

「高感度磁気非破壊検査による目視不可能な箇所の損傷の検出についての技術研究開発」

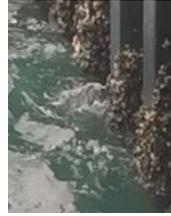
岡山大学 塚田啓二

1. 研究の背景・目的

従来の磁気計測法は表面の欠陥を検出する表面探傷法であった。高感度な磁気センサと新たな信号解析法により、鉄鋼構造物の表面のみならず、内部・裏面の欠陥を検出できる手法を開発してきた。この技術を用いて道路維持管理の際に問題となる直接目視ができない箇所の損傷や欠陥を点検できる技術を開発する。

(1) 水中部の損傷の検出評価技術

海や河川で問題になる貝や藻など付着生物等を取り除かずに、その上から損傷を検出する技術の開発



水中付着物下の腐食

(2) 埋設部や閉じ断面の損傷の検出評価技術

閉じ断面や埋設部の地際数センチ下などの目視不可能な箇所の腐食損傷と亀裂損傷を検出する技術の開発。



地際下腐食

(3) アンカーボルトの腐食の検出評価技術

コンクリートに埋め込まれたアンカーボルト腐食を、コンクリート表面から検出する技術の開発



ボルト基部の腐食

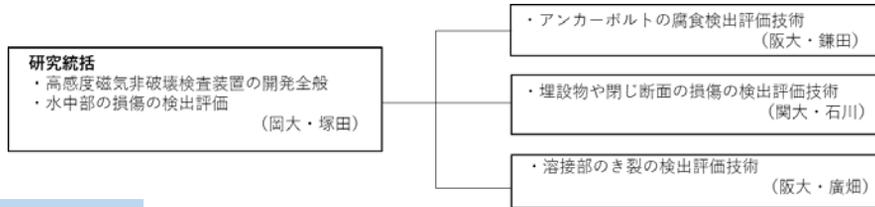
(4) 溶接部のき裂の検出評価技術

塗装下の溶接部のき裂を検出する技術の開発



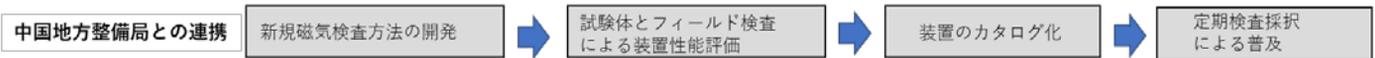
溶接部欠陥

2. 研究体制



3. 研究計画と研究達成状況

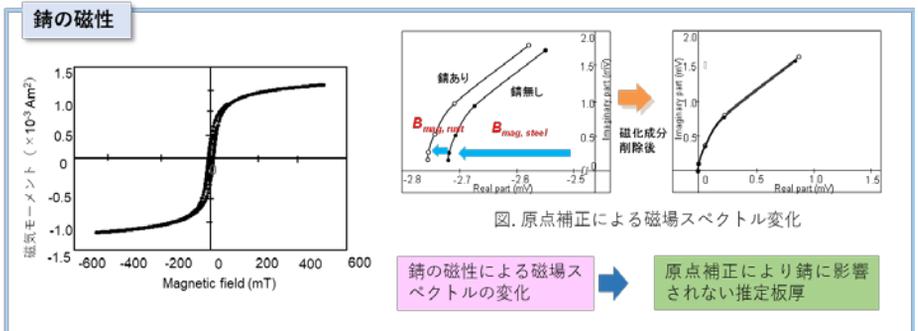
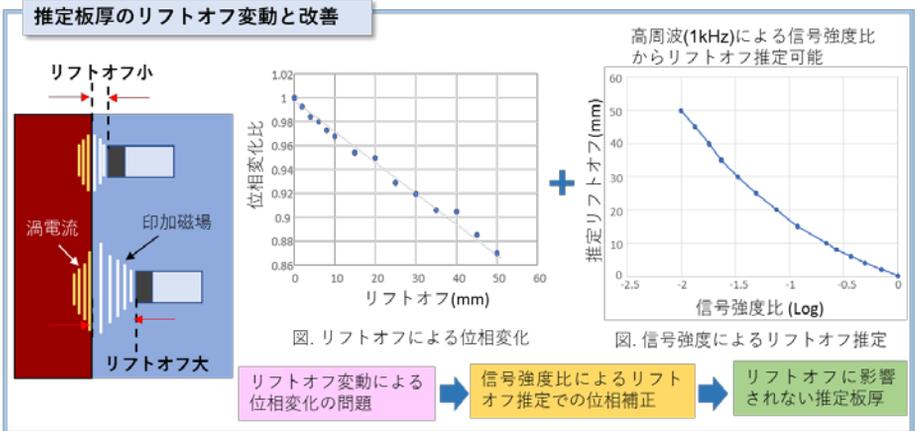
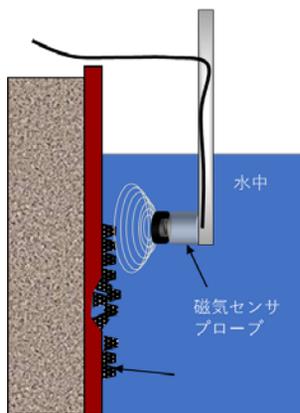
	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度以降
(1) 水中部の損傷検出	1次性能評価	プロトタイプ機 改良 総合評価 点検試行 (年度目標100%達成)	フィールド専用機 実用化と点検方法標準化 装置の機械化(高性能版) カタログ	定期点検での採用 全国展開による社会実装
(2) 埋設部や閉じ断面の損傷検出	腐食の総合性能評価	実用化と点検方法標準化 (年度目標100%達成)	実用化と点検方法標準化	定期点検での採用 全国展開による社会実装
(3) アンカーボルトの腐食検出	検出方法の基礎検討	手法の基礎評価と性能評価 (年度目標100%達成)	実構造物を対象とした適用性評価	検査装置 カタログ 点検方法標準化と社会実装
(4) 溶接部の不良・欠陥検出	検出方法の基礎検討	プローブの改善と検査装置の開発 (年度目標100%達成)	フィールド試験と総合評価	き裂画像化装置 カタログ 全国展開による社会実装



4. 研究成果

1) 水中部の損傷の検出評価技術

技術課題として、錆の厚みと強磁性体特性の影響、およびその上に付着している生成物の厚み（リフトオフ）の影響が挙げられた。



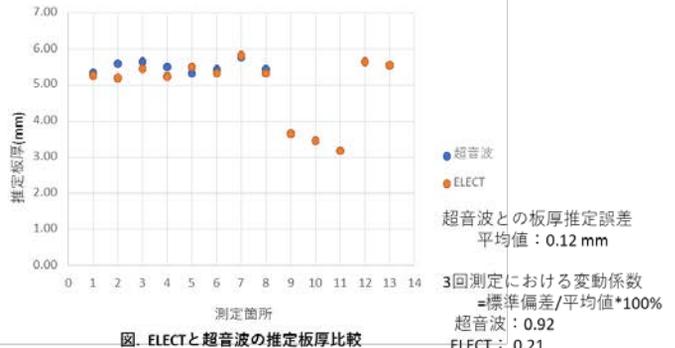
【成果】リフトオフが計測できるようになり、これにより板厚推定を補正する解析法を開発した。磁気スペクトルの解析処理により、錆による影響をなくすることが可能となった。以上により付着生成物の厚みと、鋼材の肉厚を同時に計測可能となり、測定精度を向上させることができた。

フィールド検査による実証

1. 錆厚による影響

用水路の鋼矢板
元板厚：6mm

実験
ケレン後の超音波板厚と
ケレン前後のELECTの板厚比較



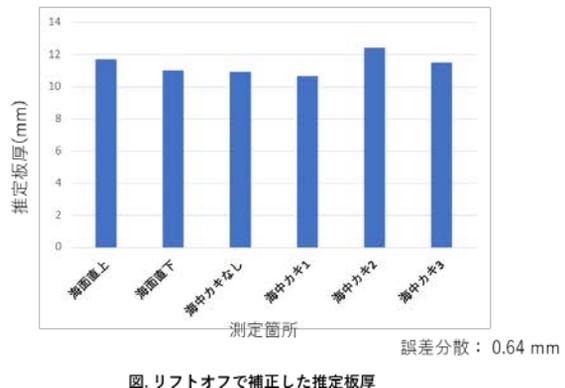
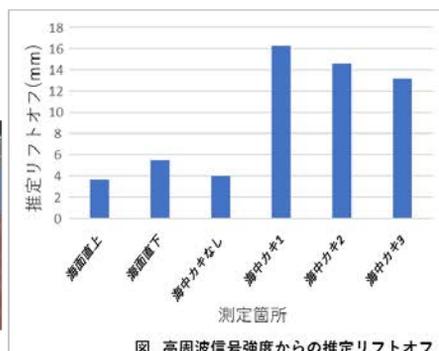
2. 付着生成物による影響

港湾の鋼矢板
元板厚：傾斜部約10.5 mm
古くない鋼矢板のため腐食は少ない

実験
貝付着物によるELECTの板厚推定影響



図. 水中部での計測状態



【成果】厚い錆や、貝に覆われた鋼矢板の板厚をケレン処理なく測定できることを実証できた。

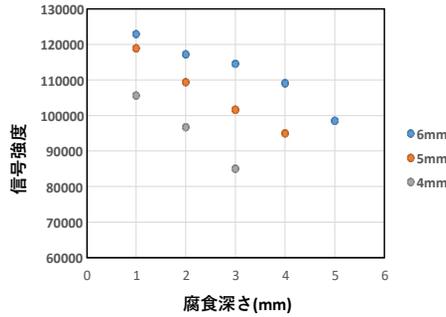
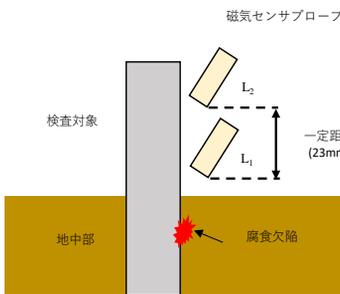
2) 埋設部や閉じ断面の損傷の検出評価技術

厚みに異なる標識柱や照明柱での地際下腐食の検査結果の標準化と精度向上を行った。
腐食およびリブ部の損傷の検査方法の開発をおこなった。

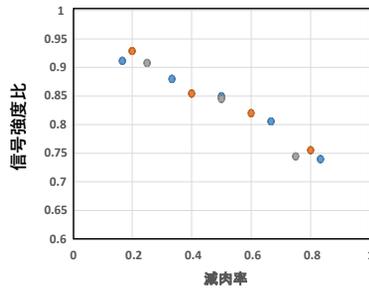
モデル試験体を用いた基礎実験



地際腐食検査用
磁気センサプローブ

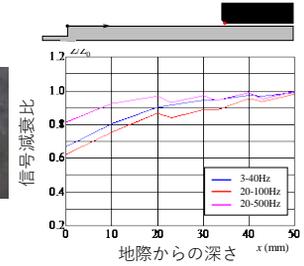


規格化

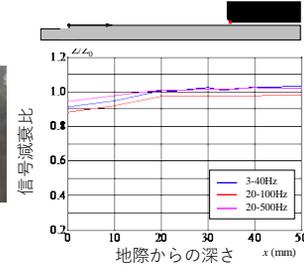


模擬試験体を用いた信号周波数の最適化

3mm欠損



1mm欠損

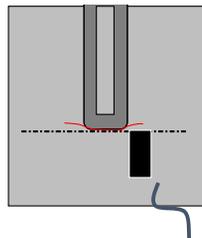
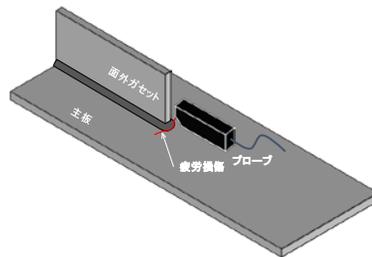
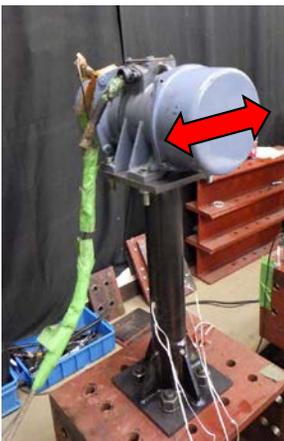


・市街地での自動車ノイズを回避する周波数の組み合わせが存在

【成果】信号強度比と減肉率のパラメータを使うことにより、各種板厚に依存しない結果を得られるようになった。また交通量の多いところでの磁気雑音を周波数の最適化により回避できる検査方法を考案した。

リブの損傷の基礎実験

疲労き裂導入



リブの先端横の位置での計測

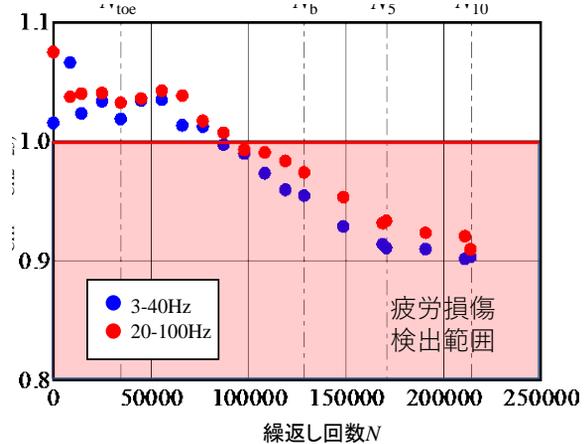


図. 疲労試験による差分ベクトル強度の変化

CH2に対するCH1の差分ベクトル強度が1以下の場合確実に疲労き裂が発生している。

【成果】リブの先端が地際位置となっている場合に対して、標識柱や照明柱のリブ溶接部の疲労損傷を検出することが可能となった。

3) アンカーボルトの腐食の検出評価技術

いままで出来なかったアンカーボルトの腐食検査が可能となる新検査法の確立を目指して、励磁方式と検出方式の最適化をおこなった。

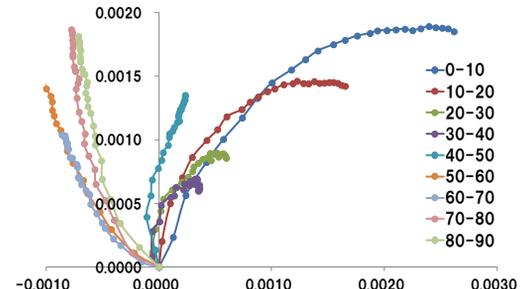
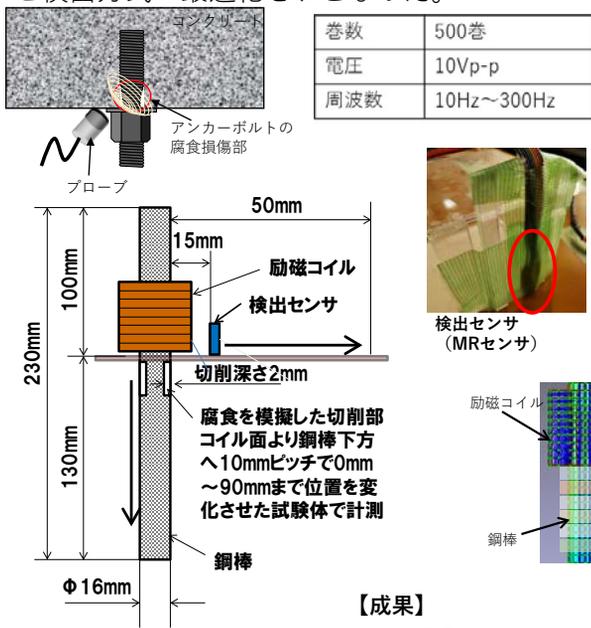


図. 腐食位置による磁気スペクトル変化

【成果】

・貫通型励磁コイルの適用により腐食部の有無を効率的に検出可能な新検査法を開発

【成果】貫通型励磁コイルの適用により腐食の有無と位置を検出できる方法を開発できた。

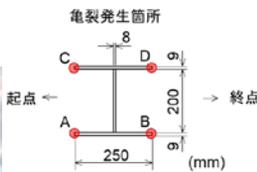
4) 溶接部の亀裂の検出評価技術

複雑な溶接部において塗装上からでもき裂の有無を迅速に判別できる検査方式の開発を、モデル試験体と実橋において評価を行った。

フィールド検査による実証

倉敷川橋

実験
2種類(ECT-AM, USAC-MFL)の比較



点	亀裂発生箇所	亀裂長さ (mm)
①	A	14
②	C	8



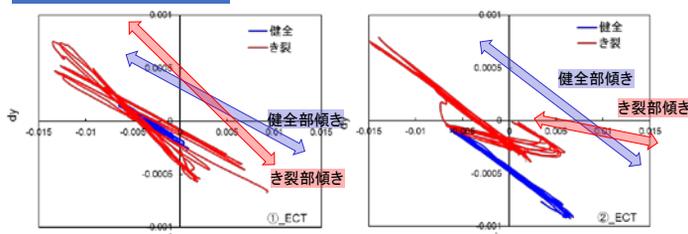
ECT-AM法



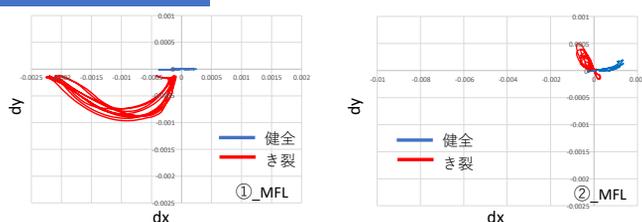
USAC-MFL法

検査結果例

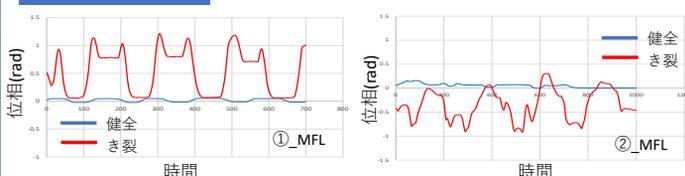
ECTリサージュ波形



MFLリサージュ波形



MFL位相時間波形



【成果】2つの磁気センサを集積化した渦電流検査(ECT)プローブと漏洩磁束検査(MFL)プローブを2種類開発した。特に、MFLプローブは検出感度が高く、試験体だけでなく実橋でも良好な信号を得ることができた。さらにリサージュだけでなく位相差波形によりより定量的な判定が可能となった。