

鋼材の付着の影響を考慮したプレストレストコンクリートはりの 有限要素解析による性能評価手法の検討

名古屋工業大学 学生会員 ○市橋 佑基
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 楠見 将司
名古屋工業大学 フェロー会員 梅原 秀哲

1. はじめに

現在供用されているコンクリート橋梁は、高度経済成長期に建設されたものが多く、老朽化が懸念されている。特に、プレストレストコンクリート（以下、PC）橋梁は約4割を占めており、今後の維持管理の重要性が指摘されている。また、ポストテンション式のPC橋梁においては、グラウトの充填不足が確認されているものがあり、コンクリートとPC鋼材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況を変化させたポストテンション式PCはりを対象として載荷試験を実施し、鋼材の付着状況がPCはりの曲げ挙動に影響を及ぼすことを指摘している¹⁾。そこで本研究では、グラウト不良が生じた実PC橋の適切な性能評価手法の提案を最終的な目標に据え、その前段として、上述の載荷試験結果を対象とし、鋼材の付着の影響を考慮した有限要素解析による性能評価を試みた。

2. 解析対象部材の載荷試験結果

表-1、2と図-1に、PCはりの諸元とPC鋼材の付着状況をそれぞれ示す。鋼材径、付着状況、はり長さ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、載荷試験を行った。なお、シリーズI～IVは鋼材径やはりの断面形状で、i～vシリーズはPC鋼材の付着状況で分類される（i：全長ボンド、ii：全長アンボンド、iii：支間中央アンボンド、iv：支間中央ボンド、v：支間中央・両端アンボンド）。図-2に、シリーズIにおける荷重－中央変位関係を示す。i、iiシリーズを比較すると、耐力には約25%の差がみられ、鋼材の付着の有無がPCはりの耐力に影響を及ぼすことが確認された。このうち本研究では、シリーズIのi、iiシリーズの載荷試験結果を対象として、有限要素解析による性能評価を試みた。

表-1 PCはりの諸元

シリーズ名	鋼材径 (mm)	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	偏心距離 (mm)	はり長さ (mm)	支間 (mm)
I	φ11	150	200	30	2400	2200
II	φ11	150	200	30	1500	1300
III	φ17	200	250	40	1800	1600
IV	φ23	200	300	50	1800	1600

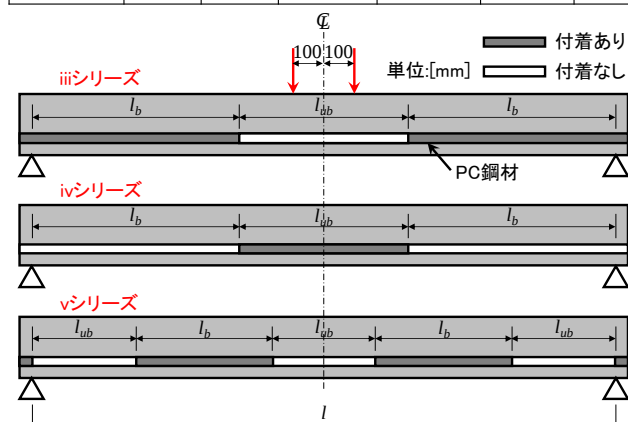


図-1 PC鋼材の付着状況のイメージ図 (iii～vシリーズ)

表-2 PC鋼材の付着状況の概要 (単位: mm)

シリーズ名	iii		iv		v	
	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

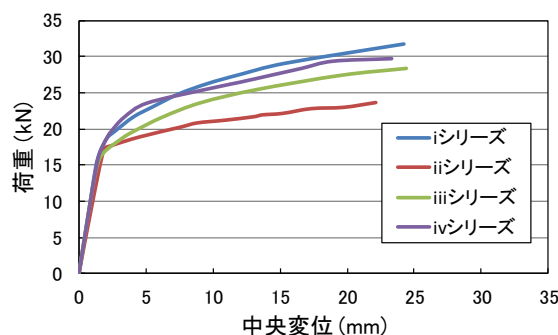


図-2 荷重－中央変位関係 (シリーズI)

3. 有限要素解析による性能評価

3.1 解析方法

解析プログラムには、市販の有限要素解析ソフトウェアであるATENA3Dを用いた。PC鋼材は、iシリーズでは「離散鉄筋要素」、iiシリーズでは「外ケ

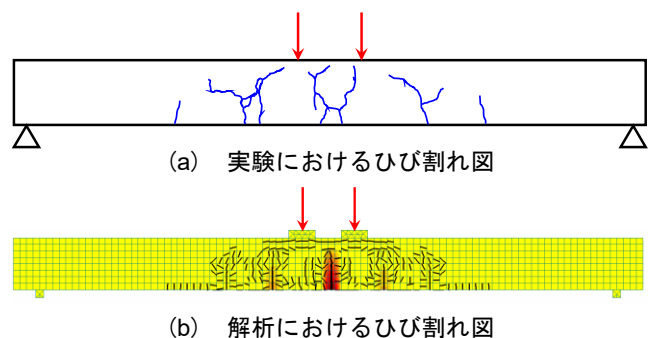
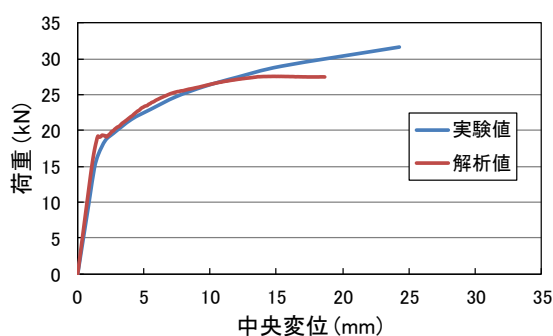


図-3 実験と解析におけるひび割れ図の比較 (i シリーズ)



(a) i シリーズ (全長ボンド)

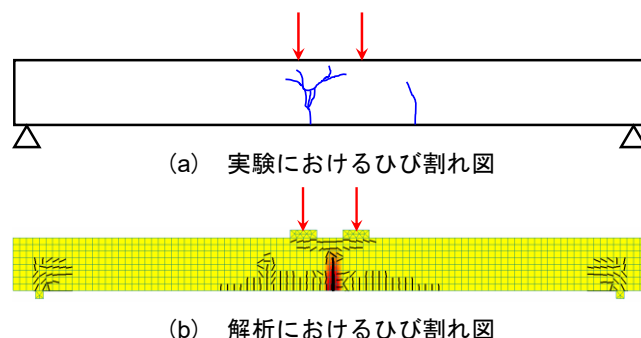
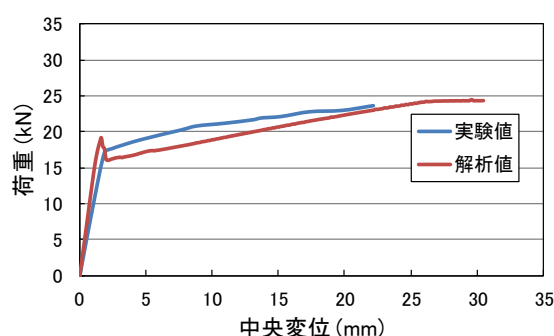


図-4 実験と解析におけるひび割れ図の比較 (ii シリーズ)



(b) ii シリーズ (全長アンボンド)

図-5 荷重－変位関係における実験値と解析値の比較

ープル要素」を用いて表現した。

コンクリートの応力－ひずみ関係は、圧縮側は斉藤ら、Nakamura らによるモデルを参考とし、引張側は指数関数により軟化するモデルを採用した。

PC 鋼材の応力－ひずみ関係はトリリニア型とし、各物性値には道路橋示方書に記載される規格値を採用した。PC 鋼材のプレストレスは、鋼材要素に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, 4 に、実験と解析における i, ii シリーズのひび割れ図の比較を示す。解析におけるひび割れ図は、最大荷重時のものであり、最大主ひずみ分布も併せて示している。図より、両シリーズともに、ひび割れ状況は実験と解析で若干の相違はみられるものの、最大主ひずみ発生箇所に着目すれば、PC 鋼材の付着状況により異なるひび割れ状況を、解析でも概ね表現できているといえる。

図-5 に、荷重－変位関係における実験値と解析値の比較を示す。初期剛性に着目すると、i シリーズでは解析値と実験値は概ね整合しているが、ii シリーズでは解析値が実験値を上回った。これは、本解析では、シースの空隙分をコンクリートより控除せずにモデル化しており、はり全体の剛性が大きくなったことが原因と考えられる。ひび割れ発生荷重や最

大荷重は両シリーズともに、解析値は実験値を概ね再現できたが、ひび割れ発生後の挙動は解析値と実験値で若干の相違がみられた。このように、解析上で PC 鋼材の付着状況を、離散鉄筋要素と外ケーブル要素を用いて表現することで、付着状況の異なる PC はりのひび割れ状況や耐力を概ね再現可能なことが示された。

4. まとめ

本研究では、PC 鋼材の付着状況を変化させた PC はりの載荷試験結果を対象として、有限要素解析による性能評価を試みた。その結果、解析上で PC 鋼材の付着状況を、鋼材要素を使い分けて表現することで、ひび割れ状況や耐力を概ね再現可能であることが示された。ただし、本研究の適用範囲は、コンクリートと PC 鋼材の付着が全長にわたりボンドあるいはアンボンドの場合に限定される。PC 鋼材の付着の有無が混在する場合には、PC 鋼材のモデル化の方法に工夫を施す必要がある。その方法の提案は、今後の課題である。

【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。