

緊張管理自動化システムの適用効果に関する考察

(株) 安部日鋼工業 正会員 工修 ○石井 豪
 (株) 安部日鋼工業 正会員 工博 辛 軍青
 (株) 安部日鋼工業 正会員 早川 岳

キーワード：緊張管理， IT技術， 測定精度， 摩擦係数

1. はじめに

道路橋， 鉄道橋や容器構造物などのプレストレストコンクリート構造物の構築におけるPC鋼材の緊張管理において， 作業時の安全性や作業効率， 測定の精度や確実性の向上を目的として， 圧力・伸び量をデジタル機器や無線通信機器などのIT技術を用いて計測し緊張管理図を自動で作成するシステム（緊張管理自動化システム）が各社で開発・運用されている¹⁾。本稿は， 当社で開発・運用する緊張管理自動化システムの適用効果について報告を行うものである。

適用現場へのヒアリングやデータの分析を行った結果， 作業時の安全性， 効率の向上が確認され， 測定の精度や確実性についても向上したと考えられた。また， 測定精度の向上による摩擦係数のばらつき減少が， 緊張時の管理項目の一つであるグループ管理において， 異常発生原因を推定する際の感度の向上につながると考えられた。

2. 緊張管理自動化システムの概要

2. 1 緊張管理自動化システムの構成

緊張管理自動化システム（以下， 本システム）のうち， 片引き緊張時の構成例を図-1に示す。本システムは緊張作業において， 従来作業員により行っていたケーブルの伸び量， ポンプ圧力， 固定側ケーブルの引込み量を， 専用の計測機器や， 無線通信により計測データを取得し， パソコン上で管理図を自動作成する構成となっている。なお， ポンプ操作とパソコン操作については手動で行う。

ケーブルの伸び量の計測には， ワイヤ式変位計を用い， 小型送受信機を介してパソコンとデータ

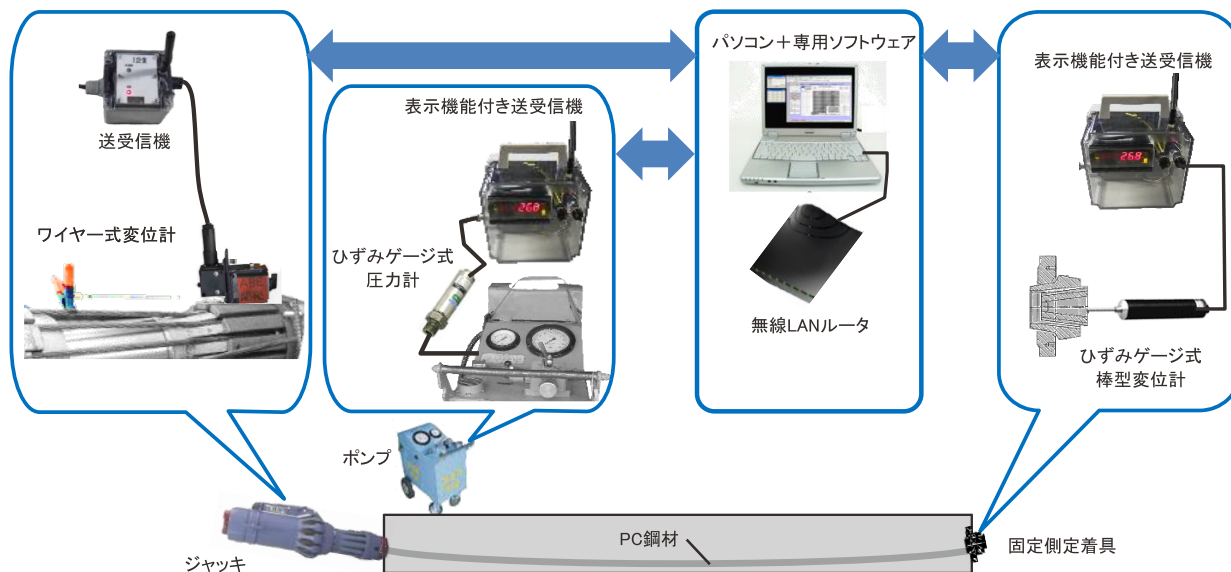


図-1 本システムの構成（片引き緊張時）

を通信する。圧力の計測には、ひずみゲージ式圧力計を用い、これをポンプとジャッキの間に設置し、圧力表示モニタが付属する送受信機を介してパソコンとデータ通信する。固定側ケーブルの引込み量の計測には、ひずみゲージ式棒型変位計を用い、圧力計測と同様の送受信機を介してパソコンとデータを通信する。

本システムによる無線の通信可能距離は100m程度であり、通信間に障害物がある場合や通信距離が長距離になる場合には無線中継機を使用することで対応が可能となっている。

2. 2 緊張管理自動化システムを用いた作業概要

本システムは、従来からの緊張作業と手順や人員配置は大きく変わらないが、ジャッキ近傍でのケーブルの伸び量の計測作業が不要となることや、複数箇所での圧力、伸び量、引込み量の数値をパソコン画面上でリアルタイムに確認できること、圧力と伸び量および引込み量の数値取得時のタイムラグが解消されることなどが従来からの緊張作業とは異なる点である。パソコン画面に表示された専用ソフトウェアの例を図-2に示す。専用ソフトウェアでは、補正線の記入、最終緊張力算出、グループ管理図など一連の緊張管理に必要な計算・描画が自動で行われる。このため、ケーブル一本ごとの管理においては、緊張時の圧力と伸び量の線形性の確認や、引止め圧力の算出ならびに引止め点の圧力と伸び量の不足の判定などを瞬時に行うことができる。また、複数本のケーブルの傾向を平均化することで1本毎の傾向に含まれる偶然誤差の影響を打ち消し、機械の故障をはじめとした異常状態を把握するグループ管理においても、ケーブル緊張時に速やかにグループ管理図の確認が可能のため、異常の判断を迅速に確実に行うことができる。

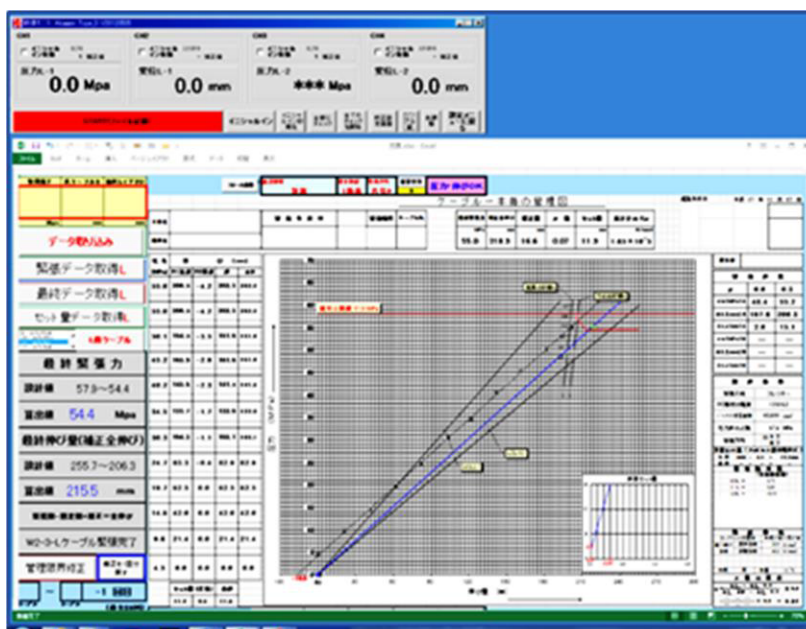


図-2 専用ソフトウェア

3. 適用事例と効果の検証

3. 1 適用した施工現場

本システムを適用した現場を表-1に、適用した現場での作業状況を写真-1および写真-2に示す。

3. 2 効果と課題

適用現場において確認された効果と課題を下記に示す。

(1) 安全性

緊張作業中に

表-1 適用現場一覧

橋梁名	構造形式	管理方法	定着工法	鋼材種別	ジャッキ
A橋	4径間連続ラーメン箱桁橋	μ管理 伸び・圧力管理	フレシネー CCL	12S12.7 主鋼材 1S28.6 横締め鋼材	S6-R KMS-75-8
B橋	3径間連続ラーメン箱桁橋	μ管理 伸び・圧力管理	フレシネー SM	12S15.2B 主鋼材 1S28.6 横締め鋼材	SF J-75
C橋	その他	μ管理	フレシネー	7S12.7 主鋼材	S9
D橋	その他	μ管理	フレシネー	7S12.7 主鋼材	S9
E橋	6径間連続ラーメン箱桁橋	μ管理	フレシネー	12S12.7 主鋼材	S6-VC
F橋	3径間連続箱桁橋	μ管理 伸び・圧力管理	フレシネー SM	12S12.7 主鋼材 1S28.6 横締め鋼材	S6-R J-75
G橋	6径間連結コンボ橋	μ管理 伸び・圧力管理	フレシネー SM	12S12.7 主鋼材 1S21.8 横締め鋼材	S6-R J-50
H橋	単純T桁橋	μ管理	フレシネー	12S12.7 主鋼材	S6-R
I橋	2径間連結コンボ橋	μ管理	フレシネー	12S12.7 主鋼材	S6-R
J橋	3径間連続ラーメン箱桁橋	μ管理 伸び・圧力管理	フレシネー フレシネー	12S12.7 主鋼材 19S15.2B 外ケーブル	S6-R TC-410
K橋	単純バルブT桁橋	μ管理	フレシネー	12S15.2B 主鋼材	SF
L橋	2径間連結中空床版橋	伸び・圧力管理	CCL	1S19.3 横締め鋼材	KMS-50
M橋	4径間連結T桁橋 (プレテン)	伸び・圧力管理	SM	1S19.3 横締め鋼材	J-50

※M橋以外は、すべてポストテンション方式

ジャッキ近傍に立ち入らないことや、やや離れた位置からジャッキ全体の異常の有無を目視確認できることから安全性が向上したと考えられた。また、緊張時のデータの変化をリアルタイムで確認でき、異常の早期発見および対策の実施につながることも、効果が高いと判断した。

(2) 作業効率

1日あたりの緊張作業に要する作業人員は従来とはほぼ同等であったが、前述の通り、管理図の作成や異常値の判断を迅速に行うことが可能である点に加え、緊張段階ごとに圧力と伸びのデータを取得する際、圧力保持時の圧力低下^{2),3)}が落ち着いた段階をパソコン上で把握できるため、適切なタイミングでのデータの取得が可能であった。これらのことから、ケーブル1本あたりの緊張に要する時間が削減され効率が上がったと考えられた。また、たとえば試験緊張後に速やかに本緊張の管理図の準備ができる点や緊張後のデータの考察や書類作成を効率的に行うことができる点など、パソコンによる管理であることに起因する緊張作業時以外での業務の効率化にもつながることが確認された。

(3) 測定精度

標準圧力計の等級に相当する精度を確保できる圧力計を用いることや、ケーブル伸び量および引込み量を、従来の1mm単位でのスケールから0.1mm単位の変位計で計測することにより測定精度は向上した。また、圧力、ケーブル伸び量および引込み量の計測のタイミングが一致することからも測定精度は向上している。

(4) 課題

一方で、本システムを使用するにあたって、下記の課題が挙げられた。

管理図グラフが自動で描画されることから、緊張管理の知識の欠如に起因する機械任せによる不具合発生の可能性が懸念される。そのため、緊張作業前に任意のケーブルについて手書きでグラフを作成しチェックを行うよう取り組んでいる。また、たとえばセグメントなどの緊張時に、接目地の間隔が緊張結果に大きく影響することが懸念される状況では、別途目地間隔用の計器の追加が必要であるなど、構造種別によっては効率化が望めない場合があることが課題である。



写真-1 ケーブル伸び計測状況 (E橋)



写真-2 緊張作業状況 (H橋)

4. 測定精度の向上が摩擦管理に与える影響

本システムを適用した場合のグループ管理上の摩擦係数は、既報¹⁾と同様にばらつきが狭い範囲に収まる傾向であった(図-3)。摩擦係数のバラツキの要因としては、荷重計の誤差、測定値の読取り誤差、PC鋼材、コン

ケーブルNo	64-C1	64-C2	64-C3	64-C4	61-C1	61-C2	61-C3	61-C4	63-C1	63-C2	63-C3	63-C4	62-C1	62-C2	62-C3	62-C4
μ値	-0.08	-0.06	-0.03	0.00	-0.09	-0.07	-0.09	-0.10	-0.08	-0.12	-0.09	-0.11	-0.06	-0.09	-0.02	-0.1
管理限界(上限)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.0
管理限界(下限)	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.14	-0.14	-0.14	-0.1
中心線	0.30	0.30	0.30	0.30	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.08	-0.08	-0.08	-0.0

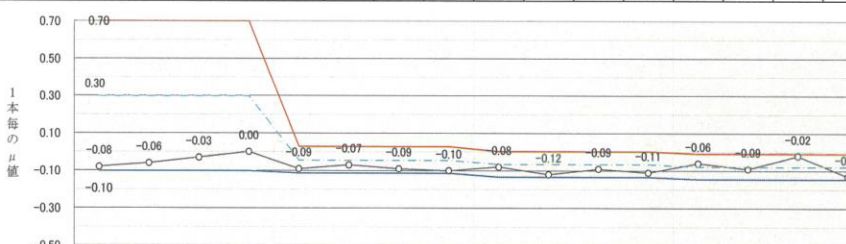


図-3 グループ管理表 (K橋)

クリート、ジャッキ、定着具など材料特性や配置のバラツキが挙げられる。このうち、本システムでは荷重計の誤差、測定値の読み取り誤差が低減されたと考えられ、これらが摩擦係数に与える影響度合いについて考察を行った。ただし、本システムを適用したケーブルでは従来の方法を並行して適用していないため、ここでは、本システムを適用した管理図データをもとに、**図-4**に示す従来方法で想定される圧力と伸びの数値に置き換えた場合との比較を行った。

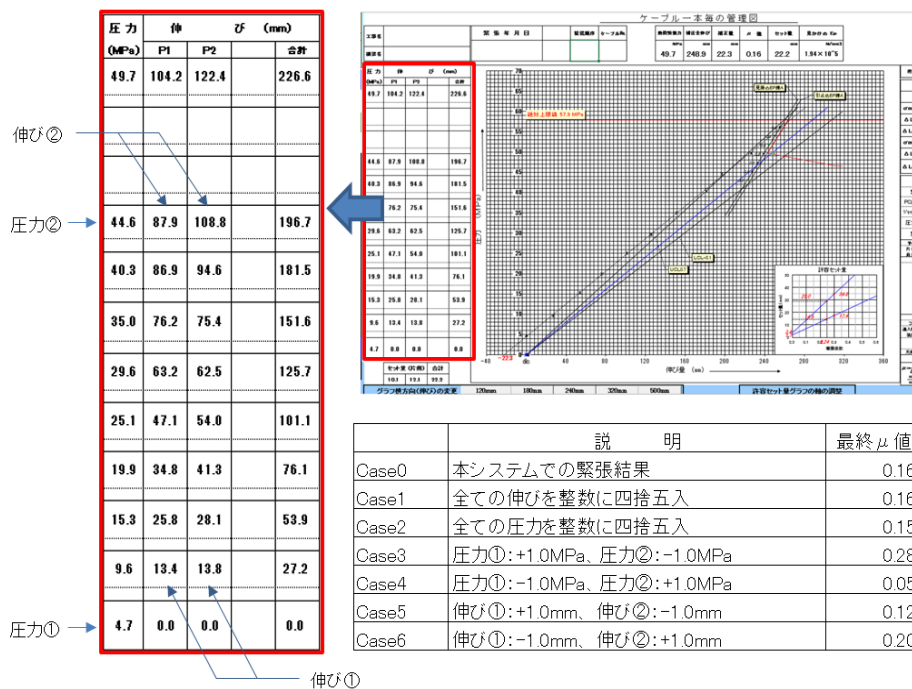


図-4 従来の計測方法との比較の試算

比較の結果、「圧力計の読み」と「伸び量の計測値」を0.1MPa、0.1mm単位から整数値へ四捨五入したCase1、Case2についてはCase0と摩擦係数にほとんど変化はなかった。一方、極端な例ではあるが、マンメーターと本システムの圧力計の精度の差と、人為的な読み取り誤差を考慮し、部分的に圧力を±1.0MPa変化させたCase3、Case4を見てみると、Case0から約±0.1程度の摩擦係数の変動があった。また、圧力の代わりに伸び量を±1mm変化させた場合には、Case0から約±0.04程度の摩擦係数の変動があった。これらのことから、測定精度の向上により摩擦係数のばらつきが少なからず小さくなることが考えられ、グループ管理での異常の原因推定を行う際の感度向上につながると考えられる。

5. おわりに

本システムの適用により、作業時の安全性、作業効率、測定精度が向上したと考えられた。

また、測定精度の向上による摩擦係数のばらつきの減少が、グループ管理における異常発生原因を推定する際の感度の向上につながると考えられた。

本システムは、現状においては、従来の緊張管理方法を安全に効率よく行うシステムに過ぎないがデジタルデータによる処理の特徴を活かしたIT技術の活用により、現場での作業確認だけでなく、現場作業所や営業所など遠隔地での確認が可能なシステムや、維持管理システムとの連携など、さらなる生産性向上が図れるシステムの構築を進めていきたいと考える。

参考文献

- 1) 古賀有一郎, 石井精一, 中村収志, 落合博幸: リモート型自動緊張管理システムの開発, 第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.141-144, 2010.10.
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会: プレストレスと緊張管理, 2011.3.
- 3) 齋藤公生, 高橋淳, 一宮利通, 遠藤史: 緊張管理図自動作成システムの開発と緊張中の圧力損失について, 第21回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.307-310, 2012.10.