

神戸大学 学生会員 ○橋詰 彩人
神戸大学 正会員 三木 朋広

1. 研究背景と目的

劣化 PC 構造に関する精度の高い性能評価手法の構築は、PC 橋を合理的に維持管理する上で重要である。しかし、様々な条件によって変化する PC 桁の耐荷性能は十分に明らかにされていないのが現状である。本研究では、鋼材腐食が生じたポストテンション方式 PC 桁に対して、PC 鋼より線の付着特性を考慮した非線形解析を行い、効果的な鋼材腐食のモデル化、ならびに腐食位置が耐荷性能に与える影響について考察した。

2. 解析概要

解析対象は既往研究における PC 桁（供試体 No.2-0, No.2-1, No.2-4）¹⁾とした。表 1 に供試体条件を示す。いずれも梁断面は 200 mm×200 mm, PC 高より線 SWPR7BL 1 本を圧縮縁から 145 mm 位置に配置している。No.1 と No.2 ではせん断スパン 750 mm の 4 点曲げ载荷, No.3 ではせん断スパン 1300 mm の 3 点曲げ载荷が行われた。解析モデルは図 1 に示すように、コンクリートは 8 節点ソリッド要素を用い、鉄筋と PC 鋼材には埋込み鉄筋要素を用いた。鉄筋および PC 鋼材に付着特性を導入したモデルでは、付着すべり埋込み鉄筋要素を用い、島らによる付着すべり関数を導入した。ただし、PC 鋼より線の付着特性を考慮し、異形鉄筋の付着応力の 0.3 倍として算出した。このとき、付着モデルの剛性は原点と滑り量 0.001 mm 間の勾配と仮定し、せん断方向の剛性を $2.1 \times 10^3 \text{ N/mm}^3$, また法線方向の剛性は剛であることを表現するために 1000 倍の $2.1 \times 10^6 \text{ N/mm}^3$ と設定した。荷重ステップは、最初に鋼材応力としてプレストレス $n \times 129 \text{ N/mm}^2$ (n は 7 本の PC より線のうち破断していない素線の本数) を導入し、その後、1 ステップあたり 1 mm の変位増分として、変位制御で载荷した。繰返し計算には Newton-Raphson 法を用いた。

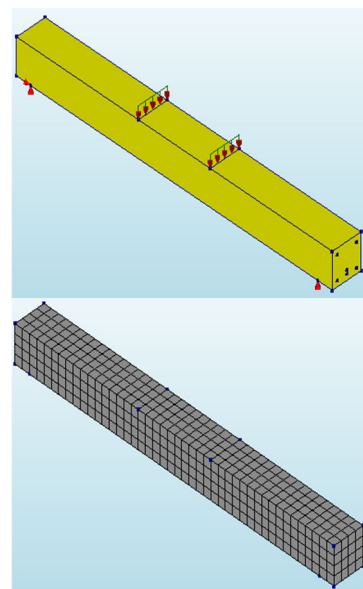


図 1 解析モデル(No.1, No.2)

3. 腐食 PC 鋼材の断面積の設定方法

ここでは PC 鋼材の断面積および付着状態について 2 つの手法で考慮した。一例として、No.2 における PC 鋼材の換算断面積を図 2, 図 3 に示す。完全付着を仮定したモデルでは、腐食位置で破断本数の増加に伴い 7 本より線 1 本分の断面積を減少させた。また、道路橋示方書に基づき、鋼材が 6 本破断したときに PC 鋼材の付着長を 65ϕ ($\approx 850 \text{ mm}$) と仮定し、腐食位置から両側に付着長だけ離れた位置では鋼材が健全であるとしてそ

表 1 供試体条件

供試体 No.	鉄筋, PC 鋼材の 付着状態	载荷位置 (mm) (支点からの距離)	载荷方法	腐食位置 (mm) (左側支点からの距離)
No.1 (健全)	完全付着	750	2 点载荷	
	付着モデル	750	2 点载荷	
No.2 (中央腐食)	完全付着	750	2 点载荷	1000
	付着モデル	750	2 点载荷	1000
No.3 (右方腐食)	完全付着	1300	1 点载荷	1800
	付着モデル	1300	1 点载荷	1800

の区間を線形補完することで付着長を考慮した¹⁾。一方、付着モデルでは、付着特性を導入することで付着長を考慮した。また、断面積は破断位置でのみ減少させた。

4. 解析結果

4.1 曲げモーメントー変位関係

図4と図5にNo.2における2つの付着状態を考慮した場合の曲げモーメントー変位関係の解析結果を示す。1, 2本破断した場合、いずれの解析結果においても2~4kN・m程度、実験結果と差が生じた。また、完全付着を仮定したモデルでは、3本破断した以降の解析結果は概ね実験結果と一致したが、付着特性を導入したモデルでは差が大きかった。このことから、コンクリートの耐荷力に与える影響は、鋼材の付着劣化の考慮は、鋼材断面積減少の考慮よりも影響が小さいことがわかった。一般に、曲げモーメントが大きく生じる位置で腐食が発生すると耐荷力が大きく低下することから、付着特性を導入したモデルでは耐荷機構の変化を表現できなかったと考える。

4.2 PC鋼材のひずみ分布

No.2における2つの付着状態を考慮した場合のPC鋼材のひずみ分布の解析結果を図6に示す。図6(1)は完全付着を仮定したモデルの解析結果である。支間中央部分で腐食し、曲げモーメントが最大となる位置を中心にひずみが分布した。一方、図6(2)は付着特性を導入したモデルの解析結果である。腐食位置から両側300mm離れた位置(青)ではひずみが減少した。また、腐食位置から両側850mm離れた付着長(赤)の位置ではひずみがわずかに増大しており、その位置で引張鋼材として機能していることが確認できた。しかし、支間中央のひずみが終局時に減少しており、このPC鋼材のひずみ分布から付着モデルでは耐荷機構の変化を表現できなかったと考える。

5. まとめ

完全付着を仮定したモデルでは、ある程度耐荷力を評価できたが、付着特性を導入したモデルでは、腐食損傷箇所が支間中央の場合、耐荷力を評価できなかった。しかし、曲げモーメントが大きく生じない位置で腐食損傷が発生する場合は付着モデルでも耐荷力を評価できた。

参考文献

1) 横田敏広, Isuru WIJAYAWARDANE, 睦好宏史: 腐食したPC鋼材を有するPC梁の耐荷力特性と解析的性能評価手法の検討, 土木学会論文集, Vol.74, No.4, pp.218-233, 2018.

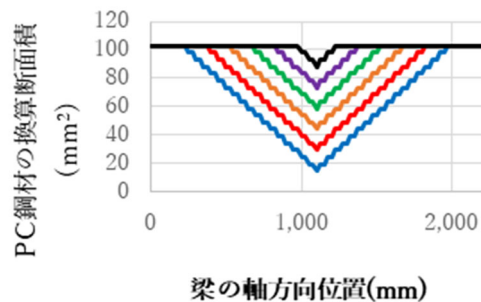


図2 完全付着 (No.2)

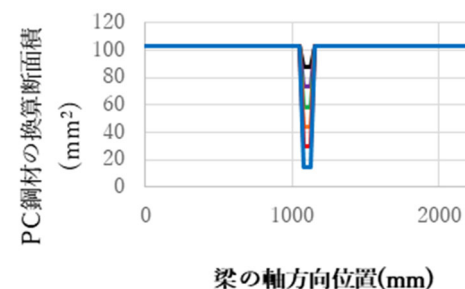


図3 付着モデル (No.2)

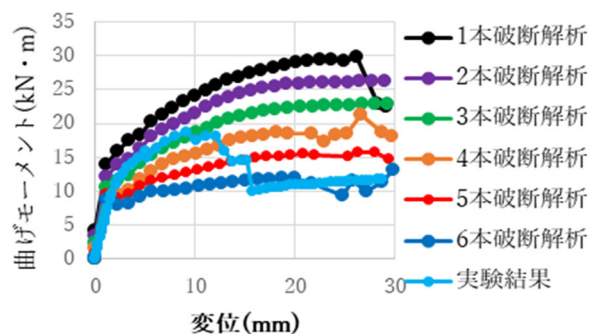


図4 完全付着 (No.2)

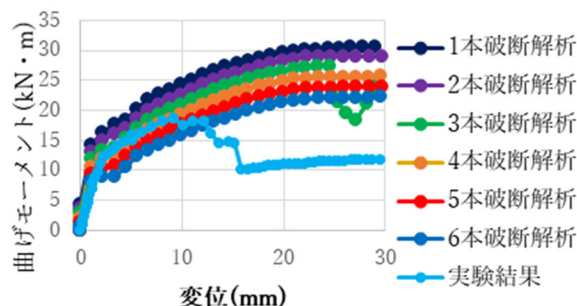
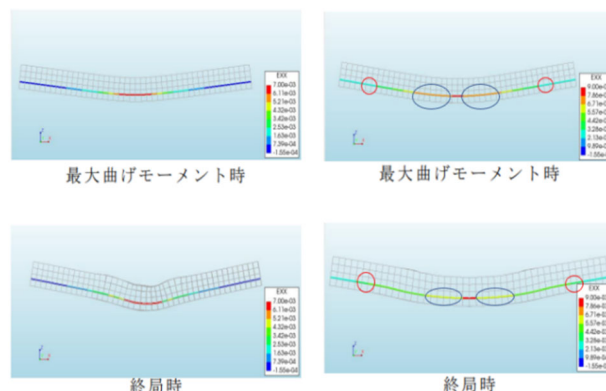


図5 付着モデル (No.2)



(1) 完全付着

(2) 付着モデル

図6 PC鋼より線のひずみ分布 (No.2)