

2) 調査事業体の選定

このアンケート調査の結果から、VP管を使用し、かつTS継手を使用している事業体の中で、さらに漏水事故件数が多い事業体の中から「福山市水道局」と「岡崎市水道局」を調査対象として選定し、調査協力をお願いした。(但し、岡崎市水道局からご提供いただいたサンプルに関しては、メーカーのマーキング等が消えており履歴等が不明確であったため、今回の調査対象からは割愛させていただいた。)さらに、本年度の更新事業で塩ビ管(TS継手)の更新を予算化している事業体として、「仙台市水道局」に対して調査協力をお願いした。また、本プロジェクトの事業体委員の中から「名古屋市上下水道局」に調査へのご協力をお願いした。

最終的に、施工現場確認も含め現地調査を実施した3事業体(福山市、仙台市、名古屋市)について以下に調査結果を示す。

3) サンプル状況

①福山市水道局サンプリング

・サンプルに関する情報

調査日 : 2006年10月24日(火)

掘上本数 : 5本

現場名 : 福山市西町1丁目現場

(今回の調査のために塩ビ管を5箇所掘削)

管種 : VP管 + TS継手(1979年JIS規格改定前の仕様)

口径 : 呼び径 100

布設年度 : 1972年(昭和47年)頃に布設

使用年数 : 約34年

推定事故率 : 1.8件/km/年

(250m程度の管路で、11年間(平成5年~15年)に5回の補修履歴あり。)

更新後管種 : 配水用ポリエチレン管

・サンプリング場所

<事故履歴>

フクロ : 補修台帳に「フクロジョイント」で補修と記録有り

なし : 補修台帳には残っていないが、補修していると思われる箇所



・サンプリング状況



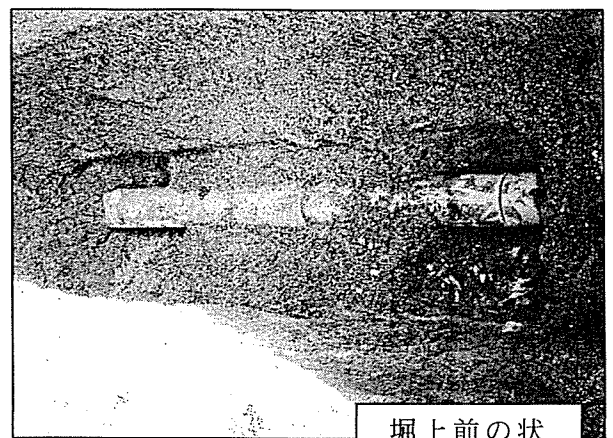
A部状況



B部状況



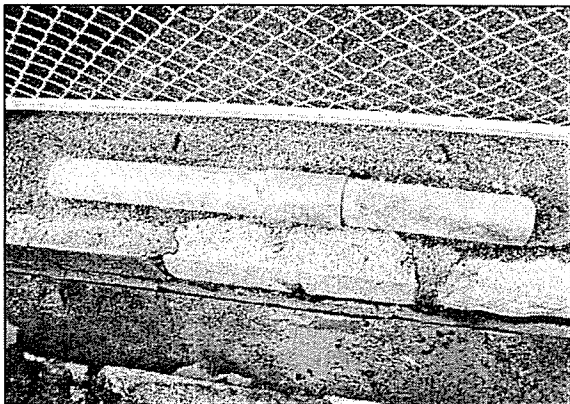
塩ビ管のカット



堀上前の状況

・堀上管の状況

<サンプル1>



<サンプル1> A部
外観上は、特に割れ等は見られない

パイプ：A社

<サンプル2>

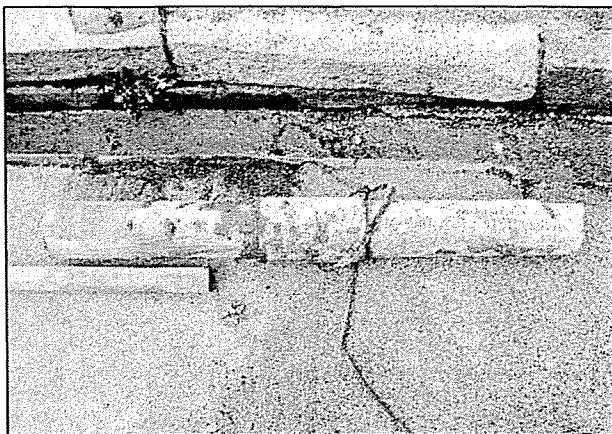


<サンプル2> A部
「フクロジョイント」で補修済み
継手表面1箇所、き裂あり

パイプ：A社

継手：B社

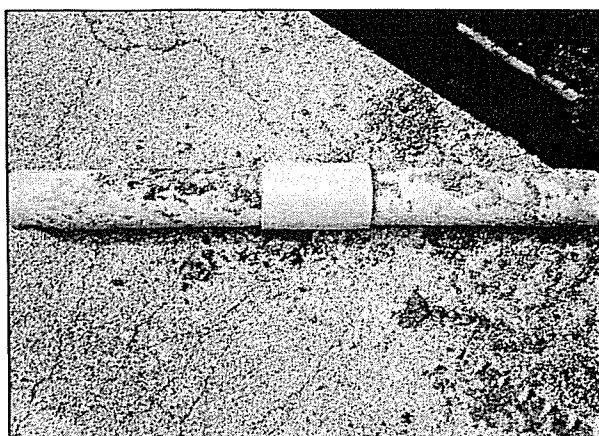
<サンプル3>



<サンプル3> A部
外観上は、特に割れ等は見られない

パイプ：A社

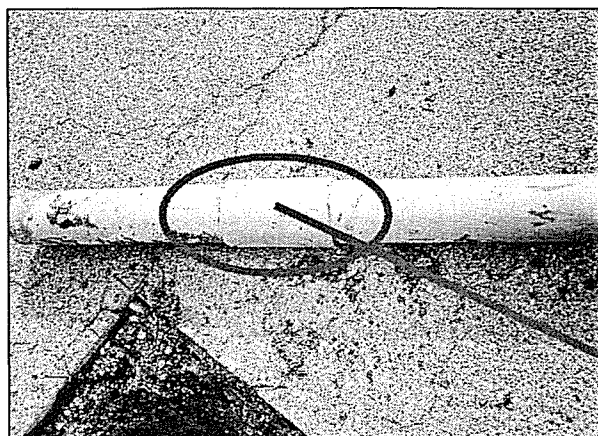
<サンプル4>



<サンプル4> B部
外観上は、特に割れ等は見られない

パイプ：C社

<サンプル5>

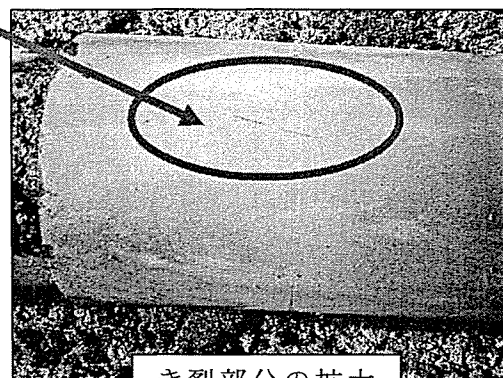


<サンプル5> B部
継手表面2箇所なき裂有り
(補修履歴はなし)

漏水していた可能性大

パイプ：C社

継手：B社



き裂部分の拡大

②仙台市水道局サンプリング

・サンプルに関する情報

調査日 : 2006年11月15日(水)

堀上本数 : 44本

現場名 : 仙台市宮城野区岩切字東河原現場

(塩ビ管の布設替え工事に併せて、接合部付近をサンプリング)

管種 : VP管 + TS継手(1979年JIS規格改定前及び改定後の仕様が混在)

口径 : 呼び径 75

布設年度 : 1975年(昭和50年)頃に布設

使用年数 : 約31年

推定事故率 : 1.4件/km/年

(1400m程度の管路で、13年間(平成5年~17年)に25回の補修履歴あり。)

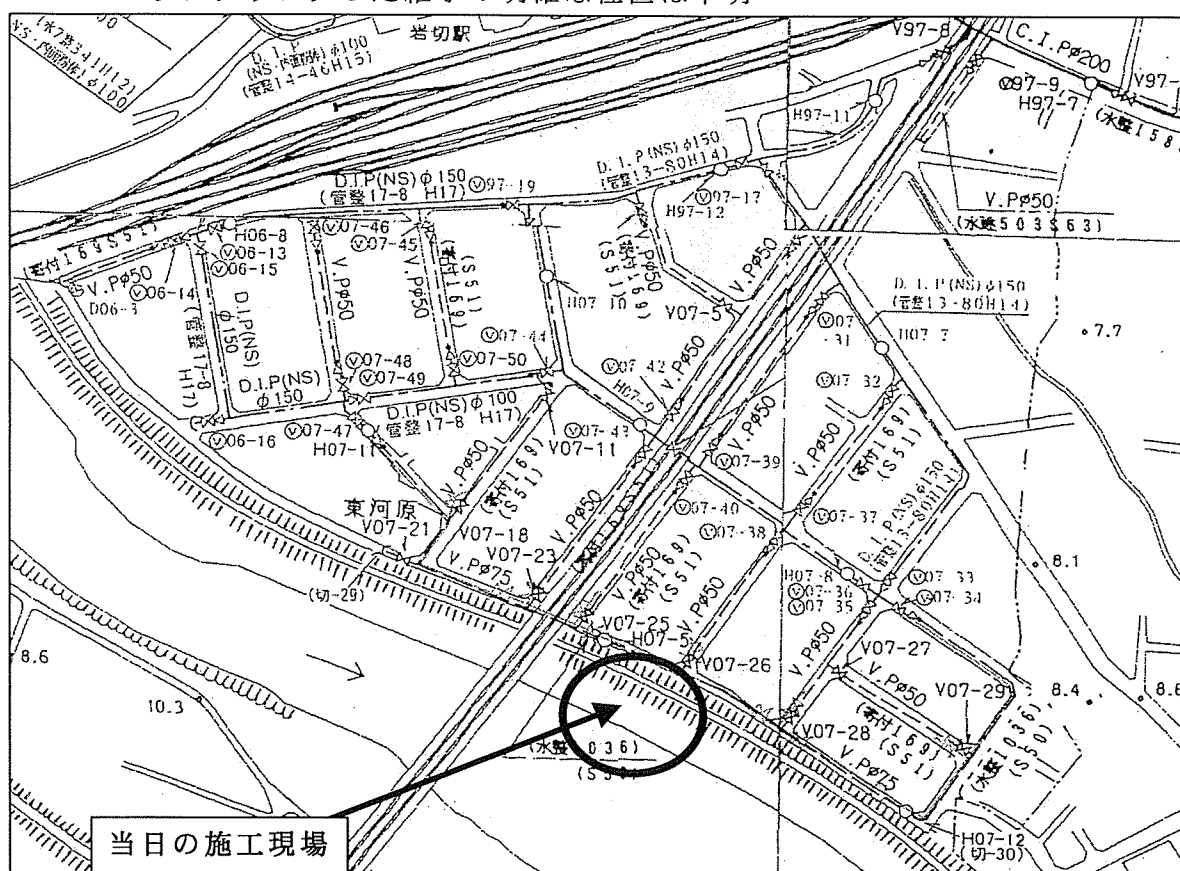
実際には、補修履歴のない多数の割れた継手(地中で長期間漏水?)を確認。

更新後管種 : NS形ダクタイル鋳鉄管

・サンプリング場所

* 赤線部分が更新予定の配管ライン

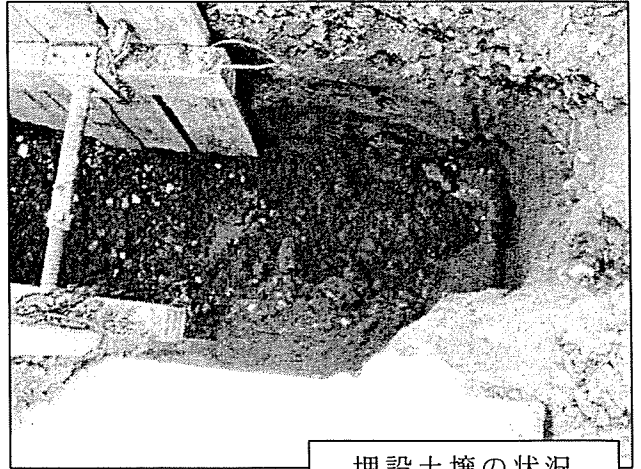
* サンプリングした継手の明確な位置は不明



・サンプリング状況

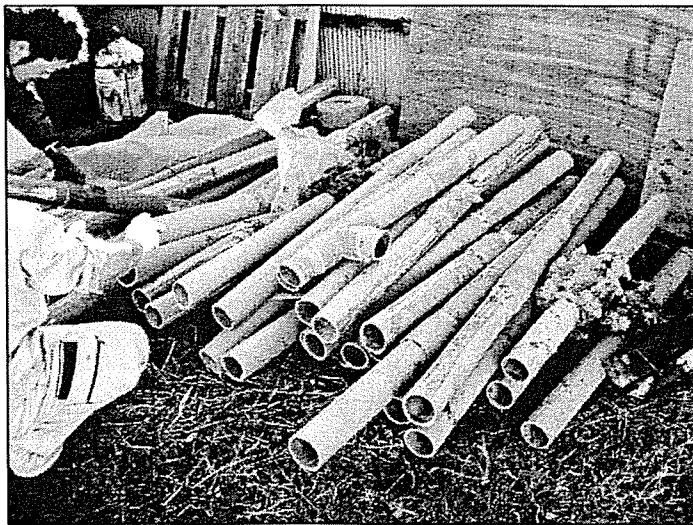


更新工事の現場



埋設土壌の状況

・堀上管の状況



堀上管の保管場所にて、状況を確認

パイプ：D社
C社

継手：E社<旧仕様TS継手>



ソケット部及び補修箇所を選別

旧仕様継手に多数のき裂を確認。
新仕様継手には、き裂は見られない。

③名古屋市上下水道局サンプリング

・サンプルに関する情報

調査日 : 2007年2月15日(木)

堀上本数 : 7本

現場名 : 清洲市清洲一丁目 清須庁舎(旧清洲町役場)前現場

(塩ビ管の布設替え工事に併せて、接合部付近をサンプリング)

管種 : 片受けRR継手 + VP直管(1981年JWWA規格制定前の団体規格品)

(当初TS接合との情報だったが、調査の結果RR接合であることが判明。同年代のTS継手との比較のためにサンプリングした。)

口径 : 呼び径 100

布設年度 : 1975年(昭和50年)頃に布設

使用年数 : 約31年

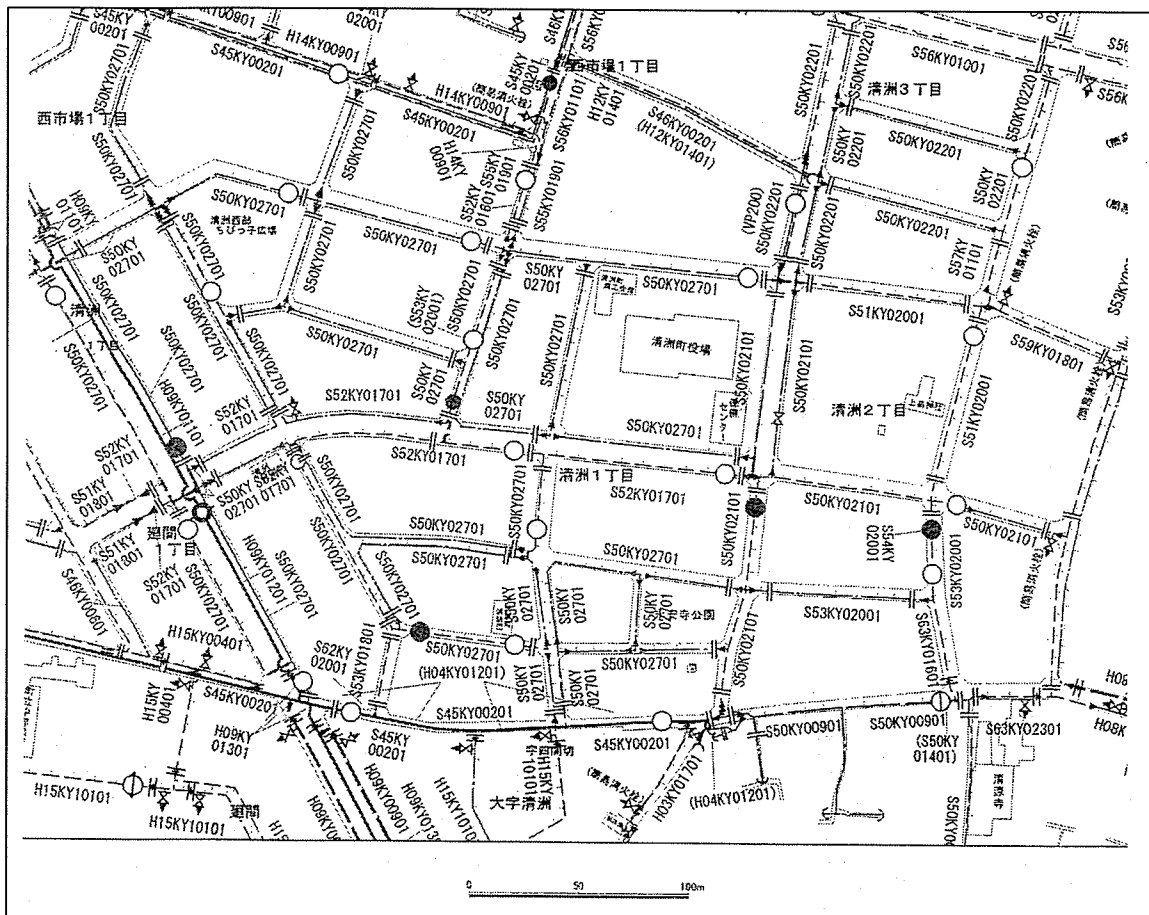
推定事故率 : ?件/km/年

(事故履歴等のデータなし)

更新後管種 : NS形ダクタイル鋳鉄管 150A(増径)

・サンプリング場所

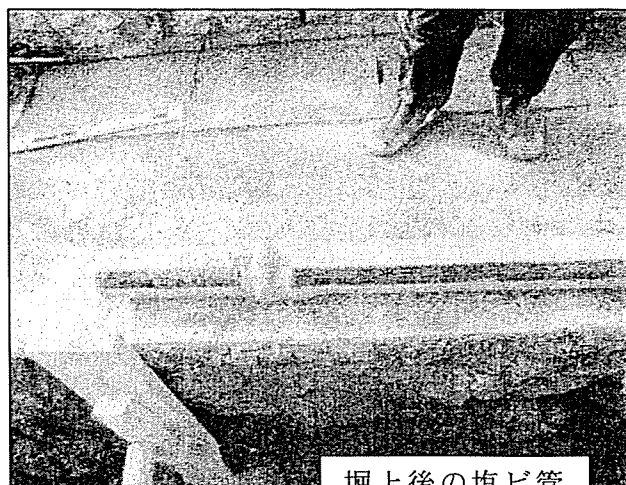
*黄色の部分が、今回サンプリングした管路。



・ サンプルング状況



堀上前の状況



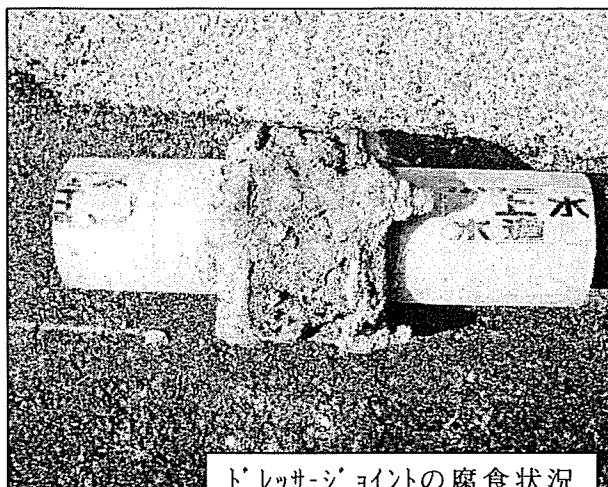
堀上後の塩ビ管



ゴム輪接合部のサンプルング状況



铸铁管への布設替後の埋戻し

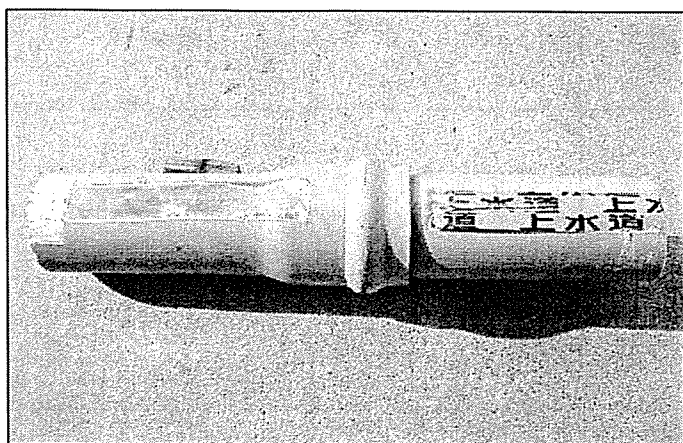


ドレサジョイントの腐食状況



パイプ接合部の半割り作業

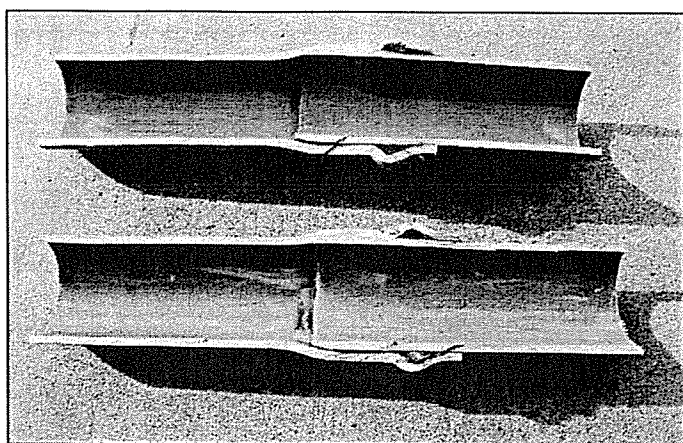
・堀上管の状況



堀上管外観の目視確認

ゴム輪接合部に割れ等の概観上の問題点は見られない。さらに、ゴム輪受口の奥部に差し込まれた状態となっていて、管の抜け等の動きが発生した形跡は無い。

片受け直管：F社



半割したサンプルの目視確認

外観からの確認結果と同様で、内面にもき裂等の発生は確認されない。

(5) 堀上管の調査

1) 仙台市水道局サンプルの詳細調査

仙台市水道局のサンプル（全部で44本（内2本はチーズを含む））について詳細に調査を実施した。ソケット部を含むサンプル42本を、TS継手の仕様と継手のき裂の状況で分類し、以下の表3.4.3に示した。

この表からわかるように、「旧JIS規格TS継手」は、今回入手したサンプル36本のうちの30本（83%）に、表面に達するいくつかのき裂が発生していた。中にはフクロジョイントで補修していない継手でも、継手のき裂からの周辺の砂を巻き込んだ渦巻き状の漏水によりTS継手外面から穴の開く、「サンドブラスト現象」により継手に穴が開いているものも見られた。逆に、「新JIS規格TS継手」には、外観から確認した限りでは、き裂は全く見られなかった。

また、補修に使用している鋳鉄製のフクロジョイントが使用中に腐食し、サンドブラスト現象により大きく穴のあいたTS継手から錆が逆流している形跡が見られ、これが赤水の発生原因になっている可能性も示唆された。

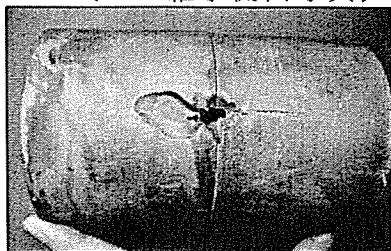
表 3.4.3 入手サンプルのき裂の発生状況

単位：本

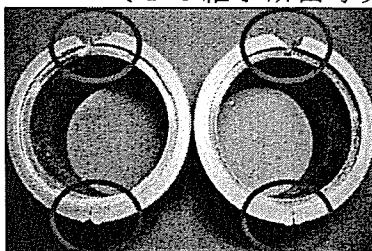
	フクロジョイントで補修	き裂有り（補修なし）	き裂なし
旧 J I S 規格 T S 継手 （旧仕様）	15 ＜サンプル 1＞	15 ＜サンプル 2＞	6 ＜サンプル 3＞
新 J I S 規格 T S 継手 （新仕様）	0	0	6 ＜サンプル 4＞

注）き裂有りは、微少き裂から大きなき裂までを含む。

＜TS継手側面写真＞



＜TS継手断面写真＞



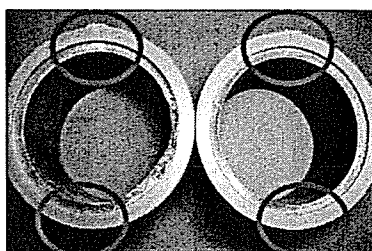
＜サンプル 1＞

旧 J I S 規格 T S 継手

上下にき裂あり

サンドブラストで減肉

フクロジョイントで補修

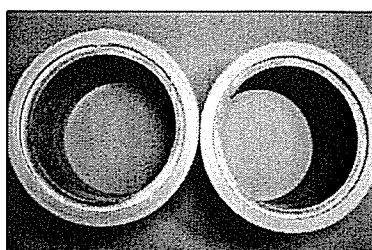


＜サンプル 2＞

旧 J I S 規格 T S 継手

上下にき裂あり

補修なし

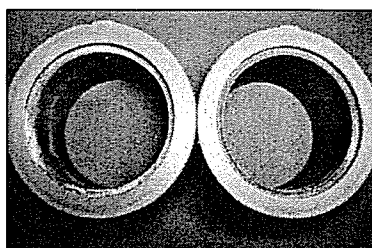
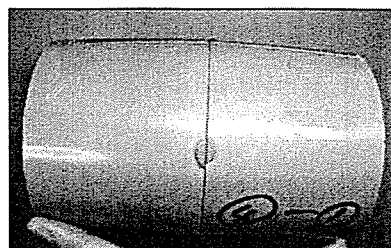


＜サンプル 3＞

旧 J I S 規格 T S 継手

き裂なし

補修なし



＜サンプル 4＞

新 J I S 規格 T S 継手

き裂なし

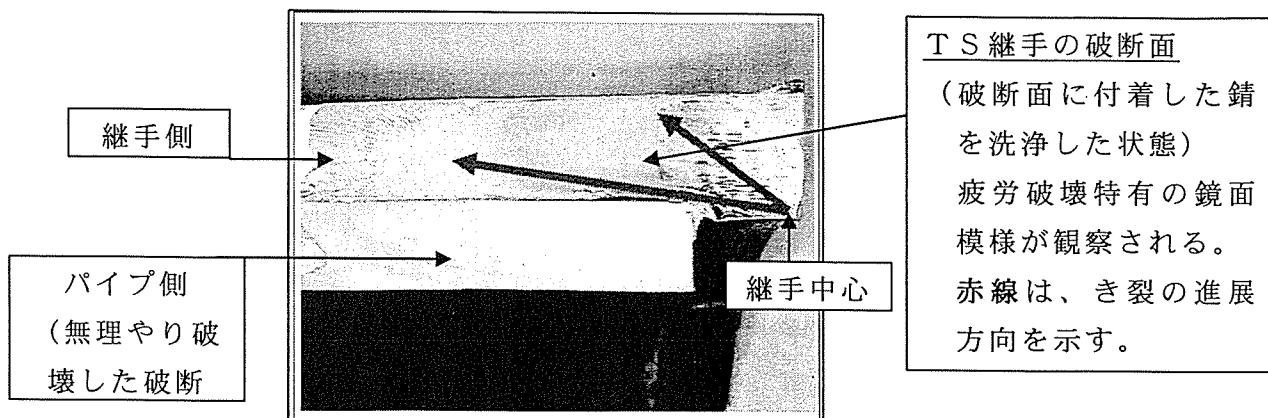
補修なし

旧 J I S 品に比べかなり厚肉

2) き裂発生原因の推定

①き裂破断面の観察

福山市水道局でサンプリングした「サンプル5」の破断面を、実体顕微鏡を使用し観察を実施した。破断面より、継手のき裂発生の原因は、使用時の水圧の変動の繰り返し（脈動）等による「疲労破壊」であることが推測される。



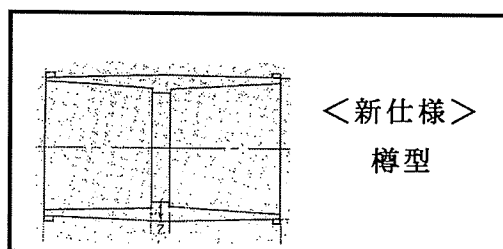
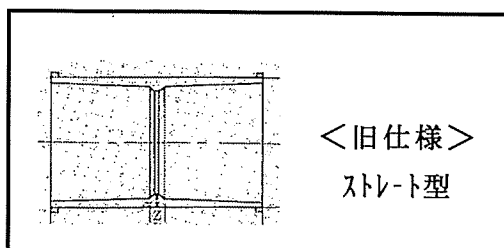
②き裂発生原因の推定

・たがはり力

テーパ状の受け口を持ったTS継手に管を差し込んだとき継手に発生する円周方向の応力のことを通称「たがはり力」と呼んでいるが、管が奥まで差し込まれていればいるほど発生応力は過大になるため、よりき裂が発生しやすくなる。

・TS継手の形状

右の図のように、旧仕様の継手は、新仕様の継手に比べ、継手中心部の肉厚が薄いため、「たがはり力」の影響をより受けやすい構造になっていた。



・使用圧力

使用圧力が高いほど、継手の円周方向の応力が高くなり、また、圧力の変動幅も大きくなるため「脈動水圧」による継手のき裂がより発生しやすくなると考えられる。仙台市水道局の場合も以前は圧力が高かったが、使用水圧を低く調整してからは漏水事故の割合が大幅に低下したとのこと。

このようないくつかの要因の複合効果により、TS継手のき裂が発生していると考えられる。

3) 性能調査

き裂の発生したサンプルの破面の観察結果(5)2)①から、TS継手への水圧変動による疲労破壊が原因と推定されることから、同現象を促進して再現するために「脈動水圧試験」を実施し、新旧の仕様の継手の性能の違いを確認する。

①脈動水圧試験の試験方法

試験温度：20℃

試験振幅：0.75MPa ± 0.75MPa

試験波形：台形波

試験周期：2.5秒

試験サンプル：VP管 呼び径 75

①堀上管旧仕様TS継手を含むパイプ N = 2

②堀上管新仕様TS継手を含むパイプ N = 2

③現行TS継手を含むパイプ N = 2

試験体寸法：450mm

②試験結果

現在③のサンプルの評価を実施している。

今後③のサンプルが破壊次第、順次①及び②のサンプルの評価を実施する予定。

(6) まとめ

本年度の研究として、「①VP管+②TS継手+③漏水事故の多い路線(JIS規格改訂前(1979年以前)のTS継手を使用していて、かつ使用条件の影響等により漏水の多い路線)」に対して、詳細な調査を実施することで、塩ビ管の老朽度診断を行うための指標となる現象の一つとして、TS継手のき裂発生の状況が確認できた。

来年度は、漏水事故の多い実管路の「管内カメラ調査」(現状では断水状態を想定)を実施し、実際に「き裂発生」部分を内面から確認することが可能かどうかの検証実験を実施する予定である。

(7) 引用文献

- 1) (財)水道技術研究センター：鑄鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管診断手法の開発調査報告書(1994)
- 2) (財)水道管路技術センター：水道用硬質塩化ビニル管調査報告書－鑄鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管診断手法の開発調査追補－(1995)
- 3) (財)水道技術研究センター：水道用塩化ビニル管路の診断マニュアル(2003)

以上

3.4.2 水道用バルブ点検データの分析（呼び径φ400～φ2600）

（1）はじめに

水道バルブ類は、戦前に設置されたものも未だ残っているが、主として昭和30年代以降に設置されたものが現在も使用され続けている。関連団体より「維持管理マニュアル」や「更新指針」も発表されているものの、設置数が多く、すべてに目が届かないというのが実状である。そのため、不意の故障や操作不能のために思わぬ断水や汚濁水の流出をまねくことがある。これらのリスクを回避するには、今まで以上に計画的にバルブの点検・更新を進める必要がある。

ただ、これらの作業の必要性を説明できるデータや分析結果が少ないのも現実である。今回、A市水道部殿の全面的なご協力を得て、独自のバルブ点検データをご提供いただいた。このデータを分析することにより、現有バルブの実情を伝え点検・更新を促す一助になればと考える。

（2）データの出典

A市水道部殿で実施された平成17年度点検データ。（点検はバルブメーカーによる。）

（3）バルブの点検周期

参考のため、A市水道部殿で実施されているバルブの点検周期は以下を目安とされている。

①場内電動：4年 ②場内手動：10年 ③管路電動：4年 ④管路手動：6年

（ただし、管路の電動弁は数が少なく、これにのっとっていない場合もある。）

点検の種類を、日常点検・定期点検・精密点検（語句の定義は(社)日本水道協会編「水道用バルブ類維持管理マニュアル、2004」による。）に分けるとすれば、「定期点検」に相当する。

（4）点検項目

以下の項目について点検を実施されている。

- 1) 外面塗装の状態
- 2) ボルト・ナットの腐食の有無
- 3) 開度計の表示・作動状況
- 4) グランドよりの水漏れの有無
- 5) 操作機よりの油漏れの有無
- 6) 弁室の状態（水没の有無。ただし、これはバルブ固有の問題とは異なる。）
- 7) 作動点検

①バタフライ弁については10度程度、仕切弁については減速機の大歯車1回転程度の開閉操作を行う。

②全閉又は中間開度のバルブ及び流量に影響を与える場合は、監督員と協議を実施し、その指示に従う。

上記以外にも、以下の項目について記録されている。

- 1) バルブ番号
- 2) バルブの型式
- 3) 口径
- 4) 製造年
- 5) 銘板記載事項、鋳出し項目
- 6) 弁室蓋・タラップの良否
- 7) 弁室ピット内酸素濃度

(5) データの分析結果

- 1) 調査されたバルブの総台数：224 台
- 2) うち何らかの不具合が報告されたバルブの台数：52 台（計 59 件）
 - 【7 台が複数件の不具合を持つ。】
 - 【総台数に占める不具合バルブの割合：23%】
 - 【不具合のあるバルブの平均使用年数：37 年】
- 3) 不具合の内訳

不具合部位	台数	割合	平均年数	場所	台数	割合	型式	台数	割合
基準値をこえる 操作力	25	11%	36.4	場内	8	3.6%	仕切弁	13	5.8%
				管路	17	7.6%	ハタフライ弁	12	5.4%
弁室水没による 維持管理への悪 影響	11	5%	35.2	場内	7	3%	仕切弁	1	-
				管路	4	1.8%	ハタフライ弁	10	4.5%
開度表示の不 具合	10	4.5%	42.4	場内	7	3%	仕切弁	4	1.8%
				管路	3	1.3%	ハタフライ弁	6	2.7%
ボルト腐食	9	4%	-	場内	9	4%	仕切弁	9	4%
				管路	0	-	ハタフライ弁	0	-
グラウンドよりの 水漏れ	2	0.9%	37	場内	0	-	仕切弁	2	0.9%
				管路	2	0.9%	ハタフライ弁	0	-
操作機よりの 油漏れ	2	0.9%	34	場内	2	0.9%	仕切弁	0	-
				管路	0	-	ハタフライ弁	2	0.9%
合計	52 (59 件)	23%	37.0	場内	30	13%	仕切弁	23	10%
				管路	22	10%	ハタフライ弁	29	13%

注：割合とは総台数に対する割合

4) 設置場所（場内／管路）別

①場内に設置されているバルブ：調査総台数：121台

うち不具合バルブの台数：30台（121台に対して25%）

不具合の内訳

ボルトの腐食	9台
弁室の状態	8台
操作力の基準値ごえ	8台
開度表示の不具合	7台
操作機よりの油漏れ	2台

②管路に設置されているバルブ：調査総台数：103台

うち不具合バルブの台数：22台（103台に対して21%）

不具合の内訳

操作力の基準値ごえ	17台
弁室の状態	3台
開度表示の不具合	3台
グラウンドよりの水漏れ	2台

5) 型式（仕切弁／バタフライ弁）別

①仕切弁：調査総台数：46台

うち不具合バルブの台数：23台（46台に対して50%）

不具合の内訳

操作力の基準値ごえ	13台
ボルトの腐食	9台
開度表示の不具合	4台
グラウンドよりの水漏れ	2台
弁室の状態	1台

②バタフライ弁：調査総台数：178台

うち不具合バルブの台数：29台（178台に対して16%）

不具合の内訳

操作力の基準値ごえ	12台
弁室の状態	10台
開度表示の不具合	6台
操作機よりの油漏れ	2台

6) 型式・口径別損傷率（ある特定の型式・口径で、不具合バルブ台数／設置台数）

①仕切弁：調査総台数：46台

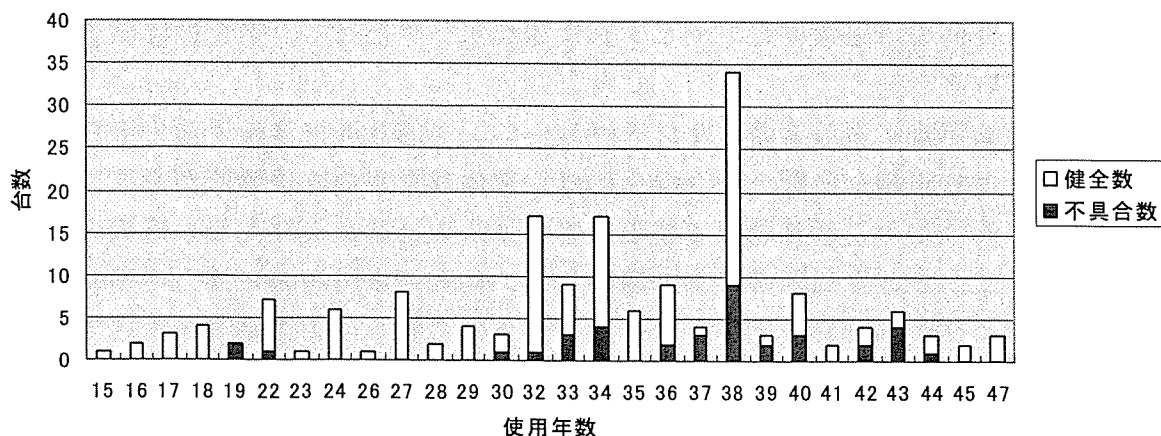
口径	不具合台数	設置台数	不具合率(%)
400	0	2	0
500	2	6	33
600	3	7	43
700	7	10	70
800	0	1	0
1000	4	7	57
1100	4	4	100
1200	2	3	67
1350	1	4	25
1500	0	1	0
2000	0	1	0

②A*タライ弁：調査総台数：178台

口径	不具合台数	設置台数	不具合率(%)
500	1	12	8
600	0	13	0
700	2	21	10
800	4	16	25
900	1	17	6
1000	1	15	7
1100	0	2	0
1200	6	11	55
1350	3	25	12
1500	3	17	18
1600	0	3	0
1650	1	1	100
1800	0	3	0
2000	5	10	50
2200	1	8	13
2600	1	4	25

7) 使用年別不具合バルブの分布状況

使用年数 15 年以上のバルブについて不具合バルブの分布状況をグラフ化した。



8) まとめ

①主な不具合は、基準値をこえた操作力、弁室の水没による維持管理への悪影響、開度表示の不具合である。

操作力増大の要因としては、バルブ内の発錆・異物の堆積、グラウンドの固着、操作機の故障等が考えられる。

②場内と管路で有意な差異は認められなかった。

③仕切弁のあとにバタフライ弁が開発されている。従って使用年数の長い仕切弁のほうが不具合率が高く、約半数の仕切弁が何らかの不具合が認められる。

優先的にバタフライ弁やソフトシール仕切弁へ転換を図るべきである。

④口径による有意な差異は認められない。上述のように、仕切弁はすべての口径にわたって不具合率が高い。

⑤使用年数が 19 年未満のバルブに不具合は報告されていない。設置後 30 年をこえると徐々に不具合が増加し、今回の集計では、不具合のあったバルブの平均使用年数は 37 年であった。また、不具合は全設置数の 23% のバルブで報告されているが、補修等に対応できるレベルであった。

以上の分析結果より

①突発で補修・更新するバルブを除いて、設置後 30 年を超えるバルブについては、点検あるいは更新等により設備の維持・延命化を図る必要がある。

②多少の安全率を考慮すると、「35 年で設備全体の 25% を点検あるいは更新する必要がある。」を目安として、計画・予算化を図る。

というガイドラインが導かれる。

以 上

3.4.3 鋳鉄管における管体および土壌腐食調査

(1) はじめに

基礎研究の「数量化理論による配水管の安全性評価モデルに関する研究」において、福岡市水道局提供の水道管路のマッピング情報をデータとして、安全性評価モデルの作成を行っている。

安全性評価モデルによる管路診断はスクリーニング的な間接診断手法であり、最終的な判定や、より詳細な診断を行う場合には、管体調査等の直接診断が必要になると考えられる。そのため、直接調査の調査内容・方法の確認および今後の研究の基礎データの一助とすべく、今回基礎研究と連動して、福岡市水道局のご協力の基に堀上管の管体調査および土壌調査を実施したので、以下にこれらの調査結果を報告する。

なお、調査に供した堀上管は、基礎研究の安全性評価モデルにおいて事故リスクが高いと想定される区域（メッシュ）より、埋設年数が40年前後の管を採取した。

(2) 調査概要 (表 3.4.4 参照)

- ・ 調査日：2007年（平成19年）2月7日、8日
2月6日、7日、8日 (計5日間)
- ・ 調査担当：株式会社 栗本鐵工所
- ・ 調査場所：福岡市水道技術研修所
- ・ 調査管：ダクタイル鋳鉄管（6本）
高級鋳鉄管（3本） 計9本
- ・ 呼び径：100～400
- ・ 埋設年：1963年（昭和38年）～1975年（昭和50年）

表 3.4.4 調査管の概要

調査管No	呼び径	管種	埋設年度	撤去日	調査日
1	100	ダクタイル鋳鉄管	1975年（昭和50年）	1月23日	2月8日
2	250	ダクタイル鋳鉄管	1971年（昭和46年）	1月23日	2月8日
3	150	高級鋳鉄管	1965年（昭和40年）	1月25日	2月7日
4	200	ダクタイル鋳鉄管	1972年（昭和47年）	2月20日	3月6日
5	400	ダクタイル鋳鉄管	1963年（昭和38年）	士:1月29日 管:2月14日	3月8日
6	300	ダクタイル鋳鉄管	1965年（昭和40年）	2月8日	2月8日
8	100	ダクタイル鋳鉄管	1972年（昭和47年）	2月22日	3月7日
10	200	高級鋳鉄管	1968年（昭和43年）	2月5日	2月7日
11	200	高級鋳鉄管	1967年（昭和42年）	3月1日	3月7日

※撤去日および調査日はいずれも2007年（平成19年）の実施

(3) 調査項目および方法

調査管は管上マーク（撤去時に福岡市水道局によるマーキング）を基に、いずれか一方の管切断面を基準側として時計回りに管上、管右、管下、管左として調査を行った（図 3.4.1 参照）。ただし、受口部がある場合は受口側を基準側とした。いずれの調査管ともこの位置関係を基本として以下の内容の調査を行った。調査手順を写真集の手順-1～手順-21 に示す。

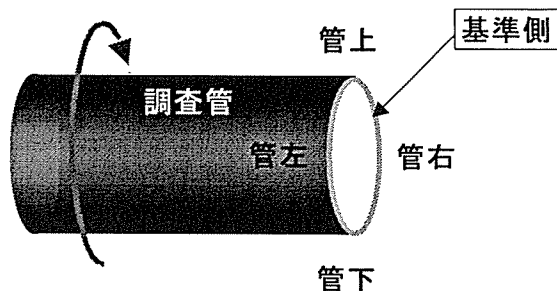


図 3.4.1 調査管の位置関係について

1) 管体調査

① 管の外面状況調査

調査管の搬入時の状況およびワイヤブラシ、ケレンハンマ等にて管外面に付着している付着物（土壌や錆）を除去した後の状況について目視確認と写真撮影を行った。

② 管の腐食量調査

テストハンマ等を用いて管外面の腐食状況について確認を行い、腐食が認められた場合は図 3.4.2 に示すようにデプスゲージ(孔食計)を用いて腐食深さを測定した。

調査は腐食程度の位置関係を明確にするためにエリア分けを行い、そのエリア毎に腐食の進行について確認することとした。エリア分けの概略図を図 3.4.3 に示す。各調査管は撤去時の管長が異なるため、各調査管のエリア分けについては表 3.4.5 に示す内容で実施した。

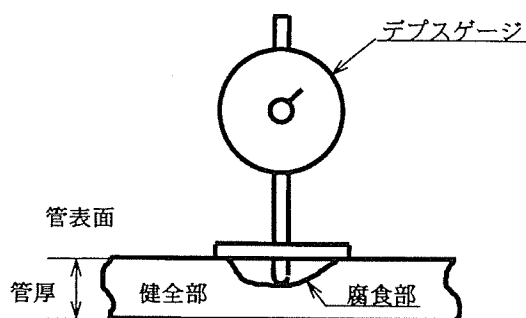


図 3.4.2 デプスゲージによる腐食深さ測定の概略図

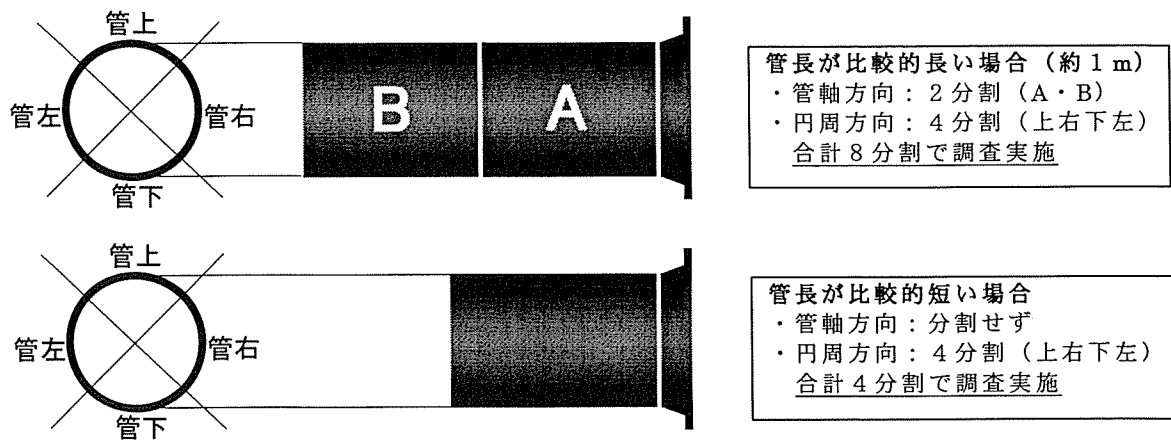


図 3.4.3 腐食量調査時のエリア分け概略図

表 3.4.5 各調査管のエリア分けについて

調査管 No.	呼び径	受口部の有無	基準側	調査管の管長(mm)	エリア分け
1	100	無	任意	約 960	8 分割
2	250	無	任意	約 670	4 分割
3	150	有	受口側	約 840	4 分割
4	200	無	任意	約 1010	8 分割
5	400	有	受口側	約 1010	8 分割
6	300	有	受口側	約 830	4 分割
8	100	有 (直部と別採取)	任意	約 950	8 分割
10	200	無 (片側が押し口)	切断面側	約 1020	8 分割
11	200	有	受口側	約 940	8 分割

③管厚調査

キャリパーゲージを用いて以下に基づき管厚調査を実施した。

- ・ 受口部がある場合：切断部の 1 箇所調査を実施
- ・ 受口部がない場合：両端の切断部で調査を実施 (2 箇所)

調査は管上、管右、管下、管左の 4 点で実施し、当時の規格管厚を満足しているか否かについて確認した。なお、調査では健全部の管厚を測定することとした。