

PC 鋼より線束の付着が鋼材破断した PC 桁の残存プレストレスと耐荷挙動に及ぼす影響

中部大学 学生会員 ○小島 悠生
 中部大学 学生会員 遠藤 滉大
 中部大学 正会員 伊藤 睦

1. 研究背景と目的

ポストテンション式 PC 桁において、PC 鋼材の破断が報告されており、PC 鋼材の破断が残存プレストレスや耐荷性能に及ぼす影響を把握する必要がある。本研究では、SWPR7BL 7本より 12.7mm を 12 本(12T12.7) 用いた PC はり部材の PC 鋼材を切断した既往の実験¹⁾を対象に、鋼材の付着状況のモデル化が PC 鋼材切断時の残存プレストレス分布や曲げ耐荷性能に及ぼす影響を把握することを目的に数値解析的検討を実施した。

2. 検討概要

渡辺らの実験¹⁾を対象とした。図-1、表-1 に解析対象とした供試体諸元と材料特性値を示す。この実験では、PC 鋼材に 12T12.7 が使用されており、鋼材の切断量が残存プレストレスと曲げ耐荷性能に及ぼす影響が検討されている。

複数のより線を束ねた場合、それらの配置により各より線がグラウトと付着する領域は異なると考えられる。そこで本研究では、12 本のより線をそれぞれ棒要素でモデル化して、本解析対象のように PC 鋼材に偏向部がない PC 鋼材に対して、文献 1) 内の鋼材切断後の状況画像を参考に、図-2 に示すように 12 本のより線の配置とグラウトとの接触領域割合に応じた付着特性を仮定した。検討 Case1 として、図-2 の付着特性を仮定した場合、Case2, Case3 として、それぞれすべての鋼材要素の付着特性を一律、付着力割合 1/3 とした場合、2/3 とした場合について、付着状況が鋼材破断時の残存プレストレス分布や曲げ耐荷性能に及ぼす影響を検討した。

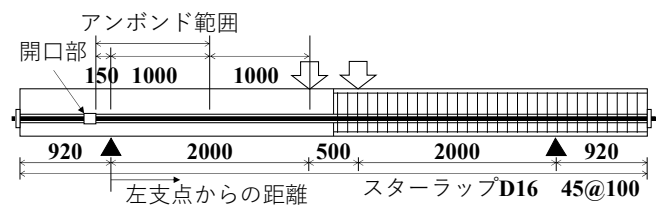


図-1 供試体諸元¹⁾

表-1 材料特性値¹⁾

No.	f_c' (MPa)	強度(MPa)	緊張力	切断割合
2-1	58.1	f_{py} :1849	1213kN	0%
2-2	58.1	f_{pu} :2020	1268kN	50%
2-3	57.0	f_g' :34.1	1174kN	75%

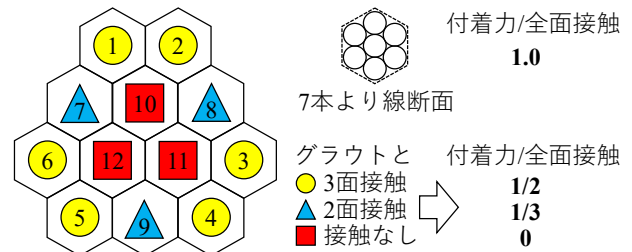


図-2 鋼材配置と付着特性の仮定

3. 解析概要

鋼材要素軸方向の付着応力 τ -すべり S 関係には、式(1)に示すように島ら²⁾が提案する付着応力-すべり-ひずみ関係に、かぶり厚や鋼材ふし形状の影響を簡易に導入する強度パラメータ α を乗じた。なお、1 本のより線に対する強度パラメータ α は、遠藤ら³⁾の検討結果を用いて 0.3 とし、各検討 Case に対する強度パラメータ α を適宜設定することで反映させた。本研究では 12 本のより線要素を同位置に配置し、より線間の摩擦を無視した。

$$\tau = \alpha \times 0.73 f_g' (\ln(1 + 5s))^3 / (1 + \varepsilon \times 10^5) \quad s = 1000S/D \quad (1)$$

ここで、 f_g' : グラウト強度、 ε : PC 鋼材ひずみとし、 ε は、鋼材要素切断時および載荷時に対して、グラウト後のより線要素ひずみの変化量の大きさの最大値とした。解析では、アンボンド状態で緊張力を導入したのちにより線とグラウト間の付着をモデル化し、より線の切断は、切断するより線要素の断面積をゼロとすることで表現した。コンクリート構成則には格子等価連続体モデル⁴⁾を使用し、より線要素の構成則はトリリニア型とした。曲げ耐荷性能評価では、より線要素の切断に引き続き荷重増分法により荷重載荷した。

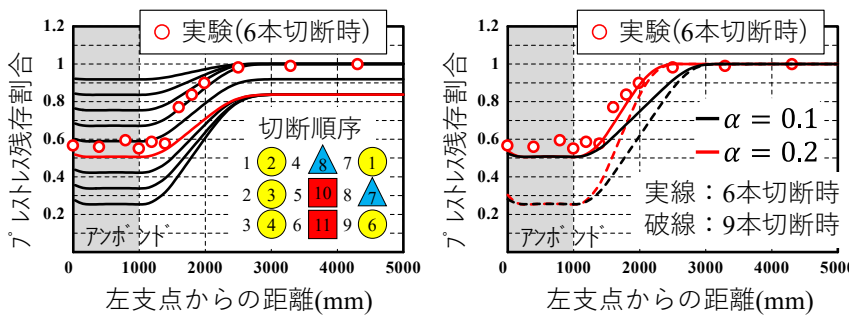


図-3 プレストレス残存割合分布(左: Case1, 右: Case2, 3)

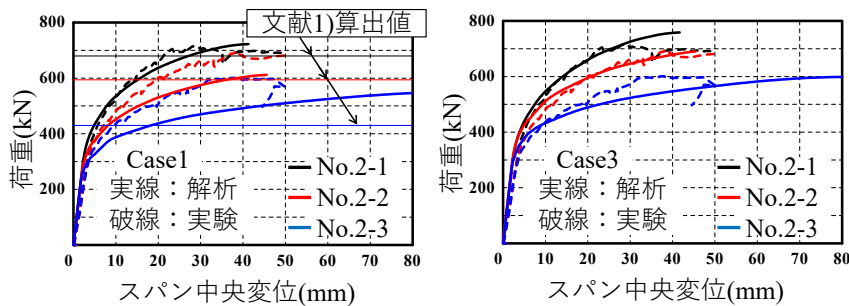


図-4 荷重-変位関係の比較(左: Case1, 右: Case3)

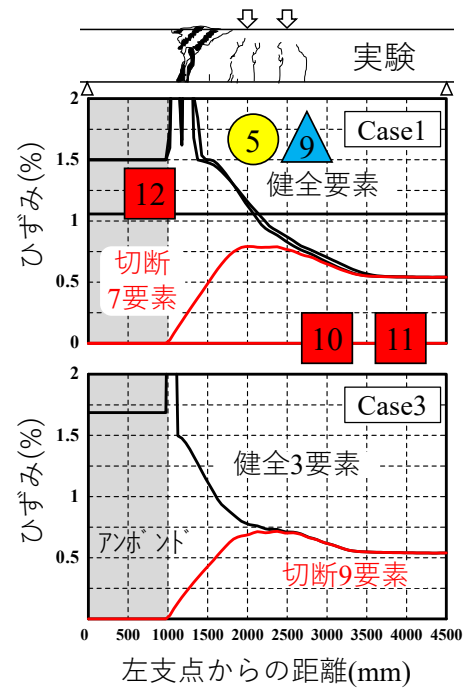


図-5 荷重最大時の鋼材ひずみ分布

4. 解析結果

図-3に鋼材切断時に試験体表面のコンクリートひずみから評価したプレストレス残存割合分布¹⁾を示す。解析では、より線1本を切断するごとに8% (1/12%) ほどずつプレストレスが減少した。予測された6本切断時の残存割合がアンボンド範囲で実験よりやや小さい点については、実験ではより線間の摩擦が考えられる。なお、12本のより線を1本の鋼材要素でモデル化すると、このような減少は予測されなかった。Case1ではアンボンドと仮定したより線を切断した結果、全スパンでプレストレスが減少したため、図-2のような鋼材配置の場合であっても、束の中心にある鋼材にも付着もしくは摩擦の考慮が必要である。また、プレストレスが回復するまでの距離は、切断本数によらず、各ケースにおいてほぼ一定となった。本解析対象の場合、12本の各より線の付着強度を、1本のより線に対するその2/3とすることで実験値とより一致を示した。図-4に示すCase1とCase3の荷重-変位関係の比較より、実験と同様に、切断の有無は初期剛性に影響せず、ひび割れ発生後の剛性に影響した。最大荷重は、Case3が実験値と良い一致を示した。図-5に示すNo.2-3の最大荷重時のPC鋼材ひずみ分布から、切断したPC鋼材はアンボンド範囲から離れた等曲げ区間で抵抗し、健全なPC鋼材は実験で終局断面となった断面位置で抵抗するように、断面位置で異なる挙動を示した。なお、ひずみ1.5%は、PC鋼材の応力-ひずみ関係において、応力が f_{pu} となるひずみである。

5. まとめ

より線束のPC鋼材のうち、複数本を切断した際にプレストレスが減少する区間は、グラウトの付着強度に依存するが、切断本数によらずほぼ一定であり、中心に配置されるより線にもグラウトとの付着もしくはより線間の摩擦の存在が考えられる。破断の存在により、各PC鋼材は同一断面でも異なる抵抗を示した。

謝辞：本研究は科研費JP22K04292および(一財)名古屋高速道路協会の助成を受けた。

参考文献：1)渡辺健, 田所敏弥, 谷村幸裕ほか: グラウト充填不良を有するPC桁の鋼材破断後の耐力評価法, 鉄道総研報告, Vol.25, No.2, pp.11-16, 2011.2. 2)島 弘, 周 礼良, 岡村 甫: マッサ的なコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, Vol.378/V-6, pp.165-174, 1987. 3)遠藤 滉大, 小島悠生, 伊藤 睦: PC鋼材破断時の付着特性と残存プレストレス分布の数値解析的評価, 令和4年度土木学会中部支部研究発表会概要集, 2023.3. 4)伊藤 睦, Kongkeo, P., 中村 光, 田辺忠顕: 格子等価連続体法化による鉄筋コンクリート部材の有限要素解析, 土木学会論文集, No.767/V-64, pp.115-129, 2004.