

腐食した PC はりのたわみ挙動と漏洩磁束法による PC 鋼材の断面欠損の検知

京都大学 学生会員 ○戎谷 大樹 京都大学 正会員 山本 貴士
 株式会社四国総合研究所 非会員 廣瀬 誠
 京都大学 正会員 高谷 哲 京都大学 正会員 高橋 良和

1. 研究目的

グラウト充填不足部が存在する PC 構造物では、PC 鋼材が腐食し安全性および使用性に影響する可能性がある。そこで本研究では、腐食による断面欠損の漏洩磁束法による検知可能性および PC 鋼材の腐食が、グラウト断面上部充填不足をモデル化した PC はり供試体の曲げひび割れ発生までのたわみ挙動に与える影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

PC はり供試体の寸法を図 1 に示す。幅×高さ×スパン長(全長)=100×200×1400mm(1600mm)とした。φ12.7mm の 7 本より PC 鋼より線 (SWPR7BN) を 1 本配置しポストテンション方式によりスパン中央下縁のプレストレス 15.2N/mm² を導入した。シースには φ23 鋼製シースを用い、あらかじめシースを長手方向に切断し上部にパテを埋め込むことでグラウト充填不足を模擬した。せん断補強筋には、D6 矩形スターラップ(SD295A)を 200mm 間隔で配置した。コンクリートの水セメント比(W/C)は 45% とした。また、シースおよび PC 鋼より線にリード線を取り付け、電食による腐食促進を行った。

また、図 1 で非磁性体であるコンクリートの打ち込みは行わず、PC 鋼より線、シース、スターラップ配置のみで、PC はりを模擬した供試体(鋼材かごのみ)を作製し、漏洩磁束法による断面欠損の検知可能性を検討した。

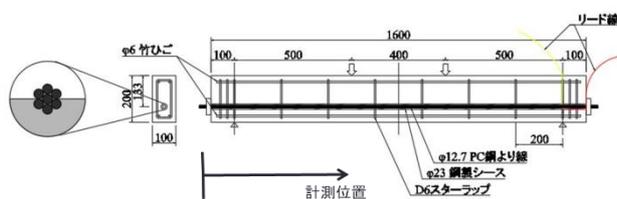


図 1 PC はり供試体

2.2 実験要因および測定項目 (PC はり模擬供試体)

PC はりを模擬した供試体において、電食による PC 鋼

より線の腐食長さは中央スパン 100mm, 400mm, 800mm の 3 種類であり、腐食量は、それぞれ積算電流値による調整を行い断面(質量)減少率 2.1~13.2%とした。

図 1 において供試体側面側の表面から 20mm 離隔した位置で着磁、計測を行い、漏洩磁束法により磁束密度分布の測定を行った。

2.3 荷重方法および測定項目 (PC はり供試体)

荷重はスパン長 1400mm (全長 1600mm) に対し、曲げスパン 400mm の対称 2 点 1 方向載除荷繰返し曲げ試験とした。曲げひび割れ発生荷重よりも小さい荷重の 20kN まで荷重した後、5kN まで除荷するサイクルを 3 回を行い、最後に 0kN まで除荷を行い試験終了とした。

断面上縁ひずみ、下縁ひずみより曲率を計算し、曲げモーメント-曲率関係を求めた。

これに対し、2.2 と同様の手順で漏洩磁束法により磁束密度分布の測定を行った。

3. 結果および考察

3.1 磁束密度分布測定 (PC はり模擬供試体)

一回着磁した鋼材の磁束密度を経時的に測定するモニタリングとしての利用を想定し、PC 鋼より線の断面が腐食で減少した場合の、鋼材が健全な状態からの磁束密度分布の変化量について考察した。

変化量の分布の測定結果および後述の推定断面欠損区間を図 2, 図 3, 図 4 に示す。腐食区間端部付近に点で示したピークを持つ S 字形の波形が表れたことからピーク位置の間を推定断面欠損区間とした。

断面減少率が 4% 程度を超えると推定断面欠損区間内に実際の腐食区間が存在する結果が得られたが、腐食長 400mm 断面減少率 5.5% の結果のように腐食長が大きく異なる場合も存在した。

腐食長ごと磁束密度の変化量のピーク差と断面減少率の関係を図 5 に示す。腐食長 100mm のピーク差は他の腐

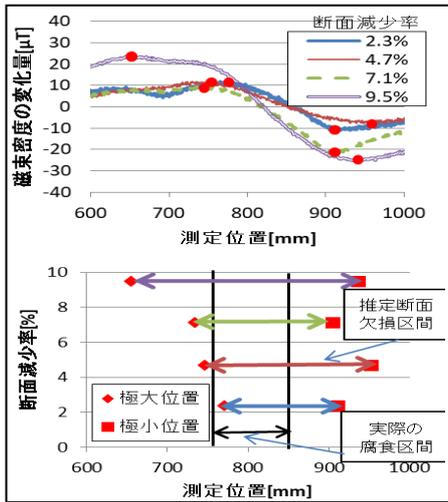


図 2 変化量の分布および推定断面欠損区間(腐食長 100mm)

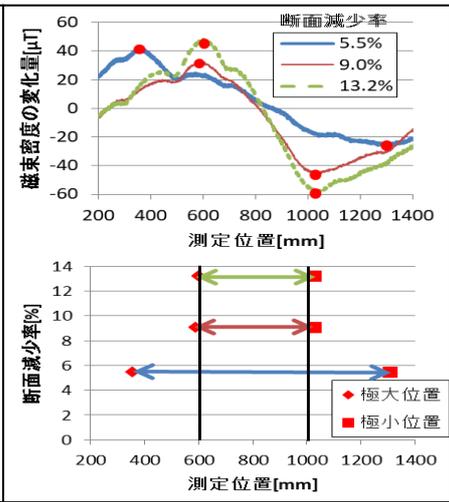


図 3 変化量の分布および推定断面欠損区間(腐食長 400mm)

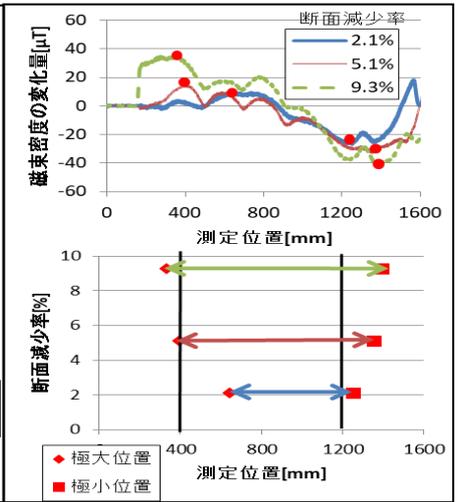


図 4 変化量の分布および推定断面欠損区間(腐食長 800mm)

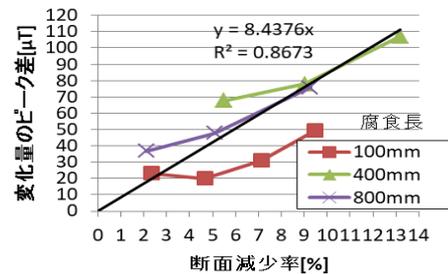


図 5 変化量のピーク差と断面減少率の関係

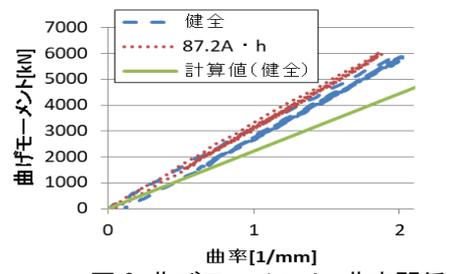


図 6 曲げモーメント-曲率関係

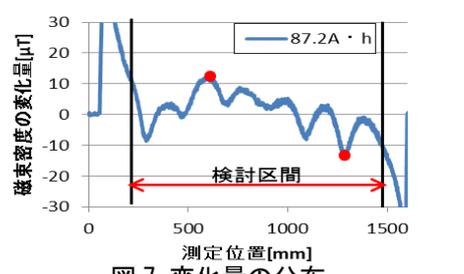


図 7 変化量の分布

食長のものより小さい値をとる傾向が見られたことに対し、腐食長 400mm, 800mm のピーク差は、先述の推定断面欠損区間が実際の腐食区間と大きく異なった点を除くと、同一の比例関係にある可能性が得られ、近似直線を求めた。

3.2 荷重試験結果および磁束密度分布測定

健全な状態および積算電流値 87.2A・h での曲げモーメント-曲率関係を図 6 に示す。本研究の腐食促進期間においては、曲げ剛性に影響するまでの PC 鋼より線の断面二次モーメントの減少に至っていなかったと考えられる。

これに対し、健全な状態からの磁束密度分布の変化量の分布を図 7 に示す。全体的な S 字形の波形が若干確認されるため、腐食は局所的でなく全体的に進行していると考えられる。なお、供試体端部は不連続面で磁束密度が大きく、変化量も大きいため検討区間から省いた。

3.1 で示した磁束密度の変化量のピーク差と分布のピーク位置から断面欠損区間および断面減少率を推定する。ただし、端部のピークの影響を排除するために、今回は端部を除き測定位置 210mm~1490mm において考察した。ピーク位置より断面欠損区間は、599mm(極大)~1287mm(極小)の全長 688mm であると推定できる。

図 5 より、ピーク差 26.2μT から断面減少率を推定する

と、3.1%程度であると考えられる。一方、積算電流値より推算¹⁾すると断面減少率 9.6%であった。端部の影響を排除したこと、シースの腐食量を考慮していないことなどが原因で理論断面減少率と差が生じたと考えられる。

4. 結論

- (1) PC 鋼より線の断面が腐食で減少した場合の、鋼材が健全な状態の磁束密度からの変化量の分布から、軸方向に腐食区間の存在する PC 鋼材の腐食区間と断面減少率を特定できる可能性が得られた。
- (2) シース断面の上部が充填不足の PC 鋼より線を電食で腐食させた PC はり供試体に対して、健全な状態からの磁束密度分布の変化量を測定したところ、腐食による曲げ剛性の明確な差異が確認されない段階において、漏洩磁束法により PC 鋼より線の腐食を判定できる可能性が示された。また、磁束密度変化量の分布から、腐食区間、断面減少率を特定できる可能性が得られた。

参考文献

1) 中森翔大：グラウト未充填部における PC 鋼材が腐食した PC はりの耐荷特性，土木学会第 69 回年次学術講演会 V-010，2014