点検・補修タイミングを最適化する設備マネジメント技術

情報通信サービスを支える膨大な通信基盤設備について，今後の老朽化進行やメンテナンス技術者の減少を見据え，合理的かつ経済的な維持管理手法が求められています．そこで私たちは，劣化予測に基づき設備個々の状態に応じた点検・補修基準を定める設備マネジメント技術の研究開発を行っています．本稿では，設備マネジメント技術についての取り組みとマンホールの点検に関する維持管理手法について紹介します．

川端（かわばた） 一嘉（かずよし）/森（もり） 治郎（じろう）
勝木（かつき） 康博（やすひろ）/足利（あしかが） 翔（しょう）
NTTアクセスサービスシステム研究所

設備マネジメント技術の取り組み

⑴　背景と課題

設備マネジメント技術とは，設備の「点検」「診断」「補修・補強」「保全計画」といった一連の保全業務のPDCA（Plan Do Check Act）サイクルを効率的に運営するため，維持管理の基準や手法を策定する技術です（**図1**）．2012年の笹子トンネル天井板崩落事故を受け，世の中のインフラの安全性に対する関心は高まりをみせ，インフラの維持管理への取り組みは一層重要度を増しています．通信基盤設備の維持管理においては，次のような課題があります．

① 膨大な設備の老朽化の加速と，技術者の減少に対応できるような業務の効率化

② 現状の一律の管理基準の見直し，設置条件等に起因する個々の劣化発生に応じた，管理手法の策定

③ 道路下に設置しているため，道路管理者や他インフラ埋設企業との連携の必要性

通信基盤設備は，不具合が発生する前に点検し，対策を施す予防保全の考え方に基づき維持管理に取り組んでいます．予防保全は設備事故のリスクを回避するため，すべての設備を網羅的に，差異なく一律，かつ一定周期で点検し，必要に応じて補修・更改していく方法ですが，膨大な量が存在し，老朽化が進んでいる設備においては点検のみでも多大なコストや稼働がかかります．そのため今後は，設備個々の状態を評価し，劣化進行の予測に基づき最適なタイミングで点検・補修を行うことを目指しています[1]（**図2**）．これ

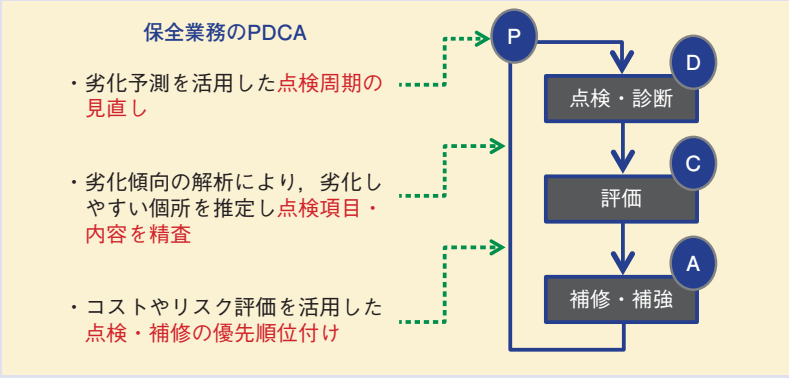

図1　保全業務のPDCA

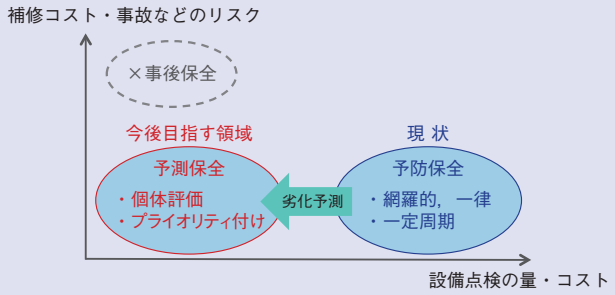

図2　保全業務の目指す領域

には，設備の劣化メカニズムの把握と予測技術，また劣化と残存耐力評価技術が必要となります．

⑵　通信基盤設備の特徴

通信基盤設備の中で，マンホール，ハンドホールやとう道は鉄筋コンクリート構造です．コンクリート構造物の劣化メカニズムの研究や維持管理手法に関する研究は，これまで道路，鉄道系の構造物を中心に研究が行われており，知見が多く蓄積されています．道路，鉄道系構造物に比べ，通信基盤設備は個別の構造物が小規模で仕様がおおむね一様であること，土中に埋設されているため屋外構造物に比べて環境条件が限定されていること，個体数が膨大であることが特徴です．そのため，道路，鉄道系構造物の先行の研究を参考にしながらも，通信基盤設備に見合った維持管理手法を構築することが重要となります．

なお現在は，もっとも設備数が多く，点検業務に莫大な稼働を要しているマンホールを対象に，設備の特徴を考慮した維持管理手法の研究開発に取り組んでいます．

⑶　他インフラ企業との連携

維持管理手法の研究開発にあたっては，道路，鉄道系構造物の先行の研究を参考にするだけでなく，他インフラ企業と点検業務や管理業務に関する意見交換を行っています．その１つが東京大学大学院情報学環に設置された社会連携講座[2]への参加です．インフラ企業は，JR東日本・東京メトロ・首都高速道路が参加し，大学の学識者を加え，インフラ管理に関する課題の共有や分析，その改善方法や運用方法の提案を目的に議論を行っています．本講座では「マンホール点検プライオリティ付け技術」の点検データ分析の一部を実施しました．また，2014年度からは，NEXCO東日本と東京電力も参加することになりました．東京電力はマンホールをはじめ，NTTと同種の設備を保有していることもあり，より充実した講座活動となることが期待されます．

マンホール維持管理手法

マンホールは全国に約68万個あり，その約80％は建設後30年以上経過しています．一部では老朽劣化が顕在化しはじめ，今後のさらなる老朽化進行を見据えた劣化設備の早期発見など，適切な維持管理が必要となります．現在のマンホール点検は，全数を一律の点検周期でエリア単位に実施しています．しかしながら，マンホールの劣化は建設からの経過年で一様に発生するのではなく，設置環境や構造等に依存すると考えられます．今後は，各マンホールの劣化進行の違いを予測し，劣化の可能性が高い設備から優先的に点検し，そうでない設備は点検周期を延伸するなど，合理性のある点検を目指しています（**図３**）．

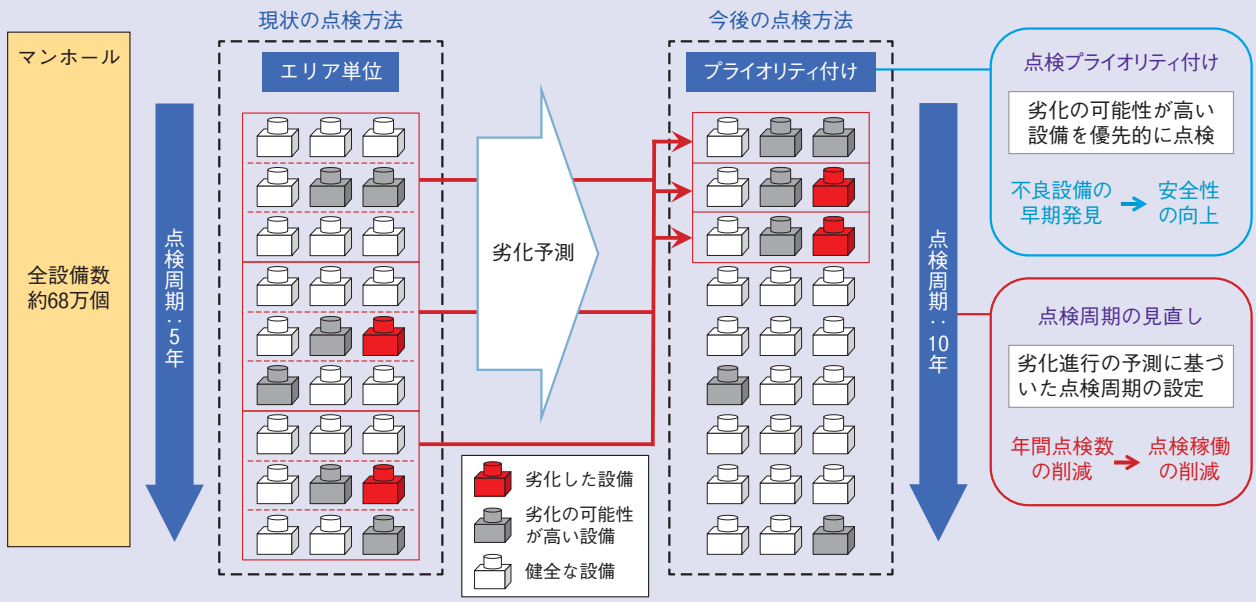

図３　マンホール維持管理手法

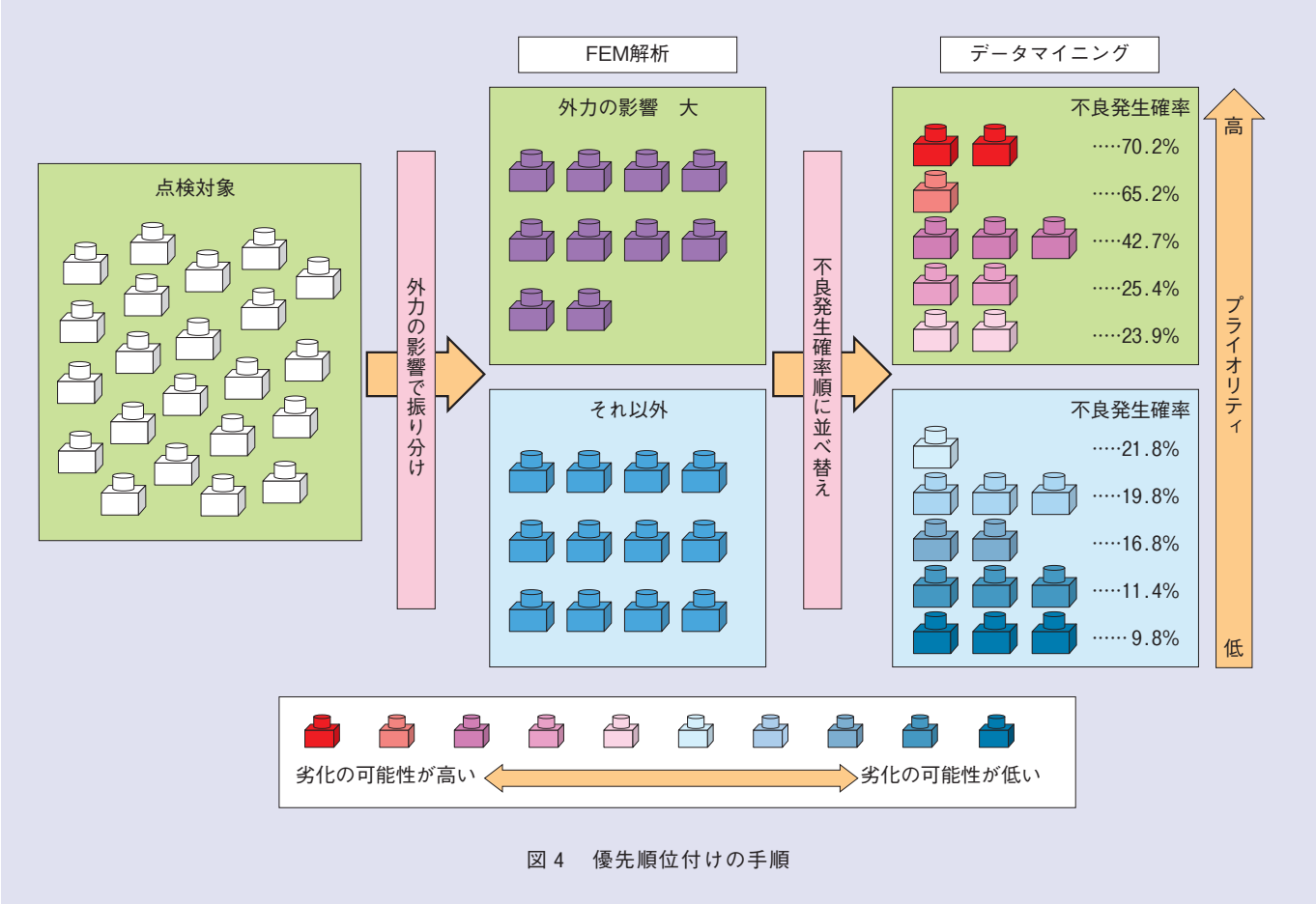

図 4　優先順位付けの手順

⑴　マンホール点検プライオリティ付け技術

私たちはマンホール内部のひび割れ発生に関する外力と設置環境の関係について，FEM解析*を用いて明らかにしました．それを加味して，これまでの点検データを分析することで点検結果「不良」と依存関係にある点検項目や設置条件を特定し，劣化の可能性が高い設備を抽出することが可能になりました[(3)]．

まずは，ひび割れ発生のおそれがある外力の影響が大きい設置環境かどうかで振り分け，その後，データ分析から導出した不良発生確率順に並べます．これによって，外力の影響を大きく受け，かつ不良発生確率の高いマンホールから優先的に点検を行うことができます（**図 4**）．

私たちは当該エリアのこれまでの点検データ約 2 万個の分析を行い，今後の点検対象である約7600個のマンホールについて点検優先順位付けを行いました．2013年度の点検はおおむね優先順位どおりに約2700個の点検を実施しました．不良設備の発見率（不良数／点検数）を比較すると，これまでの点検データでは9.5％，優先順位付けした想定は14.2％，実際の点検結果は13.3％でした．実際の点検においても，発見率は従来の1.4 ～ 1.5倍程度とほぼ想定どおりの結果となりました．

また，従来のエリア単位の点検であれば効率的に点検ルートを設定できますが，優先順位に基づくと点検場所が点在して点検作業が効率的でなくなる可能性がありました．しかし，比較的優先順位の高いマンホールが集まっており，点検作業の効率低下はありませんでした．

こうしたことから，実際の点検業務においても本手法の実用性，および不良設備の早期発見の効果を確認することができました．

⑵　マンホール点検周期の見直し

現在，マンホールの点検周期は 5 年程度としていますが，私たちはマンホールの劣化進行に見合った合理的な値に設定することが望ましいと考えています．そこで，マンホールの劣化過

＊ FEM解析：Finite Element Method（有限要素法）解析の略．無限の自由度を持つ連続体を，ある指定された有限個の未知量を含む部分領域，あるいは要素の集合体を用いて近似し，工学問題を解く手法の 1 つです．

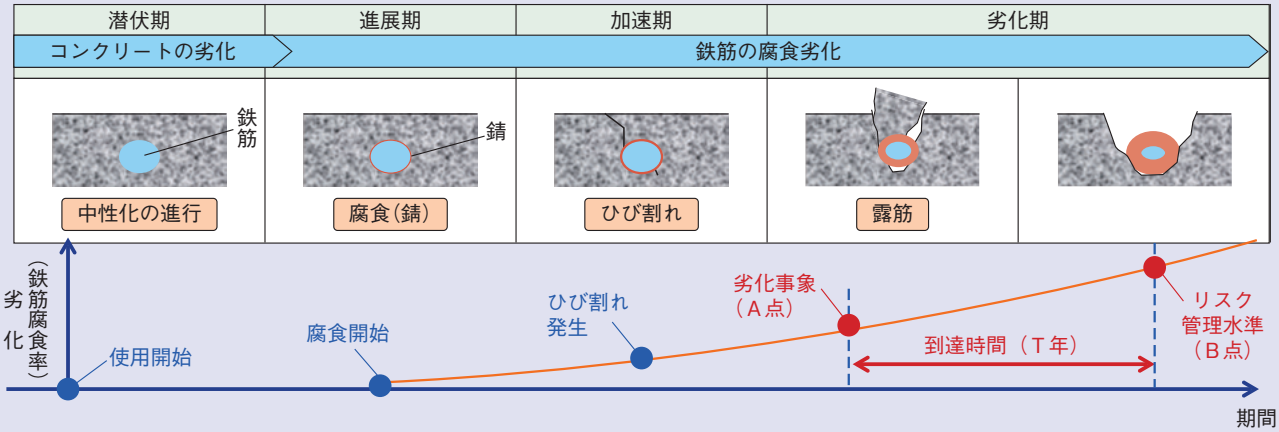

図5　鉄筋コンクリートの鉄筋腐食による劣化の過程

程をコンクリート中の鉄筋の腐食進行の観点から把握し，鉄筋腐食のリスク管理水準を設定したうえでマンホールの点検周期を定める方法を提案しています．

一般の鉄筋コンクリート構造物の鉄筋腐食による劣化の過程を**図5**に示します．鉄筋が腐食を始める前の「潜伏期」，鉄筋腐食は始まるがまだコンクリート表面に劣化が現れない「進展期」，ひび割れ発生以降の「加速期」，剥離・剥落が発生しコンクリートの鉄筋保護機能が失われる「劣化期」の4段階に分かれます．ここで，目視にて確認可能な劣化事象の発生をA点とし，リスク管理水準とする鉄筋の腐食状態をB点とします．A点からB点への鉄筋腐食状態の到達時間をT年とすると，B点に到達する以前に点検でA点を検出するためには，点検周期をT年以下と設定しなければならないことになります．すなわち，定期点検時にA点以前の状態であれば，何も対応しなくてもT年後の次回の点検時にB点には到達していません．また，定期点検時にA点以降の劣化が確認されれば，補修など何らかの対策を講じることでT年後の次回の点検時にB点への到達を防止することができます．

過去の調査データおよび追加の現地調査の結果，A点を露筋発生，B点を開削とう道の要補修基準としている鉄筋腐食率15%とした場合にA点からB点への到達時間Tは10年程度となることが判明しました．着目する事象を目視で確認可能な「露筋」としているので，従来行われている点検作業を大きく変えることなく対応できます．また結果として，現行の点検周期5年を延伸できることを示唆しており，経済性の向上も期待できます（本知見については2014年6月に成果提供済みです）．

今後の展開

マンホールを対象とした維持管理手法については，個々のマンホールの環境条件を考慮した劣化進行予測の精度向上に取り組むとともに，とう道などその他設備への展開を検討していく予定です．また，現状の目視による定期点検を前提として維持管理手法の検討を行いましたが，今後は点検技術の動向も踏まえた維持管理の将来像を描き，設備マネジメント技術の研究開発を進めていきます．

■参考文献

(1) 杉野：“安全・安心なアクセスネットワークを支える通信基盤設備のR&D動向，” NTT技術ジャーナル，Vol.25，No.2，pp.46-50，2013.
(2) http://advanced-infra.org/
(3) 川端・森・政倉・山門・足利・勝木：“不良設備を早期に発見する点検プライオリティ付け技術，” NTT技術ジャーナル，Vol.26，No.2，pp.73-77，2014.

（左から）勝木　康博／森　治郎／
川端　一嘉／足利　翔

NTTの通信基盤設備を永続的に安心・安全かつ，経済的，合理的に維持管理できるよう，設備マネジメント技術の研究開発に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
コンクリート構造系グループ
TEL　029-868-6240
FAX　029-868-6259
E-mail　sikoug@lab.ntt.co.jp