

# 環境に配慮した超高層解体工法

## 安全に、環境に配慮し、効率の良い解体工法 TO-ZERO

三輪明広

超高層建物の解体は、重機を屋上に載せ解体する工法や、大型クレーンによるブロック解体を行う工法が一般的であるが、粉塵や騒音の拡散、外周足場の設置盛替えなど多くの課題があり、市街地における超高層建物をこれらの課題を克服した安全で環境にやさしく解体する工法を報告する。

キーワード：超高層建物、解体工法、騒音粉塵

### 1. はじめに

日本国内には高さ 100 m 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。

従来の建物解体方法としては、重機を屋上に載せ解体する工法や、大型クレーンによるブロック解体を行う工法が一般的であるが、粉塵や騒音の拡散、外周足場の設置盛替えなど多くの課題がある中、超高層建物解体需要を見据え、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を開発した。

### 2. 超高層建物解体工法

#### (1) 解体工法のコンセプトおよび概要

超高層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 工法（以下、本工法）を開発した（図-1, 2）。本工法は、解体階の上部まで覆うことなく、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 CO<sub>2</sub> が発生



図-1 超高層解体工法イメージ

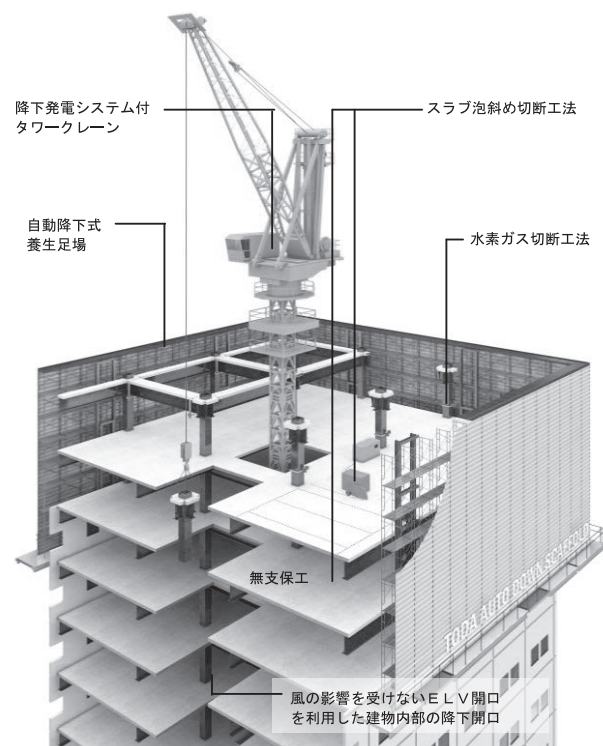


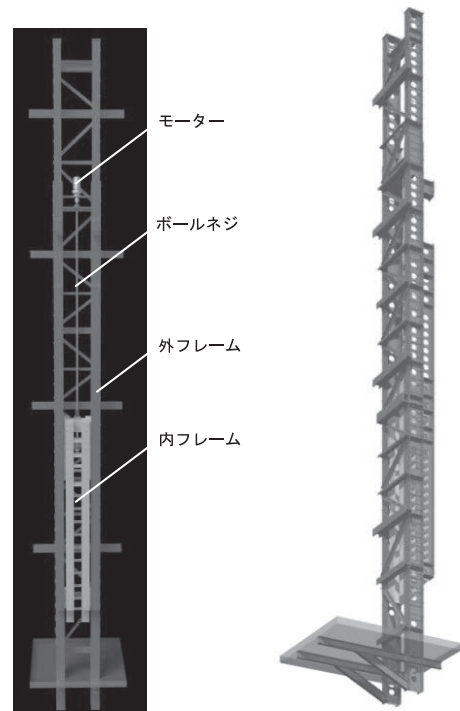
図-2 超高層解体工法概要

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、CO<sub>2</sub>の排出量はゼロとなる。外周の飛散養生足場は、すでに開発していたボールネジを使い、仮設支柱を尺取虫の方法で自動昇降する装置を、今回新たに超高層建物解体用に支持機構を仮設支柱から建物の外周柱に改良した自動降下式養生足場とし、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回生電力システムを使うことで、10階以上の荷下ろし発電量でタワークレーンの消費電力が賄える。

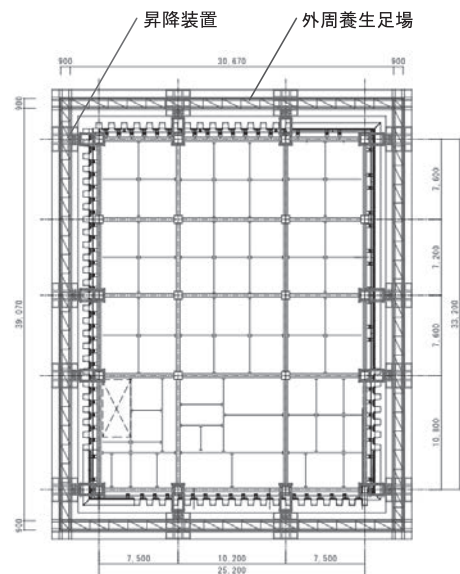
(2) 外周養生足場「自昇降式養生足場」

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、尺取虫の要領で1フロア毎に外周養生足場を降下する。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35t/台であり、昇降速度は12min/mである（図—3）。

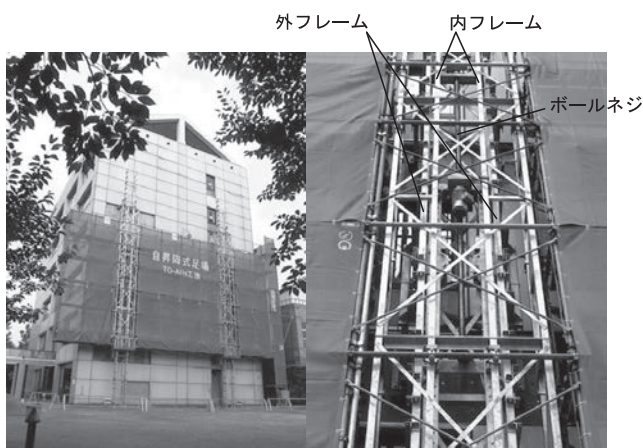
図—4に昇降装置配置例を示す。昇降装置は柱に簡易に脱着可能な昇降装置支持架台で固定し、昇降装置支持架台と昇降装置の固定は、ピンに差し込み地震や風の水平荷重に抵抗する機構とした。また、ピンに差し込む穴にテーパを付け、降下時の水平位置の誤差を降下しながら調整できる機構とした（写真—2）。



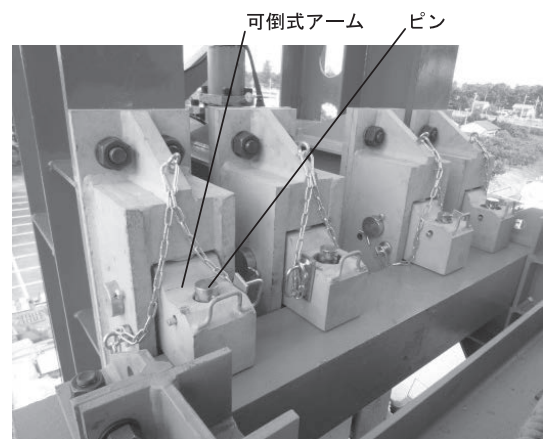
図—3 昇降装置概要



図—4 昇降装置配置計画



写真—1 ポスト式自昇降足場



写真—2 昇降装置支持架台

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をなくした。

外フレームの降下に際し、外フレーム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上昇する。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である（図-5）。

昇降装置はタッチパネルを用いて操作する（図-6）。昇降装置は最大で24台同時運転及び個別制御が可能である。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。

レベル制御が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、レベル差が再起動差に到達したのち、再起動することで、レベル差の最大値が設定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

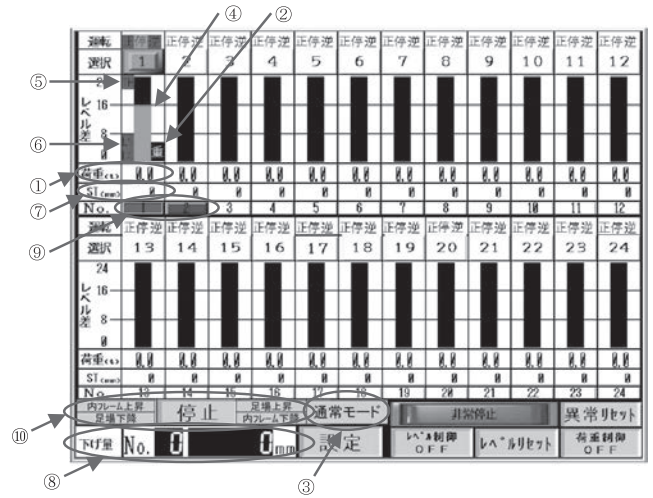


図-6 昇降装置操作パネル

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表示を工夫した。

荷重制御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、

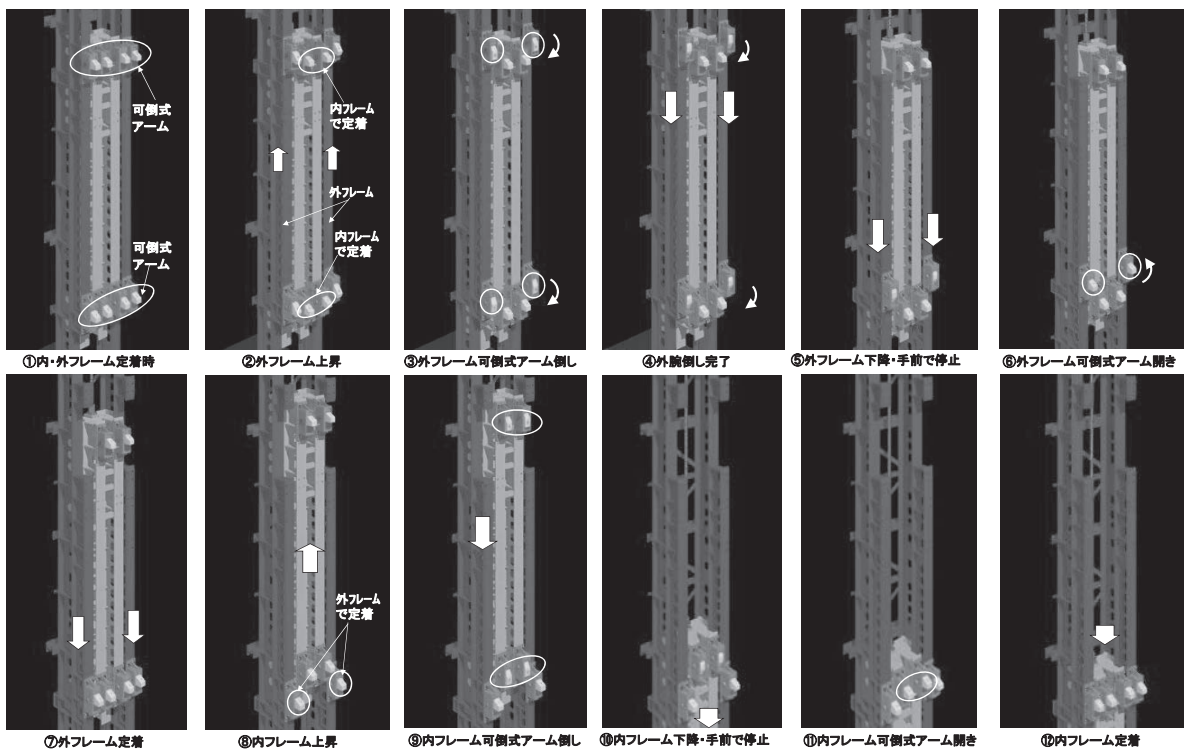


図-5 昇降装置降下フロー

一番荷重がかかっている装置をオペレーターが瞬時にわかるように表示を工夫した。

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ている。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)とインテリングモード(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を工夫するこ

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、昇降の操作を行った(写真-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斜め切断工法を用いることで、騒音・振動・粉塵の発生を抑え、建物上部まで囲うことなく解体が可能である。

油圧圧砕機で解体した場合、上部を囲っても60~80 dBA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40~60 dBAで解体できることがわかる(図-7)。

(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以



写真-3 可倒式アームの映像

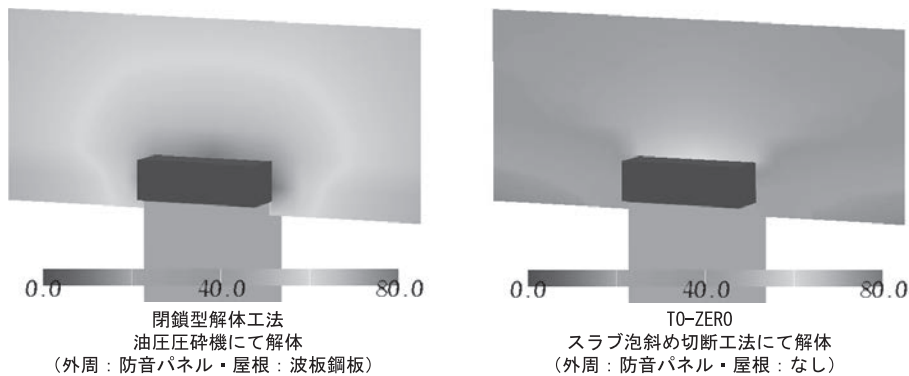


図-7 騒音シュミレーション結果

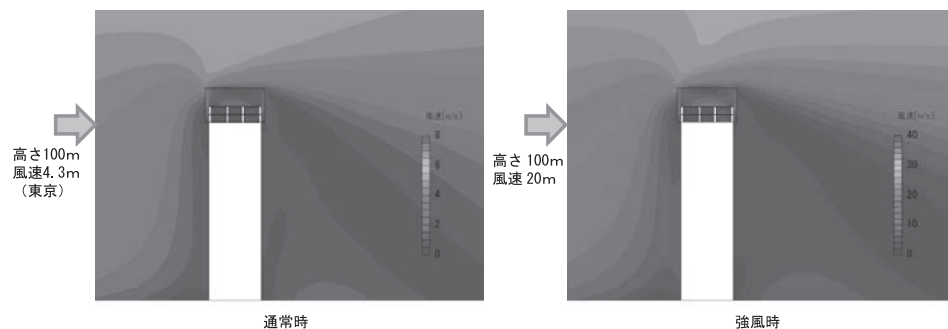


図-8 解体階の風速シュミレーション結果

下である。強風時においては解体階の風速 10 m 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)。

### 3. 環境に配慮したブロック化工法

#### (1) スラブをブロック単位に切断する「スラブ泡斜め切断工法」

一般的にコンクリートスラブのブロック化には、エンジン式道路カッターや自走式ウォールソー等を使用するが、本工法ではスラブ断面を斜めに切断し下階の支保工を無くした(写真-4)。削孔時に用いる水を泡にすることで、削孔に必要な水量を大幅に削減可能にし、切断能率は水を用いた場合と同等以上の切断工法である(写真-5, 6)。消音加工した泡専用ブレード(特許出願中)を用いカバー内部に泡を充填することで、低騒音で切断することが可能であり(図-9)、外部の養生を屋根まで囲うことなく静かに解体

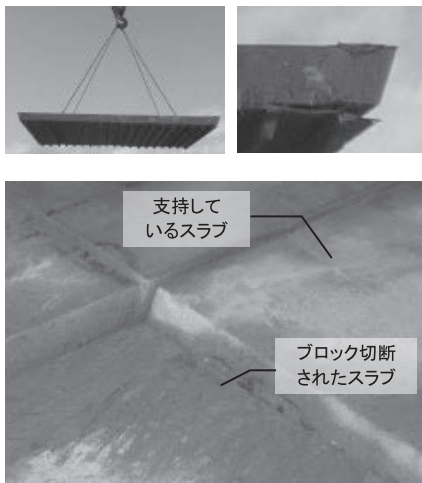


写真-4 スラブ斜め切断概要

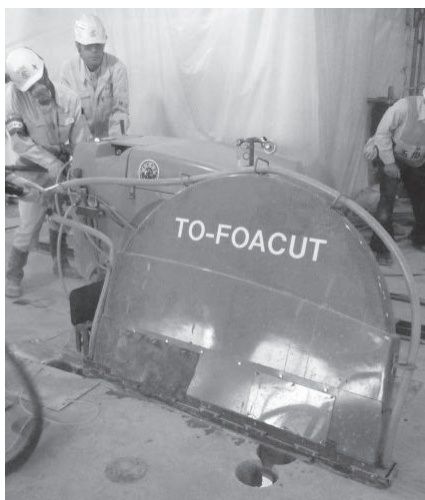


写真-5 スラブ泡斜め切断装置

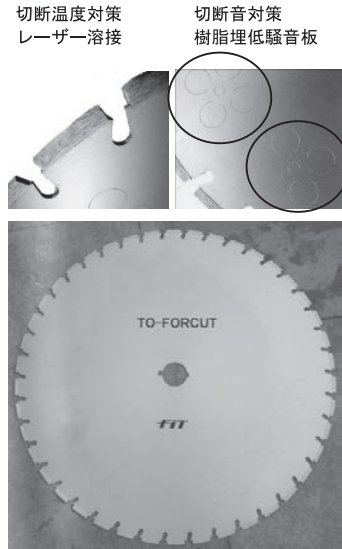


写真-6 スラブ泡斜め切断装置専用ブレード

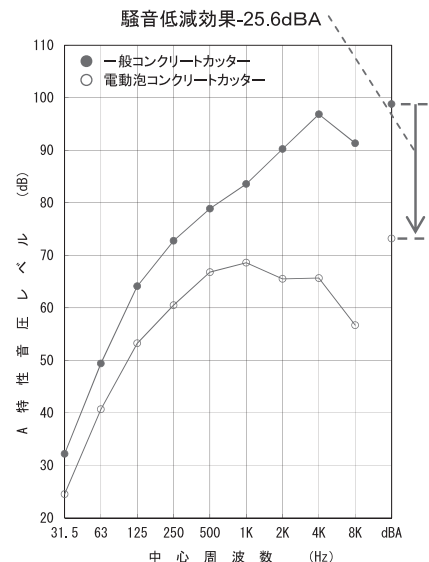


図-9 騒音測定結果

ができる。

スラブの向かい合う辺を斜めに切断することで、下階に支保工や鉄骨フランジを利用してペコビームで切断スラブを保持することなくスラブの解体が可能である。装置の電力は発電機から供給し、自社製造のBDF燃料を用いることで、CO<sub>2</sub>の発生をゼロにしている。

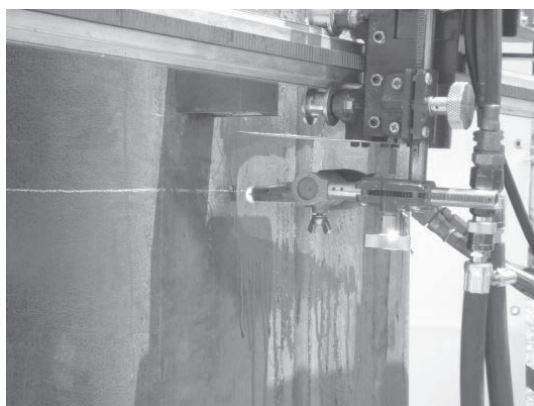
#### (2) 柱、梁など鋼材のブロック単位に切断する「水素ガス自動切断工法」

鋼材のブロック化には、一般的にはアセチレンガスを用いて切断するが、本工法では水素ガスを用いて切断した。水素ガスは地球環境で重要視される産業排出規制物の一つであるCO<sub>2</sub>の生成が理論的にない「作業環境を改善する」次世代の切断システムと言える。

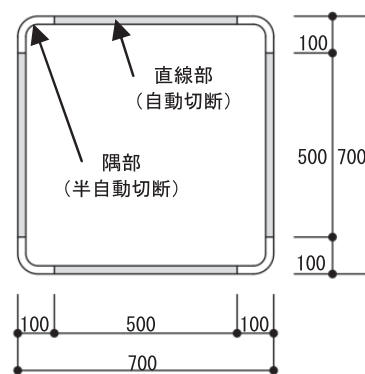
鋼板の加工工場や造船所では水素ガスにプロパンガスを混合したガスが用いられている実績がある。水素ガスはアセチレンガスに比べて、比重（水素：0.07，アセチレン：0.88）が小さいので、万一ガス漏れを発生しても地上に滞留しない。このため密閉空間でない限り爆発下限界濃度に達する前に大気中に拡散するため、爆発する危険が少ない。また、水素ガスの発火点はアセチレンに比べ高い（水素：585℃，アセチレン：335℃）ため、安全性に優れている。水素ガスは燃焼速度（水素：270 cm/s，アセチレン 141 cm/s）が速く火炎が集中するために切断スピードが速くなる。切断作業を自動化することで、切断能率のさらなる向上を図っている（写真—7）。

近年、アセチレンガスの原料であるカーバイトの価格上昇に伴い、アセチレンガスの価格は水素ガスに比べ5倍程度となるため、水素ガスを使用することで、大幅なコスト削減が可能となる。また、切断機械を手動切断から自動切断にすることで、切断効率を向上しガスの使用時間を少なくすることで、ガスの使用量及びコストを削減することが可能となる。

水素ガス切断の現場適用にあたって、自動切断ロボットを用いた切断施工実験を実施し、切断性能の確



写真—7 水素ガス切断工法



図—10 試験体形状

認を行った。試験体形状を図—10に示す。なお、柱四隅に関しては半自動切断で行った。実験結果の一覧を表—1に示す。実験結果は平板切断時よりも切断速度が向上した。四隅の切断も自動切断を行えば、さらに切断速度は向上するものと考えられる。

### (3) 回生電力エネルギーの利用およびBDFの利用

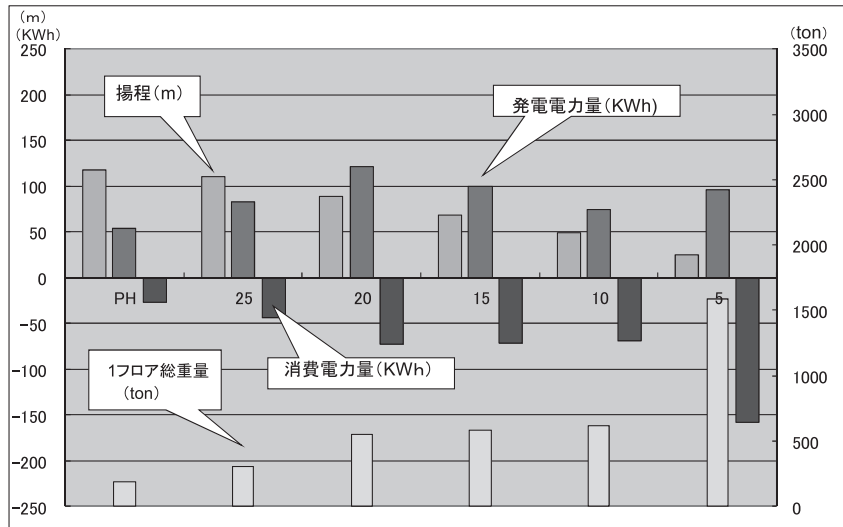
ブロック化単位に切断した部材を下すクレーンに発電機能を付加する。従来、タワークレーンの巻下げの電気ブレーキによって生じたエネルギーは抵抗器で放熱を行い電源に戻していたが、そのエネルギーをバッテリーに蓄積し巻上げや制御電源に再利用するシステムである。タワークレーンに発電機能を付加させた場合、階数が高いほど発電量が多くなり、低くなるにつれてその効果は徐々に減るが、第4図の建物では10階までは荷下ろし時の発電量でクレーンの巻き上げ、旋回の消費電力が賄える（図—11）。

本解体工事に用いる装置燃料のBDFとは、事業所や家庭で不要となった食用油から作った軽油の代わりになる燃料である。BDFを燃焼させた場合にも、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は排出されるが、このCO<sub>2</sub>は、その植物が成長過程で光合成により大気中から吸収したものであり、大気中のCO<sub>2</sub>を増加させないとされてい

表—1 自動切断ロボット施工実験結果

項目	切断機械	切断対象物		作業時間		切断能率 (mm <sup>2</sup> /sec)
		切断長さ (mm)	板厚 (mm)	ピアッシング (sec)	切断 (sec)	
直線部	自動切断機	500	22	18	60	183
			22	20	50	220
			22	20	50	220
			22	20	53	208
隅部	半自動切断機	150	22		30	110
			22		29	114
			22		24	138
			22		32	103

階	PH	25	20	15	10	5
揚程 (m)	118.0	110.2	89.2	68.9	48.7	24.8
1フロア総重量 (ton)	185.0	303.7	547.0	582.2	617.3	1587.2
発電電力量 (KWh)	54.3	83.1	120.9	99.5	74.6	96.3
使用電力量 (KWh)	27.2	43.5	72.4	71.1	69.1	158.3



図一 11 荷下ろし高さの電力消費と発電量



写真一 8 BDF 製造装置

る（カーボンニュートラル）。BDFの製造は自社工場に製造装置を設置し製造を行い、食用油とメタノール等の薬品を混合、加熱・攪拌することでBDFを精製している（写真一8）。

#### 4. おわりに

1930年以降、国内には高さ100メートル以上の超高層建物が700棟以上、60メートル以上の建物では2500棟以上が建設されている。国内の超高層建物は構

造上60～100年程度もつと言われているが、設備の老朽化や耐震性、IT化への対応などから、こうした建物はリニューアルまたは建替えの判断時期を迎え、高層ビル建築の幕開けを飾った都心のビル群が解体時期を迎えようとしている。新しい街づくりが望まれる中、高層ビル解体工法の更なる効率化を目指し、安全で環境にやさしい解体技術として本工法 TO-ZERO 工法を普及させることが今後の課題であり、また、地上階のみならず地下躯体の解体工法や石綿除去技術など、効率的な工法の開発が急務であると考えられる。

JCMIA

#### 【参考文献】

- 1) 三輪明広他：環境に配慮した超高層建物解体工法の開発（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1193-1194、2012.9

#### 【筆者紹介】

三輪 明広（みわ あきひろ）  
戸田建設株式会社  
技術研究所  
主管

