

京都大学 学生会員 ○奥野 喜久 西日本旅客鉄道(株) 正会員 近藤 拓也
 京都大学 正会員 高谷 哲 京都大学 正会員 山本 貴士
 京都大学 フェロー会員 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、鋼材腐食が生じたアンボンドPCはりの曲げ耐荷性能を明らかにすることを目的として、PC鋼材全長にわたって電食させたアンボンドPCはり供試体に対して曲げ載荷試験を行い、その耐荷特性を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は図-1に示すような、幅×高さ(有効高さ)×全長(スパン長)=100×

200(133)×1600(1300)mmのPCはりとした。φ23mm鋼製スパイラルシースの内部にφ13mmPC鋼棒(B種1号、 $f_{pu}=1470\text{N/mm}^2$)を配置し、98kN(引張強度の50%)の緊張力を材令7日で与えた。PC鋼棒は全長にわたりアンボンドとし、せん断耐力比は $V_y \cdot a/Mu=1.45$ 、コンクリートの目標配合強度は $f'_{cr}=40\text{N/mm}^2$ とした。

2.2 実験方法・測定項目

電食は、シース内部に5%食塩水を充填させ、PC鋼棒を陽極、シースを陰極とし、電流密度 0.865mA/cm^2 で計3体行った。目標質量減少率はPC鋼材の破断伸びが著しく減少する 4.5% ($124.1\text{A}\cdot\text{h}$)を2体と、圧壊時にPC鋼棒が破断する可能性のある 30% ($672.7\text{A}\cdot\text{h}$)を1体とした。載荷は、スパン長1600mmに対し曲げスパン300mmの対称2点1方向漸増繰返し曲げ試験とし、PC鋼棒が降伏するまでは5kN毎、降伏後は $2\delta_y$ 毎(実験時の荷重-変位曲線より降伏点を決定し、その時点の変位を δ_y とした)に繰り返した。

測定項目は、荷重、スパン中央から50mmの位置での中央変位(両側面の点对称の位置に2ヶ所)、両支点変位、側面ひずみ(上縁より25mm間隔)、底面ひずみ(曲げスパン内に50mm間隔)とした。載荷試験終了後、供試体からPC鋼棒を取り出し、JCI-SCI法に基づき腐食生成物を取り除いた後、PC鋼棒の質量を測定するとともに、PC鋼棒の断面直径を軸方向の50mm間隔で、同一断面2方向についてノギスを用いて測定した。平均質量減少率は腐食前後のPC鋼棒の質量差を腐食前の質量で除して求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 外観および腐食状況

電食後の供試体の側面、底面には腐食ひび割れは見られなかった。アンボンドであるため、PC鋼棒の腐食による腐食膨張圧がコンクリートに伝わらず、コンクリート表面のひび割れに至らなかったものと考えられる。腐食したPC鋼棒の質量減少率、平均残存断面積とその標準偏差を表-1に示す。

3.2 残存プレストレス率

載荷結果一覧を表-2に示す。底面のひずみゲージ値よりひび割れ発生荷重を特定し、そこから計算されるPC鋼棒緊張力と

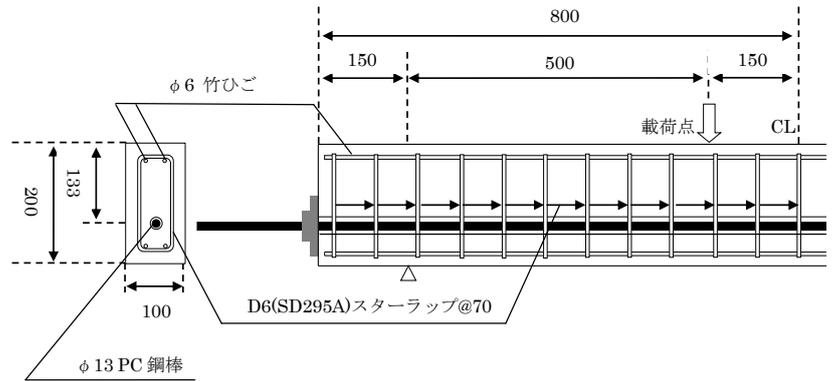


図-1 供試体の形状・寸法(単位:mm)

表-1 PC鋼棒の質量減少率、断面積

目標質量減少率 (%)	質量減少率 (%)	平均残存断面積 (mm ²)	標準偏差 (mm)
0.0	0.00	130.05	0.02
4.5 - ①	7.32	119.54	0.25
4.5 - ②	6.33	121.43	0.16
30	29.7	85.06	0.44

導入時の緊張力の比から残存プレストレス率を算定した。腐食供試験体でひび割れ発生荷重が低下している。ここで、残存プレストレス率と PC 鋼棒の平均断面残存率の関係を図-2 に示す。残存プレストレス率と平均断面残存率の間には、概ね比例関係が見られる。緊張応力が腐食前後で一定であると仮定すれば、PC 鋼棒の断面減少にともない緊張力が低下し、それに比例してプレストレスが低下する。しかし、PC 鋼棒の断面の減少割合よりもプレストレスの低下割合の方が大きくなっている。特に、質量減少率 29.7% では、電食期間が長い為、収縮やクリープに起因するプレストレスの減少も大きくなったと考えられる。

3.3 剛性

荷重と側面の高さ方向のひずみゲージ値より算出した曲げモーメント - 曲率関係を図-3 に示す。なお曲率算出の際、ひび割れ発生後は、側面ひずみゲージの内、中立軸より上方と考えられる圧縮側の値を用いた。

ひび割れ発生までの剛性（傾き）は健全供試体、腐食供試体とも同様の傾向を示したが、ひび割れ発生荷重低下にともない、腐食供試体で剛性が低下しはじめる曲率が小さくなった。しかし、ひび割れ発生後の剛性に大きな差は見られず、PC 鋼棒の断面減少が断面 2 次モーメントに与える影響は小さいことが伺える。

3.4 最大荷重

最大荷重の計算値と実験値の関係を図-4 に示す。計算値は PC 鋼棒の断面減少のみを考慮して式(1)をから求めた。

$$P_u = \frac{2}{0.5} \times A_p f_{sy} \left(d - 0.5 \frac{A_p f_{sy}}{2 \times 0.85 \times f_c \times b} \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

計算値は実験値よりも若干大きくなっており、危険側の評価を与えていることとなる。しかし、今回のアンボンド PC はりに対してボンドタイプの完全付着を仮定した式(1)で算出しているため、ボンドタイプの耐力に対する低減を考慮すれば、安全側の評価も可能である。また、最大荷重の実験値の低下割合は、腐食による PC 鋼棒の断面減少を考慮することで表現できている。しかし、破断により終局に至った質量減少率 29.7% の供試体で実験値と計算値の乖離が若干大きくなっている。圧壊による終局を仮定した式(1)に対して、圧壊前に PC 鋼棒の破断が生じていることが、影響していると考えられる。

4. 結論

- (1) PC 鋼棒が腐食した PC はりでは、ひび割れ発生までの剛性に影響はないものの、腐食によるプレストレスの減少でひび割れ発生荷重が低下する。
- (2) PC 鋼棒の断面減少によって最大荷重が低下し、その最大荷重は、PC 鋼棒の断面減少を考慮することで算定可能である。

参考文献

- 1) 上原子ら：塩害による鋼材腐食を考慮した実 PC 上部工の構造的な性能評価，コンクリート工学年次論文集，vol.31，No.2，pp1525-1530，2009，

表-2 載荷結果一覧

質量減少率 (%)	ひび割れ発生荷重 (kN)	残存プレストレス率 (%)	最大荷重 (kN)	破壊形式
0.00	36.6	95.8	79.7	圧壊
7.32	35.3	90.8	70.3	圧壊
6.33	35.1	83.7	70.8	圧壊
29.7	29.0	39.7	51.0	破断

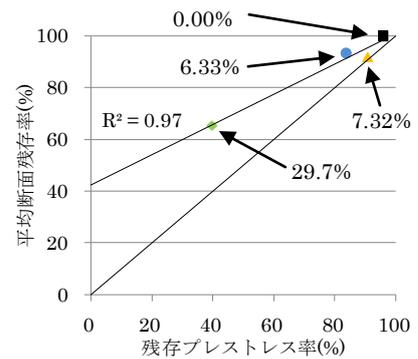


図-2 残存プレストレス率と平均断面残存率の関係

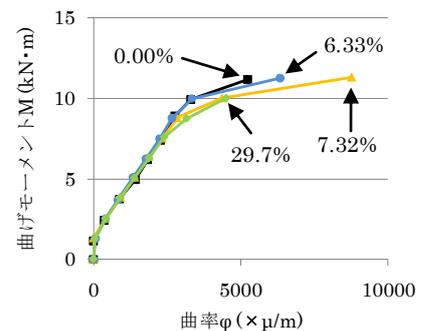


図-3 曲げモーメント - 曲率関係

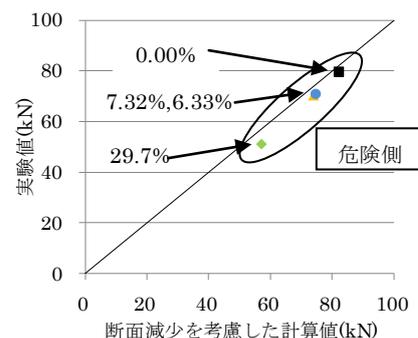


図-4 最大荷重の実験値と計算値の関係