

鋼材付着の有無の影響を考慮した PC はり部材の有限要素解析による耐力評価

名古屋工業大学 学生会員 ○松原 左月
 名古屋工業大学 非会員 楠見 将司
 名古屋工業大学 正会員 武田 健太
 名古屋工業大学 学生会員 村田 明弘

1. はじめに

高度経済成長期に建設されたポストテンション式 PC 橋の一部で、グラウトの充填不足が確認されるものがあり、コンクリートと PC 鋼材間の付着の影響を適切に考慮したうえで、性能評価を行う必要がある。梅原らは、鋼材径および付着状態を変化させたポストテンション式 PC はり部材に対して載荷試験を実施し、鋼材の付着が PC はり部材の曲げ挙動に影響を及ぼすことを指摘している¹⁾。本研究では、上述の載荷実験結果を対象とし、有限要素解析による再現解析を試みた。

2. 解析対象部材の概要

表-1, 2 に PC はり部材の諸元および PC 鋼材の付着状態の概要、図-1 に PC 鋼材の付着状態のイメージ図を示す。表-1, 2 に示した鋼材径、付着状態等をパラメータとしたポストテンション式 PC はりを作製し、載荷試験を行っている。シリーズ I~IV は鋼材径やはりの断面形状、Case a~e は PC 鋼材の付着状態で分類される。図-2 に、シリーズ I における荷重-中央変位関係を示す。図のように、Case により最大荷重が異なることから、PC 鋼材の付着状態が部材の挙動に影響を与えることを明らかとしている。著者らは、シリーズ I の載荷試験結果を対象に、有限要素解析による再現解析を行っている。その結果、解析により実験結果を比較的精度良く捉えられることを示した²⁾。本稿では、確立した解析手法の適用範囲を確認するため、シリーズ II~IV の実験結果を対象とした有限要素解析による再現解析結果を中心に述べる。

3. 有限要素解析による再現解析

3. 1 解析方法

解析プログラムには ATENA 3D を用いた。PC 鋼材には、ボンドの箇所では離散鉄筋要素、アンボンドの箇所では外ケーブル要素を用いた。外ケーブル要素は、コンクリートの変形に追随しない特徴を有する。

表-1 PC はり部材の諸元

シリーズ名	鋼材径	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	偏心距離 (mm)	はり長さ (mm)
I	φ 11	150	200	30	2400
II	φ 11	150	200	30	1500
III	φ 17	200	250	40	1800
IV	φ 23	200	300	50	1800

表-2 PC 鋼材の付着状態の概要 (単位: mm)

シリーズ名	c		d		e	
	l_b	l_{ub}	l_b	l_{ub}	l_b	l_{ub}
I	750	700	400	900	—	—
II	450	400	—	—	275	250
III	550	500	500	550	—	—
IV	550	500	—	—	350	300

※ l_b : ボンド区間, l_{ub} : アンボンド区間

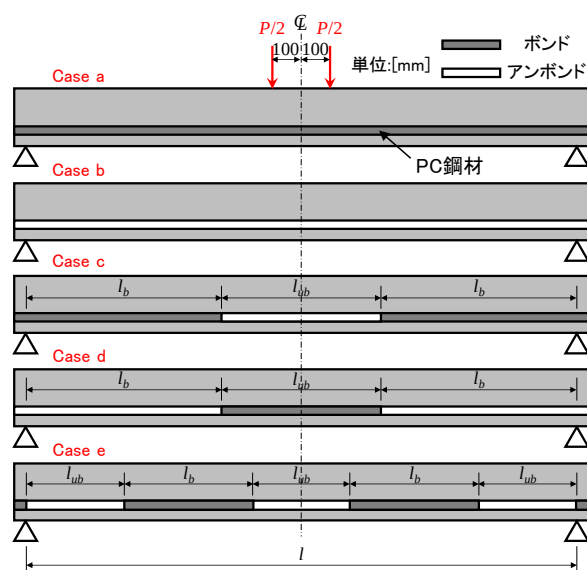


図-1 PC 鋼材の付着状態のイメージ図

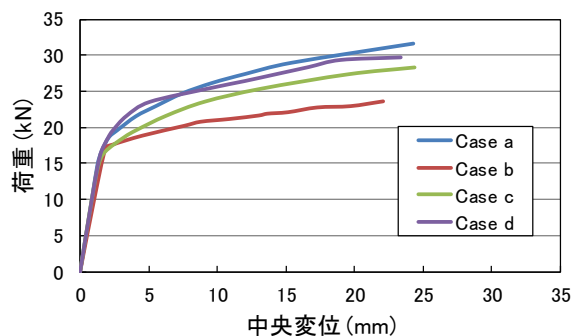


図-2 荷重-中央変位関係 (シリーズ I)

キーワード PC 鋼材の付着, 有限要素解析, 外ケーブル要素

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-7513

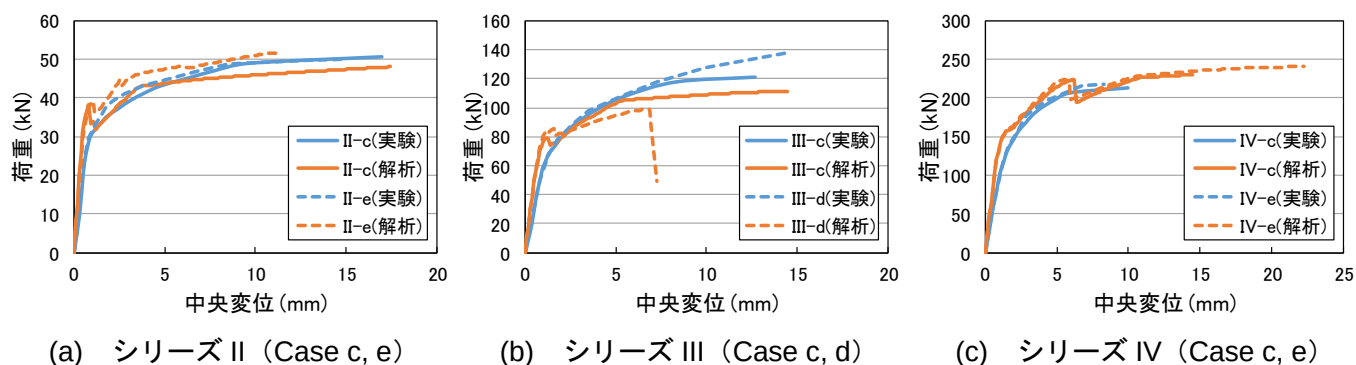


図-3 荷重－中央変位関係における実験値と解析値の比較（シリーズII～IV）

コンクリートの応力－ひずみ関係は、圧縮側の上昇曲線は斉藤ら、Nakamura らの研究を参考として放物線、圧縮軟化を直線とした。また、引張軟化は Hordijk のモデルを採用し指数関数とした。PC 鋼材の応力－ひずみ関係にはトリリニア型を採用した。PC 鋼材のプレストレスは、鋼材要素に初期ひずみを導入することで、その影響を考慮した。

3. 2 解析結果

図-3 に、荷重－中央変位関係におけるシリーズII～IVの実験値と解析値の比較を示す。ここでは、鋼材の付着の有無が混合したケース（Case c～e）のみ比較することとした。図より、実験値と解析値を比較すると、解析値が実験値を捉えられるものもあれば、解析値が実験値を下回るものもあり、ケースにより異なる結果となった。また、解析における曲げひび割れ発生直後の挙動に着目すると、荷重が低下した。これは、曲げひび割れ発生直後に載荷点直下のコンクリートにひび割れが生じたためと考えられる。

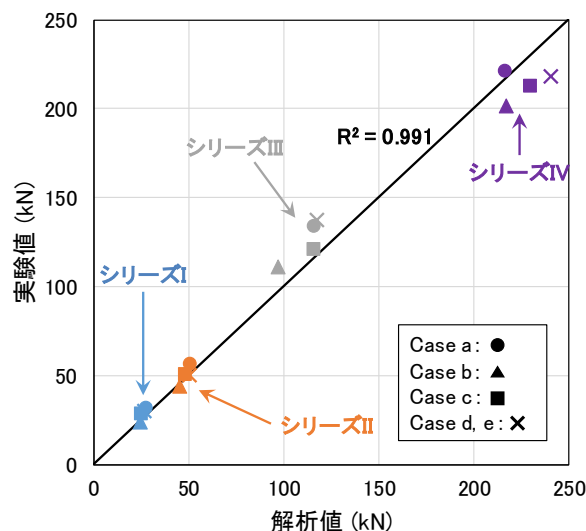


図-4 最大荷重の比較

図-4 に、実験値と解析値における最大荷重の比較を示す。図中には、文献 2) に示したシリーズIの結果も併せて示している。図中には、実験値＝解析値となる補助線も示した。図のように、最大荷重のみで比較すると、すべてのシリーズにおいて、実験値と解析値が概ね一致しており、鋼材の付着状態により異なる最大荷重の傾向を解析により概ね捉えられていることがわかる。また、決定係数は $R^2=0.991$ と、実験値の相関性は高く、十分な精度で実験を再現できているといえる。しかし、付着の有無が混在する場合は鋼材要素の端部で、ひずみが不連続となるため、その連続性を確保することが解析精度向上に不可欠であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、鋼材径および鋼材の付着状態などをパラメータとしたポストテンション式 PC はり部材の載荷試験結果を対象とし、有限要素解析による再現解析を試みた。その結果、鋼材の付着の有無を、解析上で 2 種の鋼材要素を用いて表現することで、実験値を解析により概ね表現可能であることがわかった。また、鋼材要素の端部におけるひずみの連続性を確保することが、解析精度向上に不可欠であることが示唆された。

参考文献

- 1) 梅原ら：PC はりの曲げ挙動に与える鋼材の付着状態の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 13, No. 2, pp. 695-700, 1991.
- 2) 楠見ら：鋼材の付着の有無がポストテンション式 PC はりの挙動に与える影響に関する解析的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 40, No. 2, pp. 421-426, 2018.