

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職
	つかだ けいじ 塚田 啓二		岡山大学大学院ヘルスシ ステム統合科学研究科		教授
②研究 テーマ	名称	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			
	政策 領域	[主領域] 領域8 道路資産の保全 [副領域]	公募 タイプ	タイプIV	
③研究経費（単位：万円） ※R1は受託額、R2以降は計画額を記入。端数切捨。	令和元年度	令和2年度	令和3年度	総合計	
	3,200	3,200	3,200	9,600	
④研究者氏名	（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）				
氏名	所属・役職				
鎌田 敏郎	大阪大学・教授				
石川 敏之	関西大学・准教授				
廣畑 幹人	大阪大学・准教授				
⑤研究の目的・目標	（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）				
本研究では、高感度磁気非破壊検査により、定期点検の際に目視不可能な箇所の鋼部材に生じた腐食、疲労、破断などの損傷や欠陥を検出する技術開発を行う。4つの技術開発を行い、具体的には(1)水中部の鋼製橋脚など付着生物を除去せずに地上から海底や川底まで到達できるプローブにより鋼矢板などの残存板厚を計測する方法、(2)照明・標識柱や鋼製橋脚の基部などのコンクリート埋設部や、閉じ断面内の腐食と疲労亀裂を舗装面から開削することなく検出する方法、(3)コンクリート中に埋め込まれたアンカーボルトの腐食をコンクリート表面から検出する方法、(4)落橋防止装置などの厚板の溶接部の内部の不良や欠陥を溶接部表面から検出する方法に関する技術を開発する。					

⑥ これまでの研究経過

1) 水中部の損傷の検出評価技術

本年度では水中で、付着生成物を除去することなく、鋼矢板などの鋼板の腐食による減肉を検査できるように、付着生成物の厚さや種類、損傷の程度など、様々な条件下における検出精度の明瞭化を行った。検出信号の対象物からの距離依存性を計測し、距離が50mm離れていても検査可能であり、その距離を測定できる方法とその距離による測定データの補正法を新たに開発することができた。また、予定より少し早めて地上部からの検査を可能とするために



図1 水中部における貝殻付着物上からの測定

川底や海底まで届く30mケーブルの防水型磁気センサプローブを開発することができた。現在、この検査機器を用いて実証実験を進め、実用化における課題を抽出している(図1)。

2) 埋設部や閉じ断面の損傷の検出評価技術

交通量の多い道路上での正確な測定を目指し、岡山大学にて埋設部の鋼部材の腐食損傷に対する磁気非破壊計測用のプローブの最適化と装置開発をおこなった。関西大学がその評価を進め、基本的な断面欠損鋼板に対する板厚の減少量の計測を実施し、その特性を得た。また、実物の標識柱の基部に対して、ブラインド評価を実施し、その後、基部を露出させて評価を実施した(図2)。開発した地際用プローブにより、地際の上から損傷の有無をスクリーニングでき、その後、板厚測定用のプローブを利用することで、腐食量の詳細評価が行えることを確認した。さらに、補修した後の状態でも鋼部材の厚さを計測できることを実証した。



図2 標識柱の地際腐食計測

3) アンカーボルトの腐食の検出評価技術：

大阪大学にてアンカーボルトの腐食を模擬した試験体を切削加工にて作製し、比較的断面欠損が大きいケース(切削深さ1.5mm、2mm)において、鋼棒の軸直上で磁場の変化が発生することを確認した。また、各種磁気センサプローブ(標識柱など地際計測用)を用いて、ボルトがコンクリート中に埋設された配置で実験し、腐食模擬部の断面が表面近傍に位置する条件において数%の微小な変化を示すことを確認した(図3)。現在、検出された磁場成分の周波数成分と磁場分布による特徴抽出を行い、岡山大学と共同で計測装置の最適化を行っている。

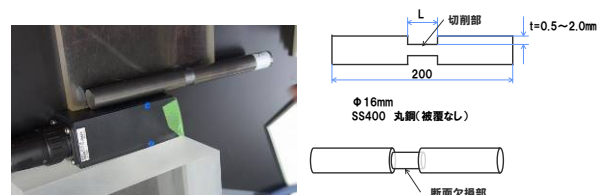


図3 腐食模擬試験体の計測

4) 溶接部の不良・欠陥の検出評価技術

大阪大学にて落橋防止装置のT継手溶接部を模擬し、溶込み長を種々変化させた試験体（図4）を作製した。試験体の3次元形状計測および断面観察を実施し、目標とした溶込み長の設定に成功した。溶接部の溶込み不良を溶接部表面から測定できる検査方法を開発するために、岡山大学と共同で、各種磁気センサプローブを用いて溶接部から漏洩する磁束や溶接部を流れる磁束を検査する方法を試み、検査方法の最適化を行った。試験体を用いて溶込み長の違いによる応答の差異を検証するパイロットテストを実施し異なる溶込み長に対する磁気応答パターンの差異が定性的に確認された。

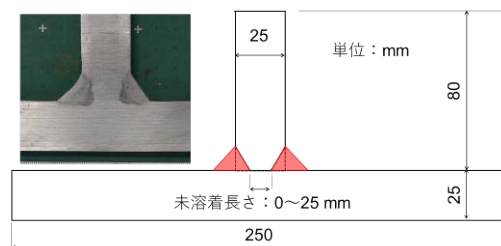


図4 T継手溶接部試験体

⑦ 特記事項

- 1) 水中部の損傷の検出評価技術：従来鋼構造物の腐食による減肉検査では表面の錆や塗装，さらには付着物を取り除かなくてはならなかった。本方法ではこれらに影響されることなく板厚を検査でき，他の方法ではできなかった測定環境を汚染することなく，しかも迅速に検査できる方法を可能とした。すでに河川における水中部での検査は表面付着物が少ないため安定に計測ができ，四万十川の沈下橋のパイルベントの腐食検査においては3橋の全数検査を行い，実績をあげている。港湾施設においては貝殻など厚い付着物の上からでも検査できることを基礎実験で実証した。
- 2) 埋設部や閉じ断面の損傷の検出評価技術：照明柱・標識柱の基部の腐食損傷に対しては，磁気非破壊検査装置を用いて，地際用プローブにより地際下の損傷の有無のスクリーニングを行い，損傷が生じていた場合には，基部を露出させ板厚計測用プローブに変更し詳細な板厚評価が行える仕組みができた。この新しい検査方法は学会でも注目され，日本非破壊検査協会の学会や国際学会APEDHMで受賞している。従来の超音波板厚計では，腐食部の板厚測定の値が明確でない場合があるが，本工法では磁気を用いているため，平均的な残存板厚が測定できる。また，炭素繊維シートやガラス繊維シート補修後の板厚測定も実施できることを明らかにした。さらに，リブに疲労き裂が発生することにより，信号強度が変化するため，疲労き裂検出への応用ができる。
- 3) アンカーボルトの腐食の検出評価技術：アンカーボルトの頭部に励磁コイルを設置し，ボルトの設置面の直径方向にセンサを配置する計測配置でプローブの最適化を図る評価方針を確認した。
- 4) 溶接部の不良・欠陥の検出評価技術：溶接部の初期欠陥だけでなく，供用中の構造物における溶接部疲労き裂の検出にも応用する展開を検討している。具体的な対象構造物として，道路橋伸縮装置のマウラージョイントの目視困難箇所の点検への適用検証を行う。本検討は，本研究課題の採択が公表されたことを認知した外部機関からの打診，提案を受けたものであり，本研究課題の成果に対する期待感によるものと評価できる。