

円形高層建築建物解体への自動昇降足場の適用

FCF工法 円形建築建物解体への挑戦

株式会社フジタ ○ 中鉢 和敏
野正 裕介
大谷 愛斗

1. はじめに

現在、日本の建築物は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一方、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、建築物の解体では外周部に養生用足場を設置し、建物最上階に解体作業を行う重機を揚げ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足場の使用量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、落下災害の危険もあり、これらのリスクを低減することが課題である。

本論文で扱う解体対象の建物は、狭い敷地に位置し、ターミナル駅に近い人通りの多いエリアでの施工が求められ、工期の短縮が急務であった。このため、当社は高層建築物の解体工事に「自動昇降足場システム」（以下「FCF工法」と称する）を採用したFCFーリバース解体工法を導入し、上記の施工上の課題および施工条件を克服した。また、今回の対象建物は円形であり、FCFーリバース解体工法による施工は初めての試みとなる。本論文では、FCF工法のシステムの特性、各構成装置、施工結果について記述し、当工法の有効性について論じる。

2. 工法の構成及び概要

2.1 FCFの構造について

FCF工法の構造に関する概要を図-1に示す。躯体の周囲には、システムの支持構造であるメインフレームが設置され、躯体のサイズに応じて通常4本~8本の鋼管ロッドを介して周囲に配置される。鋼管ロッドは、ロボットジャッキの昇降時におけるガイドとしての役割と、足場ステージ全体の鉛直荷重を支える機能を果たしている。各ロッドは、所定の間隔で座屈防止のための金具ロッドステイによって躯体に固定され、水平荷重（風荷重）

は躯体に接触したローラによって減衰される。

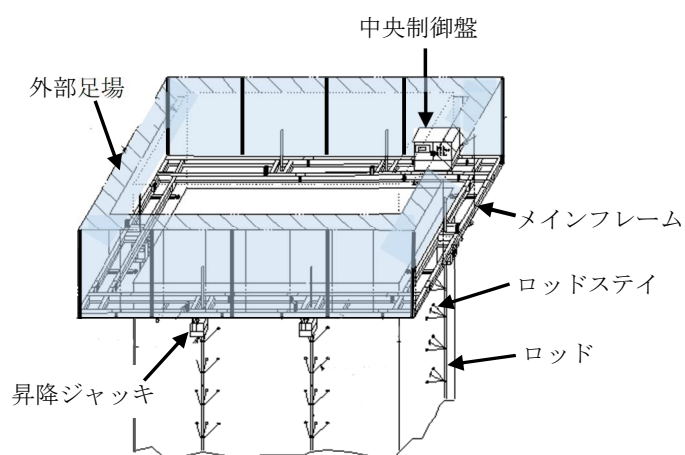


図-1 FCF工法構造概要

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、レベルセンサの三つの主要な構成要素から成り立っている。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、及び各種センサを含む構造を持ち、まず構造物の周囲にメインフレームを組み立て、その後に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、レベルセンサから得られる情報を基に中央制御盤にて制御する。

また昇降ロボットジャッキ本体中心部には、上下に配置されたチャック装置が存在し、昇降用ロッドがこれらのチャック装置を貫通している。ロッドがチャック装置によって把持されることにより、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。

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

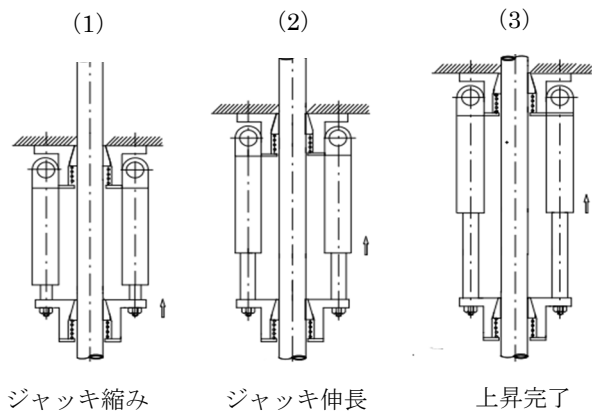


図-2 FCF ジャッキ上昇時手順



写真-1 FCF 工法

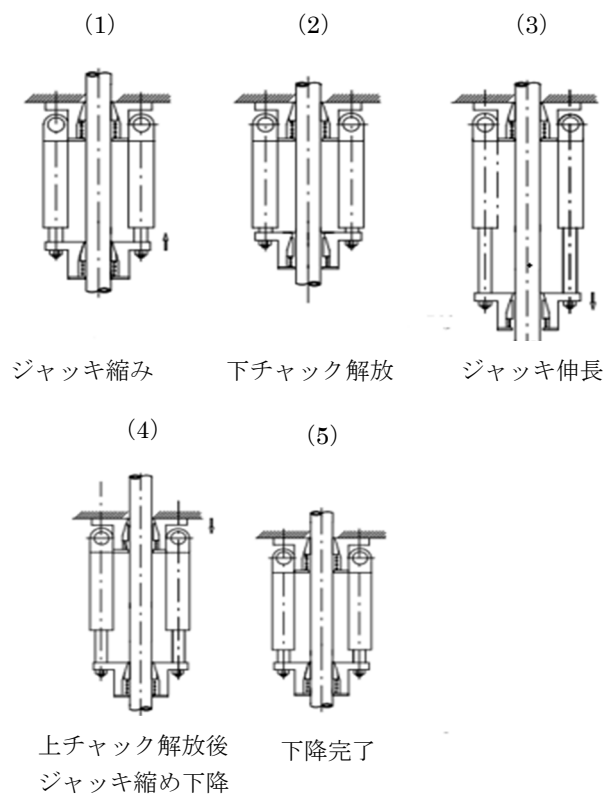


図-3 FCF ジャッキ下降時手順

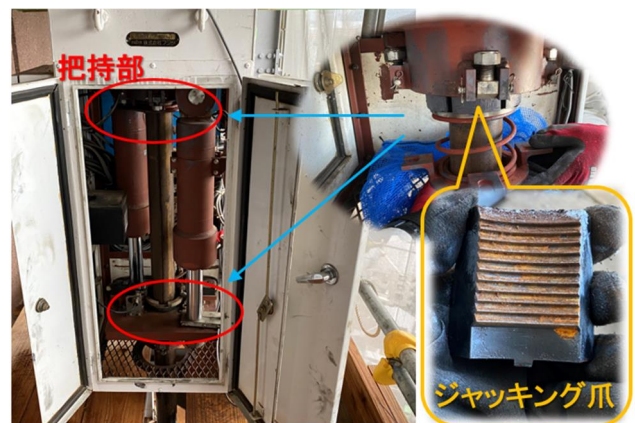


写真-2 升降ロボットジャッキ

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の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。

ジャッキ能力	150 kN/台
油圧	13 MPa
電動機	1.5kw、3φ×200v

表-1 昇降ジャッキ仕様

(2) 上昇・下降制御

1回の上昇・下降ストロークは150mm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）を把持し、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-3に示す。

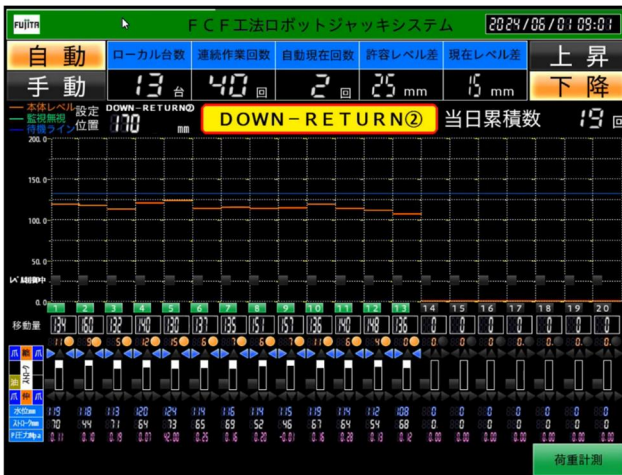


写真-3 中央制御盤

3. 解体工法の検討

現在、多くの解体現場で用いられている総足場工法による全面養生について、ビル建設の高層化が進む中でいくつかの問題点が挙げられる。

(1) 高所作業に伴うリスク

足場組立・解体作業は高所作業のため墜落災害などが起こると重大事故となる。

(2) コストの増加

総足場のため足場材等の資機材量が多く、リース費や組立解体労務費の増加が問題となる。

(3) 環境への影響

足場組立・解体作業により、騒音の発生が増加す

る。また、資機材運搬車両が交通環境に与える影響も大きくなり、騒音や振動が増加する。

これらの問題を解決すべく、解体工事実績のある保有技術 F C F リバース解体工法が適用された。

本工法の有効性としては、

(1) 昇降可能なシステムであり、足場組立・解体作業が地盤面の低位置となるため高所作業を大幅に減少となる。

(2) 足場材等の資機材量が必要最小限となり、リース費・労務費のコスト削減となる。

(3) 足場組立・解体作業が各1回のみとなり、騒音が削減、また資機材運搬車両も減少となる。

4. 施工

4.1 施工建物概要

今回、解体工事実施した対象建物は、直径φ31mの円形（26面体）であり建物高さ123mと高層であった。またフロア高が高く飛散養生のF C F 搭載足場フレーム高さも12m必要であった。施工建物を写真-4、建物概要を表-2に示す。



写真-4 施工建物

解体建物概要	
構造	SRC+RC+S
延床面積	41,069㎡
建物高さ	123m
階数	地上30階／地下4階
直径	φ31m (26面体)

表-2 解体建物概要

4.2 導入前実証実験

今回対象建物は円形（26面体）であるため、FCF搭載足場フレームが昇降時に回転しないか、スムーズな昇降が可能か等の懸念があったので作業所導入前に実証実験を実施した。

実証実験は実験ヤード敷地広さの制限より実際の40%・直径φ12.5mの大きさの模擬足場にて実施した。実験設備の外観写真を写真-5、設備概要を表-3に示す。



写真-5 実験設備外観

足場外径	φ 12.5 m
足場高さ	6.4 m
昇降可能長	約 3 m
昇降部材重量	17.3 t

表-3 実験設備概要

実証実験の結果、ロッドの鉛直1.5度以上倒れが発生すると自動モードでの連続したジャッキダウンが難しい傾向になることが判明した。よって実際の施工にてロッドの鉛直度を±1.5度以内に収めることを管理基準とし昇降する事とした。

またFCFシステムの下記機器の改良も実施し施工に臨んだ。

- (1) 昇降ジャッキのオーバーホールおよび油圧ニードルバルブを追加しシリンダーの同調性を向上
- (2) 制御ソフトの改良
 - ・ より水平を担保しながら昇降できるように制御改良
 - ・ レベル制御の機構、1サイクルごとダウン量を135mm→150mmに変更し下降速度改良

4.3 FCF搭載足場の設置

今回対象建物は高さ123m円形建物に高さ30m・6階の低層部が接合している建物である。FCF搭載足場フレームは低層部を超えた7階に設置とした。施工建物を写真-6に示す。昇降ジャッキは13台を等間隔に設置することで、より全体のバランスを保ちながら昇降することのできる設備とした。FCF搭載足場フレームを図-4（平面図）図-5（断面図）に示す。



写真-6 施工建物

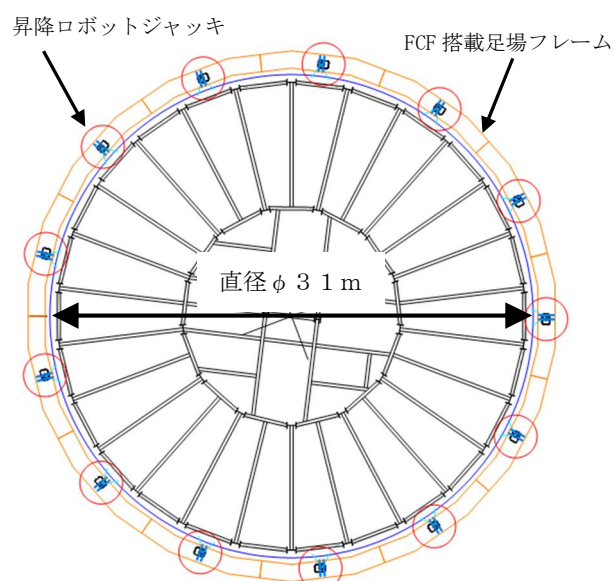


図-4 FCF搭載足場フレーム平面図

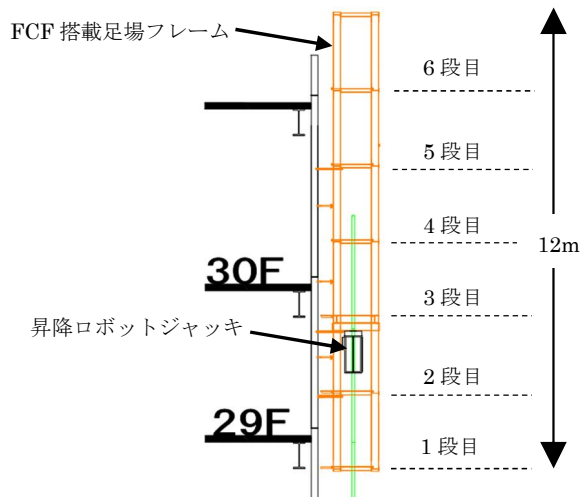


図-5 FCF 搭載足場フレーム断面図

FCF 搭載足場フレームは円周方向に1/3分割・縦方向に6分割されており、まず地盤面で1分解ごとに地組しクレーンにて設置階へ揚重、分割接合し設置した。FCF 足場の設置状況を写真-7に示す。

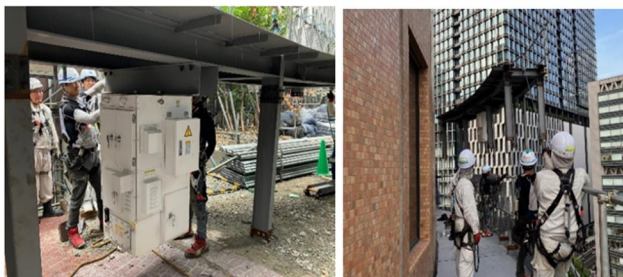


写真-7 FCF 足場の設置状況

4.4 FCF 搭載足場の上昇

FCF 搭載足場フレーム設置後、上昇作業実施した。今回ロッド支持のロッドステイは2.1mピッチであり、ロッドステイ設置毎に実証実験で得た±1.5度以下となるよう鉛直管理・調整を実施した。鉛直調整は写真-7に示すロッドステイのジャッキベースとターンバクルを伸縮させ調整実施した。FCF 搭載足場の組立後・上昇後を写真-8に示す。

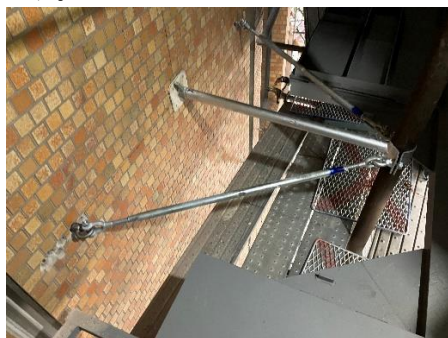


写真-7 ロッドステイ



写真-8 FCF 足場 (左:組立完了 右:上昇完了)

4.5 躯体解体工事とFCF 搭載足場の下降

FCF 搭載足場フレームが上昇した後、躯体の解体作業を行った。解体は最上階より1フロアごとに実施され、その後FCF 搭載の足場を下降させた。躯体解体のサイクルについては以下に示す。

1. 最上スラブ道路カッター
2. 外壁PCコア抜き
3. コア部先行吊切り
4. スラブ吊切り
5. コア部スラブ吊切り
6. PC版吊切り
7. 外周部柱・梁切り
8. 支保工解体
9. FCF 搭載足場の下降

FCF 足場の下降状況を写真-9、躯体解体状況を写真-10に示す。



写真-9 FCF 足場 (左:下降前 右:下降完了)

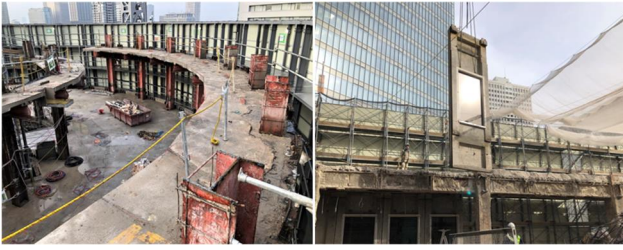
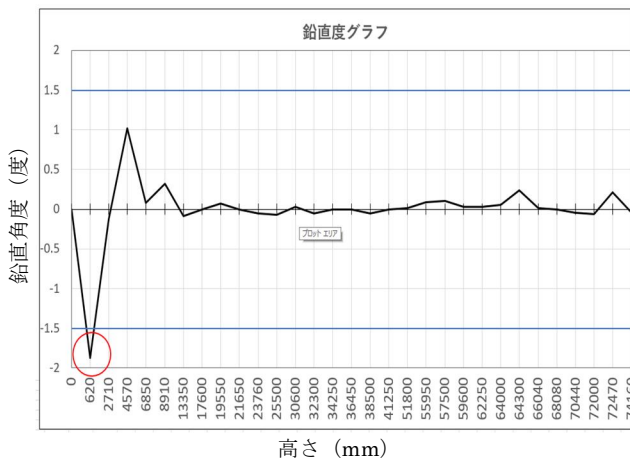


写真-10 躯体解体状況

5. 施工結果

5.1 FCF搭載足場の上昇結果

FCF搭載足場フレームの上昇量は平均約6m/日、日数12日間で74.16m最上部へ上昇させた。FCF上昇時の鉛直度結果は、初回620mm上昇時1ヶ所で許容範囲の1.5度を超え、最大で1.94度となった。グラフ-1に鉛直度結果を示す。



グラフ-1 鉛直度結果

上昇9m迄は鉛直倒れが大きかったが、それ以降は特に支障無くスムーズな上昇を続けることができた。施工前に回転について懸念されていたが、ロッドステイ2.1mピッチ設置毎に鉛直計測し倒れ修正を実施した事がスムーズな上昇へとつながった。

5.2 FCF搭載足場の下降結果

FCF搭載足場フレームの下降作業は、階高3.2mのフロアを22回実施した。各回の所要時間は約2時間であり、作業は順調に進行した。下降作業は大きなトラブルは発生せず、躯体解体工事は5日サイクルから下降9回目より4日サイクルに短縮された。その結果、当初の工程よりも19日間の短縮が実現した。順調に下降できた要因は、①上昇時に2.1mピッチ毎に鉛直計測し倒れ修正を実施した事が大きい、②昇降ジャッキのオーバーホールとニードルバルブ追加による同調性向上、③制御ソフトの改良、も総合的な要因として考えられる。

6. おわりに

FCF工法は約40年前の1970年代より高橋脚の施工を目的として開発が始まり、その後の改良を経て、近年はその特徴を活かし既存ビルの解体工事やビル改修工事へも活用されている。今回の施工により、円形高層建築建物の解体工事にも威力を発揮できる工法である事が確認できた。

最後に、本工法の特徴を以下にまとめる。

- (1) 施工高さに制約がなく、案件に応じた昇降ジャッキの台数を配置することで、大小さまざまな現場に対応可能である
- (2) 高層になるほどシステムの特徴が発揮され、工程、経済的な面で優位性が増す
- (3) 昇降が可能のため地上で組立および解体ができ、安全性が向上し省力化が可能である
- (4) 鉛直荷重を、基礎上に設置した鋼管ロッドで支持するため、躯体の強度に影響されずに昇降することができる
- (5) 操作はコンピュータにより一括制御するため特殊技能工を必要とせず省力化ができる

今後、更なる改良を実施し建設現場の生産性の向上に貢献していきたい。