

## 光ファイバセンサによるプレストレストコンクリートの緊張力管理手法の検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○工藤 正智, 落合 昂雄, 関根 麻里子, 早野 博幸

## 1. はじめに

PC 構造物において所定のプレストレス量を導入することが重要であり、緊張力管理におけるプレストレス量の測定についてはいくつかの手法が提案されている。様々な形状の部材における短期のプレストレス量を測定するには、コンクリート用埋込みひずみ計（以降、埋込みひずみ計）等によって緊張前後のひずみを測定する方法がある。しかし、本手法では埋込みひずみ計そのものが大きく、埋設されたことによる構造耐力への影響が懸念される。また、長期のプレストレス量を評価する方法の開発が求められている。そこで本研究では、極小径でコンクリート部材に影響を及ぼさない光ファイバセンサによる緊張力管理と長期のプレストレス量の推定手法を検討した。

## 2. 実験概要

実験では、光ファイバセンサを埋設した梁と床版 PC 試験体を用いて、緊張時、曲げ載荷時および長期でのひずみ測定を行い、緊張力管理への適用性を確認した。

使用した光ファイバセンサ（以降、モルタルセンサ）は、FBG 方式を用いており、検知部のひずみが測定される（図 1 参照）。また、打設時での検知部の損傷を防ぐため、検知部を  $\phi 20 \times 50$  mm のモルタルで被覆している。なお、モルタルの配合は、試験体の配合と同じ W/C とし、測定系に与える影響を小さくした。

コンクリートの配合を表 1 に、試験体の概要を図 2 に示す。梁試験体の寸法は、 $230 \times 300 \times 2700$  mm とした。センサは、梁全長の 1/2, 1/4 断面かつ 2/3 高さの位置に 1 体ずつ設置することとした。モルタルセンサと同位置の表面にゲージ長 60 mm、幅 1 mm のひずみゲージを設置した。養生は、3 日間の湿潤養生後、気中養生とし、材齢 7 日にポストテンション方式で緊張し、材齢 28 日に設計上のひび割れ発生荷重 (150 kN) での曲げ載荷試験を実施した（図 3 参照）。

床版試験体は、トンネル床版として用いられる実構造物大の形状とした。試験体には、モルタルセンサと埋

表 1 コンクリート配合

	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
			W	H	S	G
梁試験体	36.9	43	162	439	733	1016
床版試験体	39.5	45	150	380	816	997

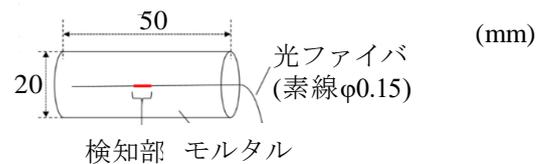


図 1 モルタルセンサ概要

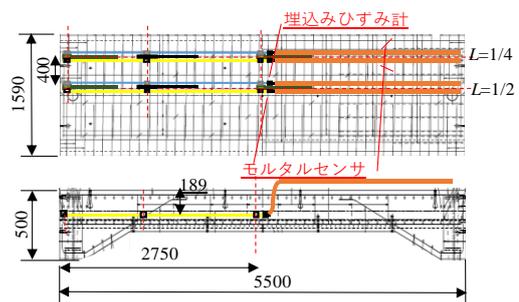
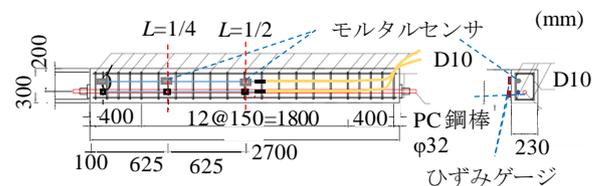


図 2 試験体概要（上：梁試験体，下：床版試験体）

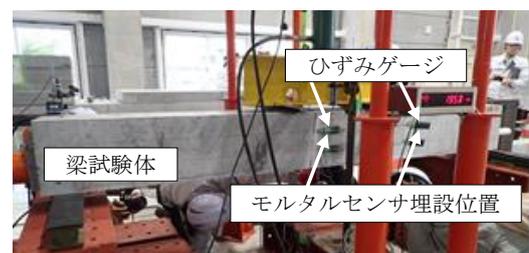


図 3 曲げ載荷試験の状況

込みひずみ計を 1/2, 1/4 の中央断面に設置し、プレテンション方式で緊張し、その時のひずみを測定した。さらに、材齢 97 日まで屋外暴露試験を実施し、既往の予測式を参考にコンクリートの各種ひずみを推定し、実測値と比較した。

キーワード プレストレストコンクリート, 光ファイバセンサ, 曲げ載荷試験, 緊張力推定手法

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL 043-498-3902

### 3. 実験結果

#### 3.1 緊張導入時の測定

梁試験体の緊張導入時の荷重とひずみとの関係を図4に示す。梁の中央部 (L=1/2) と4分の1 (L=1/4) とともに、センサ設置位置によらずモルタルセンサとひずみゲージのひずみは同等の値であり約 150 $\mu$  となった。

床版試験体のプレストレス導入開始から終了までのひずみを図5に示す。センサ設置断面によらず、緊張開始直後から終了までモルタルセンサは埋込みひずみ計と追従し、緊張終了時のひずみは約 350 $\mu$  と同等となった。また、同一断面ではほぼ同等の緊張力が導入されたことが確認できる。

以上より、部材形状やプレストレス導入方法によらず、光ファイバセンサにより、緊張導入時の緊張力管理が可能であることが明らかとなった。

#### 3.2 荷重試験時の測定

ひび割れ発生荷重 150kN までの梁試験体の曲げ荷重結果を図6に示す。設置位置によらず、モルタルセンサとひずみゲージのひずみの傾きと最大ひずみはほぼ同じ値を示した。すなわち、コンクリートのひび割れ発生前の弾性領域における FBG センサのひずみ追従性は、ひずみゲージと同等であることを確認した。

#### 3.3 有効プレストレス量の推定

2017年制定コンクリート標準示方書設計編の算定方法を用いた既往の研究を参考に、リラクゼーション、クリープ、収縮ひずみを算出した(図7)。なお、梁部材の収縮ひずみの予測は、鉄筋比を同じとした  $\phi 150 \times 300\text{mm}$  の小型コンクリート試験体に埋設した光ファイバセンサのひずみを用いた。埋込みひずみ計と光ファイバセンサとのひずみを比較すると、材齢初期からほぼ同等の値を示した。また、材齢97日時点で、リラクゼーション、クリープおよび収縮ひずみを考慮したひずみの推定値と実測値が同等であった。さらに、推定したプレストレス減少量と初期値との差分より、有効プレストレス量を91.2%と算出した。

以上より、モルタルセンサの測定値から有効ひずみとプレストレス量を簡易に評価できることが分かった。

### 4. 結論

緊張力管理手法として、モルタル被覆した光ファイバセンサの適用性が確認されるとともに、簡易的に長期ひずみの推定手法を提案した。

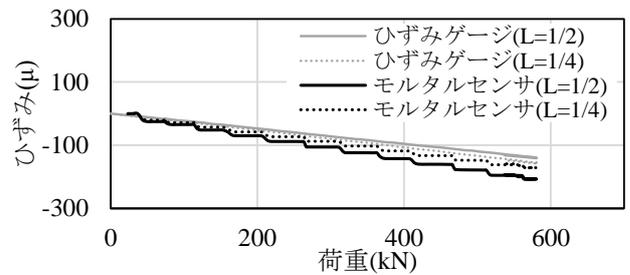


図4 梁試験体への緊張導入結果

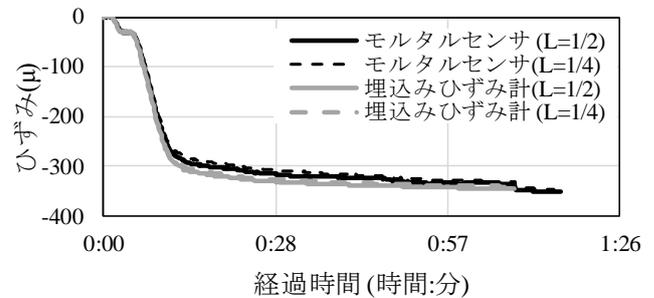


図5 床版試験体への緊張導入結果

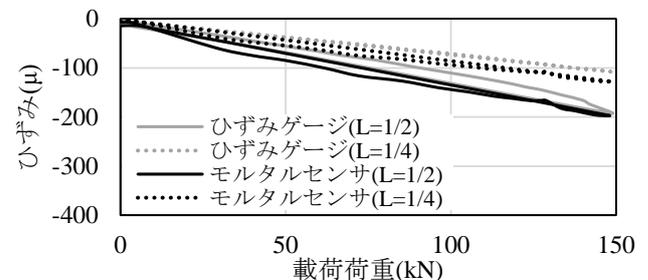


図6 梁試験体での荷重試験結果

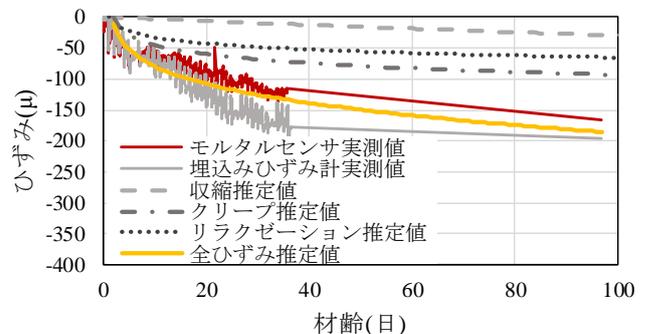


図7 コンクリートひずみ推定結果

### 参考文献

- 1) 早野博幸ほか: RFIDを用いたひずみ計測によるPC構造物のプレストレス量推定, 第23回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.429-434, 2014

### 謝辞

本試験にあたり、(株)富士ピー・エスに試験体の作製、試験実施をご協力頂いた。ここに記して謝意を表す。