

## PC はり部材の構造性能に及ぼす PC 鋼材の腐食領域の影響に関する基礎的検討

名古屋工業大学 学生会員 ○松原 左月  
 名古屋工業大学 非会員 村田 明弘  
 名古屋工業大学 正会員 武田 健太

## 1. はじめに

高度経済成長期に建設された PC 橋で、鋼材腐食が確認されており、合理的な性能評価手法および維持管理手法の確立が急務となっている。このような劣化構造物の構造性能の定量的な評価手法として、数値解析の活用が挙げられるが、RC 構造に比べ PC 構造の研究事例が少数である。そこで本研究では、鋼材腐食の生じた PC はり部材を対象に、PC 鋼材の腐食領域および質量減少率が部材の構造性能に及ぼす影響を、有限要素解析により検討した。

## 2. 解析対象モデルの概要

本研究では、断面  $100 \times 150$  mm、スパン 2000 mm、せん断スパン 850 mm、有効高さ 120 mm のプレテンション PC はり部材を解析対象とした。PC 鋼材は  $\phi 2.9$  の PC 3 本より線を圧縮側・引張側に 2 本ずつ配置し、等曲げ区間 300 mm の 2 点集中載荷とした。PC 鋼材の腐食対象は引張側の 2 本とし、圧縮側の 2 本は健全とした。表-1 に解析ケースを示す。本研究では、PC 鋼材の腐食領域に関するケース (Case A) と局所腐食に関するケース (Case B) を設けた。PC 鋼材の質量減少率は 3%、9%、15%とした。Case A は、腐食領域を等曲げ区間 (A1)、せん断スパン中央 (A2)、部材全長 (A3) の計 9 ケースとした。

Case B は、せん断スパンにおいて、最大曲げモーメントの 20~30% (B1)、45~55% (B2)、70~80% (B3) の箇所に腐食領域を設けた計 9 ケースとし、その腐食領域の中心点はそれぞれ最大曲げモーメントの 25%、50%、75%とした。

## 3. 有限要素解析による再現解析

## 3. 1 解析方法

解析プログラムには ATENA 3D を用いた。コンクリートには 1 辺 25 mm の六面体ソリッド要素を用いた。PC 鋼材は離散鉄筋要素を用いて表現し、コンクリートと PC 鋼材は、腐食が生じていても完全付着とした。コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側の上昇曲線は放物線、圧縮・引張軟化はそれぞれ直線、指数関数とした。PC 鋼材の応力-ひずみ関係には、バイリニア型 (弾塑性モデル) を採用した。PC 鋼材の腐食の影響は、陸らが提案した  $\phi 2.9$  の PC より線の機械的性質と質量減少率の関係 (指数関数モデル) をもとに、応力-ひずみ関係にて考慮した。解析上、PC 鋼材の断面積は健全時のものを用いた。健全時の PC 鋼材のプレストレスは、使用状態の許容値 ( $1170$  N/mm<sup>2</sup>) とし、鋼材要素に初期ひずみを導入することで、その影響を考慮した。

## 3. 2 解析結果

図-1 と図-2 に、Case A における荷重-中央変位関係の解析値の比較、最大荷重比-PC 鋼材の質量減少率関係をそれぞれ示す。図-1 より、PC 鋼材の質量減少率の増大に伴い、構造性能が大きく低下している。また、PC 鋼材の腐食領域によらず、構造性能は同等となっていることから、等曲げ区間内における PC 鋼材の質量減少率が同等であれば、腐食領域は構造性能に及ぼす影響は小さいといえる。図-2 中の計算値と解析値に着目すると、質量減少率

キーワード 鋼材腐食、有限要素解析、腐食 PC 鋼材の機械的性質

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-7513

表-1 解析ケース

(a) Case A (腐食領域に着目)

Case 名	PC鋼材の質量減少率(%)	備考
A1	A1-3	3
	A1-9	9
	A1-15	15
A2	A2-3	3
	A2-9	9
	A2-15	15
A3	A3-3	3
	A3-9	9
	A3-15	15

(b) Case B (局所腐食に着目)

Case 名	PC鋼材の質量減少率(%)	備考
B1	B1-3	3
	B1-9	9
	B1-15	15
B2	B2-3	3
	B2-9	9
	B2-15	15
B3	B3-3	3
	B3-9	9
	B3-15	15

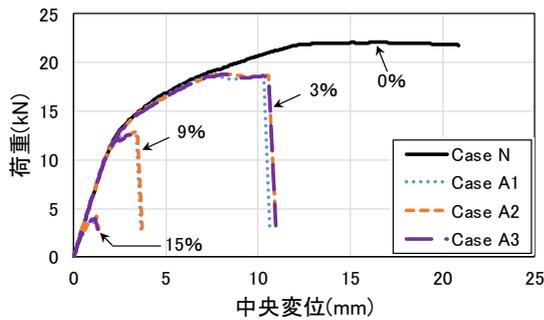


図-1 荷重-中央変位関係の解析値の比較 (Case A)

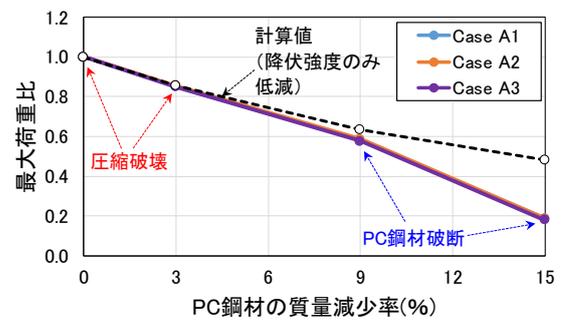


図-2 最大荷重比-PC 鋼材の質量減少率関係の解析値と計算値の比較 (Case A)

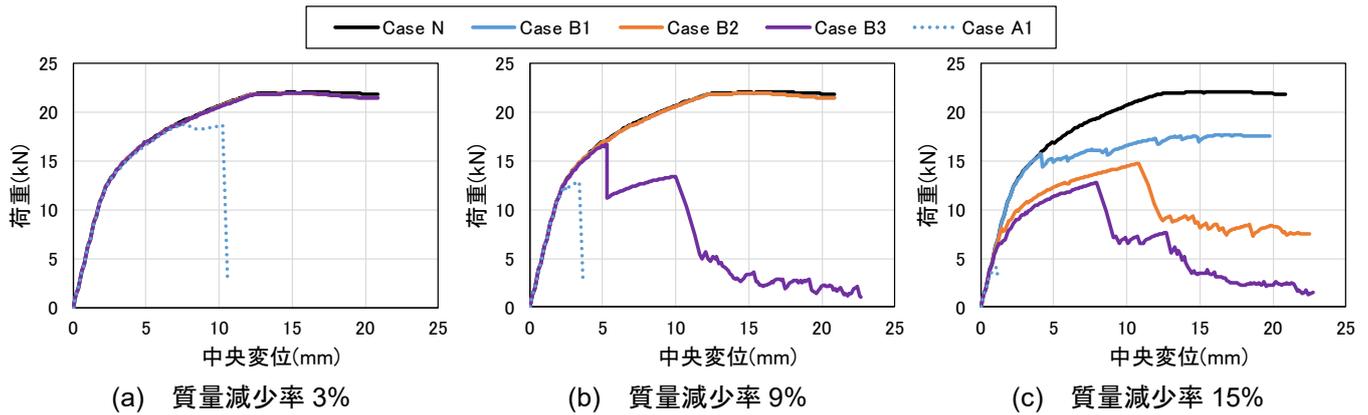


図-3 荷重-中央変位関係の解析値の比較 (Case B)

が小さな範囲では、両者は概ね一致しているが、質量減少率の増大に伴い、解析値は計算値を下回っている。これは、計算値には PC 鋼材の破断の影響が含まれておらず、解析では部材の破壊モードがコンクリートの圧縮破壊から PC 鋼材破断に移行するためである。したがって、腐食 PC はり部材の耐力評価に際しては、PC 鋼材の耐力低下のみならず、破断伸びの低下を適切に考慮する必要があることが示された。

図-3 に、Case B における荷重-中央変位関係の解析値の比較を示す。図中には比較として Case A1 の解析値 (等曲げ区間のみ腐食) も示した。図のように、質量減少率が 9% を超え、腐食箇所が等曲げ区間に近づくほど、最大荷重が低下している。

図-4 に、部材靱性-曲げモーメント率関係を示す。部材靱性は、荷重-中央変位関係における変位 20 mm までの面積と定義し、曲げモーメント率は最大曲げモーメントに対する腐食箇所中心点の曲げモーメントの百分率である。図より、曲げモーメント率の増加に伴い靱性が小さくなっていることがわかる。曲げモーメント率 25% の靱性に着目すると、質量減少率 15% では 3%、9% に比べ 2 割程度小さくなる。すなわち、部材端部付近に位置する PC 鋼材に腐食程度の大きな局所腐食が生じると、PC はり部材全体の靱性が低下する可能性があることが示された。

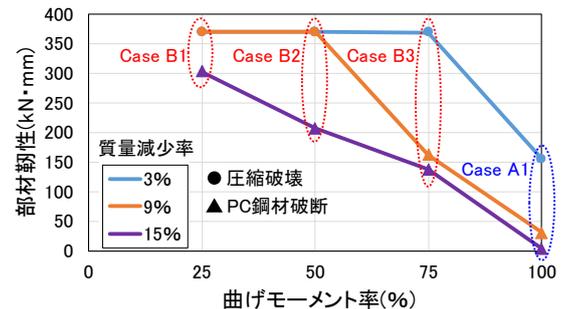


図-4 部材靱性-曲げモーメント率関係

#### 4. まとめ

本研究では、腐食 PC はり部材を対象に、PC 鋼材の質量減少率および腐食領域をパラメータとし、構造性能に及ぼす影響を解析的に検討した。その結果、等曲げ区間における PC 鋼材の質量減少率が同等であれば、腐食領域は部材の構造性能に及ぼす影響は小さいことが示された。また、作用曲げモーメントが小さな部材端部付近の PC 鋼材に腐食程度の大きな局所腐食が生じた場合は、部材全体の靱性が低下する可能性があることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) 陸ら：腐食した PC より線の機械的性質とプレテンション PC 梁の残存耐力の評価，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，第 21 巻，pp.211-216，2012。