パルス渦電流板厚測定法による応力作用下の板厚測定に関する実験的検討

名古屋大学大学院	学生会員	○安藤	聡一郎
名古屋大学大学院	正会員	北根	安雄
岐阜工業高等専門学校	フェロー会員	伊藤	義人
有限会社ティティエス		中野	裕二郎

### 1.研究目的

今日,整備後 50 年を経過した鋼構造物が加速度的に増加してきており,腐食劣化した鋼構造物の適切な維持管理 手法の開発が急務となっている.現在の鋼構造物の健全度評価では,目視調査及び超音波厚み計による板厚診断(UT) が用いられる. UT は,理想的な環境下であれば精度良く板厚を計測できるが,素地調整が必要であるため,作業効 率とコストの面から,UT に代わり簡便に広範囲を測定できる板厚測定手法が求められている.

本研究では、素地調整の必要がない板厚測定法として、パルス渦電流を利用した非接触板厚測定法(PEC)に着目する. PEC では、磁界と渦電流を利用するため、腐食生成物や海洋性付着物などの導電性のない表面の付着物や塗膜は測定結果に影響しないことから、素地調整が必要なく、広範囲を効率良く測定可能である. 一方で、問題点として、土木構造物に対する適用事例が少ないため、鋼構造物の維持管理業務における適用性については十分に明らかではない. 本研究では、PEC の実構造物への適用に向けた研究の一つとして、荷重作用下の PEC 板厚測定器を用いた鋼材の板厚測定実験を行い、測定対象物に発生する応力と PEC で得られる測定結果の関係の検討を行った.

# 2.パルス渦電流板厚測定(PEC)

本研究で用いるパルス渦電流板厚測定器は、プローブとデータロガーから構成される(図-1参照).板厚測定器の 仕様は表-1に示す. PEC では、PEC のプローブ内の励磁コイルにより発生する磁界によって鋼板表面に励起した渦 電流が、鋼板内を浸透しながら減衰する現象(図-2参照)を、渦電流による磁界の変化によりプローブ内の検出コ イルに発生させる電圧の変化として計測する.検出電圧の変化は、鋼板の電磁気的性質や板厚で特徴づけられ、磁 界が急激に減衰する点(減衰開始点)までの持続時間が板厚と関係があることを用いて、板厚既知点に対する相対的 な板厚を算出できる.また、測定値は、測定範囲内の平均板厚であることが経験的に知られている<sup>1)</sup>.



## 3.荷重作用下板厚測定実験

## 3.1.応力による磁気特性変化

応力による磁気特性変化の原因としてビラリ効果と塑性化がある.ビラリ効果は強磁性体に荷重が作用すると, 磁気特性が変化する効果である.ビラリ効果は,例えば腐食が激しく応力分布の変動が激しい場合や溶接部近傍な どで残留応力があるような場合に,基準点の応力に対して測定点の応力が著しく異なることで,測定点の磁気特性 が変化しPECによる測定板厚に影響を与えることが考えられる.また,塑性化による磁気特性変化とは,物質が降 伏後,塑性化に伴う結晶構造の変化により発生した組織同士の境界が磁化を妨げることで磁気特性が変化する現象 のことをいう.塑性化がPECの板厚測定に与える影響に関しては,例えば溶接部近傍など塑性化領域や冷間加工さ れた部材で板厚測定を実施する場合に,塑性化による磁気特性変化に起因して測定誤差が発生する可能性がある.

キーワード パルス型渦電流,板厚測定,応力,ビラリ効果,維持管理,腐食 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C1-3(651) 名古屋大学大学院 土木工学専攻 TEL 052-789-2736

-663-

表-2 荷重作用下板厚測定実験供試体概要

I	供試体 試験   名 方法	計驗	鋼材と鋼材の機械的性質			
I		市法	種類	降伏応力	引張強さ	
		力伍		[MPa]	[MPa]	
I	TL1-1	리며	SM400	282	443	
I	TL1-2	51 灰		282	443	
I	CL-1	口旋	SS400	272	442	
ſ	CL-2	儿上们日		272	442	

# 3.2 実験方法

供試体に前川式万能試験機により,荷重を 載荷しながら,PEC及びUTによる板厚測定 を行う.供試体の概要を図-3に示す.引張荷 重作用下における測定板厚の影響を検証す る供試体として供試体TL1,また,圧縮荷重 作用下における測定板厚の影響を検証する 供試体として供試体CLを用意した.引張供 試体TL1 は渦電流が十分に発生できるよう に測定部幅が広くなっている供試体とした. また,供試体CL は等幅・等厚の供試体とし た.プローブから鋼板表面までの距離(リフ トオフ)はTL1で22mm,CLで10mmとし た.また,各試験体は2体ずつ実験した.



# 3.3 実験結果

(1)引張供試体 TL1

図-4 に引張供試体 TL1 における UT 及び PEC の板厚測定結果と公称応力の関係を示す.図-4 は無応力状態の板 厚測定結果を 100%として,最大荷重までの板厚測定結果を整理した.TL1 は公称応力 278MPa 降伏し,最大引張応 力は約 430MPa であった.UT の板厚測定結果は,降伏までは初期の板厚からほぼ変わらないが,降伏後最大引張応 力に至るまでに,ポアソン効果により 10%程度減少した.PEC の板厚測定結果は,弾性域では,約 60~80MPa で極 大値(約 108%)を取った後,その後降伏までにほぼ線形に減少した.降伏後は急激な測定結果の減少が確認された後, その後最大引張応力までにほぼ線形に従い約 62%まで減少した.最大引張応力時点で,UT と PEC の測定結果は, 約 30%の差があった.この結果より,降伏後は測定結果が著しく変化することから降伏していない部分を基準点と して,降伏した点の板厚測定を行うことは困難であると考えられる.

図-5 に圧縮供試体 CL における UT 及び PEC の板厚測定結果と公称応力の関係を示す.図-5 は無応力状態の板厚 測定結果を 100%として,降伏(274MPa)までの板厚測定結果を整理した.UT の板厚測定結果は,降伏までは初期の 板厚からほぼ変わらない.一方,PEC の板厚測定結果は,弾性域では,降伏までに応力増加に従いほぼ線形に減少 した.降伏応力時点で,UT と PEC の測定結果は,約 17%の差があった.

#### 4. まとめ

本実験結果から、実際に応力や塑性変形が PEC による板厚測定結果に影響を定量的に確認できた.実際に弾性域の応力が作用する構造物において板厚測定を行う場合、測定点の近くに基準点を設けて測定を行い、なるべく基準 点と測定点の応力の差が大きくならないように測定をすることが望ましい.また、塑性ひずみによる磁気特性変化 が PEC 板厚測定結果に与える影響が大きいことが明らかになった.

#### 参考文献

1) 安藤聡一郎,北根安雄,西島悠太,伊藤義人,中野裕二郎(2016): 種々の断面欠損鋼板に対するパルス渦電流厚 測定法で得られる検出信号の特徴に関する研究,構造工学論文集, Vol.62A, pp.603-616.

-332