

# 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

鈴木恵太<sup>1</sup>・中村俊一<sup>2</sup>・Roger Q. HAIGHT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 新日本製鐵(株)相模原技術開発部 マネージャー (〒229-1131 相模原市西橋本 5-9-1)

<sup>2</sup>正会員 Ph.D. 東海大学教授 工学部土木工学科 (〒259-1292 平塚市北金目 1117)

<sup>3</sup>Parsons, Parsons Transportation Group Inc., Project Manager (110 Williams Street, New York 10038, USA)

米国 Bear Mountain 吊橋において 77 年間供用されたハンガーロープを撤去し、その引張強度および腐食状況を調査した。撤去ハンガーの引張試験を実施したが、建設時に得られていた引張強度とはほぼ同一値を示した。引張試験後、ハンガーロープを解体し、腐食状況を目視および光学顕微鏡で調査した。外側ストランドの内層亜鉛めっき鋼線に鉄錆が発生していた。一方、中心ストランドでは亜鉛めっきの腐食が認められたものの鉄錆の発生は認められなかった。腐食のメカニズムは、外面塗膜のひび割れ部から侵入した水分がロープ内部に滞留し、腐食しやすい環境を形成し、濡れによって腐食が進行したと推定された。本吊橋は低気温・低湿度の田園地帯に位置し、腐食性の低い環境にあったため腐食は軽微であったと考えられた。

**Key Words:** suspension bridges, hanger rope, corrosion, galvanized wires, Bear Mountain Bridge

## 1. はじめに

吊橋ハンガーロープは、補剛桁と主ケーブルを連結する部材であり重要な構造要素である。しかし、世界的規模で、その腐食事例が数多く報告されている<sup>1),2)</sup>。近年、我が国の因島大橋においてもハンガーロープの腐食が発見され問題となっている<sup>3)</sup>。これまで、水が滞留しやすいハンガーロープ定着部付近が腐食しやすいと言われてきたが、因島大橋ハンガーロープでは、一般部においても腐食が発見されている。

ハンガーロープには、亜鉛めっき鋼線をより合わせストランドとし、そのストランドをさらにより合わせてロープとするいわゆるストランドロープが一般的に用いられている。このような複雑な構造のため、ハンガーロープ内部がどのような腐食環境になっているのか不明な点が多い。さらに、部位によって腐食発生状況が異なり、腐食メカニズムは解明されていない。また、ハンガーロープには活荷重や風荷重などによる発生応力振幅が大きく、疲労の問題が懸念される。腐食したケーブルやロープは疲労強度が低下することが指摘されており<sup>4)</sup>、腐食調査は重要である。

筆者らは、米国 New York 州にある Bear Mountain 橋<sup>1)</sup>のハンガーロープ調査プロジェクトに参加する

機会を得た。本橋は 1924 年に建設された 2 ヒンジ吊橋である<sup>1),5)</sup>(図-1, 図-2)。中央スパン 497m の道路橋で、2 車線および 2 歩行者線を有する。本橋は Hudson River を横断しており、New York City の 65km 北の田園地帯に位置している。米国には多くの古い吊橋があり、それらの吊橋で主ケーブルやハンガーロープの腐食が発見されており、その腐食対策が重要な課題となっている。

Bear Mountain 橋においても、主ケーブルの腐食が発見され補修が実施されているが、ハンガーロープは建設時のものが供用されている。図-3 にハンガーロープ構造の概略図を示す。本研究では、建設時から 77 年を経過したハンガーロープを撤去し、引張試験によりその機械的強度を把握する。つぎに、ハンガーロープを解体し、外部および内部を目視および光学顕微鏡により腐食状況を詳しく調査・分析する。さらに、本腐食調査に基づき、ハンガーロープの腐食原因・腐食過程および腐食メカニズムを推定する。

我が国の吊橋の歴史は比較的浅く、長期間供用された Bear Mountain 橋のハンガーロープの健全度調査は、我が国吊橋のハンガーロープの安全度評価や維持管理にきわめて貴重な情報を与えるものと考えられる。

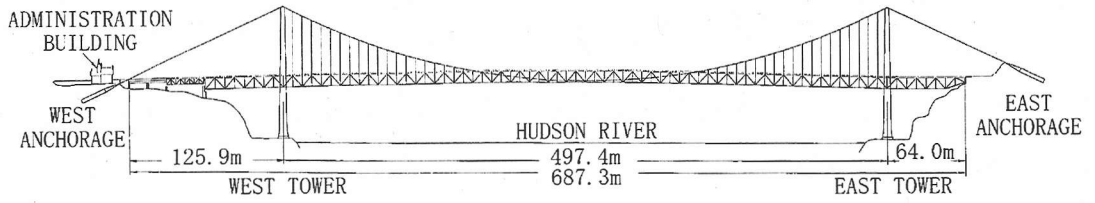


図-1 BEAR MOUNTAIN 橋

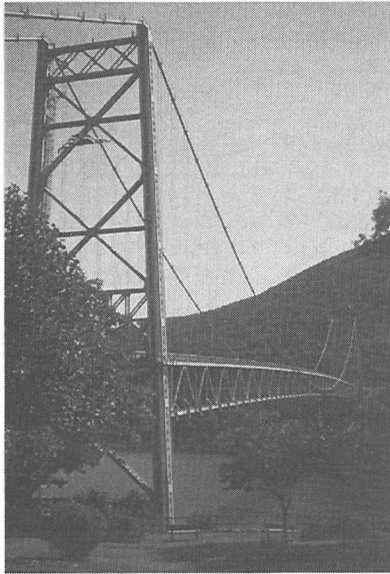


図-2 Bear Mountain 橋

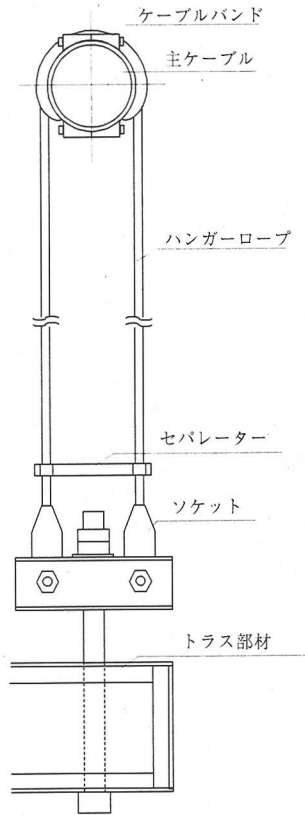


図-3 ハンガーロープの構造

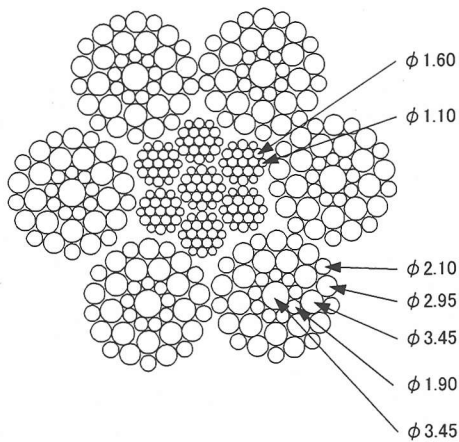


図-4 ハンガーロープの断面

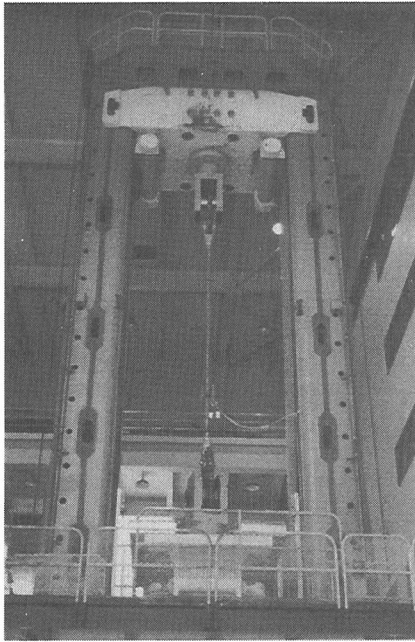


図-5 引張試験状況

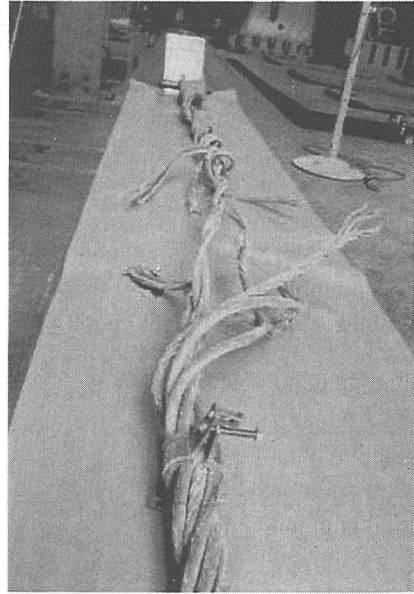


図-6 試験片の破断状況

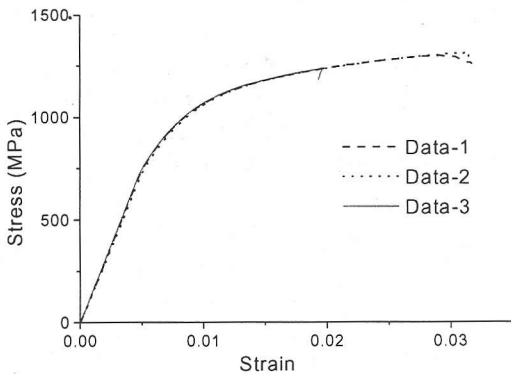


図-7 引張応力と変位の関係

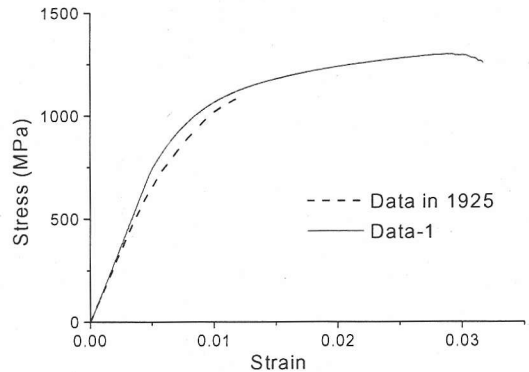


図-8 初期試験との比較

## 2. 破断試験

本橋は80年以上前に設計されており、その詳細な設計諸元は不明である。したがって、ハンガーロープの構造は、実物の計測により推定した。ハンガーロープ断面を図-4に示すが、中心ストランドを6本の外側ストランドが取り囲んでいる。ロープ外径は57.2mmである。中心ストランドは、直径1.1mmと1.6mmの19本の亜鉛めっき鋼線で構成されている。外側ストランドは、直径1.95mm-3.45mmの37本の亜鉛めっ

き鋼線で構成されている。総断面積は15.38cm<sup>2</sup>である。

実橋より撤去したハンガーロープを3m長に切断し、その両端にソケット付けし、3体の試験体を製作した。引張試験は、Lehigh大学Fritz Laboratoryの試験機で実施した(図-5)。載荷荷重はロードセルで、変位量は試験機に内蔵されている変位計で測定した。同時に、試験体に2.54m長の細い鋼線を沿わせ、荷重とともに変化する電気抵抗を測定することにより試験体の伸びを測定した。試験片の破断状況を図-6に示すが、載荷荷重の増大とともに素線が切

れ始め、最後はごう音とともに数本のストランドが一気に破断した。

測定された試験体の引張応力・ひずみ関係を図-7に示す。3体とも、ひずみが0.005に至るまでは線形的に増加し、その後非線形的な増加に転じ、1体はひずみ0.019で、後の2体はひずみ0.031で破断した。ちなみに、道路橋示方書<sup>9)</sup>での伸びの許容値は0.003である。初期のヤング係数は $1.487 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>であったが、これは道路橋示方書に示されている値 $1.37 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>より若干高い。引張応力は1,192MPaから1,261MPaの範囲であったが、これは道路橋示方書に示されている1470MPaよりは若干低い。実験結果を総合すると、これら77年間供用されたハンガーロープは、我が国で規定されている強度にほぼ匹敵している。

建設時に、使用されたものと同一のハンガーロープの引張試験が実施されている<sup>5)</sup>。今回の実験結果との比較を図-8に示す。建設時の実験では、ひずみ0.013で試験が終了しており破断には至っていない。建設時の試験体は、ひずみが0.003までは比例増加し、それ以降は非線形的に増加している。初期のヤング係数は今回の試験とほぼ同一であるが、比例限以降は今回の実験結果が上回っている。これは、建設時の試験体に導入されたプレストレス力が、供用されていたハンガーロープの導入プレストレスより低かったためでないかと推定される。この実験結果から、77年間供用されたハンガーロープは、初期のものに比較して強度低下は認められなかった。

### 3. 腐食調査

#### (1) 外側ストランドの腐食調査

引張試験後の試験体を解体し、腐食状況を調査した。なお、引張試験体作成時に撤去されたハンガーロープの塗膜は除去されていたため、塗膜の健全度は評価できなかった。

解体された外側ストランドを図-9(a)に示す。外側ストランドの外表面は、塗装面と中心ストランドに接する部位が交互にあらわれているが、いずれもやや灰黒色の鈍い光沢がある程度で、鉄錆の発生は認められなかった。

破断部付近では、亜鉛めっき鋼線がばらけており、ストランド内部が観察できる。これを図-9(b)に示すが、内部の亜鉛めっき鋼線は亜鉛の腐食生成物に覆われており、一部鉄錆の発生も伴っていることがわかる。

さらに、破断部から離れた一般部分の外側ストランドを構成しているすべての亜鉛めっき鋼線を解体した。これを図-9(c)に示すが、内部ほど全面が白色の亜鉛の腐食生成物に覆われ、点状に認められる鉄錆の分布が増加している傾向が認められた。

#### (2) 中心ストランドの腐食状況

解体された中心ストランドの外観を図-10(a)に示す。外表面は、比較的規則的に亜鉛腐食生成物が付着した白い部分と、亜鉛腐食生成物のない灰白色部からなっている。鉄錆の発生はごくわずかに1mm径程度の点状の分布が認められる程度であった。

破断部付近のばらけた部分を図-10(b)に示す。ストランド内部を観察すると、構成されている7本の小ストランドの腐食外観は、前述した腐食状況とほぼ同等であった。

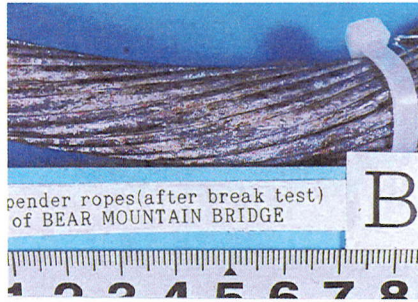
小ストランドをさらに解体したものを図-10(c)に示す。7本の小ストランド毎の差はほとんど認められず、小ストランドの表層は局部的に白色の亜鉛の腐食生成物に覆われていたが、小ストランド内部は全面が白色の亜鉛の腐食生成物に薄く覆われている程度で、鉄錆の発生は認められなかった。

#### (3) 光学顕微鏡による外側ストランドの断面調査

外側ストランド断面の光学顕微鏡写真を図-11に示す。芯亜鉛めっき鋼線は $\phi 3.45$ 、芯から1段目は $\phi 1.9$ が9本、2段目は $\phi 3.45$ で9本、3段目(表層亜鉛めっき鋼線)は $\phi 2.10$ と $\phi 2.95$ の各9本が交互に配置されていた。

外側ストランドの表層(図-11のA部)の拡大図を図-12に示す。亜鉛めっき層はいずれも20~30 $\mu$ m程度残存しており、平均的に消費されていることがわかる。ストランド内部(図-11のB部)の拡大図を図-13に示す。亜鉛めっき鋼線間の隙間部分に腐食が認められ、亜鉛めっきが腐食により消費され、地鉄まで腐食が進行している。腐食部(図-13のC部)の拡大図より、地鉄の腐食は最大深さで0.1~0.2mm程度であることがわかる。

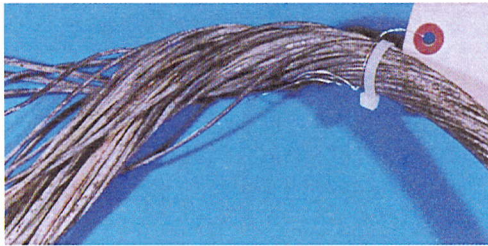
なお、初期のめっき厚みは不明であるが、一般的な線材の溶融亜鉛めっき厚みと、今回腐食がごく小さく亜鉛が残存している部分の厚みなどから推定すると、初期には約50 $\mu$ m程度の亜鉛めっきが施されていたものと推定される。これは、現在の我が国における吊橋用の亜鉛めっき厚さと同一である。



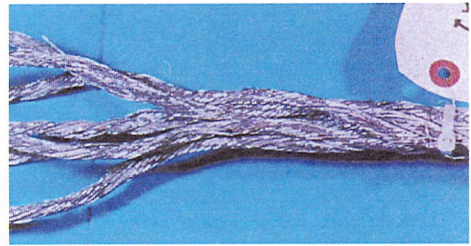
(a)外側ストランド外観



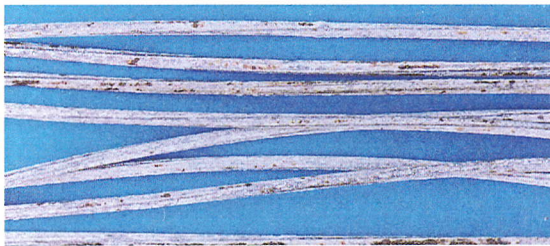
(a)中心ストランド外観



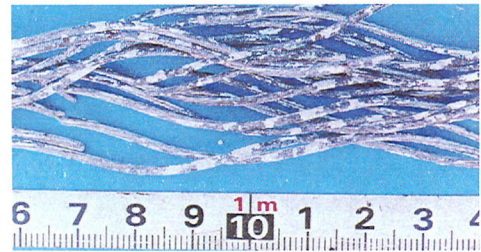
(b)外側ストランド (ばらけた部分)



(b)中心ストランド (ばらけた部分)



(c)外側ストランド内部の亜鉛めっき鋼線



(c)中心ストランド内部の亜鉛めっき鋼線

図-9 外側ストランドの腐食状況

図-10 中心ストランドの腐食状況

腐食程度をより明確に調査するため、異なる腐食外観を示した亜鉛めっき鋼線について、その軸方向断面を観察した。試験片を樹脂に埋め込んだ後、亜鉛めっき鋼線を軸方向に研磨して、軸方向腐食断面を観察する。代表的な3つの亜鉛めっき鋼線の外観と軸方向断面を図-14に示す。ストランド表層の亜鉛めっき鋼線は、亜鉛めっき層が $20\mu\text{m}$ 程度は残存している。一方、ストランド内部亜鉛めっき鋼線で腐食が大きい部位では、亜鉛めっきが完全に消費され、最大腐食深さで $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 程度の地鉄の腐食が認められた。ただし、局所的に腐食が進行するいわゆる「孔食」は見られなかった。また、芯亜鉛めっき鋼線でも亜鉛めっき層がほとんど無くなっていた。

#### (4) 光学顕微鏡による中心ストランドの断面調査

中心ストランド断面の光学顕微鏡写真を図-15に示す。中心ストランドは19本より線7本から構成されている。19本より線は、内部7本が $\phi 1.60$ 、その外側には $\phi 1.60$ と $\phi 1.10$ の亜鉛めっき鋼線が交互に配置されていた。ストランドは表層部、内部にかかわらず、亜鉛めっきは全体的に腐食していた。外観観察より白色の亜鉛の腐食生成物が付着している部分と灰色に見える部分が認められたが、いずれも亜鉛めっきは $25\mu\text{m}$ 程度残存していた。この外観の違いは、単に亜鉛の腐食生成物の付着による違いと考えられる。

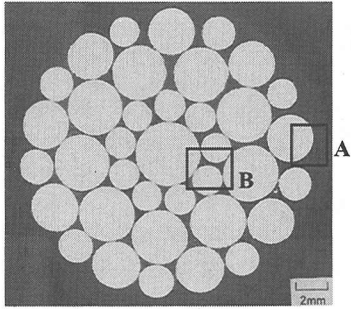


図-11 外側ストランドの断面 (光学顕微鏡)

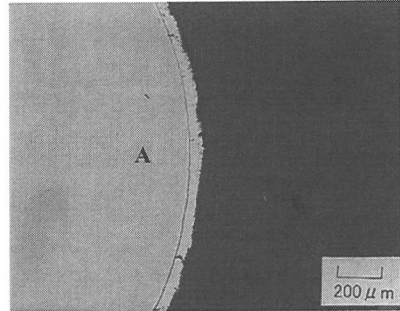


図-12 外側ストランドの表層(A部)

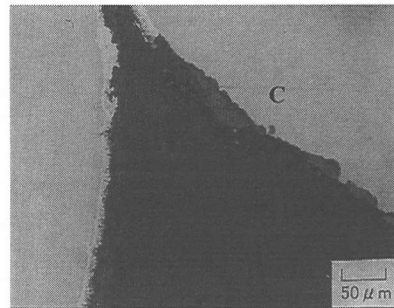
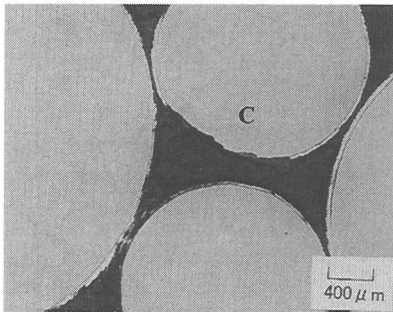
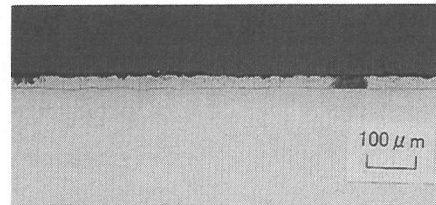
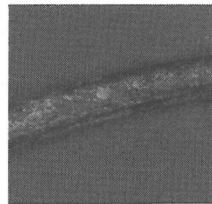
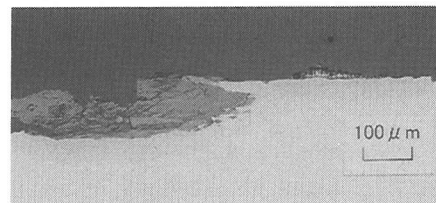
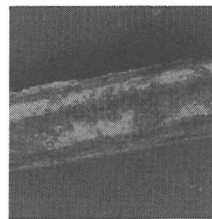


図-13 外側ストランド内部(B部)の光学顕微鏡写真

(a) 表層亜鉛めっき鋼線



(b) 芯亜鉛めっき鋼線  
から1段目



(c) 芯亜鉛めっき鋼線

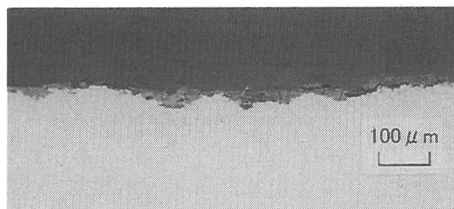
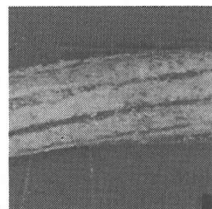


図-14 外側ストランド亜鉛めっき鋼線の腐食外観と軸方向断面光学顕微鏡写真

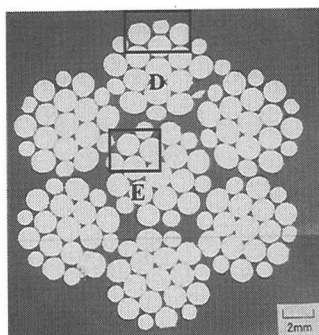


図-15 中心ストランドの断面 (光学顕微鏡写真)

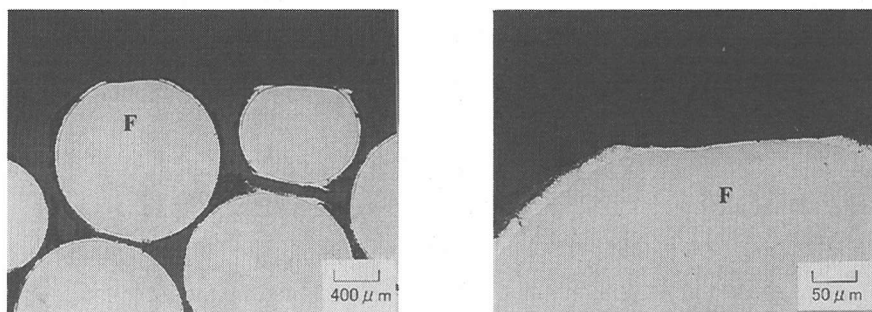


図-16 中心ストランド表層亜鉛めっき鋼線(D部)の光学顕微鏡写真

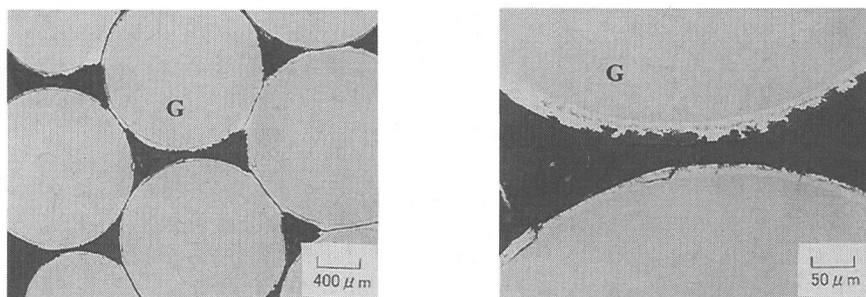
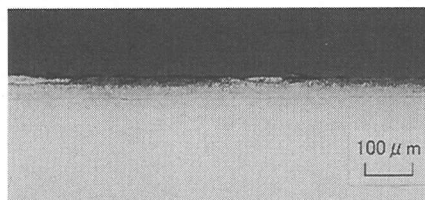
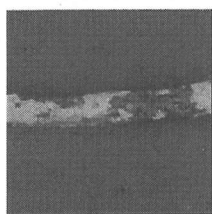


図-17 中心ストランド内部亜鉛めっき鋼線(E部)の光学顕微鏡写真

(a)表層亜鉛めっき鋼線



(b)芯亜鉛めっき鋼線

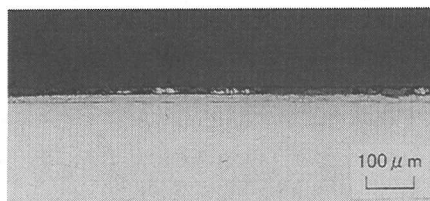
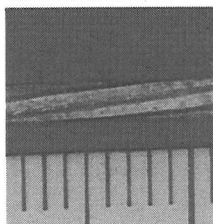


図-18 中心ストランド亜鉛めっき鋼線の外観と軸方向断面光学顕微鏡写真

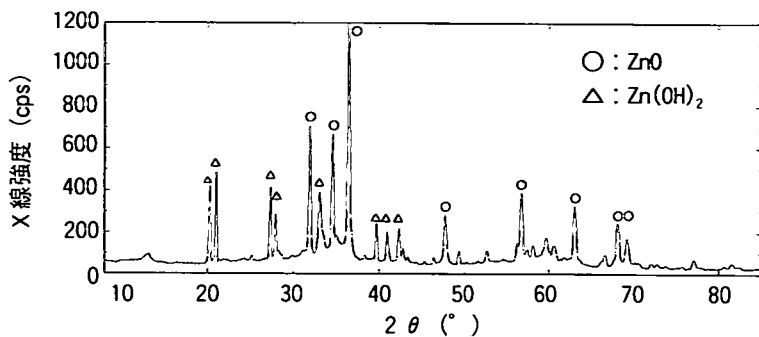


図-19 外側ストランドの腐食生成物

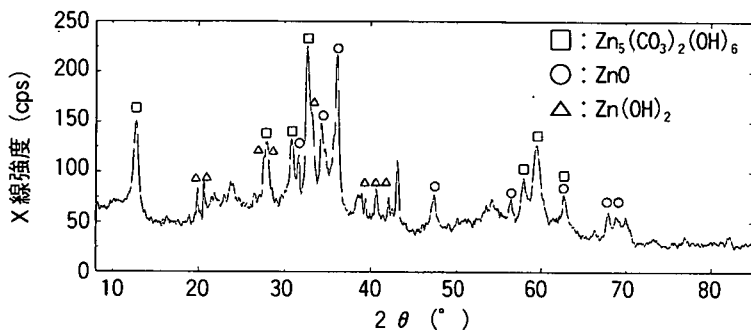


図-20 中心ストランドの腐食生成物

ストランド表層部 (図-15 の D 部) の亜鉛めっき鋼線の拡大図を図-16 に示す。数カ所において、亜鉛めっき鋼線が著しく圧縮変形している部位が認められた。ストランドロープはより線ロープであるため、亜鉛めっき鋼線どうしが一点で交差しており、この交差部で亜鉛めっき鋼線どうしが押しつけ合って圧縮変形していると推定される。しかし、交差部で圧縮変形している亜鉛めっき鋼線表面には、わずかではあるが亜鉛めっき層は残存している。外的に強い力が加わり変形した状態で、亜鉛めっきが消費されたと考えられる。

ストランド内部 (図-15 の E 部) の腐食状況を図-17 に示す。亜鉛めっき鋼線の隙間における腐食は、外側ストランドとは異なり、進行度は低いことがわかる。

中心ストランドについても、腐食程度をより明確に調査するため、代表的な腐食外観を示す亜鉛めっき鋼線の軸方向の腐食断面を観察した。試験片の製作法は外側ストランドで説明した方法と同一である。試験片の外観と、軸方向断面を図-18 に示す。スト

ランド表層および内部の亜鉛めっき鋼線ともに、約 20μm 厚みの亜鉛層が認められる。地铁の腐食は認められず、腐食は軽微であった。

#### (5) 腐食生成物の分析

試験片腐食部から腐食生成物を採取し、その成分を調査した。亜鉛の腐食生成物に厚く覆われ鉄錆の発生が認められた外側ストランドと、白色の亜鉛の腐食生成物が付着している程度で腐食が軽微であった中心ストランドの 2カ所より採取した。それらの腐食生成物の X 線回折を行い、腐食生成物組成を調査した。外側ストランドの結果を図-19 に、中心ストランドの結果を図-20 に示す。

X 線回折の結果より、腐食が大きかった外側ストランドでは ZnO や Zn(OH)₂ が主として検出されたのに対し、腐食が軽微であった中心ストランドでは、ZnO や Zn(OH)₂ よりも Zn₅(CO₃)₂(OH)₆ のように炭酸塩を含む亜鉛の酸化物組成が主として検出された。炭酸塩を含む亜鉛の酸化物は、乾燥時の多い環境で生成し、緻密でバリア性があるため防食効果が高い



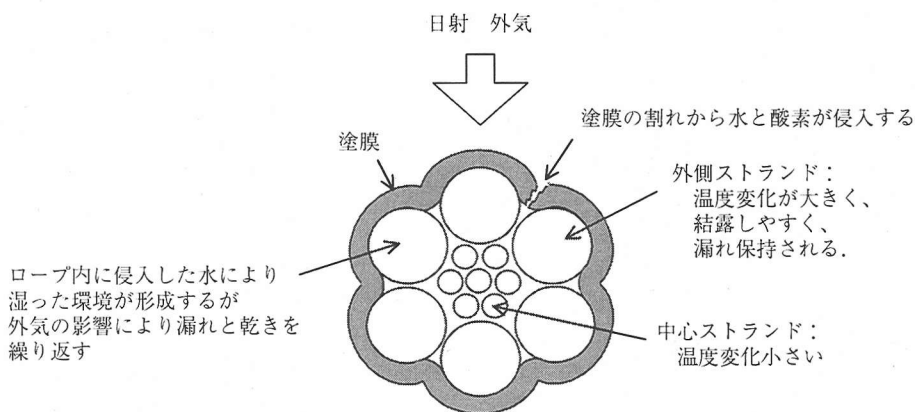


図-21 腐食メカニズムの推定

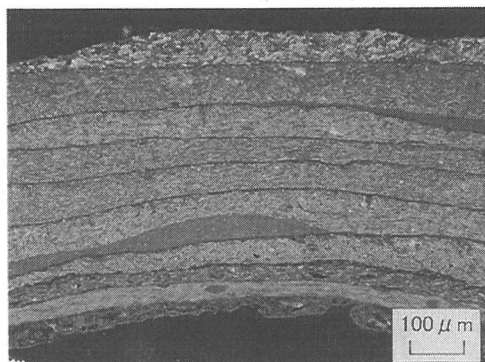


図-22 採取した塗膜断面

といわれている。この傾向は、筆者らが実施した吊橋ケーブルの腐食調査でも発見されており<sup>7)</sup>、腐食が小さかった結果とも一致する。したがって、ハンガーロープ中心ストランドは比較的乾燥状態にあったと推定される。

#### 4. 腐食メカニズムの推定

##### (1) 腐食メカニズムの推定

全体的にみてハンガーロープの腐食は軽度であった。田園地域の腐食速度は一般的に  $10\text{g/m}^2/\text{年}$  (約  $1.5\mu\text{m}/\text{年}$ ) といわれており、77 年間では約  $100\mu\text{m}$  の亜鉛が消費されることとなる。しかし、初期の  $50\mu\text{m}$  の亜鉛めっきが腐食により消費されたのは、外側ストランドの一部のみであった。亜鉛めっきの大気暴露環境における腐食は、温度、湿度などの気候や、海浜部・田園地域など腐食環境などにより影

響される。Bear Mountain 橋は米国ニューヨーク州の田園地域に位置し、湿度や年平均気温も高くはなく、比較的腐食性の低い環境であると考えられる

しかし、外側ストランド内部には鉄錆が認められた。腐食した亜鉛めっき鋼線の引張強度の低下は少ないと報告されているが、その疲労強度は大幅に低下することが予想される<sup>4)</sup>。吊橋ハンガーロープには比較的大きな応力振幅が発生するため、軽度な腐食といっても十分安全であるとは言い難い。

推定されるハンガーロープの腐食機構を図-21 に示す。何らかの原因で塗膜に割れなどの欠陥が生ずると、そこから水が侵入し、ハンガーロープ内部に滞留する。ハンガーロープは全体的に厚い塗膜で覆われており、閉ざされた空間である。したがって、一旦、水が侵入すると抜けにくく、湿った腐食環境を形成したと考えられる。

ハンガーロープは日射や温度・湿度など外気の影響により濡れ乾きを繰り返すが、数多くの亜鉛めっき鋼線が束ねられた複雑な構造ゆえに、濡れ乾きの状態はハンガーロープ部位により異なると考えられる。外側ストランドでは、外気や日射による温度変化が大きく、結露しやすく濡れが保持されるため腐食が大きかったと推定される。一方、中心ストランドは温度変化が小さく結露しにくかったことが腐食状況および腐食生成物の調査結果より推定される。

以上のように、77 年間供用されたハンガーロープにもかかわらず、その腐食程度は小さかった。その理由は、低湿度・低湿度など腐食性の低い気候条件であったこと、都市部や海浜部ではないため有害物質が少なかったこと、古い塗膜の遮断性が低かった

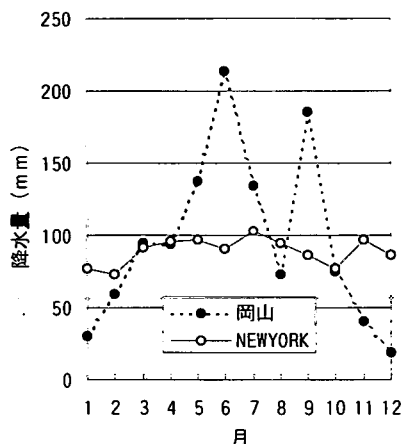
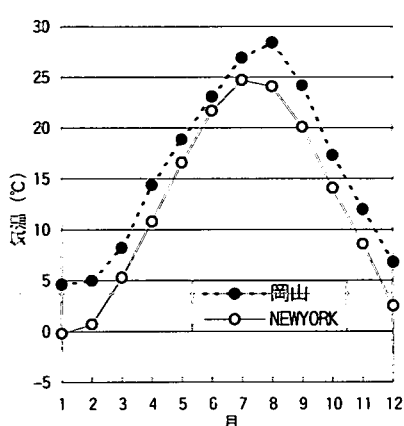


図-23 ニューヨークと国内の気温と降水量の比較

可能性のあることなど、乾燥しやすい状態にあったと推定された。

また、維持補修がゆきとどいていたことも腐食の少なかった一因であると考えられる。採取した塗膜の断面を図-22に示すが、塗膜層は10以上にわたっており、何度も塗り替えられていた様子がわかる。

## (2) 因島大橋ハンガーとの比較

我が国においては、因島大橋のハンガーロープが、約17年間と短い供用期間にもかかわらず、ハンガーロープ内部の腐食が進行していた<sup>3)</sup>。腐食はソケット部近傍で大きかったが、一般部でも認められた。ハンガーロープ断面では、外層ストランドの塗装面は健全であったが、内層ストランドとそれに接する面には赤錆が発生していた。おそらく、塗膜欠陥部から侵入した水がロープ内部に湿った腐食環境を形成し、特に水の溜まりやすく乾燥しにくい部位において腐食が進行したものと推定される。

図-23は、1961～1991年のニューヨークと岡山の月平均気温と月別降水量をまとめた結果である。日本国内のハンガーロープの腐食が Bear Mountain 橋に比べ著しく大きかったのは、日本では梅雨時期に温度が高く、かつ湿った環境が保持されやすいため、この時期に腐食が大きく進行するためであると考えられる。また、温度が高いほど腐食が大ききことも過去の研究からわかっている<sup>8)</sup>。ニューヨークの方が低温度であることも、腐食が少なかった一因である。また、因島大橋は海岸部に位置するが、Bear Mountain 橋は内陸部に位置するため海塩粒子が少な

いと予想される。これも腐食が軽微であった一因であると推定される。

## 5. まとめ

米国 Bear Mountain 吊橋において77年間供用されたハンガーロープを撤去し、3体の試験体を製作し引張試験を実施した。3体とも、ひずみが0.005に至るまでは線形的に増加し、その後非線形的な増加に転じ、1体はひずみ0.019で、後の2体はひずみ0.031で破断した。引張応力は1,192MPaから1,261MPaの範囲であり、初期のヤング係数は $1.487 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ であった。この実験結果より、これら77年間供用されたハンガーロープは、我が国で規定されている匹敵する強度を有していたことがわかった。

今回の引張試験結果を建設時のものと比較した。両者のヤング係数はほぼ同一であったが、比例限以降は今回の実験結果が上回っていた。これは、建設時の試験体に導入されたプレストレス力が、実際に供用されていたハンガーの導入プレストレスより低かったためと推定された。この実験結果より、77年間供用されたハンガーロープは初期のものに比較して強度低下は認められなかった。引張試験後の試験体を解体し、腐食状況を調査した。外側ストランド内層の亜鉛めっき鋼線は、亜鉛の腐食生成物に覆われ、鉄錆の発生が認められた。中心ストランドでは、亜鉛めっきの腐食が認められたが鉄錆の発生はほと

んど認められなかった。腐食部の光学顕微鏡観察からも、外側ストランド内層の亜鉛めっき鋼線で局所的に亜鉛めっき層が消費され、数十 $\mu\text{m}$  深さの地鉄部の腐食が認められた。ただし、孔食は観察されなかった。

腐食生成物の X 線回折より、腐食部では ZnO が主として認められたのに対し、軽度の腐食部では比較的乾燥しやすい環境で形成する炭酸塩を含む亜鉛の酸化物が多く認められた。

腐食のメカニズムとしては、ハンガーロープの外表面塗膜のひび割れ部などから侵入した水分がロープ内部に滞留し腐食環境を形成し、濡れによる腐食が進行したものと考えられる。ただし、中心ストランド部は比較的乾燥状態にあったため腐食が軽微であったものと考えられる。外側ストランドの腐食が大きかった原因としては、中心ストランドに比べ、温度変化が大きく、結露などによる濡れが発生しやすかったためと推定された。

また、日本国内の吊橋のハンガーロープに比べ全体的に腐食が小さいのは、本吊橋が田園地帯で、気温が低く、かつ低湿度の、腐食性の低い環境におかれていたためと考えられた。

以上、Bear Mountain 橋のハンガーロープは建設後 77 年間を経過していたにもかかわらず、引張強度は低下しておらず、腐食も少なかった。当面、ハンガーを取り替える計画はないようである。しかし、わずかに腐食した亜鉛めっき鋼線であっても、疲労強

度は大幅に低下する。吊橋ハンガーロープには比較的大きな応力振幅が発生するため、軽度な腐食といっても十分安全であるとは言い難い。したがって、腐食を防止する措置の実施や亜鉛めっき鋼線の残存強度をより詳細に研究しておくことは極めて重要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) Stahl, F.L. and Gagnon, C.P.: *Cable Corrosion*, ASCE Press, 1996.
- 2) 湊理宙, 杉井謙一: 橋梁用ケーブルの損傷と補修, 神戸製鋼技報, Vol.38, No.1, pp.48-50, 1988.
- 3) 前田泰男: 因島大橋ハンガーロープ解放調査について, 本四技報, Vol.25, No.97, pp.16-22, 2001.
- 4) 佐々木佳男, 木内晃, 新家徹, 湊理宙, 西寿樹, 杉井謙一: 腐食亜鉛めっき鋼線の疲労強度解析, 神戸製鋼技報, Vol.38, No.1, pp.63-66, 1988.
- 5) John A. Roebling's Sons Company: *Construction of parallel wire cables for suspension bridges*, 7. Physical properties of suspender ropes, pp.20-21, 1925.
- 6) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, 鋼橋編, 14 章 ケーブル, 2002.
- 7) 古家 和彦, 北川 信, 中村俊一, 鈴村恵太, 聖生守雄: 吊橋ケーブルの腐食機構に関する研究, 土木学会論文集, No.637/VI-45, pp.103-114, 1999.
- 8) 北川 信, 古家 和彦, 中村俊一, 鈴村恵太: 吊橋ケーブル送気乾燥システムの防食性能に関する研究, 土木学会論文集, No.672/VI-50, pp.145-154, 2001.

(2002.6.12 受付)

## INVESTIGATION ON TENSILE STRENGTH AND CORROSION OF SUSPENSION BRIDGE HANGER ROPES USED FOR 77 YEARS

Keita SUZUMURA, Shun-ichi NAKAMURA and Roger Q. HAIGHT

The hanger rope used for 77 years on the Bear Mountain Bridge, USA, was removed from the bridge and its tensile strength and corrosion condition were investigated. The specimens made from the removed hanger rope had almost the same tensile strength as that of the virgin rope. There observed some steel corrosion on the outer strands, but the center strand was lightly corroded with no steel rust. The corrosion mechanism is estimated as follows; water intrudes through the cracked paint and it stays inside of the rope, which makes the rope inside very humid and corrosive. The Bear Mountain Bridge is situated in countryside with relatively dry and low temperature. This mild climate keeps the inside of the rope dry and prevents the corrosion acceleration of the hanger ropes.