鉄骨柱の自動計測・建入れ調整システムに関する研究
その 1　システム概要と自動計測システムに関する検討

正会員　○三輪明広*　同　鈴木信也*
同　中村保則**　同　石田琢志*

鉄骨建方工事　ICT 技術　自動計測
自動建入れ調整　自動視準　トータルステーション

1.　目的・背景

バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を上回り、労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。近年では、労働力過剰時代から労働力不足時代、とりわけ熟練工不足時代への変化が起きている。そこで、ICT 技術の活用による建設現場の生産性向上を目的とした“i-Construction”が提唱されている。“i-Construction”の具体的な事例としては、TS や GNSS 技術による 3D マシンコントロールや 3D マシンガイダンスなどを用いた ICT 建設機械などがあげられ、建設現場における活用事例が増えつつある。

本研究は、鉄骨工事における計測作業と建方作業を効率よくかつ自動制御することを目的として、自動計測機構と自動建入制御について検討する。一般的に、鉄骨の建入れ計測は、従来のトランシットを使った２方向からの計測や鉄骨柱にターゲットを貼りトータルステーションを使用した計測方法が多く活用されているが、いずれも計測機器は建方階に設置しており、吊り足場や安全ネットなどからの視認性の悪さや盛替作業が発生する。そこで、本研究では、視認性の悪さや盛替作業の発生を回避すべく、“見上げ計測”ではなく、“見下げ計測”とし、Fig.1 に示すような、計測機器に鉄骨図の 3 次元データを搭載した自動視準トータルステーション（以下、「TS」）により、設計データと実際の計測した建入れデータの差分に基づき、鉄骨接合部に取り付けた装置を自動制御する建入れ調整システムの構築を目指す。

2.　自動計測・建入れ調整システムの検討

2.1 自動計測・建入れ調整システムの機構

筆者らが開発する自動建入れ計測システム（以下、「本システム」）は、実用性や利便性を考慮して、三次元計測において汎用的に使用されている TS 用い、TS は計測する鉄骨柱頂部に設置した反射プリズムよりも高い位置に設置する。TS の自己位置計測指示、鉄骨柱の建方精度計測開始や設計データと計測結果の差分から建入れ精度を±1mm 以内に誘導する自動制御開始指示などの送受信はモバイルＰＣを用いる。モバイルＰＣのディスプレー画

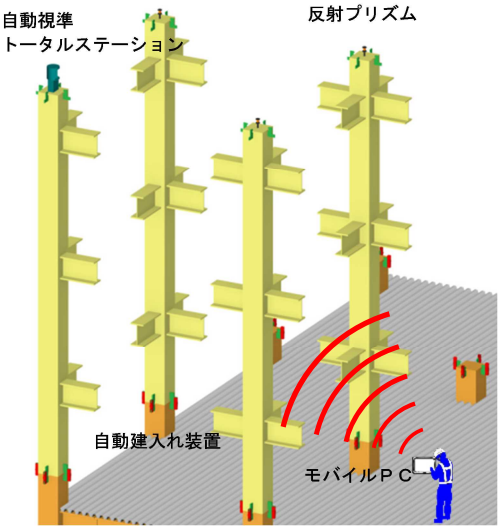


Fig.1 鉄骨柱の自動計測・建入れ調整システム

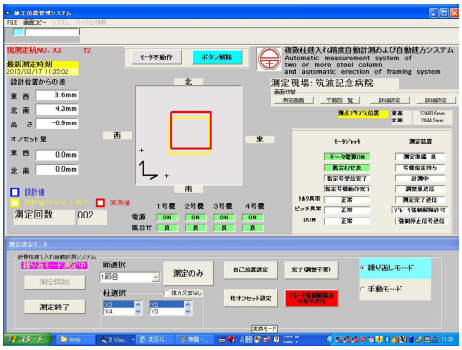


Fig.2 モバイルＰＣのディスプレー画像



Fig.3 自動建入れ装置

Study on the Automatic Measurement and Plumbing Adjustment System of Steel Column
Part1:Whole Outline and Study of Automatic Measurement System

MIWA Akihiro*, SUZUKI Shinya*
NAKAMURA Yasunori**, ISHIDA Takushi*

を Fig.2 に示す。計測結果の差分データはモバイルＰＣから無線 LAN で自動建入れ調整装置へ送られ、一連の計測作業が終わるまで計測者は一切の操作が不要となる。Fig.3 に示す自動建て入装置は、モーター・減速機から構成され、モバイルＰＣから送られた調整量をカムアーム機構からなる建方調整治具の押し上げボルトを回転させることで自動建方調整が可能となる。

2.2ＴＳの設置方法の検討

計測する反射プリズムよりも高い位置に設置する TS は、近隣建物屋上、鉄骨柱頂部もしくは TS 専用の支柱が考えられる。鉄骨柱頂部に設置する TS は、仮置きされた鉄骨柱に地上で設置するため、Fig.4 に示す常時鉛直を保つ機構の治具に取り付けて揚重する。TS 専用の支柱への設置は、Fig.5 に示すように支柱内を自昇降するテーブルに設置する。いずれの設置方法も高所作業が不要であり、計測作業の安全性が向上する。

2.3 柱頂部や専用支柱の振動

柱頂部や TS 専用の支柱への設置は、鉄骨建方階の作業による振動や風速により、計測精度に悪影響を及ぼすことを避けなければならない。そこで、当該作業時の柱頂部や専用支柱頂部の振動を計測する。柱頂部の振動測定結果として、最大変位を Table1 に示す。また、TS 専用支柱頂部の振動測定結果として、最大瞬間風速と最大変位を Table2 に示す。いずれも変位は加速度時刻歴の 2 階積分から求める。

柱建方直後の最大変位は、Table1 より X 方向で 0.4mm であり、TS の斜距離精度である±1mm 以下であることが確認できる。また、デッキ仮置き時の最大変位は、Y 方向で 1.2mm と斜距離精度とほぼ同程度であり、柱の歪み直し時の計測等に大きな影響を与えるものではないと判断できる。梁取付時では、取付の衝撃で Y 方向の最大変位は 1mm を大きく超える瞬間があり（Fig.6）、当該作業時は計測精度に悪影響を及ぼす可能性が示唆される。一方、TS 専用支柱頂部の最大変位は、Table2 より最大瞬間風速 3.9～4.5m/s 時において 0.11～0.34mm と小さく、仮に最大瞬間風速 10m/s 時でも最大変位は 1mm 以下と推測され、計測結果に大きな影響を与えるものではないと判断できる。

３．まとめ

本研究では、鉄骨柱の自動計測・自動建入れシステムの機構について検討を行った。先ず TS の設置方法の検討を行い、2 軸鉛直保持治具や専用支柱に設置することで、計測機器に不具合が生じることなく、鉄骨柱吊り上げ時と同時に設置可能であることを確認している。次に鉄骨工事における柱頂部や TS 専用支柱頂部の鉄骨建方時の作業と風速による振動を計測し、自動計測に影響がないことを確認している。本システムの自動計測は、一連の計測作業が終わるまで計測者は一切の操作が不要なことから、作業員の安全性、時間短縮、省力化、精度向上に有用であり、鉄骨工事の生産性が向上すると考えられる。



Fig.4 TS 鉛直保持架台



Fig.5 TS 専用支柱

Table 1 柱頂部の最大変位

作業	柱建方直後		梁取付		デッキ仮置き	
方向	X	Y	X	Y	X	Y
最大変位 (mm)	0.40	0.34	1.21	3.63	1.07	1.24

Table 2 TS 専用支柱の最大変位と最大瞬間風速

時刻	最大瞬間風速 (m/s)	最大変位(mm)	
		X	Y
8 時 18 分～8 時 19 分	4.5	0.32	0.28
10 時 25 分～10 時 26 分	4.4	0.29	0.34
12 時 50 分～12 時 55 分	3.9	0.11	0.13

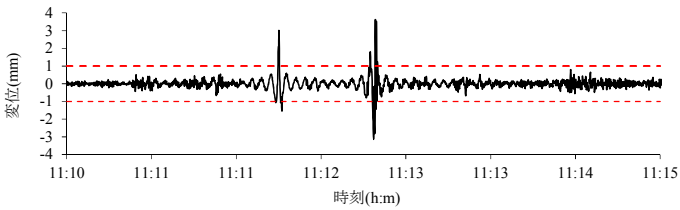


Fig.6 梁取付時の柱頂部の変位時刻歴

*戸田建設株式会社技術研究所
**戸田建設株式会社建築工事技術部
*Technical Research Institute, Toda Corporation
**Architectural Research Institute, Toda Corporation