

極間式磁粉探傷器の定期点検－全磁束の測定

名古屋営業所 近藤 浩

櫻井 智規

キーワード 磁粉探傷試験、極間式、磁束、定期点検

概要

磁粉探傷試験で使用する極間式磁粉探傷器(通称マグナ)の性能点検器として、鋼板にコイルを巻き通電して、コイルに接続したデジタルハイテスターの出力電圧を測定し全磁束を測定した。T継手を探傷するための“補助足”を付けると20%程度全磁束が低下すること、また定期点検することにより探傷器の定量的劣化度がよくわかった。

1. 理論

交流磁束 ϕ [wb] による誘導起電力 E [V] はファラデーの電磁誘導の法則から

$$E = -N \cdot d\phi / dt \quad (1) \quad N : \text{コイルの巻き数} [T]$$

$$\text{ここで} \quad E = E_m \sin(\omega \cdot t) \quad (2) \quad \omega : \text{角周波数} \quad E_m : \text{実効値}$$

$$(1) (2) \text{より} \quad E_m \sin(\omega \cdot t) = -N \cdot d\phi / dt \quad \text{積分すると}$$

$$E_m \int \sin(\omega \cdot t) dt = -N \int d\phi \quad \rightarrow \quad E_m \cos(\omega \cdot t) / \omega = N \cdot \phi$$

$$\rightarrow \quad \phi = E_m \cos(\omega \cdot t) / N \cdot \omega \quad \text{ここで角周波数} \quad \omega = 2\pi f \quad f : \text{周波数}$$

$$\text{最大磁束は} \quad \cos(\omega \cdot t) \text{の最大値が1なので} \quad \phi = E_m / 2\pi f \cdot N$$

$$\text{単相半波の実効値を波高値に直す係数} \sqrt{2} \text{を掛け} \quad \phi = E_m \sqrt{2} / 2\pi f \cdot N \quad (3)$$

N : コイルの巻き数、 f : 周波数 (50or60)

すなわち交流電圧計(実効値)で E_m を測定すれば全磁束 ϕ (波高値)を求めることができる

③式はNDI MTⅢ(2009年版)80ページ 式(4.11)、MTⅡ(2007年版)87ページ 式(6.1)

2. 試験コイル製作

材料はたったこれだけです。

- ・ 鋼板 (SS400) 400mm×400mm×9mm シャーリング工場から購入 (ミルシート付)
- ・ SUSボルト 4セット (鋼板裏面のコイルが損傷しないように鋼板の四隅に取り付け)
- ・ エナメル線 10m ホームセンターで購入
- ・ わにロクリップ 2個
- ・ ハイテスター 日置電機 (株) 製 デジタルハイテスター 3803

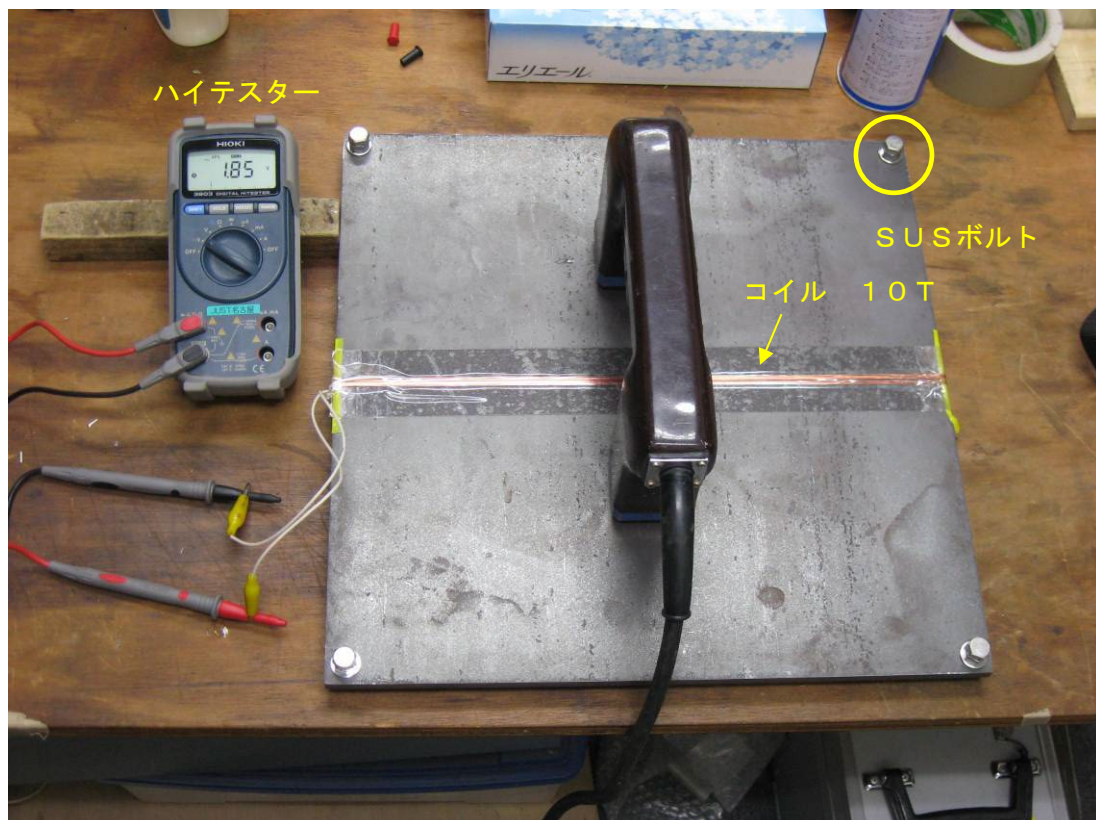
エナメル線を直接鋼板に巻くとエナメルが剥離してショートするので、まず鋼板の中央部に透明包装テープを巻いてその上に10回エナメル線を巻きました。(10T:ターン)

前ページ③式のNはこのターン数です。

エナメル線を巻き終わったら絶縁抵抗計 (500V メガー) で鋼板とコイルの絶縁を確認します。鋼板との絶縁を確認したらさらにエナメル線の上から透明包装テープを何回か巻いて保護して、エナメル線 (コイル) の両端に “わにロクリップ” を付けて完了です。

3. 測定

コイルの “わにロクリップ” にハイテスターのリード線をつないでハイテスターのレンジを0.01Vレンジにして、極間式磁粉探傷器をテストピースの中心において通電し、ハイテスターの電圧を読み取り測定は簡単に終わります。



4. 結果

測定した電圧と③式から全磁束は以下の通り。

管理部署	管理No.	型式	全磁束 (mWb) b) 補助足なし 購入時	測定値 (mWb)		劣化率 (足なし) (%)	測定 周波 数	備 考
				補助足 なし	補助足 あり			
横浜	MT11	A-1	0.74	0.68	0.54	92	60Hz	
	MT12	A-1	0.74	0.68	0.54	92	60Hz	
	MT13	A-1	0.67	0.68	0.53	102	60Hz	
	MT14	Um- 3BF	0.50	0.48	0.40	96	60Hz	
千葉	MT21	A-1	0.74	0.69	0.54	93	60Hz	
	MT22	Um- 3BF	0.50	0.49	0.39	98	60Hz	
新潟	MT31	A-1	0.69	0.68	0.53	99	60Hz	
名古屋	MT51	A-2	0.59	0.61	0.54	103	50Hz	50Hz 専用 器
	MT52	A-2	0.58	0.62	0.54	107	50Hz	50Hz 専用 器
大阪	MT61	N-2Y	記載なし	0.53	0.42	—	60Hz	

A-2は50Hz 専用器なので横浜本社で測定した

5. まとめ

点検をおこなった機器の中には購入時のイニシャルデータより大きい全磁束を示したものもありましたが、古そうなものほど劣化が著しく、数年後に初期性能の90%未満になったら廃棄しなければならないものが出てきそうでした。

極間式磁粉探傷器の性能点検としてはこのほかに「リフティングパワー」がありますが、JISでは44N(約4.5kg)以上としています。簡易的に製作した「リフティングパワー測定用鋼板」ではどれも55N以上の性能で、細かな劣化を客観的に知ることは不可能でした。

また、作業に使用する電気機器の安全点検として、絶縁抵抗1MΩ以上が要求されますが、ほとんどの場合、湿式磁粉を使用し、スイッチやコードのあたりから水が浸入して感電の恐れがあるので、乾燥状態での測定で10MΩ以上ないものは、管理機器からはずし、教育用程度にしておいて、現場での使用はしないほうがいいと思います。

このような点検をして初めて判ったことですが、栄進化学製のHANDY-MAGUNA A-2だけは50Hz用と60Hz用があることでした。他の機器はイニシャルデータとして50Hzと60Hzでの性能が記載されているのにA-2だけが50Hzのデータしかなく、問い合わせたところ判明しました。メーカーでは送り先に

よって分けていたようですが、全国各地を回っているプラント系検査会社はA-2を使っただけではいけないようです。

A-2の周波数が指定されている理由は、鉄心断面積とコイルの巻き数に関係があるようで、通常は鉄心が磁気飽和するように作られています。発熱の関係で50Hzと60Hzで巻き方を変えているようです。

6. あとがき

我が社の商号である「J U S T」の4文字のうち「U S T」のルーツは言うまでもなく内部欠陥を検出する「超音波探傷試験」ですが、一方表面欠陥を検出する非破壊検査方法では、磁粉探傷試験が「強磁性体表面の割れを検出する最強の方法」です。我々の検査対象である鉄骨溶接部では「保守検査」はほとんど存在しない領域ですが、石油化学プラントや発電設備あるいは繰り返し応力を受ける機械設備などでは、ただちに破壊につながる表面の疲労割れや、応力腐食割れ（SCC）を見つけるための「保守検査」と言えば、磁粉探傷試験しかおこなえません。保守検査系で浸透探傷試験をおこなうのは、オーステナイト系ステンレス鋼、チタン合金やアルミ合金など磁粉探傷試験が不可能な材質に限られます。

また、我々が得意とする超音波探傷試験を保守検査に適用する場合は、内部や内表面に発生した割れの検出や、割れの「欠陥高さ（深さ）」を測定する場合に限られます。余談ですが、磁粉探傷試験で検出した液化アンモニアタンク内表面のSCCの割れ深さの測定では収束範囲を選択すれば45度5MHz分割型が非常に有効でした。

しかしながら、建築業界では残念なことに、「超音波探傷の出来ない溶接部はPT（浸透探傷試験）」などと書いてある構造特記仕様書があります。理由は？ 建築系非破壊検査の関係者は磁粉探傷試験に関する正しい知識を持っていない事と、カラーチェックとも言われる浸透探傷試験がスプレー缶3本とウエスさえあれば、見よう見まねで簡単に出来そうに見えるからだと思います。またまた余談ですが、いわゆる非破壊検査の中で簡単そうに見えて、意外と間違いやすいものの代表は「超音波厚さ測定」と「浸透探傷試験」だと思っています。特に浸透探傷試験は「前処理」や「予想される欠陥」について豊富なインデックスを頭の中に持っていないとうまくいきません。

磁粉探傷試験で最も利用されている極間式ですが、機器の性能点検ではASME CODE SEC-V（アメリカ機械学会規格のボイラー&圧力容器コードの非破壊検査セクション）で規定されている、リフティングパワー（10ポンドのS20C鋼板を持ち上げ可能か？）で点検している会社がほとんどです。（時々スンプ試験をお願いしているプラント系非破壊検査会社大手の日本非破壊検査もリフティングパワーだそうです。ちなみに四日市営業所で保有している極間式磁粉探傷器は約50台！）

あるいは標準試験片JIS A-1 15/100で探傷有効範囲が〇〇mmとっている会社もあります。実際、危険物（石油タンク）における消防法や高圧ガス（高圧の圧力容器）における高圧ガス保安法の規則ではJIS A-1 15/100やJIS A-2 30/100を規定し、これらの検査では、標準試験片を溶接部近傍に張り付け、溶接部のたて割れ検出方向の探傷有効範囲を立会検査官が確認してから立会い検査がスタートしますが、検査液濃度をはじめ流速、磁極と鋼板の隙間などで探傷有効範囲は大き

く変わります。（そのほかに都市ガス関係の「ガス事業法」、発電関係の「電気事業法」も JIS の試験片の使用を規定している）

今回製作した“測定セット”は、これらの試験条件を排除して極間式磁粉探傷器の性能を客観的に測定できるものです。名古屋営業所では J U S T 全社の極間式磁粉探傷器について、毎年定期点検をおこなっていこうと思います。（自分で測定してみたい方にはいつでも送ります）