

33. 高層建築解体へ自動昇降足場の適用

FCF工法 ~ 安全・省力化への挑戦 ~

株式会社フジタ ○大谷 愛斗・三村 洋一
松尾 宗義

1. はじめに

日本の高層建築物は1968年に竣工した霞が関ビルを発端に発展を遂げ 300mを超す高層建築物も出現し年々その建築数は増加している。他方、高度成長期に建築された高層建物の多くが老朽化や再開発事業によって解体の対象となり、解体工事が増加していくことが考えられる。

従来、高層建築物の解体では外周部に養生用足場の組立を行い大型クレーンやタワークレーンなどで建物の最上階に解体作業を行う重機や資材を揚げて順次地上階まで降りてくる工法が用いられている。

高層建築物の解体作業現場では建物の外周部に設置する養生用の足場の使用量の増加とそれに伴う作業時間の増加、また作業員の高所作業に伴う飛来、落下災害の危険も高まっており、これらのリスクを低減することが急務となっている。

当社はこれらの課題を解決するため、独自の技術であり多くの橋脚、煙突、ドーム屋根の施工に用いられてきた自動昇降足場システム（以下、FCF工法と称す）を用いたFCF-リバース解体工法を開発した。本論文では本工法の概要と開発経過および現場適用の結果を報告する。（写真-1）



写真-1 (左) 在来工法 (外部養生)
(右) FCF リバース解体工法

2. FCF工法の概要

2.1 FCFの構造について

FCF工法の構造概要を図-1に示す。躯体の周囲にはシステムの受け架台であるメインフレームが設置され躯体の大きさにより通常4～8本の鋼管ロッドを介して躯体周囲に設置する。ここで、鋼管ロッドは昇降時のロボットジャッキのガイドと足場ステージ全体の鉛直荷重を支える役割を担っている。各ロッドは所定の間隔で座屈防止の金具で躯体に固定され、水平荷重（風荷重）は躯体に押しつけられたローラにより減衰する。

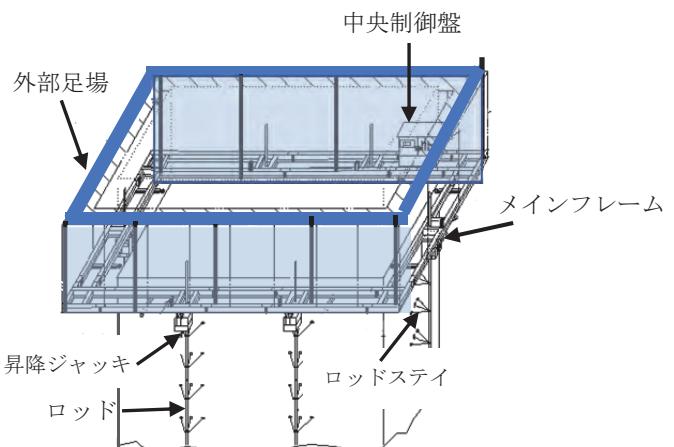


図-1 FCF工法構造概要

メインフレーム上に作業用の足場が通常5～7段（約8～12m）で組まれ、さらに大型型枠（高さ約5m）、上昇・下降を行うための昇降ロボットジャッキとシステム全体を制御する中央制御盤が組み込まれる。

2.2 FCFシステムの概要

本システムは、昇降ロボットジャッキ本体、中央制御盤、レベルセンサより構成される。昇降ロボットジャッキは、メインシリンダ、油圧制御装置、チャック装置、各種センサより構成され、構造物の周囲にメインフレームを組立てた後、昇降ロボットジャッキを配置する。各ジャッキの伸縮量はレベ

ルセンサからの情報を基に中央制御盤で制御する。

また昇降ロボットジャッキ本体中心部には、上下2組のチャック装置があり、このチャック装置内を昇降用ロッドが貫通し、ロッドをチャック装置が把持することで昇降を行う。上昇時の手順を図-2に下降時の手順を図-3に示す。

FCF工法を用いた施工例を写真-2、昇降ロボットジャッキを写真-3、昇降ロボットジャッキの仕様を表-1に示す。

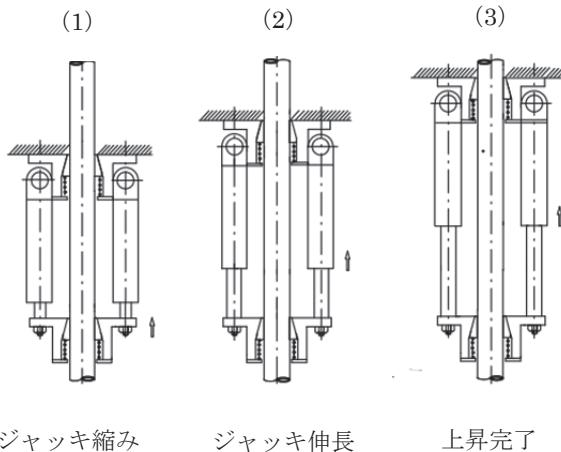


図-2 FCF ジャッキ上昇時手順

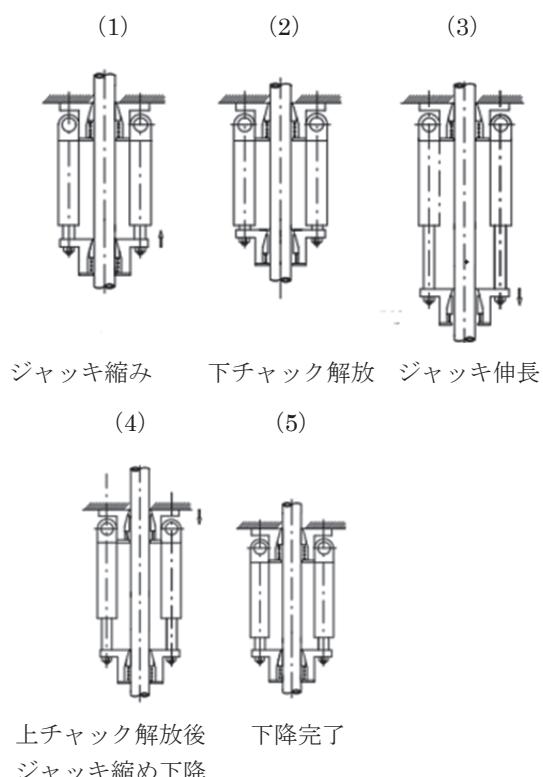


図-3 FCF ジャッキ下降時手順



写真-2 FCF 工法



写真-3 昇降ロボットジャッキ

表-1 昇降ジャッキ仕様

ジャッキ能力	150kN /台
上昇速度	150mm /m in
下降速度	75mm /m in
油圧	13M Pa
電動機	1.5kw , 3Φ × 200 v

2.3 FCF システムのフロー

(1) レベル制御

足場フレーム上に設置した昇降ロボットジャッキにレベルセンサを取り付け、センサの水位の高さを計測することによりメインフレームの相対的な水平度を測定する。各昇降ロボットジャッキのレベルセンサのデータと作動情報を中央制御盤に送信する。中央制御盤は、これらの情報をもとに各

昇降ロボットジャッキ位置の高低差を算出し、この高低差（レベル差）が設定した許容範囲内に収まるようにそれぞれの昇降ジャッキを制御する。この制御データに従いそれぞれの油圧ユニット及び鋼管を把持するためのチャックを作動させることで、本システムはメインフレーム設備を許容レベル差を保って上昇あるいは下降させることができる。

(2) 上昇・下降制御

1回の上昇ストロークは150mm、下降のストロークは135mmであり、この動作を繰り返し所定の高さ分の移動を行う。昇降ロボットジャッキシステムは、反力を伝えるロッド（直径76mm長さ3m）を持ち、フレーム全体を水平に維持しながら上昇あるいは下降できる。ロッドは必要に応じて継ぎ足し、一定の間隔ごとにロッドステイを用い建物と繋ぐことで座屈を防止し垂直性を担保している。設置するロボットジャッキの台数、ロッドステイの取り付け間隔は搭載するユニット足場の形状・重量、解体建物高さに応じて異なる。

(3) 中央制御盤

上昇できるだけでなく、下降もできることを最大の特徴としており、本システムの制御はフレーム上に配置された中央制御盤をホストコンピュータとし、タッチパネルディスプレイより入力されたデータを基に、各昇降ロボットジャッキ内のローカルマイコンに制御司令を送ることで行われている。タッチパネル上には、各ジャッキ位置のレベル差が表示されるとともに、各ロボットジャッキの動作状況等が表示される。中央制御盤を写真-4に示す。



写真-4 中央制御盤

3. 解体工法の検討

3.1 在来工法（総足場）の問題

現在、多くの解体現場で採用されているのが総足場工法による全面養生であるが、ビルの高層化が進むにつれて次の問題点が挙げられる。

(1) 設置コストの増加

- ・足場材の使用量の増加に伴い足場材のリース代や組バラシ費用の人工増加が問題となる。

(2) 作業工程の長期化

- ・設置作業が長期になり作業スペースの占有により他種作業への影響が大きい。

(3) 安全性への懸念

- ・足場の組立・解体作業による高所作業の増加による作業者の墜落・落下災害リスク。

(4) 環境への影響

- ・組立・解体作業により騒音発生が増加する。
- ・運搬車両による交通環境への影響が大きくなり、騒音・振動も増加する。

これらを解決すべく保有技術のFCF工法を採用した昇降式足場による解体工法を検討実施した。

3.2 昇降式足場に要求される機能

施工検討を行った結果を以下に示す。

(1) 設置・解体コストの低下

使用材料の大幅な削減と組立・解体日数を低減することで足場設置にかかる費用を低下させる。

(2) 工程への影響を低下させる

足場組立時間の短縮により占有スペースの低下と車両の搬入出時間の低減を図り交通への影響を低下させる。

(3) 安全性の追求

高所作業を大幅に減少することで作業の安全環境を確保する。また第三者への飛来災害の防止を図る。

(4) 環境

組立・解体作業により発生する騒音と振動を抑制する。

3.3 基本仕様の検討

本施工に適用するFCF工法の基本仕様を検討するにあたり、適用規則及び標準は以下の通り。

- ・規則：安全衛生規則

- ・指針：道路土工指針P125（平成11年）

これらの規則・指針を踏まえ、かつ求められる機能を満足する設計条件を次のように決定した。

(1) ユニット式のフレームを製作し分解組立式とし高所作業を低減する

(2) 専門的な知識のない作業員でも容易に組み立てられる。

(3) ユニット式にすることで枠組み足場を使用したときに比べユニット重量を軽量化する。

(4) FCFの中央制御盤を改良し1台で16台のジャッキを制御できるようにする。

上記(1)から(4)を踏まえてFCFを用いた外部養生方法の検討を行い、ユニット式フレーム養生足場の設計とFCFジャッキの配置を決定した。FCFを搭載したユニット式フレーム養生足場を解体するフロアとその下層階に設置し作業階の養生を行う。その後、上層階より部位ごとに躯体の解体を重機

とタワークレーンによる吊り取りにて行い地上にて破碎、分別を行う。高所での作業量を低減し作業員の安全の確保と環境に配慮した高層建物の解体システムを目指した。

4. 施工

4.1 FCF 搭載足場の設置

施工建物外周部にFCF搭載足場を設置した。施工建物は建築面積 2,650.16 m²、高さ 82.95mの鉄骨造。建物の東西方向に高低差があったため高低差を解消するように組立架台を設置し、その架台上にFCFを搭載したユニット式足場を設置した。ユニット式足場は横 45.3m、縦 23.8m、高さ 12.9m、幅 1mで製作し通常の枠組み足場を使用した場合に比べ軽量化と剛性を高めた。またユニット式足場の高さは解体建物の約 3 階分をカバーしており、最上階を躯体解体の作業階、中間階を緩衝階、最下階を窓部などの撤去作業階とし設計した。足場フレーム全体でFCF ジャッキを 16 台使用し 1 ユニットごとに 1 台のジャッキを配置した。

組立の際は 32 分割したユニットをクレーンで吊り上げて接合し組立を行った。解体建物概要と足場ユニット構成を表-2 に、FCF 搭載足場フレームの平面図を図-4、フレームの断面図を図-5、足場のユニットフレーム部を写真-5、ユニット足場の受け架台を写真-6、ユニット組立状況を写真-7 でそれぞれ示す。

表-2 解体建物概要と足場ユニット構成

解体建物概要	
延床面積	29,921m ²
建物高さ	82.95m
階数	地上19階/地下3階
足場ユニット構成	
ユニット長(横)	45.3m
ユニット長(縦)	23.8m
ユニット高さ	12.9m
ユニット総重量	約100t
搭載ジャッキ台数	16台
搭載ジャッキ推力	2400kN (150kN × 16台)
搭載ジャッキ動力	24Kw (1.5kw × 16台)



図-4 FCF 搭載足場フレーム全体図

防音パネル+養生ネット

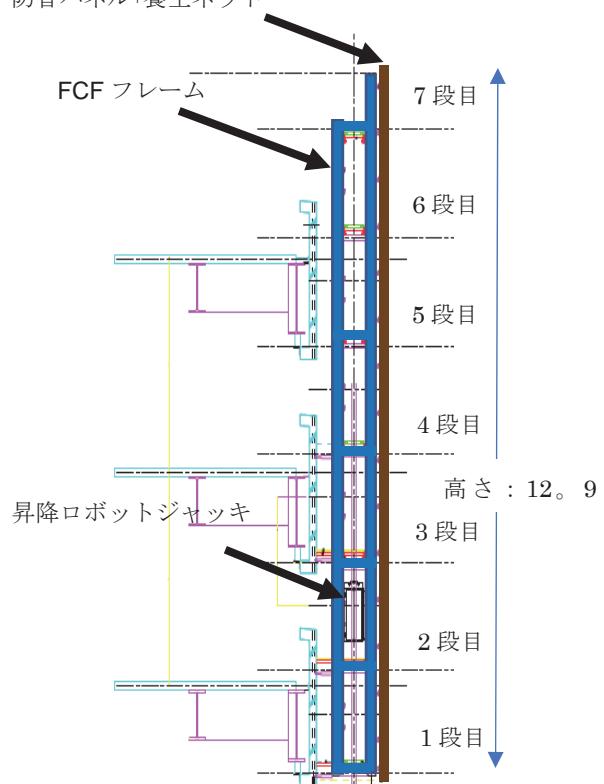


図-5 FCF 搭載足場フレーム断面図



写真-5 ユニットフレーム



4.2 FCF の上昇

FCF 搭載足場のフレーム組立完了後に制御に必要なレベル計や各種センサの設定を行い FCF のジャッキアップ作業を行った。約 6m/日のペースで 12 日間行い、建物最上部まで上昇させた。今回は 2 mごとにロッドステイの取り付けを行い、これを 1 サイクルとして作業を進めた。

以下 上昇時の作業手順を示す。

- (1) ロッドステイ、ターンバックル間配り（壁つなぎ材）
- (2) ユニット式足場の上昇
- (3) 壁つなぎの設置
- (4) ロッドの継ぎ足し

ロッドの継ぎ足し作業は(1)間配り時に並行して実施した。また上昇時にはタワークレーンを用いあらかじめ地上でジョイントさせた複数のロッドを継ぎ足すことで作業の効率化と安全性の向上に努めた。作業時はユニット足場の最上部と最下部の東西南北に監視員を配置し躯体との接触などの監視を行ながら作業を行った。足場の組立完了時の様子を写真-8、上昇終了時の様子を写真-9でそれぞれ示す。

4.3 建物解体と FCF 搭載足場の降下

足場の上昇作業終了後、躯体の解体を開始した。1 フロア 6 日の工程で解体を進めた。解体作業は階間に 0.25 の BH を 2 台と 10m 級高所作業車をタワークレーンにて揚重し行った。解体はタワークレーンを用いたブロック解体を主として行い、カッターを用いた吊り切り工法の試工も行った。両施工とも粉塵の発生が少なく、特にカッターを用いた作業ではより、粉塵と騒音が低減され、作業の優位性を確認することができた。

作業の様子を写真-10 と写真-11 にて示す。



FCF 搭載足場の降下作業は解体作業の進捗に合わせて 1 フロアごとに行なった。安全対策として足場の層ごとに層間養生対策を行い、降下作業中は端部での作業を行わないことを徹底した。降下作業手順を次に示す。

- (1) 足場の清掃
- (2) ロッド取り外し
- (3) 壁つなぎ取り外し・撤去
- (4) 2m降下
- (5) 壁つなぎ取り外し・撤去
- (6) 2m降下
- (7) 養生対策

上記の工程で作業を進め約 4 時間で 4m 分の足場を降下させていった。作業時は躯体と足場との干渉や足場フレームと養生パネルとの干渉を防ぐため、最下層部の東西南北に配置した監視員は中央制御盤の FCF ジャッキ操作者と隨時、連絡を取り合い、作業を行なった。降下作業のフローを図-6 で示す。

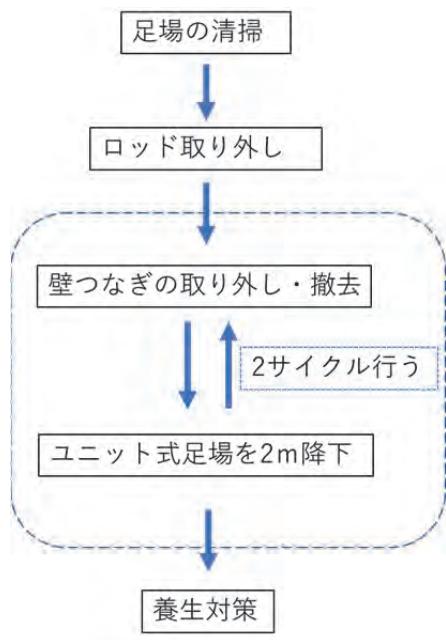


図-6 降下作業フロー

5.まとめ

FCF 工法を高層建物の解体作業に用いたことにより以下の効果が確認できた。

(1) 安全の向上

- ・ FCF 工法を用いたことにより足場組立時の高所作業が低減され墜落・転倒のリスクが大幅に低下した。
- ・ 搬入出車両も削減されたことで第三者との接触災害の発生リスクも低下された。

(2) コストの低減

- ・ 在来工法である全面養生足場を組立・解体することに比べ足場材の搬入・組立・解体費が 50% 以上低減した。
- ・ 組立・解体に携わる鳶工が 70% の省力化を達成

し、大幅なコストの低減を実現した。

- ・ 足場の組立・解体時にクレーンを拘束する時間も大幅に低減され作業の効率化に伴うコストの低減の効果を得られた。

(3) 工程

- ・ 在来工法の全面養生足場を当現場で組立・解体施工する場合と比べて約 2 ヶ月の工程の短縮を実現することが出来た。
- ・ 鳶工の確保が難しくなっている昨今、こうした効果により人員の確保が容易になると考えられる。

(4) 環境

- ・ 全面養生足場を施工する場合に比べて足場材の搬入・搬出車両を 10 トントラックで約 294 台削減することが出来た。これにより CO₂ の発生量が約 0.9 トン削減され環境への負担を低減するとともに足場材の搬入・組立・解体・搬出作業に伴う騒音等の低減により近隣住民への負担も削減することができた。

この他にも本工法の特徴として次の点が挙げられる。

- ・ 様々な形状の建物にフレキシブルに対応できる。
- ・ 他のユニット式足場に比べ専用部材を使うことが少なく通用性が高い。
- ・ 高層建築物になるほど工法の特徴が表れることで省力化・経済性・安全性で有効性が増す。
- ・ 足場に掛かる鉛直荷重を地上または基礎部で支持する構造となっているため、施工する躯体の強度に左右されることがない。
- ・ 施工する高さに制限がなく種々の形状の施工が可能。
- ・ 操作は中央制御盤のコンピュータで一括管理と操作が可能となっており専門的な技能を必要としない。

6.おわりに

今回 FCF 工法を高層建築解体に用いるにあたってシステムの再構築や中央制御盤の更新などを行い、本社実験ヤードでの試運転、ユニットフレームの考案など多くの準備を重ね本施工を行った。

今後、多くの高層建築物の解体需要が見込まれているなか FCF 工法を利用した本工法の有効性を確認することができた。本工法を高層建築物の解体作業でも広く展開していきたい。

最後に今回の施工に際してご協力いただいた関係者の方々に感謝の意を表します。