

クライミング型枠とディストリビューターを用いたコアウォールの施工

CORE WALL CONSTRUCTION USING CLIMBING FORMWORK AND DISTRIBUTOR

山内 博史^{*1}, 市村 元^{*2}
Hiroshi YAMAUCHI, Hajime ICHIMURA

In recent years, a hybrid structure has been introduced for high-rise buildings, where the central core of the building is constructed using reinforced concrete (RC) and the surrounding beams and frames are made of steel. A large number of walls are concentrated in the core part, where elevators, staircases, and similar structures are located. Accordingly, this method utilizes these walls structurally as reinforced concrete frame-shear walls (core walls). In such structures, there are advantages such as reduced sway from earthquakes and wind, and the ability to make long-term plans. However, the track record of construction in Japan is relatively limited, and sufficient knowledge has not yet been gained.

To address this, we have devised systems and methods to improve the construction efficiency and safety of core walls in high-rise buildings, and implemented them on-site at worksites. This report describes the details and results of these efforts.

Keywords: Core wall, Concrete Distributor, Monitoring, Climbing, Formwork

コアウォール, コンクリートディストリビューター, モニタリング, クライミング, 型枠

1. はじめに

近年の高層建築物について、建物中央のコア部分を鉄筋コンクリート（RC）構造、その周辺の梁やフレームを鉄骨造とした混合構造が導入され始めている。コア部分はエレベーターや階段等が配置され壁が多く集中するため、この壁を鉄筋コンクリート造耐震壁（コアウォール）として構造的に利用する手法である。このような構造物では、地震や風等による揺れを軽減でき、長スパンの計画が可能であるなどの利点が存在するが、日本国内における施工実績は比較的少なく、十分な知見が得られていない。

そこで筆者らは、高層建築物におけるコアウォールの施工について、その施工効率や安全性を向上させるためのシステムや手法を考案し、TODA BUILDING 作業所（以下、本作業所という）にて現場適用を行った。本報告では、その取り組みの内容と結果について報告する。

2. 導入技術の概要

コアウォール構造の建築物を施工する際には、コアウォール躯体の RC 工事とその周辺部分の鉄骨工事を並行して行うことになる。このような事例においては、コンクリート用型枠を作業用の足場と一体化させた大型のユニットとし、これを油圧ジャッキにより昇降させる「セルフクライミング式型枠」（以下、クライミング型枠という）が用いられるようになっている。この手法により、コアウォールの型枠の建て込みや解体の作業を効率化するとともに、コアウォール躯体工事を先行して行うことで鉄骨工事との作業範囲を明確に分け、安全性の向上やサイクル工程の確立といった効果が期待できる。今

回、開発技術の現場適用を行った本作業所についても、このクライミング型枠を採用した。写真 1 にコアウォール部およびクライミング型枠を示す。

この型枠は、クライミングの際は一つの油圧ユニットから複数のジャッキに対して同時に油圧をかけて型枠全体をクライミングさせるが、各ジャッキの伸び量は必ずしも均等にはならないため、型枠と一体になった足場は、クライミング中に傾いた状態で上昇する可能性がある。しかし、その傾きは通常管理されず、これを考慮した油圧制御はなされていない。また本作業所においては、クライミング型枠の足場上部に、さらに鉄筋工作業用に仮設足場を組む計画としており、この仮設足場とコアウォール躯体の鉄筋が接触（干渉）する危険性があつ



写真 1 コアウォール部およびクライミング型枠

^{*1} 戸田建設(株)技術研究所 修士 (工学)

^{*2} 戸田建設(株)技術研究所 工学修士

Technology Research Institute, TODA CORPORATION, M.Eng.
Technology Research Institute, TODA CORPORATION, M.Eng.

表1 クライミング型枠モニタリングシステム計測・監視項目

項目	計測・確認方法	内容
1 クライミング距離	レーザー距離計による計測	クライミング型枠直下に距離計を設置し、直上の足場最下段までの距離を計測
2 足場の傾き	上記項目1の計測結果から算出	クライミング距離の計測結果から、足場の傾き（鉛直角度）を算出（4°以下）
3 作動油の温度	カメラによる監視	油圧ユニットの作動油温度メーターをカメラで監視（10～70℃）
4 油圧	カメラによる監視	油圧ユニットの圧力メーターをカメラで監視（28MPa以上）
5 ジャッキの動作	カメラによる監視	ジャッキの誤作動の有無を監視
6 仮設足場と鉄筋の接触	カメラによる監視	仮設足場の最上段にカメラを設置し、鉄筋との接触の有無を目視

たが、クライミング中にそれを確認するための手段は設けられていなかった。そこで筆者らは、クライミング型枠に距離計やカメラ等を取り付け、クライミング状況をモニタリングし安全性を確保するためのシステムを開発した。

また近年では、高層建築物工事のコンクリート打込みにおいて、ディストリビューターを採用する事例が増加している。ディストリビューターは、コンクリートポンプ車のブーム部分を定置式としたもので、コンクリートを打分ける装置である。コンクリートを送る輸送管と接続し、打込み箇所までブームを伸ばすことで、地上から送られてきたコンクリートを効率よく打分けることができる。通常、高層階におけるコンクリート打込みでは、打込みフロアの鉄筋上に輸送管を配管しコンクリートを送るが、ディストリビューターを活用することでこの配管作業を不要とし、打込み箇所に直接コンクリートを運べるため、打込み作業の効率化や時間短縮等の効果が期待できる^{1),2)}。本作業所においてはコアウォールを周辺の鉄骨より先行して構築するため、通常の手法では、コアウォール中央部に組んだ仮設足場や、外周部に取りつけたクライミング型枠の足場上に輸送管を配管する必要があった。しかしこれらの足場は狭隘で作業性が良好でないため、配管作業に通常以上の時間や手間が発生することが予想された。そこで、コンクリート打込みにディストリビューターを導入することで、打込み作業の効率化および時間短縮を図ることとした。

3. クライミング型枠モニタリングシステム

3.1 概要

表1にクライミング型枠モニタリングシステムの計測・監視項目を、図2に同システムの概要図を、写真2にモニタリング画面を示す。計測は、クライミング距離および足場の傾きの2項目、モニタリングは作動油の温度、油圧、各所のジャッキの動作、仮設足場と鉄筋の接触の4項目、計6項目とした。作動油の温度と油圧については、油圧ユニットに直接計器を組み込むことができなかったため、油圧ユニットの作動油温度メーターと圧力メーターにカメラを取り付け、これによりモニタリングすることとした。足場の傾きについては、鉛直角度で5°を超えると、上部の仮設足場の支柱と鉄筋が接触する危険性があったため、4°以下となるよう管理するも



図2 クライミング型枠モニタリングシステム概要図

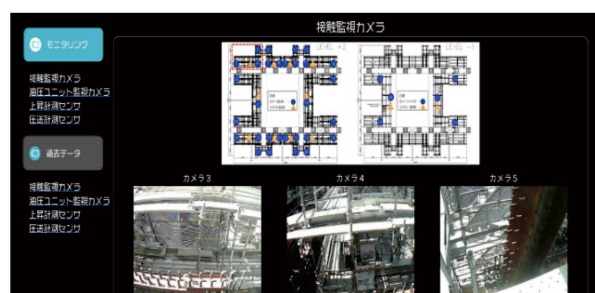


写真2 モニタリング画面（接触監視用カメラ）

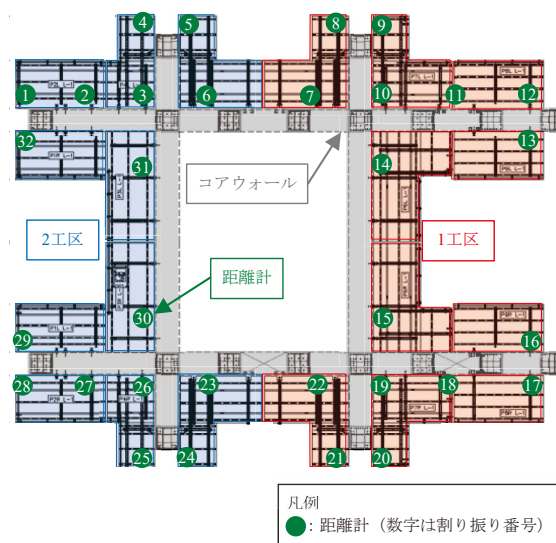


図3 レーザー距離計の配置図

のとした。作動油温度については、10℃未満もしくは70℃以上になるとクライミング動作が停止するため、10℃以上70℃未満を管理値とした。油圧については、28MPaが動作圧力のため、これを下回らないよう監視するものとした。ジャッキの動作については、クライミング型枠の各所に配置されたジャッキの正面にそれぞれカメラを設置し、ジャッキが誤作動等を起こしていないかを目視できるようにした。クライミング型枠上の仮設足場と鉄筋の接触については、仮設足場の最上段の手摺部分にカメラを設置し、目視で判定できるように計画した。

3.2 結果

図3にクライミング距離計測用のレーザー距離計の配置図を、図4にクライミング距離の計測結果の一例を示す。凡例の数字は、図3の割り振り番号に対応している。本作業所においては全部で20ユニットの型枠および足場を設置していたが、油圧ユニットの性能等の制約から、3～4ユニットずつに分けてクライミングする計画としていた。レーザー距離計については、それに合わせて10ユニットに対して16箇所、計32箇所に配置した。クライミング開始前の時点で、レーザー距離計の設置位置からクライミング型枠の足場の底面までの距離を計測し、それを基準（クライミング距離0mm地点）として計測を実施した。ジャッキのストロークが約240mmであるのに対し、1回のクライミングでは約5m上昇させる必要があるため、ジャッキは20回程度伸縮を繰り返す。

図4に示すとおり、各所に設置したレーザー距離計の計測結果から、ジャッキが伸縮を繰り返しながら徐々にクライミングしている様子を監視できること、各足場ユニットはほぼ均等なペースでクライミングしていることを確認した。同一のユニットに設置した複数の距離計の計測結果を比較し、最も傾きが大きいユニットについて、足場の傾きを算出した。計測箇所2箇所の水平距離が約5mであるのに対して、200mm程度の高低差のため、その傾きは約2°であった。管理値として設定した4°を下回る数値であった。他のユニットについても同様に管理値を下回っていたので、安全にクライミングできているものと判断した。

3.3 導入効果と課題

上記の結果から、開発したモニタリングシステムにより、型枠のクライミング状況をリアルタイムに監視できることを確認した。また、このシステムの導入により、作動油の温度や油圧に異常値が発生した場合や、クライミング中に躯体等への干渉が見られた場合に、即時に察知し、作業関係者の間で対策を講じることが可能となった。しかし一方で、クライミング距離の計測を行う際、クライミング型枠直下のデッキ上にレーザー距離計を設置する必要があるため、この際に上からの落下物と接触する危険性がある。また、設置場所の周辺では鉄骨工事関係者が作業しており、この作業と距離計の設置作業が干渉することがあった。また一度距離計を設置しても、

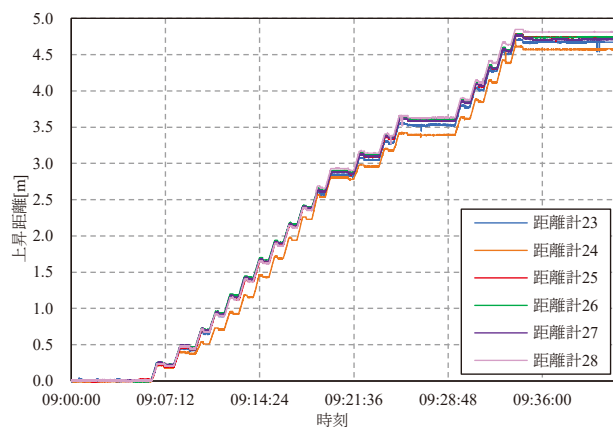


図4 クライミング距離の計測結果の一例



写真3 ディストリビューター

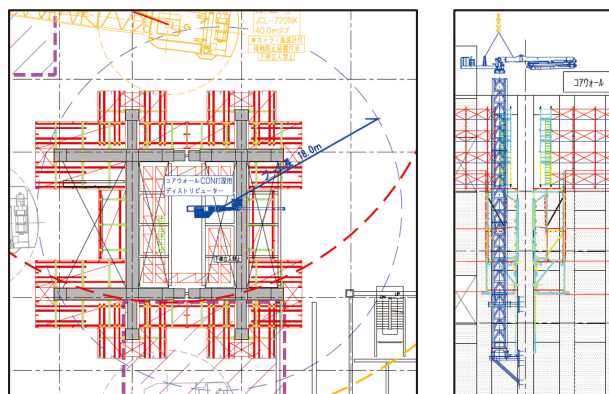


図5 ディストリビューター計画図

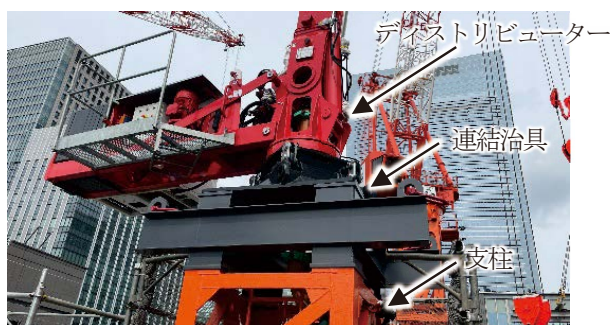


写真4 ディストリビューター連結治具

鉄骨工事の進捗に伴い直上にデッキや水平ネット等が施工された際は、それにより正確な計測ができなくなるため、都度距離計の盛替えを行う手間が発生した。

この問題を解消するために、距離計をクライミング型枠側に取り付ける必要があると考えられる。距離計をジャッキ部分に取り付けるなど、設置箇所を選定を含め、長期間安定して計測できる手法の検討を今後進める予定である。

4. ディストリビューター

4.1 概要

写真3にディストリビューターを、図5にディストリビューターの計画図を示す。鉄骨工事等の他工事との干渉を避けるため、ディストリビューターはコアウォールに囲まれた内側に配置した。また、コンクリートをブーム先端から落とし込むため、ディストリビューターは常にコアウォールより高い位置に配置する必要がある。そのため、ディストリビューターはタワークレーン用支柱の頂部に設置し、支柱とディストリビューターは専用に製作した連結治具(写真4)により連結することとした。加えて、コアウォール工事の進捗に合わせて都度上階に盛替える必要があることから、コアウォールに固定可能な支柱架台(写真5)を製作し、クライミング後に簡易に再設置できるようにした。また、支柱に加わる水平力や打込み時の振動を考慮し、これらを低減するため、架台の上部に水平控え(写真6)を設ける計画とした。

4.2 結果

写真7にディストリビューターによるコアウォールの打込み状況(直上から撮影)を示す。コアウォールのコンクリート打込みにディストリビューターを適用することで、打込み作業の効率の向上、輸送管の配管に要する労務作業員数の削減、高所の足場上での打込み作業の安全性向上等に有効であった。また時間あたりの打込み量を増やし、特に、コンクリートの打込み終了までの時間や打重ね時間などの制限が厳しくなる夏季の打込み作業において、コンクリート品質の確保に有効であることを確認した。

写真8に、ディストリビューターに接続する輸送管の管内側圧のモニタリング画面を示す。この画面は、前述したクライミング型枠モニタリングシステムの画面を切り替えることで表示し、圧力センサーを設置した箇所の管内側圧をリアルタイムに確認することができる。今回の現場適用においては、1階およびディストリビューター基部にセンサーを設置し、計測を行った。これにより、1階のコンクリートポンプ車から高層階のディストリビューターにコンクリートが到達するまでの間で、配管に異常があった際に、即時に察知し対策を講じることが可能となった。

写真9にディストリビューターのクライミング状況を示す。上階へのクライミングの際には、専用の吊り治具

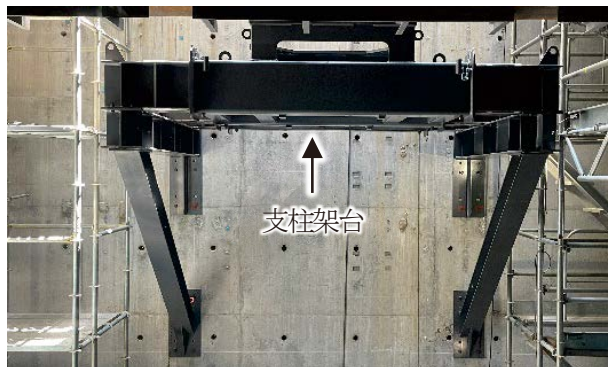


写真5 ディストリビューター支柱架台



写真6 ディストリビューター支柱の水平控え

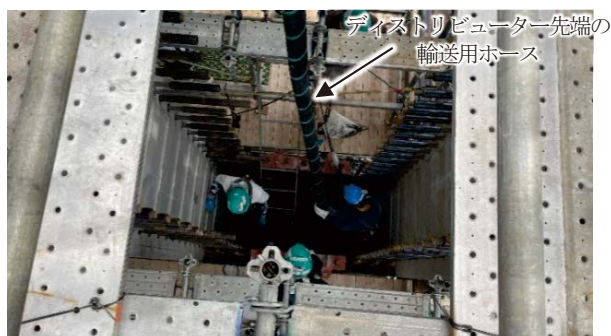


写真7 コアウォール打込み状況

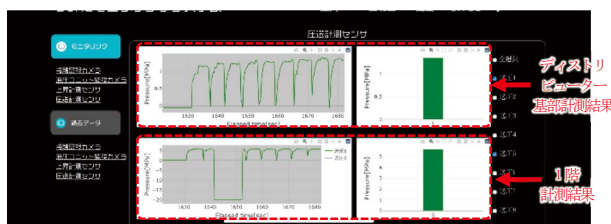


写真8 コンクリート輸送管内側圧のモニタリング状況

を用いるとともに、支柱頂部の連結治具に玉掛けすることで、ディストリビューターおよび支柱を一体にして揚重できるよう計画した。また、支柱の架台や水平控えについても、支柱に固定して一体として揚重することが可能となっている。

4.3 導入効果と課題

上記の工夫により、クライミング毎にディストリ

ビューターや支柱の解体・再組立をする手間を削減し、短時間で効率良くクライミングを実施することが出来た。ただし、架台および水平控えについては、設置階毎にコアウォールに埋設したインサートに対してボルト固定するため、コアウォールの打込み時にインサートの位置が大きくずれてしまった場合、固定する前の位置調整や架台・水平控え側への孔あけ加工が必要となり、これに作業時間を要することとなった。そのため、架台・水平控え側のボルト孔のクリアランスを大きくするなどして、施工性を確保する手法の検討が必要であると考えられる。

5. おわりに

本報告では、コアウォールの施工効率や安全性を向上させるためのシステムや手法を考案し、現場適用を行った。その中で明らかになった課題については、今後のコアウォール採用物件への適用に備え、改良を行う予定である。また今回の現場適用によって得られた知見や蓄積した各種のデータについては、今後のコアウォールの施工計画をより良いものとするため、作業所等に展開していく。

謝辞

今回の現場適用においては、TODA BUILDING 作業所の方々および本社機材部稔台工作所の方々に多大なご協力を頂きました。心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉田他「ディストリビュータ工法を適用した高所圧送におけるコンクリートの圧送性に関する研究 その1 実験概要および圧送前後の品質変化について」、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州） 材料施工 p.827-828, 2016. 8
- 2) 吉田他「ディストリビュータ工法を適用した高所圧送におけるコンクリートの圧送性に関する研究 その2 管内圧力および管内圧力損失について」、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州） 材料施工 p.829-830, 2016.8



写真9 ディストリビューターのクライミング状況