

あり、これは我国現行規定の如く、鉸桁々高、トラス弦材高を基準にして式で求められるものの方が便利である。しかし風下側構造物の曝露面積は風上側の 0.5 倍にとる点は我国規定と同一であるが、鉸桁に対しても風下側を考慮した点及び 2 以上のトラスあるいは鉸桁がある場合についても曝露面積を前面の 0.5 にとると規定した点に特長がある。

10. 温度の影響 温度変化に基づく応力あるいは移動を考える。温度変化の範囲は地方的状況によつて定まり、架設時の温度を仮定して計算する。大きなコンクリート部材、あるいは構造物においては、空気温度と内部温度との間の遅れについて適切な考慮を拂う必要がある。

温度変化の範囲は一般に次の如く定める。

#### 鋼構造物

温暖地方  $0^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{F}$  ( $-18^{\circ}\sim 49^{\circ}\text{C}$ )  
 寒冷地方  $-30^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{F}$  ( $-35^{\circ}\sim 49^{\circ}\text{C}$ )  
 コンクリート構造物

	温度上昇	温度下降
温暖地方	$30^{\circ}\text{F}(17^{\circ}\text{C})$	$40^{\circ}\text{F}(22^{\circ}\text{C})$
寒冷地方	$35^{\circ}\text{F}(19^{\circ}\text{C})$	$45^{\circ}\text{C}(15^{\circ}\text{C})$

鋼構造物について我国現行規定と比較すると、本規定に示された温暖地方に対する数値は大略我国規定で標準温度を  $15^{\circ}\text{C}$  とした温度変化範囲に一致する。従つて本規定では更に寒冷地方に対して約  $84^{\circ}\text{C}$  の温度変化範囲が考えられているので我国現行規定よりも大となつている。我国規定で示された日光直射による橋梁構造内の 2 つの部分の温度差については別に示されていない。(未完) (正員 京大工 小西一郎)

## 水圧鋼管の肉厚測定について

1 水圧鋼管老朽度調査の必要性 日本の水力発電所の初期に建設されたものは既に 40 年以上の材令を経ているので、之等の発電所は年令から云えば老年期に入っているわけであり、事実その施設が部分的に或は全般的に老朽状態を示しているものが少くない。一方わが国の経済状態を見るに建設或は補修用資材の生産は未だに低く、又電気料金は戦後常に低料金政策のもとに決定せられ、昭和 24 年の改訂によつて国際物価水準に稍よせの傾向を示したと云つても、未だ諸施設の補修改良費を充分見込むことは必ずしも容易ではない。従つてたとえ建設当時の償却年限を既に経過した施設に対しても出来るだけ補修改良の余地を考究することが要請せられる実情にある。そのためには此等諸施設の老朽度を充分精細に調査し対策のための資料とすることが必要とされるわけである。

本論文にとり上げた水圧鋼管は云ふまでもなく水力発電施設の重要部分をなすものであつて、殊に水路式発電型式より出発した電力施設においては老朽問題の対象として水圧鋼管が注目されることは当然であつて電力事業の歴史的過程からみてもこの種の問題が全く経常的形態をとつてゆくことは自然の傾向であらう。

2. 老朽度の調査方法 水圧鋼管の老朽の原因に就いてはいろいろ考えられるが、構成する材料が炭素鋼であるため老朽の直接の原因は腐蝕及び磨耗であつてその結果が板の厚みの減少となつて現れるわけである。そこで水圧鋼管の保守に当つては常時外面の状況即ち腐蝕、塗料の剥落、漏水等に注意を拂うのは勿論であるが表面状況悪化の程度によつては次第に内部点検を必要とすることが一般である。しかし水質或は流砂の如何によつては外面に特別な異状はなくても内面が著しく磨蝕される例も見られる。又発電所では電力の需給或は水路保守等の関係から水圧鋼管の水を空にすることもあるので、その様な機会をとらえて内部点検をすることも出来るわけである。此の様な調査を通じて鋼

管が相当老朽していると観察される場合にはその程度をはつきりと数字の形でつかむことが必要となり、そのため最も危険と思われる箇所をえらんで孔をあけ、鋼板の厚さを測り、初めの厚さと比較するのが今迄行はれた唯一の方法であつた。

ところが此の方此によるときには不利が伴うものであつて、例へば

(1) 水圧鋼管に孔をあけるには断水しなければならぬ。そのため停電損失をさけることは出来ない。

(2) 断水は停電と関連して実施されるので、測定に重点をおいて随時行なうことは極めて困難である。

(3) 孔をあけた跡はたとえ熔接等によつて埋め戻しても矢張り一種の傷として残るものであつて、その上之等の作業には相当の時間を要するので、選点の数には自ら制限が強くなる。

(4) 従つて測点数が少いため水圧鋼管の全般的傾向を知ることが出来ない。

等その主なるものである。

従つて此の様な欠点を除くためには是非外面より無傷に測定をなし、しかもその装置は山間急傾斜地の使用に耐える強さと、鋼管上の作業を安全にするための軽便さを備えたものが要求を満すものと云うことが出来る。

そのため筆者は 1948 年以来各方面の援助のもとに電磁気を応用したものと、超音波によるものとを併行して研究しその実用化に努めてきた。此の論文では先づ電磁式肉厚計について報告したい。

3. 用語について 此の論文を書くに当つて未だ充分吟味を經ていない用語があるので説明しておきたい。水圧管は殆ど炭素鋼板によつて作られ、古くから水圧鉄管の呼称が用ひられているが、使用材料に忠実な用語としては当然水圧鋼管を使用す可きものと考へる。又その板の厚さは慣用的には肉厚或は管厚と呼ばれているが、前者を用いる人が多い様に思われるので此の論文では之にならうこととしたが、筆者としてはむしろ鋼管厚サがやさしくてよいと思つている。次に

1) 神谷貞吉; 水圧鋼管の腐蝕の研究 土木学会誌第34巻第3號昭和24年8月

管に孔をあけることは一般に鋼構造では drill による時は鑽孔, punch による時は穿孔の如くその方法によつて区別されている。水圧鋼管の内厚測定のために孔をあけるときには drill を使ふのであるが穿孔と呼んでいる。前述と合致させるためには当然鑽孔内厚測定方法等の用語を用ふ可きものであるが、鑽も穿も何れも常用漢字に含まれていないため適切な用語に苦しんでいる次第である。

4. 電磁肉厚測定方法 物質内部の状態を調べるには電磁現象又は振動現象が利用され、目的に応じていろいろな方式が研究され既に実用化されたものがあるので、金属板の厚さ測定のために此の方面が着想された。筆者は1948年以来水圧鋼管の内厚測定を目標として工業技術庁電気試験所井元鑑二研究員、東北大学科学計測研究所田中栄助教授の御協力を得て研究をつとけてきた。猶此の研究は水圧鋼管の腐蝕の研究の一環をなすもので、此の題目に対して昭和24年度文部省科学試験研究費の補助をうけているものである。前述の2方式のうち電磁理論によるものは既に測定器として完成され戦時中使用された例もあり<sup>2)</sup>戦後再び井元氏によつて改良されていたので<sup>3)</sup>筆者は之を水圧鋼管に適用することに努力すればよい段階になつていた。次に振動現象による方法は即ち超音波理論に立脚しわが国では戦後の新しい分野に属するもので未だ計器として完成された例はなかつたので、先づ計器の研究製作より着手しなければならなかつた。之については前記田中助教授の御苦心の結果最近良好な成績を得ることが出来たので現場試用を計画している次第である。

筆者は此の報告では電磁肉厚測定方法を紹介し、超音波を利用した方法については実際に応用した結果をまつことにしたい。

肉厚計の要素は鉄心、励磁線輪及び搜索線輪よりなつている。励磁線輪に相当強い直流を通すと鉄心は強力な電磁石となり、鉄心、空隙、鋼板をつらねて磁気回路が形成される。此の磁場における主磁束は

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{\frac{l_1}{\mu_1 A_1} + \frac{l_2}{\mu_2 A_2} + \frac{l_3}{A_3}}$$

図-1 磁束の状態

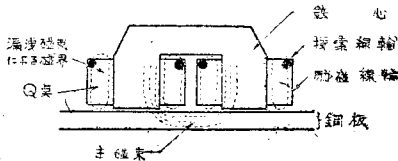
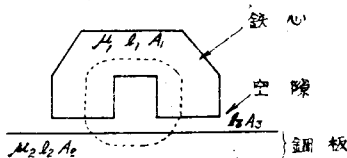


図-2 磁気回路に関する記号



$4\pi NI$  は磁場の強サ、分母の各項は夫々鉄心、鋼板、空隙の磁気抵抗、 $l$  は回路の長サ、 $A$  は断面積、 $\mu$  は透磁率である(図-1,2 参照)。

此の式において分母第2項は鋼板の厚サによつて変るので、分母の他の2項が一定であれば主磁束を測定して鋼板の厚サを求めることが出来、又更に之等の項が第2項に比して小さな値であればある程測定精度は高くなるわけである。ところが  $l_3$  即ち鉄心と鋼板間の空隙は表面の粗サによつて変動しそのため影響が相当大きいので、此の測定器では主磁束を直接測定するのではなくて漏洩磁束を搜索することによつて精度を高めている。又鋼材の如き強磁性材料では磁化飽和の現象があり磁場が強くなるに従つて磁束密度は一定値に近づき、此の領域においては鋼の成分及び熱処理の如何による透磁率の変動の影響を少くすることが出来るので、此の測定器ではかゝる飽和状態が利用され、そのため磁石は極めて強力に従つて軽便と云うには稍重すぎる欠点をもつているのである。

図-3 電磁肉厚測定器断面図(単位mm)

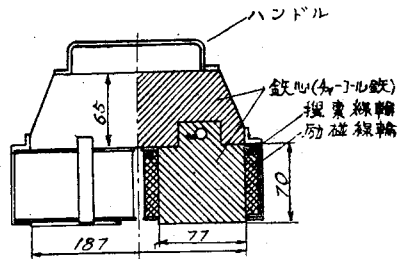


図-4 配線図

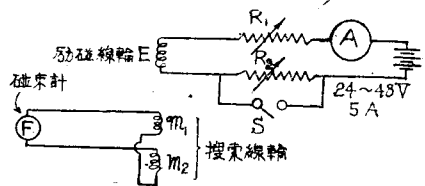
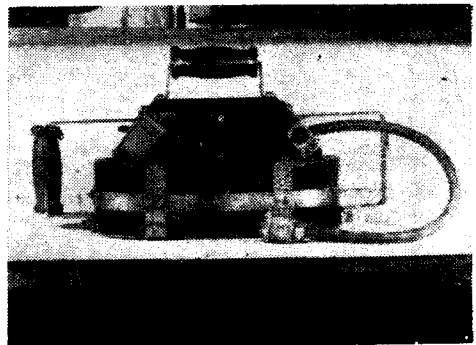


写真-1 電磁肉厚測定器(接触子と呼ぶ)



測定器の構造及び配線は図-3,4, 写真1-3に示す。此の肉厚測定器によつて之まで調査した水圧鋼管は5ヶ所10本、延長約2000mであるが、現場計測作業及びその結果の整理方法に就いては別の機会にゆづりこゝでは室内実験の結果を紹介する。

2) 高橋正一、杉浦謙治、南井光雄、鐵板厚サ磁氣測定器について、電氣試験所彙報、第4巻、第12號、昭和15年12月、p.799~809  
3) 内藤正、井元鑑二、鐵板厚サ測定器について、電氣試験所パンフレット、昭和24年8月、p.32~49

写真-2 接触子鉄心

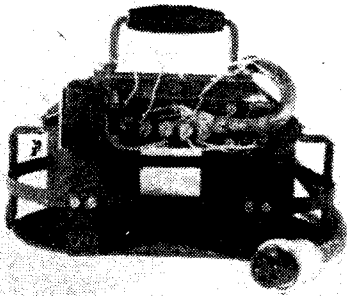


写真-3 接触子線輪(左)及び鉄心接触面(右)

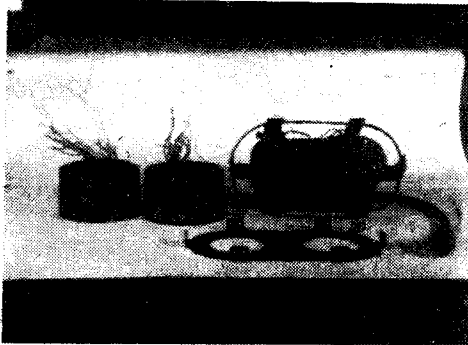
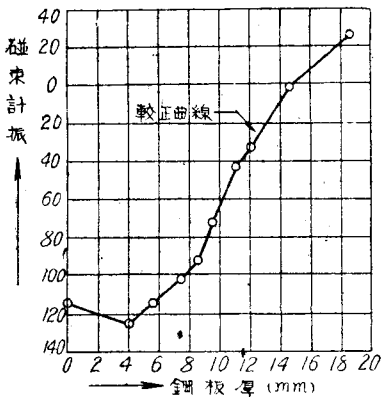


表-1 鋼板厚測定値

公称厚 mm	マイクロメ ーターによ る厚 mm	磁束×10 <sup>4</sup> maxwell	較正厚 mm	誤差 mm	誤差率 %
4.0	4.0	22.5	3.9	0.1	2.5
6.0	6.0	35.0	6.2	-0.2	-3.3
8.0	7.5	39.0	7.1	0.4	4.7
8.0	7.5	39.6	7.2	0.3	4.0
8.0	7.5	39.6	7.2	0.3	4.0
9.0	8.8	49.5	8.9	-0.1	-1.1

図-5 較正曲線



(1) いろいろの厚サの鋼板の厚サを先づマイクロメーターで確め、次に肉厚計によつて測つた結果を表一

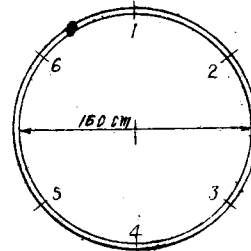
1に示す。図-5は較正曲線である。しかしマイクロメーターによる計測は板の周辺に沿うたものであり、肉厚計による計測は周辺から20cm以上離れたところで行ひ同一箇所でないから両者の計測値を比較して精度を云々することは厳密には無理であるが、5%以内にあるものと考えてよいであろう。

(2) 考朽のため切取つた水圧鋼管の一部分の肉厚測定の結果を表-2図-6に示す。

表-2 水圧鋼管肉厚測定値

測点	磁束×10 <sup>4</sup> maxwell	較正厚 mm	摘 要
1	42	7.3	設計厚8mm
2	44	8.1	腐蝕した現在の厚サは切断
3	43	8.0	した端部にて6~7mmで
4	39	7.1	ある。
5	35	6.2	
6	39	7.1	

図-6 鋼管測定點



5. 測定器の特性 此の測定器は今後各方面に用途を拡げてゆくと思うが、水圧鋼管に利用した者の立場から其の特性を列記する。

(1) 鋼板の材質の影響をうけない。即ち炭素含有量が異つても、或は熱処理の如何によつても測定値が変動することはない。

(2) 鋼板と計器(接触子)間の空隙は1mmまでは差支えない。従つて塗料がこれ以上に厚く塗つてある時は測定精度が低くなる。

(3) 鋼管内面の錆及び流水は非磁性体であるから、鋼管実質厚サだけが測定出来る。

(4) 測定精度は厚サの±5%である。

(5) 計器の表示する厚サは接触面積10cm×20cmの範囲に関するものであつて、内面の凹凸が特に著しくその分布が不規則な場合、如何なる意味をもつた平均値であるか明確でない。

(6) 此の測定器の接触子の重量は12~16kgあるので鋼管上の操作は慎重を要する。地形によつては足場を必要とし、段取り良好であれば1日100点の計測は容易である。

(7) 蓄電池又は安定な直流電源を必要とする。

(8) 磁束計の指針は常に浮動しているが、その瞬間の読みをとるのであるから個人差のおそれがある。

6. 電磁肉厚測定方法の経済的価値

電磁肉厚測定方法の長所は水を通したまゝ測ることが出来しかも鋼管に何等傷を残さないところにあつて孔をあけて測る方法とは全然物理的に異なるため経済的比較をするにも条件の選び方によつて結果が著しく異

(33頁へ)