

表面ひずみ法による PC 桁の残存プレストレス推定に関する研究

飛島建設
東京理科大学
高速道路総合技術研究所
東電設計

正会員
正会員
正会員
正会員

石塚 健一
加藤 佳孝
村西 信哉
恒國 光義

飛島建設
東京理科大学
高速道路総合技術研究所
東電設計

正会員
○正会員
正会員
正会員

平間 昭信
江口 康平
飛田 一彬
小林 賢司

1. はじめに

長期間供用されたプレストレストコンクリート橋の健全性評価に際し、残存プレストレスは重要な評価指標である。筆者らは、曲げひび割れが発生した PC 桁の残存プレストレスを非破壊かつ安価に推定する手法として、活荷重作用時のひび割れ幅変化や表面ひずみ変化から推定する方法（以下 表面ひずみ法という）を開発済みであるが、曲げひび割れ発生前についても表面ひずみ法の適用を検討することとした。

曲げひび割れ発生前は、PC 桁が完全な弾性体であればプレストレスに無関係に荷重とひずみは比例関係となるため表面ひずみ法の適用は困難であるが、PC 桁が完全な弾性体ではなくプレストレスの相違により表面ひずみの挙動が異なれば、表面ひずみ法が適用できる可能性がある。そこで、PC 桁に曲げひび割れが発生しない程度の荷重作用時に、プレストレスの相違が表面ひずみの挙動に及ぼす影響を室内試験により確認した。

2. 試験概要

- ①プレストレスが異なる同一形状の梁供試体 3 体の静的載荷試験を行った（図-1）。プレストレスの比率（残存率）は、供試体 No.1 のプレストレス 100%に対し、No.2 は 70%、No.3 は 50%とした。
- ②基準となる供試体 No.1 のプレストレスは、導入直後（載荷開始時）における支間中央断面の上下縁合成応力度（自重+プレストレス）が実存する PC T 桁橋の死荷重時応力度と同等程度となるように設定した。
- ③最大荷重は桁下縁の合成応力度が -1.0N/mm^2 程度となる荷重とし、プレストレス比率に応じて供試体ごとに設定した。
- ④載荷は支間中央の 1 点載荷とし、最大荷重の 50%の荷重まで予備載荷を行った後、 0.8kN/秒 程度の載荷速度で最大荷重まで 3 回の繰り返し載荷を行った。また、荷重 2.5kN ごとに、コンクリート表面ひずみ、鉛直変位、鋼材ひずみを計測した。
- ⑤表-1 に荷重段階ごとの支間中央断面上下縁の合成応力度の計算値を示す。表中の「 M_0 荷重」とは、断面の上下縁応力度が等しくなる荷重、すなわち断面の自重、プレストレス、「 M_0 荷重」による曲げモーメントの和がゼロとなる荷重を意味する。

表-1.支間中央断面合成応力度

			単位	No.1	No.2	No.3	
プレストレス比率			%	100	70	50	
端部緊張力			kN/本	450	315	225	
M ₀ 荷重			kN	76.8	50.0	32.4	
最大荷重			kN	192	136	100	
支間中央断面	合成応力度	載荷開始時	上縁	N/mm ²	0.78	0.70	0.65
			下縁	N/mm ²	7.79	5.30	3.63
		M ₀ 荷重時	上縁	N/mm ²	4.28	3.00	2.14
			下縁	N/mm ²	4.28	3.00	2.14
		最大荷重時	上縁	N/mm ²	9.59	6.95	5.25
			下縁	N/mm ²	-1.02	-0.95	-0.96

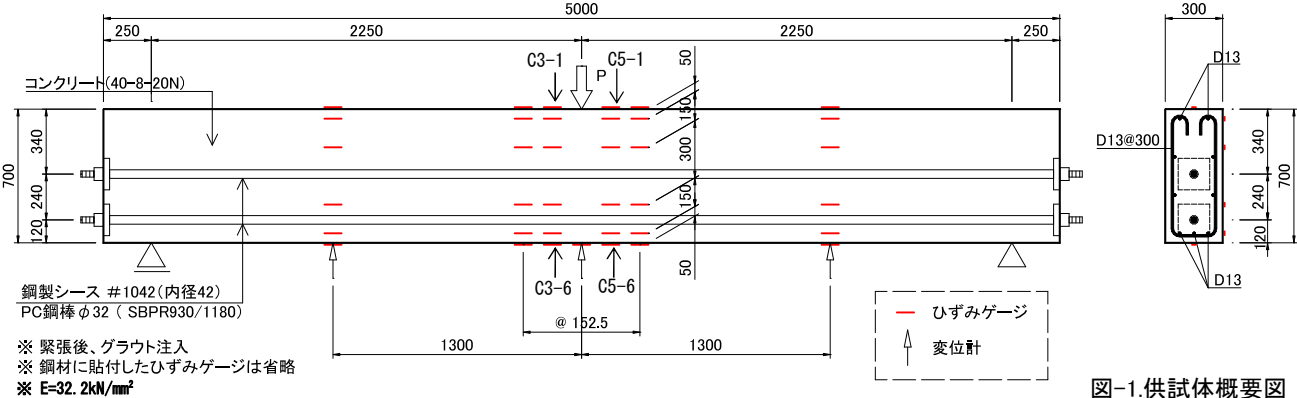


図-1.供試体概要図

キーワード 残存プレストレス、表面ひずみ、曲げひび割れ

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株)技術研究所 TEL 04-7198-1101

3. 試験結果

- ①図-2に、載荷荷重0～100kNまでの支間中央断面における上縁ひずみと下縁ひずみの関係を示す。ここで、上縁ひずみはひずみゲージC3-1とC5-1の平均値、下縁ひずみはC3-6とC5-6の平均値としている。また、曲げひび割れ発生前は、上下縁ひずみ比は断面図心からの距離比になると予想されるため、これを図中に「理論値」として示している。上下縁ひずみ比（グラフの勾配）は、初期段階では理論値に近い挙動を示しているが、ある段階を境にして断面下縁の引張ひずみの増加割合が大きくなっていることがわかる。プレストレス比率が低下するほど、上下縁ひずみ比の低下傾向および引張ひずみの増加傾向が顕著である。

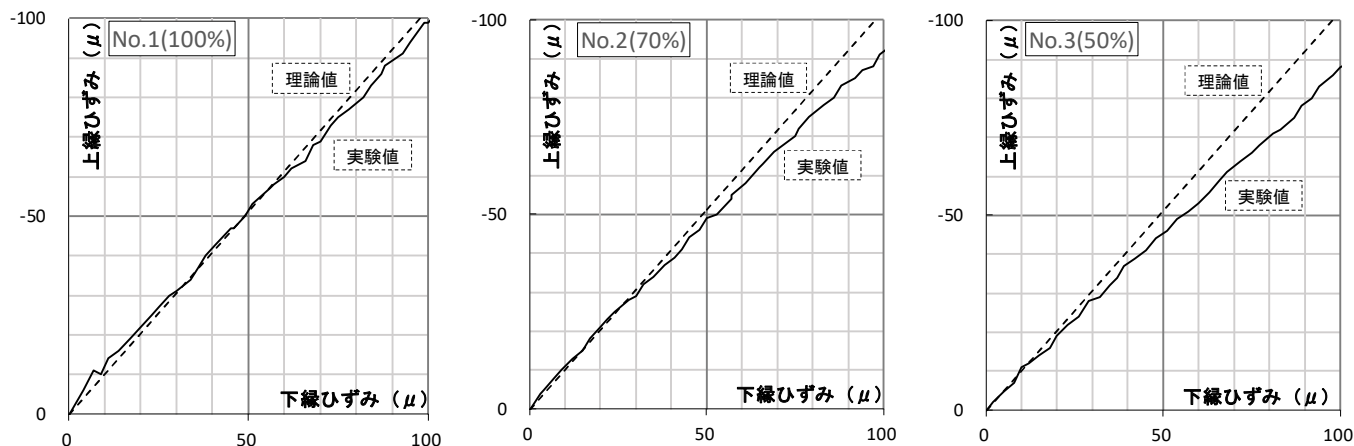


図-2.上下縁ひずみ関係

- ②図-3に、供試体 NO.3 (50%) の荷重-ひずみ関係を示す。断面上縁の荷重-ひずみはほぼ比例関係にあるが、断面下縁は荷重-ひずみ関係に折点が生じている（以下 折点が生じる荷重を境界荷重という）。
- ③表-2に、プレストレス比率毎の境界荷重と断面の曲げモーメントの総和がゼロとなる「 M_{t0} 荷重」の比較を示す。いずれの比率の場合も境界荷重と「 M_{t0} 荷重」はほぼ一致している。

4. まとめ

今回の試験で得られた知見を以下に示す。

- ①プレストレス比率が低下するほど、境界荷重が低下するとともに境界荷重以降の引張ひずみ増加傾向が顕著になる。
- ②境界荷重は、荷重による断面上下縁の表面ひずみ変化を計測すれば、上下縁ひずみ関係、荷重-ひずみ関係から求めることができる。
- ③境界荷重と「 M_{t0} 荷重」はほぼ等しく、境界荷重を計測で求めればその断面の「 M_{t0} 荷重」を推定できる可能性がある。

5. 課題および表面ひずみ法の適用について

- ①荷重-ひずみ関係に折点が生じる理由を明らかにし、境界荷重≒「 M_{t0} 荷重」であることを理論的に裏付ける必要がある。
- ②実際の PC 桁について同様の現象が生じるか確認することが必要である。
- ③「 M_{t0} 荷重」を表面ひずみ計測で推定することができれば、曲げひび割れ発生前の PC 桁の任意断面のプレストレス残存率は下式で推定することができる。

$$M_d + \alpha M_p + M_{t0} = 0 \text{ より、} \alpha = -(M_d + M_{t0}) / M_p$$

ここに α : プレストレス残存率 M_d : 死荷重による設計曲げモーメント

M_p : プレストレスによる設計偏心モーメント M_{t0} : 「 M_{t0} 荷重」による曲げモーメント

※本研究は建設技術研究開発助成制度による「PC 桁の健全性評価のための PC 鋼材緊張力の非破壊監視システムの構築」の研究の一環として平成 29 年度に実施したものです。

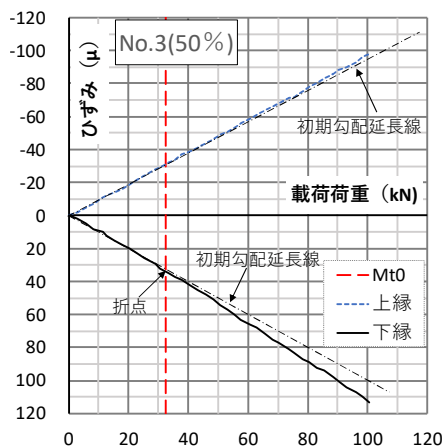


図-3.荷重-ひずみ関係

表-2.境界荷重と「 M_{t0} 荷重」の比較

供試体	比率 (%)	折点荷重 (境界荷重) (kN)	「 M_{t0} 荷重」 (kN)
NO.1	100	80～85	76.8
NO.2	70	50～55	50.0
NO.3	50	30～35	32.4