

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 高周波熱錬（株） 正会員 溝口 茂

高周波熱錬（株） 正会員 岡村 司

1. はじめに

近年、PC 構造物の増加に伴い、PC 鋼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強度に関する研究では、腐食損傷の調査が十分であるとは言えず、腐食損傷と残存強度の関係が明確にされたとは言いがたい。そこで本研究では、腐食損傷と残存引張耐力との関係を明らかにするために、実際の供用時に作用すると考えられる大きさの張力を導入した PC 鋼材を腐食させ、このときに発生する表面凹凸を詳細に調査し、引張試験を行った。

2. 実験概要

2.1. 供試体

本研究の供試体として、JIS G3109 SBPR1080/1230 に適合した、直径 13mm、全長 250mm の PC 鋼棒を用意した。供試体となる PC 鋼棒と応力付加治具を装着した状態の PC 鋼棒の概要を図 - 1 に示す。供試体への張力導入は、PC 鋼棒を治具に挿入したのち、鋼棒の両端のナットを締めることで行った。また、各供試体において、実際に腐食させる区間は供試体中央の 20mm の区間とし、それ以外の部分には防錆処理を施した。

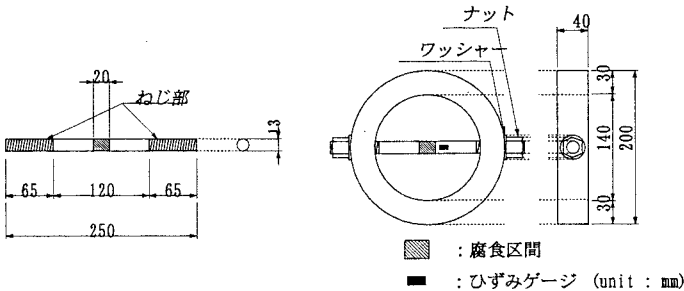


図 - 1 供試体概要

表 - 1 腐食環境 (1 cycle)

状態	温度	湿度	時間
塩水噴霧	35℃	98%	4時間
乾燥状態	60℃	—	2時間
湿潤状態	50℃	—	2時間
塩水濃度	5%		

2.2. 環境促進試験

本研究では、腐食環境として、自然環境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再現するため、塩乾湿複合サイクル試験機により表 - 1 に示す試験環境で実験を行なった。このときの供試体の数量、導入張力と付加する環境促進サイクル数を表 - 2 に示す。試験中は各供試体に貼付した 2 枚のひずみゲージにより張力の抜けを監視した。

表 - 2 供試体数量

基準応力レベル ($X\sigma_y$)	環境促進試験サイクル数						合計 本数
	0	20	40	60	80	100	
0.8	1	1	1	1	1	1	6
0.7	1	1	1	1	1	1	6
0.6	1	1	1	1	1	1	6
0.5	1	1	1	1	1	1	6
0.3	1	1	1	1	1	1	6
0.0	1	1	1	1	1	1	6

2.3. 腐食状況調査

本研究では、外観調査として、CCD カメラを使用して、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、表面形状測定として、腐食生成物を除去した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全周にわたって測定し、それらの形状を分析した。これらの腐食状況調査を行った後、全供試体に対して引張試験を行った。



図 - 2 腐食区間外観 (0.5 σ_y 100cycles)

3. 実験結果と考察

3.1. 外観調査結果

CCDカメラを使用して供試体の腐食区間を撮影した画像の一例を図-2に示す。これらを観察すると、次のような傾向を確認することができた。各応力レベルの供試体において、20サイクル以降で腐食の進行が顕著になり、40～60サイクルでは著しく腐食が進行していた。それ以降のサイクルでも腐食はゆるやかに進展していた。

3.2.表面形状測定結果と表面形状に基づく代表式の算定

レーザー変位計を使用して表面凹凸形状を測定した結果得られる表面凹凸形状の例を図-3に示す。本研究では、こうした表面凹凸を様々な波長をもつ波が重なり合ったものと見なし、フーリエ変換を用いて単一の波長を有する複数の波に分解することにした。そうして得られた各波の振幅と周波数を図-4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 : 表面凹凸の振幅 (mm)、 x : 表面凹凸の周波数 (1/mm)) の形で与えられる。本研究では、この曲線をさらに各供試体で平均化したものを用いて、特定の波長をもつ波の凹凸振幅を求め、その値と引張耐力・最大伸びとの関係を調査した。なお、今回は、波長 D 、 $10D$ 、 $100D$ (D : 供試体の直径 13mm) 成分の凹凸振幅を用いて調査している。

3.3.実験結果に対する考察

引張試験の結果から得られた、表面凹凸振幅と残存引張耐力との関係を図-5に示し、表面凹凸振幅と最大伸びとの関係を図-6に示す (K : 近似直線の傾き、 R^2 : データの相関係数)。図-5に示す結果より、全供試体における表面凹凸振幅と残存引張耐力とは相関関係にあり、このときの残存引張耐力比の低下量は、最も相関の高かった波長 $100D$ 成分で表面凹凸振幅 0.01mm 増加に対し 0.0222 (3.71kN) となった。また、図-6に示す結果より、全供試体における表面凹凸振幅と最大伸びとはかなり良い相関関係にあり、このときの最大伸びの低下量は、最も相関の高かった波長 D 成分で表面凹凸振幅 0.01mm 増加に対し伸びで 3.33% の減少となった。

4. 結論

本研究で行った実験により、以下のことがわかった。① 張力を導入して腐食させた PC 鋼材のその残存引張耐力と残存伸び性能に対して、本研究で採用した詳細な表面凹凸形状の調査に基づく評価は有効である。② 腐食した PC 鋼材の残存引張耐力の低下には、腐食損傷による表面凹凸形状以外の要因による影響も存在する。③ 腐食した PC 鋼材の残存伸び性能の低下には、主に腐食損傷による表面凹凸形状が影響し、張力による影響は少ない。

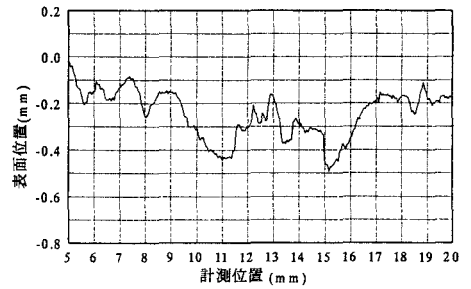


図-3 表面凹凸形状

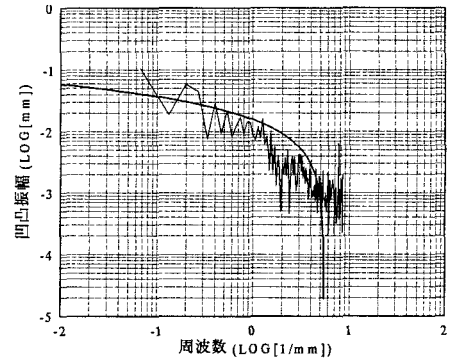


図-4 表面凹凸周波数特性

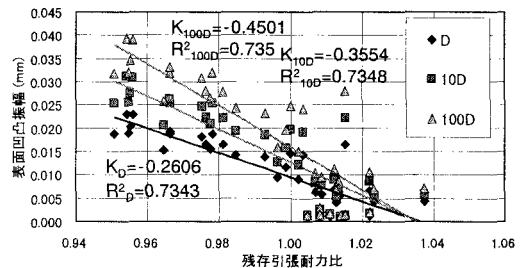


図-5 表面凹凸振幅と残存引張耐力の関係

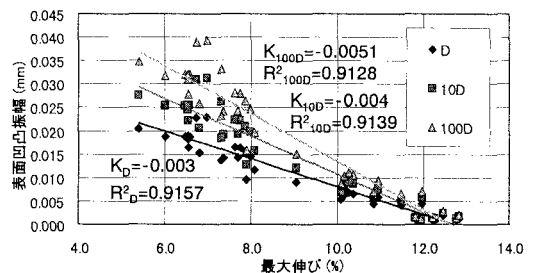


図-6 表面凹凸振幅と最大伸びの関係

[参考文献] 大西弘志, 松井繁之: 腐食 PC 鋼材の表面凹凸形状がその強度に与える影響, 鋼構造年次論文報告集, 第 7 巻, pp.203-208 1999.11