

腐食した実吊橋主ケーブルの長手方向の腐食調査

岐阜大学 学生会員 ○矢野 義知, 正会員 木下 幸治, (株)興栄コンサルタント 正会員 畑佐 陽祐
岐阜大学 正会員 宮地 一裕, 舞鶴工業高等専門学校 正会員 玉田 和也

1. はじめに

吊橋や斜張橋などの吊り形式橋梁に用いられる主ケーブルやハンガーロープ, 斜ケーブルは, 主桁を支える命綱であり, 長期の耐久性が求められる. ケーブルに使用される鋼線には亜鉛めっきが施され, 耐食性の向上が図られているが, 吊橋の主ケーブルやハンガーロープ, 斜張橋の斜ケーブルが腐食した事例が国内外で多数報告されており深刻な問題となっている¹⁾²⁾. 既往の研究¹⁾において, 米国 Bear Mountain 橋で 77 年間供用されたハンガーロープの外側ストランドおよび中心ストランドの腐食調査が行われ, 外側ストランド内部では赤さびが生成されていることが明らかとされている. 一般に複数の素線が束ねられたケーブル内部の腐食状況を外観のみから評価することは非常に困難であることから, このような実ケーブルの解体調査, 特に内部の素線 1 本 1 本の腐食状況に至るまで詳細に明らかにすることは, 今後我が国の吊橋の健全性評価を行う上で非常に有用と考える.

そこで, 著者らは, 実吊橋で供用されていた主ケーブルの腐食状況を明らかにすることを目的として, 実吊橋主ケーブルの目視による長手方向の腐食調査を行った³⁾. その結果, ある区間における解体調査により主ケーブルの腐食状況は, 断面間のねじれの影響により腐食状況が変化することを明らかとしたが, 調査は一区間に留まっていた. 本概要では, 著者らの既往研究³⁾に継続し, 主ケーブルの長手方向の腐食状況について明らかとした結果を述べる.

2. 既往の腐食状況の調査結果³⁾

2. 1 対象とする実橋梁主ケーブル諸元

本橋は静岡県県の山間部東西方向に架設され, 架設後 50 年以上供用された吊橋である. 海岸部から 50 km 以上離れた場所に位置していることから, 飛来塩分に起因した

腐食性の低い環境が想定される. 図 1 にハンガー定着部における主ケーブル全体の断面とそれぞれの主ケーブル配置位置を示す. 主ケーブルは, $\phi 65$ mm のワイヤーロープ (以下, ロープ) 6 本で構成されており, 上段, 下段に 3 本ずつ定着された構造となっている. 1 本のロープは中心ストランド 1 本と外側ストランド 6 本で構成されており, それぞれ亜鉛めっきが施された素線 37 本を Z 撚りで撚り合わせて構成されている. ここでは, 上段ロープ 3 本を No.1, No.2, No.3, 下段ロープ 3 本を No.4, No.5, No.6 とした.

2. 2 ロープの腐食状況調査

ロープ表面の腐食状況を図 2 に示す. ロープ表面に鉄特有の赤さび (以下, 赤さび) が確認されることから, 赤さびの分布割合を腐食度として定義する. ロープ No.1, No.2, No.4, No.5 上面において全面的に腐食度が大きいことが確認され, 側面・下面の順に腐食度が小さい傾向にあった. 特にロープ No.5 の腐食度が一番大きかったため解体調査を行った. ロープを切断し, 外側ストランド, 素線の順に 1 本ずつ解体しケーブル内部の腐食調査を実施した. 本ロープはストランドを撚り合わせて構成されているため, ストランドの配置が長手方向に向けて周期的に変化する. 正六角形に配置される外側ストランドの頂点が 1 つずれるのに要する延長は約 160 mm であったため, ここでは切断長をその半分である 80 mm とした. また, 腐食状況調査箇所は切断部から 20 mm 間隔で調査し, 各断面に集約している. 表 1 に既往の研究⁴⁾で用いられている 4 段階の腐食レベルと本ケーブルで見られた腐食を示す. 腐食状況を可視化するため, 既往の研究で用いられている腐食レベル⁴⁾を用いて, 腐食状

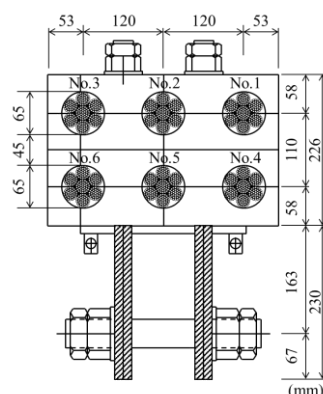


図1 主ケーブル断面図面

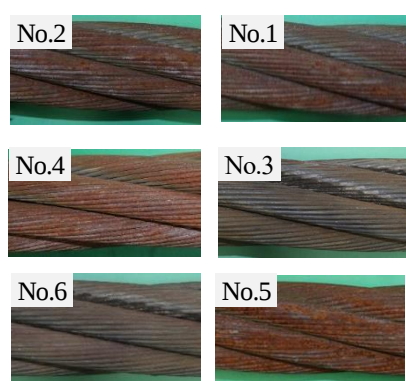


図2 ロープ表面の腐食状況

表1 腐食レベル分類

腐食 レベル	亜鉛メッキ鋼線の外観		
	既往文献 ⁴⁾	内部素線	表面素線
初期			
1			
2			
3			

況の分布図を作成した。

図3にロープ No.5 の断面の腐食状況を腐食レベルごとに色分けした図を示す。切断面はハンガー定着部側をA断面、逆側をB断面とした。A断面を見ると、上面ストランド①については、表面および内部にまで赤さびが進行している状態であった。下面ストランド④については、表面はほぼ白さびで覆われているが内部では赤さびが確認された。側面ストランド②、③、⑤、⑥については、内部に赤さびは発生していなかったが②、⑤、⑥表面には赤さびが確認された。一方、中心ストランドについては、腐食は見られなかった。B断面を見ると、A断面同様に、外側ストランド上面から側面にかけて赤さびが広範囲に分布していること分かるが、上面ストランド①、⑥について、ストランド①では、B断面の方がA断面よりも内部の腐食レベルが若干小さくなっていることがわかる。一方、ストランド⑥ではB断面においても内部に赤さびは発生してはいないが外側の腐食レベルが若干大きくなることわかる。これは、A、B断面間のねじれの影響により、ストランド①は側面に、ストランド⑥は上面に移動してきたことにより腐食レベルの変化がみられると考えられる。さらに、ストランド②、③、④、⑤について、長手方向にねじれることにより腐食レベルの変化が認められる。中心ストランドについては、A、B断面ともに腐食は見られなかった。

3. 長手方向の腐食調査結果

図4にロープ No.5 の長手方向の腐食状況と切断位置を示す。図5にロープ No.5 の長手方向の腐食調査の結果を示す。図3(a)をストランド①が上側にあるA断面としたとき、図5(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれストランド①が右側面に移動したC断面、ストランド①が下側に移動したD断面、ストランド①が左側面に移動したE断面、ストランド①が再び上側に移動したF断面とする。A断面において上側にあったストランド①について、ストランドが上側から右側面に移動したC断面ではA断面よりも外側及び内部の腐食レベルが若干小さくなっている。右側面から下側に移動したD断面ではC断面よりも外側及び内部の腐食レベルが若干大きくなっている。下側から左側面に移動したE断面ではD断面より、外側及び内部の腐食レベルが若干大きくなっており、再び上側に戻ったF断面では内部の腐食は小さくなっているが外側の腐食レベルは若干大きくなっている。A断面において下側にあったストランド④についても、下側から左側面に移動したときに外側及び内部の腐食が大きくなり、左側面から上側に移動したときに外側の腐食が大きくなっている。また、上側から右側面に移動したときに外側及び内部の腐食レベルが若干小さくなっており、右側面から下側に移動したときに外側及び内部の腐食レベルが若干大きくなっていることから、ストランド①と同様の傾向を示している。A断面とF断面を比較したとき、ど

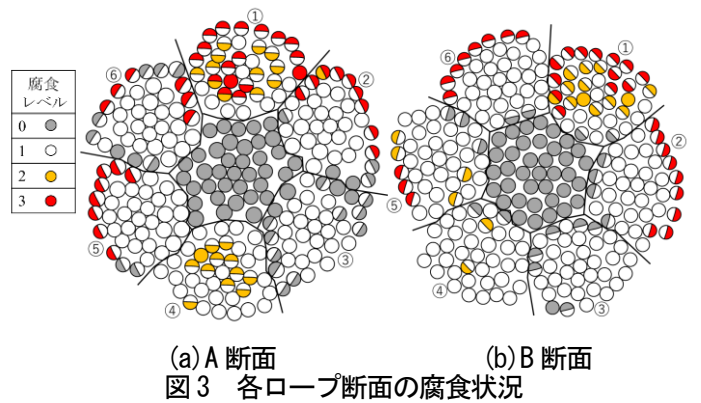


図3 各ロープ断面の腐食状況

図4 ロープ No. 5 の腐食状況と切断位置

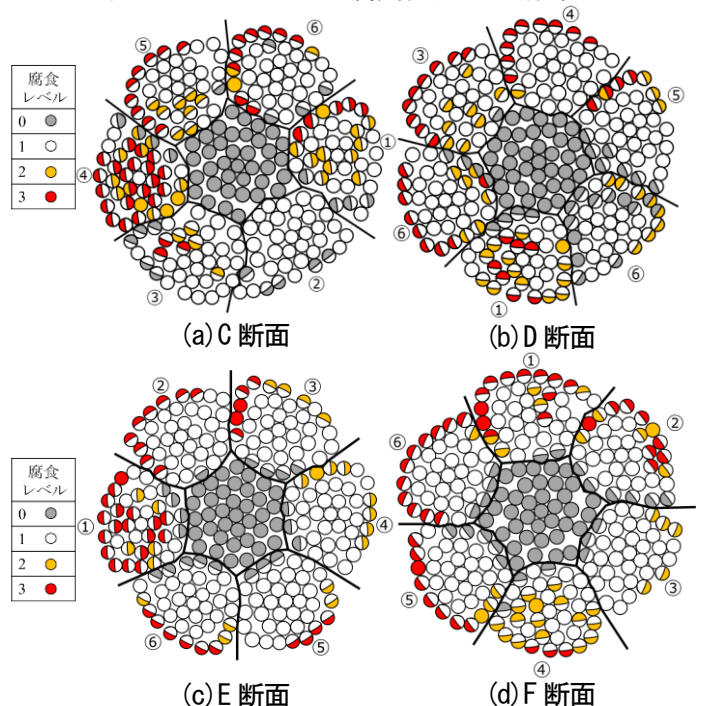


図5 ロープ No. 5 の長手方向の腐食状況

ちらも上面ストランド内部では腐食が見られ、外側ストランド下面では内部に赤さびが見られる。中心ストランドについてはどの断面においても腐食は見られなかった。

4. 結論

- ・主ケーブルの長手方向の腐食調査の結果、あるストランドが常に腐食することではなく、ストランドの位置の変化によって、腐食状況も変化することがわかった。
- ・中心ストランドは、長手方向においても腐食は見られず健全な状態で保持されていたことが明らかとなった。

参考文献: 1)鈴村ら: 77年間供用された吊橋ハンガーロープの引張強度および腐食調査, 土木学会論文集, Vol.58, No.728, pp.67-77, 2003.2)古家ら: 吊橋ケーブルの腐食機構に関する研究, 土木学会論文集, Vol.45, No.637, pp.103-114, 1999.3)宮地ら: 腐食した実吊橋主ケーブルの腐食調査, 鋼構造年次論文報告集, pp.768-775, 2018. 4)鈴村ら: 腐食した亜鉛めっき鋼線の疲労特性, 土木学会論文集, pp.614-622, 2006.