

PC 鋼より線の腐食および破断が PC 梁の構造性能に与える影響に関する実験的研究

市民工学専攻 渡邊 匠
指導教員 三木 朋広

1. 研究背景・目的

PC 構造において、飛来塩分などにおける塩害や、PC 鋼材の保護に用いるグラウトの充填不足による水の侵入を要因として、PC 鋼材が腐食し、損傷や破断が生じることがある。PC 鋼材の劣化損傷は、構造物の性能に大きな影響を与える。PC 鋼材の一種である PC 鋼より線は、素線を束ねたストランド形状であり、損傷時の特性は不明確な点が多い。既往研究では、より線が完全破断した際の性能変化¹⁾や人為的に腐食させた梁の荷重試験²⁾などが行われているが、腐食時の付着特性などは研究例が少ない。

そこで本研究では、実構造物での腐食のような徐々に断面欠損が進行した際の PC 鋼より線の劣化損傷とそれによる PC 梁の性能変化の関係を明らかにすることを目的とし、そのために以下の 3 つの試験を実施した。

- (1) PC 梁端部に開口部を設け、その箇所において PC 鋼より線の素線を 1 本ずつ段階的に破断させ、その破断本数に応じたプレストレス減少量や、応力伝達の変化を明らかにすることを目的とし、試験を行った。
- (2) PC 梁端部に開口部を設け、鋼材を電食試験により腐食させて、実構造物の腐食損傷に近い状態を再現することで PC 鋼より線の初期腐食から破断に至るまでの過程における力学的挙動を詳細に捉えることを目的として試験を行った。
- (3) 実際の塩害に近い、鋼材に腐食損傷が生じた際の耐荷性能などを明らかにすることを目的とし、電食による腐食促進試験で PC 梁中の PC 鋼より線を試験体によって腐食箇所を変え、局所的に腐食させた後、荷重試験を行った。

2. PC 梁に開口部を設けた PC 鋼より線の破断実験

(1) 実験概要

図 1 に試験体の概要を示す。試験体に開口部を設

け、鋼材を露出させ、素線を 1 本ずつグラインダーで破断させた。

(2) 実験結果

試験体の鋼材破断直前から破断後までの破断本数とコンクリートひずみの関係について図 2 に示す。破断位置やその付近では鋼材破断時のプレストレス低下によるひずみの増加がみられるが、破断位置から約 1000mm 離れた位置から先では、両試験体ともに破断後のひずみの増加はわずかであった。この範囲は道路橋示方書において示されている PC 鋼材の付着長である 65Φ(Φ は鋼材径 15.2mm)に近い値となった。また、破断位置に近い箇所であるほどひずみの増加割合は大きくなっていることから、応力伝達が生じる範囲でも鋼材破断によって受ける影響には差があることが考えられる。

3. PC 梁に開口部を設けた PC 鋼より線の腐食試験

(1) 実験概要

試験体パターンを表 1 に示す。試験体寸法や開口部作成方法、コンクリートひずみゲージによる計測は破断試験と同様に設定した。

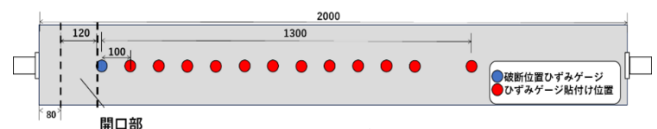


図 1 PC 鋼材破断試験体

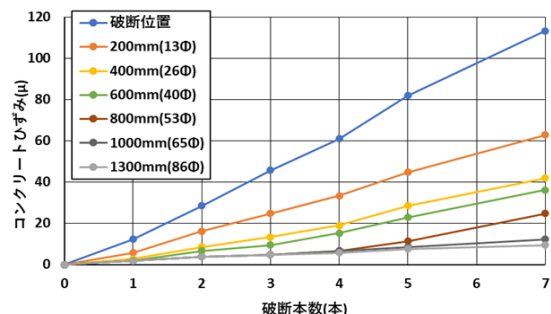


図 2 鋼材破断本数とコンクリートひずみの関係

表 1 試験体の種類

試験体	長さ(mm)	高さ(mm)	幅(mm)	開口部(mm)	導入プレストレス力(kN)	アンボンド区間	目標腐食度(%)
No.1	2000	250	200	120	100	無	100
No.2							80
No.3							100
No.4				240	150	有(120mm)	100
No.5						無	

キーワード PC 鋼より線, 鋼材腐食, 鋼材破断, 応力伝達範囲

(2) 実験結果

腐食時間におけるコンクリートひずみ変化の結果の一例を図3に示す。腐食によりPC鋼材断面が減少し、プレストレスが大幅に低下したと同時に、コンクリートひずみも急増していることがわかる。最終的な鋼材完全破断時において、破断位置から1000mm離れた65Φの位置までひずみの変化がみられたがそれ以降はほぼ変化がなかった。また、プレストレス低下が5%程度の腐食段階では、100mm(7Φ)以降の範囲でひずみの増加はみられなかった。このことから、離れた位置でひずみの変化がみられないのは、プレストレス低下が小さければグラウトの付着力がはたしているためであると推察される。

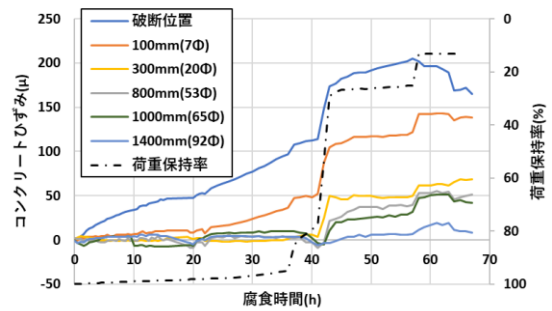


図3 鋼材破断本数とコンクリートひずみの関係

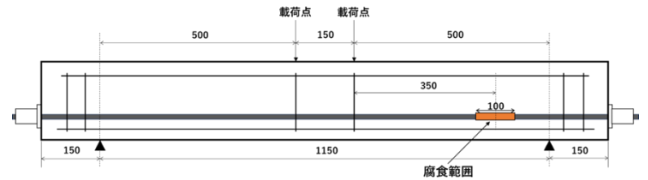


図4 試験体概要(せん断スパン腐食試験体)

4. PC鋼より線を局部的に腐食させた梁の荷重試験

(1) 実験概要

試験体は2体作成し、梁の中央とせん断スパン内をそれぞれ100mmの範囲で約10%腐食させた後、荷重試験を実施した。試験体の一例を図4に示す。

(2) 実験結果

荷重試験における荷重-中央たわみの結果を図5に示す。中央腐食、せん断スパン腐食試験体ともに曲げひび割れ発生荷重が約75kNで発生し、違いはみられなかった。これは、腐食の初期段階においてはプレストレスの減少量は小さいためであると考えられる。

中央腐食の試験体では、最大荷重に達したときに、素線の破断音とともに荷重が大きく低下した。その後も荷重を続けると、素線の破断を繰り返し、たわみの増加と共に耐力は低下していった。せん断スパン腐食試験体においても最大荷重までは中央腐食試験体との違いがみられなかったが、一度目の荷重低下の後、すぐに次の素線破断が生じることなく、たわみが徐々に増加しながら一度目の破断発生直前の最大荷重まで再び上昇し続け、素線の破断を繰り返しながら耐力が低下した。この結果から、腐食による素線破断が生じない腐食初期のPC梁の耐荷性能への影響は、荷重による素線破断後に顕著になることがわかった。これは、腐食初期段階におけるプレストレス減少がわずかであり、ひび割れや最大荷重に影響を与えない十分な圧縮応力が梁に作用しているためであると考えられる。

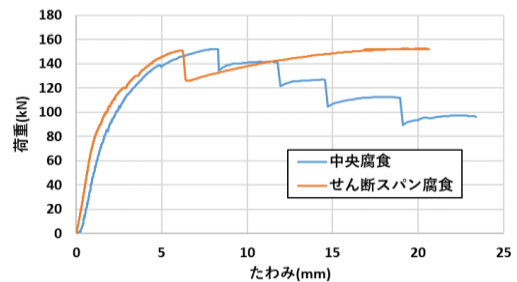


図5 荷重-中央たわみ関係

5. 結論

- (1) PC鋼材の腐食損傷によって付着を失う範囲は大きなプレストレスの低下、素線破断発生の有無によって大きく異なることがわかった。
- (2) 腐食による質量減少が約10%程度であれば鋼材破断発生までは耐荷性能に差は見られなかったが、素線破断後の挙動には違いが確認できた。このことから、鋼材の付着範囲同様、鋼材破断の影響が耐荷性能に大きな影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 1) 前田友章, 徳永光宏, 田所敏弥, 谷村幸裕: 鋼材破断時の付着特性に着目したPC梁の曲げ耐力に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp529-534, 2010.
- 2) 横田敏広, Isuru WIJYAYAWARDANE, 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E2(材料・コンクリート構造), Vol74, No.4, pp218-233, 2018.