

道路照明柱探傷装置の開発



中国技術事務所
機械課 山川 史

1. はじめに

道路照明柱は、現在、溶接施工されることなく長い支柱が製造されているが、H7年以前に設置された道路照明柱の支柱には、中間部に溶接箇所がある(写真1)。近年、その中間部にある溶接箇所の腐食による折損事故の発生、または照明灯具取付部の腐食による照明灯具の落下等が懸念されている。一方、道路照明柱の点検は目視や打音が主であり、効率的、効果的な点検とは言えないのが現状である。本開発では、道路照明柱中間溶接部の劣化状況を定量的に評価し、折損事故を未然に防止することを目的として道路照明柱探傷装置の開発を行った。

2. 現状の点検手法における課題

一般国道191号において、平成12年度に中間溶接部の内部腐食を原因とする道路照明柱が折損した事故の発生を受け、中国地方整備局管内における道路照明柱の点検に関する調査を行った。その結果、現在の点検手法の課題として、目視や打音により行われているため、中間溶接部等点検箇所の劣化状況の判定が難しいことが明らかとなった。

また、高所作業車を用いた点検であることから交通規制による渋滞が発生し、これらの準備等で照明柱1箇所当りに要する点検時間が長く作業性が悪い等の課題も挙げられた。

3. 探傷手法の検討

溶接部の定量的評価を行うために、道路照明柱の劣化内容、対象部位別(照明灯具取付部、中間溶接部)及び自動化を考慮した探傷方法について検討を行った。(図1)

中間溶接部の特定は、照明柱中間部において接合される板厚が異なる(写真1)ことから肉厚が変化する箇所を検出することにより中間溶接部であると判断できる。検出方法は、試験体に超音波を入射し、裏面からの反射波により厚さの測定可能である超音波センサを採用することとした。また、傷の深さ・長さの測定には、試験体を磁化させ、傷より漏れた磁束を検出して探傷を行う磁気センサを採用している。さらに、照明灯具取付部の状況は画像による確認ができるように小型CCDカメラを採用した。なお、機器選定については学会等の文献資料¹⁾を参考とした。

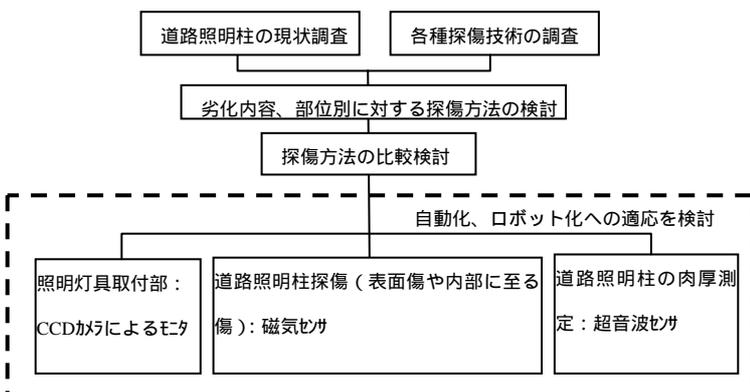


図1. 探傷方法の検討フロー



写真1. 照明柱中間溶接部

4. センサ単体実証試験

超音波センサと磁気センサについて、道路照明柱中間溶接部の一部を試験片(図2)として、測定性能の検証を行った。

(1) 超音波センサの検証

超音波センサの検証は、道路照明柱の板厚が3.5~4.5mm程度であることから、3.5mmと4.5mmの2箇所にて測定を行った。3.5mmの箇所では測定値3.40mm、4.5mmの箇所では測定値4.45mmと、いずれも許容値の±5%以内で計測できており、超音波センサが正確に板厚を測定できることを確認した。

(2) 磁気センサの検証

磁気センサの検証は、長さ10mm、深さがそれぞれ0.5mm、1mm、2mm、3mmの模擬欠陥がある試験片上を磁気センサが走査したとき、欠陥の検出が可能であるか検証を行った。

図3は深さ0.5mmの模擬欠陥の検出を行った測定結果である。横軸が走査距離、縦軸が電圧を示しており、試験片の欠陥部上をセンサが通過したとき、図中の赤丸印に示すような突起部分(磁束の乱れ)が検知された。これは、磁気センサが欠陥を検出したことを示している。ここで、突起部分が複数みられるが、これは磁気センサが欠陥を挟み左右往復走査をさせたためである。なお、その他の模擬欠陥1mm、2mm、3mmについても検証を行った結果、同様な波形を示しており検出可能であることが確認できた。

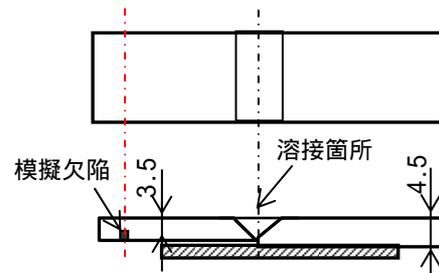


図2. 試験片

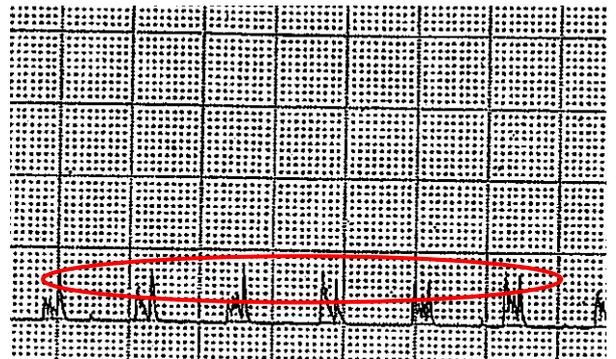


図3. 磁気センサによる実証試験結果

5. システム構成

センサの実証試験結果をふまえ、道路照明柱探傷装置のシステム構成を図4のとおりとした。道路照明柱探傷装置は、超音波センサ及び磁気センサを搭載し昇降・旋回機能を有する親機、小型CCDカメラを搭載し昇降機能を有する子機、及びこれらの駆動制御装置、探傷解析装置、電源装置を搭載した地上ユニットで構成している。

なお、親機及び子機の操作は携帯型操作機により行う。

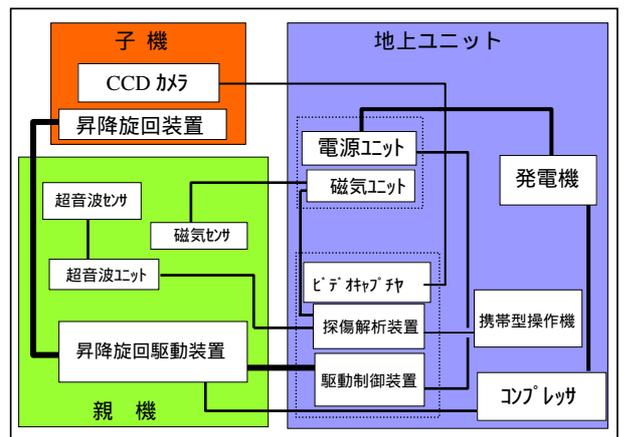


図4. システム構成図

6. 解析システム

道路照明柱探傷装置による解析結果を現場で確認できるシステムの開発も行った。図5に解析結果例を示す。画面右側は、磁気センサによる中間溶接部の探傷結果であり、検出信号の縦方向は傷の深さ、横方向の幅が傷の長さを示している。

点検結果は、画面右上に示しており、探傷結果による劣化状況の判定結果及び、照明灯具取付部の目視点検結果による点検結果の両方を表示した。

なお、判定結果は、道路照明柱の断面が持つ許容応力が傷

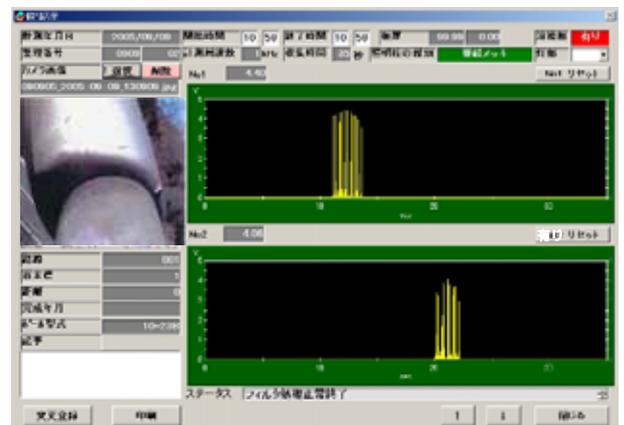


図5. 解析結果例

等により減少し、許容範囲を下回ると試算される傷が探傷されたかどうかによって次の3段階で表示される。まず、許容範囲を下回る傷が検出された場合に「有り」、次に傷が「有り」までは達してはいるが傷が検出された場合には「注意」、そして、ノイズレベルと判断される信号のみ検出された場合には「傷なし」の3つの段階に区分し、これらを点検結果として表示する。

さらに、画面左側には子機に搭載されているCCDカメラ映像を貼付け、目視点検によるコメントを記入できる構成とした。

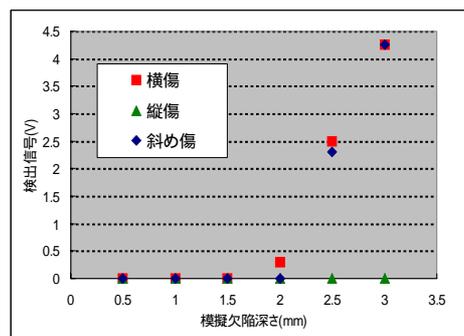


図6．模擬欠陥寸法と検出信号

7．実証試験

7.1 性能試験

道路照明柱探傷装置の工場試験では、傷の検出具合についての検証と基本的な動作機能の検証を行った。

磁気センサの検証は、溶融亜鉛メッキ管の供試体の内面に溝状の模擬欠陥を作り、模擬欠陥（傷）を検知できるかを確認するものである。実証試験の結果、欠陥の検出機能は良好であることが確認できた。

図6に、各模擬欠陥における磁気センサの走査方向に対する模擬欠陥深さと検出した電圧信号の関係を示す。傷の種類は、道路照明柱の長さ方向に対して「縦傷」、「横傷」それ以外の「斜め傷」の3種類とした。このグラフから、道路照明柱の折損の原因となる横傷に対して検出できることが分かった。検証結果より、明確に検知可能である欠陥深さは2mm以上であることが分かった。これは、本開発にあたり強度計算を行った結果試算された限界損傷深さ2mm（中間溶接部全周に亀裂が生じたと仮定した場合）を検知可能であることを示している。

また、傷の深さと検出信号には、グラフに示すような相関関係があることから、解析時には、この基本データを基に検出信号から傷の深さを算出している。

また、昇降・旋回の動作機能については、携帯型操作器による操作を行い、安定した動作を確認した。

7.2 実証試験による道路照明柱探傷装置作業性の検証

(1) 実作業における基本性能の検証

性能試験を基に平成14年度に製作した試作機を用いて、種類の異なる照明柱（塗装及びメッキ）を対象として実作業を想定した実証試験を行い、装置の作業性について検証を行った。

親機、子機共に、安定した昇降動作であることを確認できた。また、地上ユニットについては、親機から送信されてくる測定データの解析並び子機からの画像データの表示状態（写真2）が良好であることを確認した。

本試験では、ロボットによる点検作業（自動探傷）が可能であることが確認できたとともに、さらに今後、効率よく点検作業を行っていくために、装置全体の軽量化、親機、子機の把持装置見直しによる安全性の向上、少雨対策等の課題への対策が必要であることがわかった。



写真2．子機撮影映像



写真3．システム構成写真



写真4．機器搭載状況

そこで、平成15年度には、これらの課題について検討を行い、より実用性の高い機械の開発を目指した改良を行った。(写真3)

(2) 実作業における点検作業性の検証

平成16年度に山口河川国道事務所において実施されている照明柱点検作業の中で、本装置による中間溶接部点検(全72箇所)の実証試験を行った。

前年度の装置改良により、基本的な作業性能は大幅に改良された。しかし、今回初めて照明柱点検業務の中で本試作機を用いた実証試験を行ったことにより、点検作業者の視点からの意見を反映した、更なる試作機の改良が必要であることがわかった。具体的な改良内容としては、点検を行う照明柱間における装置の移動方式の検討、ケーブルのユニット化、携帯型操作器使用時の遮光性機能の追加等であるがこれらについても実作業に適応した試作機の改良を行うことができた。特に移動方式においては、写真4に示すように道路照明柱探傷装置が一つの台車で全て運搬可能となるようストレッチャー方式を採用し、軽トラックでも容易に運搬できるようにコンパクト化を行った。

7. おわりに

センサによる溶接部の特定等、種々の項目について技術検証を実施し、本装置による道路照明柱溶接部の定量管理手法の有効性を確認した。また、実証試験では実際の点検作業を行うことにより抽出された課題を基に、実作業に適応した改良を重ね、より機能性・実用性の高い装置の開発を行った。

本年度は、これまで改良を重ねてきた本装置を用いて、中国地方整備局管内における照明柱の点検作業を行い、長期間に渡る連続作業から新たに生じる課題の抽出を行い、さらに作業性の高い機械の開発を目指した改良を行いたい。

最後に、本装置の開発により、信頼性の高い点検手法を確立し、道路照明柱折損事故の未然防止を図るとともに、点検作業効率の改善等による維持管理コストの縮減を期待するものである。

【参考文献】

- 1) 村上 章：鋼管・鋼板等のET、MT、MFLTによる品質保証、非破壊検査、44(3)、pp.139-143,(1995)