

「壊さずに，伝える」 非破壊試験技術の進化と専門商社の役割

峰 村 富 夫*

1. はじめに

非破壊試験機は，構造物や部材を損傷させることなく健全性や品質を評価する技術であり，社会基盤や産業設備の安全性を確保する上で不可欠な存在となっている。橋梁やトンネル，原子力発電所や化学プラント，さらには航空機や鉄道といった輸送機関に至るまで，非破壊試験機は広範囲に応用されている。こうした背景から，非破壊試験機は，「安全・安心のインフラ」を支える基盤技術と位置づけられる。

社会基盤構造物は容易に解体できないため，非破壊試験による劣化や損傷の早期発見は，補修計画の策定やライフサイクルコストの低減，安全性の確保に大きく寄与している。

非破壊試験機の代表例として，1952年（昭和27年）にスイスから日本に導入された「シュミットコンクリートテストハンマー」が挙げられる。この試験機は，2003年5月にJIS A 1155（コンクリートの反発度の測定方法）に適合しており，コンクリート構造物の圧縮強度推定に用いられ，現在に至るまで多くの現場で活用されている。

一方で，非破壊試験技術を適切に導入・運用するためには，専門的な知識と経験が不可欠であり，「試験方法の選定」「適正な運用方法の理解」「試験結果の解釈」が適切に行われなければ誤った判断を導く危険性がある。非破壊試験機を有効に活用するためには，単なる機器の供給にとどまらず，ユーザーへの技術的支援や教育，さらに国際規格や最新情報の提供が不可欠である。この点において，専門商社は重要な役割を担っている。すなわち，機器導入に際する適切な選定支援，現場における運用方法の指導，および試験データの適正な解釈に関する助言を通じて，非破壊試験の品質確保と普及に寄与している。また，非破壊試験技術は，時代の要請とともに進化を遂げてきている。本稿では，非破壊試験機の種類と代表例について概説し，あわせて最新技術の紹介を通して専門商社が果たす役割の重要性を整理し，我々「専門商社」としての，日々の取り組みと社会インフラに携わる魅力

を紹介する。

2. 我々「専門商社」の取り組み

我々「専門商社」は，非破壊試験機を取り扱う単なる機器販売の担い手ではなく，その使命は，試験技術の普及，適正な運用方法の啓発，アフターサポートおよびメンテナンスの提供など，多岐にわたる。

特に，非破壊試験は，構造物の環境条件や試験機の運用方法により結果が変動することがあり，正確な評価を得るための現場指導が不可欠である。

そのため，当社では2021年7月にISO 9001：2015を取得し，2022年12月には那須塩原にテクニカルセンターを設立した（図-1）。

センター内には，セミナールーム（写真-1（a））やデ

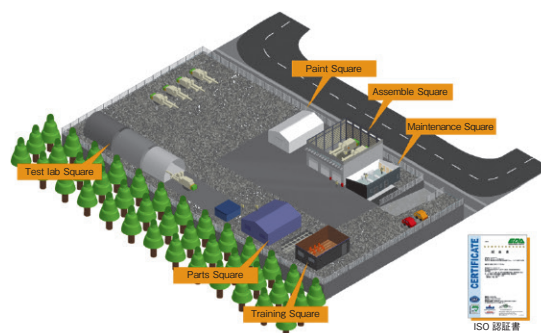


図-1 テクニカルセンターの全体イメージ



(a) セミナールーム



(b) デモトンネルと擁壁



(c) コンクリート供試体



(d) メンテナンスルーム

写真-1 テクニカルセンターの各施設

* みねむら・とみお／エフティーエス(株) 経営統括室室長 常務執行役員（正会員）

モトンネル [トンネル長：47 m]、擁壁 [47×2×0.3 m] (写真-1 (b)) コンクリート供試体 [1.2×1.2×0.3 m] (写真-1 (c))、などを備え、ユーザー教育や社内教育および講習会を必要に応じて開催している。具体的には、コンクリート構造物に関しては、機器操作の習熟を目的としたトレーニングを供試体および実構造物を用いて実施しており、道路構造物に関しては、デモンストレーション用のトンネル、擁壁、埋設物を配置した専用フィールドを整備し、実環境を想定した検証および訓練を行っている。また、鋼構造物については、テストピースを用いた講習会を開催するとともに、同様のプログラムを社内向けに実施し、技術力の維持・向上を図っている。また、我々はメーカーとの現場の橋渡し役として機能し、顧客のニーズを正確に把握したうえで、最適な機器やソリューションを提案できるように心がけている。さらに、規格や法令の改訂に応じた最新情報の提供や試験機の定期点検と校正業務(写真-1 (d))を行っている。

実業務としては、現場実験は必須であり機器の使用方法、現場状況に合わせた操作など、日々のトレーニングは欠かせない。我々は、幅広い非破壊試験機のアイテムを取扱い、自社実験フィールドにおいて定期的に性能検証や比較試験、試験条件の最適化検討を実施することで、利用者の現場課題に即した技術提案が可能な営業を実践している。

非破壊試験機は、コンクリート構造物の内部状態を「見える化」し、構造物の健全性の判断材料を提供するための重要なツールである。

この仕事に携わることで、橋梁、トンネル、プラント、航空、鉄道といった社会インフラの安全を守る役割を担うことができる。人々の「安心・安全な暮らし」を支える、やりがいがある仕事である。また、事故や故障を未然に防ぐことで社会に直接貢献できる点も大きな魅力である。

さらに、非破壊検査技術者認定資格の取得を通じて専門的なスキルを身につけられるだけでなく、海外メーカーや国際展示会とのやり取りなどグローバルに活躍できるチャンスもあり、将来性が高く、成長しながら社会に誇れ、キャリアを築けることが専門商社の魅力である。

3. 最近の非破壊試験機の例

近年の販売、使用実績のある主要な試験機を表-1、表-2および表-3に示す。非破壊試験機の適用範囲は年々広がっており、コンクリート構造物の老朽化は深刻な課題であり、劣化や損傷の進行が顕著になっている。しかし、これらを解体して内部状態を直接確認することは現実的でないため、非破壊試験の重要性が高まっている。我々は、コンクリート構造物や鋼構造物および道路構造物に対する非破壊試験機および微破壊試験機を取り扱っている。

コンクリート構造物の代表的な手法としては、電磁波

表-1 コンクリート構造物に対する非破壊試験機

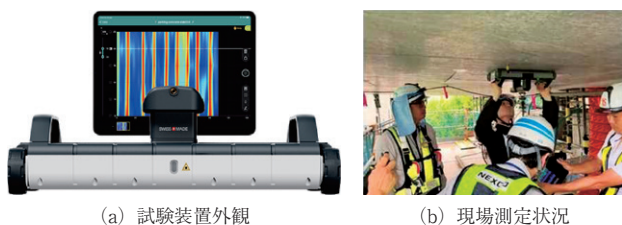
試験機の種類	原理	主な目的
内部探査機	電磁波レーダ	配筋情報 (鉄筋位置・かぶり) 空洞探査
鉄筋探査機	電磁誘導	配筋情報 (鉄筋位置・かぶり)
衝撃弾性波試験装置	衝撃弾性波	杭長調査 コンクリート版厚
超音波トモグラフィ試験機	超音波アレイ S 波	ドライカップリング空洞・ 空隙探査・版厚 グラウト充填調査
超音波試験機	超音波 P 波	伝搬時間・速度によるコン クリート強度推定・弾 性係数
		コンクリート以外に木材・ セラミック・レンガの品 質管理
超音波トモグラフィ試験機	超音波アレイ P 波	ドライカップリング空洞・ 空隙探査・版厚 グラウト充填調査
リバウンドハンマー	反発度	圧縮強度推定
圧縮強度推定試験機	反発速度比	圧縮強度推定
振り子式低強度測定器	振り子	型枠の脱型 石膏ボード・軽量コン クリート
衝撃弾性波	表面 2 点法	圧縮強度推定
腐食試験機 (硫酸銅)	自然電位 スポット電極 ホイル電極	鉄筋腐食
腐食試験機 (塩化銀)	分極抵抗	分極抵抗および腐食速度
電気抵抗率	4 電極法	コンクリート抵抗
透気試験機	ダブルチャンバー法	コンクリートの透気係数 (緻密性)
塩分センサー	電位差	塩化物イオン量
透水試験機	加圧透水	コンクリート水密性
吸水試験機	吸水法	表面含侵材の性能評価
水分計	電気抵抗	コンクリート含水率
電磁気装置	マイクロ波	水分分布・空洞 配筋の把握
内部探査機	電磁波レーダ	トンネル背面空洞・厚み

表-2 道路構造物

地中探査機	電磁波レーダ (車載タイプ)	床版劣化 空洞探査
地中探査機	電磁波レーダ (手動タイプ)	空洞探査 埋設管探査
密度計	電磁波	アスファルト密度

表-3 鋼構造物

膜厚計	渦流・電磁式	塗装厚
超音波アレイ装置	超音波アレイ	ボルト亀裂探傷
厚み計	超音波	鉄骨厚み
亀裂深度計	電位差	鉄骨亀裂深さ
硬さ試験機	速度比	金属硬さ・岩盤



(a) 試験装置外観

(b) 現場測定状況

写真-2 コンクリート電磁波レーダ



写真-3 超音波イメージ
スキャナー外観

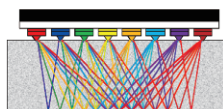


図-2 超音波の
送受信経路



写真-4 電磁波レーダ外観

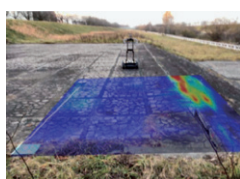


写真-5 ARによる可視化

レーダ法（写真-2 (a) (b)）や超音波イメージスキャナー（写真-3）が挙げられる。

電磁波レーダ法は、ステップ周波数（SFCW）を採用しており、広範囲の帯域周波数の情報の取得が可能となっている。その為、探査深度が浅いところから深いところまで1度の測定で得られ、尚且つ6側線分の測定が可能である。広範囲の測定が短時間で行うことができる。また、車高が8mmあり、多少の凹凸があっても測定ができ、配筋検査や空洞探査に使用される。特に高速道路の耐震補強施工¹⁾におけるアンカー設置の位置だしに適用されている。

超音波イメージスキャナー（写真-3）は、コンクリートの版厚測定やコンクリート中の空洞探査等に用いられる。この機器は、8chの送受信センサーが配列されているため、超音波トモグラフィ法を使う（図-2）評価ができ、リアルタイムで内部状況の把握が可能である。また、ドライカップリングなので測定準備に手間を懸けず大幅な時間短縮が図れる。この技術を使用し、PCグラウトの充填度調査^{2)~4)}に適用されている。

道路構造物の代表的な手法としては、ステップ周波数⁵⁾を適用した電磁波レーダ法（写真-4）がある。本手法は、コンクリート床版の劣化状況の把握、中空床版の位置特定、地中埋設物や空洞の探査に適用されている。また、最新技術のARにより空洞場所を可視化できる（写真-5）。

鋼構造物の代表的な手法としては、硬さ試験がある。反発速度法（写真-6）、超音波法（写真-7）は、溶接部の熱影響部検査に用いられる。熱影響部は、焼けや急冷による硬化・脆化などの影響を受けやすく、破損や亀裂の発生リスクが高まるため、構造物全体の安全性を確保する上で現場における硬さ試験が重要である⁶⁾。



写真-6 反発速度法



写真-7 超音波法



写真-8 超音波アレイP波
による探査例

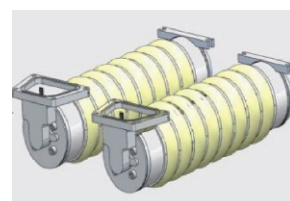


図-3 特殊ローラ送受信



写真-9 鉄筋腐食測定機

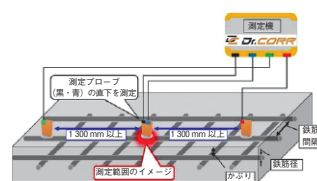


図-4 測定概要

4. 最新の試験機の紹介

超音波アレイP波による探査装置（製品名：エロップインサイト、写真-8）は、特殊ローラを用いたドライカップリング方式（図-3）により、連続的な面測定を可能とし、コンクリート内部の探査を実現した最新の試験機である。

電気化学的測定原理を応用した鉄筋腐食試験機（製品名：ドクターコロ、写真-9）は、完全非破壊にて分極抵抗および鉄筋腐食速度の測定が可能である（図-4）。この手法により、コンクリートをはつることなく、鉄筋の腐食進行度を評価でき、腐食度は5段階のレベル指標とし定量的に判定される⁷⁾。

電磁気学を応用した非接触型試験装置（製品名：ウェブスキャン、写真-10）は、構造物内部の情報（鉄筋・クラック・空洞・水など）（図-5）を把握できる装置である。特に水の浸透経路を追跡し、構造物全体への水流拡散状況を可視化することが可能である。

超音波アレイ技術を応用したボルト探傷装置（製品名：



写真-10 内部探査装置

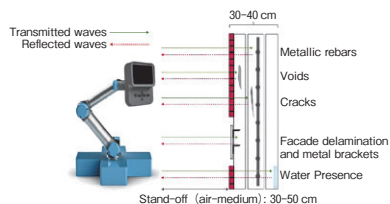


図-5 測定概要

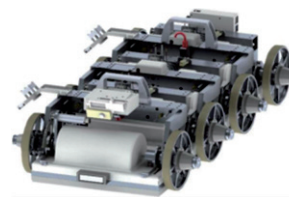


写真-15 Gravitas



写真-11 ボルト探傷例



写真-12 特殊センサ

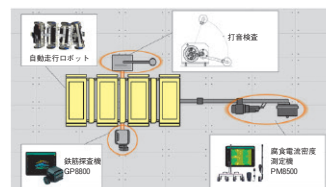


図-6 搭載する試験機の一例



写真-13 亀裂測定装置

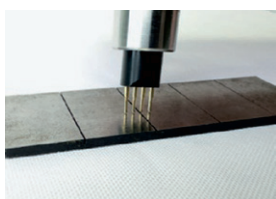


写真-14 交流電位プローブ

シンクsscアン, 写真-11) は, 塗装を除去することなくボルトの亀裂検出が可能である。この手法は, ボルト頭部に特殊センサ(写真-12)を接触させるだけで測定が完了し, 検出された亀裂部が画面上に明瞭に表示される。さらに中空ボルトにも適用が可能であり, 幅広いボルト形状に対応できる。

交流電位法を用いたクラック深さ測定装置(製品名: デプスマスター, 写真-13)は, プローブ(写真-14)を測定対象物のクラックを跨ぐように接触させることで, 亀裂深さを非破壊で測定できる装置である。従来の超音波法や渦流法と比べ, 操作が簡単であり, 0.5~30 mm の範囲で亀裂深さを評価することが可能である。

5. 次世代への挑戦

非破壊試験技術はグローバルに進化を遂げており, 海外メーカーとの協働や国際展示会での情報収集・交流は不可欠である。そのためには, 国内市場の動向を的確に把握する必要があり, 学協会への参画や講習会・シンポジウムにおける情報交換を通じた知見の蓄積が重要である。例えば, 日本コンクリート工学会, 土木学会, 日本非破壊検査協会といった学術団体への積極的な参加は, 技術的知見の継続的なアップデートに直結する。こうした活動により, 海外で開発された先端技術を迅速に国内へ導入し, 日本の施工現場や研究機関と連携させること

で, 実用化・適合化を図る役割を果たしている。さらに, 近年はロボット技術や AI との融合が進展しており, 高所や狭隘部での調査, 自動化されたモニタリングシステムとの連携といった新たな応用分野が開かれつつある。今後は, これらの技術革新を積極的に取り入れ, より信頼性の高い非破壊試験技術の提供を目指していく。現在, 我々は, 自走ロボットを開発中(写真-15)であり, 擁壁・トンネルなどの背面状態, クラック, 配筋状態, 剥離調査などを行うため, ロボットに非破壊試験機を搭載し(図-6)足場を必要としない調査や点検システムの構築を進めている。

今後, 益々非破壊試験分野においては, デジタル技術, IoT, および AI を活用したスマート検査の普及が一層進展すると予想される。これに伴い, 試験機によるデータの相互連携や自動解析, さらにリモート診断といった新たなニーズが高まることが考えられる。これからも「技術と現場をつなぐ橋渡し役」として, インフラの安全・安心・長寿命化に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) NEXCO:「高速道路の耐震補強対策の効率的な進め方に関する検討委員会の実施計画」2024
- 2) 小椋紀彦・サグラアルトゥル・塩屋智基・福田泰樹:パルスエコー法を用いたグラウト充填度調査の検討, コンクリート工学年次論文, Vol.46, No.1, 2024
- 3) 倉垣篤志・小楠康紘・駒田憲司・加納 寛:PC グラウト充填度調査におけるイメージスキャナーの適用性, 令和6年度土木学会全国大会第79回年次学術講演会, 2024
- 4) DGZfP-Merkblatt B04:Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen DACH-Jahrestagung 2019
- 5) 城所 隆・佐藤源之:広帯域連続波周波数掃引型地中レーダ 物理探査, 第69巻, 第4号, pp.269~279, 2016
- 6) Combined portable hardness testing solution to increase the efficiency of inspection & quality control processes. 19th World Conference on Non-Destructive Testing 2016
- 7) とびしま技報:No.72, 2024