

## 非破壊検査技術の道路橋への適用性に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 25

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：木村嘉富、村越潤、高橋実

### 【要旨】

道路橋の点検は、近接目視点検を主体に行われているが、点検部位によっては目視点検だけでは診断に必要な情報が得られない場合や、必ずしも効率的・合理的でない場合があり、ニーズを踏まえた信頼性の高い非破壊検査技術が求められている。本研究では、道路橋の各種劣化損傷への既存技術の適用性について検討を行うものである。平成 23 年度は、腐食欠損部の残存板厚の計測を対象とした調査技術として、残存板厚を直接計測する計測手法を開発し、実腐食試験体を対象とした性能確認試験を実施し、適用性の評価を行った。

キーワード：非破壊検査技術、腐食、渦流探傷法、超音波探傷法

### 1. はじめに

道路橋の点検は、近接目視点検を主体に行われているが、点検部位によっては目視点検だけでは診断に必要な情報が得られない場合や、必ずしも効率的・合理的でない場合があり、ニーズを踏まえた信頼性の高い非破壊検査技術が求められている。一方、他分野を含め数多くの非破壊検査技術の研究開発が行われているが、道路橋の維持管理への適用を考えた場合に、本来必要とされる性能を有する技術であることは少なく、技術開発のシーズとニーズが必ずしも一致していないことが多い。すなわち、点検・調査技術に求められる性能・仕様を明確にした上で、対策検討の意志決定に資する情報を提供するためのツールとしての適用条件、適用方法を個別に明らかにしていく必要がある。本研究では、鋼橋の腐食損傷を対象とした非破壊検査法の検討を行うとともに、道路橋の各種劣化損傷への既存技術の適用性について検討を行うものである。

平成 23 年度は、腐食欠損部の残存板厚を直接計測する調査技術として、非破壊検査技術ではないが、実用的で簡易な板厚計測手法（以下、電気抵抗検知式厚さ計）を開発し、実腐食試験体を対象とした残存板厚の計測を実施し、錆層除去前後での性能確認および適用性の評価を行った。

### 2. 実用的簡易計測手法の提案と適用性の検討

既往の非破壊検査技術では、現状では錆が付着した状態での残存板厚の計測は難しいか、適用上制約がある。

一方で、詳細な板厚計測が必要な場合や、防せい防食等を実施する場合には、錆層を除去することになることか

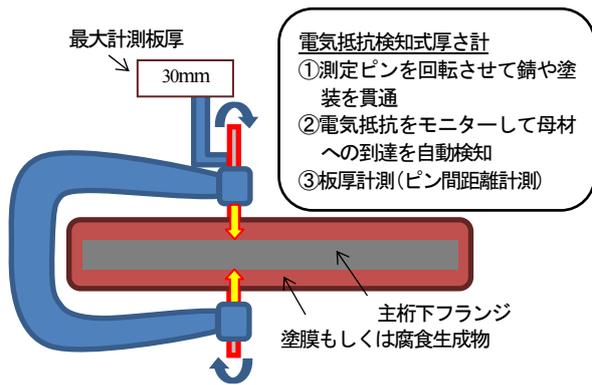
ら、その前段階の点検手法としては、簡易的な手法でなければ、現場ニーズに合わないものと考えられる。そこで、実用的であるとともに出来るだけ簡易で、かつ精度の高い計測手法として、電気抵抗検知式厚さ計のプロトタイプを開発するとともに、適用性の評価を行った。以下に、この厚さ計の概要と、計測性能の検討結果を示す。

#### 2.1 電気抵抗検知式厚さ計の概要

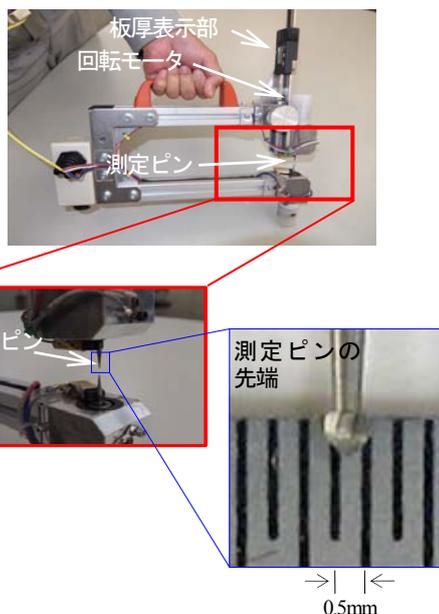
##### (1) 厚さ計の特徴

図-1 に、電気抵抗検知式厚さ計の模式図とプロトタイプを示す。キャリパー方式の厚さ計測器と同様に、対象鋼板両面側から計測部を当てて、計測部間の距離によって板厚を計測するものである。計測部先端には測定ピンを設け、これを錆（腐食生成物）に貫通させて、対象物の厚さを直接計測するものである。計測手順としては、図に示すように、1) 計測部先端の測定ピンを回転させながら腐食生成物等に貫入させる、2) 測定ピンの鋼材表面への到達を電氣的抵抗値によって検知し、測定ピンの貫入を停止させる、3) この時点での上下の両測定ピン先端間の距離を内蔵した変位計により厚さを計測する、となる。腐食生成物や塗膜の電氣的な抵抗が鋼材のそれより著しく高いことを利用したものである。

なお、図中のプロトタイプはフランジ等を両面から挟み込んで計測することを想定したものであり、形状寸法などは洗練されたものではないが、今後、鋼板厚さを計測する場合の奥行について、鋼桁端部のウェブの範囲までの計測を可能とした治具への改良、ウェブを対象として片面側からの計測を可能とした改良、及びよりコンパクトで扱いやすい装置への改良等を進めたいと考えてい



(a) 電気抵抗検知式厚さ計と計測方法の模式図



(b) 計測装置プロトタイプ

図-1 電気抵抗検知式厚さ計の概要

る。

## (2) 鋼材表面の検知方法の検証

同厚さ計の原理は簡単なものであるが、実橋の鋼材面の場合には、塩を含む水分の付着により、抵抗値が低下し、鋼材表面位置を捉えられなくなることが、装置の考案段階で懸念された。

そこで、プロトタイプ製作の事前検討として、蒸留水や塩水そのものの電気抵抗や、塩水を散布した腐食鋼板を用いて、ピンの貫入とともに変化する電気抵抗を計測した。表-1は、蒸留水や塩水に電極を挿入し、電極間の抵抗を計測した結果を示す。多少のバラツキはあるものの、10%濃度の塩水の電気抵抗が最も小さく、その値は端子間距離1mmでは22kΩであった。次に、腐食した鋼板に、10%濃度の塩水を完全な湿潤状態となるように散布し、測定ピンの貫入にともなう電気抵抗の変化を計測

表-1 電気抵抗の計測結果

	端子間距離		
	1mm	1cm	5cm
蒸留水	2,500	350	1,270
塩水(5%濃度)	30	30	28
塩水(10%濃度)	22	27	24

(単位: kΩ)

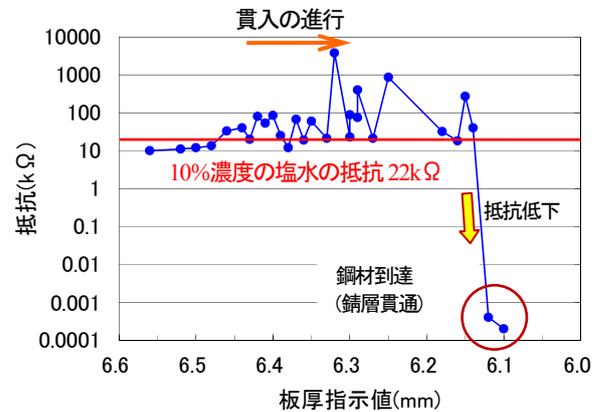


図-2 腐食生成物貫入量と電気抵抗の変化

した。その結果を図-2に示す。測定ピンが腐食生成物内を進入しているときの電気抵抗は10kΩ以上を示していたが、鋼材に到達(腐食生成物を完全に貫通)したときには、電気抵抗は1Ω以下と著しく低下した。

以上のことから、塩水等が付着していても、測定ピンと鋼板間の電気抵抗をモニターしながら測定ピンを貫入することで、腐食生成物に覆われた鋼材の表面位置を正確に捉え、残存板厚を計測することが可能であることが確認できた。また、測定ピンの電気抵抗の変化を検知することにより客観的に計測が可能であり、技術者の技量による精度の違いはほとんどない手法と考えている。なお、プロトタイプでは測定ピンが鋼材に接触した時点で測定ピンを停止するようにしており、鋼材表面にきずを付けるようなことはなかった。測定ピンによる鋼材到達(錆層貫通)の判断基準となる電気抵抗のしきい値(図-2より約1~0.001Ω)については、1橋梁の錆層に対する値であり、今後、実橋の錆層の条件下での現場検証によるデータの蓄積が必要と考えている。

## 2.2 厚さ計の性能確認試験

### (1) 試験体

電気抵抗検知式厚さ計の残存板厚計測への適用性を検討するために、実腐食試験体を対象とした残存板厚の計測を実施し、錆層除去前後での性能確認を行った。腐食欠損試験体としては、撤去された側道橋の腐食の著しい桁端部から切り出したものを用いた。桁端部は、伸縮装



写真-1 腐食欠損試験体の撤去前状況

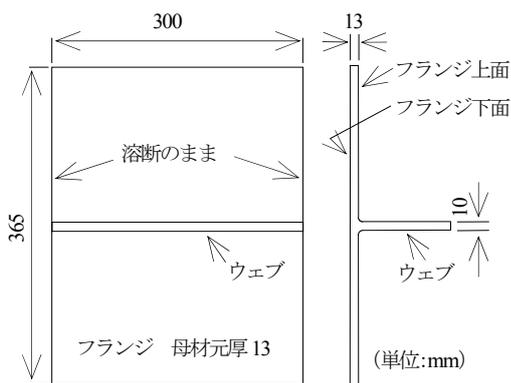


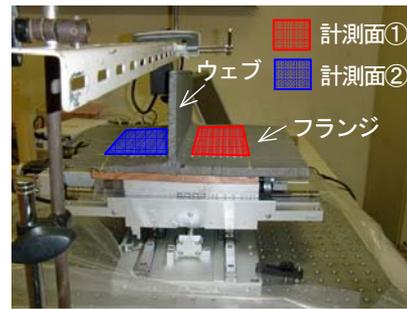
図-3 腐食欠損試験体の寸法形状

置からの漏水に伴い凍結防止剤等による塩分を含む水の影響を受けやすいこと、狭隘な空間のため湿気がこもりやすいこと等より、腐食しやすい部位であることが知られている。写真-1に、腐食欠損試験体の撤去前状況を示し、図-3に計測対象とした腐食欠損試験体の形状寸法を示す。

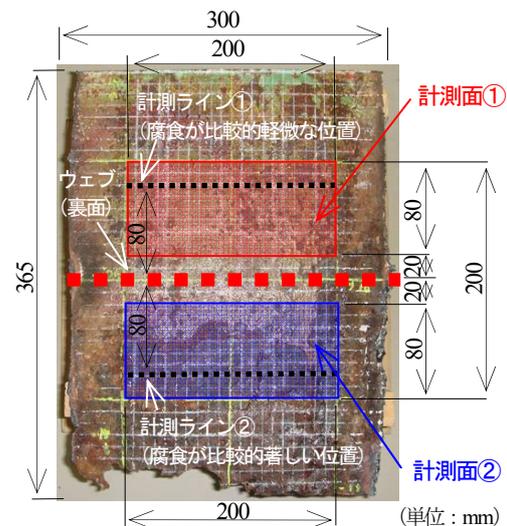
(2) 試験体の計測位置と残存板厚

図-4に、腐食欠損試験体の計測ライン、計測面及び計測ピッチを示す。ここで、計測ラインとは腐食状況と計測値との対応関係を断面で示すための代表値として選定したものである。計測範囲と計測ピッチは、腐食欠損試験体では、試験体中央から1×1cmの格子ピッチでウェブ付近を除いた計測面積8×20cmの範囲2つ(計測面①②)とした。また、計測は、ウェブのないフランジ下面側から行った。

図-5に、錆除去後に実施したレーザ変位計による腐食欠損試験体の計測面①②の全計測点(それぞれ189点)の板厚頻度分布を示し、図-6に、残存板厚のコンターを示す。使用したレーザ変位計の仕様は、計測精度±30μm、分解能3μmであり、計測距離80mmの位置でのレーザ光のスポット径(直径)がφ約70μmである。レーザ変位計



(a) 斜め上方からの外観



計測面①②の計測点数は、それぞれ9×21=189点  
計測ライン①②の計測点数は、それぞれ21点  
計測ピッチは、1cm間隔

(b) フランジ下面から見た計測位置と寸法

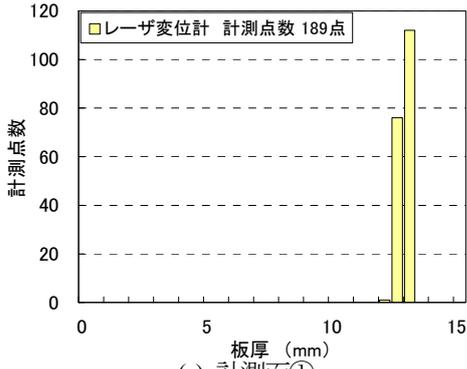
図-4 腐食欠損試験体の計測位置  
(計測ライン①②及び計測面①②)

については残存板厚を算出するために試験体の表裏面を計測した。以下、錆除去後のレーザ変位計による計測値を真値と仮定し、電気抵抗検知式厚さ計の計測精度等の適用性を評価した。

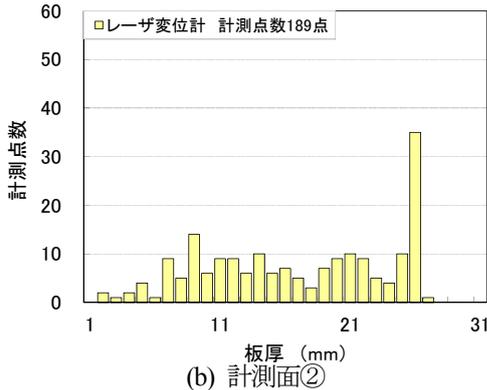
2.3 試験結果と考察

計測状況を写真-2に示す。測定ピンによる鋼材到達(錆層貫通)の判断基準となる電気抵抗のしきい値は1Ωとした。図-7に、腐食欠損試験体の計測ライン①②における、レーザ変位計及び同厚さ計による計測値の比較結果を示す。計測ライン①②ともに両者は良く一致しており、特に、腐食が著しい計測ライン②では、錆を除去しなくても精度の高い計測値が得られた。

図-8に、全計測位置における、レーザ変位計の板厚計測値と同厚さ計による計測値の比較結果を示す。レーザ変位計の計測値との高い相関が認められる。なお、計

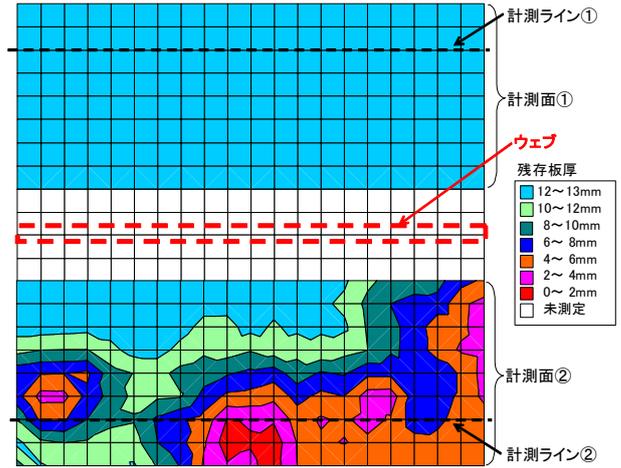


(a) 計測面①



(b) 計測面②

図-5 腐食欠損試験体の計測面における板厚頻度分布

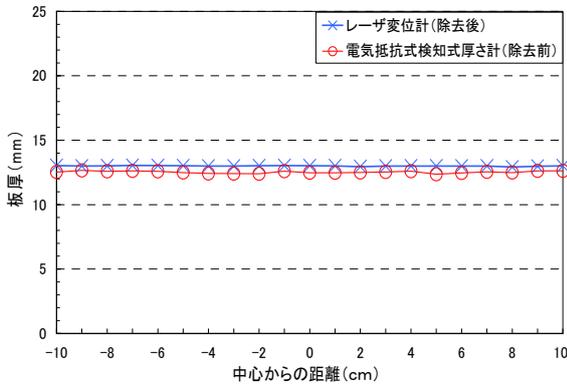


注) 計測点数は、ウェブの影響により計測できなかった点 (白色部分) を除き、 $189 \times 2 = 378$  点

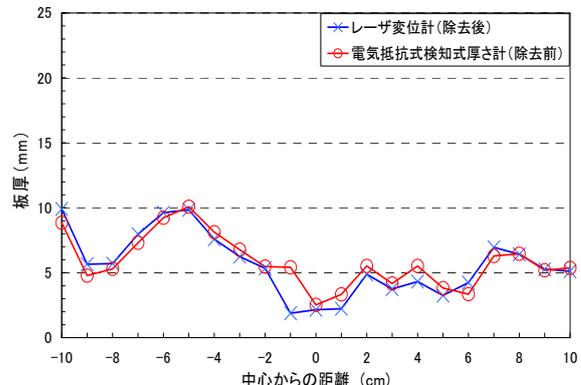
図-6 腐食欠損試験体の残存板厚コンター (レーザ変位計計測値)



写真-2 電気抵抗検知式厚さ計による残存板厚計測状況

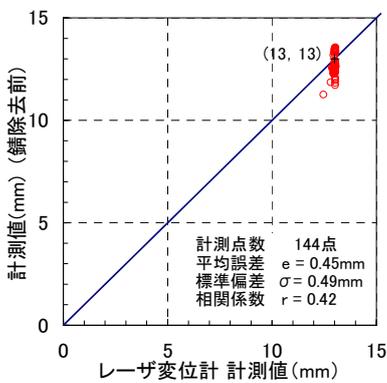


(a) 計測ライン①

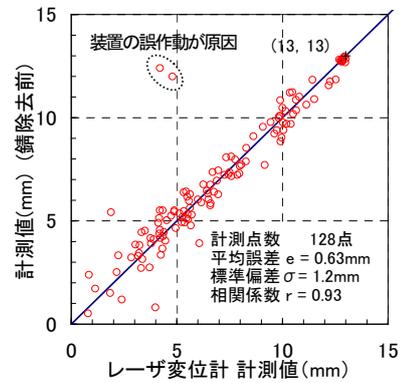


(b) 計測ライン②

図-7 腐食欠損試験体の計測ラインにおける板厚計測値



(a) 計測面①



(b) 計測面②

※図中の(13, 13)は、試験体の元板厚13mmを示す。

図-8 電気抵抗検知式厚さ計とレーザ変位計における板厚計測結果の比較

測面①②の各計測点数は、144 点、128 点となっているが、残りそれぞれの 45 点(=189-144)、61 点(=189-128)は、計測装置の治具の制約により計測できなかった位置(計測面①②それぞれの中央部分であり、測定ピンが計測位置に届かず計測装置を設置できなかった部分)である。以上により、錆除去前での計測手法として、直接鋼材表面を計測することができる電気抵抗検知式厚さ計は計測精度が高く、実用性は高いと言える。

### 3. まとめ

平成 23 年度は、腐食欠損部の残存板厚の計測を対象とした調査技術として、残存板厚を直接計測する計測手法

として電気抵抗検知式厚さ計を開発し、実腐食試験体を対象とした性能確認試験を実施し、適用性の評価を行った。その結果、錆上からの計測値は、錆除去後のレーザ変位計の計測値と相関性が高いことを確認した。

参考文献

なし

## RESEARCH ON THE APPLICATION OF NONDESTRUCTIVE INSPECTION TECHNOLOGY TO HIGHWAY BRIDGES

**Budgeted** : Grants for operating expenses  
General account

**Research Period** : FY2010-2013

**Research Team** : Bridges and Structures Research Group

**Author** : Yoshitomi KIMURA

Jun MURAKOSHI

Minoru TAKAHASHI

**Abstract** : Inspection of highway bridges has mainly been performed with visual inspection. However, deterioration and damage that do not manifest some visible symptom are not detected or qualified. It is needed to establish rational and effective nondestructive evaluation technologies for investigating deterioration and damage in highway bridges. In this research, a number of NDE technologies are investigated to evaluate their applicability for effectively/efficiently collecting quantitative data about bridge conditions.

In FY2011, with the purpose of developing a reliable and practical inspection technique to measure thickness loss due to corrosion without removing the rust layer, the applicability was tested by corroded specimens cut out from demolished steel bridges.

**Key words** : inspection, nondestructive evaluation technology, corrosion, eddy current testing, ultrasonic testing