定着部が劣化したPC梁の力学的性状に関する研究

埼玉大学大学院　学生会員　○吉田　祐太
埼玉大学大学院　正会員　牧　剛史

1. 目的

日本国内では高度経済成長期から急速に社会基盤インフラの整備が進められ，近年では橋梁等の老朽化が一斉に進行している．プレストレストコンクリート(以下“PC”)橋においては，凍結防止剤などを原因としたPC鋼材や定着部の腐食劣化などの損傷が発生している。また，ポストテンション式PC橋では，グラウトの充填不足が問題となっているが，これらの損傷したPC橋の曲げ性能を精度良く評価する手法は未確立というのが現状である．

本研究では定着部の劣化によりプレストレスが減少したPC梁の曲げ載荷実験と，DIANA10.3を用いた非線形FEM解析を行うことで，定着部が劣化したPC梁の曲げ性能の定量的な評価の確立を目指した．

2. 定着部の劣化によりプレストレスが減少したPC梁の曲げ載荷実験

2.1 実験方法

グラウト未充填区間の有無，プレストレス力解放の有無，完全解放後の定着ナットの有無をパラメータとして，計6本のポストテンション式PC単純梁を作製し，曲げ載荷試験を行った(表-1)．載荷前に，鋼材定着具のナットを緩めることで，定着部の腐食劣化等に起因するプレストレスの低下を模擬した．PC6についてはナットを緩めた後，完全に取り外すことで，腐食劣化したナットが破壊し，定着部で鋼材を固定するものがなくなった状態を再現した．なお，PC鋼材には表面にらせん状の溝加工が施された異形PC鋼棒（$\varphi = 11mm$）を用いた．

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(%)	解放後のナットの有無
PC1	無し	0	有り
PC2	有り	0	有り
PC3	有り	50	有り
PC4	無し	100	有り
PC5	有り	100	有り
PC6	無し	100	無し

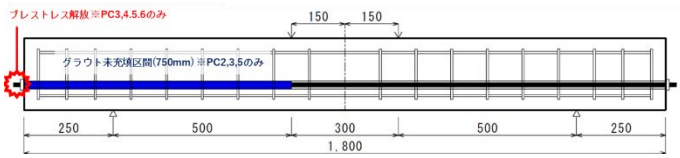

図-1　供試体側面図

2.2 実験結果および考察

(a) PC鋼材－グラウト間の付着

プレストレス力を解放した際に計測されたPC鋼材のひずみから，付着特性について考える．例としてひずみの低下程度が最も大きかったPC5の，25%ごとにプレストレス力を解放した際のPC鋼材ひずみを図-2に示す．図-2から，プレストレス力の解放割合が大きいほど解放端部から遠い位置まで影響が及ぶことがわかる．さらに，PC鋼材とグラウト間の付着応力によって，PC鋼材が健全状態と同様のプレストレス力を受け持つようになる箇所までの距離L_B(“付着長”とする)は，道路示方書[1]に規定されているプレテンション部材におけるプレストレス分布長さ(65φ)に，プレストレス力解放率R_{ps}を乗じることで求められると仮定し，式(1)の適用性を検討した．

$$L_B = 65\varphi * R_{ps} \quad (1)$$

PC5に式(1)を適用すると$L_B = 65 * 11 * 100\% = 715mm$となり，グラウト未充填区間長750mmを足

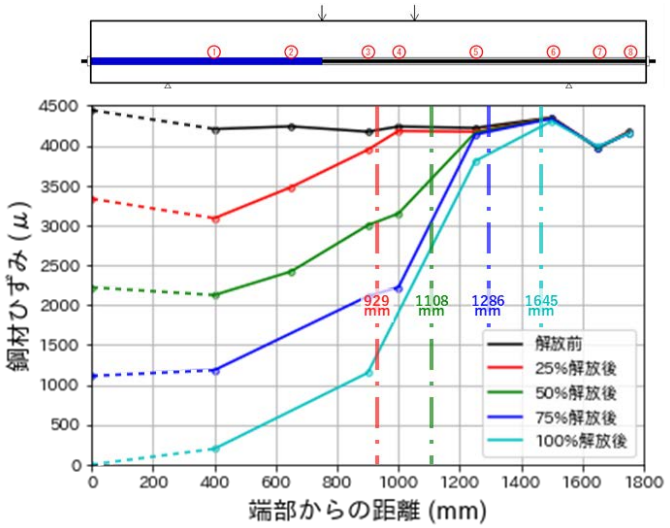

図-2　PC5プレストレス解放時PC鋼材ひずみ

キーワード　プレストレストコンクリート，定着部の劣化，グラウト未充填，付着長，非線形FEM解析
連絡先　〒338-0823　埼玉県さいたま市桜区栄和3-25-24 栄和アパート104号室　ＴＥＬ090-4539-6439

© Japan Society of Civil Engineers

して，解放側端部から 1465mm の点で解放前と同等のプレストレス力を受け持つようになると考える．図-2 における一点鎖線は各解放率における付着長の推定値を表すが，各値の近傍においてひずみが低下していないことがわかる．よって，本実験における付着長は式(1)にて概ね評価できると考える．

(b) 耐荷力

各供試体の最大荷重と破壊モードを表-2 に，荷重－中央変位関係を図-3 に示す．曲げスパンにおいて，プレストレス力解放による PC 鋼材ひずみの低下がなかった PC4 では最大荷重は低下せず， PC5 では，供試体中心で PC 鋼材ひずみが約 72%低下し，耐荷力は約 12%低下した．また，PC6 では中央変位 3～4mm ほどのタイミングで解放側に大きな斜めひび割れが発生し，一時荷重が低下する現象が見られた．

表-2　最大荷重

		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
実験	最大荷重(kN) [/ PC1]	86.2 [100.0%]	87.8 [101.2%]	87.1 [101.0%]	91.9 [106.6%]	76.0 [88.2%]	75.9 [88.1%]
	破壊モード	曲げ引張	曲げ引張	曲げ引張	曲げ引張	曲げ圧縮	曲げ圧縮
解析	最大荷重(kN) [/ 実験値]	75.6 [87.7%]	74.5 [84.8%]	72.1 [82.8%]	77.2 [84.0%]	66.6 [87.7%]	77.1 [101.6%]
	破壊モード	曲げ引張	曲げ引張	曲げ引張	曲げ引張	曲げ圧縮	曲げ引張

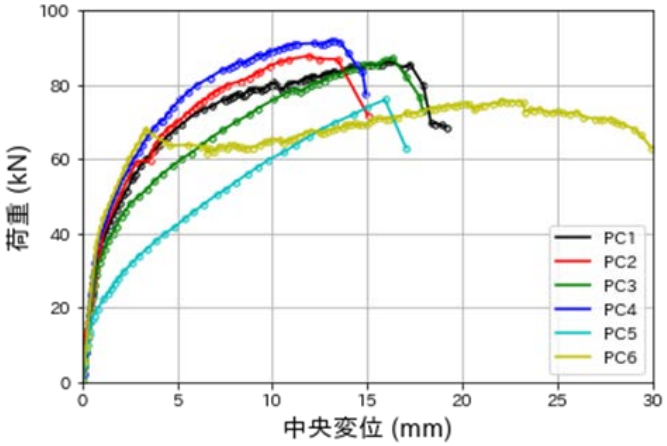

図-3　実験 荷重－中央変位関係

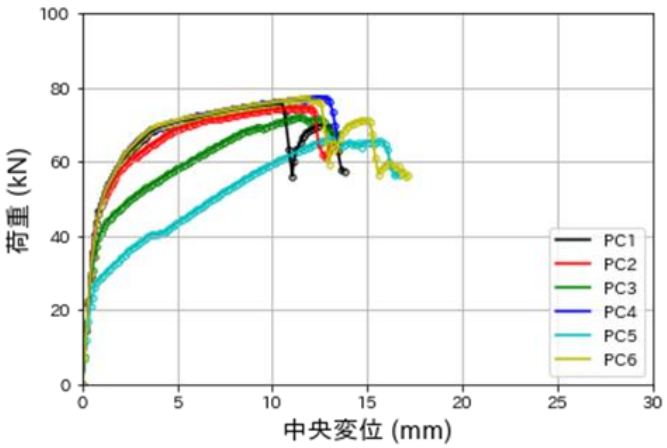

図-4　解析 荷重－中央変位関係

3. 非線形 FEM 解析による曲げ性能評価

実験における複雑な工程を再現するために，DIANA に組み込まれているフェーズ機能を採用した．また，PC 鋼材はトラス要素とし，PC 鋼材とコンクリート間にバネ要素を付与することでグラウトを模擬した．バネ要素の材料特性として，CEB-FIP Model Code 2010 [2] に記載されている付着応力－すべり関係をもとにした値を入力した．

各供試体の最大荷重と破壊モードを表-2 に，荷重－中央変位関係を図-4 に示す．実験時に特殊な挙動を示した PC6 を除くと，全体的に実験時よりも最大荷重が 15%ほど小さく算出された．しかし，破壊モードは，PC6 を除いたすべてのケースにおいて実験と解析で一致している．

4. まとめ

本研究から得られた知見は以下の通りである．

1) 定着部の劣化によりプレストレス力が低下した時，その影響範囲は式 $L_B = 65\varphi * R_{ps}$ によって概ね評価可能である．
2) 定着部の劣化によりプレストレスが低下した時，グラウトが適切に充填されており，危険断面において健全状態と同等のプレストレスが作用していれば，耐荷力に影響は与えない．逆に，グラウト未充填区間を有し，危険断面においてプレストレスが低下していると，耐荷力は大きく低下する．PC5 では，供試体中央の PC 鋼材ひずみがプレストレス力解放前と解放後を比較して約 72%低下したとき，健全時(PC1)と比較して耐荷力が約 12%低下した．
3) DIANAによる非線形FEM解析にて，PC鋼棒にトラス要素，グラウトにバネ要素を用いてモデル化することで定着部が劣化しプレストレス力が低下したPC梁，グラウト未充填区間を有するPC梁について，PC鋼材のひずみ性状，断面のプレストレス性状，また，それに伴う梁の部材性能の低下現象と，梁の破壊性状を概ね適切に評価することができる．

参考文献

1) 道路示方書・同解説 I 共通編 Ⅲコンクリート橋編，社団法人日本道路協会，2012.3，pp.200～202
2) CEB-FIP Model Code 2010 - First complete draft, Volume 1，p.234

© Japan Society of Civil Engineers