管路設備の効果的な補修・補強技術

榊　克実※　/竹下　勝弥
田中　宏司　/小泉　輝
田代　善彦　/瀬田　亮
田邊　克洋　/小林　大樹
NTTアクセスサービスシステム研究所

管路設備は日本全国に張りめぐらされていますが，膨大な管路設備の老朽劣化に伴い，更改･補修費用などの維持管理コストの増大や，ネットワークの信頼性低下が懸念されています．新技術，新素材を活用した管路設備のリニューアル技術の開発により，管路設備の徹底的な有効利用を図り，コスト削減と信頼性の高いネットワークの維持に貢献していきます．本稿では地中に埋設されている管路と橋梁に添架されている管路について新たに開発した維持管理技術を紹介します．

管路設備の現状

電話やインターネットを利用した多種多様な情報通信サービスは通信インフラによって支えられています．これらのうち，地下に埋設されたNTT通信管路設備は約63万kmあり，建設後30年以上経過している管路が全体の約70％を占めています．古い管路設備は金属管の割合が多く，建設年度が古いほど不良率が高くなる傾向にあり，今後さらに不良設備の増加が見込まれます．また過去の大地震を教訓に設備の改良を進めていますが，古い管路の多くは耐震性能が低い旧規格管路であり，大規模災害に備えてネットワークの信頼性向上が必要となっています（**図1**）．

通信管路設備においては大量にある老朽化した設備を，限られたリソースでいかに効率的に保守・運用し，通信の安全性を確保していくかということが課題となっています．

地下に埋設されている管路については，不良設備の増加と光化の進展に伴い，地下のケーブル収容スペース不足が懸念されることから，ケーブルを収容したままの状態で不良個所を補修し，新たなケーブル収容スペース確保と耐震性向上を図る技術を開発・導入してきました．現在さらに適用できる管種の拡大，経済化などに取り組んでいます．

橋梁に添架された金属管路については，降雨による乾湿の繰り返し，冬季の凍結防止剤の散布や沿岸地域での飛来塩分の影響など過酷な環境下で腐食が進行します．NTTアクセスサービスシステム研究所では，著しく腐食劣化が進行した橋梁添架管路について，

※　現，NTTインフラネット

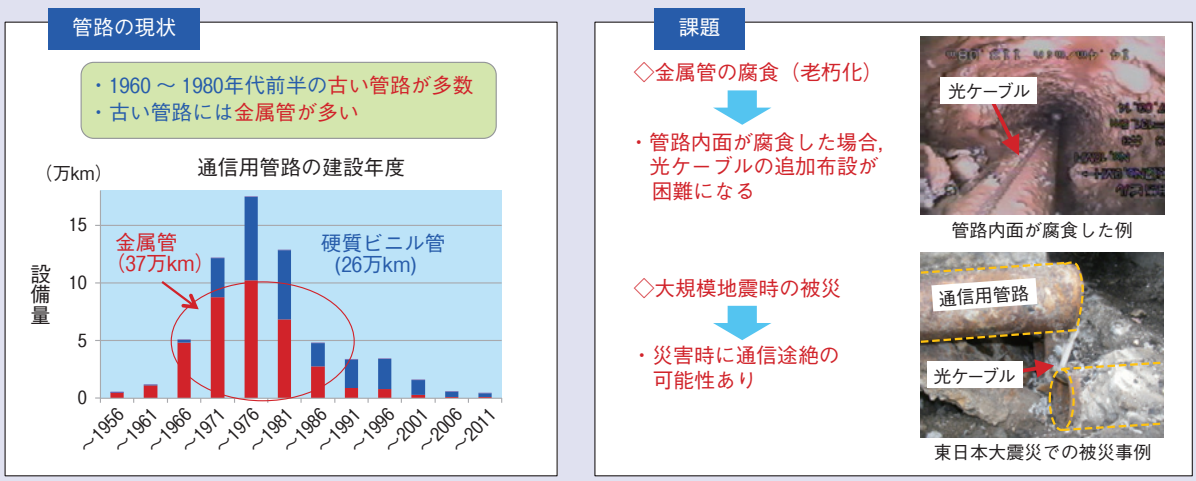

図1　管路設備の現状と課題

図 2　ケーブル収容管洗浄技術

既設ケーブルを収容したままで，安全に管路を切断し，腐食のないFRP（Fiber Reinforced Plastic）管に取り替える技術の適用拡大に取り組んでいます．また，錆（さび）の進行を防止し塗装寿命の延命化によりOpex（Operating Expense）削減を図る技術についても取り組んでいます．

地下管路の補修技術

光化の進展に伴い，新たに光ケーブルを布設していますが，地下のケーブル収容スペースの有効活用のため，1条の管路に複数のケーブルを布設する多条布設が増加しています．多条布設を計画している管路に対して行った点検診断によると，約52％の管路が錆，腐食による不良と診断され，多条布設が実施できない状況にあります．そのため，道路の掘削による管路増設や他ルートへの迂回，一部開削による管路補修などの対処をしています．

しかし開削工事はコストや工期がかかり，交通渋滞や騒音，掘削残土の発生など環境面での課題も多く，対策が求められているのが現状です．そこで，光ケーブルを収容している金属管路の補修をターゲットに，ケーブルを収容したままの状態で不良原因である錆・腐食などを洗浄する洗浄技術と管路補修再生技術の適用拡大技術を開発してきました．次に各々の技術の最近の開発概要について紹介します．

⑴　ケーブル収容管洗浄技術

ケーブル収容管洗浄技術は収容ケーブルに影響を与えることなく高圧洗浄で錆・土砂を落とす技術です（**図 2**）．既存技術は洗浄可能長が150 mまでで，高圧ポンプを搭載した大型特殊車両が必要となり，施工性，費用面で課題がありました．そこで私たちは，汎用性のある小型ポンプでも十分な洗浄能力を発揮し，内径の小さい管路に対応する小型装置を開発しました．低出力でも洗浄可能にするため，噴射孔を減らした回転ノズル方式を考案し，施工距離の延長についても低摩擦ホースの採用により管路長250 mまで安全に施工できる技術を開発しました．このことにより，適用範囲を拡大するとともに，施工性が向上し，現行より約30％費用を削減することができました．これらの回転ノズルを用いた洗浄技術については，2014年度下期から現場導入する予定です．

⑵　ケーブル収容管補修再生技術

ケーブル収容管補修再生技術〔PIT（Pipe Insertion Type）新管路方式〕は，上下 2 分割のポリ塩化ビニル製の補修用部材管を用いて，既設ケーブルを挟み込むようにして補修用部材管を嵌合し，長さ23 cmの部材管を順次つないで補修管路内へ押し込んでいきます（**図 3**）．補修すべき不良管路全体が補修用部材管との 2 重管構造になり，外側の金属管が老朽劣化しても補修用部材管が強度を有するため，メンテナンスフリーの構造になっています．加えて既設ケーブルへ影響を与えることなく施工できるため，工事中にサービス中断がありません．既設管路を道路掘削しない非開削で補修することになるため，コスト削減と環境対策にもなります．また，ケーブル収容空間を新たに 2 条創設して，最大3000心（1000心× 3 条）まで収容可能としています．さらに構造上，既設管路と補修用部材管による 2 重管構造となるため耐震性能がアップし，設備の信頼性向上につながります．

このように，管路の補修にとどまらず設備の信頼性向上になる技術であるためPIT新管路方式と命名しました．PIT新管路方式は2012年度からNTT東日本・西日本へ本格導入しましたが，補修可能長が150 mまでであることや，内径の小さい老朽管路には対応

しないなど施工面での制限があったので，私たちはこれらの技術の適用拡大に取り組みました．

施工距離の延長に関しては，パーツの一体化などの見直しにより，補修管路内へ押し込む際に発生する推力に耐えられる構造に変更し，250 mまで対応可能となりました．また，内径の小さい老朽管路への対応については，部材構造の見直しを行いました．部材外径が小さくなることで現行部材管より収容能力が少なくなりますが，既設ケーブルの収容スペースを小さくし（細径1000心光ケーブル以下），新たに創設するケーブル収容スペースは現行と同じとしました．これにより収容能力3000心（細径1000心光ケーブル×3条）を確保しました．以上により，内径の小さな老朽管まで適用拡大しました．耐震性能についても現行ビニル管と比較すると同等以上の性能があることを確認し，適用拡大の開発を完了しました（**図4**）．なお本技術は，2014年度下期に事業導入を予定しています．

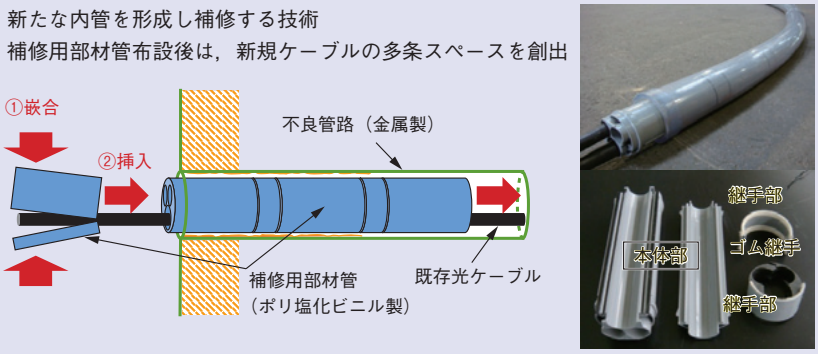

図3　ケーブル収容管補修再生技術（PIT新管路方式）

橋梁添架管路の補修技術

NTTの橋梁設備は，橋梁添架管路・通信専用橋・管橋があり，合わせて約5万橋が存在します（**図5**）．これらの橋梁設備の約20%は補修が必要な設備であり，著しく劣化が進行した設備は取替え補修，管表面に錆が発生した

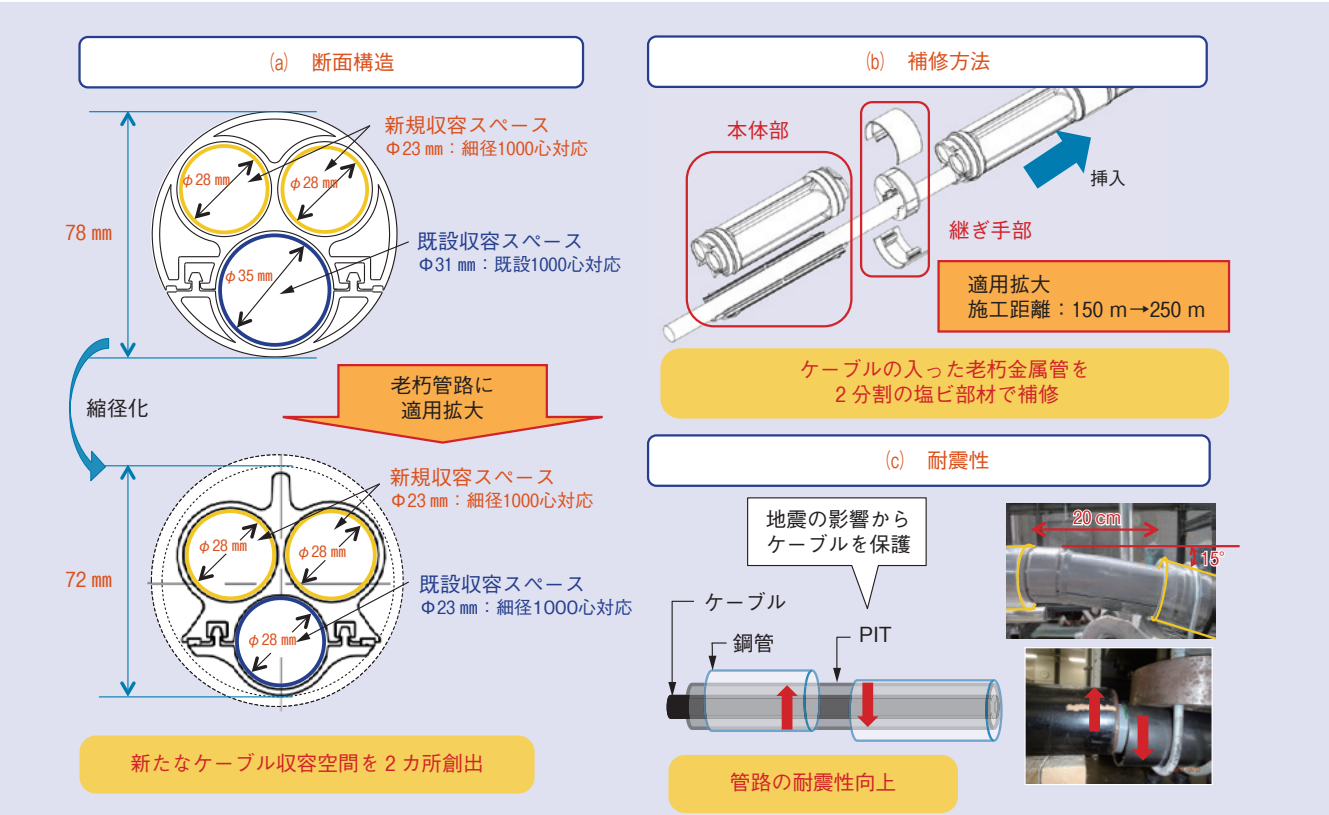

図4　PIT新管路方式技術のポイント

(a) 橋梁添架管路
道路橋に金物で取り付けて占用する橋

(b) 通信専用橋
通信専用の桁を有する橋

(c) 管橋
小規模水路等を管強度で横断する橋

図5 NTTの橋梁設備

設備は再塗装技術により補修を行います．現行の取替え補修技術は，FRP管の強度不足から取替え長さに制限があること，管と管の間隔が狭い場合に切断できない個所があることから，適用領域の拡大技術に取り組みました．また，現行の塗装技術は，市中塗装技術の中からもっとも経済化が図れる塗装工法を採用していますが，老朽管路の増大により，現行技術では不良設備の増加に補修数が追い付かない状況にあり，塗装寿命を大幅に延命化する技術開発に取り組んでいます．以下に各々の技術の開発概要について紹介します．

(1) 取替え補修技術

腐食劣化した橋梁添架ケーブル収容管路の取替え補修については，金属管の腐食した部分をFRP製の半割補修管に取り替える技術を2008年度に事業導入しました．しかし，この技術の適用は支持間隔L=2.5 m以下の管路に制限されています．その主な原因は，現行半割補修管の剛性では，荷重（ケーブルおよび雪）に対して大きなたわみが発生し，許容たわみ量（L/300以下）を満足できないからです．なお，支持金物を追加しての現行技術の適用は，橋梁の当初設計からはずれるため，道路管理者から許可されない場合が多く補修ができない状況にありました．

本技術では，ケーブル収容管路取替え補修の適用をL=5.5 m（最大支持間隔）まで拡大可能な，高剛性FRP長尺補修管の開発を行いました．現行半割補修管は断面形状として円形を，成形方法としてガラス繊維を円周方向へ巻き付けるフィラメントワインディング成形をそれぞれ採用しています．しかし，先に述べたように，これらではL=2.5 m超に対しては，断面および材料の剛性が不十分です．さらに，成形後の半割加工が生じるため製造コストがかかります．そこで，本開発では，補修管の断面形状を中空矩形とすることで，効率的に断面剛性を向上させました．また，成形方法はガラス繊維を管軸方向に挿入する引抜成形を採用することで，鉛直荷重に対する材料剛性を向上させました．引抜成形は任意の断面形状に対応できるため，左右対称の同一成形品の組合せで補修管を構成することで，半割加工が不要となり製造コストが抑制できます（**図6**）．

この補修管の名称は，「曲げに強い」「劣化に強い」「四角い」「長い」という特徴を有するため，Square Type Long Length FRP Pipeから引用し，「ST-LONG（ストロング）管」としました．さらに，半割加工コスト削減を目的に，接続用差込ソケット（ST-LONG管用差込ソケット）も引抜成形を採用しました．開発技術では，ST-LONG管と既設鋼管にこのソケットを差し込み，接着接続することで取替え補修を行います．また，取替え補修対象である古い設備は伸縮機能が乏しく，地震動に対して抜けや座屈により損傷するおそれがあるため，接続部に現行伸縮継手と同等の伸縮量を持たせることで，補修に併せて耐震性も向上させます（**図7**）．

試作したST-LONG管，およびST-LONG管用差込ソケット（開発部材）に対して，たわみ試験，強度試験，および橋梁振動に対する共振試験等により性能評価を行いました．その結果，開発部材は，L=5.5 mにおいて許容たわみ量を満足するとともに，十分な強度および共振耐性を有することを確認しました．さらに，橋梁添架管路モデル設備を用いて施工性評価も行いました．多条多段ケーブル収容管路に対して，開発部材の施工性は良好であることを確認しました．

(2) 橋梁添架管路切管技術の適用拡大

腐食管路と隣接管との隙間が30 mm未満の個所（狭隘個所）では腐食部分を切断・撤去できないため，現行のFRP製半割補修管による取替え補修

が適用できません．橋梁添架管路は，占用スペースが限られるため，このような狭隘個所は数多く存在しています．取替え補修では，大きく以下３工程を実施しています．

・工程①：ケーブル確認
・工程②：切断・撤去
・工程③：補修管取付け

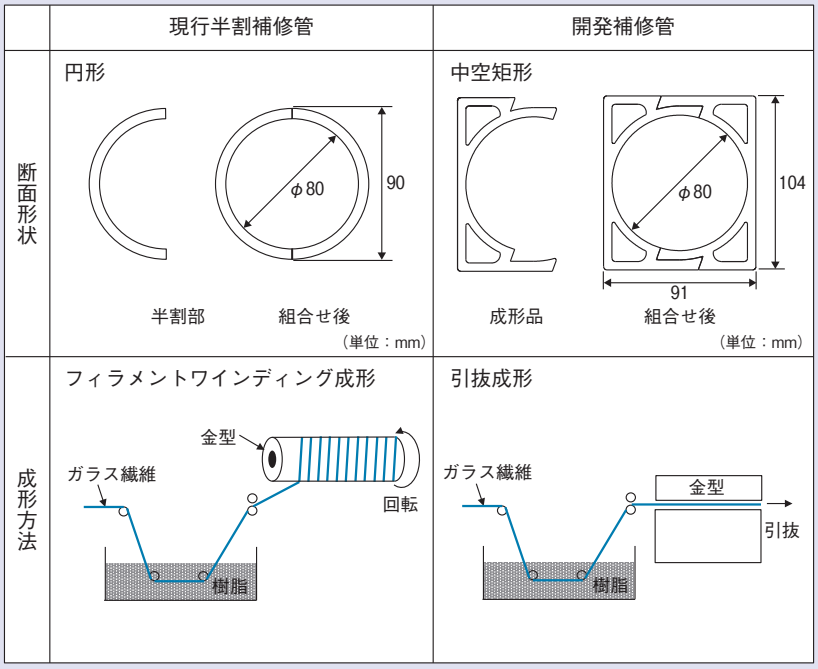

図６　補修管の断面形状と成形方法の比較

腐食部分を切断・撤去できない原因は，工程②における管路輪切り（切管）の際に，現行の切管工具の工具厚では狭い隙間へ取付けができないからです．また，現行の切管工具は，手動による切断であり，現場作業において非効率であるという課題もあります．

本技術では，刃の高さを低くすることで工具厚を薄くした切管工具（薄型工具）を開発しました．さらに，切断部を５分割構造とすることで，狭隘個所への取付け性を良くしました．これにより，もっとも狭隘な個所と想定できる継手が互い違いに密着した場合の隙間12.5 mmでも取付けが可能となりました．さらに，現行切管工具より切断効率向上を目指し，駆動方式は電動ドリルを用いたギヤ回転式としました．これにより，現行切管工具では１カ所の切断におよそ15分要したところを，薄型工具ではおよそ５分での切断が可能となりました（**図８**）．

一方，現行では切管時にケーブルの

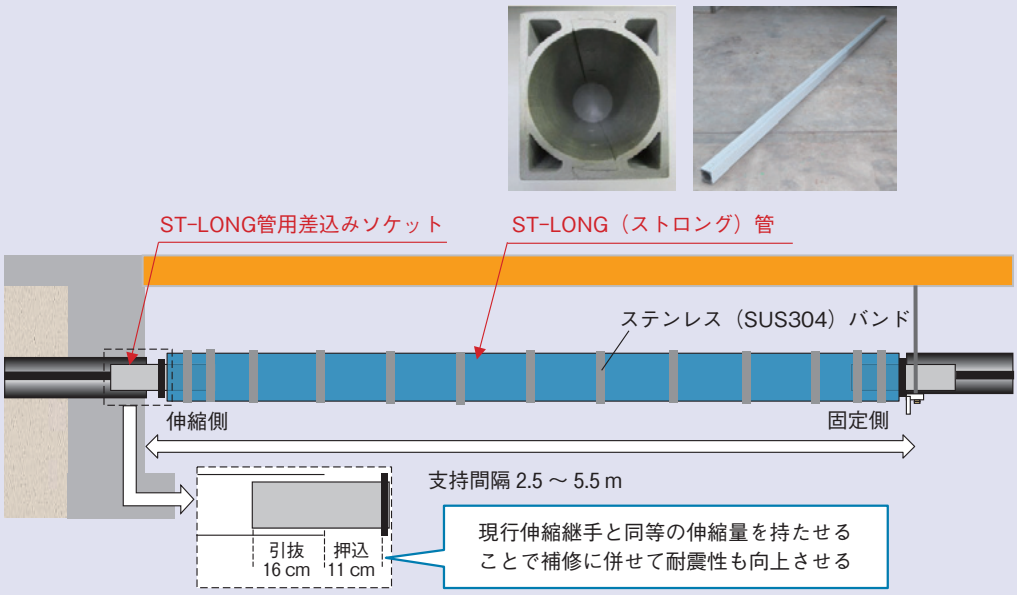

図７　開発補修技術

安全な防護方法が確立されていないという課題があります．その原因は，防護治具が管路内への挿入困難であるためです．そこで本技術では，薄型工具を適用する際の，簡単で確実なケーブル防護方法を開発しました．防護方法の方式として，工程①で開けているケーブル確認穴より細長いシート状の防護治具を挿入し，ケーブルに巻き付け，薄型工具の刃先長以上浮かせる方法を考案しました．これにより，薄型工具の刃とケーブルが接触せず，確実な防護が可能となりました．また，防護治具の挿入方法をハンマーによる打撃にすることで，ケーブルが太く重い場合でも簡単に挿入することが可能となりました．さらに，挿入しやすさ，強度，コストの面からさまざまな部材に対して検証評価を行い，防護治具に適した部材の一例として厚さ5.0 mmの2倍発砲ポリエチレンシートを選定しました（**図9**）．

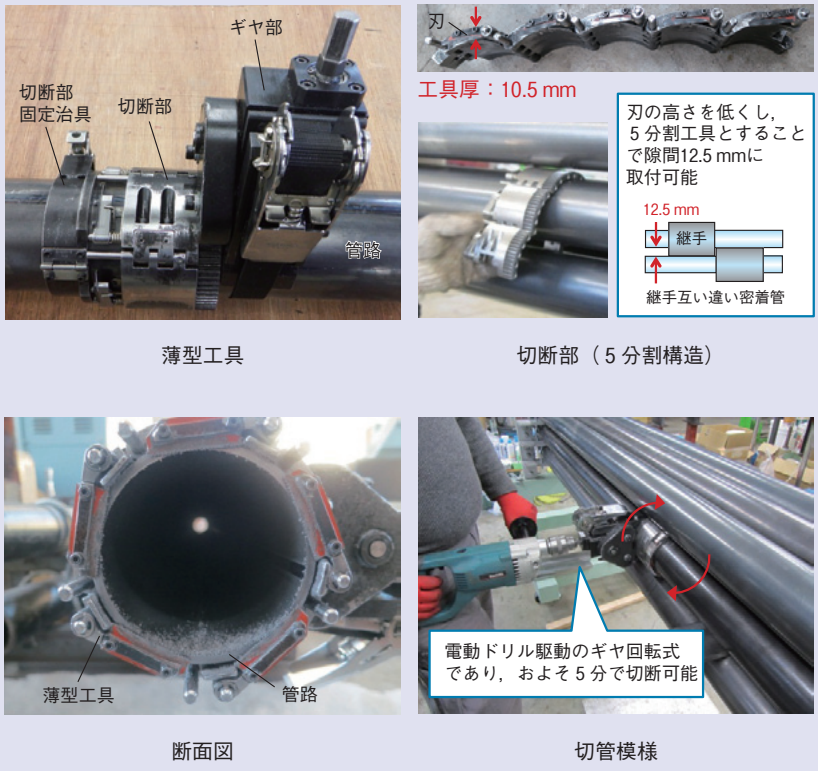

図8　開発切管工具（薄型工具）

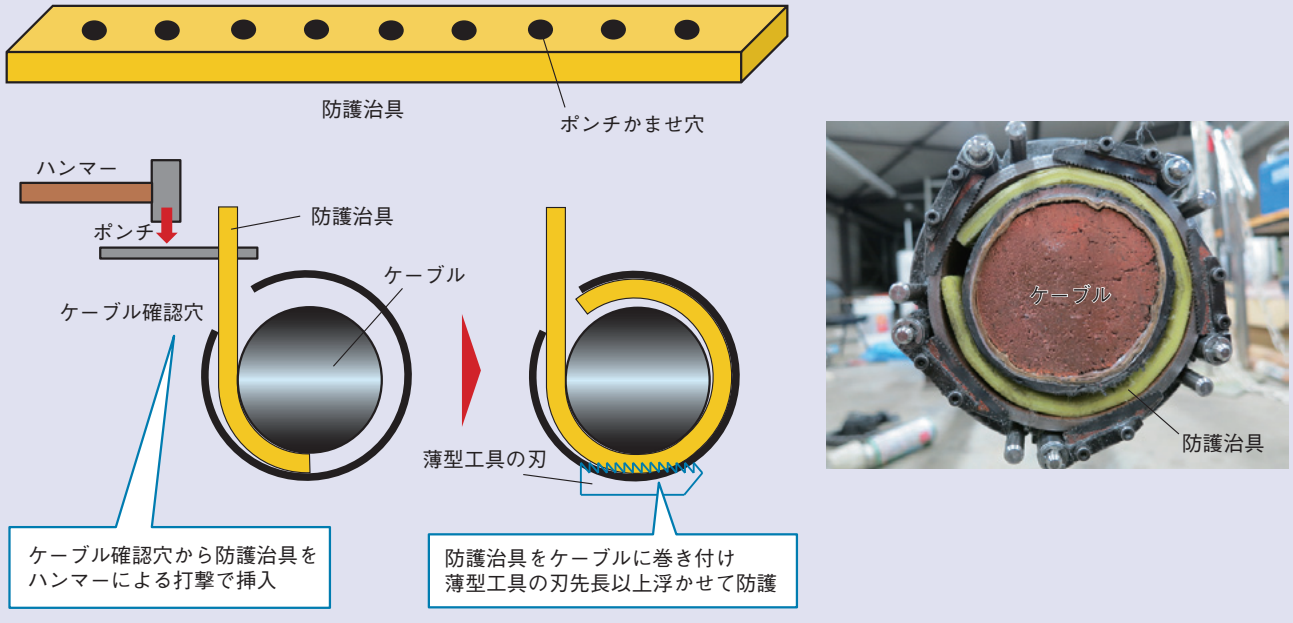

図9　ケーブル防護方法

なお，本技術は前述の取替え補修技術と併せて，2014年度中に事業導入を予定しています．

⑶　塗装補修技術

腐食劣化が激しくなく，管路面の一部に錆腐食が発生している管路の補修については，錆腐食が発生している個所の錆を落とし，ポリウレタン系の塗料を塗装することにより，錆腐食の進行を抑える方法を適用しています．錆の段階で補修することで劣化の進行を抑制し，取り替えが必要になるなどの腐食進行を防ぐことを目指しています．現在，ポリウレタン樹脂系とエポキシ樹脂系の防錆剤を３層塗りして補修していますが，塗装寿命が10～15年程度であり，年々増加する不良設備に補修が追い付いていない状況です．

そこで，増加する不良設備に対応するため，40年以上にわたり防錆性能を保持する技術の開発に取り組んでいます．NTT環境エネルギー研究所と連携し，劣化加速試験を実施した結果，ウールワックスを用いた油性防錆剤が効果的であることが分かりました（**図10**）．現行塗装（ポリウレタン樹脂系）では2000時間で錆の進行が発生しますが，油性防錆剤では6000時間が経過しても錆の進行は発生せず，現行の３倍以上の塗装寿命を確保できることが分かりました．また，温度特性試験および膜厚特性試験を実施した結果，上記の塗装寿命を確保するためには，クリーム状の油性防錆剤を膜厚0.5 mm以上確保することが必要であることが分かりました．ただし，油性防錆剤は硬化しないため，40年にわたり膜厚を確保することが困難です．そこで，油性防錆剤を橋梁添架設備に適用するための施工技術の検討を進めています．現状，油性防錆剤を布に含侵させ，湿布のようにその布を管路に巻き付けることにより，膜厚0.5 mm以上を確保できたため，今後，多条多段設備や狭隘個所への適用に向け，2015年度の事業導入を目指し，実用化開発を進めていきます．

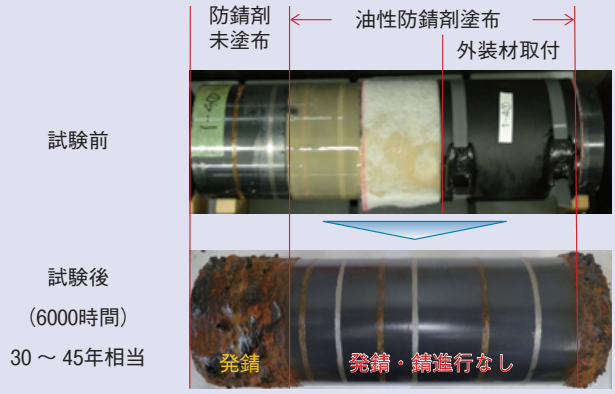

図10　劣化加速試験6000時間

今後に向けた課題と展望

NTT管路設備は主として道路の地下を占用して建設されており，道路の補修工事や拡幅工事，歩道整備工事，ほかの地下設備を所有する企業の工事などにより，既存NTT管路設備が支障となり，移転工事が発生する場合があります．また，河川越し区間においても橋梁設備に添架しているNTT管路設備が橋梁設備の架け替え工事や耐震補強工事，塗装工事などで，移転工事が発生するおそれがあります．

そこで私たちは，これらの移転工事について，工事コストを削減する技術開発にも取り組んでいきます．また，移設後に新たに設備を構築する場合についても，将来のオール光化を見据えて設備容量の変化や通信媒体の仕様変化に柔軟に対応できる，シンプルで経済的な設備の検討も行っていきます．

今後，NTT管路設備は老朽劣化により不良設備の増加などが懸念されます．私たちは新たな技術により，これら課題を解決するとともに，これからもネットワークの信頼性向上に貢献していきます．

（後列左から）田邊　克洋／小林　大樹／田代　善彦／瀬田　亮
（前列左から）竹下　勝弥／榊　克実／田中　宏司／小泉　輝

今後も，通信サービスを中断することなく，管路設備を維持管理し，ネットワークの信頼性向上に貢献できる技術の開発に取り組んでいきます．また，将来を見据えた新たな管路設備に関する研究開発にも取り組んでいきます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
シビルシステムプロジェクト
管路系グループ
TEL　029-868-6220
FAX　029-868-6259
E-mail　takeshita.katsuya@lab.ntt.co.jp