

# 超高層建物解体工法の開発

## その 2 : 自昇降式外部足場システムの開発

### DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL DISMANTLING METHOD OF HIGH RISE BUILDING

#### Part 2 : Development of the outside-scaffold using automatic going up and down

三輪明広\*, 鈴木信也\*  
Akihiro MIWA and Shinya SUZUKI

There are over seven hundred ultra-high-rise buildings (greater than 100 meters in height) in Japan. Due to a growing requirement for performance in buildings, the number of demolitions and rebuilds is likely to increase in the future. By anticipating future needs, we have developed a new technique for demolishing ultra-high-rise buildings called “TO-ZERO SYSTEM”. The TO-ZERO SYSTEM does the dismantlement construction by dismantlement from upper stories of a building, the enclosures only of the dismantlement floor, and types of the part open. The TO-ZERO SYSTEM is effective for the dismantlement of the building where 80 meters are exceeded. Moreover, this next-generation type demolition method is environmentally-friendly.

**Keywords :** Ultra-high-rise buildings, Demolishing, Upper part liberating space, TO-ZERO SYSTEM, Environmentally-friendly  
超高層ビル, 解体, 上部解放型, TO-ZERO システム, 環境対応型

### 1. はじめに

日本国内には高さ 100m を超える超高層ビルが 700 棟以上あるが、建物に対する要求性能の高まりにより、解体・建替えが増加していくものと思われる。事実、都心部では、大規模再開発などに伴う超高層ビルの建て替えが既に進んでおり、今後この傾向が加速するものと思われることから、市街地における超高層建物を安全で環境にやさしく解体する工法（以下、本工法という）を開発した。既報<sup>1)</sup>において、各部材の解体工法について報告した。本報では、解体作業中の外部養生足場について、その機構および建物高さの違いによる本工法の有効性について報告する。

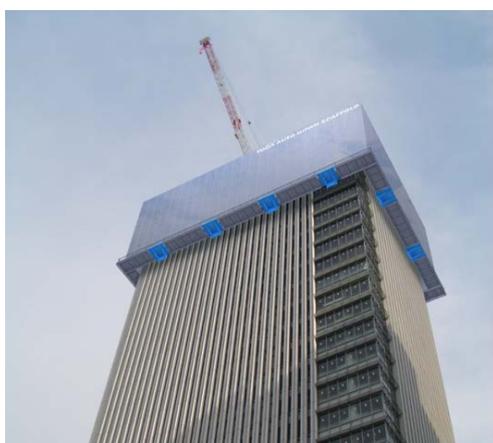


図-1 超高層建物解体工法イメージ

### 2. 超高層建物解体工法のコンセプト及び概要

超高層建物解体工法を開発するにあたり、「安全に、環境に配慮し、効率のよい」をコンセプトに、床・梁・柱を振動・騒音を抑制し、なおかつ CO<sub>2</sub> の発生をゼロにした切断工法と飛散落下物をゼロにした TO-ZERO システムを開発した（図-1、図-2）。本工法は、解体階の上部まで覆うことなく、

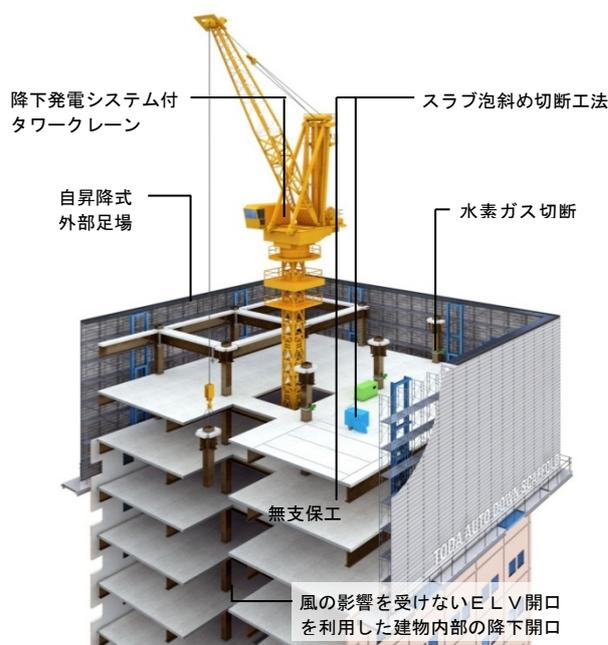


図-2 超高層建物解体工法概要

\* 戸田建設(株)技術研究所

Technical Research Institute, TODA CORPORATION

外周の飛散養生のみとした解体工法で、内装材の解体および設備機器の搬出と同時に最上階にタワークレーンを設置し、最上階より順番に部材を切断しブロック化する。ブロック化した部材は、タワークレーンで建物内部開口を使って地上まで吊り下ろす工法である。柱、梁の鋼材切断にはアセチレンガスに替り、水素ガス切断工法を用いる。水素ガスによる切断を行うことで燃焼時に  $\text{CO}_2$  が発生しない。床のブロック化にはスラブ泡斜め切断工法を採用し、粉塵・騒音を抑制すると同時に、スラブ下の支保工を不要にする。解体時の機器・装置の燃料には BDF (Bio Diesel Fuel : バイオディーゼル燃料) を使用することで、 $\text{CO}_2$  発生量がゼロカウントとなる。外周養生足場は、既開発していたボールネジを使い、内フレーム及び外フレームが仮設支柱を交互に自動昇降する装置を改良したものである。今回新たに超高層建物解体用に支持柱を仮設支柱から建物の外周柱に改良した自昇降下式足場とし、あらゆる建物形状に対応させることが可能となっている。そのため、タワークレーンは飛散養生足場の盛替え作業を行うことなく部材の荷下ろし専用とすることで、1フロア当たりの工期を 30% 短縮することができる。また、タワークレーンは荷下ろし発電による降下発電システムを使うことで、10 階以上の荷下ろし発電量がタワークレーンの消費電力が賄える。

### 3. 外周養生足場「自昇降式外部足場」

#### 3.1 「自昇降式外部足場」の概要

外周養生足場は超高層建物のため、2000 年に開発したポスト式自昇降足場 (写真-1) のポストを無くし、柱に支持するシステムとした。昇降装置は外フレームと内フレームから構成され、ボールネジをモーターで回転させることにより昇降を行い、1フロア毎に外周養生足場を降下させる。昇降装置は既存外周柱に固定するため、既存躯体の補強などが不要となる。昇降装置の定格荷重は 35 t/台であり、移動時間は 12min/m である (図-3)。

図-4 に昇降装置配置例を示す。昇降装置は柱に簡易に脱着可能な昇降装置支持架台で固定し、地震や風の水平荷重に抵抗する機構とした。これらの固定には、差し込みピンを用いる。また、ピンに差し込む穴にテーパを付け、水平位置の誤差を降下しながら調整できる機構とした (写真-2)。昇降装置と柱固定治具の固定にボルトを用いないことで、昇降作業の効率化を図るとともに落下物の危険性を減らした。

外フレームの降下に際しては、昇降フレームと昇降装置支持架台を接続する可倒式アームを収納する為に一旦外フレームを上昇させる。外フレームは可倒式アームを倒した後に降下を開始し、降下終了前に可倒式アームを開き、下階の固定装置に固定する。外フレーム降下後、内フレームを同様の手順で降下することで、1フロアの降下作業が完了する (図-5)。昇降装置はタッチパネルを用いて操作し (図-6)、最大で 24 台同時運転及び個別制御が可能である。

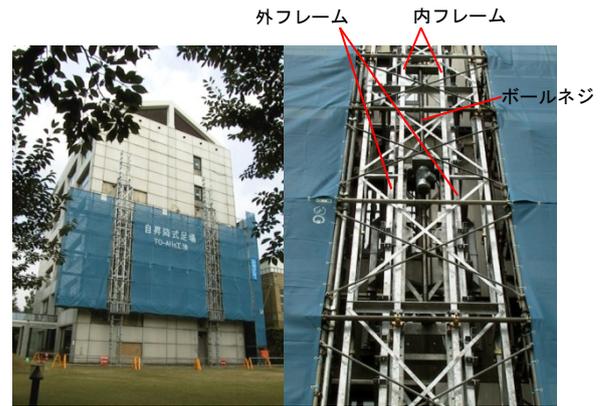


写真-1 ポスト式自昇降足場

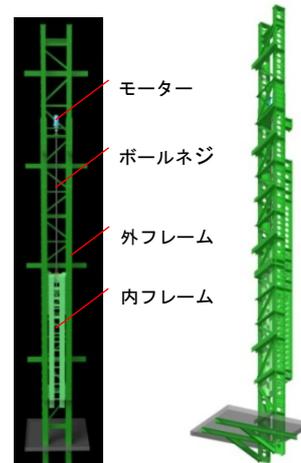


図-3 昇降装置概要

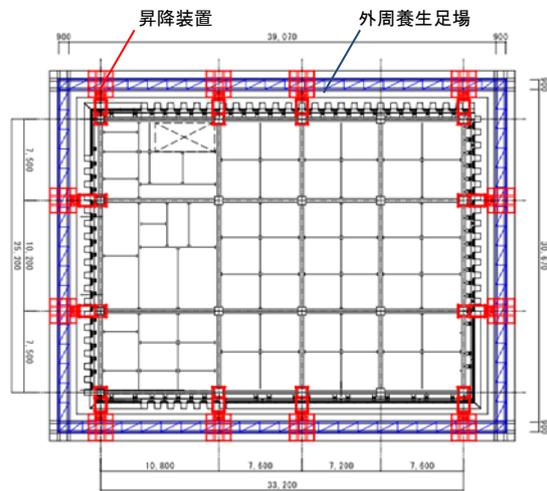


図-4 昇降装置配置例

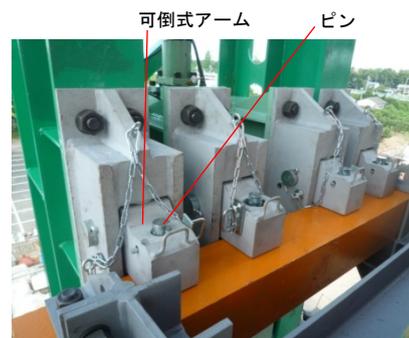


写真-2 昇降装置支持架台

装置は自動運転であるため、荷重、垂直変位、オーバーラン、モーター異常を自動計測・自動制御し、異常時には自動で停止する機構とした。

レベルは一番早い昇降装置と一番遅い昇降装置のレベル差により自動制御している。レベル差が設定値を超えた場合一番早い昇降装置が停止し、レベル差が設置値に到達したのち、再起動することで、レベル差が設定最大値を超えない機構としている。レベル差を管理することで、一ヶ所の昇降装置に荷重が集中するのを防止している。各昇降装置の降下量はそれぞれ表示(図-6①)され、最速装置との差(遅れ)は棒グラフで表示(図-6②)される。最速装置は装置 No が赤、最遅装置は装置 No が緑で表示(図-6③)される。装置の降下量は代表値として、最速装置の No 及び降下量を表示(図-6④)している。最速装置の降下量、最速装置と最遅装置のレベル差、最速装置と最遅装置をオペレーターが瞬時にわかるようにした。

荷重は最大荷重及び最小荷重により自動制御している。設定値を超えた場合、昇降装置が自動で停止する機構とし、昇降時の引っかかり等による過荷重や装置間の垂直変位の偏りによる装置の破損及び落下を防止している。設定荷重を超えた場合は、点検を行い装置に引っ掛り等が無いことを確認する。各昇降装置の荷重はそれぞれ表示(図-6⑤)され、最も荷重がかかっている装置には重と表示(図-6⑥)され、オペレーターが瞬時にわかるようにした。

オーバーランによる装置の破損を防止する為に、上限と下限にリミッターを設置した。リミッターを超えた場合、昇降装置は自動で停止し、Ls ランプが

表示(図-6⑦)される。モーターに異常がある場合、自動で停止し、Th ランプが表示(図-6⑧)される。昇降装置の運転は、通常モード(連続運転)とインテュイティブモード(微調整運転)の2種類とした(図-6⑨)。装置の上下作業は、オペレーターのヒューマンエラーを防止するため、作業内容で表示し、内フレーム上昇、内フレーム下降、足場上昇、足場下降と表示(図-6⑩)した。

複数台の昇降装置を自動制御し、オペレーターに昇降装置の状況が瞬時に分かるように表示することで、安全かつスピーディーに昇降作業を行えるシステムを構築した。また、可倒式アームの状況をモニタリングしながら、昇降の操作が行える。

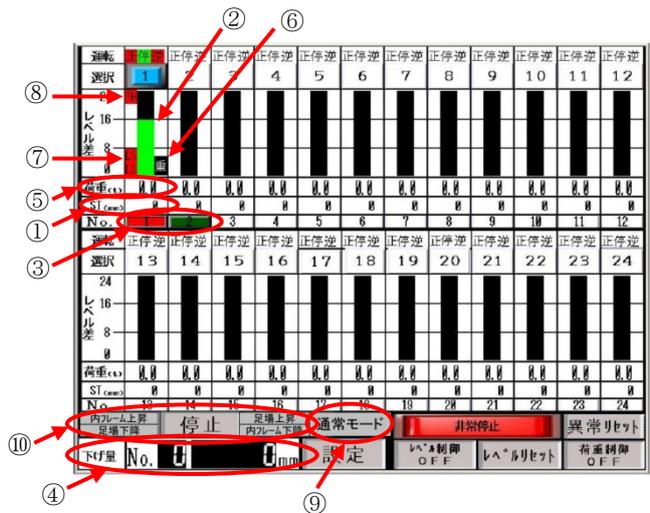


図-6 昇降装置操作パネル

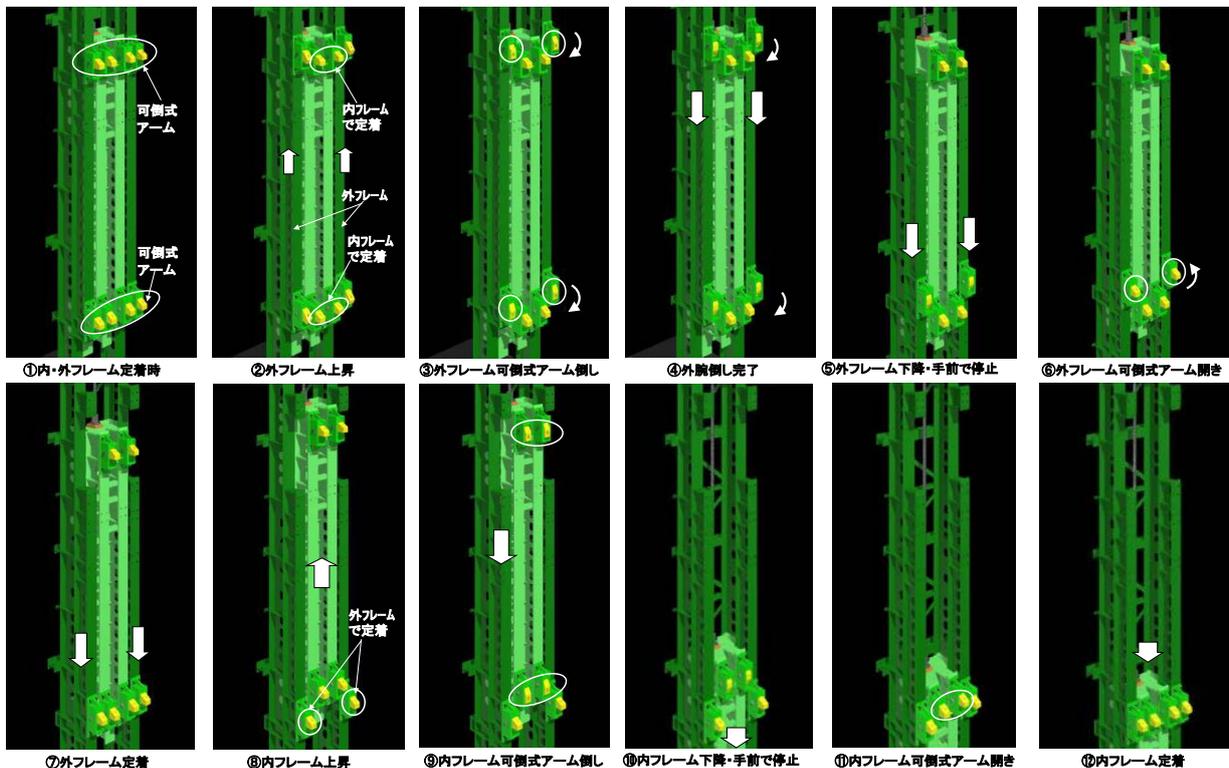


図-5 昇降装置降下フロー

### 3.2 実証実験

写真-3 に実証実験状況を示す。階高 3m, 4 階の模擬柱に自昇降式足場を設置し、作業時間、組立解体時の安全性の検証を行った。自昇降式足場の昇降作業、支持架台の盛り替え作業を行い、安全性の確認と作業時間の確認を行った。

昇降作業は図-6 に示す操作パネルを用いて行い、支持架台部に監視員を配置した。移動時間は 12min/m で昇降作業を行い、支持架台と自昇降装置の固定作業を含めて、1フロア 46 分で昇降作業を完了した。自昇降装置と支持架台の固定部を写真-4 に示す。支持架台と自昇降装置の固定はピンに差し込む方式とし、ボルト落下の危険性を低減するとともに、支持架台と自昇降装置の固定作業の省力化を図り、昇降作業時間の短縮を図った。可倒式アームの固定はピンで行っており、固定用のピンに落下防止チェーンを設置した。解体材の落下による事故を防止する為に、折りたたみ式の落下防止装置（写真-5）を設置した。昇降作業時には落下防止装置を折りたたみ、昇降作業完了後、落下防止を簡易に復旧できる機構とし、昇降作業の効率化を図った。支持架台を写真-6 に示す。支持架台は解体の進捗に合わせて 1フロアずつ盛り替えるため、簡易に精度良く設置できるように、支持架台をユニット化した。支持架台にはキャスターを設置し、人が簡単に水平移動できる機構とした。支持架台を所定の位置に設置後、レベル調整は油圧ジャッキを用いて行い、水平方向の調整は押しボルトを用いて簡易に行えるようにした。



写真-3 実証実験状況

支持架台                      可倒式アーム                      自昇降装置



可倒式アーム固定ピン                      落下防止チェーン  
写真-4 自昇降装置と支持架台の固定部

### 3.3 建物の上部まで囲った解体工法との騒音比較

コンクリートスラブの解体に油圧圧砕工法を用いた場合、騒音・振動・粉塵が発生する為、建物を上部まで囲う必要がある。その場合、過大な仮設が必要となり、コストアップになる。スラブの解体にスラブ泡斜め切断工法<sup>2)</sup>を用いることで、騒音・振動・粉じんの発生を抑え、建物上部まで囲うことなく解体が可能である。

油圧圧砕機で解体する場合は、外周を防音パネル、屋根を波型鋼板で囲い、スラブ泡斜め切断工法で解体する場合は、外周部のみを防音パネルで囲った条件で騒音シュミレーションを実施した。油圧圧砕機で解体した場合の騒音は、上部を囲っても 60～80dBA であるのに対して、スラブ泡斜め切断工法を用いて解体した場合、上部を囲わなくても 40～60dBA で解体できることがわかる（図-7）。

### 3.4 解体階の風の影響

超高層建物は強風によりクレーン作業の中止が懸念される。そこで、外部養生は解体部材を揚重する高さまで立ち上げるにより強風の影響を低減し、強風による解体作業の稼働率の低下を防止した。解体階の高さは地上 100m とし、外部養生は解体階の床から 5.5m（階高 4m+1.5m）立ち上げた条件で通常時（風速 4.3m/s：地上 100m）と強風時（風速 20m/s：地上 100m）の風速シュミレーションを実施した。通常時においては解体階の風速は 2m/s 以下である。強風時においては解体階の風速 10m/s 以下であり、強風時においてもクレーン作業が可能である（図-8）。



写真-5 落下防止装置



写真-6 支持架台

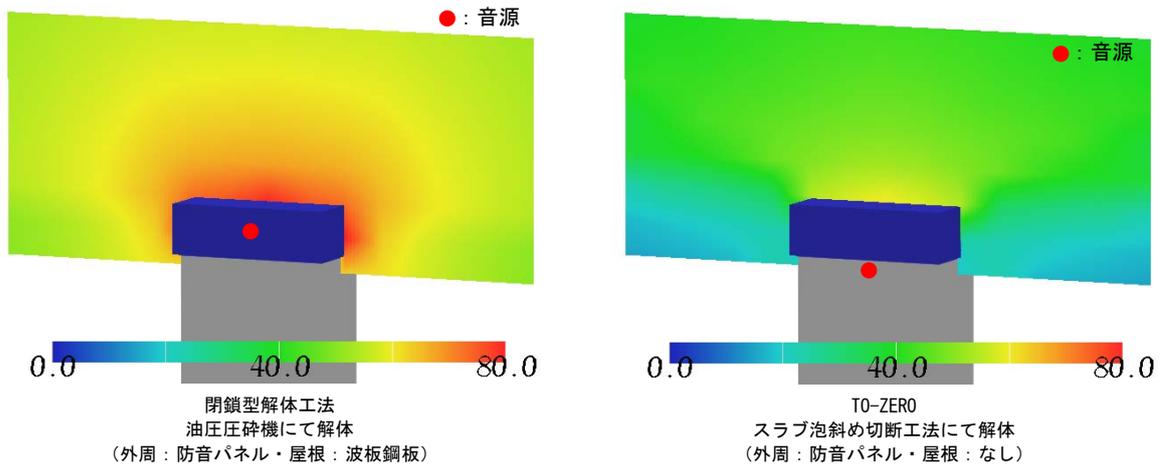


図-6 騒音シュミレーション結果

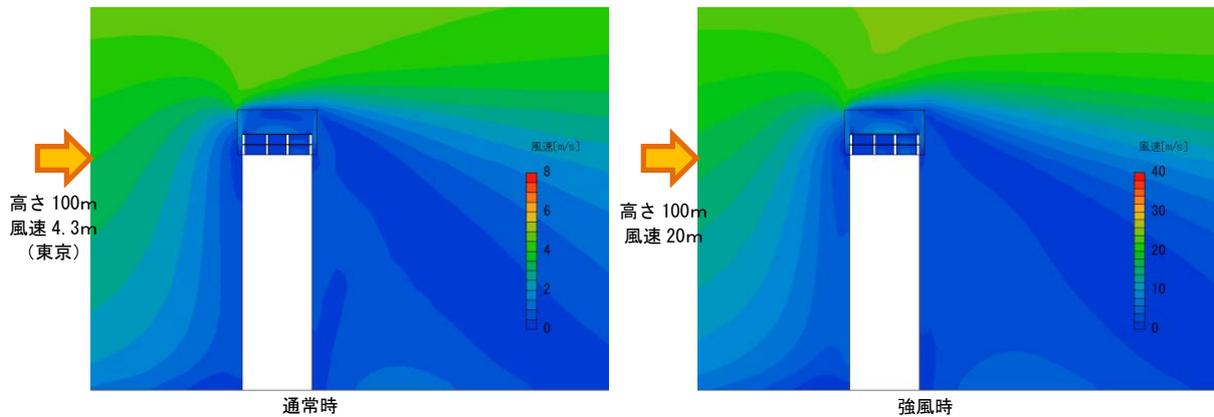


図-7 解体階の風速シュミレーション結果

### 3.5 コスト

図-9 に建物高さ と足場設置費用の関係を示す。枠組み足場は 45m を超えると補強が必要となるとともに設置面積は建物高さに比例して増大する為、建物が高くなるほど設置費用が高くなる。自昇降下式外部足場は、装置の製作費用等がある為、初期費用は大きい、建物が高くなっても設置費用は大幅には上がらない。建物高さ 80m 程度を超えると自昇降下式外部足場の設置費用が安くなり、有効であると考えられる。

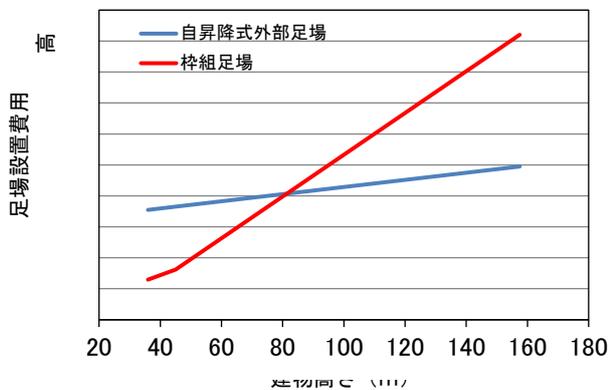


図-8 建物高さ と足場設置費用の関係

### 4. まとめ

本報告では、自昇降式外部足場の制御方法、実証実験、騒音・風速シュミレーション、コストについて検証した。以下にこれらの検証より得られた所見を示す。

- 1) 自昇降式外部足場の降下作業が短時間で安全に行うことができることを確認した。
- 2) スラブの解体にスラブ泡斜め切断工法を用いることで、騒音・振動・粉じんの発生を抑え、建物上部まで困うことなく解体が可能である。
- 3) 強風時 (20/s) においては解体階の風速 10m/s 以下であり、強風時においてもクレーン作業が可能である。
- 4) 自昇降下式外部足場の設置費用は建物高さ 80m 程度を超えると枠組み足場より安くなる。

#### 参考文献

- 1) 三輪明広 他 「超高層建物解体工法の開発 その 1 水素ガス切断工法と電動泡コンクリートカッター工法」 戸田建設技術研究所報告 第 37 号 p.12 2011.10
- 2) 鈴木信也 他 「環境に配慮した超高層建物解体工法の開発 その 2.スラブ斜め切断工法の開発」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), pp.1195-1196, 2012.9