

トラス橋床版埋設鋼部材腐食調査への超音波探傷法の適用

小林章宏* 中野正則** 安波博道*** 市川和臣**** 中島和俊*****

1. はじめに

近年、老朽化した橋梁において鋼材の腐食による部材の破断や損傷事故が複数発生しており、大きな社会問題となっている。その中でも特に問題が発生しやすい箇所として、コンクリート床版を貫通しているトラス斜材（写真-1）がある。



写真-1 トラス斜材破断事例1

床版埋設部のトラス斜材の腐食損傷を検出するために、現時点ではコンクリートをはつって鋼部材を露出させる調査^{2),3),4)}が行われているが、このような調査は手間と費用を要することから非破壊による調査方法が望まれている。

今回、非破壊調査方法として溶接部の欠陥調査等で広く用いられている超音波探傷技術を利用して、コンクリート埋設部の鋼部材腐食調査に適したシステムを構築し、実際の橋梁で適用性を確認した事例を紹介する。

2. 超音波探傷装置

超音波探傷には、超音波の種類や発信方向などにより様々な方法があるが、コンクリート埋設構造では、探触子と腐食の位置関係から、図-1に示す斜角探傷法を用いた。

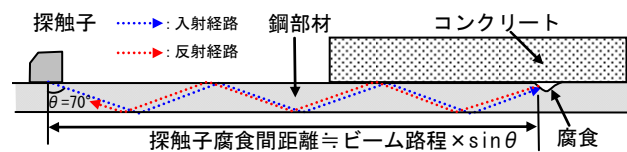


図-1 斜角探傷法

今回用いた装置は、汎用の超音波探傷装置を基本として、コンクリート埋設部の調査に適した以下の工夫を行ったものである。

(1) 超音波探傷では、図-2に示す評価曲線をどのように設定するかが重要となる。超音波探傷によるエコーの鮮鋭度は超音波が反射する鋼材表面形状（面の傾きや凹凸）にも依存することから、腐食部の形状が特定しにくいコンクリート埋設部の腐食探傷の検出精度には自ずと限界があるが、今回の調査では、下記の条件を考慮して設定した。

- ・ 検知目標とする腐食の位置、深さ、幅
- ・ 適用鋼材の板厚、塗膜厚
- ・ 一般部から腐食部への傾斜角度(30°)

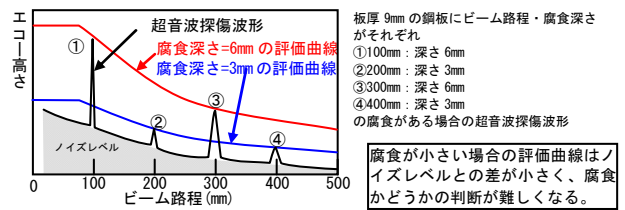


図-2 Aスコープ波形における評価曲線の例

(2) 腐食状況（位置、深さ）を分かりやすく表示させるため、探触子にロータリーエンコーダを取り付け、探触子の位置と探傷結果の関係を記録できるようにした。

装置の概要を図-3に示す。探触子を水平に移動させながら連続的に探傷を行うことにより、設定した基準（評価曲線）を超えるエコー（腐食）位置を平面的に表示させることができる。

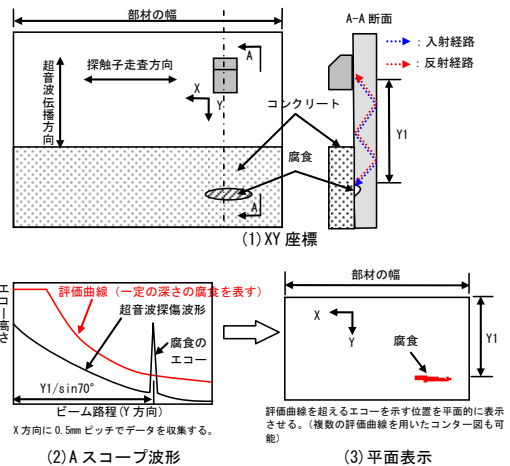


図-3 装置概要

3. 適用橋梁と検出目標

3.1 橋梁の概要

調査対象とした米原跨線橋は、JR米原駅の上空に位置する橋長151.4mの2径間連続鋼下路トラス橋であり、竣工から45年が経過している。構造概要を図-4に示す。

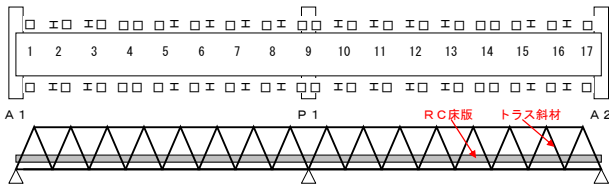


図-4 対象橋梁の概要

トラス斜材はRC床版に埋設されている構造であり（写真-2左）、床版下面側には錆汁が見られる（写真-2右）ことから、コンクリート埋設部での腐食進行が懸念されている。

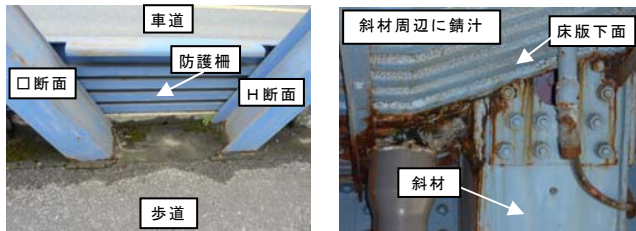


写真-2 トラス斜材埋込部と床版下面側の腐食状況

3.2 検出目標

米原跨線橋では延命化対策の一環としてトラス斜材を露出させる工事を予定しているが、腐食進行の程度による緊急性と、床版コンクリートはつり作業時における特別な仮設設備の要否を判断することを目的とした腐食損傷の検出を行うことから、本橋における損傷程度の検出目標を「板厚の1/2以上」とした。

3.3 計測条件

床版上面において探傷作業を行うことと、床版に埋設される全領域（床版厚：150～200mm）を対象とするため、下記の2つの条件を考慮して探傷範囲は探触子から700mm（ビーム路程約750mm）とした。

- ① 部材の傾斜に関わらず探触子の走査方向は、常に部材軸直角方向とする（写真-3参照）。
- ② 探触子に近い距離では腐食を検出できないエリアが存在するため、地際から最低100mm離れた位置から測定する（図-5参照）。



写真-3 超音波探傷状況（H断面フランジ）

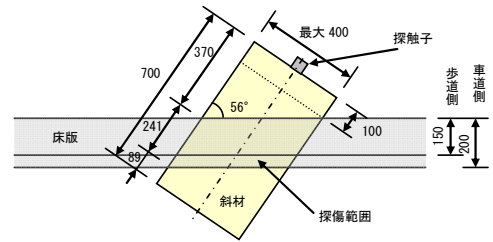


図-5 探傷範囲と斜材寸法の関係

斜材は□断面とH断面があり、部材数は64本、また、板厚は8mm～29mmである。

4. 評価曲線の設定

米原跨線橋への適用を目的とした評価曲線を設定する。

まず基本とする板厚で全板厚欠損時の評価曲線（基本評価曲線）を作成し、腐食深さ、板厚、塗膜厚に応じた補正を行うようにした。基本評価曲線や感度補正式の作成は、事前に図-6に示す室内試験を実施し、その結果に基づいて行った。

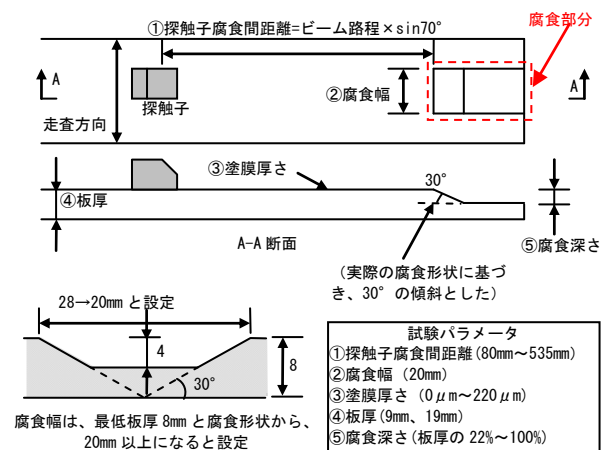


図-6 室内試験用試験片

腐食の影響は板厚が薄いほど大きくなることから、基本評価曲線は板厚9mmで腐食深さ9mmの試験片を用いて作成した。

図-7に基本評価曲線、基本評価曲線と同じ板厚で腐食深さを変化させた結果を併せて示す。腐食深さが板厚の約半分の場合（板厚9mmに対して4mmの腐食）は基本評価曲線に対してエコー高

土研センター

さが12dB強低くなっていることから、板厚の半分の腐食を検知する探傷感度として、基本評価曲線を下に12dB移動させ、感度を12dB上げた評価曲線を用いる。

図-8に基本評価曲線と、板厚を19mmに変化させた結果を併せて示す。板厚を10mm増した(9mm→19mm)場合に、エコー高さが12dB程度低くなっていることから、板厚に応じて評価曲線の補正(表-1左)を行う。

図-9に基本評価曲線に対して、塗膜厚を変化させた場合のエコー高きの低下量を示す。この結果から、塗膜厚に応じて評価曲線の補正(表-1右)を行う。

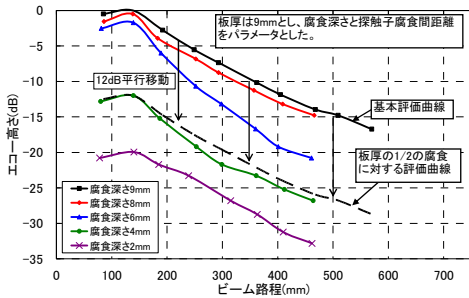


図-7 腐食深さの影響

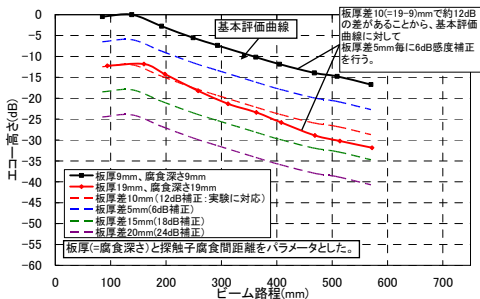


図-8 板厚の影響

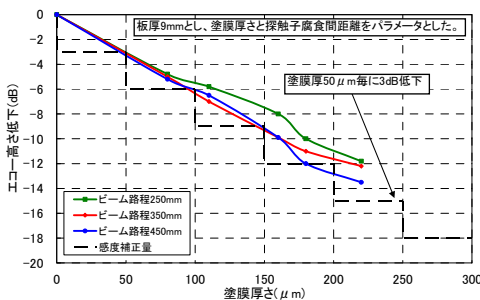


図-9 塗膜厚の影響

表-1 評価曲線の感度補正

| 板厚(mm) | 感度補正量(dB) | 塗膜厚(μm) | 感度補正量(dB) |
|--------|-----------|------------|-----------|
| 10未満 | 0 | なし | 0 |
| 10~15 | 6 | 50未満 | 3 |
| 16~20 | 12 | 50以上100未満 | 6 |
| 21~25 | 18 | 100以上150未満 | 9 |
| 26以上 | 24 | 150以上200未満 | 12 |
| | | 200以上250未満 | 15 |
| | | 250以上300未満 | 18 |

5. 実橋梁への適用結果

調査の結果、全ての部材で床版埋設部の一般部からのエコーは見られなかった。探傷結果の例を以下に示す。なお、今回の調査は□断面の防護柵に接する面を除いた192面について実施し、5日間で行うことができた。

(1) はつり調査との比較

過年度に斜材周辺のはつり調査を行い、腐食が軽微であった部材の探傷結果を図-10に示す。床版埋設部からのエコーは検出されなかった。一方、ここでは部材端部境界からのエコーが検出された。

(2) 地際付近の腐食

所定の感度で地際付近にエコーが検出された例を図-11左に示す。実測腐食深さは最大3.1mmであり、位置は超音波探傷結果とほぼ同じであった。また、感度の確認のため、感度を+6dB(2mmの腐食まで検出可能)した探傷結果を図-11右に示す。再探傷では地際付近により広範囲のエコーが現れており、感度を上げた場合には浅い腐食にも反応していることが分かる。ただし、再探傷でも床版埋設部からのエコーは見られなかった。

(3) 高力ボルト添接部

高力ボルト(M22)用の孔が開いた部材の探傷結果を図-12に示す。探触子に最も近いボルトの位置をほぼ正確に検出できていることがわかる。また、(1)と同様に部材端部境界からのエコーも検出している。

これらを踏まえて、探傷は正しく行われており、床版埋設部に深い腐食はないことが検証できた。

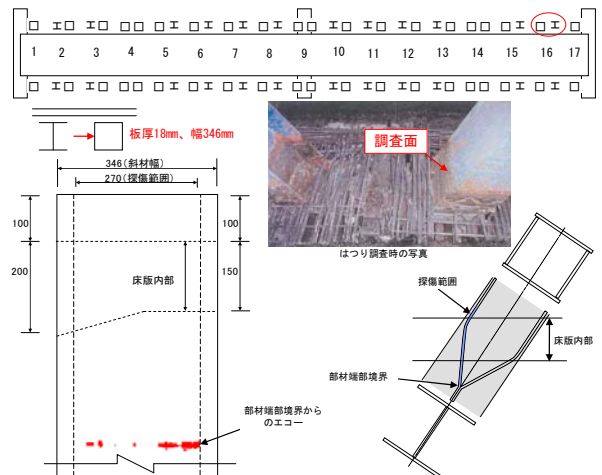


図-10 超音波探傷試験結果の例(1)

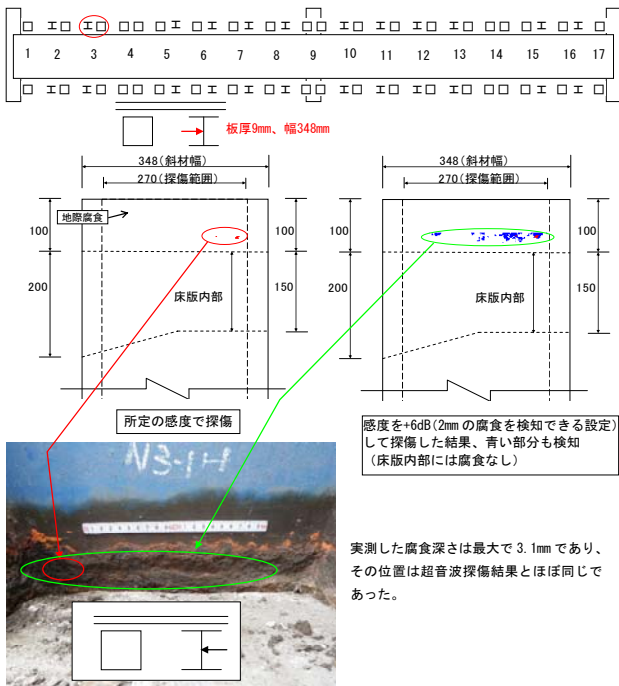


図-11 超音波探傷結果の例(2)

6. まとめ

米原跨線橋トラス斜材の床版コンクリートに埋設される部位の腐食損傷について、超音波探傷法を適用し、実橋での適用性を確認した。結果は以下のとおりである。

- (1) コンクリート埋設部の腐食を検知するための評価曲線の感度設定を行った。検出目標が板厚の1/2程度であれば、部材の条件に応じた適切な感度設定が可能であることを確認した。
- (2) はつり試験結果との比較、地際腐食の分布、ボルト孔や部材端部の検出状況等を踏まえ、探傷は正しく行われており、床版埋設部には大きな腐食は存在しないことが検証できた。

謝 辞

JFEテクノス株式会社には、装置の改良等でご協力頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局三重河川国道事務所記者発表資料「一般国道23号木曽川大橋で道路を支える鋼材が破断（第1報）」平成19年6月20日 (http://www.cbr.mlit.go.jp/mie/oshirase/topics/top_news_kisogawa/index.html)
- 2) 安波博道、中島和俊：トラス橋床版埋設部材の調査報告、土木技術資料、第50巻、第5号、pp.52～55、2008
- 3) 玉越隆史、梁取直樹、高岡賢治：鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食への対応事例、土木技術資料、第51巻、第8号、pp.49～50、2009
- 4) 山田健太郎：木曽川大橋の斜材の破断から見えるもの、土木学会誌、Vol.93、No.1、pp.29～30、2008

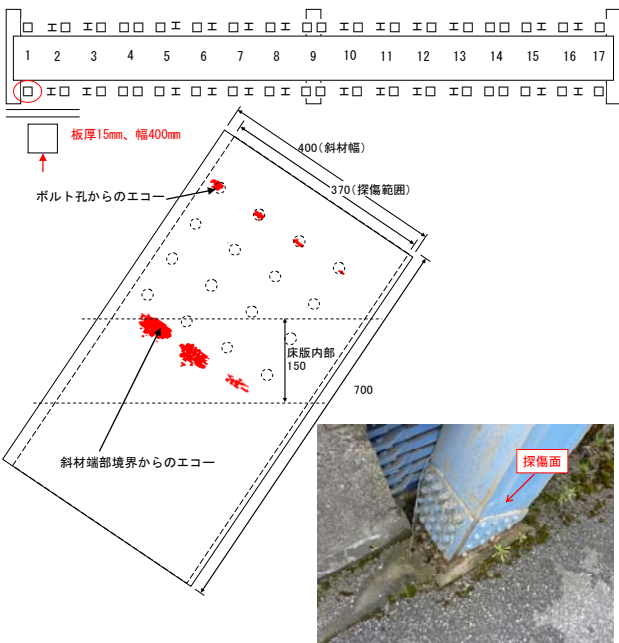


図-12 超音波探傷結果の例(3)

小林章宏*



滋賀県長浜土木事務所
道路計画課 副主幹
Akihiro KOBAYASHI

中野正則**



財団法人土木研究センター
審議役
Masanori NAKANO

安波博道***



財団法人土木研究センター
材料・構造研究部 部長 工博
Dr.Hiromichi YASUNAMI

市川和臣****



財団法人土木研究センター
材料・構造研究部 主任研究員
Kazuomi ICHIKAWA

中島和俊*****



財団法人土木研究センター
材料・構造研究部 研究員
Kazutoshi NAKASHIMA