

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

鹿島建設(株) 正会員 工修 ○齋藤 公生
 鹿島建設(株) 高橋 淳
 鹿島建設(株) 工修 一宮 利通
 鹿島建設(株) 工修 遠藤 史

1. はじめに

PC鋼材の緊張管理の自動化ならびに高精度化を目指したシステムの開発が、従来より行われている¹⁾。近年にも、緊張作業、管理手法の高度化を目指した自動緊張管理システムが開発され²⁾、複数の施工業者ならびに定着体メーカーが類似のシステムを保有している。筆者らは、緊張圧と伸び量の計測から管理図の作成までを自動化し、比較的簡素でありながら管理精度ならびに緊張作業中の安全性を向上できる、緊張管理図自動作成システムを開発した。

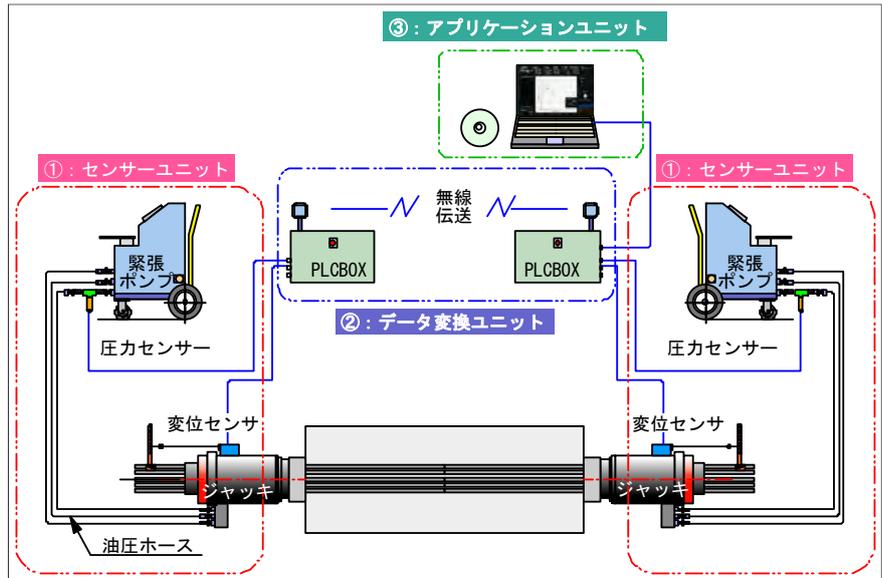


図-1 システム構成図

開発したシステムの性能確認と使用性向上のため、実工事への適用を進めている。実工事への適用と併行して、本システムの性能確認のために製作した試験体を使用してデータの蓄積を進め、信頼性向上を図った。さらに、試験体を使用したデータ蓄積を通して、緊張ポンプの圧力計示度が下がる現象の原因のうち、油圧ホース内の摩擦抵抗の影響を計測できた。

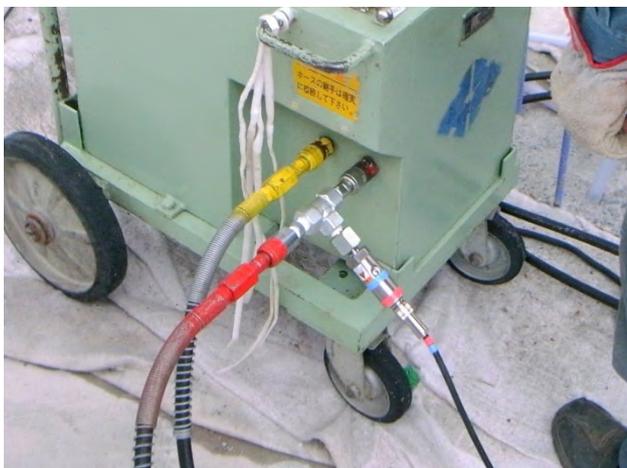


写真-1 圧力センサー

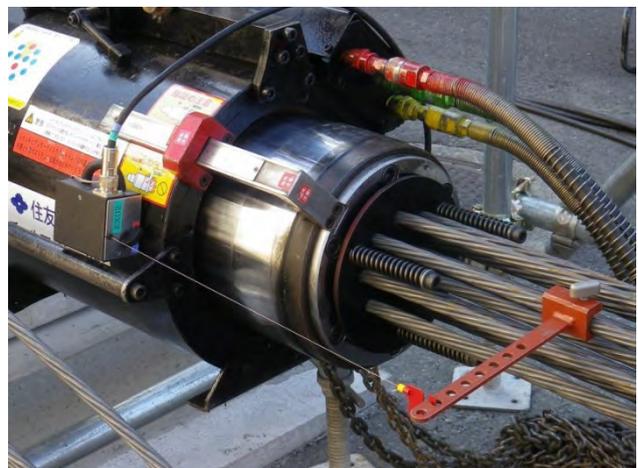


写真-2 変位センサー

2. システムの構成と特徴

本システムは、センサーユニット、データ変換ユニットおよびアプリケーションユニットで構成されている(図-1)。

①センサーユニット：緊張ポンプの圧力を計測する圧力センサー(分解能:0.1MPa)と鋼材伸びを計測する変位センサー(分解能:0.1mm)

②データ変換ユニット：センサーから送られたデータを適切にパソコンとやり取りするPLC-BOX

③アプリケーションユニット：計測されたデータをリアルタイムに図化する、専用のアプリケーションがインストールされたノートパソコン



図-2 パソコン画面

表-1 システム構成の比較

	圧力制御	圧力計測	伸び計測	データ変換
本システム	マニュアル	圧力センサー	巻き込み式変位計	PLC
A社製	マニュアル	圧力センサー	巻き込み式変位計	スイッチボックス+データロガー
B社製	マニュアル	圧力センサー	巻き込み式変位計	デジタル指示器+データロガー
C社製	パソコン	デジタル圧力計	巻き込み式変位計	
D社製			デジタルノギス	

※システム構成不明部は空欄

本システムと他社開発システムの構成の比較を表-1に示す。圧力制御については、従来通り緊張ポンプをマニュアル操作するシステムと緊張ポンプをパワー源として利用しパソコンから圧力を制御するシステムに分かれる。本システムでは圧力制御をマニュアルとし、システムの小型化を目指している。伸びの計測については、巻き込み式変位計を使用するシステムと1/100mmまで計測可能なデジタルノギスを使用するシステムに分かれる。本システムでは巻き込み式変位計を採用し、ジャッキに取り付ける計測機器のコンパクト化を目指している。データ変換に関しては、2社がデータロガーを採用しているのに対し、本システムではPLCを採用している。ここで、データロガーはより多くのデータを高速で計測するのに適している。一方で、PLCは制御プログラムを必要とするものの、データロガーよりは安価と考えられる。本システムではデータ変換にPLCを採用し、様々な制御方法へのプログラムでの対応を可能とするとともに、システムの低廉化を目指した。

以上のように、本システムは圧力制御、伸び計測およびデータ変換の3要素で、他のシステムより簡素な仕様となっており、相対的に簡素なシステムと言える。

さらに、本システムでは約200mまでワイヤレスで通信が可能な無線伝送機能を備えた。この結果、PC鋼材長が長く、両定着端が大きく離れている場合にも、作業性の低下を抑制できる。



写真-3 伊南バイパスでの適用状況

3. 実工事への適用

平成22年度より、本システムの実工事への適用を開始した。主方向鋼材については、2工事で従来の管理手法と併用で試験的に運用し、管理データを蓄積している。床版横締め鋼材については、2工事で従来手法との併用無しに本格的に運用している他、1工事で試験運用している（表－2）。

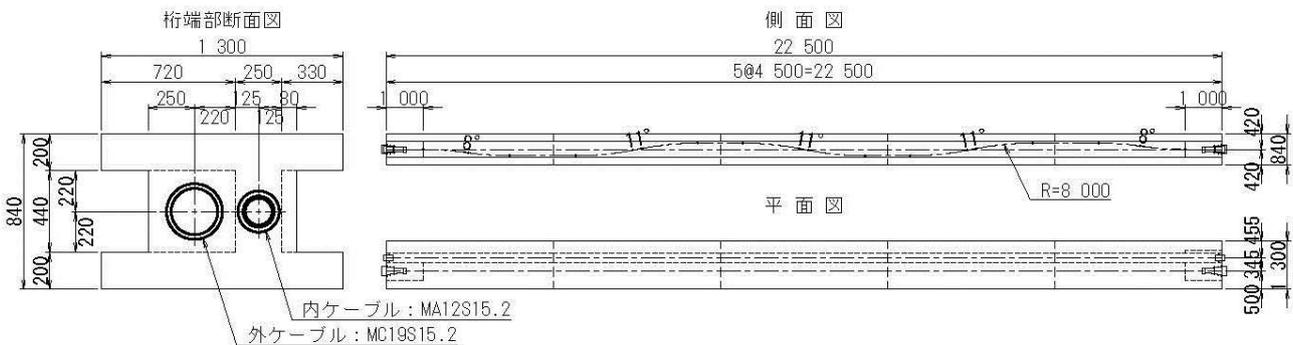
表－2 システム適用工事一覧

工事名／発注者	定着工法	適用システム	区分
国道49号揚川改良 揚川橋新設工事 国土交通省 北陸地方整備局	ディビダーク工法	MA12S15.2B	試験運用
	S M工法	1S28.6 (PG)	試験運用
平成22年度 153号伊南バイパス1号橋PC上部工事 国土交通省 中部地方整備局	フレシネー工法	12T13M220	試験運用
	フレシネー工法	19E15	試験運用
	S M工法	1S28.6 (PG)	本格運用
東京外環自動車道 高谷ジャンクション橋東工事 東日本高速道路(株) 関東支社	S M工法	1S17.8 (PG)	本格運用

※PG：プレグラウトタイプ

4. 試験体を用いた信頼性向上

実工事への適用と併行して、本システムの性能確認ならびに信頼性向上を目的に試験体を製作し、当社技術研究所に設置して検証試験を行った（写真－4，5）。試験体の長さは22.5mで、内ケーブル（ディビダーク工法MA12S15.2B）および外ケーブル（ディビダーク工法MC19S15.2B）の試験に対応している（図－3）。本試験体を使用して同一の緊張材に対して複数回の緊張試験を行うことで、実工事での緊張作業を通しては得られないデータを蓄積した。



図－3 試験体構造図



写真－4 性能確認用試験体



写真－5 外ケーブル緊張試験状況

5. 緊張作業中の圧力低下について

試験体を使用した緊張試験では、緊張管理を行うにあたり圧力と伸び量を計測するタイミングを適切に設定するため、緊張の途中段階で緊張ポンプのハンドルレバーを“中立”にした状態で圧力が低下する原因を調査した³⁾。

本調査では、2基の圧力センサーを油圧ホースのポンプ側とジャッキ側の両端に取り付け、緊張作業中の両方の圧力を連続して計測した(図-4)。調査に使用した緊張ジャッキはDWJ-260A、ポンプはDWP-7.5Aである。

ポンプのハンドルレバーを“緊張”にした状態では、両者の圧力が上昇するが、ポンプ側の圧力がジャッキ側より2MPa程度高くなっている。ポンプのハンドルレバーを“中立”にするとポンプ側の圧力が一気に低下しジャッキ側と一致している。“中立”を保持した状態では、両者の圧力が一致したまま、緩やかに圧力が低下し一定の圧力に近づいている。

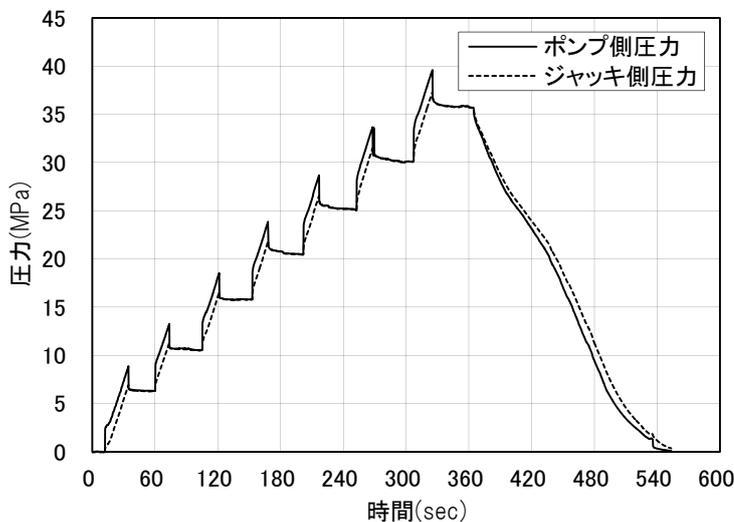


図-4 油圧ホース両端での緊張中の圧力

以上より、ポンプのハンドルレバーを“緊張”にした状態では、主に油圧ホース内で圧力が損失していることがわかる。一方、ハンドルレバーを“中立”にした状態では油圧ホース内に圧力損失は無く、他の原因により時間経過とともに若干の圧力損失が生じていることがわかる。この結果から、本システムを使用した緊張管理における圧力と伸び量の計測は、ハンドルレバーを“中立”にした後に圧力が一定ほぼとなるタイミングで行うのが適当と判断した。

ところで、ハンドルレバーを“緊張”にした状態での油圧ホース内の圧力損失はほぼ一定であり、この損失量を考慮すれば、本システムを利用したより効率的な緊張が可能となると考えられる。すなわち、段階的に“緊張”を停止せず、“緊張”の状態を維持したまま圧力と伸び量を自動計測しながら、油圧ホース内の圧力損失量を考慮した最終緊張圧までノンストップで緊張できる可能性がある。

6. おわりに

筆者らは、近年開発された他のシステムに比べて、簡素な構成の自動緊張管理システムを開発した。平成22年度より実工事への適用を進めると同時に、試験体を使用して緊張試験を重ね信頼性の向上を図っている。試験体を使用した緊張試験では、油圧ホース内で生じる圧力損失の性質を明らかにし、圧力と伸び量の計測タイミングを設定した。

本システムの開発ならびに信頼性向上のためにご協力いただいた国土交通省北陸地方整備局殿、国土交通省中部地方整備局殿および東日本高速道路(株)千葉工事事務所殿に改めて感謝の意を表す。加えて、資機材の提供ならびに緊張試験にご協力いただいた住友電工スチールワイヤー殿にも感謝する。

参考文献

- 1) 例えば、鈴木誠之，小林晋爾，須方正文：新しいプレストレッシングシステムの開発・改良，プレストレストコンクリート，Vol. 25, No. 5, pp. 86-93, 1983年9月
- 2) 例えば、古賀友一郎，石井精一，中村收志，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，pp. 141-144, 2010年10月
- 3) (社)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，pp. 104-105, 2011年3月