実物大の試験設備
大規模改修の工法開発

大規模改修工事

50周年を迎えた東海道新幹線では、次の50年を見据えた取り組みも進む。JR東海は2013年4月から、全線で土木構造物などの大規模改修工事を着工した。将来発生する変状を予測して対策を施す「予防保全」に基づき、本格的な修繕が必要になる前に構造物の老朽化を食い止めて延命。現状は異常がないものや小さな変状に対応することで、工事の規模を縮小し、コストを削減。土木構造物の老朽化に先手を打っている。

改修工事前倒し

JR東海が東海道新幹線の老朽化対策に着手したのは、02年と12年前にさかのぼる。当初は政府が創設した「大規模改修引当金制度」に基づき、1兆円におよぶ改修費用の資金の一部を課税所得から減算して15年間積み立てて内部留保し、自己資金を加えて18年に着工する計画だった。しかし検査体制の確立や技術開発などで改修費用を7308億円まで低減。当初の計画から5年前倒し、13年4月に大規模改修工事を着工した。

JR東海が大規模改修工事を前倒しできたのは、構造物の維持管理の考え方を根本的に変えたためだ。02年時点の当初計画では総延長515・4キロメートルのうち鋼橋、コンクリート橋、トンネルなどの土木構造物について、鋼橋を架け替えるなど、大掛かりな工事を想定していた。現在は、予防保全をコンセプトに大規模改修工事を進めている。予防保全はコストの削減に加え、新幹線を運休せずに工事を進められることもメリットとなっている。

JR東海は維持管理のための検査体制の整備や工法などの技術開発を進めたことで、大規模改修を予防保全に変更することができた。検査体制の整備においては、1993年に土木構造物の経年に関する影響を専門に担当する「構造物検査センター」を設置。同センターは経年による構造物の疲労、劣化の検査に特化した維持管理の専門部隊で、東京、静岡、名古屋、大阪に総勢32人の専門家を配置することで全線をカバーし、構造物の経年劣化の検査を徹底している。

また02年に設立した小牧研究施設を中心に具体的な工法などを検討した。橋やトンネルの構造解析や実態調査のほか、実物大の模型や大型試験装置などを使い、経年による変状の予測や対策工法の研究開発を進めた。研究で得た成果は試験施工を実施した上で実用化につなげている。

コンクリート橋の補強

谷田トンネルの大規模改修工事

「予防保全」老朽化に先手
運休せずに工事が可能

橋の補強技術

こうした技術開発の一つにコンクリート橋の下面に取り付けて補強し、腐食防止に加えて鉄筋量を増やして強化する。

鋼板の端には接続部があり、鋼板同士を重ねてはめ込むことができるため、施工の際に溶接の必要がなく、工事費や施工時間を節約できる。こうした研究開発が大規模改修全体の工事費の低減につながっている。JR東海では今後10年間で全線の改修工事を完了させる計画だ。

予防保全で土木構造物を延命化する工事が実施されている現場の一つが、静岡県三島市にある「谷田トンネル」だ。トンネルの工法は02年の段階では、上部断面に補強鋼板を巻いて強化する計画だった。予防保全の導入により、地山とコンクリートの間にある空隙にモルタルの充填（じゅうてん）材を注入するものに変更となり、コストは当初計画の約4660億円から、2000億円程度圧縮できた。

谷田トンネルは全長約800メートル。充填材を注入するため、約3メートルおきに直径5センチメートル程の穴をあけ、注入作業を行う。大規模改修工事は新幹線の運行が終了した深夜に行われており、始発までには作業を終えなければならない。作業は時間との勝負になる。

トンネルでの施工

トンネル上部に注入孔をあける「削孔」の作業では、穴をあけて注入管を配置。トンネルのコンクリートの厚さは地山の形状などで異なるため、一つの注入孔をあけるのに20―30分程度かかる。

充填材の注入作業では、注入の前に充填材の試験を行い、充填材の固さなどをチェックする。保守用車にはプラント設備もあり、ミキサーで充填材を練りながらホースを差し込み注入する。一つの注入孔には、600―800トンの充填材を注入。一晩で作業ができるのは数メートルだ。

雨水の影響などで発生する空隙に充填材を注入する工事は、これまでも耐震化対策などで実施していた。ただ従来の充填材は水っぽく流動性が高かったため、注入しやすいが留まらず、水中で材料が分離するなど、トンネルの老朽化への抜本的な対策にはなっていなかった。

JR東海では充填材に必要な性能を研究し、主成分であるセメントに特殊な混和剤を加えて可塑性を高めた。圧力をかけると変形して固まり、水中でも溶けにくくなったことで、1センチメートルの空隙でも埋めることができるようになった。

小牧研究施設では発泡スチロールの型枠を使って空隙を再現した模型で充填材の性能試験を行った。試験の結果、機能などで要件を満たした9種類の充填材を施工現場に応じて使い分けている。

谷田トンネルの工期は2年程度の予定で、作業が完了するのは15年5月の見込み。JR東海では現在同様の工事を15トンネルで施工しており、今後10年間で、東京―新大阪間にある66トンネル（総延長68・6キロメートル）の工事を完了する計画だ。

小牧研究施設の役割

JR東海が東京ドーム16個分にあたる73ヘクタールの広大な土地に研究施設を開設したのは2002年。車両や地上設備の研究開発のほか、東海道新幹線の大規模改修工事に備え、総工費280億円を投じた。JR東海は小牧研究施設で実物大の試験設備などを用いて、車両に搭載される新技術の開発や大規模改修工事の工法を検討している。最新の試験設備である試験トンネルでは、土木構造物の検査員の養成にも力を入れており、社会問題となっている道路や橋など交通インフラの老朽化にいち早く対応している。

各職種の専門家

小牧研究施設には120人の社員が在籍。研究開発の目的別に、東海道新幹線の高速化などを研究する「高速技術チーム」や土木構造物の構造設計などを手がける「構造物設計チーム」など、11チームに分かれている。

JR東海の技術系の社員は「車両・機械」「電気・システム」「施設」の三つの職種に分かれており、新卒の採用段階から専門分野を明確にしている。小牧研究施設の研究チームは「高速化」や「解析技術の確立」など開発のテーマが決まっており、そこに各職種から専門家が入り、横断的に研究を進めている。

小牧研究施設の広大な敷地の各所には、高架橋やトンネルなど、新幹線の構造物の実物大模型が設置されている。試験設備を実物大にすることで、構造物の耐性や変状などを正確に確認できるほか、開発中の技術の実験の精度も高まる。

最新車両「N700A」に搭載されている技術には、台車の振動を常時監視することで故障を未然に防止する「台車振動検知システム」や、自動列車制御装置（ATC）からの情報で自動的に運転を制御する「定速走行装置」があるが、いずれも小牧研究施設で開発された。

小牧研究施設では高速化や安全性向上など、次の技術開発も進められている。

小牧研究施設の最新の試験設備が、新幹線のトンネルを模擬した実物大の「試験トンネル」だ。トンネルの維持管理の技術向上や、検査員の育成などを目的に13年3月に設置した。試験トンネルを活用し、新たな非破壊検査手法の開発や、検査の専門家の養成などにつなげている。

小牧研究施設には実物大の試験設備が置かれている

変状を再現

試験トンネルは全長約10メートルで、実験をしやすくするため、実際のトンネルに比べて1・8メートル程低く作られている。試験トンネルの表面には、コンクリートの打設不良の一つで、表面に空隙ができて凹凸が生じる「ジャンカ」や、打設の間隔が空いたことで一体化せず不連続な状態となる「コールドジョイント」などの変状を再現。数々の変状を故意に作り出している。

またトンネルそのものもコンクリートをあえて薄くして作った「断面欠損」の部分や、セメントを減らし、水を増やしてコンクリートの質を悪くした部分もある。試験トンネルのメリットの一つは、変状が発生した箇所の裏側の状態を確認できること。実際のトンネルの裏側は山に接しているため、見ることができない。しかし試験トンネルで変状を正確に再現したことで、トンネルの裏側の状態を確認できるようになり、新幹線の構造物であるトンネルを壊さずに検査できる非破壊検査の手法の確立などにつながった。

試験トンネル

全体の技術向上

交通インフラの老朽化は新幹線に限らず、高速道路や橋梁などでも社会問題となっている。中でも土木構造物の維持管理では、検査の人材不足が課題となっている。JR東海は試験トンネルを使って打音検査の訓練を行うことで、検査の専門家養成につなげている。小牧研究施設の人材が中心となり、現場の作業員にも技術を伝え、全体の技術向上を図っている。

このほか、現在、大規模改修工事で施工を進めている防音壁内部の吸音パネルも小牧研究施設で開発したものだ。吸音パネルは垂直に設置する固定部分の片側に複数の反射板を平行に設置し、撥水グラスウールの吸音材を充填した構造で、音を反射させて吸音する。これにより従来の防音壁から大きさを変えずに、おおむね2―3デシベル遮音効果を高めることができる。JR東海では今後10年間で設置を完了する。

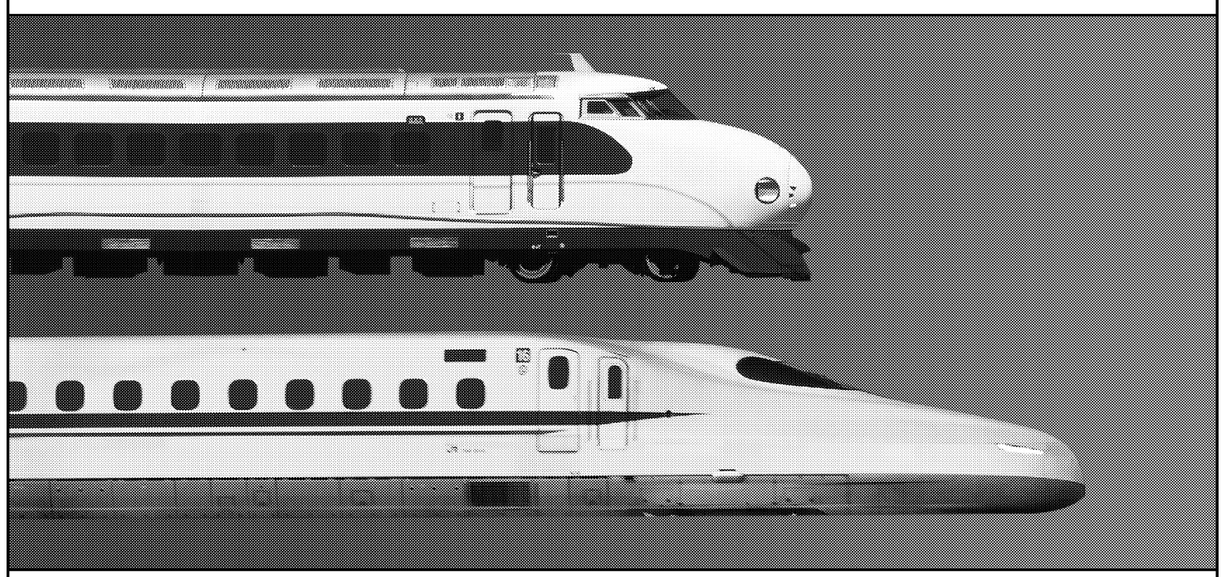
高性能吸音パネルは02年から積水化学と共同で開発。反射板を15―45度の角度で平行に設置することで、レール付近から発生する走行音などの騒音を反射させて吸音する。反射板はメッキ鋼板やアルミニウム板でできており、各反射板の間には撥水グラスウールの吸音材が充填されている。さらにこれをガラスクロスで覆う構造で、遮音効果を高めている。

防音壁は高ければ高いほど防音効果が高くなるが、風圧などがかかるため、高さに制限がある中でいかに効果を上げるかが課題となっていた。JR東海と積水化学では、音を反射させながら吸収していくことで、防音効果を高める仕組みを開発。高性能吸音パネルを設置することにより、防音壁を数メートル高くしたのと同様の効果が得られるという。

JR東海では高性能吸音パネルを新たに開発した支柱のない自立式の防音壁に取り付ける。防音壁は支柱がないため、コンクリート橋などに打ち込むボルトが少なく、構造物への負担を軽減できる。こうした工法の開発や、防音壁の遮音効果の試験などを、小牧研究施設の実物大の設備で進めた。

新幹線とともに50年、
「もの造り」への挑戦は続く。

1964年の東海道新幹線開業から50年。NTNのベアリング(軸受)は、0系からN700Aまで歴代新幹線に採用され、その進化を支えてきました。たとえば車軸用軸受。初代0系に対して、最新のN700Aでは重量で約70%、体積で約60%も軽量・コンパクト化が図られ、車両の軽量化と高速化に大きく貢献しています。新幹線がより早く、より安全に、より快適な乗り心地へと大きく進化するために、私たちの「もの造り」への挑戦は続きます。



※1 ハウジング（軸受箱）に軸受を収めた状態のカット写真です。　※2 日本トライボロジー学会が、わが国の科学と技術の発展の歴史に貢献した技術・事物を認定。

祝 東海道新幹線開業50周年
NTN®
www.ntn.co.jp