水道管として用いられており、これが1977年ASTMとして規格されている。この規格を参考までに記載する。

- 1) J. H. Rigdon, Materials Protection P 22~26
Materials Selection and Corrosion in Waste-water Systems.

- 2) 日本下水道事業団監修、昭和52年度機械設備工事一般仕様書P 17、18。
3) 森島治雄、鋳鉄管No.12、昭和47年5月P 82「汚泥圧送および汚水圧送にダクタイル鋳鉄管を使用した事例」
4) Yoshio Kunimoto, Materials Protection, Nov. 1966. P8~11、Semer Corrosion Problems-The Honolulu System.
5) A Staff Report, Materials Protection, Nov. 1966. P 13~14、Concrete Sewers Should Last 100 Years.
6) 松永一成、山野寿男、鋳鉄管No.11、昭和46年10月、P 84~91、「汚泥送泥管にダクタイル管を使用した事例について」
7) 村上仁、ダクタイル鋳鉄管No.18、昭和50年5月、P 63~68、「大阪市の下水道事業の現状」
8) 日本ダクタイル鉄管協会規格JDPA Z 2007-1977、「ダクタイル鋳鉄管継手用クロロブレンゴム輪」

Standard Specification for Ductile Iron Gravity Sewer Pipe

ANSI/ASTM A746-77

自然流下系ダクタイル鋳鉄下水管の標準仕様書

1. 範囲

- 1.1 この仕様書は4~54インチのダクタイル鋳鉄地下埋設下水管に対するもので、管はpush-on jointsで金型または砂型(sand-lined mold)で遠心鋳造されるものである。この仕様書は、購入時に承諾されるような他の型の継手のパイプに使用されてもよい。
1.2 この仕様書はセメントライニングパイプと可撓性ライニングパイプの両方に対する埋設溝荷重設計方法に適用する。最大土被りの表は、両タイプのリライニングについて含まれる。

2. 適用文書

- 2.1 ASTM Standards;
A377 Specification for Cast Iron and Ductile Iron Pressure Pipe²
E8 Tension Testing of Metallic Materials.³
E23 Notched Bar Impact Testing of

Metallic Materials.⁴

2.2 ANSI Standards⁵;

A21.4 Cement-Mortar Lining for Cast-Iron and Ductile-Iron Pipe and Fittings for Water.

A21.11 Rubber-Gasket Joints for Cast-Iron and Ductile-Iron Pressure Pipe and Fittings

A21.50 Thickness Design of Ductile Iron Pipe

2.3 ASCE Standards;

Manuals and Reports on Engineering Practice, No.37, (WPCF Manual of Practice No.9).

Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers.” (“活水および雨水用下水の設計と施工”)

3. 記号

P_v = 外圧(trench load), $psi = P_e + P_t$

f = 設計曲げ応力 (design bending stress),
48,000psi (331MPa)

Δx = 設計たわみ (design deflection), in
($\Delta x/D=0.03$) or ($\Delta x/D=0.05$ (for
flexible linings))

t = 正味の厚み (net thickness) インチ。

t_1 = 最少厚さ (minimum thickness) インチ。
($t+0.08$)

D = 外径インチ。(表-5)

E = 弾性率、 24×10^6 psi (165GPa)

E' = modulus of soil reaction, psi (表-
2)

K_b = 曲げモーメント係数 (bending moment
coefficient) (表-2)

K_x = たわみ係数 (表-2)

P_e = 土圧 (earth load), psi

H = 土かぶり (depth of cover), ft

w = 土壌重量 (soil weight), 120lb/ft³ (54
kg/m³)

P_t = トラック荷重 (truck load), psi

C = 表面荷重因子 (surface load factor)
(表-6)

R = 変形因子 (reduction factor) これは、
トラック荷重をささえる際、車輪直下
のパイプは車輪から少ししか、あるいは
まったく荷重を受けない隣接した部
分により援助されることを計算するの
に用いる。

P = 車輪荷重 (wheel load), 16000lbf (71.2
KN)

F = 衝撃係数 (impact factor), 1.5

A = outside radius of pipe, ft = $D/24$

4. 一般的必要条件

4.1 パイプはSection 9 にしたがうダクタイル鋳鉄であること。

4.2 Push-on joints は、ANSI A 21.11にお
けるすべての適用必要条件にしたがうこと。
他の型の継手を持つパイプは、購買時に認
められた継手寸法と重量にしたがうこと。
しかし、他のすべての点に関して、この仕
様書の必要条件を満足すること。

4.3 もしほかに指定がなければ、パイプは18

または20ft (5.5または6.1m)の長さである
こと。注文に指定された各サイズのパイプ
の総数の最大限20%は、公称長さより24イ
ンチ (610mm) 短くてもよい、そして、付加
的に10%は、公称長さより6インチ (152mm)
短くてもよい。

5. 許容寸法および公差

5.1 寸法——パイプのplainend, bell, socket
は、この仕様書の必要条件にしたがう寸法
であることを確かめるために、十分なひん
度で適当なゲージでもって計ること。

5.2 厚み——パイプと承口のマイナス厚さの
公差は表-3に示される値を超えないこと。

注意—付加的なマイナス公差は、管胴に
そって12インチ (305mm) 以内に対
し、0.02インチ (0.51mm)許される。

5.3 重量——パイプ1本の重量は、径12イン
チまたはそれ以下のパイプに対しては一覧
表の重量よりその6%以上軽くしないこと。
また、径12インチ以上のパイプについては
5%以上でないこと。

6. コーティングとライニング

6.1 外面コーティング——普通の状態下で使
用するものの外面コーティングは約1 mil
(0.025mm) 厚の瀝青質コーティングである
こと。もしほかに指示がなければ、全パイ
プの外面をコーティングすること。仕上げ
のコーティングは連続的で、滑らかであり、
寒冷の際の脆化、あるいは日光に暴露の際
のベトツキがないこと。しかも、パイプに
強く付着していること。

6.2 セメントモルタルライニング——望むな
ら、セメントライニングは入札、そして購
入段階で指定されること。セメントライ
ニングはANSI A 21.4にしたがうこと。

6.3 瀝青質ライニング——もしほかに指定が
なければ、セメントライニングなしのパイ
プに対するライニングは、最低1 mil (0.025
mm) 厚の瀝青材であること。そして、AN
SI A 21.4のシールコートに当てはまるす
べての必要条件に一致すること。

- 6.4 もしほかに指定がなければ、製造者は任意にセメントモルタルライニングあるいは、瀝青質ライニングパイプのどちらかを供給してもよい。
- 6.5 特殊なライニング——激しい侵食的な廃水に対して他の型のライニングが適用できる。そのような特殊なライニングは入札をして購入段階で指定されること。

7. 管の設計

7.1 この節は外圧に対するダクタイル鉄管の設計を取扱う。

7.2 全計算厚さと標準厚さの決定

7.2.1 外荷重 P_V を決定する。表1は土圧 P_e と輪荷重 P_t を含む、かぶり2.5から32ft (0.76から9.75m) までに対する外圧を示す。

7.2.2 表-2の記述から標準のtrench class を決定し、表-7から11までの直径一厚みの比率の適当な表を選ぶ。計算した外圧 P_V を“曲げ応力設計”との見出しの項に入れ、必要な D/t の比を読む。パイプの外径、 D (表-5)を D/t で除して、曲げ応力の設計に必要な正味の厚さ t を得る。

7.2.3 計算した外圧 P_V を“撓み設計”と見出しのついた適当な項に入れ、必要な D/t を読む。

外径 D を D/t で除して、たわみの設計に必要な最小厚さ t_1 を得る。0.08インチ(2.0mm)の腐食代を加えて相当する正味の厚さ t を得る。

(仮りに計算した P_V が表に記載した最小 P_V より小さければ、外圧の設計はたわみによってコントロールされない。そして、この決定は完了される必要はない。

7.2.4 7.2.2と7.2.3から得た正味の厚さを比較し、2者のうち大きい方を選ぶ。これが正味の厚さ t となる。

7.2.5 正味の厚さ t に腐食代の0.08インチ(2.0mm)を加える。その結果が最小製造厚さ t_1 である。

7.2.6 最小製造厚さ t_1 に表-3からの鑄造

公差を加える。結果は全計算厚さである。

7.2.7 指定および注文パイプの場合、全計算厚みを使って表-5の管種の一つを選ぶ。計算厚みにもっとも近い standard thicknessを選ぶ。計算厚みが2つの standard thicknessesの間であるとき大きい方を選ぶ。

7.3 設計例——平底トレンチに埋設する30インチセメントライニングダクタイルパイプの厚みを計算する。トレンチはパイプの中心線まで軽くつき固められた埋戻し土とする。埋設条件 Type 2で、土かぶり10ft(3m)である。

7.3.1

$$\text{土 圧、表-1} \quad P_e = 8.3 \text{psi}$$

$$\text{輪荷重、表-1} \quad P_t = 0.7 \text{psi}$$

$$\text{外 圧、} P_V = P_e + P_t = 9.0 \text{psi}$$

7.3.2 表-8に9.0psiの P_V を入れ、曲げ応力設計に必要な $D/t = 128$ を得る。

これより計算管厚 t は

$$= D / (D/t) = 32.00 / 128 = 0.25$$

7.3.3 ふたたび表-8に $P_V = 9.0 \text{psi}$ を入れ、たわみ設計より $D/t_1 = 108$ を得る。

これより最小厚み t_1 は

$$= D / (D/t_1) = 32.00 / 108 = 0.30 \text{インチ}$$

Deduct service allowance

$$- 0.08 \text{インチ}$$

たわみのコントロールの計算管厚

$$= 0.22 \text{インチ}$$

7.3.4 大きい方の計算管厚は曲げ応力設計で得た0.25インチである。

7.3.5 計算管厚 = 0.25インチ

$$\text{腐 食 代} = 0.08 \text{インチ}$$

$$\text{最小必要管厚} = 0.33 \text{インチ}$$

7.3.6 鑄造公差 = 0.07インチ

$$\text{実 管 厚} = 0.40 \text{インチ}$$

7.3.7 実管厚=0.40インチは表-5のClass 50の0.39にもっとも近い。

故に、指定および注文にClass 50が選ばれる。

7.4 設計法

7.4.1 外圧による耐曲げ応力とたわみに必要な厚みの計算がなされる。耐外圧に要

求される厚みとして2つのうち大きい方が選ばれる。

7.4.2 この計算管厚に最小製造厚みを得るため腐食代を、実管厚を得るため鋳造公差を各々加える。

7.4.3 指定および注文の厚みは管種の表から選ぶ。

7.4.4 逆に上の方法を使って与えられた管種のパイプについて最高土被りが決定できる。

7.4.5 外圧 P_v ——外圧は縦方向の圧力psiとして表わされ、土圧 P_e と輪荷重 P_t との和に等しい。

7.4.6 土圧 P_e ——土圧Eq. 3を用いてパイプの頂点から地表までの高さに等しい単位角柱の土の重量から計算される。埋戻し土の単位重量は120lb/ft³ (54kg/m³)とする。

7.4.7 輪荷重 P_t ——表-1に示される輪荷重はEq. 4で計算されたものである。ただし、使用した表-6の表面荷重因子は未舗装あるいはジャリ舗装上の1台のASHO H-20 truckについてのもので、車輪荷重は16000-lbf (7.2KN)、衝撃係

数は1.5とした。表-6の表面荷重因子3 ft (0.91m)の有効パイプ長さにわたって1点に集中させた車輪荷重を中心に置いたとしたときのEq. 5により計算された。

7.4.8 外圧設計——外圧の設計に使用された口径—管厚比率の表、表-7~11はEq. 1と2で計算された。等式1は、管底の曲げ応力に基づいている。設計曲げ応力 f は48000psi (331MPa)で、これは少なくとも最小降伏強度に基づく1.5の安全率と最終強度に基づく安全率2.0を考慮してある。等式2はパイプの環状断面のたわみに基づく。設計たわみ Δx はセメントライニングパイプで外径の3%、可撓性ライニングのパイプで5%である。 E' 、 K_b および K_x のtrench parameterの設計値は表-2に与えられる。

7.4.9 表-7から11に類似する、この仕様書に示される以外の埋設条件についての表は基礎と埋戻し条件に相当する E' 、 K_b および K_x の値でEq. 1と2を用いて一連の口径—管厚比率についての外圧 P_v を計算することにより作成され得る。

7.5 設計等式

$$P_v = \frac{f}{3 \left(\frac{D}{t}\right) \left(\frac{D}{t} - 1\right) \left[K_b - \frac{K_x}{\frac{8E}{E' \left(\frac{D}{t} - 1\right)^3} + 0.732} \right]} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_v = \frac{\Delta x/D}{12K_x} \left[\frac{8E}{\left(\frac{D}{t_1} - 1\right)^3} + 0.732E' \right] \dots\dots\dots (2)$$

$$P_e = \frac{WH}{144} = \frac{120H}{144} = \frac{H}{1.2} \dots\dots\dots (3)$$

$$P_t = \frac{CRPF}{12D} \dots\dots\dots (4)$$

$$C = \frac{1}{3} - \frac{2}{3\pi} \arcsin \left[H \sqrt{\frac{A^2 + H^2 + 1.5^2}{(A^2 + H^2)(H^2 + 1.5^2)}} \right] + \frac{AH}{\pi \sqrt{A^2 + H^2 + 1.5^2}} \left[\frac{1}{A^2 + H^2} + \frac{1}{H^2 + 1.5^2} \right] \dots\dots\dots (5)$$

注—Eq. 5の角度はラジアン

8. 静水試験

- 8.1 各パイプは、少なくとも500psi (3.43MPa) の静水圧テストを受けること。このテストは外面コーティングおよび瀝青質ライニングがなされる前か後に行われる。しかしセメントライニング、あるいは特殊なライニングについてはその前にテストされること。
- 8.2 パイプは少なくとも10秒間は全テスト圧力下にあること。適切な制御と記録装置はテスト圧力と時続期間が十分に探知できるように準備されること。漏洩あるいはテスト圧力に耐えられないどんなパイプも拒否すること。
- 8.3 セメントライニングあるいは特殊なライニングの適用前の静水テストに追加して、製造者の選択でこのようなライニングをした後に再テストされてもよい。

9. 受入れ検査

- 9.1 パイプの物理的性質についての標準的受領テストは次のようになされる。
- 9.2 引張り試験——引張りテスト試料はパイプ壁の中心部から長手方向に切断されること。この試料は機械加工されFig. 1 とMethod E 8 にしたがってテストされること。降伏強度は0.2%差引かれたhalt-of-pointerまたはextension-under-load methods で決定されること。もしcheck tests がなされるなら、0.2% offset methodを使用すること。すべての試料は室温70±10°F (21.1±5.5°C) でテストされること。

- 9.2.1 承認値——テスト試料についての承認値は次のごとく。

Grade of Iron	60-42-10
最小引張強さ	psi (MPa) 60000 (414)
最小耐力	psi (MPa) 42000 (290)
最小伸び	% 10

- 9.3 衝撃試験——テストはMethod E 23にしたがって行われること。ただし試料が0.500インチ (12.70mm) であることと、パイプ壁の全厚であることを除く。ノッチ衝撃試験は試料はFig. 2 にしたがうこと。もし、パイプ壁厚さが0.40インチ (10.2mm) を超える

場合、衝撃試料は0.40インチの名目上の厚さに加工され得る。すべてのテストにおいて、衝撃値は次の計算により0.40インチ壁厚に補正される。

衝撃値(補正值) = (0.40/t) × 衝撃値 (実測値)

ここで

t = 試料の厚みインチ (wallthickness of pipe)

シャルピー試験機の金床はテスト試料の種類の横断面の寸法を補正するために動かさないこと。

- 9.3.1 承認値——notched impact テスト試料の補正承認値は、70±10°F (21.1±5.5°C) で、最小7 ft·lbf (9 J) であること。

- 9.4 サンプリング——少なくとも一つの引張り試験および衝撃試験は大体3hの各製造期間中にとられること。サンプルは適当にパイプ径および厚みの両極端を示すように選ぶこと。

10. メーカーによる附加的品質管理試験

- 10.1 低温衝撃テストは-40°F (-40°C) で、最小補正值3 ft·lbf (4 J) を確かめるため9.4節に指定したテストパイプについて少なくとも3回行われること。テスト試料は9.3にしたがって準備されテストされること。

- 10.2 加えて製造者は、この仕様書に継続的に応じるのを確かめるために必要な他のコントロールテストを行うこと。

11. 購入者の要求による附加的試験

- 11.1 この仕様書に必要とされるものの他のテストが購入者によって要求されるとき、そのようなテストは入札および注文時に指定されること。

12. メーカーによる検査と証明

- 12.1 製造者はこの仕様書に必ずの必要な品質管理と検査を確立すること。
- 12.2 製造者は注文時に要求されるなら、検査およびすべての指定されたテストが行われ、その結果はこの仕様書の要求に応じた

ものであるという誓約書を作成すること。

- 12.3 すべてのパイプはそれらのサービスをそこなう欠陥のない健全で、きれいなものであること。溶接あるいは他の方法による欠陥の修理は、もしそのような修理が逆にパイプの供給力あるいはこの仕様書の要求する強度に影響するのであれば許されない。

13. 購入者による検査

- 13.1 もし購入者が製造工場でパイプを検査することを望むなら、購入者は注文時にそのように指定し、検査の条件（たとえば検査の時間および範囲）を述べること。
- 13.2 検査者はこの仕様書にしたがっていることを確かめるのに必要である製造工場のそれらの部分に自由に近づくこと。製造者は検査に必要なゲージを検査者が利用できるようにすること。製造者は検査者にパイプの取扱いに必要な援助をすること。

14. 輸送と受渡し

- 14.1 すべてのパイプと付属品はこの仕様書にしたがうこと。この仕様書にしたがわないパイプと付属品は引き渡し時に製造者により取替えられること。製造者は引き渡し時に受領された後の不足または損傷したパイプに対しては責任はない。ただし、引き渡し書あるいは運送代理店による類似書類に記録されている場合を除く。

15. 鑄造記録

- 15.1 受領テスト(Section 9)と低温衝撃テスト(Section 10)の結果は記録され、1年間保存されること。そして、鑄造場で購入者に利用されること。もし注文時に指定されれば写しが作成されること。

16. 欠陥と再検査

- 16.1 どんな物理的テスト試料も不完全な加工あるいは金属の連続性を欠くのがわかったとき、それは捨られ、他の試料と取替えられること。どんな健全なテスト試料も指定された要求を満たさなかったとき、それ

が取られたパイプは廃棄され、欠陥の出た試料と同じ時期に鑄造されたパイプから追加の健全な2つの試料を取って再テストされること。追加の両方の試料はその期間に生産されたパイプを検定するため前述のテストを行う。

17. 廃棄

- 17.1 もしどんな物理的承認テストの結果もSection 9または16の要求を満たさなければ、同時期に鑄造されたパイプは廃棄されること。ただしSection 18の条件付きである。

18. 廃棄の決定

- 18.1 廃棄されるロットが、問題の期間の各終りでの承認テストにより製造順にカッコでくくられるまでに、製造者は廃棄パイプと同じサイズのパイプを同様の追加テストを行って廃棄する量を決定できる。あるサイズのパイプが一つの鑄造期間から廃棄されるとき、同期間の異なるサイズのパイプの承認はSection 9に指定されるような承認テストをこれらのサイズに行うことにより確立され得る。

19. マーキング

- 19.1 パイプの重量、種(Class)、公称厚さと鑄造時期は各パイプに示すこと。製造者のマークと鑄造年と(DI)または(DUCTILE)のマークは、管に鑄出またはスタンプすること。マークは明りょうでなければならぬ。すべての鑄出しマークは受口の近くまたは受口に行くこと。14インチサイズ以上のパイプ上のすべての文字と数字は高さ $\frac{1}{2}$ インチ(12.7mm)以上であること。

20. 重量測定

- 20.1 各パイプはアスファルトコーティングと異なるコーティングあるいはライニングを行う前に重量をはかること。そして、重量は受け口(bell)またはplainendの外表面あるいは内面に示されること。

表-2 標準埋設条件における設計数値

埋設条件	説明	E'	支持角	K_b	K_x
 <p>Type 1^A</p>	平底溝 ^B 埋戻し土は搦き固めなし。	150	30°	0.235	0.108
 <p>Type 2</p>	平底溝 ^B 埋戻し土は管の中央まで密に搦き固め。	300	45°	0.210	0.105
 <p>Type 3</p>	管は4インチ圧のゆるい土 ^D に埋める。埋戻し土は管頂までゆるく搦き固め ^C 。	400	60°	0.189	0.103
 <p>Type 4</p>	管は径の $\frac{1}{8}$ インチ深さにまで砂、礫、碎石中に埋める(最小4インチ深さ)、埋戻し土は管頂までゆるく搦き固める。	500	90°	0.157	0.096
 <p>Type 5</p>	管は中央部まで搦き固められた粗粒土中に埋められる。埋戻しは厳選した土 ^D または粗粒土で管頂まで注意深く搦き固める ^C 。	700	150°	0.128	0.085

- A. Type 1 埋設条件は16インチ以下の小口径に限る。
- B. 平底溝は地山として定義する。
- C. これらの埋戻し条件は標準プロクター貫入度により定義される。Type 2、Type 3 は約70%、Type 4 は75%、Type 5 は85%とする。
- D. ゆるい土、厳選した土は次のごとく定義される。埋設溝から掘り上げられた土であり岩や、異物や凍結土を除いたもの。

表-3 鑄造公差

口径インチ	鑄造公差 インチ(mm)
4~8	0.05 (1.3)
10~12	0.06 (1.5)
14~42	0.07 (1.8)
48	0.08 (2.0)
54	0.09 (2.3)

表-4 輪荷重計算のための減少係数(R)

口径インチ	土被り フィート (m)			
	< 4 (1.21)	4~7 (1.21~ 2.13)	8~10 (2.43~ 3.04)	>10 (3.04)
	減少係数			
4~12	1.00	1.00	1.00	1.00
14	0.92	1.00	1.00	1.00
16	0.88	0.95	1.00	1.00
18	0.85	0.90	1.00	1.00
20	0.83	0.90	0.95	1.00
20~30	0.81	0.85	0.95	1.00
36~54	0.80	0.85	0.90	1.00

表-5 外径と管厚(管種)

口径 インチ	実外径インチ (mm)	管 種		
		50	51	52
		管 厚 インチ (mm)		
4	4.80 (121.9)	—	0.26 (6.6)	0.29 (7.4)
6	6.90 (175.2)	0.25 (6.4)	0.28 (7.1)	0.31 (7.9)
8	9.05 (229.9)	0.27 (6.9)	0.30 (7.6)	0.33 (8.4)
10	11.10 (281.9)	0.29 (7.4)	0.32 (8.1)	0.35 (8.9)
12	13.20 (335.2)	0.31 (7.9)	0.34 (8.6)	0.37 (9.4)
14	15.30 (388.6)	0.33 (8.4)	0.36 (9.1)	0.39 (9.9)
16	17.40 (441.9)	0.34 (8.6)	0.37 (9.4)	0.40 (10.1)
18	19.50 (495.3)	0.35 (8.9)	0.38 (9.7)	0.41 (10.4)
20	21.60 (548.6)	0.36 (9.1)	0.39 (9.9)	0.42 (10.7)
24	25.80 (655.3)	0.38 (9.7)	0.41 (10.4)	0.44 (11.1)
30	32.00 (812.8)	0.39 (9.9)	0.43 (10.9)	0.47 (11.9)
36	38.30 (972.8)	0.43 (10.9)	0.48 (12.2)	0.53 (13.5)
42	44.50 (1130.3)	0.47 (11.9)	0.53 (13.5)	0.59 (15.1)
48	50.80 (1290.3)	0.51 (12.9)	0.58 (14.7)	0.65 (16.5)
54	57.10 (1450.3)	0.57 (14.5)	0.65 (16.5)	0.73 (18.5)

表-6 未舗装道路上の1台トラックの場合の輪荷重係数

土被り フィート (m)	管 口 径														
	4インチ	6インチ	8インチ	10インチ	12インチ	14インチ	16インチ	18インチ	20インチ	24インチ	30インチ	36インチ	42インチ	48インチ	54インチ
	表 面 荷 重 係 数 C														
2.5 (0.76)	0.0238	0.0340	0.0443	0.0538	0.0634	0.0726	0.0814	0.0899	0.0980	0.1130	0.1321	0.1479	0.1604	0.1705	0.1784
3 (0.91)	0.0177	0.0253	0.0330	0.0402	0.0475	0.0546	0.0614	0.0681	0.0746	0.0867	0.1028	0.1169	0.1286	0.1384	0.1466
4 (1.21)	0.0107	0.0153	0.0201	0.0245	0.0290	0.0335	0.0379	0.0422	0.0464	0.0545	0.0657	0.0761	0.0853	0.0936	0.1008
5 (1.52)	0.0071	0.0102	0.0134	0.0163	0.0194	0.0224	0.0254	0.0283	0.0312	0.0369	0.0449	0.0525	0.0595	0.0661	0.0720
6 (1.82)	0.0050	0.0072	0.0095	0.0116	0.0138	0.0159	0.0181	0.0202	0.0223	0.0264	0.0323	0.0381	0.0435	0.0486	0.0534
7 (2.13)	0.0038	0.0054	0.0074	0.0087	0.0103	0.0119	0.0135	0.0151	0.0167	0.0198	0.0243	0.0288	0.0329	0.0370	0.0409
8 (2.43)	0.0029	0.0042	0.0055	0.0067	0.0079	0.0092	0.0104	0.0117	0.0129	0.0154	0.0189	0.0224	0.0258	0.0290	0.0322
9 (2.74)	0.0023	0.0033	0.0043	0.0053	0.0063	0.0073	0.0083	0.0093	0.0103	0.0122	0.0151	0.0179	0.0207	0.0233	0.0259
10 (3.04)	0.0019	0.0027	0.0035	0.0043	0.0051	0.0060	0.0068	0.0076	0.0084	0.0100	0.0123	0.0147	0.0169	0.0191	0.0213
12 (3.65)	0.0013	0.0019	0.0025	0.0030	0.0036	0.0042	0.0047	0.0053	0.0059	0.0070	0.0086	0.0103	0.0119	0.0135	0.0151
14 (4.26)	0.0010	0.0014	0.0018	0.0022	0.0027	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0052	0.0064	0.0076	0.0088	0.0100	0.0112
16 (4.87)	0.0007	0.0011	0.0014	0.0017	0.0020	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0040	0.0049	0.0059	0.0068	0.0077	0.0087
20 (6.09)	0.0005	0.0007	0.0009	0.0011	0.0013	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0025	0.0032	0.0038	0.0044	0.0050	0.0056
24 (7.31)	0.0003	0.0005	0.0006	0.0008	0.0009	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0018	0.0022	0.0026	0.0030	0.0035	0.0039
28 (8.53)	0.0002	0.0003	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0016	0.0019	0.0022	0.0026	0.0029
32 (9.75)	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0010	0.0012	0.0015	0.0017	0.0020	0.0022

表-7 埋設条件 Type 1 に対する D/t 比

(注) $E' = 150$ $K_b = 0.235$ $K_x = 0.108$

外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi			
曲げ圧力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ圧力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ圧力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁
	3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max	
5.17	3.89	6.48	150	8.27	6.49	10.82	105	20.59	24.18	40.30	60
5.21	3.91	6.52	149	8.38	6.61	11.01	104	21.23	25.32	42.20	59
5.26	3.94	6.57	148	8.49	6.73	11.22	103	21.91	26.54	44.23	58
5.30	3.97	6.62	147	8.61	6.86	11.43	102	22.63	27.85	46.42	57
5.35	4.00	6.67	146	8.74	6.99	11.64	101	23.38	29.26	48.76	56
5.40	4.03	6.72	145	8.86	7.12	11.87	100	24.18	30.77	51.28	55
5.45	4.06	6.77	144	8.99	7.26	12.11	99	25.02	32.39	53.99	54
5.49	4.09	6.82	143	9.13	7.41	12.35	98	25.92	34.15	56.92	53
5.54	4.13	6.88	142	9.27	7.57	12.61	97	26.86	36.05	60.08	52
5.59	4.16	6.94	141	9.41	7.73	12.88	96	27.87	38.10	63.50	51
5.65	4.20	6.99	140	9.56	7.89	13.15	95	28.94	40.32	67.20	50
5.70	4.23	7.05	139	9.71	8.07	13.45	94	30.07	42.73	71.22	49
5.75	4.27	7.12	138	9.87	8.25	13.75	93	31.28	45.35	75.58	48
5.80	4.31	7.18	137	10.03	8.44	14.07	92	32.57	48.20	80.34	47
5.86	4.35	7.25	136	10.20	8.64	14.40	91	33.95	51.31	85.52	46
5.91	4.39	7.31	135	10.37	8.85	14.74	90	35.42	54.72	91.19	45
5.97	4.43	7.38	134	10.55	9.06	15.11	89	37.00	58.44	97.40	44
6.03	4.47	7.46	133	10.74	9.29	15.48	88	38.69	62.53	104.22	43
6.09	4.52	7.53	132	10.93	9.53	15.88	87	40.50	67.03	111.71	42
6.15	4.56	7.61	131	11.13	9.78	16.30	86	42.46	71.99	119.98	41
6.21	4.61	7.69	130	11.34	10.04	16.73	85	44.56	77.47	129.11	40
6.27	4.66	7.77	129	11.55	10.31	17.19	84	46.84	83.54	139.23	39
6.33	4.71	7.85	128	11.78	10.60	17.67	83	49.30	90.28	150.47	38
6.40	4.76	7.94	127	12.01	10.90	18.17	82	51.96	97.80	163.00	37
6.46	4.82	8.03	126	12.25	11.22	18.70	81	54.86	106.20	177.00	36
6.53	4.87	8.12	125	12.50	11.56	19.26	80	58.02	115.62	192.70	35
6.60	4.93	8.22	124	12.76	11.91	19.85	79	61.46	126.21	210.36	34
6.67	4.99	8.32	123	13.03	12.28	20.46	78	65.23	138.18	230.29	33
6.74	5.05	8.42	122	13.31	12.67	21.11	77	69.36	151.73	252.88	32
6.82	5.11	8.52	121	13.60	13.08	21.79	66	73.92	167.15	278.58	31
6.89	5.18	8.63	120	13.91	13.51	22.52	75	78.94	184.77	307.96	30
6.97	5.25	8.74	119	14.23	13.97	23.28	74				
7.05	5.32	8.86	118	14.56	14.45	24.08	73				
7.13	5.39	8.98	117	14.91	14.96	24.93	72				
7.21	5.46	9.11	116	15.27	15.50	25.83	71				
7.29	5.54	9.24	115	15.65	16.07	26.78	70				
7.38	5.62	9.37	114	16.05	16.68	27.79	69				
7.47	5.71	9.51	113	16.46	17.32	28.86	68				
7.56	5.79	9.65	112	16.89	18.00	30.00	67				
7.65	5.88	9.80	111	17.35	18.73	31.21	66				
7.75	5.97	9.96	110	17.83	19.50	32.49	65				
7.85	6.07	10.12	109	18.33	20.32	33.86	64				
7.95	6.17	10.28	108	18.85	21.19	35.32	63				
8.05	6.27	10.46	107	19.40	22.12	36.87	62				
8.16	6.38	10.63	106	19.98	23.12	38.53	61				

- A. 最高3%撓みがモルタルライニングや大多数のエポキシライニングのごとき不撓性または半不撓性ライニングの場合推奨される。
- B. 最高5%撓みが瀝青質ライニングやプラスチックライニングのごとき可撓性ライニングの場合に推奨される。
- C. P_v に対する D/t の値を選択する。 P_v が中間値を採る時は小さい方の D/t を取る。

表-8 埋設条件 Type 2 におけるD/t比

(注) $E' = 300$ $Kb = 0.210$ $Kx = 0.105$

外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi			
曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁
	3% ^A max	5% ^B max			3% ^A max	5% ^B max			3% ^A max	5% ^B max	
7.42	6.61	11.02	150	11.33	9.29	15.49	105	24.74	27.49	45.81	60
7.48	6.64	11.06	149	11.46	9.41	15.64	104	25.43	28.66	47.76	59
7.54	6.67	11.11	148	11.59	9.54	15.89	103	26.17	29.91	49.86	58
7.61	6.70	11.16	147	11.73	9.67	16.11	102	26.95	31.26	52.10	57
7.67	6.73	11.21	146	11.87	9.80	16.33	101	27.77	32.71	54.51	56
7.74	6.76	11.27	145	12.01	9.94	16.57	100	28.64	34.26	57.10	55
7.80	6.79	11.32	144	12.16	10.09	16.81	99	29.56	35.93	59.80	54
7.87	6.83	11.38	143	12.31	10.24	17.06	98	30.53	37.74	62.90	53
7.94	6.86	11.43	142	12.46	10.40	17.33	97	31.57	39.69	66.15	52
8.01	6.89	11.49	141	12.62	10.56	17.60	96	32.67	41.80	69.67	51
8.08	6.93	11.55	140	12.79	10.73	17.89	95	33.84	44.09	73.48	50
8.15	6.97	11.61	139	12.96	10.91	18.19	94	35.08	46.56	77.61	49
8.22	7.01	11.68	138	13.13	11.10	18.50	93	36.41	49.26	82.10	48
8.29	7.05	11.74	137	13.31	11.29	18.82	92	37.83	52.19	86.99	47
8.37	7.09	11.81	136	13.49	11.50	19.17	91	39.34	55.40	92.33	46
8.44	7.13	11.88	135	13.68	11.71	19.52	90	40.96	58.89	98.16	45
8.52	7.17	11.95	134	13.88	11.94	19.89	89	42.70	62.73	104.54	44
8.59	7.22	12.03	133	14.08	12.17	20.28	88	44.57	66.93	111.55	43
8.67	7.26	12.10	132	14.30	12.42	20.69	87	46.57	71.56	119.26	42
8.75	7.31	12.18	131	14.51	12.67	21.12	86	48.73	76.66	127.76	41
8.83	7.36	12.26	130	14.74	12.94	21.57	85	51.06	82.29	137.16	40
8.91	7.41	12.35	129	14.97	13.22	22.04	84	53.57	88.54	147.57	39
8.99	7.46	12.43	128	15.21	13.52	22.53	83	56.30	95.48	159.13	38
9.07	7.51	12.52	127	15.46	13.83	23.05	82	59.25	103.21	172.02	37
9.16	7.57	12.62	126	15.72	14.16	23.60	81	62.46	111.85	186.42	36
9.25	7.63	12.71	125	15.99	14.50	24.17	80	65.96	121.54	202.56	35
9.33	7.69	12.81	124	16.28	14.86	24.77	79	69.79	132.44	220.73	34
9.42	7.75	12.91	123	16.57	15.24	25.40	78	73.98	144.74	241.23	33
9.51	7.81	13.02	122	16.87	15.64	26.07	77	78.57	158.68	264.46	32
9.60	7.87	13.12	121	17.19	16.06	26.77	76	83.64	174.54	290.90	31
9.70	7.94	13.24	120	17.52	16.51	27.52	75	89.23	192.67	321.11	30
9.79	8.01	13.35	119	17.86	16.98	28.30	74				
9.89	8.08	13.47	118	18.22	17.48	29.13	73				
9.99	8.16	13.60	117	18.59	18.00	30.00	72				
10.09	8.23	13.72	116	18.98	18.56	30.93	71				
10.19	8.31	13.86	115	19.39	19.14	31.91	70				
10.29	8.40	13.99	114	19.82	19.77	32.95	69				
10.40	8.48	14.14	113	20.27	20.43	34.05	68				
10.51	8.57	14.29	112	20.73	21.13	35.22	67				
10.62	8.66	14.44	111	21.23	21.87	36.46	66				
10.73	8.76	14.60	110	21.74	22.67	37.78	65				
10.84	8.86	14.76	109	22.28	23.51	39.18	64				
10.96	8.96	14.93	108	22.85	24.41	40.68	63				
11.08	9.07	15.11	107	23.45	25.37	42.28	62				
11.21	9.18	15.30	106	24.07	26.39	43.99	61				

A. }
 B. } 表-7 と同文
 C. }

表-9 埋設条件 Type 3 における D/t 比

(注) $E' = 400$ $K_b = 0.189$ $K_x = 0.103$

外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi			
曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁	曲げ応力設計	撓み設計		D/t ^C および D/t ₁
	3% ^A max	5% ^B max			3% ^A max	5% ^B max			3% ^A max	5% ^B max	
10.00	8.52	14.19	150	14.64	11.25	18.75	105	29.08	29.80	49.66	60
10.08	8.54	14.24	149	14.78	11.37	18.95	104	29.83	30.99	51.65	59
10.16	8.57	12.29	148	14.93	11.50	19.16	103	30.63	32.27	53.78	58
10.24	8.60	14.34	147	15.08	11.63	19.38	102	31.47	33.64	56.07	57
10.33	8.64	14.39	146	15.23	11.77	19.61	101	32.36	35.12	58.53	56
10.41	8.67	14.45	145	15.39	11.91	19.85	100	33.31	36.70	61.17	55
10.49	8.70	14.50	144	15.55	12.06	20.10	99	34.30	38.41	64.02	54
10.58	8.73	14.56	143	15.71	12.21	20.35	98	35.37	40.25	67.08	53
10.66	8.77	14.62	142	15.88	12.37	20.62	97	36.49	42.24	70.40	52
10.75	8.81	14.68	141	16.06	12.54	20.90	96	37.69	44.39	73.98	51
10.83	8.84	14.74	140	16.23	12.72	21.20	95	38.97	46.72	77.86	50
10.92	8.88	14.80	139	16.42	12.90	21.50	94	40.33	49.25	82.08	49
11.01	8.92	14.87	138	16.61	13.09	21.82	93	41.78	51.99	86.65	48
11.10	8.96	14.93	137	16.80	13.29	22.15	92	43.33	54.98	91.64	47
11.19	9.00	15.00	136	17.00	13.50	22.50	91	44.98	58.25	97.08	46
11.28	9.04	15.07	135	17.21	13.72	22.86	90	46.76	61.81	103.02	45
11.37	9.09	15.15	134	17.42	13.95	23.24	89	48.66	65.72	109.53	44
11.46	9.13	15.22	133	17.64	14.18	23.64	88	50.71	70.01	116.68	43
11.56	9.18	15.30	132	17.86	14.43	24.06	87	52.91	74.72	124.54	42
11.65	9.23	15.38	131	18.10	14.70	24.49	86	55.28	79.92	133.20	41
11.75	9.28	15.46	130	18.34	14.97	24.95	85	57.84	85.67	142.78	40
11.84	9.33	15.55	129	18.59	15.26	25.43	84	60.61	92.04	153.39	39
11.94	9.38	15.64	128	18.85	15.56	25.93	83	63.61	99.11	165.18	38
12.04	9.44	15.73	127	19.12	15.88	26.46	82	66.86	106.99	178.32	37
12.14	9.49	15.82	126	19.40	16.21	27.01	81	70.40	115.80	193.00	36
12.25	9.55	15.92	125	19.68	16.56	27.60	80	74.27	125.67	209.46	35
12.35	9.61	16.02	124	19.99	16.93	28.21	79	78.49	136.78	227.97	34
12.45	9.67	16.12	123	20.30	17.31	28.86	78	83.11	149.32	248.87	33
12.56	9.74	16.23	122	20.62	17.72	29.54	77	88.19	163.54	272.56	32
12.67	9.80	16.34	121	20.96	18.15	30.26	76	93.79	179.71	299.51	31
12.78	9.87	16.45	120	21.31	18.61	31.01	75	99.97	198.18	330.31	30
12.89	9.94	16.57	119	21.68	19.09	31.81	74				
13.00	10.02	16.69	118	22.07	19.59	32.65	73				
13.11	10.09	16.82	117	22.47	20.13	33.55	72				
13.23	10.17	16.95	116	22.88	20.69	34.49	71				
13.34	10.25	17.09	115	23.32	21.29	35.49	70				
13.46	10.34	17.23	114	23.78	21.93	36.55	69				
13.58	10.42	17.37	113	24.26	22.60	37.67	68				
13.71	10.51	17.52	112	24.76	23.32	38.86	67				
13.83	10.61	17.68	111	25.29	24.08	40.13	66				
13.96	10.71	17.84	110	25.85	24.88	41.47	65				
14.09	10.81	18.01	109	26.43	25.74	42.91	64				
14.22	10.91	18.18	108	27.04	26.66	44.43	63				
14.36	11.02	18.37	107	27.68	27.64	46.06	62				
14.50	11.13	18.55	106	28.36	28.68	47.80	61				

A. }
 B. } 表-7 と同文
 C. }

表-10 埋設条件 Type 4における D/t比

(注) $E' = 500$ $K_b = 0.157$ $K_x = 0.096$

外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi			
曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁	曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁	曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁
	3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max	
16.34	11.04	18.40	150	21.69	13.98	23.29	105	37.63	33.88	56.46	60
16.45	11.07	18.46	149	21.84	14.11	23.51	104	38.50	35.16	58.60	59
16.55	11.11	18.51	148	22.00	14.24	23.74	103	39.42	36.53	60.88	58
16.65	11.14	18.56	147	22.16	14.38	23.97	102	40.39	38.00	63.34	57
16.76	11.17	18.62	146	22.32	14.53	24.22	101	41.42	39.58	65.97	56
16.86	11.21	18.68	145	22.49	14.68	24.47	100	42.51	41.28	68.81	55
16.96	11.24	18.74	144	22.66	14.84	24.74	99	43.67	43.12	71.86	54
17.07	11.28	18.80	143	22.83	15.01	25.02	98	44.91	45.09	75.15	53
17.18	11.31	18.86	142	23.01	15.18	25.30	97	46.22	47.22	78.71	52
17.28	11.35	18.92	141	23.20	15.36	25.61	96	47.62	49.53	82.55	51
17.39	11.39	18.99	140	23.38	15.55	25.92	95	49.11	52.03	86.72	50
17.50	11.43	19.09	139	23.58	15.75	26.25	94	50.70	54.74	91.24	49
17.60	11.48	19.13	138	23.78	15.95	26.59	93	52.41	57.69	96.15	48
17.71	11.52	19.20	137	23.99	16.17	26.94	92	54.23	60.90	101.50	47
17.82	11.56	19.27	136	24.20	16.39	27.32	91	56.18	64.40	107.33	46
17.93	11.61	19.35	135	24.42	16.62	27.71	90	58.27	68.23	113.71	45
18.04	11.66	19.43	134	24.64	16.87	28.11	89	60.52	72.42	120.70	44
18.15	11.71	19.51	133	24.88	17.12	28.54	88	62.93	77.02	128.36	43
18.26	11.76	19.59	132	25.12	17.39	28.99	87	65.54	82.08	136.80	42
18.37	11.81	19.68	131	25.37	17.67	29.45	86	68.35	87.66	146.09	41
18.49	11.86	19.77	130	25.63	17.97	29.95	85	71.39	93.82	156.37	40
18.60	11.92	19.86	129	25.90	18.28	30.46	84	74.67	100.65	167.75	39
18.72	11.97	19.95	128	26.18	18.60	31.00	83	78.24	108.24	180.40	38
18.83	12.03	20.05	127	26.47	18.94	31.57	82	82.11	116.70	194.50	37
18.95	12.09	20.15	126	26.77	19.30	32.16	81	86.33	126.15	210.25	36
19.06	12.15	20.26	125	27.09	19.67	32.79	80	90.93	136.74	227.91	35
19.18	12.22	20.36	124	27.42	20.07	33.45	79	95.97	148.66	247.77	34
19.30	12.28	20.47	123	27.76	20.48	34.14	78	101.49	162.12	270.20	33
19.42	12.35	20.59	122	28.11	20.92	34.87	77	107.56	177.37	295.61	32
19.54	12.42	20.71	121	28.49	21.38	35.64	76	114.25	194.72	324.53	31
19.66	12.50	20.83	120	28.87	21.87	36.45	75	121.65	214.54	357.57	30
19.78	12.57	20.96	119	29.28	22.38	37.31	74				
19.91	12.65	21.09	118	29.70	22.93	38.21	73				
20.01	12.73	21.22	117	30.15	23.50	39.17	72				
20.16	12.82	21.36	116	30.62	24.11	40.18	71				
20.29	12.91	21.51	115	31.11	24.75	41.25	70				
20.42	13.00	21.66	114	31.62	25.43	42.39	69				
20.55	13.09	21.82	113	32.16	26.16	43.59	68				
20.69	13.19	21.98	112	32.72	26.92	44.87	67				
20.82	13.29	22.15	111	33.32	27.74	46.23	66				
20.96	13.39	22.32	110	33.95	28.60	47.67	65				
21.10	13.50	22.50	109	34.61	29.53	49.21	64				
21.24	13.61	22.69	108	35.30	30.51	50.85	63				
21.39	13.73	22.88	107	36.04	31.56	52.60	62				
21.54	13.85	23.08	106	36.81	32.68	54.47	61				

A. }
 B. } 表-7 と同じ
 C. }

表-11 埋設条件 Type 5 における D/t 比

(注) $E'=700$ $K_b=0.128$ $K_x=0.085$

外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi				外 圧 P_v , psi			
曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁	曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁	曲げ応 力設計	撓み設計		D/t ^C およ び D/t ₁
	3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max			3 % ^A max	5 % ^B max	
30.21	16.78	27.96	150	35.83	20.09	33.48	105	52.02	42.57	70.94	60
30.34	16.81	28.02	149	35.96	20.24	33.73	104	52.99	44.01	73.36	59
30.48	16.85	28.05	148	36.10	20.39	33.99	103	54.02	45.56	75.94	58
30.61	16.89	28.14	147	36.25	20.55	34.25	102	55.12	47.23	78.71	57
30.74	16.92	28.20	146	36.39	20.72	34.53	101	56.28	49.01	81.69	56
30.87	16.96	28.27	145	36.54	20.89	34.82	100	57.53	50.93	84.89	55
30.99	17.00	28.34	144	36.69	21.07	35.12	99	58.86	53.00	88.34	54
31.12	17.04	28.40	143	36.85	21.26	35.43	98	60.28	55.23	92.05	53
31.25	17.09	28.48	142	37.01	21.45	35.76	97	61.79	57.64	96.07	52
31.38	17.13	28.55	141	37.17	21.66	36.10	96	63.41	60.25	100.41	51
31.50	17.17	28.62	140	37.34	21.87	36.45	95	65.14	63.07	105.12	50
31.63	17.22	28.70	139	37.52	22.09	36.82	94	67.00	66.13	110.22	49
31.76	17.27	28.78	138	37.70	22.32	37.20	93	68.99	69.46	115.77	48
31.88	17.32	28.86	137	37.89	22.56	37.61	92	71.12	73.09	121.81	47
32.01	17.32	28.94	136	38.08	22.82	38.03	91	73.41	77.04	128.40	46
32.13	17.42	29.03	135	38.28	23.08	38.47	90	75.88	81.36	135.61	45
32.25	17.47	29.12	134	38.49	23.36	38.93	89	78.54	86.10	143.49	44
32.38	17.53	29.21	133	38.71	23.65	39.41	88	81.40	91.29	152.15	43
32.50	17.58	29.30	132	38.93	23.95	39.91	87	84.50	97.01	161.68	42
32.62	17.64	29.40	131	39.17	24.27	40.44	86	87.85	103.31	172.18	41
32.75	17.70	29.50	130	39.41	24.60	41.00	85	91.47	110.27	183.78	40
32.87	17.76	29.61	129	39.67	24.95	41.58	84	95.40	117.98	196.64	39
32.99	17.83	29.71	128	39.94	25.31	42.19	83	99.67	126.56	210.93	38
33.11	17.89	29.82	127	40.22	25.70	42.83	82	104.32	136.11	226.84	37
33.23	17.96	29.94	126	40.51	26.10	43.50	81	109.40	146.78	244.63	36
33.35	18.03	30.05	125	40.82	26.52	44.21	80	114.94	158.75	264.58	35
33.47	18.11	30.18	124	41.14	26.97	44.95	79	121.02	172.21	287.01	34
33.59	18.18	30.30	123	41.48	27.44	45.73	78	127.69	187.41	312.34	33
33.71	18.26	30.43	122	41.84	27.93	46.56	77	135.03	204.63	341.04	32
33.83	18.34	30.56	121	42.21	28.46	47.43	76	143.14	224.22	373.70	31
33.95	18.42	30.70	120	42.60	29.01	48.34	75	152.11	246.61	411.02	30
34.07	18.51	30.85	119	43.02	29.59	49.31	74				
34.19	18.60	30.99	118	43.45	30.20	50.33	73				
34.31	18.69	31.15	117	43.92	30.85	51.41	72				
34.43	18.78	31.31	116	44.40	31.53	52.56	71				
34.55	18.88	31.47	115	44.91	32.26	53.77	70				
34.68	18.98	31.64	114	45.46	33.03	55.05	69				
34.80	19.09	31.82	113	46.03	33.85	56.41	68				
34.92	19.20	32.00	112	46.64	34.71	57.85	67				
35.05	19.31	32.19	111	47.28	35.63	59.39	66				
35.17	19.43	32.39	110	47.96	36.61	61.02	65				
35.30	19.55	32.59	109	48.68	37.65	62.76	64				
35.43	19.68	32.80	108	49.44	38.77	64.61	63				
35.56	19.81	33.02	107	50.25	39.95	66.58	62				
35.69	19.95	33.25	106	51.11	41.21	68.69	61				

A. } 表-7 と同文
B. }
C. }

表-12 管種選定表(セメントライニング管)

管口径 インチ	管 種	公称管厚 インチ	埋 設 条 件				
			Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
			最大土被り フィート(m) ^A				
4	51	0.26	76(23.1)	86(26.0)	96(29.2)	B	B
	52	0.29	B	B	B	B	B
6	50	0.25	32(9.7)	38(11.6)	44(13.4)	56(17.0)	75(22.9)
	51	0.28	49(14.9)	57(17.4)	64(19.5)	80(24.3)	B
	52	0.31	67(20.4)	77(23.5)	86(26.0)	B	B
8	50	0.27	25(7.6)	30(9.1)	36(11.0)	46(14.0)	64(19.5)
	51	0.30	36(10.9)	42(12.9)	49(14.9)	61(18.6)	81(24.7)
	52	0.33	47(14.3)	54(16.5)	62(18.9)	77(23.5)	99(30.1)
10	50	0.29	19(5.8)	24(7.3)	29(8.9)	38(11.6)	55(16.8)
	51	0.32	27(8.2)	32(9.8)	38(11.6)	49(15.0)	66(20.1)
	52	0.35	35(10.6)	41(12.5)	47(14.3)	59(18.0)	79(24.0)
12	50	0.31	17(5.1)	22(6.7)	27(8.2)	36(11.0)	52(15.9)
	51	0.34	23(7.0)	28(8.5)	33(10.0)	43(13.1)	60(18.2)
	52	0.37	30(9.1)	35(10.7)	41(12.5)	53(16.1)	71(21.6)
14	50	0.33	15(4.6)	19(5.8)	24(7.3)	33(10.0)	49(14.9)
	51	0.36	19(5.8)	23(7.0)	28(8.5)	38(11.6)	55(16.8)
	52	0.39	24(7.3)	29(8.9)	34(10.3)	44(13.4)	62(18.9)
16	50	0.34	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	47(14.3)
	51	0.37	16(4.9)	21(6.4)	25(7.6)	34(10.4)	51(15.5)
	52	0.40	20(6.1)	25(7.6)	30(9.1)	40(12.1)	57(17.3)
18	50	0.35	11(3.3)	15(4.6)	20(6.1)	29(8.9)	42(12.8)
	51	0.38	14(4.2)	19(5.8)	23(7.0)	32(9.7)	49(14.9)
	52	0.41	18(5.5)	22(6.7)	27(8.2)	36(11.0)	53(16.2)
20	50	0.36	10(3.0)	14(4.3)	18(5.5)	27(8.2)	38(11.6)
	51	0.39	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	44(13.4)
	52	0.42	16(4.9)	20(6.1)	25(7.6)	34(10.4)	50(15.2)
24	50	0.38	8(2.4)	12(3.7)	17(5.1)	23(7.0)	31(9.4)
	51	0.41	10(3.0)	15(4.6)	19(5.8)	27(8.2)	36(11.0)
	52	0.44	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	41(12.5)
30	50	0.39	C	10(3.5)	14(3.7)	18(5.5)	25(7.6)
	51	0.43		12(3.7)	16(4.9)	21(6.4)	29(8.9)
	52	0.47		14(4.3)	19(5.8)	24(7.3)	33(10.0)
36	50	0.43	C	10(3.5)	13(4.0)	17(5.1)	25(7.6)
	51	0.48		12(3.7)	16(4.9)	20(6.0)	28(8.5)
	52	0.53		15(4.6)	19(5.8)	24(7.3)	32(9.8)
42	50	0.47	C	9(2.7)	13(4.0)	16(4.9)	24(7.3)
	51	0.53		12(3.7)	15(4.6)	19(5.8)	27(8.2)
	52	0.59		14(4.3)	18(5.5)	22(6.7)	30(9.1)
48	50	0.51	C	9(2.7)	12(3.7)	15(4.6)	23(7.0)
	51	0.58		12(3.7)	14(4.3)	18(5.5)	26(7.9)
	52	0.65		14(4.3)	18(5.5)	21(6.4)	30(9.1)
54	50	0.57	C	9(2.7)	12(3.7)	15(4.6)	23(7.0)
	51	0.65		12(3.7)	14(4.3)	18(5.5)	25(7.6)
	52	0.73		14(4.3)	17(5.1)	21(6.4)	29(8.9)

A. これらのパイプは土被り0.76mから最大までの土被りに対して十分安全である。

B. 計算土被りは30.5m以上である。

C. 埋設条件 Type 1 は24インチ及びそれ以下の口径に限る。

表-13 管種選定表(可撓性ライニング管)

管口径 インチ	管種	公称管厚 インチ	埋 設 条 件				
			Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
			最大土被り フィート(m) ^A				
4	51	0.26	76(23.1)	86(26.0)	96(29.2)	B	B
	52	0.29	B	B	B	B	B
6	50	0.25	32(9.7)	38(11.6)	44(13.4)	56(17.0)	75(22.9)
	51	0.28	49(14.9)	57(17.4)	64(19.5)	80(24.3)	C
	52	0.31	67(20.4)	77(23.5)	86(26.0)	C	C
8	50	0.27	25(7.6)	30(9.1)	36(11.0)	46(14.0)	64(19.5)
	51	0.30	36(10.9)	42(12.9)	49(14.9)	61(18.6)	81(24.7)
	52	0.33	47(14.3)	54(16.5)	62(18.9)	77(23.5)	99(30.1)
10	50	0.29	19(5.8)	24(7.3)	29(8.9)	38(11.6)	55(16.8)
	51	0.32	27(8.2)	32(9.8)	38(11.6)	49(15.0)	66(20.1)
	52	0.35	35(10.6)	41(12.5)	47(14.3)	59(18.0)	79(24.0)
12	50	0.31	17(5.1)	22(6.7)	27(8.2)	36(11.0)	52(15.9)
	51	0.34	23(7.0)	28(8.5)	33(10.0)	43(13.1)	60(18.2)
	52	0.37	30(9.1)	35(10.7)	41(12.5)	53(16.1)	71(21.6)
14	50	0.33	15(4.6)	19(5.8)	24(7.3)	33(10.0)	49(14.9)
	51	0.36	19(5.8)	23(7.0)	28(8.5)	38(11.6)	55(16.8)
	52	0.39	24(7.3)	29(8.9)	34(10.3)	44(13.4)	62(18.9)
16	50	0.34	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	47(14.3)
	51	0.37	16(4.9)	21(6.4)	25(7.6)	34(10.4)	51(15.5)
	52	0.40	20(6.1)	25(7.6)	30(9.1)	40(12.1)	57(17.3)
18	50	0.35	11(3.3)	15(4.6)	20(6.1)	29(8.9)	45(13.7)
	51	0.38	14(4.2)	19(5.8)	23(7.0)	32(9.7)	49(14.9)
	52	0.41	18(5.5)	22(6.7)	27(8.2)	36(11.0)	53(16.2)
20	50	0.36	10(3.0)	14(4.3)	18(5.5)	27(8.2)	44(13.4)
	51	0.39	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	47(14.3)
	52	0.42	16(4.9)	20(6.1)	25(7.6)	34(10.4)	50(15.2)
24	50	0.38	8(2.4)	12(3.7)	17(5.1)	25(7.6)	42(12.8)
	51	0.41	10(3.0)	15(4.6)	19(5.8)	28(8.5)	45(13.7)
	52	0.44	13(4.0)	17(5.1)	21(6.4)	30(9.1)	47(14.3)
30	50	0.39	C	10(3.5)	14(3.7)	22(6.7)	39(11.9)
	51	0.43		12(3.7)	16(4.9)	25(7.6)	42(12.8)
	52	0.47		14(4.3)	19(5.8)	27(8.2)	44(13.4)
36	50	0.43	C	10(3.5)	14(3.7)	22(6.7)	39(11.9)
	51	0.48		12(3.7)	16(4.9)	25(7.6)	42(12.8)
	52	0.53		15(4.6)	19(5.8)	27(8.2)	44(13.4)
42	50	0.47	C	9(2.7)	13(4.0)	22(6.7)	39(11.9)
	51	0.53		12(3.7)	16(4.9)	25(7.6)	42(12.8)
	52	0.59		14(4.3)	18(5.5)	27(8.2)	44(13.4)
48	50	0.51	C	9(2.7)	13(4.0)	21(6.4)	39(11.9)
	51	0.58		12(3.7)	16(4.9)	24(7.3)	41(12.8)
	52	0.65		14(4.3)	18(5.5)	27(8.2)	44(13.4)
54	50	0.57	C	9(2.7)	13(4.0)	21(6.4)	38(11.6)
	51	0.65		12(3.7)	16(4.9)	24(7.3)	41(12.8)
	52	0.73		14(4.3)	18(5.5)	27(8.2)	44(13.4)

A. }
 B. } 表-12と同文
 C. }

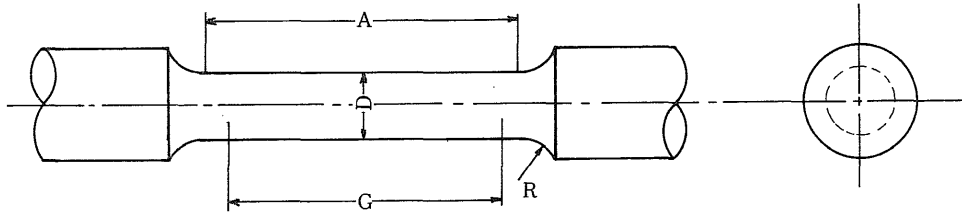
表-14 プッシュオンジョイントダクタイル鑄鉄管の標準寸法、重量表

口 径 インチ	管 種	管 厚 インチ(mm)	外 径 インチ(mm)	直部1フィート 当り重量 ポンド(kg)	承口重量 ポンド(kg)	18フィート管		20フィート管	
						1本当り重量 ポンド(kg)	1フィート当り 平均重量 ポンド(kg)	1本当り重量 ポンド(kg)	1フィート当り 平均重量 ポンド(kg)
4	51	0.26(6.6)	4.80(121.9)	11.3(5.12)	11(4.98)	215(97.52)	11.9(5.39)	235(106.59)	11.8(5.35)
	52	0.29(7.4)	4.80(121.9)	12.6(5.71)	11(4.98)	240(108.86)	13.2(5.98)	265(120.20)	13.2(5.98)
6	50	0.25(6.4)	6.90(175.2)	16.0(7.25)	18(8.16)	305(138.34)	17.0(7.71)	340(154.22)	16.9(7.66)
	51	0.28(7.1)	6.90(175.2)	17.8(8.07)	18(8.16)	340(154.22)	18.8(8.52)	375(170.10)	18.7(8.48)
	52	0.31(7.9)	6.90(175.2)	19.6(8.89)	18(8.16)	370(168.73)	20.6(9.34)	410(185.97)	20.5(9.29)
8	50	0.27(6.9)	9.05(229.8)	22.8(10.34)	26(11.79)	435(197.31)	24.2(10.97)	480(217.72)	24.1(10.93)
	51	0.30(7.6)	9.05(229.8)	25.2(11.43)	26(11.79)	480(217.78)	26.6(12.06)	530(240.40)	26.5(12.03)
	52	0.33(8.4)	9.05(229.8)	27.7(12.56)	26(11.79)	525(238.14)	29.1(13.19)	580(263.08)	29.0(13.15)
10	50	0.29(7.3)	11.10(281.9)	30.1(13.65)	34(15.42)	575(260.82)	32.0(14.51)	635(288.03)	31.8(14.42)
	51	0.32(8.1)	11.10(281.9)	33.2(15.05)	34(15.42)	630(285.76)	35.1(15.92)	700(317.52)	34.9(15.83)
	52	0.35(8.9)	11.10(281.9)	36.2(16.42)	34(15.42)	685(310.71)	38.1(17.28)	760(344.73)	37.9(17.19)
12	50	0.31(7.9)	13.20(335.2)	38.4(17.41)	43(19.50)	735(333.39)	40.8(18.50)	810(367.41)	40.6(18.41)
	51	0.34(8.6)	13.20(335.2)	42.0(19.05)	43(19.50)	800(362.88)	44.4(20.13)	885(401.43)	44.2(20.04)
	52	0.37(9.4)	13.20(335.2)	45.6(20.68)	43(19.50)	865(392.36)	48.0(21.77)	955(433.18)	47.8(21.68)
14	50	0.33(8.4)	15.30(388.6)	47.5(21.54)	63(28.57)	920(417.31)	51.0(23.13)	1015(460.40)	50.6(22.95)
	51	0.36(9.1)	15.30(388.6)	51.7(23.45)	63(28.57)	995(451.33)	55.2(25.03)	1095(496.69)	54.8(24.85)
	52	0.39(9.9)	15.30(388.6)	55.9(25.35)	63(28.57)	1070(485.35)	59.4(26.94)	1180(535.24)	59.0(26.76)
16	50	0.34(8.6)	17.40(441.9)	55.8(25.31)	76(34.47)	1080(489.88)	60.0(27.21)	1190(539.78)	59.6(27.03)
	51	0.37(9.4)	17.40(441.9)	60.6(27.48)	76(34.47)	1165(528.44)	64.8(29.39)	1290(585.14)	64.4(29.21)
	52	0.40(10.4)	17.40(441.9)	65.4(29.66)	76(34.47)	1255(569.26)	69.6(31.57)	1385(628.23)	69.2(31.38)
18	50	0.35(8.9)	19.50(495.3)	64.4(29.21)	87(39.46)	1245(564.73)	69.2(31.38)	1375(623.70)	68.8(31.20)
	51	0.38(9.7)	19.50(495.3)	69.8(31.66)	87(39.46)	1345(610.09)	74.6(33.83)	1485(673.59)	74.2(33.65)
	52	0.41(10.4)	19.50(495.3)	75.2(34.11)	87(39.46)	1440(653.18)	80.0(36.28)	1590(721.22)	79.6(34.88)

口 径 インチ	管 種	管 厚 インチ(mm)	外 径 インチ(mm)	直部1 フィート 当り重量 ポンド(kg)	承 口 重 量 ポンド(kg)	18 フィート管		20 フィート管	
						1 本 当 り 重 量 ポンド(kg)	1 フィート当り 平均重量 ポンド(kg)	1 本 当 り 重 量 ポンド(kg)	1 フィート当り 平均重量 ポンド(kg)
20	50	0.36(9.1)	21.60(548.6)	73.5(33.33)	97(43.99)	1420(644.11)	78.9(35.78)	1565(709.88)	78.4(35.56)
	51	0.39(9.9)	21.60(548.6)	79.5(36.06)	97(43.99)	1530(694.00)	84.9(38.51)	1685(764.31)	84.4(38.28)
	52	0.42(10.7)	21.60(548.6)	85.5(38.78)	97(43.99)	1635(741.63)	90.9(41.23)	1805(818.74)	90.4(41.00)
24	50	0.38(9.7)	25.80(655.3)	92.9(42.13)	120(54.43)	1790(811.94)	99.6(45.17)	1980(898.12)	98.9(44.86)
	51	0.41(10.4)	25.80(655.3)	100.1(45.40)	120(54.43)	1920(870.91)	106.8(48.44)	2120(961.63)	106.1(48.12)
	52	0.44(11.1)	25.80(655.3)	107.3(48.67)	120(54.43)	2050(929.88)	114.0(51.71)	2265(1027.40)	113.3(51.39)
30	50	0.39(9.9)	32.00(812.8)	118.5(53.75)	<i>D</i>	2350(1065.96)	130.5(59.19)	2535(1149.87)	126.6(57.42)
	51	0.43(10.9)	32.00(812.8)	130.5(59.19)		2565(1163.48)	142.5(64.63)	2775(1258.74)	138.6(62.86)
	52	0.47(11.9)	32.00(812.8)	142.5(64.63)		2780(1261.00)	154.5(70.08)	3015(1367.60)	150.6(68.31)
36	50	0.43(10.9)	38.30(972.8)	156.5(70.98)	<i>E</i>	3110(1410.69)	172.7(78.33)	3345(1517.29)	167.3(75.88)
	51	0.48(12.2)	38.30(972.8)	174.5(79.15)		3435(1558.11)	190.7(86.50)	3705(1680.58)	185.3(84.05)
	52	0.53(13.5)	38.30(972.8)	192.4(87.27)		3755(1703.26)	208.6(94.62)	4065(1843.88)	203.2(92.17)
42	50	0.47(11.9)	44.50(1130.3)	198.9(90.22)	261(118.38)			4240(1923.26)	212.0(96.16)
	51	0.53(13.5)	44.50(1130.3)	224.0(101.60)	261(118.38)			4740(2150.06)	237.0(107.50)
	52	0.59(15.0)	44.50(1130.3)	249.1(112.99)	261(118.38)			5245(2379.13)	262.2(118.93)
48	50	0.51(13.0)	50.80(1290.3)	246.6(111.85)	316(143.33)			5250(2381.40)	262.4(119.02)
	51	0.58(14.7)	50.80(1290.3)	280.0(127.00)	316(143.33)			5915(2683.04)	295.8(134.17)
	52	0.65(16.5)	50.80(1290.3)	313.4(142.15)	316(143.33)			6585(2986.95)	329.2(149.32)
54	50	0.57(14.5)	57.10(1450.3)	309.8(140.52)	370(167.83)			6565(2977.88)	328.3(148.91)
	51	0.65(16.5)	57.10(1450.3)	352.7(159.98)	370(167.83)			7425(3367.98)	371.2(168.37)
	52	0.73(18.5)	57.10(1450.3)	395.6(179.44)	370(167.83)			8280(3755.80)	414.1(187.83)

下水道用グライドル鑄鉄管

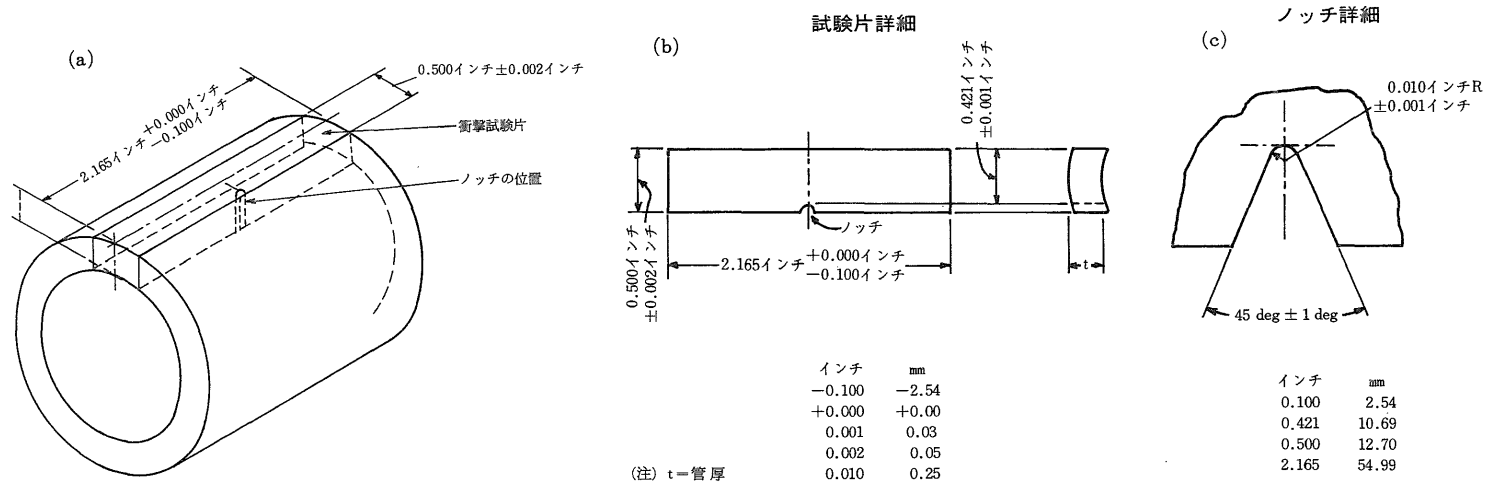
図-1 引張り試験片

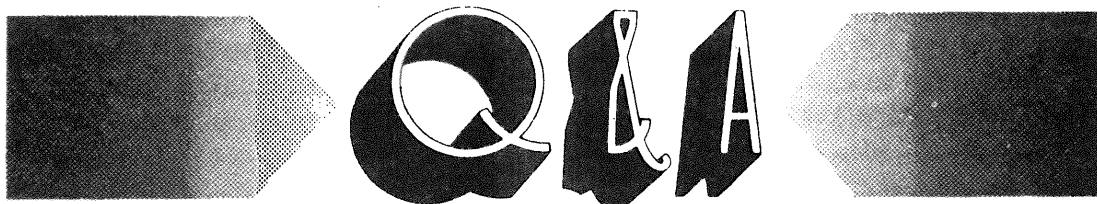


寸法	標準試験片		小サイズ試験片		0.125インチ径(3.18mmφ)
	0.50インチ径(12.7mmφ)	0.350インチ径(8.89mmφ)	0.250インチ径(6.35mmφ)	0.175インチ径(4.45mmφ)	
G	2.000±0.005 (50.80±0.13)	1.400±0.005 (35.56±0.13)	寸法、インチ(mm)		0.500±0.005 (12.70±0.13)
D	0.500±0.010 (12.70±0.25)	0.350±0.007 (8.89±0.18)	1.000±0.005 (25.40±0.13)	0.700±0.005 (12.78±0.13)	0.125±0.005 (3.18±0.13)
R, min	3/8 (9.5)	1/4 (6.4)	0.250±0.005 (6.35±0.13)	0.175±0.005 (4.44±0.13)	0.125±0.005 (3.18±0.13)
A, min	2 1/4 (57.2)	1 3/4 (44.4)	3/16 (4.8)	3/8 (2.4)	3/8 (2.4)
T ^a	0.71 and greater (18.0)	0.50~0.70 (12.2~17.8)	1 1/4 (31.8)	3/4 (19)	5/8 (15.9)
			0.35~0.49 (8.9~12.4)	0.25~0.34 (6.4~8.6)	0.18~0.24 (4.6~6.1)

T^a. 管体試験で引張り試験片が加工される前の管厚

図-2 衝撃試験片





〔質問〕 異形管の内面防食について

〔回答〕

水道用鑄鉄異形管類の内面防食対策は、直管が全数セメントライニングを施され、略々万全な防食効果が期待されるのに比して、一般的には従来から行われてきている瀝青質の塗装が現在でも行われており、水道水質の悪化とも関連して錆こぶによる閉塞、赤水の発生原因の残された因子として早急に解決を要する問題点である。

このような事態に対し、鑄鉄管メーカーとしては鑄鉄異形管類の内面防食対策確立のため種々研究、検討を行い、以前本誌にも掲載（“鑄鉄管”第12号53～66P〈1972.5〉）した各種対策を実施に移している段階に入っている。

そこでこれらの異形管内面防食対策の実情を報告してご参考に供したい。

1. エポキシ粉体塗装

現在市販されている樹脂系塗料として、水道水に接触して使用する場合、もっとも長期にわたって信頼性のある防食性能を発揮する重防食塗料はエポキシ樹脂粉体塗料である。

このことは次の実験で確認されている。

水道管の内面防食ライニングの備えるべき特性としては次の各項目が要求される。

- (1) 鉄管の内面への密着性が優れており、かつ内面通水により密着力の劣化がないこと（二次密着性が優れていること。）
- (2) 鉄管に対する防食力が優れていること。
- (3) 内面の通水の水質に悪影響をおよぼさないこと。
- (4) 塗膜が損傷され難いこと。
- (5) たとえ損傷を受けた場合でも、その損傷部が基点となって塗膜の密着性が劣化しないこと。

このような要求にかなう内面ライニングとして、

- (1) エポキシ粉体塗装、(2) 塩ビ粉体塗装（プライマー処理）、(3) ポリエチレン粉体塗装（プライマー処理有および無）、(4) タールエポキシ塗装、(5) セメントモルタルライニング、(6) 合成樹脂エマルジョン添加セメントモルタルライニングを選定し、通水試験によりその長期性能を調査した。

試験条件は表-1 に示すごとく、通常の上水道水であるpH 7と侵食性水の代表として遊

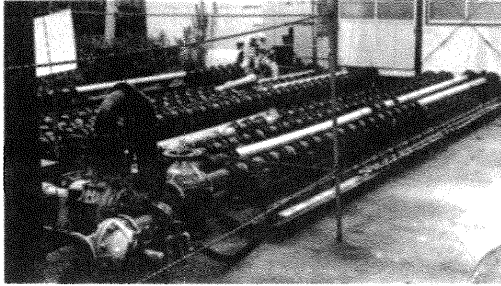
表-1 各種内面防食ライニング材通水試験条件

試験条件	口径 (mm)	平均流速 (m/sec)				
		試験開始時	1年後	5年後	7年後	11年後
pH 2	100	5.3	4.1	—	4.0	—
	125	3.4	2.6	—	2.4	—
pH 4	100	4.9	3.8	—	3.5	—
	125	3.1	2.4	—	2.1	—
pH 7	100	5.0	—	3.9	—	3.7

離炭酸を多量に含むpH 4の水および遊離塩素を多量に含むpH 2の水を用い、口径 100mm お

よび口径 125mmの口径の試験管を用いて、流速約 3 m/sec および 5 m/sec で通水試験を行

図一 各種内面防食ライニング材通水試験装置



い、初期は1ヵ月ごとに、その後は1年ごとに調査をし、11年間の結果が得られた。

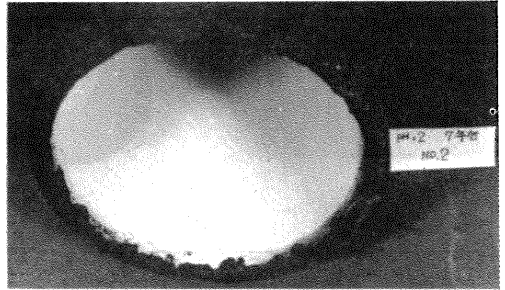
その結果の概略は次の通りである。

上水についてはセメントモルタルライニング、樹脂添加セメントモルタルライニングおよびエポキシ樹脂粉体塗装が11年後でも優れた性能を示し、前二者は表面層に水垢が付いたような状態であるのに対し、エポキシ樹脂粉体塗装はほとんど異常を認めない。タールエポキシ塗装は塗膜のフクレ、局部的な点錆の発生が認められた。塩化ビニル粉体塗装、ポリエチレン粉体塗装(プライマー有、無)は4年間は異常なかったが、5年目では塗膜の剝離が部分的に進行し、一部の塗膜は消失してしまっているなど、長期にわたっての信頼性は劣る点が認められた。

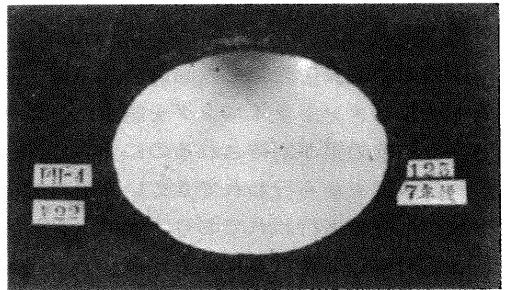
侵食性水については通水期間は7ヵ年であるが、タールエポキシ塗装はpH 2では6ヵ月後に孔食が生じ漏洩、pH 4では4ヵ月後にフクレ、一部孔食発生、セメントモルタルライニングはpH 4、pH 2のいずれの場合も表面が激しく蝕されていた。セメントモルタルライニングの表面にタールエポキシ塗装を施したものは、僅かにタールエポキシ塗膜に小さなフクレが認められたが、略々健全であった。これに対してエポキシ粉体塗装はいずれの条件下でもほとんど異常は認められず確実な防食性能を発揮していることが確認された。各種通水条件下でのエポキシ粉体塗装管の内面状況を図一2、3、4に示す。

このように、エポキシ樹脂粉体塗装は長期間の通水に対する防食性能は非常に優れており、現在もっとも一般的に信頼性のある重防食塗料と考えられているタールエポキシ樹脂

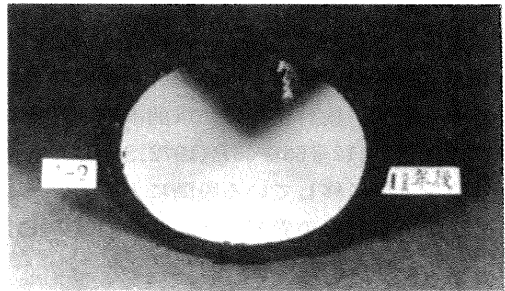
図一2 pH 2 通水試験 (7年後の管内面)



図一3 pH 4 通水試験 (7年後の管内面)



図一4 pH 7 通水試験 (11年後の管内面)



塗料よりはるかに防食性能は優れている。

一方エポキシ樹脂粉体塗装は、その塗膜の機械的性質も優れており、密着力、耐衝撃性耐摩耗性、可撓性、硬度などほとんどの面で総合して優れた性能を持っている。これらを表一2に一覧にて示す。

またエポキシ樹脂粉体塗料は溶剤を全然含まない、エポキシ樹脂基材を固形状硬化剤とともに珪石粉やチタン白、カーボンブラックなどの顔料と配合して粉末にした塗料であるため、揮発性成分や水溶性成分を全然含まないため、水質に悪影響をおよぼすことはなくその面からいっても上水道管の内面塗装としては好適な性格を備えているといえる。

口径75mmダクタイル鋳鉄管の内面に300 μ 厚のエポキシ粉体塗装した供試管の内面に、残

表-2 エポキシ樹脂粉体塗装の性能

項目	エポキシ樹脂
鉛筆硬度	3H~3H
ゴバン目試験(1mm巾)	100/100
エリクセン試験(mm)	3
屈曲試験(mmφ)	6
耐衝撃試験(デュボン式 $\frac{1}{2} \times 500g \times Xcm^2$)	50
耐沸騰水試験(時間)	300
耐塩水噴霧試験(時間)	1500
塗膜の比重	1.45
塗膜の引張強度(kg/cm ²)	510
塗膜の伸び率(%)	3.6

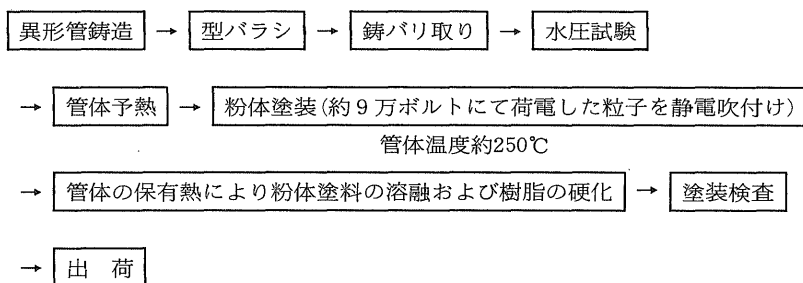
留塩素2ppmを含む水道水を24時間湛水して水質検査を行った結果を表-3に示す。

このようにエポキシ樹脂粉体塗装は内面防食塗装としての適性を持っており、かつ後ほど述べるように小口径異形管の内面塗装法として大量生産に向いているため、鑄鉄異形管の内面防食塗装として大きく取り上げられ、各地の水道局において小口径ダクタイル鑄鉄異形管用に採用されつつある。そのような情

況に対処して、日本ダクタイル鉄管協会においてもJDPA Z 2006-1977“水道用ダクタイル鑄鉄異形管粉体塗装”として規格化し、主として口径250mm以下の小口径異形管に適用し、一般の需要に応えている。(なお一部の都市では口径350mm以下の小口径管について適用している。)

粉体塗装の工程は図-5のごとくであり、あらかじめ250℃前後に加熱された鉄管に約9万ボルトの電界を通して荷電されたエポキシ樹脂粉体塗料が静電的に自動的に吸引・塗着され、塗布された粉体塗料は約100℃の温度で溶融するので、鉄管の熱により溶融し、連続塗膜を形成する。さらに粉体塗料は鉄管の保有熱により200℃以上の温度にまで達し、その後鉄管の自然放冷とともに冷却していくが、180℃以上の温度で約5分間以上保持されれば樹脂と硬化剤とが熱硬化反応を行い、網目状高分子を形成し、完全な塗膜になる。なお、粉体塗装の場合は反応温度が通常の塗装に比べて非常に高温であること、塗膜に溶剤成分を含まないため硬化反応が溶剤により

図-5 異形管粉体塗装工程図



阻害されることのないことなどの理由から、硬化形成されたエポキシ樹脂塗膜は非常に優れた性能を持つことができる結果になっている。

JDPA Z 2006-1977に規定されたエポキシ樹脂粉体塗装の仕様を表-4に一覧にて示す。

この静電粉体塗装法は、小口径管の場合は塗装ガンと被塗物である管内面との距離が小なるため、荷電塗料粒子への静電的クーロン力が有効に作用し、塗料の塗着効率は高く、

かつ鉄管の内面円周上に均一に塗布できるため、高度な熟練は不必要であり、生産性も高く、多量生産に向いているので、今後は小口径異形管類の内面防食法として大きく発展するものと予想され、その増大する需要に応え得るようにメーカーとしても態勢を整えている。

なお、このエポキシ樹脂粉体塗装は内面の通水に対してのみならず、土中埋設される鉄管の土壌に対する防食塗装としての性能も、その優れた塗膜の機械的性質と耐水性、耐化

表-3 エポキシ樹脂粉体塗装の溶出試験結果

分析・測定成績書

第2163-1~3号

久保田鉄工(株)
パイプ研究所殿

昭和53年3月7日

財団法人 兵庫県環境科学技術センター ㊦

昭和53年1月13日貴殿から当センターに提出された試料の分
析・測定成績は下記の通りです。



分析・測定成績単位はppmです

試料名		ブランク水 No. 1	浸漬水 No. 2			
採取	施設または場所					
	月 日	1月13日	1月13日	月 日	月 日	
	時 刻	10時00分 時 分	10時00分 時 分	時 分 時 分	時 分 時 分	
分析・測定項目	水素イオン濃度	7.2	7.1	1) 浸漬水は粉体塗料を口径75mm 鋳鉄管に厚み300μになるよう加熱塗装し7日間室内放置後、2時間流水で洗浄し、さらに24時間滞水洗浄した後、新たに尼崎市の上水に残留塩素が2ppmになるよう調整した水で満たし、24時間浸漬したものを検水として持込まれたもの。		
	アミン類	不検出	不検出			
	過マンガン酸カリ消費量	7.6	7.7			
	色度(度)	(1度以下)	(1度以下)			
	濁度(度)	(0.1度以下)	(0.1度以下)			
	残留塩素	0.15	0.10	2) ブランク水は、尼崎市の上水を用い、残留塩素が2.2ppmになるよう調整したものを浸漬水と同条件で24時間放置した後、検水として持込まれたもの。		
	臭気	無臭	無臭			
	味	無味	無味			
		シアン	不検出	不検出		
		フェノール類	定量限界未満 (0.005ppm未満)	定量限界未満 (0.005ppm未満)		
分析・測定項目	鉛	定量限界未満 (0.005ppm未満)	定量限界未満 (0.005ppm未満)			
	全クロム	定量限界未満 (0.01ppm未満)	定量限界未満 (0.01ppm未満)			
	カドミウム	定量限界未満 (0.001ppm未満)	定量限界未満 (0.001ppm未満)			
	銅	定量限界未満 (0.01ppm未満)	定量限界未満 (0.01ppm未満)			
	ヒ素	定量限界未満 (0.001ppm未満)	定量限界未満 (0.001ppm未満)			
	総水銀	不検出	不検出			
	全鉄	0.04	0.04			
	全マンガン	定量限界未満 (0.01ppm未満)	定量限界未満 (0.01ppm未満)			
	亜鉛	0.03	0.07			

表-4 JCPA Z 2006-1977 水道用ダクトイル鑄鉄異形管粉体塗装

項 目			
塗 料 組 成		エポキシ樹脂、硬化剤および顔料を主成分とした熱硬化性の粉体塗料	
塗 装 方 法		予熱した管に適切な塗装装置を用いて塗料を吹き付け均一な塗膜を形成させ、十分に硬化させる。	
塗 料 の 品 質 性 能	塗 料 の 比 重	1.5以下	
	基盤目密着試験	25 / 25	
	衝 撃 試 験	500cm、500grで異常ないこと	
	エリクセン試験	3mm以内で異常のないこと	
	鉛筆引掻き試験	硬度Hで異常のないこと	
	塩水噴霧試験	500hr異常のないこと	
	低温高温繰返試験	-30°~70℃ 4サイクルで異常のないこと	
	溶 解 試 験	濁 度	+0.5°以下
		色 度	+1.0°以下
		KMnO ₄ 消費量	+2 ppm以下
		残留塩素	-0.7ppm以下
		フェノール類	0.005ppm以下
		アミン類	検出しないこと
		シアン類	検出しないこと
臭 気 味		異常でないこと	
pH		±1.0以下	
製品 検査	塗 膜 厚	0.4mm +制限しない -0.1mm	
	外 観	有害なキズ、異物の付着などの欠点がなく表面は滑かであること	

学薬品種のために非常に優れたものを持ち、外面塗装としても適していることが示され、一部のダクトイル鑄鉄管メーカーでは口径250mm以下の小口径ダクトイル鑄鉄管直管について、内外面エポキシ樹脂粉体塗装の生産態勢を小規模ながら整備して、セメントモルタルライニングにはない優れた特性を利用する方向にも用い得る段階になっている。

2. 異形管セメントモルタルライニング

水道用のダクトイル鑄鉄直管は、現在すべてセメントモルタルライニングが施されている。これに対していままでも異形管類にもセメントモルタルライニングを施した例は比較的少なかった。これは前者が遠心力ライニング法で施工するのに対して、後者が手塗りライニング、または遠心力投射法という非能率的な、かつ品質的にも安定しない方法を用いているがために、製造側および使用者側の両者

から所謂は敬遠されていたのがその最大の理由であろう。

しかしながら、セメント材料に対する最近の技術的進歩、特に膨張性セメントの開発はセメントの固有の欠点であった凝固収縮、乾燥収縮を解消させ、したがってセメントモルタルライニングの最大の問題点である鉄管との密着性の低下、クラックの発生などを大幅に改善することが可能となった。

これらの技術を異形管類の手塗り、または投射セメントモルタルライニングに実地に適用することにより、その信頼性を向上さし得、中大口径異形管(口径400mm~2,600mm)についてかなりの水道局において採用され、長期間の実績も得られる段階に達している。

セメントモルタルライニングの水道管の内面防食の機能はセメント中のカルシウム分による鉄面の不働態化がその最大の要因である

が、この機能に対してはライニング厚、モルタルの密着、多孔性、C/Sセメント砂比などが上げられ、常識的にいって遠心力施工モルタルと手塗りモルタルとでは、防食性能にいく分の差が生ずる可能性が考えられる。しかしこれらは、モルタルの配分を適切に設計することにより解決可能であり、また前述の膨張セメントを利用することも有効な手段となる。

一例として口径 100mmダクタイル鋳鉄管の内面のセメントモルタルライニングの施工条件として、遠心力をG No.70、40、20、0（手塗り）と段階的に変化した試験片を作成し、4 m/secの流速の通水試験を行ってライニング表面の状況を経時的に観察した。この場合12年後までの調査ではライニング面の状況の変化にはいずれの場合も差はなく、どの試験片も完全な防食性能、耐久性を示していた。

またアメリカにおいては、鋳鉄管のセメントモルタルライニングは南カロライナ州のチャールストン市のJ.E. Gibson氏が1922年に口径 16"の鋳鉄管の手塗り施工をして用いたのが最初とされている。この手込めセメントモルタルライニング鋳鉄管路の経時的な流量係数測定の結果を表-5に示す。

表-5 手込めセメントモルタルライニング管(口径16")の流量係数の経年変化

試験実施の年	W. & H. 公式の「C」
1922(設置時)	135
1923	128
1930	145
1933	139
1973	131

これから見てもわかるように、手込めのセメントモルタルライニングの場合でも55年間水道を通水した後になお布設当時と略々同じ流量係数を保持していることが示され、われわれが現在直管の遠心力セメントモルタルライニングに期待している以上の性能、耐久性を持っていることが証明される。

事実アメリカ、欧州などにおいては鋳鉄異形管の内面防食は手塗り、または遠心力投射

によるセメントモルタルライニングが一般に広く行われており、ポピュラーな方法として普及している。

わが国においては異形管に対するセメントモルタルライニングは、小口径管に対しては粉体塗装の方が適性があることなどの理由から、その適用範囲は口径 400mm以上の中口径管から口径 2,600mmまでとし、要望があれば実施する態勢を整えている。なお異形管に対するセメントモルタルライニングの規格は、統一されたものは現段階では未だ整備されていず、製造業者の仕様書の形で施工されている。

異形管のセメントモルタルライニング仕様書の一例を次に抜粋して示す。

使用材料：ポルトランドセメント、フライアッシュセメント、高炉セメント。

混合材：カルシウム・サルフォ・アルミネートを適量(7~11%)使用する。(直管の場合7~8%)

モルタル：C/S比1:1.3~2.5(重量比)(直管よりもややセメント豊配合)、水はできるだけ少量にすること。

ライニングの施工：ガンによる吹付け、遠心力投射またはコテに

表-6 単位 mm

適用される管の呼び径	ライニング厚さ	管端部の許容差
250以下(注2)	4	+3.0 -1.5
300~ 600	6	+3.0 -2.0
700~ 900	8	+3.5 -2.5
1000~1200	10	+4.0 -3.0
1350・1500	12	+5.0 -4.0
1600以上	15	+5.0 -5.0

- (注) 1. 管端から50mm以内のライニング厚さは、テーパがついてもさしつかえない。
2. 呼び径 250mm以下のライニング厚さは、枝管を有する管、または片落ち管の小なる呼び径に適用する。

よる手塗り。

養生：自然養生の場合は4日間撒水着生後シールコート塗装、蒸気養生の場合は前養生2時間以上した後蒸気養生し、その後シールコート塗装する。

ライニング厚：表-6

検査：外観、ヒビ割れ、はがれの検査を行い、はがれは一辺の長さが円周の $\frac{1}{6}$ 以下ならば補修しなくてもよい。

3. タールエポキシ塗装

JWWA K 115-1974“水道用タールエポキシ樹脂塗料塗装方法”として規定された方法である。

タールエポキシ樹脂塗料はコールタールとエポキシ樹脂、その他充填剤などを配合した重防食を主目的とした塗料でJIS K 5664-1972“コールタールエポキシ樹脂塗料”によると、乾燥塗膜中に含まれるエポキシ樹脂の含有率により1種、2種、3種と区分され、それぞれ次のような特性用途とされている。

- 1種：特に耐油性、耐薬品性に優れているもの。エポキシ樹脂30%以上。
- 2種：耐油性、耐薬品性を持っているもの。エポキシ樹脂20%以上。
- 3種：耐油性、耐薬品性を必要としない個所に用いるもの。エポキシ樹脂12%以上。

水道用のタールエポキシ塗装では上記JISの1種塗料に相当するものを用いることになっており、さらに水道用であるためコールタールやエポキシ樹脂、硬化剤、溶剤による水質への影響を特に厳密に規制している。

それ故、上水道用コールタールエポキシ塗料としては、日本水道協会規格に合致する品種を選定して使用する必要がある。このJWWA K 115による溶解試験の規定を表-7に示す。これは口径80mmの管の内面に塗布された条件と同一になるような塗装面積/水量比になるように塗装板を24時間湛水し、その供水について試験した値である。

タールエポキシ樹脂塗装は原則として乾燥塗膜厚0.3mm以上に塗装することを原則としており、通常2~3回塗りですら塗装される。こ

表-7 JWWA K 115水道用タールエポキシ樹脂塗料塗装方法溶解試験規定

溶解試験	濁度	0.5度以下
	色度	1度以下
	過マンガン酸カリウム消費量	2 ppm 以下
	残留塩素の減量	0.7 ppm 以下
	フェノール類	0.005 ppm 以下
	アミン	検出しないこと
	シアン	検出しないこと
	臭気及び味	異常でないこと

(注) 試験温度は常温とする。また数値などは空試験の値との差から求めるものとする。

のものは溶剤を含んでおり、かつ常温硬化型の反応樹脂であるため、その性能を完全に発揮させるためには溶剤の蒸発が完了し、エポキシ樹脂の硬化反応が完結する必要がある、略々1ヵ月間の期間を要する。

ダクタイル鑄鉄異形管の場合は口径400mm以上の中大口径管に主に適用されるが、形状が種々雑多であるため手塗りによる刷毛、またはスプレー塗装が行われ、その施工能率はあまり高いものとはいえない。

塗装製品は塗膜の硬化完了後、JWWA K 115の規定にしたがって塗膜の外観検査、膜厚検査、密着力検査などを行った後、納入される。

このタールエポキシ樹脂塗料はコールタールとエポキシ樹脂の比率、使用するコールタールの種類、充填剤、顔料などの種類によってその防食性能に大きなバラツキが生ずる傾向があるため、特に防食性能の優れた品種でかつ水質に悪影響のない品種を選定することが重要であり、その点、特に慎重に選定を行っている。

4. まとめ

水道用異形管の内面防食対策として小口径異形管ではエポキシ樹脂粉体塗装が、中大口径管についてはセメントモルタルライニングおよびタールエポキシ樹脂塗装が実用化されそれぞれ需要家の要望に応じて供給できる方向に進みつつある。これらの防食法の性能、特性などについて概略説明した。