

PC 鋼材の材質と寸法が腐食劣化特性に及ぼす影響

大阪大学工学部 学生員 梅原 由紀夫 大阪大学大学院 正会員 大西 弘志
 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之 大阪大学工学部 中川 尚也
 高周波熱錬(株) 正会員 溝口 茂

1. はじめに

近年、PC 構造物やケーブル構造物の増加に伴い、PC 鋼材やケーブル部材の腐食損傷事例が数多く報告されている。しかし、既往の腐食損傷と残存性能に関する研究は少なく、腐食損傷と残存性能の関係が明確にされておらず、維持管理上大きな問題といえる。そこで、本研究室では腐食損傷と残存性能との関係を調査してきたが、材質と寸法が統一されていた為、その影響を考慮できなかった。今回の研究では、材質と寸法の違いが腐食損傷と残存性能の関係にどのような変化をもたらすのかを明らかにすることにした。

2. 実験概要

2.1 供試体

本研究では供試体として、JIS G3109 SBPR930/1080(B 種 : 0.2% 耐力 930MPa 以上、引張強度 1080Mpa 以上)、JIS G3109 PR1080/1230(C 種 : 0.2% 耐力 1080MPa 以上、引張強度 1230Mpa 以上) に適合した PC 鋼棒を用意した。B 種は直径 13mm、C 種は直径 9.2、11、13mm のものを用意した。今回用意した供試体は全長 250mm で両端から 65mm の区間にねじ切り加工を施したものである。供試体となる PC 鋼棒を図 - 1 に示すようなドーナツ状の応力付加治具に装着し、プレストレスを与えたまま環境促進装置により腐食させた。供試体の数量、導入張力と付加する環境促進サイクル数の組み合わせを表 - 1.1 ~ 1.3 に示す。張力の導入は応力付加治具の両端のナットをレンチで締め付けることにより行った。この供試体のうち、腐食損傷を発生させる区間は供試体中央の 20mm とする。

2.2 環境促進試験

本研究では、自然環境の中でも特に厳しい腐食環境の一つである海洋の飛沫帯を想定し、塩乾湿複合サイクル試験機により表 2 に示す腐食環境で実験を行った。噴霧状態 4 時間 - 乾燥状態 2 時間 - 湿潤状態 2 時間の環境の組み合わせを 1 サイクルとした。

表 - 2 : 腐食環境 (1 サイクル)

状態	温度	湿度	時間
塩水噴霧	35°C	98%	4時間
乾燥状態	60°C	—	2時間
湿潤状態	50°C	—	2時間

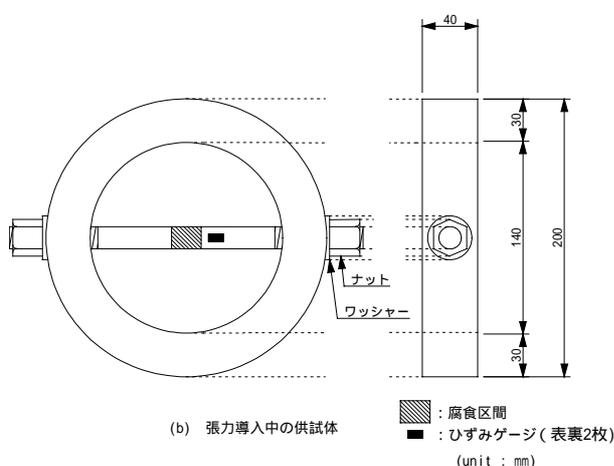


図 - 1 : 張力付加治具と供試体

表 - 1.1 : 張力とサイクル数 (B 種 13mm)

導入張力 $\times \sigma_y$	環境促進試験サイクル数					
	0	20	40	60	80	100
0.7	1	1	1	1	1	1
0.5	1	1	1	1	1	1
0.3	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1

表 - 1.2 : 張力とサイクル数 (C 種 9.2, 11mm)

導入張力 $\times \sigma_y$	環境促進試験サイクル数					
	0	20	40	60	80	100
0.7	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1

表 - 1.3 : 張力とサイクル数 (C 種 13mm)

導入張力 $\times \sigma_y$	環境促進試験サイクル数					
	0	20	40	60	80	100
0.8	1	1	1	1	1	1
0.7	1	1	1	1	1	1
0.6	1	1	1	1	1	1
0.5	1	1	1	1	1	1
0.3	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1

キーワード : 腐食劣化, PC 鋼材, 表面凹凸, レーザー変位計, 残存引張強度

連絡先 : 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7618 FAX 06-6879-7621

2.3 腐食状況調査

各サイクル毎に鋼棒を取り出し、CCDカメラを用いて、腐食による断面欠損や腐食ピットの発生状況を観察し、その画像を記録した。また、腐食生成物を除去した後、供試体の腐食区間に対して、レーザー変位センサの走査計測により、軸方向の表面凹凸形状を全周にわたって6 の間隔で測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 外観調査

各供試体において、付与した腐食環境が 20 サイクルまでの供試体では腐食している部分と腐食していない滑らかな部分が混在していた。40 サイクルの腐食環境を付与した供試体については全周にわたって腐食が進んだ。60 サイクル以降の供試体では面積的には全体腐食で、かつ、半径方向の腐食が進んでいた。

3.2 表面凹凸形状

表面の凹凸形状は複数の成分波が重なり合ったものと見なすことができる。そこで、表面凹凸形状の測定データにフーリエ変換を施すことにより、表面凹凸の波形を一定の表面凹凸振幅と周波数をもつ複数の成分波に分解した。得られた各波の振幅と周波数を図 2 に示す。図中の曲線はこの周波数特性データから得られる近似曲線で、 $y = A + B \log x$ (y :表面凹凸振幅(mm)、 x :表面凹凸の周波数(1/mm))の形で与えられる。この曲線をさらに各供試体の 60 測線分を平均化したものを用いて、特定の波長をもつ波の表面凹凸振幅を求め、そのうちの代表値と引張強度・伸びとの関係を調査した。なお、今回は、代表波長 D 、 $0.1D$ 、 $0.01D$ (D :供試体の直径)成分の表面凹凸振幅を用いて耐荷力との関係を求めるようにした。

3.3 残存性能と表面凹凸振幅

図 - 3 から、B 種 13mm と C 種 13mm の供試体では腐食の進行の伴う表面凹凸振幅の増加に対する強度の低下は確認できないが、直径が 9.2、11mm と小さくなると強度の低下が見られ、また直径が小さくなるほど低下量が大きいことが分かる。ただし、残存引張強度とは表面凹凸形状から近似的に算出した残存断面積を用いて得られたものである。図 - 4 から、表面凹凸振幅の増加量に対する伸びの低下量において B 種 13mm の低下率は C 種 13mm より大きい。C 種において直径が小さい 9.2mm の場合、低下の絶対量が大きいようである。

図 - 3 から、B 種 13mm と C 種 13mm の供試体では腐食の進行の伴う表面凹凸振幅の増加に対する強度の低下は確認できないが、直径が 9.2、11mm と小さくなると強度の低下が見られ、また直径が小さくなるほど低下量が大きいことが分かる。ただし、残存引張強度とは表面凹凸形状から近似的に算出した残存断面積を用いて得られたものである。図 - 4 から、表面凹凸振幅の増加量に対する伸びの低下量において B 種 13mm の低下率は C 種 13mm より大きい。C 種において直径が小さい 9.2mm の場合、低下の絶対量が大きいようである。

4. 結論

残存引張強度においては、直径が 13mm では B 種、C 種ともに腐食による低下は見られず、材質による違いは確認できなかったが、直径が 9.2、11mm では低下が見られ、直径が小さいほどその低下量は大きい。

伸びにおいては、B 種は C 種より腐食による低下量が大きい、C 種で直径の大きさによる違いがある。

[参考文献] 大西 弘志・松井 繁之：張力を導入した PC 鋼材の腐食損傷と機械的性能の相関，鋼構造年次論文報告集 第 8 巻，2000 . 11

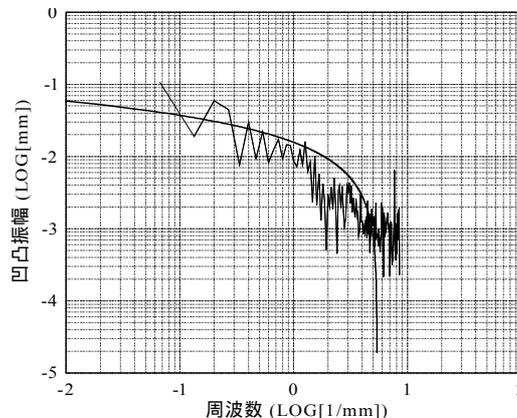


図 - 2 : 表面凹凸周波数特性

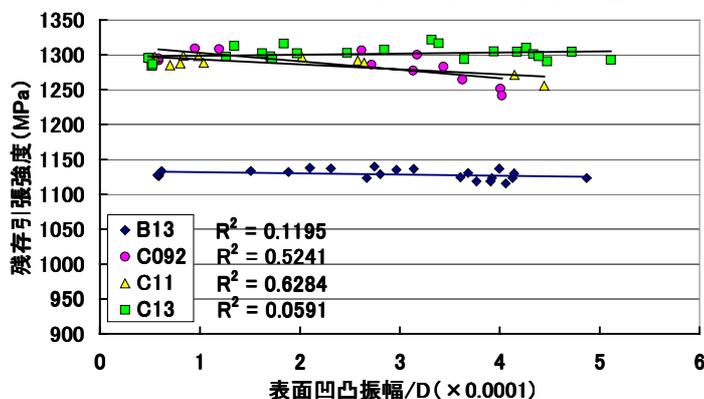


図 - 3 : 残存引張強度と表面凹凸振幅

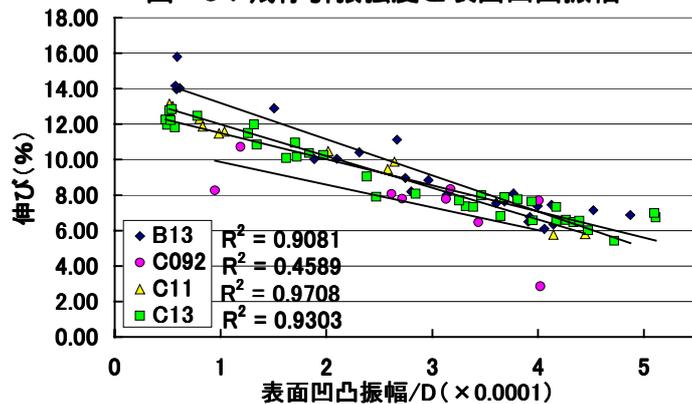


図 - 4 : 伸びと表面凹凸振幅