

## PC箱桁橋外ケーブル張力の長期計測

(株)安部日鋼工業	正会員	○國富 康志
住友電気工業(株)	正会員	中上 晋志
(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所	正会員	渡邊 晋也
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	柴崎 晃

キーワード：外ケーブル張力，モニタリング，長期計測

### 1. はじめに

プレストレストコンクリート橋(PC橋)において、PC鋼材の緊張力は構造物の耐荷性能に影響を与える大きな要因の一つである。そのため、設計時に想定した耐荷性能を確実に発揮させるためには、施工時に導入する緊張力の精度に加え、供用時においても導入された緊張力が保持されている必要がある。また、維持管理時において、耐荷性能を評価するためには導入された緊張力を精度良く計測することが重要である。

そこで、外ケーブルを有するPC箱桁橋を対象に、PC鋼材用磁気張力センサーを用いて「①PC鋼材の任意の位置に対して、直接的に緊張力を計測」の実施と、「②緊張力導入時から供用後にかけて継続的に計測」を実施している。①では、PC鋼材端部の張力管理に加え、任意位置での緊張力管理による緊張力の導入精度向上を図ることを目的にセンサーの適用性を検討した。また、②では導入緊張力の経時変化を確認するとともに、維持管理時における検査方法としての有効性を検証している。なお、計測に使用した張力センサーは、本橋で初めて採用したものである。

本計測内容は、緊張時および供用後1年目までの結果について報告<sup>1)</sup>している。本稿では、7年間継続的に計測した外ケーブル緊張力の計測結果について報告する。

### 2. 計測概要

#### 2. 1 橋梁概要

計測を行った橋梁の概要を表-1に示す。橋梁は3径間連続PC箱桁橋を片持ち張出し架設で施工されたもので、内外ケーブル併用の橋梁である。架橋環境は、年間の日平均気温での最高温度が23℃程度、最低気温が13℃程度と、比較的温暖で計測装置の環境としては良好な環境である。なお、外ケーブルの緊張作業は2011年の12月に実施している。橋梁の構造一般図と外ケー

表-1 橋梁の概要

構造形式	3径間連続PC箱桁橋
架設年	2012年
橋長	108.500m
支間割	25.150m + 56.000m + 25.150m
有効幅員	9.260m
横断勾配	3.51~2.95%
縦断勾配	1.68%
架設工法	片持ち張出し架設

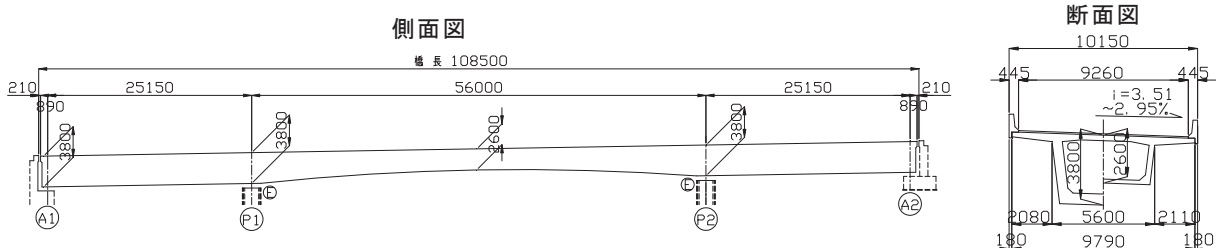


図-1 構造一般図

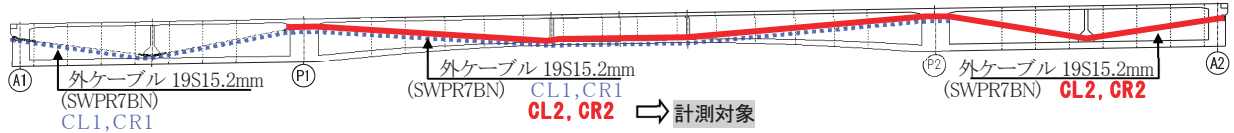


図-2 外ケーブル配置図

ブル配置図を図-1, 2に示す。

2. 2 計測位置

計測装置は、P1柱頭部側面からおおよそ4.5m, P2側の位置(図-3)に設置し、L側とR側それぞれ1本ずつの外ケーブル(計2本)の計測を行った。当初、設計断面となる支間中央での計測も検討したが、前述の通り本計測装置を橋梁で初めて採用したこともあり、まずは、その適用性を確認することを目的としていたため、外ケーブル偏向部による摩擦などが計測結果へ与える影響など、緊張力へ与える要因を極力排除できる緊張部付近での計測とした。また、計測位置は供用時の足場がない状況での計測を考慮し、計測者の手が届く範囲(1800mm以下)で決定した。計測装置の設置状況を写真-1に示す。

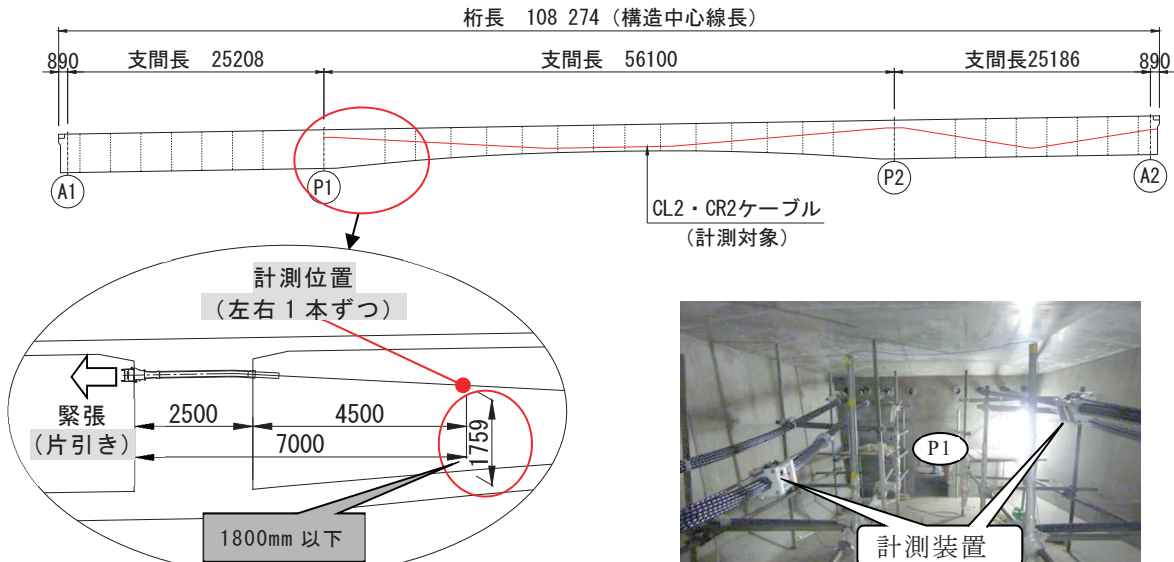


図-3 計測位置図

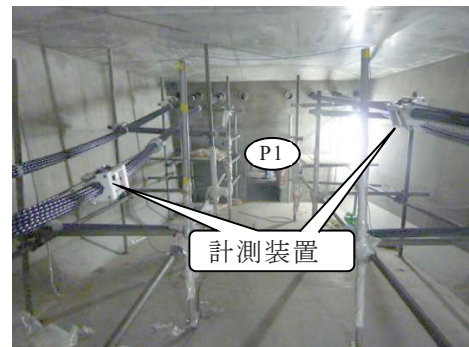


写真-1 計測装置設置状況

2. 3 計測方法

(1) 計測装置の概要

計測に用いた『PC鋼材用磁気張力センサー』は、PC鋼材が緊張力に応じて磁界強さを変化する特徴を利用して緊張力を計測する装置で、センサー設置位置の鋼材緊張力を直接計測できる(従来は端部緊張力から設計断面位置の緊張力を間接的に管理)。また、本計測装置は内蔵乾電池(単三2本)のみで計測可能であり、内蔵乾電池の電力が消失してもその期間の記録は不可能となるが、電力を供給すれば再度計測できる(図-4, 写真-2)。本橋の計測(1日1回の計測)では、最長3年弱の間、乾電池を交換せず計測が可能であった。計測

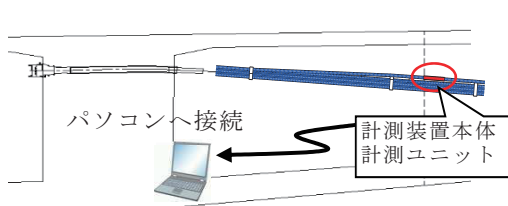


図-4 計測装置設置概要図

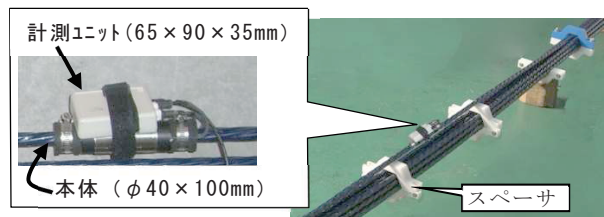


写真-2 計測装置本体

結果は、専用ソフトウェアをインストールしたパソコンと計測装置を専用ケーブルにて接続することによりデータ取得が可能で、現地で計測結果をグラフ表示などにより確認することができる。

なお、本計測装置は、1つで複数本のPC鋼材を計測することは困難であり、1本のPC鋼材のみを計測する。そのため、19本中1本のPC鋼材に対して、設置スペースを確保する必要があることから、写真-2のようにスペーサを設置している。スペーサ設置により懸念された、センサー設置鋼材の全長が別鋼材より長くなることと、設置治具となるスペーサとの接触部におけるフレッティングの影響に関しては、事前検討によって影響が僅かである事を確認している（緊張力減少率：0.001%、フレッティング：繰り返し載荷300万回で問題なし）。

## (2) 計測時期

計測は、緊張力導入時から現在に至るまで継続的に計測している。計測間隔は、緊張作業時は従来の緊張管理と同様に圧力計で5.0MPa間隔で計測し、緊張作業終了後は1日1回の間隔で計測を行った。計測データ回収は、初めの3年間（2012～2015年）は半年ごと、翌年（2016年）は1年、その後3年弱の間隔で実施した。

## (3) 緊張力の設計値

計測時期を考慮したステップ計算にて有効緊張力の経時変化を算定し、その結果を緊張力の設計値とした。なお、センサーの計測精度は、キャリブレーション実施時の鋼材最大荷重（SWPR7BL15.2では200kN）に対して±5%であるため、計測結果は設計値に対して±5%（±10kN）の範囲内を管理値とした。また、緊張力の異常判断基準として緊張力の下限值を設定しており、その値は有効緊張力の最終値（145.95kN）に対して-5%（-10kN）の値とした。各計測時期の緊張力設計値を表-2に、計測時の管理図を図-4に示す。

表-2 鋼材緊張力設計値

(kN)

緊張終了時	竣工時	緊張1年後	緊張2年後	緊張3年後	緊張4年後	緊張5年後	緊張6年後	緊張7年後	最終
163.30	158.20	155.59	153.75	152.72	151.90	151.24	150.30	149.94	145.95

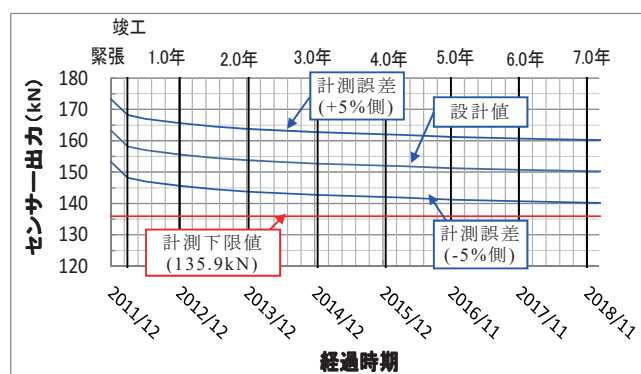


図-4 計測管理図

## 3. 計測結果

緊張力導入直後（セットロス発生後）から7年後までの計測結果を図-5に示す。また、7年経過時の計測機器類の状況を写真-3に示す。計測機器類は設置から7年を経過しているが、箱桁内部に設置されていることもあり、センサーおよび設置治具に有害な変形や発錆などは確認されなかった。また、計測前には専用ソフトウェア上でセンサー本体の動作確認を実施しており、現状での不具合は確認されなかった。

計測の結果、外ケーブル緊張力は設計値に比べて低い値であるものの、これは導入時から同様の傾向であり、計測精度の影響範囲である。また、緊張力導入後の推移に関して設計値と類似の傾向を示しており管理範囲内で推移している結果であった。なお、計測結果の一部でデータが不連続な部分があるが、これはセンサーの不具合ではなく、計測時の設定誤操作によるものである。

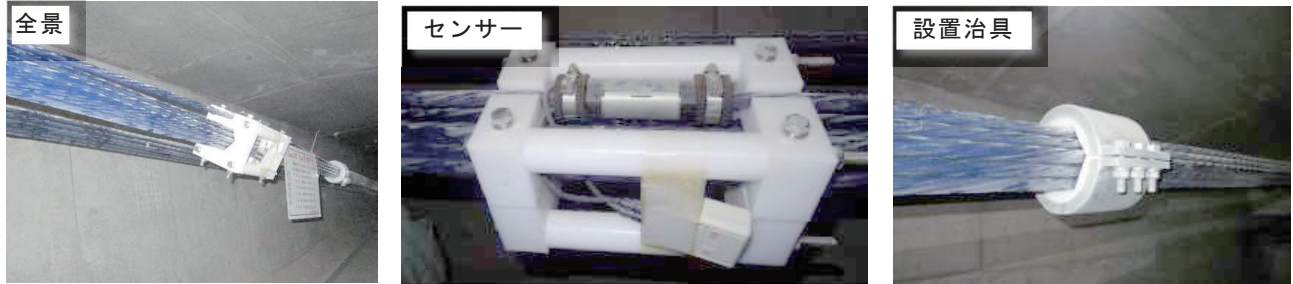


写真-3 架設時から7年経過した計測機器類

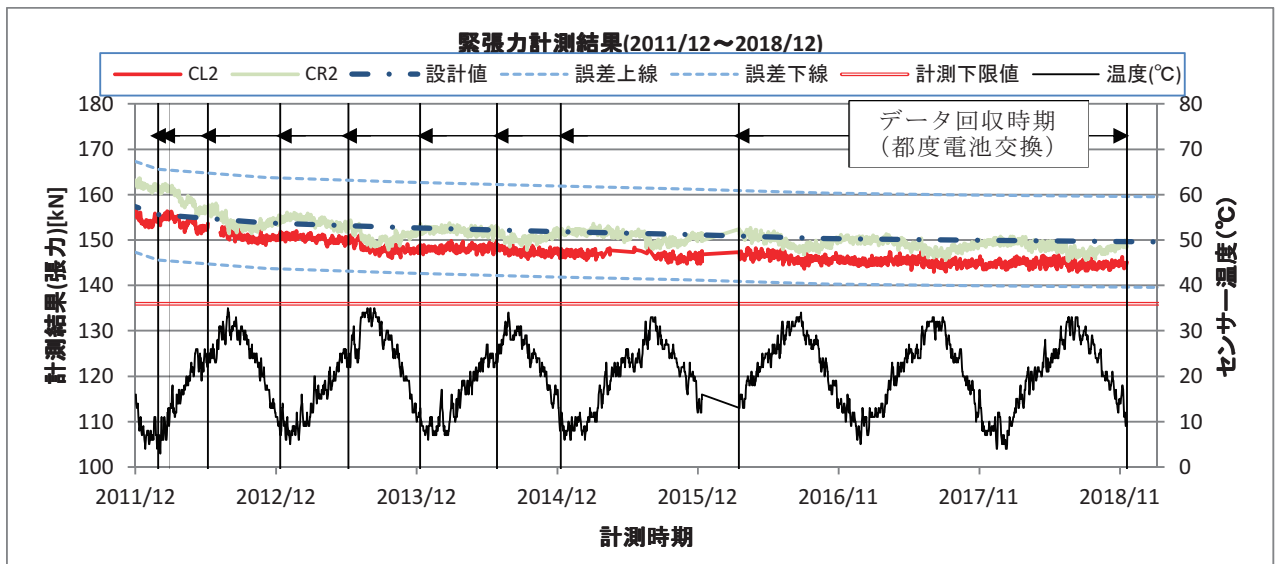


図-5 計測結果

#### 4. まとめ

PC鋼材用磁気張力センサーを用いて、緊張導入時から7年間供用されている橋梁の緊張力計測を実施した結果、橋梁の緊張力は設計時に想定した緊張力の推移傾向を保持しているとともに、計測期間中の異常は見受けられず、有効緊張力は高い水準で保持されていることが確認できた。また、計測装置においても7年経過した段階では、外観および計測機能に問題なく稼働している状況であった。

今回は7年目の計測結果であるが、維持管理におけるモニタリングでは、橋梁の供用期間を通して常に計測できることが必要となってくる。本計測装置を橋梁へ採用したのは本橋が初めてであることから、今後の計測状況も重要な情報になってくる。「i-Bridge」が推進されており、維持管理のプロセスにおいて多種多様な計測機器類がモニタリングへ活用されていくと思われるが、その観点からも本計測を継続して実施し、計測機器の耐用年数にも着目していきたい。

最後に紙面を借りて、本計測に協力いただいた関係者の方々に改めて感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 國富康志, 只熊公義, 及川雅司, 石塚純: P C 箱桁橋における外ケーブル張力の継続計測, プレストレストコンクリート工学会, 第22回シンポジウム論文集, pp. 363-366, 2013. 10