

損傷した PC 梁の力学的性状と補修・補強効果に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 ○長塚 宗汰
埼玉大学大学院 非会員 吉田 祐太
埼玉大学大学院 正会員 牧 剛史

1. はじめに

長期間に渡って供用されている PC 橋では、桁端部における定着部の劣化が発生し、それに伴うプレストレス力の低下が問題となっている。また、日本の高速道路における供用年数の長い PC 橋では、グラウト未充填や充填不足に起因する PC 鋼材の腐食・破断事例が報告されている^[1]。このような PC 構造物に対して早急な安全性評価を行っていく必要があるが、現状では損傷した PC 構造物の曲げ性状を精度良く評価する手法は未だ確立していない。

そこで本研究では、定着部の劣化や PC 鋼材の腐食・破断が生じた PC 構造物の力学的性状やそれらに対する補修・補強法の効果を明らかにすることを目的として、損傷した PC 梁に対してグラウト再充填や外ケーブル補強を施した PC 梁の載荷実験を行った。

2. PC 梁の載荷実験概要

表-1、図-1 に供試体条件と供試体概要を示した。主にグラウト再充填の有無、外ケーブル補強の有無をパラメータとして計 5 体の PC 梁を作製した。PC 鋼材にはφ12.7mm の 7 本より PC 鋼より線 (SWPR7BL) を使用した。全ての供試体で PC 鋼材緊張後、グラウト未充填区間以外の部分にグラウトを充填させた。グラウト再充填を行う S-1R は、供試体端部でプレストレス力を解放した後にグラウト未充填区間に対してグラウト再充填を施した。また、PC 鋼材の腐食を行う S-2・S-2R は、PC 鋼材緊張後に注入したグラウトの硬化後、濃塩酸と希硝酸の混合液を供試体中央部の PC 鋼材に注入することで、断面減少・素線破断を発生させた。外ケーブル補強を行う S-2R は、予め外ケーブル補強用定着部を梁と一体化させて作製し、腐食試験終了後に外ケーブル用 PC 鋼材の緊張を行った。なお、外ケーブル用 PC 鋼材にはφ11.0mm の PC 鋼棒 (B 種 1 号 1SBPR193mm×8m) を使用した。

キーワード PC 梁, 定着部の劣化, グラウト再充填, PC 鋼材の破断, 外ケーブル補強

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院 TEL1180-2287-9937

表-1 供試体条件

	未充填区間の有無	プレストレス力の解放[%]	再充填の有無
S-m	無し	m	無し
S-1	無し	1mm	無し
S-1R	有り	1mm	有り
	PC 鋼材腐食位置		外ケーブル補強の有無
S-m	—		無し
S-2	供試体中央		無し
S-2R	供試体中央		有り

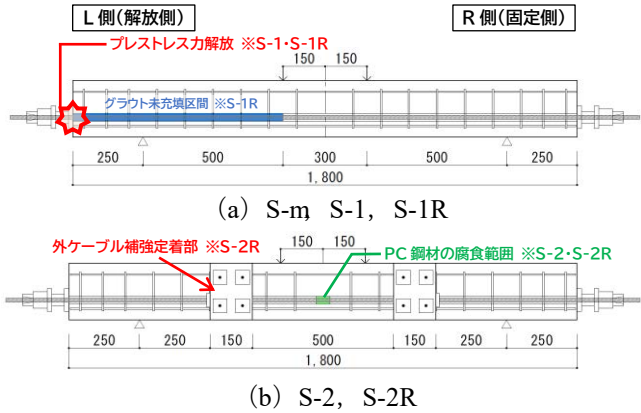


図-1 供試体概要

3. 実験結果と考察

(1) PC 鋼材ひずみについて

図-2 に S-1R のプレストレス力解放前と 1mm%解放直後の PC 鋼材ひずみ分布を示す。グラウト未充填区間ではグラウトが存在していないため、区間内で PC 鋼材ひずみがゼロになっていることが分かる。解放側から 75mm 以降はグラウトが充填されているため PC 鋼材ひずみが徐々に回復しているが、1mm%解放時の PC 鋼材ひずみが解放前のひずみにまで回復したのは固定側付近である。そのため、グラウト未充填区間が存在する場合、解放時のプレストレス力の低下範囲がより広範となる。

また、図-2 に S-1R の荷重 4mkN 時と最大荷重時の PC 鋼材ひずみを示した。グラウト未充填区間に再充填を行った場合、荷重 4mkN 時は再充填区間内で解放側端部に向かって PC 鋼材ひずみが小さくなり、1mm%解

放時のひずみとの差も小さくなっている。そのため、グラウト再充填を行うことにより、ひび割れ発生荷重程度までの荷重初期段階では、PC 鋼材とグラウト間の一体性が確保される。一方で、最大荷重 (77.1kN) 時は解放側端部においてひずみが上昇しているため、再充填したグラウトとの一体性は確保されていない。

図-3 に S-2 の PC 鋼材ひずみ値を素線破断前と破断後で比較したグラフを示す。グラフは素線 1 本目破断直前の PC 鋼材ひずみを基準として、素線 1 本目破断時～素線 3 本目破断時においてどれだけ PC 鋼材ひずみが減少したかを示す「ひずみ減少率[%]」として示している。グラフより、素線破断箇所近傍のプレストレス力は、素線の破断本数の増加に伴って徐々に低下していく。また、本試験では支点間のほぼ全域において、素線破断によるひずみの減少が確認された。

(2) 耐力力について

図-4 に各供試体の荷重－中央変位関係を示す。健全試験体 S-m と比較してプレストレス力を解放した S-1 や S-1R は最大荷重が約 2m% 低下した。そのため、定着部の劣化によりプレストレス力の大幅な低下があった場合、梁の性能は大きく低下する。また、供試体中央部にて 3 本の素線破断を生じていた S-2 は最大荷重が約 35% 低下した。そのため、鋼材腐食により素線の破断や断面減少が引き起こされている状態で荷重が作用する場合、梁の耐力力は著しく低下する。一方で、外ケーブル補強を施した S-2R では S-m と同等の初期剛性や最大荷重にまで回復した。したがって、PC 鋼材の破断や断面減少が確認された箇所に外ケーブル補強を施すことにより初期剛性や耐力力を回復させる効果が確認された。

(3) ひび割れについて

表-2 に各供試体のひび割れ発生荷重を示す。グラウト再充填を行った S-1R ではひび割れ発生荷重が小さかったことから、グラウト再充填ではひび割れの早期発生を回避できないと言える。また、外ケーブル補強を行った S-2R では健全試験体 S-m と同等であったことから、外ケーブル補強によりひび割れ発生を遅延できると言える。

表-2 各供試体のひび割れ発生荷重

	S-0	S-1	S-1R	S-2	S-2R
ひび割れ発生荷重[kN]	35.0	18.1	12.4	26.0	33.0

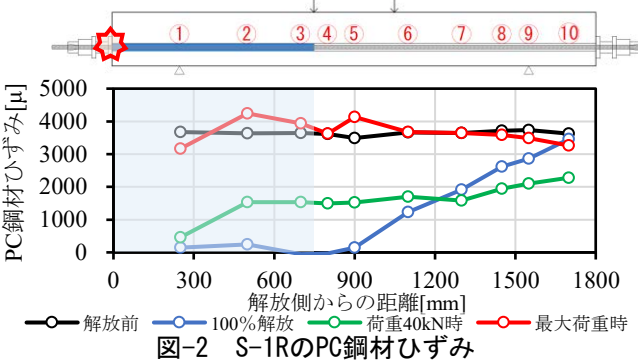


図-2 S-1RのPC鋼材ひずみ

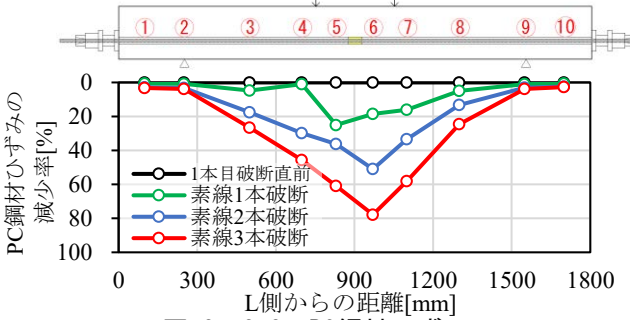


図-3 S-2のPC鋼材ひずみ

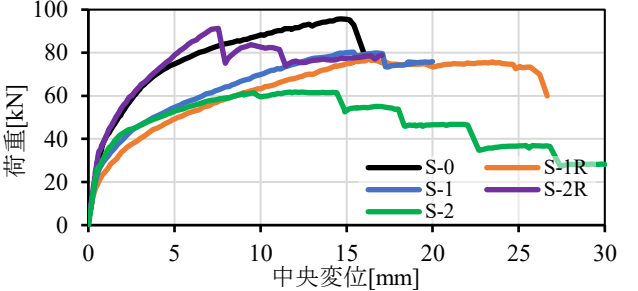


図-4 荷重－中央変位関係

4. 結論

- 1) 定着部の劣化により顕著なプレストレス力の減少があったとき、梁の性能は大きく低下し、グラウト未充填区間を有する場合には、解放によるプレストレス力の低下範囲がより広範となる。また、腐食により PC 鋼材の破断があったとき、梁の耐力力は著しく低下し、素線破断本数の増加に伴ってプレストレス力も低下していく。
- 2) グラウトの再充填を行った場合、荷重初期段階の PC 鋼材とグラウトの付着力が確保されるが、ひび割れ早期発生は抑止できない。
- 3) 外ケーブル補強を行った場合、梁の初期剛性や最大荷重を上昇させる効果やひび割れ発生を遅延できる効果を確認した。

参考文献

[1] 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会：報告書, 2014