

第 I 部門 局部腐食した鋼ケーブルの耐荷性能に関する実験的検討

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○越智暁渡  
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 橋本国太郎  
 神鋼鋼線工業(株) 正会員 堀井智紀  
 神鋼鋼線工業(株) 非会員 成子実花

(i) 研究の目的

吊橋や斜張橋などの吊り形式橋梁において、ケーブルは橋の安全性に直結する重要な部材である。橋梁用ケーブルは多数の高強度亜鉛めっき鋼線で構成されているが、腐食し破断に至った事例が国内外で報告されている。既往の研究において、局部腐食を有する平行線ケーブルは理論的に考えられる残存断面積×引張強度という耐荷力以下で破断することが見出されているが、腐食と残存強度のメカニズムは十分に明らかになっていない。そこで本研究では、はじめに亜鉛めっき鋼線単体を対象として局部腐食の耐荷力、変形性能への影響を実験的に検討し、次に素線を束ねた平行線ケーブルを対象として、腐食と残存強度の耐荷メカニズムを明らかにすることを目的とする。ケーブル体においては、残存断面積が同じ腐食ケーブル体について、断面の偏芯が耐荷力へ与える影響についても検討する。

(ii) 方針

本研究では、試験体に局部腐食を付与するために外部電源を用いた電気腐食を行った。素線の試験体は図-1に示すように、腐食位置を片側と全周、腐食長さを 5mm, 10mm および 30mm とした 6 種類の腐食素線と健全素線を用意した。腐食後の断面積が 50% を目標に促進試験を実施した。ケーブル体の試験体は、素線数 37 本の PWC (平行線ケーブル) とし、ケーブルには実橋と同様にわずかなよりを施した。その試験体は図-2に示すように、最外層の上半分腐食 (腐食断面積が 50%) と最外層腐食 (腐食断面積が 25%) の 2 種類の腐食ケーブル体と健全ケーブル体を用意した。素線、ケーブル体ともに引張試験を実施した。

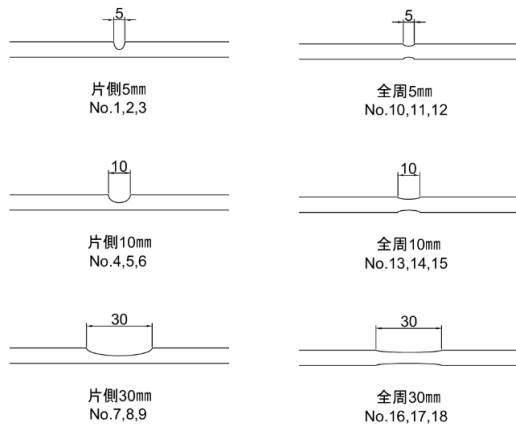


図-1 素線試験体概要

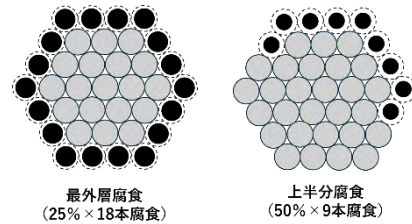


図-2 ケーブル体試験体概要

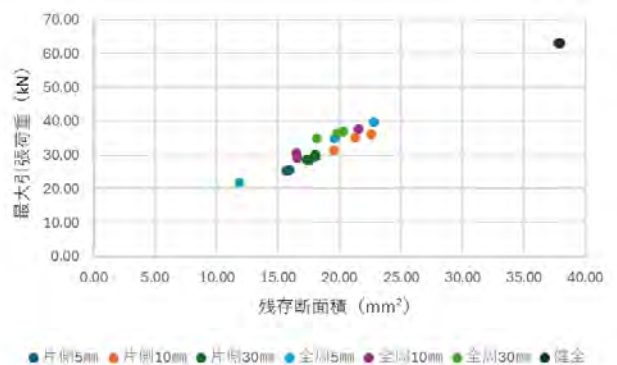


図-3 引張荷重と残存断面積との関係

(iii) 結果・考察

素線の腐食部残存断面積に対する最大引張荷重の変化を図-3に示す。引張荷重と残存断面積の間には比例関係が見られ、素線一本当たりの引張耐力は腐食により

Akito OCHI, Kunitarou HASHIMOTO, Tomonori HORII, Mika NARUKO

256t111t@stu.kobe-u.ac.jp

減少した断面積に応じて減少することがわかる。しかし、実断面積当たりの引張強度は腐食による大きな変化が生じていない。また、素線単体の引張試験後の破断面観察状況を表-1に示す。片側腐食では、せん断破面の多いカップ・アンドコーン型破壊、もしくはせん断破壊が生じていた。全周腐食では、長さ10mmにおいては典型的なカップ・アンドコーン型破壊であるが、長さ5mmおよび30mmでは破面の凹凸が大きい破壊となっていた。全周30mmは腐食時に長さ方向の断面減少に偏りが生じていたため、全周5mmおよび全周30mmは切り欠きが鋭いことによる応力集中が大きくなったためと考えられる。

3種のケーブル体試験体の荷重-変位曲線を図-4に、引張試験から得られた耐荷力のデータを表-2に示す。尚、引張試験では破断が起きる毎に除荷をしてから再度载荷している。また、除荷時に変位計をずらしているため、この結果の横軸は実際のケーブルの変位量は示されていない。健全試験体に関しては、試験機の容量制限のため、破断まで载荷できず、最大荷重は測れなかった。

表-1より上半分腐食、最外層腐食ともに、最大荷重の実測値が理論値を下回る結果となった。近い残存断面積の腐食ケーブル体でこのように破壊性状に違いが出るのは、腐食素線ごとの残存断面積の違いにより、素線の破断のしやすさおよび破断時の耐荷力低下度が異なることが原因と考えられる。また、ケーブルの素線ごとのひずみを調べることで、ケーブル断面のどの位置の素線から破断しているのかについて確認した。最外層腐食では、ケーブル断面内での位置によるひずみの傾向は読み取れなかったが、上半分腐食では、ケーブル断面内において腐食素線が偏っている側から破断が進んでいた。偏芯の影響があったのではないかと考えられる。また、ケーブル体に用いられた全周10mmの素線は破面の凹凸が大きくなっていった。ケーブル体の他の腐食素線の破断時に、破断した素線が負担していた荷重が分配され、ひずみ速度が増加することが原因でこのような破断面が生じたと考えられる。

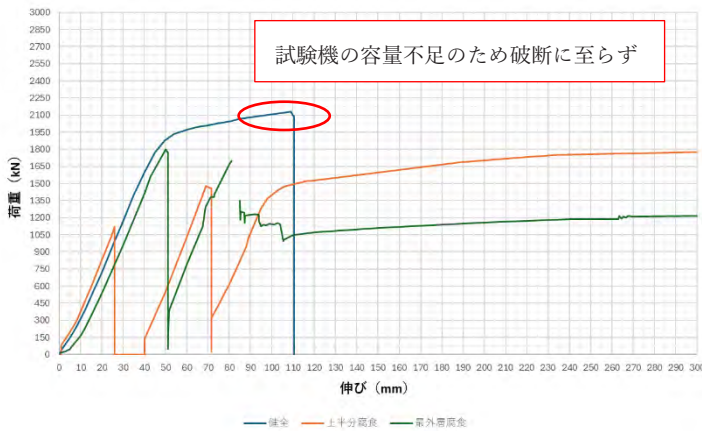


図-4 荷重 - 変位曲線 (ケーブル体試験体)

表-1 素線破断面

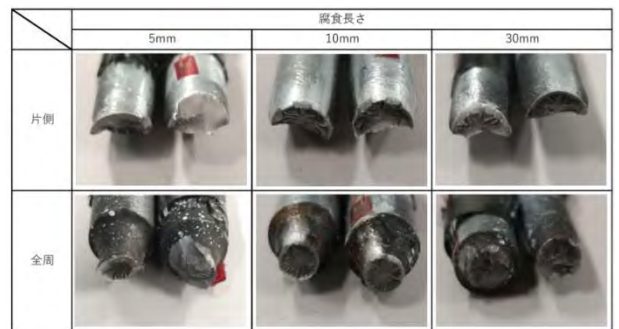


表-2 ケーブル体試験体の引張耐荷力

腐食種類	ケーブル最大荷重(kN)					最大/理論値 (%)
	理論値	実荷重				
		最大	初期破断	2回目	3回目	
健全	2372.36	(2130)				
上半分	2119.96	1785	1120	1480	1785	84.20%
最外層	2065.43	1800	1800	1700	1210	87.15%

(iv) 結論

本研究では、異なる腐食形状の腐食素線に引張試験を実施した。その結果、素線の引張荷重は腐食により減少した断面積に応じて減少するが、実引張強度は大きな変化が生じないことが示された。ケーブル試験体についても引張試験を実施した。その結果、腐食ケーブル体について、その耐荷力が残存断面積×引張強度で表わされる理論上の値を下回る結果となった。また、残存断面積の近いケーブルでも素線ごとの残存断面積の違いによって、その破壊性状に違いが出ることを確認した。素線ごとのひずみを計測して比較することで、ケーブル断面の偏心が素線破断に影響を与えている可能性を示した。破断面について素線とケーブル体を比較することで、ケーブル体では他の素線が破断したときの応力分配によるひずみ速度の増加などが原因で素線が健全なものとは少し違う破断面となることが確認された。