

橋梁構造物の健全度モニタリングのための非破壊検査法について

The Non-destructive Test for Health Monitoring of Bridge Structures

交通事業本部 交通第2部

川上 江佐夫¹⁾

高橋 親 市²⁾



1)



2)

コンクリート構造物は安全性や経済性に優れ、住宅・社会資本としていろいろな形で私達の周りに利用されている。土木コンクリート構造物としては、橋梁・ボックスカルバート・トンネル・擁壁・覆道等が私達の日常生活と密接な関わりを持ち、それらから私たちは恩恵を受けている。コンクリート構造物は、かつてメンテナンスフリーとして半永久的に使用できると考えられていた。しかし、供用年数が伸びるにつれて、塩害・中性化・アルカリ骨材反応・凍害等の劣化現象が目立つようになってきた。

我が国の構造物の多くが戦後の高度成長期以降に集中的に建造されており、これらを効率的な社会基盤整備の一環として維持管理していくことが、今後の重要課題といえる。ここでは、健全度モニタリングとして、効果的計測のうえに立って、構造物の維持補修のためのデータ収集を行ない当社が取り組んでいる非破壊検査法の一部を紹介するものである。

1. はじめに

コンクリート構造物の健全度調査方法としては、表面に現れるひび割れ・錆汁・エフロレッセンス等の変状の目視調査が最初に行なわれている。目視調査では、ある程度コンクリート構造物内部の劣化が進行するまで発見できないケースがあるため注意が必要である。この目視調査の欠点を補完するために、非破壊検査(試験)方法の開発・研究が進められている。以下に非破壊検査(試験)方法の一部について述べる。

- ・超音波探傷検査
- ・鉄筋探査
- ・磁粉探傷試験
- ・アルカリ骨材反応の目視調査
- ・自然電位測定(鉄筋腐食度調査)

2. 超音波探傷検査

土木構造物のトンネル、法面の覆工にロックボルト、アースアンカー等を使用し、橋梁の橋台、橋脚の支承、落橋防止システムにアンカーボルトが使用されている。作用力を構造物に伝え、支えるロックボルト・アンカーボルトの部材長を確認する手法として写真-1,2 で示すように超音波探傷試験が行われている。ロックボルト、アンカーボルト等の長さ(部材長)は超音波探傷試験の装置を用いたパルス反射法による超音波探傷法によって確認できる。

アンカーボルトの端部にプローブ(探子)をセットし、超音波を入射させ、先端から反射波が戻ってくる時間を測定し、探傷器に表示させることにより、図-1に示すようにボルト長を測定することができる。

デジタル式の探傷器では、ボルト長が数値で表示されるため、正確な長さを測定することが出来る。

測定は、有資格者(NDI 非破壊検査協会が認定する超音波検査技術者)が行う。



写真-1 アンカーボルト測定状況



写真-2 トンネルロックボルト測定状況

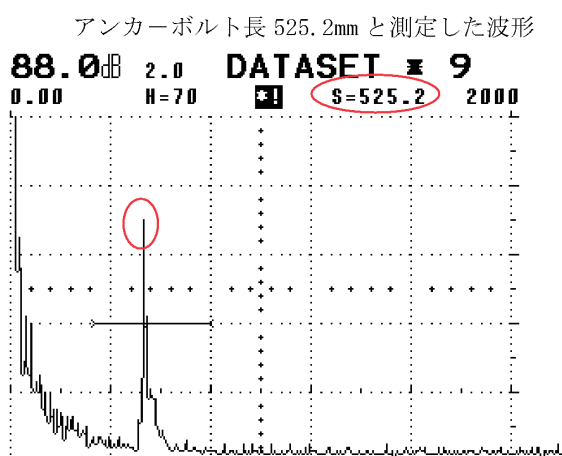


図-1 アンカーボルト計測波形

3. 鉄筋探査

コンクリート構造物は、現代の社会資本基盤を支える重要な構造物となっており、コンクリートといえどもその耐久性は有限であることから、非破壊検査法の開発が注目を浴び、研究活動も活発に行なわれている。コンクリート中の鉄筋探査としては、電磁誘導法が最も一般的に用いられており、鉄筋の位置・かぶり・配筋などが測定できる。写真-3に示すようなフェロスキャンは、ポータブルタイプでモニター上に鉄筋位置を鮮明に素早く表示される。超音波探傷試験とは異なり、特別なトレーニングは不要で、メニューに従って操作することで、最大かぶり深さは150mm程度まで確認できる。デジタルデータが内臓記憶され、各種深さでの鉄筋の配置(主筋方向、配力筋方向)のデータが得られ、図-2に示すように画像のプリントアウトが可能である。

鉄筋探査状況を写真-4に示す。



写真-3 鉄筋探査器

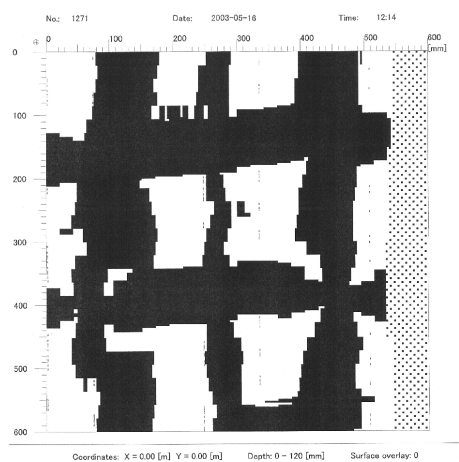


図-2 測定データ



写真-4 鉄筋探査状況

4. 磁粉探傷試験

鋼材の溶接部表面に割れなどが発生していると予想される箇所(強磁性体)を磁化すると、その箇所は一時的に磁石となるため、割れの部分は小さな磁石になる。磁石になった割れの部分に強磁体の磁粉をかけると、磁粉は割れの部分に吸着される。磁粉同士

は互いに繋がって、割れの幅よりも拡大されるため、この磁粉模様は割れの幅が狭いものでも肉眼で確認できるようになる。溶接部の表面の色(または明るさ)に比べて、高いコントラストを持っている磁粉を用いると、磁粉模様はより識別できやすくなる。この磁粉模様を見つけ評価することで、溶接部の表面に存在する傷を検出する方法を磁粉探傷試験という。この試験で用いられる磁粉探傷試験機を写真-5に示す。写真-6に示すように検査を行うことで、表面の傷、又は2～3mm程度、深い位置にある傷も検出可能である。表面部にある割れ状のきずについては高い確率で、検出できる手法である。



写真-5 磁粉探傷試験機

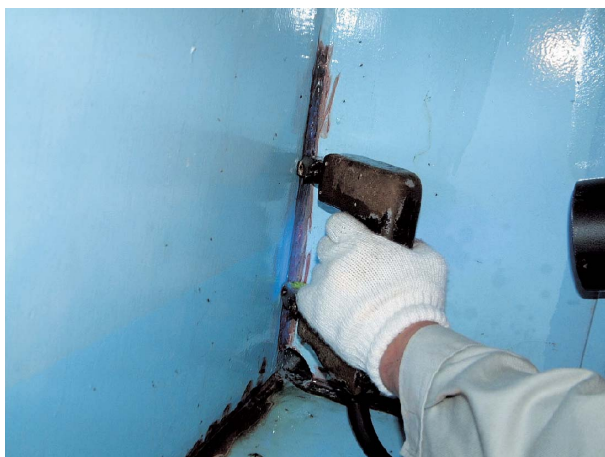


写真-6 磁粉探傷検査状況

5. アルカリ骨材反応の目視調査

アルカリ骨材反応は、骨材中の反応性珪物とセメントに含まれるアルカリ金属イオンが反応し、吸水膨張性の反応ゲルが生成することにより生じる。コンクリートが膨張することにより、かぶりコンクリート部にひび

割れが発生するが、鉄筋量の少ない構造物では、無秩序な亀甲状のひび割れパターンとなり、鉄筋量が多い構造物や PC コンクリートでは、主鉄筋に沿ったひび割れとなりやすい。

また、反応とゲルの膨張に水を必要とすることから、同一の構造物の中でも雨水流下経路になっている箇所、積雪箇所など水分の供給が多い箇所で、ひび割れ等の変状が目立つことが多い。



写真-7 疑わしい構造物①



写真-8 疑わしい構造物②

アルカリ骨材反応が疑わしい構造物の詳細調査は、通常詳細目視のみで良いが、今後の劣化進行の可能性をより明確にしたい場合には、コンクリートコアの膨張量試験を行う。また、写真-7,8に示すようなアルカリ骨材反応が疑わしい構造物の中でも、特に変状が著しい構造物は、はつり調査を行って鉄筋の健全度を調査する。膨張量試験では、今後、アルカリ骨材反応による劣化が生じるかどうかを推定することが可能となる。アルカリ骨材反応が疑わしい構造物の詳細

調査としては、①膨張量試験、②骨材の岩種判定、③コンクリート中のアルカリ含有量の分析、④アルカリ骨材反応によって生じるシリカゲルの確認などの方法がある。

6. 自然電位測定（鉄筋腐食度調査）

コンクリート中の鋼材の腐食診断手法として自然電位法が用いられる。この測定方法は、測定が比較的簡易に行えるという長所があり、土木学会の試験規準としても取り上げられている。しかし、測定結果から得られた自然電位の値の再現性、測定面の湿潤条件、鋼材と測定点の位置関係の影響等、まだ不明確な点もいくつか残されている。その弱点を補うため必要に応じて、写真-9 に示すような局所的なかぶりコンクリートのはつりによる鋼材の腐食状況確認を合わせて行うのがよい。鋼材が腐食する場合は、腐食電池が形成されアノード反応を生じる部分(腐食部)とカソード反応を生じる部分(非腐食部)とに分かれるが、この時に自然電位が変化する。写真-10 に示すような方法でその電位を測定することによりコンクリート中の鋼材腐食の有無を図-3 のような腐食分布図で判定しようとするものである。自然電位を用いた鋼材腐食の規定を表-1に示す。

自然電位は、本来鉄筋が腐食しやすい環境にあるかどうかを示す指標であり、腐食の程度を定量的に示すものではない。



写真-9 はつり

表-1 ASTM 基準による自然電位を用いた鋼材腐食の規定

測定電位の範囲	コンクリート中の鋼材腐食の可能性
-200mV<E	90%以上の確率で腐食なし
-350mV<E≤-200mV	不確定
E≤-350mV	90%以上の確率で腐食あり

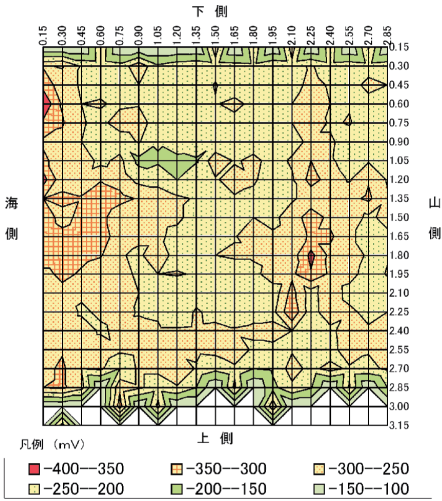


図-3 腐食状況分布図



写真-10 調査状況

7. 今後に向けて

ここに報告した検査(試験)方法は、橋梁構造物で行われている中のほんの一部である。

非破壊検査(試験)の中でも種類によっては、高い精度で状況把握できるものもあるが、まだ構造物を局所的にはつり出して比較検証しなければならないものもある。目的によってはつり出し等の検証を組み合わせる必要がある。

現在利用されている構造物の寿命を延ばし、次世代に引き継ぐことが私たちに課せられた責務と考えられる。今後ますます増えてくるであろう非破壊検査(試験)の内容の充実、新しい検査(試験)手法の開発・研究が強く望まれる。