

# 吊橋ハンガーロープ (C.F.R.C) の全磁束法による非破壊調査と強度試験

本州四国連絡橋公団 正会員 吉田好孝 本州四国連絡橋公団 横沼庸助  
 本州四国連絡橋公団 前田泰男 (株)本四エンジニアリング 若狭信明  
 東京製綱(株) 守谷敏之

## 1. まえがき

吊橋において主ケーブルに荷重を伝達するハンガーロープは重要な構造要素の一つであり、その耐久性や腐食の進行状況には常に注意を払わなければならない。特に長大なハンガーロープの撤去交換は容易ではなく、その費用も多大なものとなる。そのためハンガーロープの劣化状況を現位置で確認できると、維持管理上非常に有効である。非破壊調査の一つにロープに強い磁界を与え、ロープ断面に生じる磁束を計測することにより健全な断面積を推定する方法(全磁束法)があり、今回その方法を初めて吊橋のハンガーロープに試験的に応用した。調査対象としたハンガーロープはバンドに鞍掛けしており、一般部は架設直後にゴンドラを用いて刷毛塗り塗装し(塩化ゴム系5層)、ソケット上面より約1.5mの範囲は架設前に工場塗装を行っている。中央径間部支間中央付近の1格点(鞍掛けされたハンガーロープ2本)を選定し、全磁束法による非破壊調査を行うとともに、そのハンガーロープを撤去後、工場において解体し、引張強度及び腐食調査など各種の調査試験を実施した。

## 2. 全磁束法による測定

全磁束法はハンガーロープに作用させる磁界の強さを増していくと、それに伴い次第にロープ軸方向の磁束が飽和状態になる現象を応用したものである。ハンガーロープは直径 54mmのC.F.R.Cで、全長(無応力長)13,661mm及び13,750mmである。その断面は外層、内層及び芯部から構成されている(図-1)。全磁束法による現地計測及びハンガーロープ撤去後の室内計測結果を、新規製作したハンガーロープに対する差として図-2に示す。

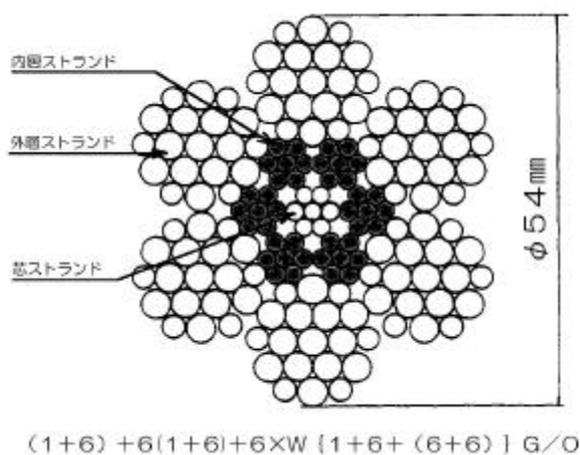


図-1 ハンガーロープ断面構造

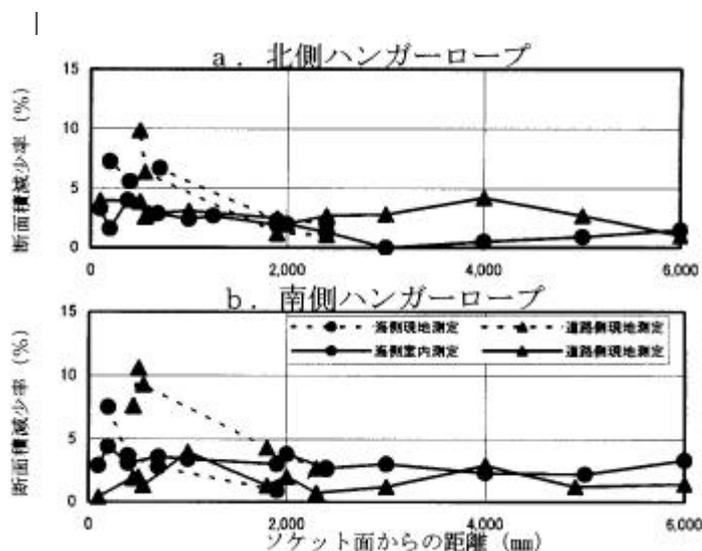


図-2 全磁束法による測定結果

## 3. ハンガーロープ解体調査

2本のハンガーロープの内1本を解体し、素線について引張試験等を実施した(表-1)。外層の素線ではねじり回数で基準値を下回るケースがあったが、引張強さは基準値以上である。内層及び芯部では引張強さの他に伸び、ねじり回数で基準値以下のケースが見られたが、概ね基準値を上回っていた。

キーワード：吊橋, ハンガーロープ, C.F.R.C, 非破壊調査, 全磁束法

連絡先：〒722-0073 広島県御調郡向島町6904, TEL.0848-44-3700, FAX.0848-44-7609

他の1本のハンガーロープを海側部、車道側部及び鞍掛け部に三分割し、それぞれ引張破断試験を実施した。表-2にその結果を示す。前述の解体調査で最も腐食が進行していた箇所は、車道側でソケット上面から約4mの位置であったが、破断試験の結果は良好であり、当初製作時の試験結果に比べ破断荷重の低下は認められなかった。

表-1 素線の強度試験等

位置	線径 (mm)	引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	ねじり (回)	亜鉛付着量 (g/m <sup>2</sup> )	備考
外層	4.18~4.20	162.0~164.3	3.8~7.4	3~25	277~323	試験体数9
内層	2.42~2.50	146.9~171.2	1.2~6.2	1~24	184~296	試験体数9
基準値	4.16(2.44)	160以上	4.0以上	12(14)以上	270(210)以上	( )は内層に対する値

表-2 ハンガーロープ破断試験

ハンガーロープの 部 位	伸び量 (mm)	弾性係数 (104kgf/mm <sup>2</sup> )	破断荷重 (t)	に対する比
海側	215.3	1.13	226.4	0.989
鞍掛け部	258.3	1.02	231.8	1.012
車道側	222.7	1.12	229.3	1.001
製作時の試験値	-	1.50	229	-

注：左表で「製作時の試験値」の数値は、これらのハンガーロープ製作時に実施した13体の試験結果の平均値であり、その分布は227~233tであった。

#### 4. 結果のまとめ

調査試験の対象としたハンガーロープは2本であり、この結果が直ちに吊橋全体を総括するものではないが、概ね以下のような結論が得られた。

- 1) 非破壊調査(全磁束法)により同一点の現地計測と室内計測を比較すると、全14点中12点において現地計測の方が大きな断面積値を示し、その差の絶対値の平均値は3.74%であった。この差は破断試験による強度の差よりは大きな値となった。誤差の要因としては定着部の鋼製リブや主構部材など、ハンガーロープ近傍に磁性体となる鋼構造物が存在することが考えられる。全磁束法の実用化に当たっては、一層の精度向上が必要と考えられる。
- 2) 外観調査ではハンガーロープの定着部(ソケット上面付近)において腐食が見られたが、内層及び芯部において最も腐食の進行していた箇所は、定着部より上方約4mの位置であった。この原因は主に塗膜の劣化あるいは破損が影響していると考えられる。なお鞍掛け部は外観及び内部とも健全であった。
- 3) 各素線の強度試験では、内層及び芯部に当初の基準値を下回るものがあったが、大きな断面欠損部は存在しなかった。現時点で腐食がハンガーロープの耐久性に影響を与えるという状況ではない。
- 4) ハンガーロープの破断試験では、製作当時の試験結果と比較して破断強度の低下は認められなかった。撤去ハンガーロープの破断荷重は許容破断荷重  $P_a = 198t$  を大きく上回っており(1.14~1.17倍)、今後長期にわたり耐荷力上の問題はないと判断できる。これは荷重のほとんどを外層ストランドが負担しているからである。
- 5) 腐食生成物(錆)の定性定量分析では、炭素C、マグネシウムMgなど15種類の元素を検出した。外層ストランドにおいてナトリウムNaが重量比で1.736%検出されたものの、内層あるいは芯部の腐食部分では検出されなかった。現時点ではハンガーロープ内部の腐食は、海塩粒子あるいは凍結防止剤(塩化ナトリウム溶液)と強い関係がないと推定される。

参考文献 1) HBSケーブル材料規格・同解説、本四公団、平成3年9月

2) 吉田・横沼・小林・明田：吊橋(因島大橋)のハンガーロープ撤去時の影響解析、土木学会第54回年次学術講演概要集I-A、平成11年9月