

本設エレベーター仮設利用技術の開発と現場適用

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF TEMPORARY UTILIZATION TECHNOLOGY FOR ELEVATORS IN CONSTRUCTION

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

In the construction of high-rise buildings, it is common practice to install the permanent elevators after the building has reached the topping-out stage and after constructing the roof and walls for waterproofing. During the period leading up to this, temporary construction elevators are used to lift workers and equipment. Since the permanent elevators can also be used for these lifting tasks, it is desirable to install and use them as soon as possible after the temporary elevators are dismantled. However, the installation of the permanent elevators, including rail installation and machinery setup, generally requires at least three months, which can delay finishing work. To address this issue, if the permanent elevators could be used temporarily from the lower floors, it would allow for a reduction in the number of temporary elevators needed, shorten the dismantling period for temporary elevators, expedite the installation of the permanent elevators, begin operation of the permanent elevators sooner, and help to level out the peak installation workload when multiple permanent elevators are installed.

To this end, we have developed a technology that allows for the temporary use of the permanent elevators from the lower floor installation stage, with the elevator machinery room climbing in line with the progress of structural work. This report presents an overview of the technology, as well as the results of climbing operation verification and field application.

Keywords : Elevators, Temporary Utilization, Climbing, Expansion Beam, Electric Chain Block

本設エレベーター, 仮設利用, クライミング, 伸縮梁, 電動チェーンブロック

1. はじめに

超高層建物の建設工事では、通常、建物が上棟し、建屋内の止水のための屋根や壁を構築した後に、本設エレベーターの設置工事を行う。それまでの工事期間中は、作業員や資機材の揚重に仮設の工事用エレベーターを利用する。このエレベーターを解体した後は、本設エレベーターを揚重作業に利用することになるため、これを早期に設置し使用できることが望ましい。しかし、工事用エレベーター解体後は、本設エレベーターのレール取付けや機械設置等の作業を行うため、一般的に3ヶ月以上の工事期間が必要となる。これは、仕上げ工事段階における工程遅延の要因となる。この問題に対し、低層階から本設エレベーターを仮設で利用することができれば、工事用エレベーター解体工事やその後の本設エレベーター設置工事の工期短縮、本設エレベーターの早期稼働、工事用エレベーターの設置台数削減が可能となる。また、複数台の本設エレベーターを設置する場合には、その取り付け作業のピークを平準化することにも繋がる。

そこで筆者らは、下層階の施工段階から本設エレベーターを仮設利用し、躯体工事の進捗に合わせてエレベーターの機械室をクライミングする「本設エレベーター仮設利用技術」を開発した。本報告では、技術の概要、クライミングの動作検証実験、および TODA BUILDING 作

業所における現場適用の結果について報告する。

2. 技術概要

図1に本技術の機器構成を、写真1に本技術のユニット（機械室ユニットおよび上部作業床兼揚重ユニット）を、図2に本技術の実施フローを示す。本技術は、まずエレベーターシャフト下部の区画壁やガイドレール、乗り場等を施工した時点で本設エレベーターのカゴを組み立て、カゴの上階に機械室をユニット化した「機械室ユニット」を据え付ける。さらにその上階に「上部作業床兼揚重ユニット」を据え付ける。

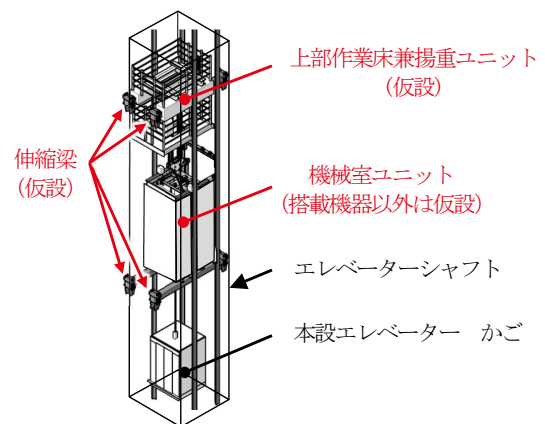


図1 機器構成

*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.

兼揚重ユニット（以下、揚重ユニットという）」を設置し、エレベーターシャフト内での配線作業等を行った後に、本設エレベーターの仮設利用を開始する。下層階でエレベーターを利用しながら、揚重ユニットより上の階においては、エレベーターシャフトやガイドレール等の施工を並行して進めていく。この際、揚重ユニットの屋根部分は作業用の足場として用いることができるよう計画している。次の揚重ユニット設置階まで到達した時点で、揚重ユニットをクレーンにより揚重し再度据え付ける。その後、揚重ユニットが内蔵する30t電動チェーンブロックを用いて、機械室ユニットを一定速度で揚重し、クライミングを行う。各ユニットの下部にはテレスコピック式に伸び縮みする機構を持つ「伸縮梁」が取り付けられており、クライミングの際はこの伸縮梁を縮めた状態でシャフト内を吊り上げ、ユニット設置階に到達した後伸縮梁を引き伸ばし、建物の梁の束材に架設することで支持させている。この作業を繰り返してユニットを順次上階に移設することで、エレベーターのサービス階を増やしていく。最終クライミングを終え、エレベーターシャフトを頂部まで構築した時点で、クレーンを用いて、各ユニットをシャフト内から取り出す。続いて、機械室ユニットから巻上機等の機器を取り外し、エレベーター機械室に設置する。その後は、残りの本設エレベーター設置工事（各階のガイドレールや乗り場ドア等の施工）を行うが、この時点で多くの作業を前倒して実施しているため、通常よりも大幅に工期短縮が可能となる。

なお、本技術と類似したものとして、エレベーター関連機器をユニット化したものを、タワークレーンを用いてクライミングさせる工法は過去に実施されている¹⁾。しかし本技術では、クライミングの際にレールへの影響を極力なくすため、吊り上げ位置を精度よく調整する必要があること、また揚重を低速度（1m/min程度）で行う必要があることから、タワークレーンではなく、揚重ユニットのチェーンブロックを用いてクライミングする構成とした。

3. クライミングの検証実験

機械室ユニットは内蔵する機器の構成上、クライミングする際にその重心が中央からずれた場所に位置する。そのため、機械室ユニットを吊り上げた際、ガイドレールやガイドシュー（機械室ユニットに設けるガイドレール受け部）に力が加わり、破損する可能性がある。これを防ぐため、ガイドシューに加わる力が許容値以下になるように吊り上げる必要があった。

そこで、実大試験体を用いてクライミングの検証実験を行った。写真2に試験体を、図3に検証の概要（機械室ユニットおよびガイドレールの見下げ図）を、表1に本実験における検証パターンを示す。機械室ユニットに内蔵する機器類は、本設エレベーターで使用するものと

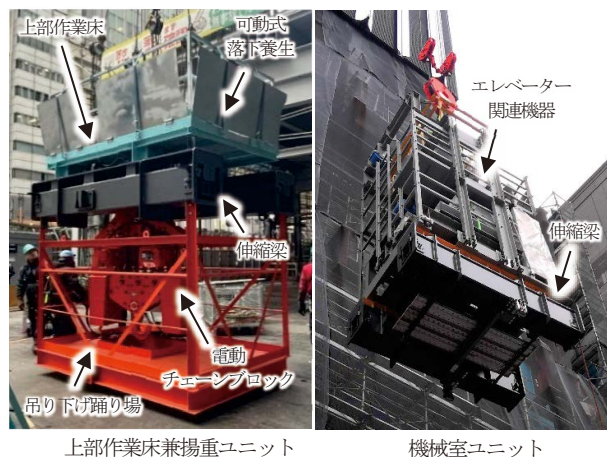


写真1 本設エレベーター仮設利用技術 ユニット

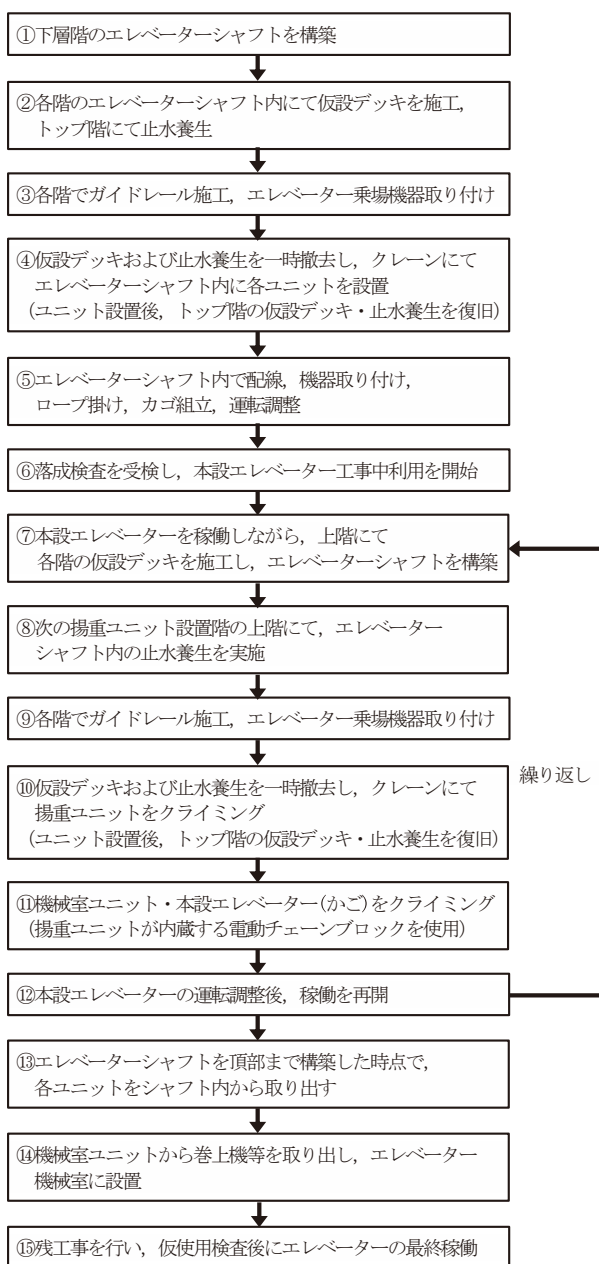


図2 本設エレベーター仮設利用技術の実施フロー

なるため、本検証においては、機器類の代用として機械室ユニットの枠内にクレーンの検査用ウエイトを載せ、その位置を調整することによりユニットの重量および重心位置を再現することとした。荷重に関する許容値については、ガイドレールに加わる奥行方向の水平荷重が最も厳しい条件（最小値）となる。そのため、エレベーター製作会社の設計仕様書に従い、奥行方向の作用荷重2000N（応力度 27.7N/mm^2 ）を許容値と設定した。しかし、この水平荷重（機械室ユニットからガイドレールへ作用する荷重）を直接計測することは困難なため、ガイドレールのひずみから換算することで間接的に求めることとした。ガイドレールにひずみゲージを貼り付けた状態で機械室ユニットを吊り上げ、その際のガイドレールのひずみを計測し、ひずみを基に算出した荷重が、許容値以下に収まるかを確認した。換算係数については、ひずみゲージ張り付け位置の直上でガイドレールに水平荷重を加え、その荷重とひずみの関係から求めた。また、実験後にはガイドレールおよびガイドシューの損傷状態を目視で確かめ、上記の判定結果と合わせて、クライミングにおける支障の有無を判定することとした。

表1に示すとおり、機械室ユニットの特性上エレベーターの昇降行程により重心位置が変わるため、超高層建築への初回設置時と最終クライミング後を想定し、昇降行程25mの場合（パターンA、D）と200mの場合（パターンB、E）についてそれぞれ重心位置を求め、これを条件とした。重心位置の直上で吊り上げた場合が、最も安定した状態で揚重ができ、かつガイドレールに加わる水平荷重が最小となるものと想定したため、吊り上げ位置は重心位置の直上とした。吊り上げ位置および重心位置については、いずれもカゴ側ガイドレールの芯の位置を基準（ $Y=0$ ）、奥行方向を正とした。ただし、機械室ユニット部材の製作誤差の影響として、25mmほど重心位置がずれることが予想されたため、このずれを見込んだ場合（パターンC、F）についても検証を実施した。また、機械室ユニットの吊り治具には、一般的に用いられる玉掛けワイヤーの他に、吊りチェーンの長さを簡単に調整し安定して吊り上げることのできる「チェーンエコライザー」も使用して検証した。なお、本検証におけるユニットの揚重速度は 0.85m/min に設定した。

表2に本検証における結果の概略を示す。「チェーン

エコライザー」を用いて吊り上げた方（パターンA～C）が、玉掛けワイヤーを用いた場合（パターンD～F）と比べて水平荷重が小さくなる傾向にあるものの、結果と

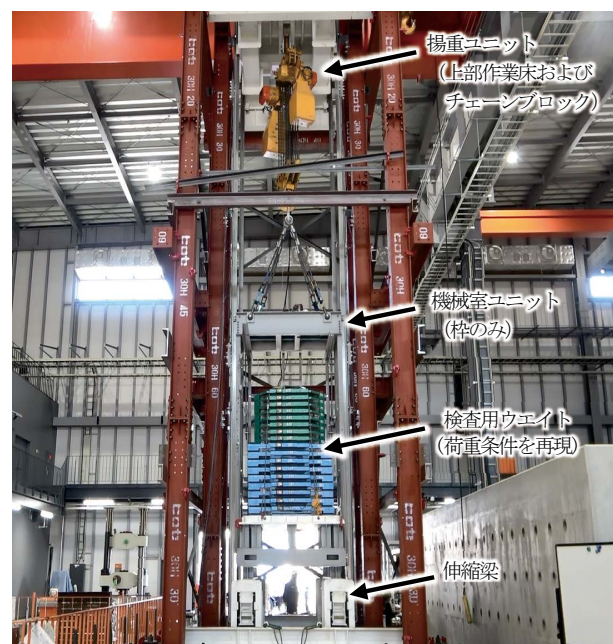


写真2 クライミング検証用 実大試験体

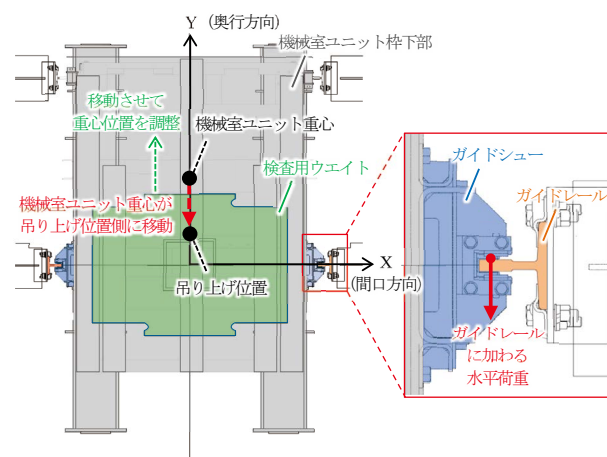


図3 クライミング検証概要図

（機械室ユニットおよびガイドレールの見下し図）

表1 検証パターン

パターン	吊り治具	想定する条件	想定重心位置 Y (mm)	吊り上げ位置 Y (mm)	換算した水平荷重 H (N)	判定
A	チェーン エコライザー	・ 昇降行程25m	150	150	8298	NG ($H > 2000\text{N}$)
B		・ 昇降行程200m	200	200	6314	
C		・ 昇降行程200m ・ 製作誤差の影響25mmを見込む	225	200	3646	
D	玉掛け ワイヤー	・ 昇降行程25m	150	150	11776	
E		・ 昇降行程200m	200	200	8529	
F		・ 昇降行程200m ・ 製作誤差の影響25mmを見込む	225	200	8400	

しては、いずれの検証パターンにおいても、ガイドレールのひずみから換算した水平荷重が許容値を超過した。これは、吊り上げ位置（想定重心位置）に対し、吊り治具に均等に荷重がかかる位置がずれているためと考えられる。また、目視確認による結果としては、検証後にガイドシューに一部破損が見られた。

以上の結果から、通常の4点吊りにより揚重する方法では、クライミング時にガイドシューが破損する危険性が高いと判断した。また、吊り治具（吊りチェーンや玉掛けワイヤー）の長さを調整することで改善できると考えられたが、現場適用時はクライミング毎に重心位置が変わってしまうため、それに合わせて都度吊り治具の長さを調整するのは手間がかかる。そこで、吊り治具によりガイドレールへの水平荷重を低減する方法を検討した。

その結果、安定した姿勢で機械室ユニットを揚重できる吊り治具として、図4に示すトラバーサーを導入することとした。リング部分に加わる荷重を、吊り軸および吊り梁を介して吊り板が負担することで、吊り芯の位置で吊り上げることができる構造となっている。重心位置の変化に対応するため、トラバーサーの吊り板の取り付け位置を調整することで、吊り上げ位置と吊り治具に均等に荷重がかかる位置とを、簡易に合わせることができるようになっている。これにより、機械室ユニットを揚重する際に、水平かつ安定した姿勢で吊り上げ、ガイドシュー等に加わる荷重を低減できる。このトラバーサーを使用して、再度同様のクライミング検証を行い、ガイドレールへの水平荷重が許容値以下となることを確認できたため、現場適用時にはこの揚重方法を採用することとした。

4. 現場適用

4.1 概要

2024年1月より、本設エレベーター仮設利用技術を26人乗り非常用エレベーター1機に適用した。図5にクライミング実施までの施工ステップを、写真3にエレベーターシャフト内作業用の仮設デッキを、写真4に仮設デッキ上に設置した止水養生を、写真5に揚重ユニットの可動式落下養生を示す。

対象のエレベーターシャフトの壁を10階まで施工した時点で、10階にエレベーターシャフト内作業用の仮設デッキを設置し、その上に重ねて止水養生を施し、シャフト内の設置機器を雨水から保護した。下層階においてはガイドレール等の施工を進め、9階まで施工した時点で、10階の仮設デッキおよび止水養生を一旦撤去し、タワークレーンを用いて6階に機械室ユニットを、8階に揚重ユニットを設置した。次に、機械室ユニットの下部で本設エレベーターのカゴを組み立て、シャフト内で配線や機器の取り付け等の作業を行った後、落成検査を受けエレベーターの稼働を開始した。以降は揚重ユニットを設置した8階より上の階にて、躯体工事やエレベーター

表2 動作検証の結果

	確認事項	確認方法	結果の概略
1	ガイドレールへの作業荷重	ひずみから換算	全パターンにおいて設計許容値を超過した。
2	ガイドレール等の損傷	目視確認	ガイドシューに一部破損が見られた。
3	吊り治具	上記1・2の結果から判断	改良が必要

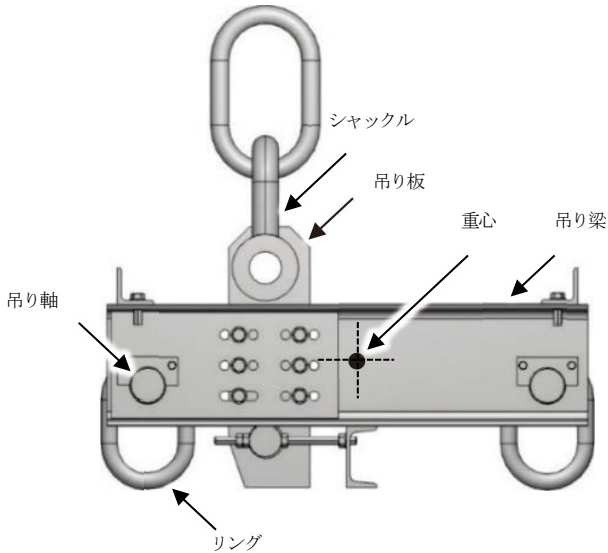


図4 トラバーサー

ステップ	1	2	3	4	5	6
作業	シャフト内作業	ユニット設置	仮設デッキ等施工	サービス開始	仮設デッキ等解体	クライミング
14			仮設デッキ止水養生	仮設デッキ止水養生	仮設デッキ・止水養生解体	
13						
12						揚重ユニット
11			仮設デッキ	ガイドレール施工	仮設デッキ解体	
10	仮設デッキ止水養生					機械室ユニット
9						
8		揚重ユニット	揚重ユニット	揚重ユニット	揚重ユニット	
7						
6		機械室ユニット	機械室ユニット	機械室ユニット	機械室ユニット	
5						
4	ガイドレール等施工					
3						
2						
1			シャフト内配線等			
B1				サービス階	サービス階	
B2						
B3						

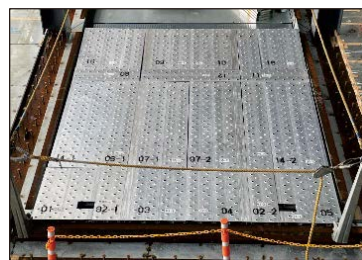
図5 クライミング実施までの施工ステップ

ターシャフト壁の進捗に合わせて、順次仮設デッキを設置した。この際、下層階に位置する機械室ユニットやエレベーターのかご等の機器を落下物から保護するため、揚重ユニットの周辺に可動式落下養生を設置した。続いて8階にて、揚重ユニットの屋根部分を作業用の足場として用いてガイドレールを施工し、以降は躯体工事の進捗に合わせて各階に順次仮設デッキを施工し、このデッキ上でガイドレールの施工を進めた。14階に仮設デッキを設置した時点で、その上に再度止水養生を施した。

13階のガイドレールを施工した後、9階から14階までの仮設デッキおよび止水養生を撤去し、揚重ユニットおよび機械室ユニットのクライミングを実施した。写真6にクライミングの実施状況を示す。まず、揚重ユニットをタワークレーンにより揚重し12階に据え付けた後、揚重ユニットが内蔵する電動チェーンブロックを用いて、機械室ユニットをエレベーターのかごと共に一定速度で揚重し、10階に設置した。クライミングを行う際、動作検証時のようにガイドレールの変形をひずみゲージで測定するのは困難であったため、無線式のロードセルを機械室ユニットの上部4箇所に取り付け、ロードセルに加わる引張荷重を計測した。この荷重を、ロードセル専用の荷重管理ソフトウェアを用いて、PCの画面上でモニタリングし、想定した荷重で吊り上げられているかを確認することで、安定した状態で吊り上げられているかを判断することとした。

4.2 現場適用の結果

表3にクライミング時の荷重の予測値と計測結果を示す。トラバーサーの構造上、吊り上げ位置がトラバーサーの中央よりエレベーターの乗り場側に近い位置となるため、乗り場側の荷重が大きくなる。ただし、エレベーター乗り場側の2箇所(①, ②)と、カウンターウェイト側の2箇所(③, ④)で、それぞれ均等に荷重が負担されていれば、機械室ユニットを安定した状態で吊り上げ、ガイドレールに加わる水平荷重を大きく低減出来る。クライミングの検証時と同様に、事前に設計上の重心位置を求め、これを基に各ロードセルに加わる荷重の予測値を算出した。この予測値に対し、実測値が誤差5%の範囲内に収まれば、機械室ユニットをほぼ水平で安定した状態で吊り上げられているものと判断した。結果として、表3に示すとおり、計測箇所4箇所全てにおいて、実測値は予測値の誤差5%以内の範囲に収まっていることが確認できた。加えて間口方向についても、エレベーター乗り場側(①, ②)とカウンターウェイト側(③, ④)でそれぞれ比較すると、実測値の差は微小な範囲に収まっている。また目視での確認においても、安定した姿勢で機械室ユニットを吊り上げ、クライミング実施後もガイドレールやガイドシューに損傷は見られなかった。以上の結果から、安全にクライミングを行い、本技術を運用できることを確認した。



ALC 施工時



ガイドレール施工時

写真3 仮設デッキ



写真4 止水養生

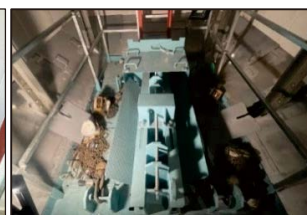


写真5 可動式落下養生

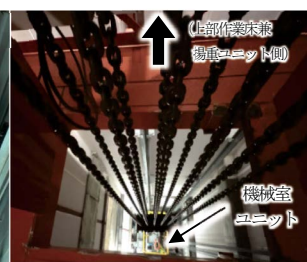


写真6 クライミング実施状況

表3 クライミング時の荷重の予測値と計測結果 (単位: t)

計測位置	エレベーター乗り場側		カウンターウェイト側	
	①	②	③	④
予測値 (t)	4.892		2.409	
実測値 (t)	4.878	4.880	2.200	2.216

5. おわりに

今回の現場適用により、躯体工事の途中段階においても、本設エレベーターを工事使用(仮使用)することが可能となった。また、今回のようにエレベーターが多数ある現場では、本設への切り替え作業の作業人数や作業量のピークを分散できるメリットがあることも判明した。しかし、クライミングに合わせて都度仮設デッキの組立や解体が発生したため、これらの作業に対して手間がかかった。

今後はこういった仮設的な作業を減らし、また本技術をより効果的に活用するため、ユニット化したECPを用いることで、エレベーターシャフト区画壁を早期に構築する施工方法について、検討を進めていく予定である。

謝辞

今回の現場適用においては、三菱電機ビルソリューションズ（株）の方々、作業所および本社機材部稔台工作所の皆様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) 大野他「生産性向上のための施工方法の改善 その2—豊洲マンション新築工事—」, 戸田技報 p.21-27 2000.9