

誌上講座

ダクトイル鉄管の長期耐久性の検証

ー粉体塗装、ゴム輪、ポリエチレンスリーブ、モルタルライニングの調査ー

1. はじめに

新水道ビジョンでは、水道の理想像として「安全な水道」「強靱な水道」「水道サービスの持続」が挙げられており、いまから 50 年・100 年後を見据え、平常時はもちろんのこと、地震や豪雨災害などに対しても長期にわたって安心できる水道管路の構築が必要とされている。

ダクトイル鉄管は、1954 年に初めて製造されて以来 65 年以上にわたって使われ続けており、その優れた耐久性に加えて、地震や災害に対応できる強靱な管材へと進化している。

日本ダクトイル鉄管協会では、これまでに実際に使用されている管路で耐震性と長期耐久性を調査してきた。本報告では、長期間使用されたダクトイル鉄管の内面エポキシ樹脂粉体塗装、ゴム輪、ポリエチレンスリーブを調査して、ダクトイル鉄管の長期耐久性について検証を行った。あわせて、モルタルライニングの耐久性に関する既往の調査結果を紹介する。

2. 調査対象

調査した内面エポキシ樹脂粉体塗装、ゴム輪、ポリエチレンスリーブの使用年数を表 1 に示す。いずれも上水道で使用されたものである。

表 1 調査対象の使用年数

調査対象	使用年数 (年)	調査件数
内面エポキシ樹脂粉体塗装	19～39	13～30(注)
ゴム輪	1～53	91
ポリエチレンスリーブ	2～41	24

(注) 調査項目により件数が異なる

3. 調査結果

(1) 内面エポキシ樹脂粉体塗装

掘上管の内面エポキシ樹脂粉体塗装には、いずれも膨れや剥がれは無く、発錆も認められなかった。外観例を写真 1～2 に示す。

塗膜の付着強さを図 1 に、吸水率を図 2 に、インピーダンスを図 3 に、塗膜表面からの塩素浸透深さを図 4 に示す。布設後 39

年後においても、塗膜の付着強さは新品と同等、吸水率は低い状態を維持し、インピーダンスは優れた防食性能を示す領域にあった。塩素浸透深さは、塗膜の厚さ約 $300\ \mu\text{m}$ に対して $20\ \mu\text{m}$ 以下で、塗膜の厚さの 1 割未満と

小さな値であった。

以上のことから内面エポキシ樹脂粉体塗装は優れた長期耐久性を有することが確認できた。



写真1 呼び径 200(使用年数 39 年)



写真2 呼び径 150 45°曲管 (使用年数 35 年)

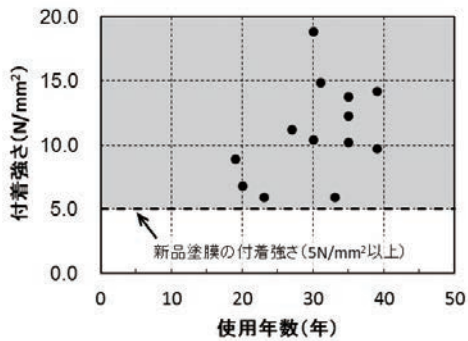


図1 塗膜の付着強さ (JIS K 5600-5-7)

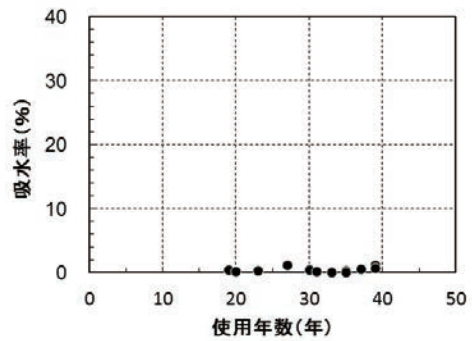


図2 塗膜の吸水率 (JIS K 7209)

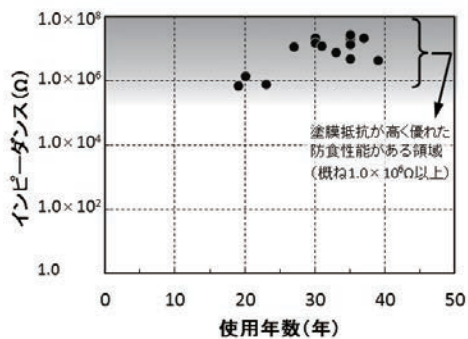


図3 塗膜のインピーダンス (JIS K 5400-2001)

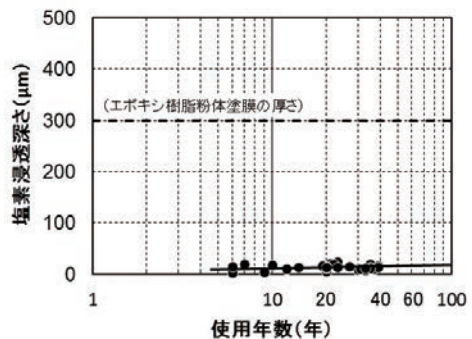
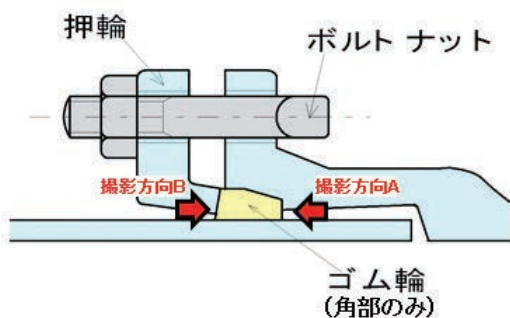


図4 塗膜の塩素浸透深さ
[EPMA (電子線マイクロアナライザ) による]

(2) ゴム輪

ゴム輪は、いずれもゴムとしての弾性を有しており外観も良好な状態であった。外観例を写真 3 に示す。A 形ゴム輪の引張強さを図 5 に、硬度を図 6 に示す。現在の規格値は、引張強さ 18MPa 以上、硬度 $70 \pm 5\text{Hs}$ であり、埋設から 53 年後においても、現在の規格値を満足し、経年による大きな変化

はなかった。また、53 年間使用され、継手に組み込まれた状態で回収したゴム輪（呼び径 700、A 形継手）の水密性試験結果を表 2、写真 4 に示す。継手を繰り返し伸縮・屈曲させた後、水圧を負荷しても、漏水は生じず、良好な水密性を示した。以上の結果から、ゴム輪の長期耐久性を確認できた。



撮影方向A



撮影方向B

写真 3 呼び径 200 A 形（使用年数 47 年）

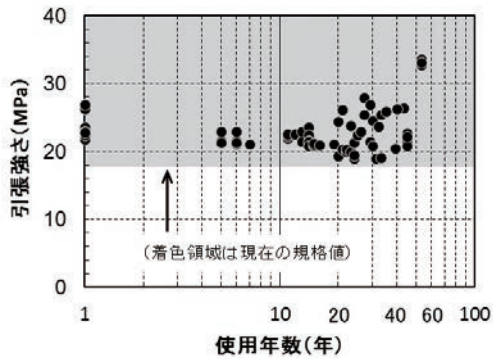


図5 ゴム輪の使用年数と引張強さ

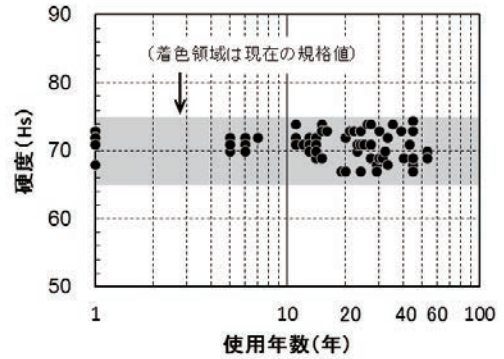


図6 ゴム輪の使用年数と硬度

表2 53年間埋設された継手（呼び径700、A形）の水密性試験結果

継手部の伸縮・屈曲付与		負荷水圧	保持時間	結果
条件	繰り返し回数			
繰り返し伸縮 ±32.5mm	10回	0.85MPa	5分	漏水なし
繰り返し屈曲 ±2.5°	10回	0.85MPa	5分	漏水なし



写真4 水密性試験状況

(3) ポリエチレンスリーブ

ポリエチレンスリーブが装着されていた管の管体を調査し、腐食が無いことを確認した。ポリエチレンスリーブの外観例を写真 5、引張強さを図 7、伸びを図 8 に示す。埋設当時の規格値は、引張強さ 100kgf/cm^2 (9.8MPa) 以上、伸び 250% 以上である。物性値は少しずつ低下しているものの、埋設から 41 年後においても、当時の規格値を満足していた。

なお、ポリエチレンスリーブは、材料や製造方法、物性等の改良が続けられている。ポリエチレンスリーブの材質の変遷を表 3 に示す。現在使用されているポリエチレンスリーブは、初期のポリエチレンスリーブと比べ約 3 倍の引張強さ、2.4 倍の伸びを有しており、より傷付き難くなっている。また、酸化誘導時間を規定し、更なる長期耐久性が期待できる。

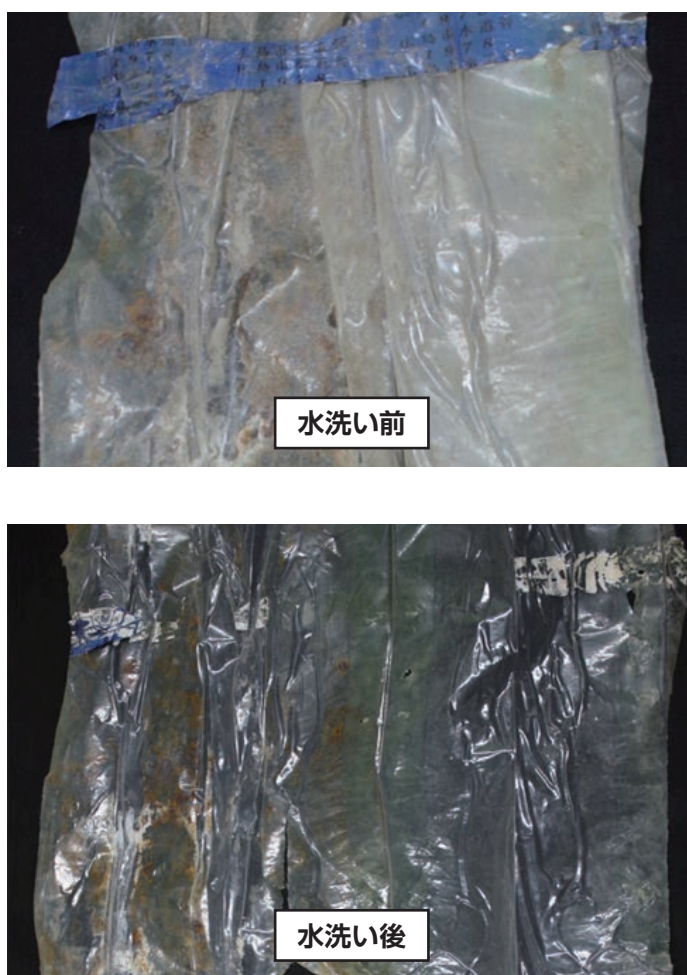


写真 5 呼び径 100 (使用年数 40 年)

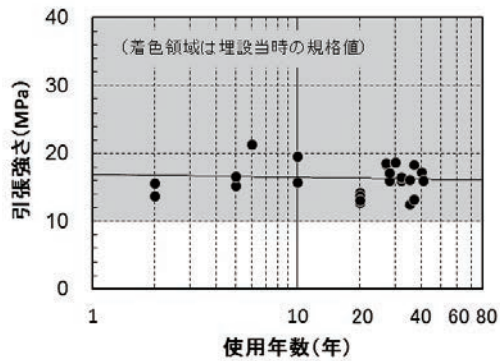


図7 ポリエチレンスリーブの使用年数と引張強さ

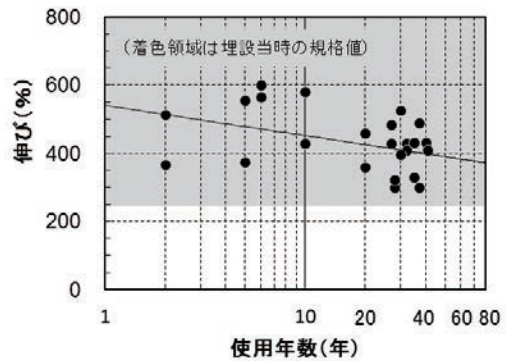


図8 ポリエチレンスリーブの使用年数と伸び

表3 ポリエチレンスリーブの材質の変遷

	厚さ	引張強さ	伸び	耐衝撃性	酸化誘導時間	備考
①1975 (S50) JDKA Z 2005制定	0.2mm	100kgf/cm ² ≦ (9.8MPa≦)	250%≦	—	—	JDKA規格化
②1989 (S64) 改定	同上	200kgf/cm ² ≦ (19.6MPa≦)	500%≦	—	—	製造方法の追加 (低圧法)により強度を向上した
③2001 (H13) 改定	同上	30MPa≦	同上	1kg×50cmの 衝撃に耐える	—	製造方法の変更 (チーグラー触媒→メタセロン触媒)により強度、耐衝撃性を向上した
④2005 (H17) JWWA K 158制定	同上	30MPa≦ (引張降伏応力)	600%≦	同上	—	JWWA規格化
⑤2017 (H29) 改定	同上	同上	同上	同上	60min 以上	酸化誘導時間を規定し、耐久性を向上(白化抑制)した

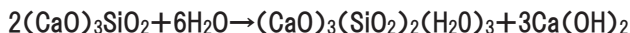
4. モルタルライニングの耐久性に関する 既往の調査結果

(1) モルタルライニングの中性化

モルタルライニングはセメントを主成分としており、経年劣化現象である中性化が見られるケースが多い。セメントは、図 9 に示すようにセメント主成分の珪酸三石灰 $[(\text{CaO})_3\text{SiO}_2]$ や珪酸二石灰 $[(\text{CaO})_2\text{SiO}_2]$ などが水和反応によりカルシウムシリケート

水和物 $[(\text{CaO})_3(\text{SiO}_2)_2(\text{H}_2\text{O})_3]$ など、一般に C-S-H と表記される] や水酸化カルシウム $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ などを生成して硬化するが、これらの生成物は二酸化炭素 $[\text{CO}_2]$ と反応すると炭酸カルシウム $[\text{CaCO}_3]$ を生成する。中でも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と CO_2 の反応によりコンクリートのアルカリ性が失われる現象は中性化と呼ばれている。

【代表的な水和反応：セメントが硬化する反応】



【中性化：アルカリ性が失われる反応】

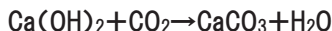


図 9 水和反応と中性化の化学反応式

(2) モルタルライニングの中性化と機能 劣化の試験

滝沢ら¹⁾は、老朽化したダクトイル鉄管の更新計画を策定する際の耐用年数に関する知見を得るため、管内面のモルタルライニングの中性化、及び、全面中性化した場合のモルタルライニングの強度について研究を行った。これらの試験結果を以下のようにまとめている。

- ① 中性化促進試験から、モルタルライニングの中性化深さは時間の平方根に比例し、 $\sqrt{t}$ 則が成り立つことが確認できた。
- ② 埋設管の中性化速度係数から、埋設後の経過年数と中性化深さの関係は図 10 となり、中性化深さがモルタルライニングの厚さである 4 mm に達する年数はシールコートなしでは 57 年、シールコー

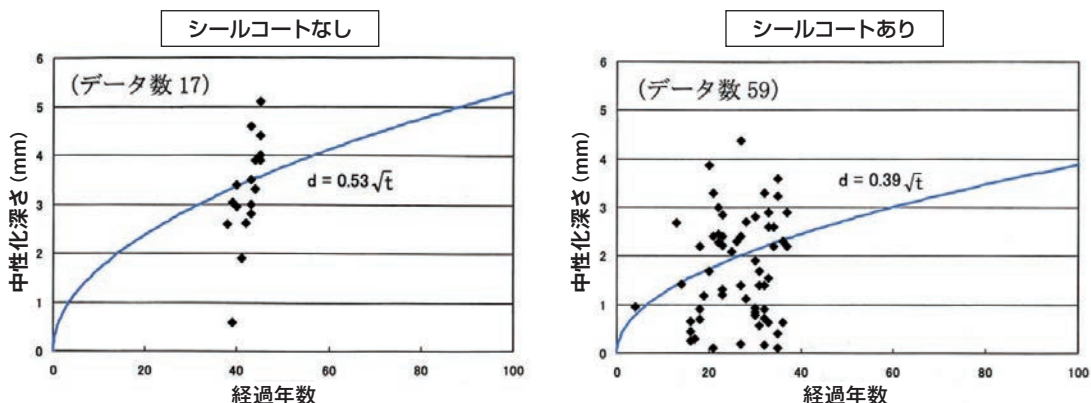


図 10 埋設後の経過年数と中性化深さの関係 (データ数合計 76 件、経過年数最長 45 年間)

トありでは106年と算定された。

- ③成分分析、強度試験（引っかき試験、引張り試験）では、モルタルライニングは中性化すると、表面強度が低下していたが、鉄部から剥離することはないことが確認できた。
- ④切管試験、穿孔試験を行った結果、中性化してもモルタルライニングにクラックや鉄部から剥離が生じやすくなる傾向は見られなかった。
- ⑤塩水浸漬試験では、モルタルライニングは全面中性化したものでも鉄部に対する防食機能を有していることが確認できた。

以上のことから、中性化したモルタルライニングは、管への振動によるクラックや剥離、防食性能に関しても、中性化していないものと比べて顕著な差はなく、中性化してもすぐに発錆することはなく、管路への影響は少ないとしている。

ただし、モルタルライニングが中性化する

期間は、水質条件により大きく異なる。遊離炭酸が多い等、侵食性の強い水質の場合、早い期間でモルタルライニングが中性化する場合があることに留意しなければならない。

5. おわりに

本報告では、実際に長期間使用した内面エポキシ樹脂粉体塗装、ゴム輪、ポリエチレンスリーブの物性を調査して、ダクトイル鉄管の長期耐久性を検証することができた。また、モルタルライニングについて、既往の調査結果からその耐久性を確認した。今後も、より一層安心してダクトイル鉄管が使用できるよう、調査を継続していく。

【参考文献】

- 1) 滝沢智、牛窪俊之、石井和男、近藤秀一：ダクトイル鋳鉄管のモルタルライニングの中性化と機能劣化に関する研究、水道協会雑誌 第80巻 第8号（第923号）、pp.2-10（2011）

規格ニュース

JDPA G 1049 (GX形ダクトイル鋳鉄管)

呼び径350のGX形ダクトイル鋳鉄管(以下、直管という。)、ダクトイル鋳鉄異形管(以下、異形管という。)
及びソフトシール仕切弁(以下、バルブという。)を追加して平成31年2月7日付けで改正した。

1 直管及び異形管の概要

呼び径 350 のGX形直管及び異形管は、呼び径 75 ～ 300・400 と同じ継手性能及び継手構造とした。ただし、切管ユニット(P-Link、G-Link)は、質量が大きくなり施工性の向上が望めないことから呼び径 400 と同様に規定しなかった。直管及び異形管の構造を図 1、2 に示す。

表 1 直管、異形管及び切管ユニットの概要

項目	内容	
	呼び径 75 ～ 300	呼び径 350・400
継手構造	直 管：プッシュオンタイプ(図1 参照) 異形管：メカニカルタイプ(図2 参照)	
継手性能	伸縮量(直管)：管長の±1% 離脱防止力：3DkN (Dは呼び径mm) 許容屈曲角度(直管)：4°	
直管の管厚	1種管 (D1)、S種管 (DS)	
切管ユニット	P-Link、 G-Link	規定なし
外面塗装	外面耐食塗装又は耐食亜鉛系塗装	

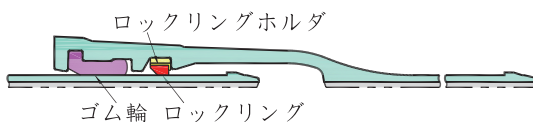
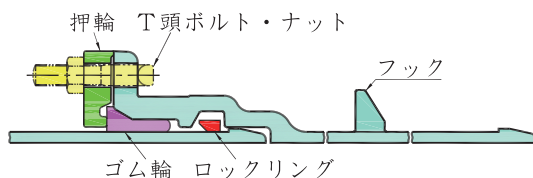


図 1 直管の構造



※フックは、曲管、乙字管の挿し口側の管体部の左右2か所に設ける。

※接合は、押輪が受口にメタルタッチすれば完了する。

図 2 異形管の構造

2 バルブの概要

呼び径 350 のGX形バルブは、JWWA B 120 (水道用ソフトシール仕切弁) に準じた。バルブの構造を図 3 に示す。

表 2 バルブの概要

項目	内容	
	呼び径 75 ～ 300	呼び径 350・400
継手構造	異形管と同じメカニカルタイプ	
継手性能	異形管と同じ 離脱防止力：3DkN (Dは呼び径mm)	
種 類	3種(呼び圧力10K)、 4種(呼び圧力16K)	3種(呼び圧力10K)
接合部の形状	両受式	
弁箱の 外面塗装	外面耐食塗装又は耐食亜鉛系塗装	

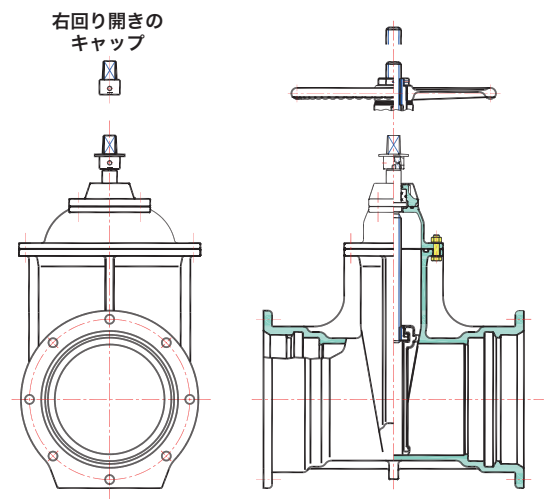


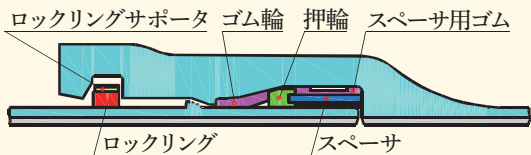
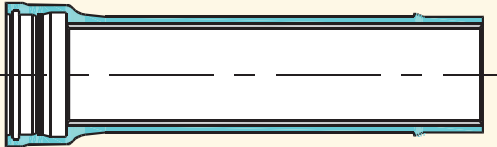
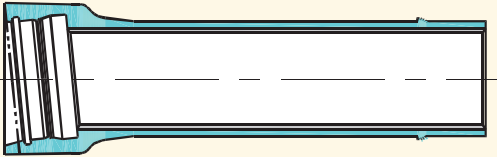
図 3 バルブの構造

JDPA G 3002-2〔US形ダクタイト鉄管（R方式）〕

US形ダクタイト鉄管（R方式）（以下、US形管（R方式）という。）は、従来のUS形管のゴム輪と押輪の位置の保持方法、ゴム輪の形状、ロックリングの支持方法を変更することによって受口長さの短縮、接合部品数の削減、継手部のモルタル充填作業及びボルトの締め付けトルク管理をなくし、大幅に施工性の向上を図ることができるようになったことから、平成30年4月に呼び径2400・2600を対象として規格化した（ダクタイト鉄管No103、規格ニュースを参照）。

今回、呼び径1500～2200を開発・実用化したことから追加し、平成31年2月7日付けで改正した。

US形管（R方式）の概要を以下に示す。

項目	US形管（R方式）
呼び径の範囲	1500～2600
呼び径の種類	呼び径区分Aと呼び径区分Bの2種類 区分A：JIS、JWWA規格と同じ外径（D ₂ ）寸法の管 受け渡し当事者間の協定（注文者と製造業者の合意）によって、シールド内径に合わせて、区分Bまで最適な直径方向の寸法に変更できる。 区分B：呼び径と同じ外径（D ₂ ）寸法の管 その呼び径の最小寸法である。
直管の管厚	1種管、2種管、3種管、4種管 ただし、角度付き直管は4種管のみ
継手構造 （直管、異形管 とも同じ）	 注記 継手性能は、従来のUS形と同じである。
従来のUS形との 主な相違	・ゴム輪と押輪の位置の保持：スペーサ ※ボルトと継ぎ棒をなくし、挿し口が押輪の内面を通過して受口奥まで挿入できることから割輪もなくなった。これらの変更に伴って受口の長さが短くなった。 ・ロックリングの支持方法：LS方式（ロックリングサポータ） ・継手部の充填モルタル：なし
直管の種類	直管  角度付き直管  注記 曲線管路部分で直管の継手の曲げ角度で対応できない配管に使用する。 角度は、呼び径1500～2400は1°～5°の1°刻み、呼び径2600は1°～3°の1°刻みである。
異形管の種類	曲管（11¼°、8°、5⅝°、3°）、継ぎ輪、長尺継ぎ輪、変換継ぎ輪（呼び径A-L方式、呼び径B-L方式、呼び径A-呼び径B）

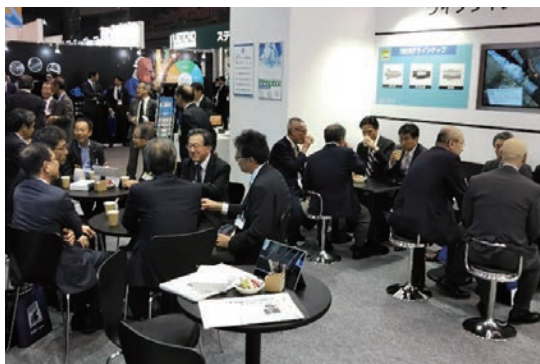
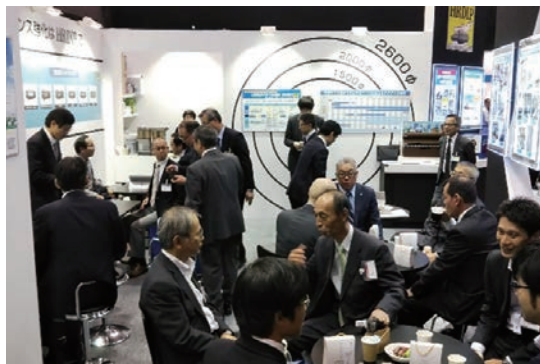
協会ニュース

福岡水道展に出展!! ～災害に強いダクトイル鉄管をPR～

平成30年10月24日～26日の3日間、福岡市マリンメッセで福岡水道展が開催され、133社・団体が出展し、最新の水道技術や製品などのPRを行いました。

日本ダクトイル鉄管協会も『管路の幹線から末端まであらゆるニーズに応えるダクトイル鉄管』～ライフラインのレジリエンス強化に向けて（自然災害に強いHRDIP）～をコンセプトに出展しました。展示ブースでは、大型モニターを使ったプレゼンテーションを実施し、様々な管路構築に対応できる製品ラインナップ、シールド内配管工法用に施工性を大幅に改良したUS形ダクトイル鉄管（R方式）、災害に強いハザードレジリエント ダクトイル鉄管（HRDIP）、お客様と共に取り組む様々な協会活動などを広く紹介し、好評を得ました。

また、各種パネルの他、GX形管（呼び径300）、NS形E種管（同150）、S50形管のカットサンプルやGX形伸縮模型を展示することにより、実際に見て・触れてもらいながら、多くのお客様にダクトイル鉄管の良さをPRすることができました。



平成31年度 ダクタイト鉄管協会セミナー 全国15会場で開催予定

日本ダクタイト鉄管協会では平成30年度、管路に限定することなく、水道事業に関する最新の情報や先進事業体の実例を学識者や事業体職員を講師に招き、セミナーを全国14会場で開催しました。おかげ様で、約1,400名の方々にご参加いただき、大変有意義なセミナーにすることができました。

平成31年度も全国各支部の15会場でセミナーを開催予定です。近々、開催計画を当協会HPおよび新聞に掲載致しますので、ご期待ください。

セミナー会場



大阪会場



沖縄会場



名古屋会場



仙台会場

どの会場も熱心に聴講されるお客様でいっぱいでした。

幅広いテーマについて
ご講演いただきました。

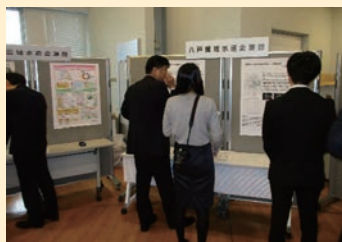


広島会場 (講師:鳥取大学 増田准教授)



小田原会場 (講師:筑波大学 庄司准教授)

セミナー併設展示



千葉会場



高知会場

製品のカットサンプルや耐震管の模型、各種パネルをご紹介。一部の会場では、講師の方や開催地の事業体様にも展示コーナーにご協力いただきました。

HINODE



タッチして、効率管理。

上水道管理サポートシステム

UBIQUITOUS TOUCH®

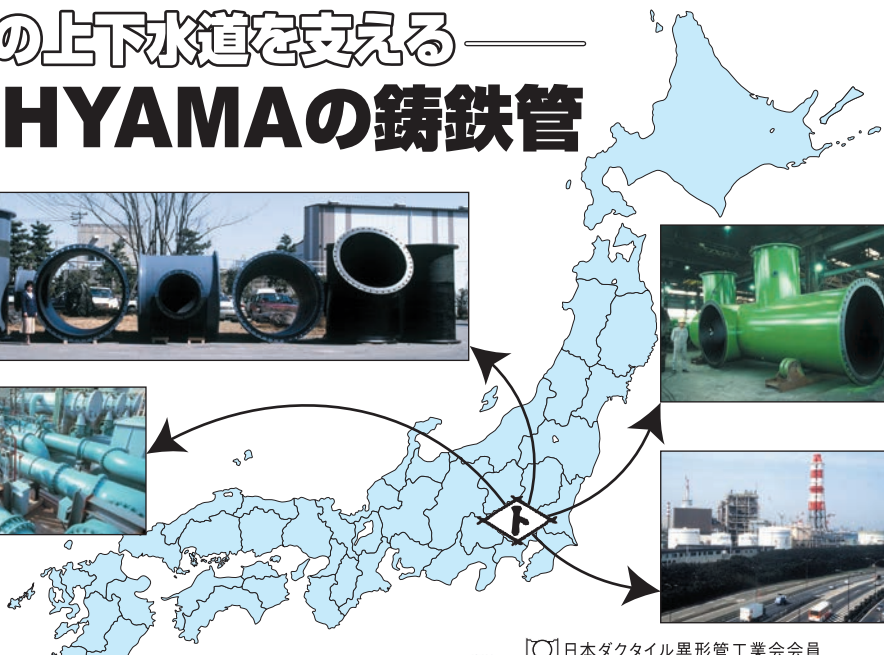
ユビキタス・タッチ®

上水道管理サポートシステム「ユビキタス・タッチ®」は、ICタグが内蔵された鉄蓋とスマートフォンなどのスマートデバイスを使用し、バルブ操作情報などの日常の維持管理情報をパソコンで効率よく管理するシステムです。

日之出水道機器株式会社

本社／福岡市博多区堅粕5-8-18(ヒノデビルディング) Tel(092)476-0777
東京本社／東京都港区赤坂3-10-6(ヒノデビル) Tel(03)3585-0418
<http://www.hinodesuido.co.jp>

日本の上下水道を支える—— TOHYAMAの铸铁管



■ 営業品目

上・下水道用
工業用水道用
ポンプ用

ダクタイル铸铁管
(口径75^{mm}~3,000^{mm})



日本ダクタイル異形管工業会会員

株式会社 遠山鐵工所

本社 埼玉県久喜市菰蒲町昭和18番地
☎0480(85)2111 FAX0480(85)7100

フランジ形長管・乱長管
フランジ形異形管

日本水道協会第1種検査工場・日本下水道協会資器材製造認定工場

九州鑄鉄管株式会社

■本社
〒822-0033 福岡県直方市大字上新入1660-9
TEL 0949-24-1313 FAX 0949-24-1315
URL <http://www.kyucyu.co.jp>
E-mail info@kyucyu.co.jp

■東京支店
〒101-0047 東京都千代田区内神田2-7-12
TEL 03-3525-4551 FAX 03-3525-4552

協会ホームページ スマホ版 もご活用ください！

JDPA



で

検索

QRコードは
こちら▶



施工現場において確認されることが多いと思われる
「技術資料」「接合要領書」「配管手帳」「接合ビデオ」
を素早く確認できます。

※継手接合研修会の申し込みは PC 版 HP からお願いします



一般社団法人
日本ダクタイル鉄管協会

編集後記

- 巻頭言は、(公社)日本下水道協会会長である岡山市の大森市長に下水道事業の課題について執筆頂き、厚生労働省医薬・生活衛生局水道課の是澤課長には昨年12月に改正された水道法の内容について、特別寄稿を頂きました。
- 座談会は、昨年から当協会が主催している管路更新を促進する工事イノベーション研究会の内容について、座長の滝沢教授と幹事事業体委員の皆様にご参集頂き、これまでの研究会のあゆみと今後の方向性などを語り合って頂きました。参加した皆様からは、「多くの中小事業体では人材不足によって更新工事に着手すらできない状況にある」、「更新工事を円

滑に進め、発注者の負担を減らす」、「モデル事業から出る課題を調整して一定の方向性を示す」、「研究会の報告書には悩みやトラブルをオープンに明記」など様々な言葉を頂きました。なかでも滝沢教授から、「官と民という枠組みではなく水道界全体で必要な人材を確保せねばならない」という言葉が印象的でした。今後の研究会の動きに注目頂くとともに、ぜひご一読ください。

- 技術レポートの内容は、広域連携について、豪雨災害において耐えたダクタイト鉄管、NS形(E種管)の採用、農業用水で採用された耐震継手ダクタイト鉄管など、4本執筆頂きました。

ダクタイト鉄管第104号〈非売品〉

平成31年4月5日印刷
平成31年4月15日発行

編集兼発行人 長岡敏和

発行所 一般社団法人
日本ダクタイト鉄管協会
(<https://www.jdpa.gr.jp>)

本部・関東支部	〒102-0074	東京都千代田区九段南4丁目8番9号(日本水道会館)
		電話03(3264)6655(代) FAX03(3264)5075
関西支部	〒542-0081	大阪府中央区南船場4丁目12番12号(ニッセイ心斎橋ウエスト)
		電話06(6245)0401 FAX06(6245)0300
北海道支部	〒060-0002	札幌市中央区北2条西2丁目41番地(札幌2・2ビル)
		電話011(251)8710 FAX011(522)5310
東北支部	〒980-0014	仙台市青葉区本町2丁目5番1号(オーク仙台ビル)
		電話022(261)0462 FAX022(399)6590
中部支部	〒450-0002	名古屋市市中村区名駅3丁目22番8号(大東海ビル)
		電話052(561)3075 FAX052(433)8338
中国四国支部	〒730-0032	広島市中区立町2番23号(野村不動産広島ビル8階)
		電話082(545)3596 FAX082(545)3586
九州支部	〒810-0001	福岡市中央区天神2丁目14番2号(福岡証券ビル)
		電話092(771)8928 FAX092(406)2256

なんだ管だと 管カエルなら **NCKダクタイトイル鉄管**



管路の更新や新設には、耐震性・
耐久性・耐蝕性に優れ、安全・確実な
施工性で定評のNCKダクタイトイル鉄管。

直管・異形管、鉄蓋など、
ダクタイトイル製管路システム一式を揃え、
製造から責任施工まで、NCKの一貫した
先進技術でお応えします。



日本鑄鉄管株式會社

本社・工場：〒346-0193 埼玉県久喜市菖蒲町昭和沼1番地 ☎(0480)85-1101(代)
東京事務所：〒104-0045 東京都中央区築地2-12-10 ☎(03)3546-7671(代)
北海道支社：〒003-0821 札幌市白石区菊水元町1条2丁目3番8号 ☎(011)871-4445(代)

東北支社：〒980-0014 仙台市青葉区本町3-5-22 ☎(022)263-2731(代)
中部支社：〒451-0046 名古屋市西区牛島町5番2号 ☎(052)582-9808(代)
九州支社：〒812-0037 福岡市博多区御供所町1-1 ☎(092)282-0201(代)

For Earth, For Life
Kubota

FOOD
WATER
ENVIRONMENT

地球の未来へ
贈るもの。

食料・水・環境分野のさまざまな課題。
わたしたちクボタは、その一つひとつを解決することで、
人々の豊かな暮らしを支えていきたい。
この地球の未来のために。

株式会社クボタ