

安心・安全を確保し、長寿命化を実現する コンクリート構造物の補修・補強技術

NTTが大量に保有するマンホールやとう道といったコンクリート構造物は、建設から30～40年を経過し、一部で劣化が顕在化しつつあります。これに対してNTTアクセスサービスシステム研究所では、将来にわたって永続的に使用するうえで必要となる維持管理の効率化と費用の抑制を目的として、既存設備の耐力を正確に把握し、効果的かつ経済的に補修・補強するための研究開発を行っています。本稿では、その研究開発の方向性と今後の展開について紹介します。

かわばた かずよし さかい さとし※
川端 一嘉 / 酒井 悟
でぐち たいし すどう ていいち※
出口 大志 / 須藤 禎一
ほり なおき いしかわ たくや
堀 直己 / 石川 琢也

NTTアクセスサービスシステム研究所

マンホールの維持管理に関する 研究開発

(1) 維持管理に関する現状と課題

NTTのマンホール（MH）は、全国に張りめぐらされている通信ケーブルの接続点やお客さまへのケーブル取り出し、維持管理のためのハブとして全国に約68万個建設されています（図1）。これらの多くは、建設後30～40年以上経過しており、近年、コンクリートのひび割れや剥離、鉄筋露出などの劣化が顕在化してきました。現在、劣化と判定されるMHは全体の数%程度

です（図2）。しかし一部では鉄筋腐食が進行しており、補修もしくは補強を要する場合も少なくありません（図3）。今後、老朽化の進行に伴って補修費も増大すると予測されています。

また、MHは道路表面から数10 cm～数mといった比較的浅い位置に埋設されているため、自動車荷重（活荷重）の影響を受けやすい設備です。そのため、MHの多くが建設された高度経済成長期においては、十分な強度を有していた設備であっても、その後の物流市場の発展等に伴い、活荷重が増大したことで、建設時には想定していなかった活荷重がかかっている設備も散見されるようになりました。

したがって、今後は老朽化の進行と併せ、活荷重の変化など、設備を取り巻く環境条件をも考慮した適切な耐力評価技術、および評価された耐力に見合った経済的な補修・補強技術の開発が課題となってきています。

(2) 研究開発の方向性

MHは、鉄筋コンクリート製（約58万個）とレジンブロックコンクリート製（約10万個）に大別されます。高強度の樹脂コンクリートでつくられるレジンブロックコンクリート製MHは、点検結果においても劣化が比較的少ないため、私たちは鉄筋腐食の劣化が顕著な鉄筋コンクリート製MHをターゲットとして検討を進めています。

※ 現、NTTインフラネット

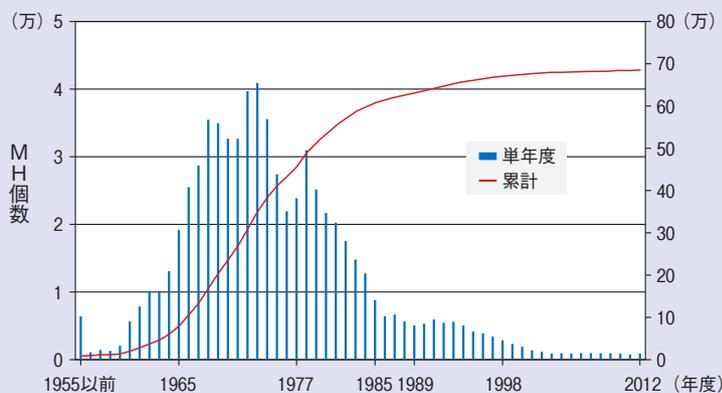


図1 建設年度別MH個数

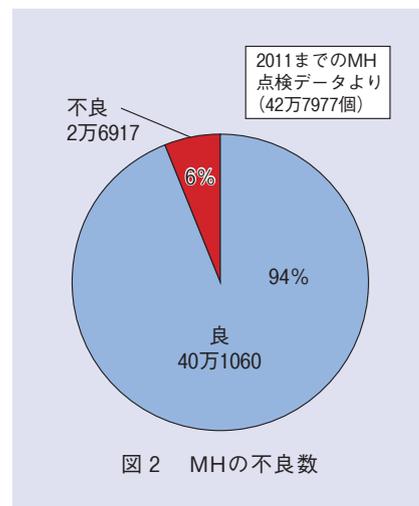


図2 MHの不良数



ひび割れ



はく離



鉄筋露出, 錆

図3 MHの劣化

鉄筋コンクリート製MHにおける劣化を部位別に見ると、ひび割れから進行した鉄筋露出は上床版に多く発生しており、活荷重の影響と考えています(図4)。さらに、MHの構造上、上床版にかかる活荷重に対しては主に鉄筋で耐力を確保しているため、MHを安心・安全に維持するには、上床版の鉄筋腐食の度合いに特に留意する必要がありますと考えています。

また、MHの規格は、最初の有筋MHであるS31年規格MH(約43万個)とS52年規格MH(約25万個)に大別されますが、点検結果などをみると、より交通量の少ない時代に建設されたS31年規格MHにおける劣化設備の割合が比較的高くなっており、S31年規格MHに関する検討を優先させなければならぬことが分かります。

劣化補修ランクについては現在、2段階に分かれています。しかし、現実には劣化の程度は設備ごとにさまざまであり、劣化の程度により補修・補強方法もまちまちであることから、補修費の抑制に向けては、さらにきめ細やかな劣化補修ランクの判定が必要となります。しかしながら、今後ますます、技術者が減少すると予測されており、点検者が劣化の程度を適切に評価し、最適な補修・補強方法を選定することは、ますます難しくなっていくと考えています。

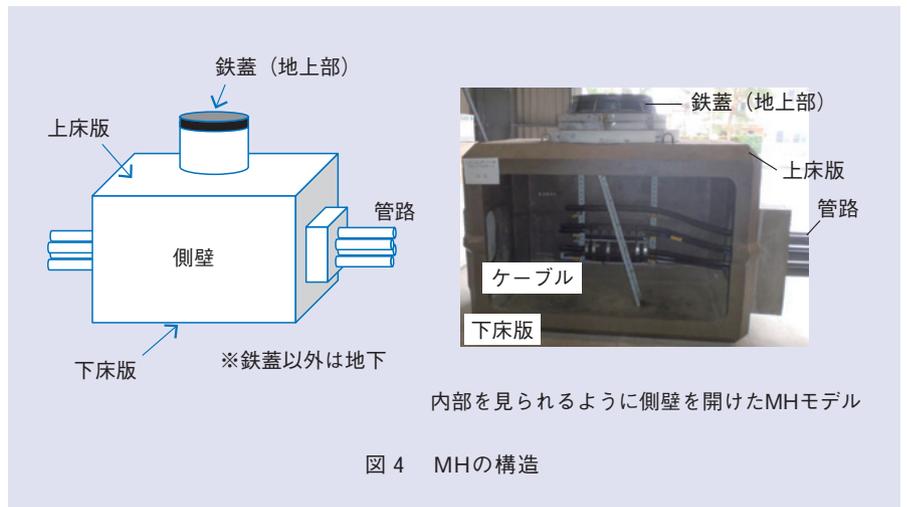


図4 MHの構造

そこで、NTTアクセスサービスシステム研究所では、S31年規格MHの上床版における劣化に関し、現場で簡単にできる耐力評価手法、および劣化程度に応じた補修・補強判断基準を決定する手法の開発に取り組んできました。

(3) MHの維持管理に適した評価手法

① 劣化の程度による耐力評価

劣化の程度による耐力評価については、まず鉄筋の強度がMHの耐力を左右すると推定し、鉄筋の腐食量がMHの耐力低下にどの程度の影響を及ぼすかを確認するため、MH上床版の一部を取り出した梁モデルを用いて曲げ強度実験を行いました。この結果、一般的な鉄筋コンクリート構造物における鉄筋の腐食量と耐力低下の関係を、NTTのMHにも適用できることが分か

りました。

次に、サイズおよび設置深さが設備ごとにまちまちとなっているMHの耐力評価について、一般的な鉄筋コンクリート構造物における、鉄筋の腐食量と耐力低下の関係に関する知見(式)を用い、現場で簡単に耐力の評価を行える手法(構造計算)について検討しています。これにより、補修・補強判断基準を決定できる見通しが得られることとなります。

② S31年規格MHの適切な構造計算の考え方

S31年規格MH建設時には、交通量が今ほど多くなかったため、MHにかかる荷重は集中的だと考えられていました。ところがその後、交通量が増大し、MHにかかる荷重は分散的と考えられるようになりました。そのため、

分布荷重がかかった場合の耐力評価を行わなければならなくなりました。

そこで、現行の等分布荷重を適用した場合の構造計算の考え方として補正式を文献より見つけ出し、適用することを試みました。その結果、S31年規格MHにおいても等分布荷重を用いて適切に構造計算を行うことができるようになります。2013年度から始まったMHに関する維持管理検討会にて考え方の妥当性を評価していただき、適

用できる見込みを得られました。

現在、現場で簡単に評価できる手法の確立を目指し、簡易な計算式をつくり、室内実験により確認を行う予定です。

(4) 今後の展開

現在確認されているMHの劣化は数%程度と少ないですが、今後老朽化が進み、劣化が増大することが懸念されています。また、道路下に埋設されているため、簡単に更改ができないこ

とから、維持管理を充実し、長寿命化を図っていく必要があります。しかし、約68万個が全国に点在していること、1個当りに費用をかけられないこと、作業者が高齢化していることなどから、できるだけ効率的に現状を把握し、対応していく必要があります。現在、構造計算をせずとも劣化の程度から簡易に耐力評価を行う手法に取り組んできました。今後は、この手法を活用し劣化したコンクリートを改質する補修手法や、簡単で長期効果がある補強手法を目指す研究開発に取り組みMH設備全体の永続化と維持管理の効率化の実現を目指していきます。

とう道の維持管理に関する研究開発

(1) 研究開発の現状と課題

インフラ設備の老朽化が社会レベルで問題となっています。NTTの通信用トンネルであるとう道についても、建設のピークから40年以上経過した現在、コンクリートの劣化などによって生じる地下水の浸入や、これに影響を受けた鉄筋の腐食など、将来への懸念材料が顕在化しつつあります。

とう道は通信ビルからの大量のケーブルの出入口となる設備であり、人間にたとえるならば心臓の大動脈に相当する設備といえます。ひとたびトラブルが発生すると通信ネットワーク全体に影響を及ぼすこともある重要な設備です(図5)。

とう道は開削とう道とシールドとう道に分類されます。開削とう道は鉄筋コンクリート製の矩形断面のトンネルで、地面を掘削して地表から5~10mの比較的浅い位置に築造されます。シールドとう道は円形断面のトンネルで、地下15~30m程度の位置をシールドマシンで掘削推進しながら築造されます(図6)。

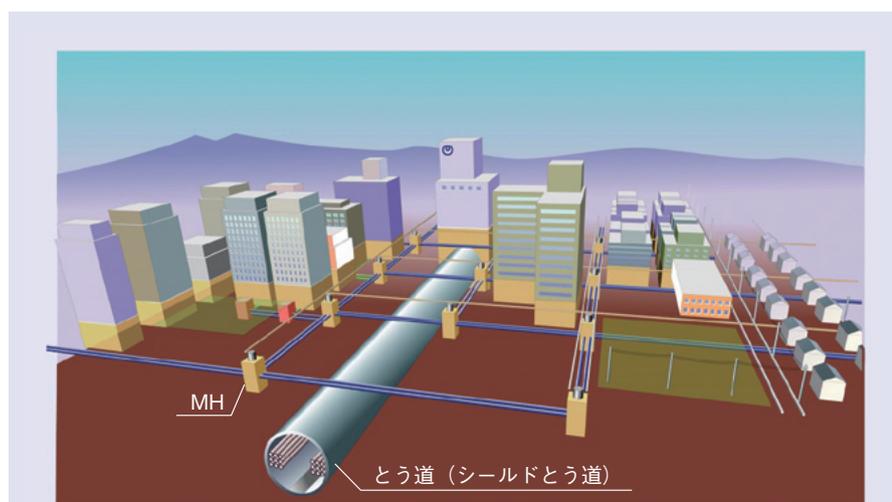


図5 とう道設備イメージ

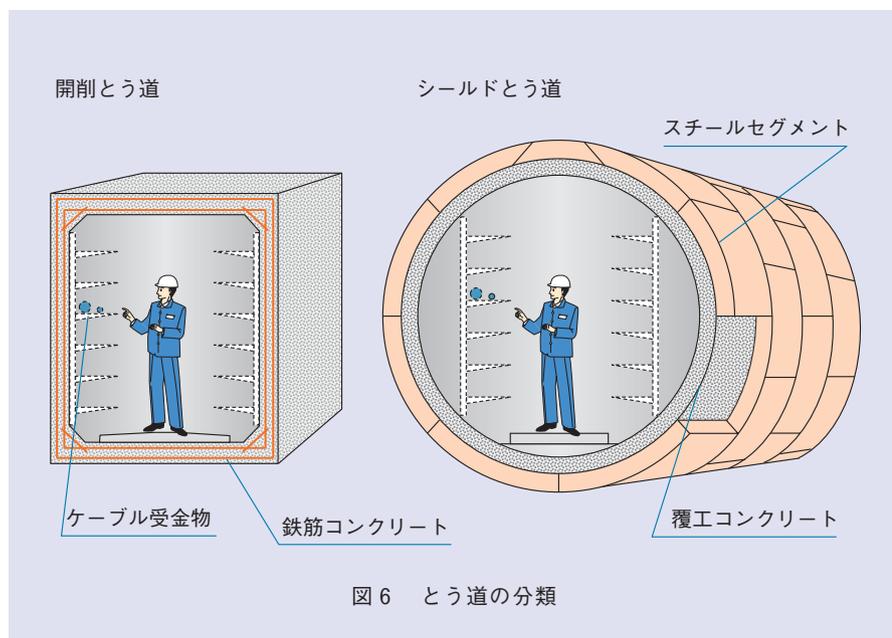


図6 とう道の分類

とう道は数10～数100 mの長大構造物で、都市部を中心に長短合わせて全国に約650 km存在し、更改は極めて困難です。したがって維持管理においては、永続的に使用するうえでの安全を確保するとともに、メンテナンスコストを抑制することが大きなテーマとなっています。開削とう道はシールドとう道と比較して早い時期に建設されており、一部において鉄筋の腐食とコンクリートの剥離などの劣化が見られることから、計画的なメンテナンスの取り組みが先行して行われてきました。具体的には、管理ツールを用いて定期点検データベースの活用による的確な状態把握と点検周期の最適化や点検結果について、劣化判定基準および鉄筋コンクリートの劣化予測に基づいたライフサイクルコスト評価による補修範囲や補修時期の最適化などを実施しています(図7)。

(2) 研究開発の方向性

一般のシールド式トンネルの構造はいくつかの種類がありますが、シールドとう道の大部分はスチール製のセグメントの内側に覆工コンクリートを有する構造となっています。同様な構造形態のトンネルは下水道などの一部にあります。使用材料などの詳細が異なるため厳密には同じ構造ではありません。これにより、設備の耐力評価や補修・補強などの維持管理に関する研究開発の独自の取り組みが必要となります。

さらに、シールドとう道も基本構造は同じでも寸法や設置環境はさまざまであり、建設は個別の設計に基づいて行われてきました。維持管理においても、点検結果から個々に状態管理しながら個別の設計により必要な対策が講じられてきました。これに対して研究開発においては、基本構造から標準と

なる汎用性の高い手法によって、個々の環境条件を反映しながら活用できる技術を目指しています。加えて、高齢化による技術者の減少に対処するうえで、高度な設計スキルがなくても簡便に実施でき、かつ繰り返しメンテナンスを必要とせず、長期的なスパンでの点検によって安全に使用し続けるための技術の実現を目指しています。

(3) シールドとう道の維持管理に適した評価手法

シールドとう道は覆工コンクリートを打設する以前から作用する土圧などの荷重に対して、スチールセグメントのみで強度を有するように設計されており、覆工コンクリートは防食および内面への地下水の侵入防止の役割に位置付けられています。従来の耐力評価においては、完成後のシールドとう道についても建設時の設計計算方法をそのまま使用してきました。しかしなが

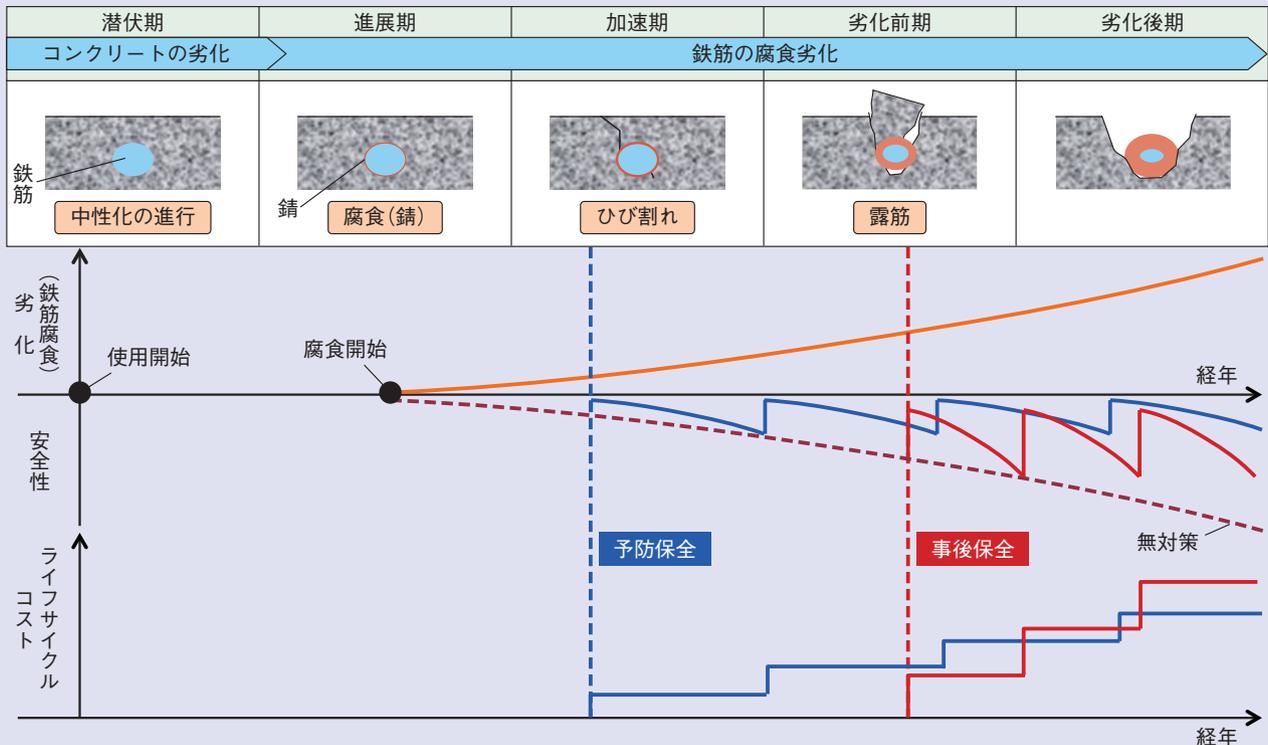


図7 開削とう道の補修の最適化イメージ

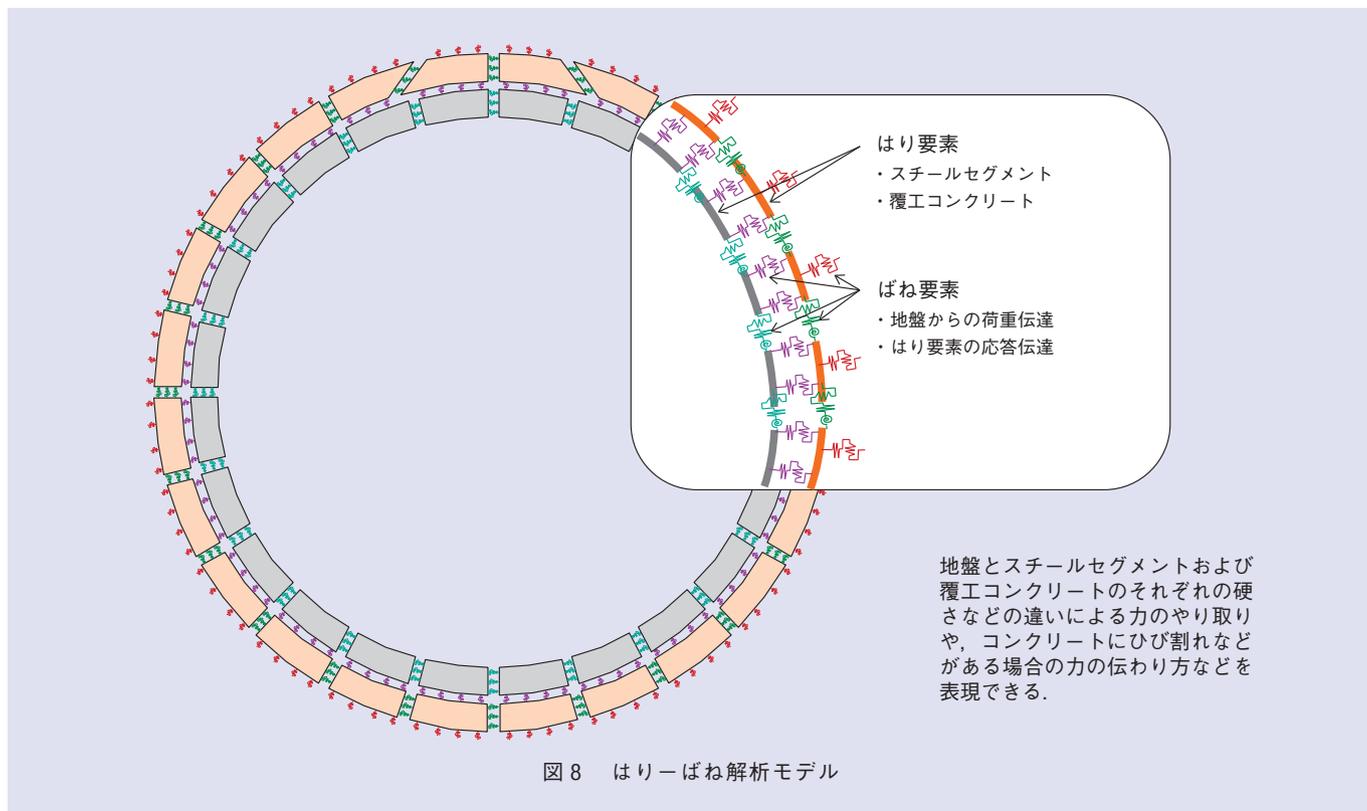


図8 はりばね解析モデル

ら、実際のとう道断面モデルを用いた実験により、実行上は覆工コンクリートも耐力を負担することが明らかになりました。すなわち、既設のシールドとう道に対して建設時の設計計算方法を用いた耐力評価を行うと過小評価になる可能性があるといえます。このことから、スチールセグメントの腐食劣化などに対する補強を検討する際には、覆工コンクリートを考慮した耐力評価を行うことにより、過度な補強となることを回避でき、経済的に安全性を確保することが可能となります。この覆工コンクリートを考慮した新たな評価手法を完成しました。

新たな評価手法においては、トンネル断面の影響解析などに用いられているはりばね計算法を利用して、スチールセグメントと覆工コンクリートの応答を正確に再現できる解析モデルを考案しました。さらに本解析モデルでは、覆工コンクリートのひび割れや

不均一性による応答伝達も表現が可能です(図8)。

(4) 今後の展開

維持管理においては、将来的にメンテナンスが必要となる設備量そのものを減らすことが重要であると考えられます。現在の取り組みでは、たびたび補修が行われている漏水に対して、長期間安定して、延命に効果的な補修手法の実現を目指しています。同時に、劣化によって強度が低下した箇所について、限定的で簡便な構造により補強する手法についても取り組んでいます。

また、最適なタイミングで計画的なメンテナンスを実施するために必要となる、点検作業の効率化や自動化、および腐食などの劣化進行の将来予測手法の精度向上にも取り組んでいきたいと考えています。今後も私たちはとう道の効果的な維持管理サイクルの全体像とオペレーションの最適解の提案を目指した研究開発を行っていきます。



(後列左から) 出口 大志/ 須藤 禎一/
石川 琢也

(前列左から) 酒井 悟/ 川端 一嘉/
堀 直己

老朽化しつつある基盤設備を永続的に使用していくためには、既存設備の状況を把握し、適切な対応を行っていくことが必要と考えています。今後も効率的かつ経済的な維持管理に関する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 deguchi.taishi@lab.ntt.co.jp