

14. 鉄骨プラズマ切断装置を用いた環境配慮型超高層建物解体工法

清水建設株式会社
清水建設株式会社
清水建設株式会社

○ 谷 卓
西村 淳
佐藤 良史

1. はじめに

近年、高度成長期後半から建造された超高層建物が更新期を迎えており、超高層建物を解体する事例が増えている。建物の解体方法は図-1 に示す建物の最上階に解体重機を乗せて解体する階上解体工法と、図-2 に示すブロック状に切断した躯体をタワークレーンで吊り降ろすブロック解体工法に大別される。階上解体工法は解体材の飛来・落下リスクや、荷降ろしが煩雑になるなどの課題があるため、超高層建物の解体工事ではブロック解体工法が主に採用される。超高層建物のブロック解体工事では、柱や梁の鉄骨切断量が多く、図-3 や図-4 に示す鉄骨のガス切断作業に時間を要することから、工事の長期化やコストの増加が課題であった。ガス切断工の逼迫もこの課題をより大きくしている。また、ガス切断は切断用ガスボンベを大量に使用し、輸送や搬出入の作業が発生することも課題であった。更に、切断ガスボンベの輸送でCO₂を排出するだけでなく、アセチレンやプロパンといった切断ガスの燃焼によってCO₂を排出することも課題であった。この課題解決に対し、鉄骨をプラズマ切断する方法が挙げられ、鉄骨切断の高速化やCO₂排出量削減といったメリットがあり¹⁾、ブロック解体工法の効率化や環境負荷低減が期待できる。一方でプラズマ切断は、切断状況に合わせた切断速度の調整や、切断トーチと切断部材との距離を一定に保つことが必要であることから、人による切断作業では扱いづらいことが課題となっている²⁾。そのため人による作業割合が高い建設現場では使用される事例が少ない。既往の文献において、ブロック解体工法の適用事例が報告されているが³⁾⁴⁾、プラズマ切断による鉄骨切断の報告はない。

本報では、超高層建物の解体工事の効率化に向け、人による作業の割合が高い建設現場で使用しやすい鉄骨プラズマ切断方法について検討し、従来のブロック解体工法に対する生産性向上と環境負荷低減の効果を検証した。



図-1 階上解体工法



図-2 ブロック解体工法



図-3 梁のガス切断



図-4 柱のガス切断

2. 鉄骨プラズマ切断方法の検討

2.1 切断条件と切断方法の検討

プラズマ切断をブロック解体工事に適用する上で、人による切断作業では扱いづらい特徴を鑑みて、切断作業を自動化した装置として適用する方法を採用した。機械装置をブロック解体に適用するには、他の作業との混在によって作業効率が低下することが予想されたので、占用の作業階で切断装置を使用するものとした。この作業階は、躯体ブロックを吊り取る最上階は作業が混在するため、下層階への設定を想定した。そのためこの鉄骨先行切断では、作業階より上階の荷重を支えられるだけ鉄骨を切り残すようにした。

2.2 梁鉄骨の切断装置の検討

上記条件を満たす梁鉄骨の切断装置として、図-5 に示す切断ユニットを考案し、図-6 に示す装置を設計製作して切断実験を実施した。機器構成を図-7 に示す。装置は切断ユニットと制御ユニットで構成し、切断ユニットは固定部と切断部から構成した。切断ユニットはフォークリフトによるハ

ハンドリングが可能で、固定部に設置した空気式クランプによって梁鉄骨の下フランジに固定できる。切断部は1次元のレーザ距離センサによって梁鉄骨の位置を認識し、3つのモータ駆動軸によってプラズマ切断トーチを動作させ、下フランジとウェブを切断する。切断トーチは鉄骨との距離を一定に保つ必要があるため、トーチ部にガイドローラとバネ等の押し付け機構を搭載し、鉄骨から一定の距離を保ってトーチを動作させた。切断トーチの動作は切断する梁鉄骨の形状によって変化させる必要があるため、鉄骨の形状毎に位置や速度の動作パラメータを設定した。パラメータは代表的な梁鉄骨の形状で実験を行い、近似することで決定した。固定部と切断部は回転可能に結合し、梁鉄骨の切断角度が手動で変更できる。制御ユニットには、制御装置、プラズマ切断機、プラズマ切断用のエアコンプレッサを配置している。駆動部の制御は制御装置によって行い、制御装置にWi-Fiによって無線接続されたタブレット端末から操作できる。プラズマ切断機はPanasonic製YP080PF3、コンプレッサはアネスト岩田製TFP22CF-10を採用した。



図-6 プラズマ切断装置の切断実験(梁切断)

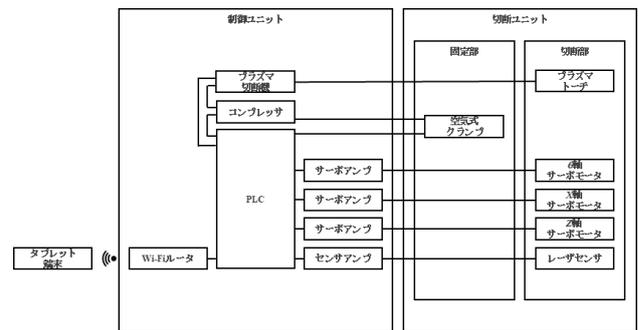


図-7 機器構成

2.3 柱鉄骨の切断装置の検討

鉄骨プラズマ切断装置は、切断ユニットを柱切断架台に接続することで、柱の先行切断も可能とした。柱切断時の切断ユニットを図-8に、実際に製作した装置を図-9に示す。切断ユニットの切断部を手動で直角に傾け、1台の柱切断架台に2台の切断ユニットを接続すると、切断トーチを柱全周に移動できる。柱切断架台もフォークリフトによるハンドリングが可能で、柱に設置して切断を行う。切断動作は、梁と同様に1次元のレーザセンサによって柱鉄骨の位置を認識し、3つのモータ駆動軸によってプラズマ切断トーチを動作させ、ガイドローラとバネ等の押し付け機構によって鉄骨から一定の距離を保ってトーチを動作させることで、鉄骨柱角部をL字型に切断する。鉄骨の形状毎に位置や速度の動作パラメータを持つことや、制御ユニットに無線接続されたタブレット端末か

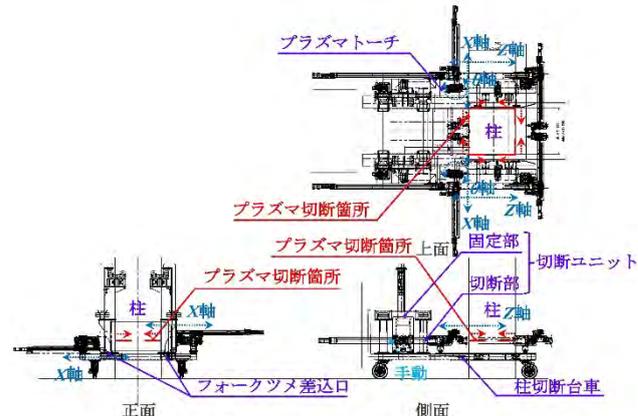


図-8 プラズマ切断装置の切断ユニット概略図(柱切断)

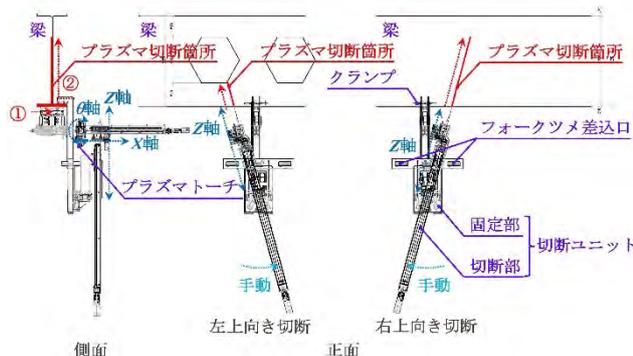


図-5 プラズマ切断装置の切断ユニット概略図(梁切断)



図-9 プラズマ切断装置の切断実験(柱切断)

ら操作することも梁切断と同様である。各動作パラメータも梁と同様に代表実験とその近似によって決定した。

3. 現場適用

3.1 現場適用の目的と概要

鉄骨プラズマ切断装置の効果を検証するため、高さ 142.2m の超高層建物の解体現場に適用した。適用した建物の概要を表 1 の通りである。本建物は都市部の人口密集地域にあり、大型幹線道路に面することから、周辺環境への配慮と安全性の向上を図る必要があった。

そこで、ブロック解体工法を採用し、鉄骨プラズマ切断装置を使用することで、その生産性向上と環境負荷低減の効果を検証した。各階の作業内容を図-10 に示す。切断した躯体ブロックを吊り取る最上階を N 階とする。N-6 階以下で、躯体切断位置の墨出しを墨出しロボットによって行った。N-5 階は鉄骨プラズマ切断装置を適用し、柱や梁の鉄骨先行切断を行った。前述の通り、他の作業と混在しないことで作業を効率化させた。切断位置の確認はタブレット端末を用いて AR で実施した。N-4 階では切断した躯体を支える支保工を設置した。N-3 階では外装のガラスとアルミカーテンウォールの取り外しを行った。N-2 階はロードカッターで床の切断を行った。またこの階には盛替可能な外周養生の架台を設置した。N-1 階は鉄骨の切り残しをガス切断し、N 階で躯体ブロックをタワークレーンで吊り取った。500t・m タワークレーンを 2 機設置し、20t 弱の大型躯体ブロックの揚重を可能にした。

3.2 現場適用効果

プラズマ切断装置は、フォークリフトによるハンドリングを考慮して、設置しにくい部材を除く 31 階から 3 階の梁 1,789 箇所、柱 338 箇所に適用した。切断装置の適用状況を図-11 と図-12 に示す。適用実績より、プラズマ切断装置による切断は、ガス切断に比べて約 30% 高速であることが分かった。また、ガス切断する場合に使用予定だった 50kg プロパンボンベを 23 本、401 酸素ボンベを 869 本削減した。ガスボンベの削減は、その搬出入作業や盛替作業を削減するため、作業の歩掛り向上にも寄与した。さらに、タブレット端末を用いた AR で切断位置を可視化して作業指示を行い、ペーパーレスで作業を完了した。AR による作業指示も、切断位置の確認が効率化されるため、歩掛り向上に寄与した。AR による切断箇所可視化状況を図-13 に示す。これらの効果を合算した結果として、各階のプラズマ切断に掛かった作業人工を図-14 に、同じ切断箇所をガス切断した場合に掛かる各階の作業人工を図-15 に示す。これはガスボンベの搬出入作

表-1 解体建物の概要

竣工時期	1981年1月(解体着工時築41年)
用途	事務所、店舗、ホール、駐車場
最高高さ	142.2m
階数	地上32階、地下4階、塔屋2階
構造	地上S造、地下SRC造
延床面積	134,974㎡

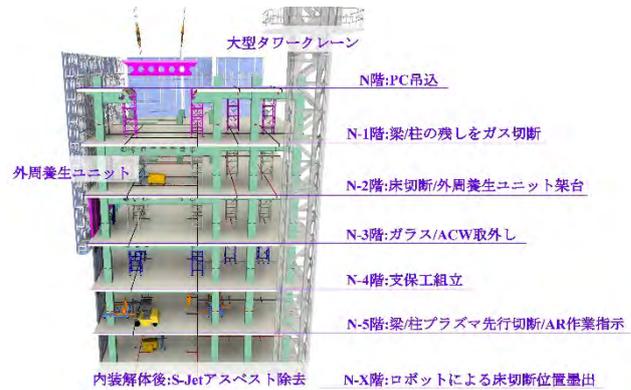


図-10 各階の解体作業

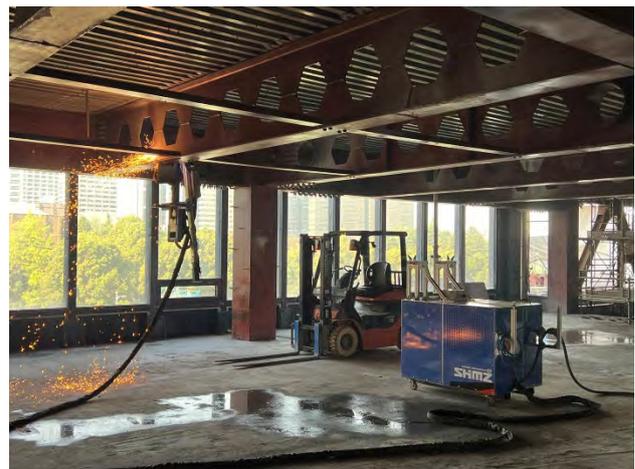


図-11 プラズマ切断装置の現場適用(梁切断)

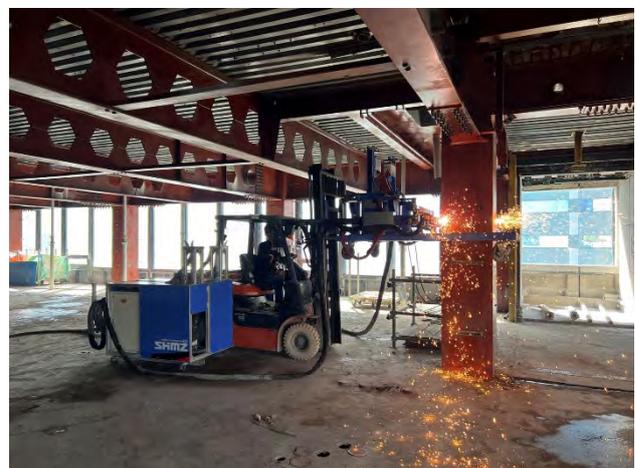


図-12 プラズマ切断装置の現場適用(柱切断)

業や盛替作業も含んでいる。プラズマ切断箇所をガス切断した場合に掛かった作業人工とプラズマ切断に掛かった作業人工の差から、図-16 に示すとおり、プラズマ切断による省人化効果を算出し、329 人工分のガス切断作業を 105 人工でプラズマ切断して省人化率は 68%であった。更に、ガス切断工の逼迫もあり、切断作業の高速化と省人化によって、21 日の工程短縮も実現した。これらの生産性向上効果と工程短縮効果をコスト換算し、プラズマ切断装置製造コストを差し引いた結果、対象工事において約 30%のコスト削減効果があることを確認した。

CO₂ 排出量は、炭酸ガス燃焼削減によって 3.6t、ガスボンベの搬出入作業削減によって 1.9t 減少し、プラズマ切断の電気使用によって 1.4t 増加した。合わせて 4.1t 削減となり、削減率は約 75%であった。

4. おわりに

超高層建物解体工事の効率化と環境負荷低減に向け、人による作業の割合が高い建設現場で使用しやすい鉄骨プラズマ切断方法を確立することを目的として、建設現場の鉄骨先行切断専用装置を開発し、その仕様を示した。本装置を超高層建物解体工事に適用し、鉄骨プラズマ切断装置を用いたブロック解体工法の有用性を確認し、従来のブロック解体工法に対する生産性向上と環境負荷低減の効果を検証した。

参考文献

- 1) 古城昭・神田晋ほか：造船の最新切断技術動向，溶接学会誌，86巻2号，pp.85～89，2017年
- 2) 古城昭：プラズマ切断技術の最近の動向，溶接学会誌，66巻7号，pp.519～523，1997年
- 3) 建築コスト管理システム研究所 新技術調査検討会：高層ビル解体工法について，建築コスト研究，Vol. 77. No. 4，pp.46～54，2012年
- 4) 奥山信博：シミズ・リバーズ・コンストラクション工法，建設機械，578. Vol. 49. No. 4，pp.27～33，2013年

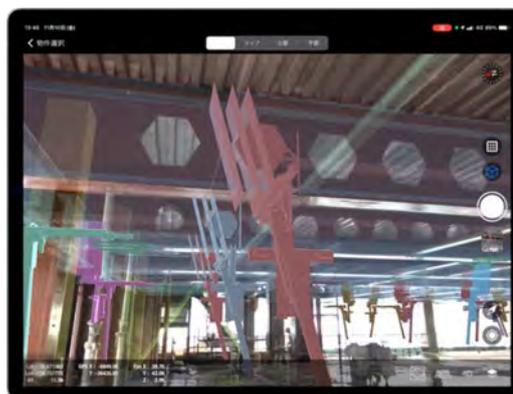


図-13 タブレット端末のARによる鉄骨先行切断位置の可視化

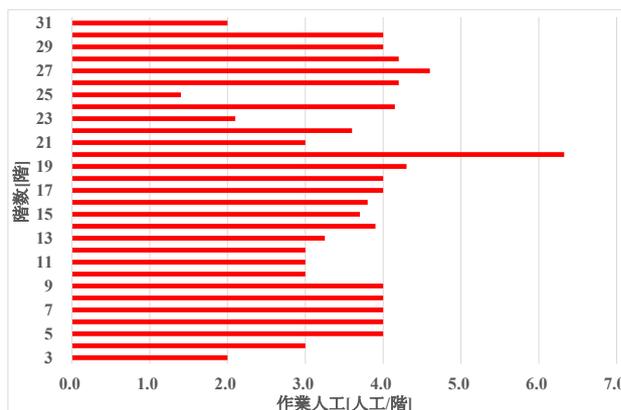


図-14 プラズマ切断の作業人工

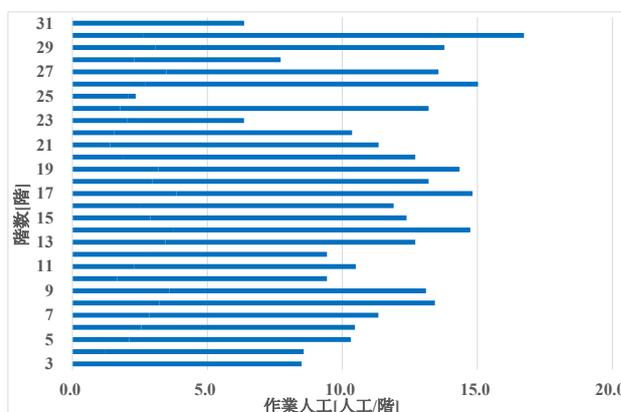


図-15 プラズマ切断箇所をガス切断した場合の作業人工

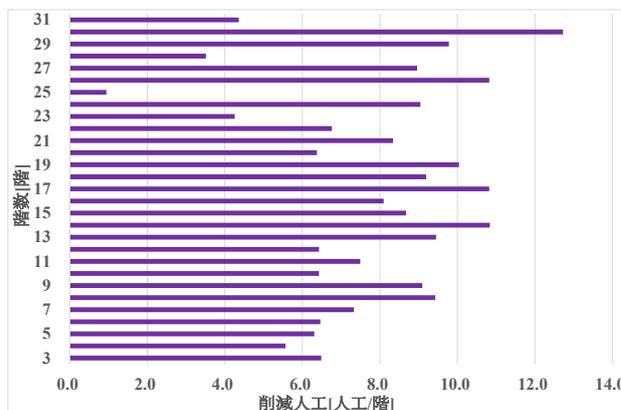


図-16 プラズマ切断による省人化効果