

コンクリート建屋のレーザー切断工法

The laser cutting construction method of a concrete building

三菱重工業株式会社	赤羽 崇	Takashi AKABA	Member
三菱重工業株式会社	呉屋 真之	Saneyuki GOYA	Non-Member
三菱重工業株式会社	森 宏樹	Hiroki MORI	Non-Member
三菱重工業株式会社	奥田 剛久	Takehisa OKUDA	Non-Member
三菱重工業株式会社	下鍋 典昭	Noriaki SHIMONABE	Non-Member
鹿島建設株式会社	井上 隆司	Takashi INOUE	Non-Member
鹿島建設株式会社	中越 淳郎	Junro NAKAGOSHI	Non-Member

Abstract

The demolition technics of the thick broad concrete wall of atomic power building of a Fukushima Daiichi nuclear power plant by the remote laser cutting have been developed. In this time, the outline about laser cutting technology of a concrete wall, the demolition method and equipment is introduced.

Keywords: Reactor building demolition, a concrete wall, laser cutting, remote work

1. はじめに

福島第一原子力発電所原子力建屋のコンクリート解体を対象として、レーザーを用いた遠隔解体技術を開発している(図1)。対象とするコンクリートの板厚は、薄い箇所は200mm(壁)で、最も板厚の厚い箇所は1200mm(柱)もの厚みがある。これまで、原子炉や一般建築物の解体を対象としてコンクリートのレーザー切断技術の開発が報告されているが、1000mmを超える板厚のコンクリート切断例はない([1]～[4])。今回、1200mmのコンクリート柱の厚板までを対象としてレーザー切断の可能性について試験を実施し、検証を行なった。また、本技術を用いた解体工法および切断装置について行なった検討結果について紹介する。



図1 福島第一原子力発電所

2. 厚板コンクリート切断の課題

コンクリート柱はレーザービームを水平に照射させて切断することを想定している。図2にコンクリート柱切断のイメージ図を示す。レーザー切断は、レーザーの持つエネルギーでコンクリートを溶かし、アシストガスを使い溶融コンクリート(ドロス)を施工点から除去することで実現する。1000mm級の板厚を有するコンクリート切断を実現する上で想定される主要な課題は以下の2つである(図2、3)。

- (1) 1200mm長さのコンクリート溶融に必要なレーザーエネルギーの確保
- (2) 溶融コンクリート(ドロス)の除去

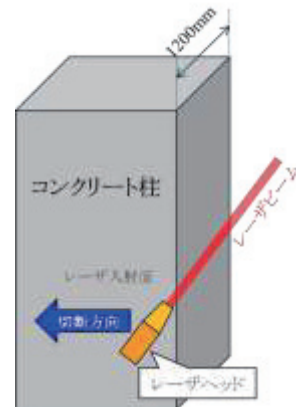


図2 コンクリート柱切断イメージ

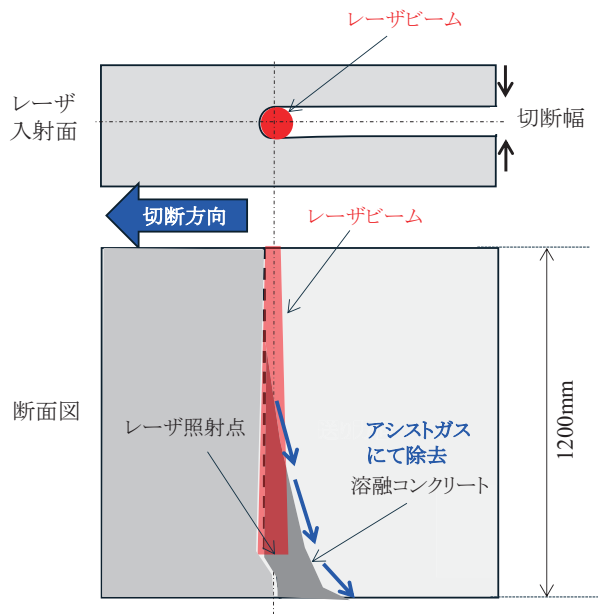


図3 厚板コンクリート切断の原理

課題に対する対策としては、効率良いコンクリート溶融の実現のため、細長いレーザービームの形成、およびドロスの押し出しに必要なガス量を供給するための必要最小限の切断幅の形成が必要である。

細長いレーザー光の形成として、従来の集光型によるレーザービームに替えて、超長焦点レーザー光の適用を検討した。これにより、集光スポット径は従来より大きい、1200mm板厚の表面と裏面におけるビーム径がほぼ同等で、コンクリート溶融に必要なパワー密度を維持し、切断性能向上が期待できる。

また、溶融コンクリートの除去を促進するため、アシストガス流量を増大し、効果を確認した。

3. 切断試験

切断試験で用いた装置を説明する。

- レーザ発振器：25kW ファイバレーザ装置
- レーザヘッド：MHI 開発長焦点レーザーヘッド
- 駆動装置：ロボット
 - ・ 切断速度：～12mm/min
- アシストガス：空気
 - ・ ガス流量：～5000L/min

初めに切断との相関が強いと考えられるレーザーパワー、切断速度およびアシストガス流量をパラメータとして、切断試験を実施し、切断可能なコンクリート板厚を評価した。

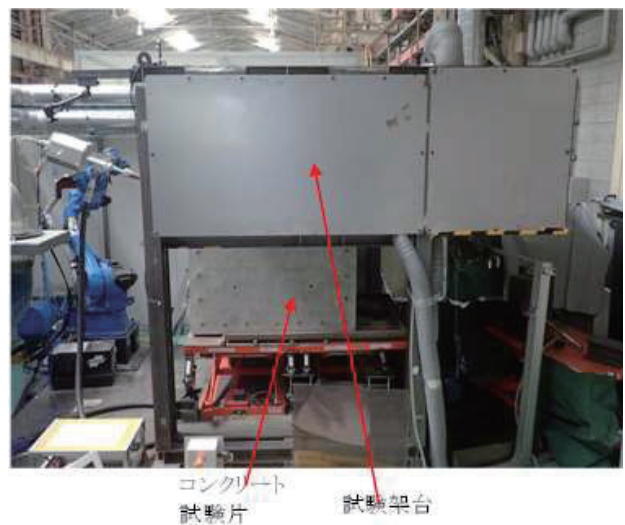
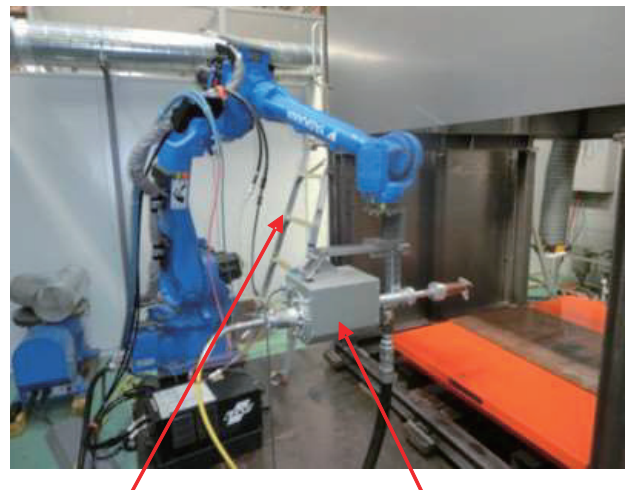


図4 切断装置全体図



ロボット 長焦点レーザー切断ヘッド

図5 レーザ切断ヘッド

3.1 パワーおよびガス流量依存性

3.1.1 パワー依存性

レーザーパワーの増大に従い、切断可能な板厚は厚くなるが、飽和する傾向が見られた(図6)。飽和する要因としては、パワー増大により切断幅が増大する傾向がみられたことから、溶融体積が増大したことで、パワー増大による切断板厚が増大する効果が小さくなったためと推測される。

切断幅がパワー増大により増大した理由は、熱レンズ効果により焦点シフトが生じ、ビーム径が増大した影響と推測される。長焦点レーザー光学系においても、レーザーの焦点位置は、熱レンズ効果を考慮して決める必要があることが分かった。

3.1.2 ガス流量依存性

ガス流量の増大とともにリニアに切断可能板厚が増大した（図7）。但し、ガス流量を増大していくと、効果が頭打ちとなった。この原因として、ガス流速が音速を超え、流速が飽和したためと推測される。ガス流速を向上させるため、ガスノズル形状をラバールノズル形状へ変更することとした。

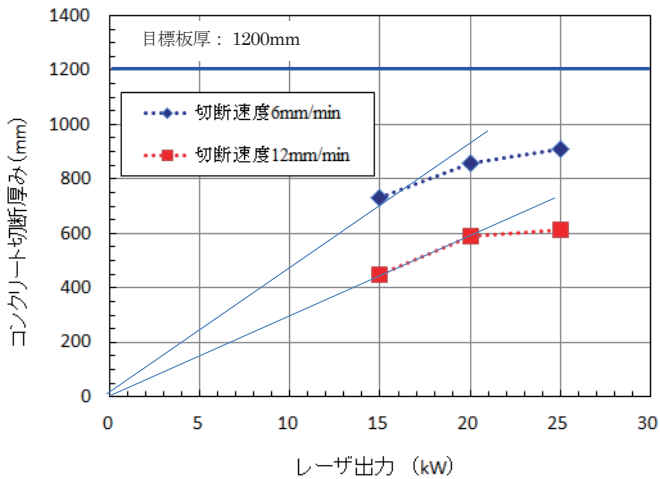


図6 切断板厚とレーザーパワーとの相関

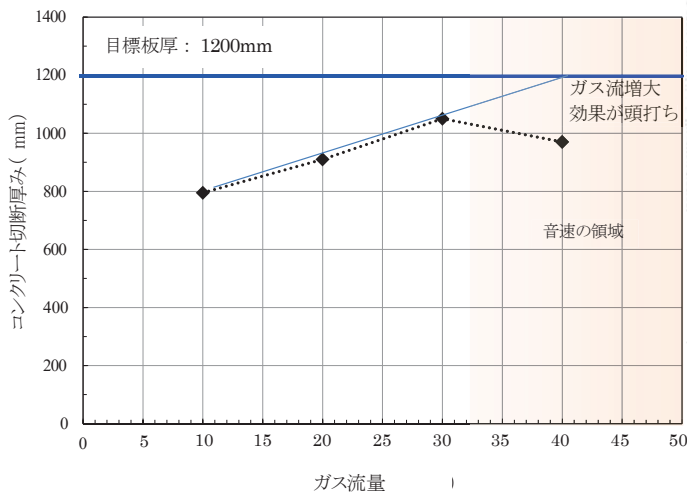


図7 切断板厚とガス流量との相関

本試験結果をもとに、1200mm 切断に向け、切断パワー増大により生じる熱レンズ効果（焦点シフト）の対策としてレーザーヘッドの改良、および、熔融コンクリートの除去を効率改善のため、ガスノズル形状の改良を行ない、1200mm 切断の実証試験を行った。

3.3 1200mm 切断実証

1200mm切断試験状況を図8に示す。熱レンズ効果による焦点シフト対策を実施することで、パワー増大とともに切断板厚が増大することが確認出来た（図9）。

また、でガス流量増大とともに切断板厚が増大することが確認され、板厚1200mmの切断を実証することができた（図10）。ガス流量40（相対値）と50で、切断可能板厚が同一なのは、コンクリート板厚1200mmのためである。

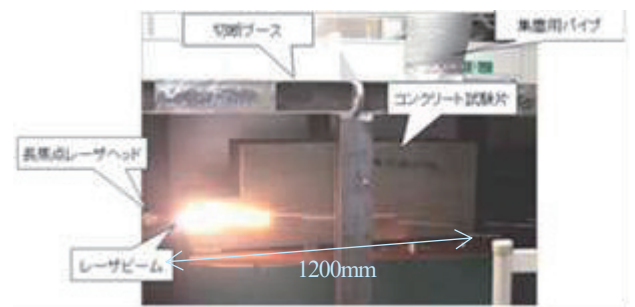


図8 板厚1200mmコンクリート切断の様子

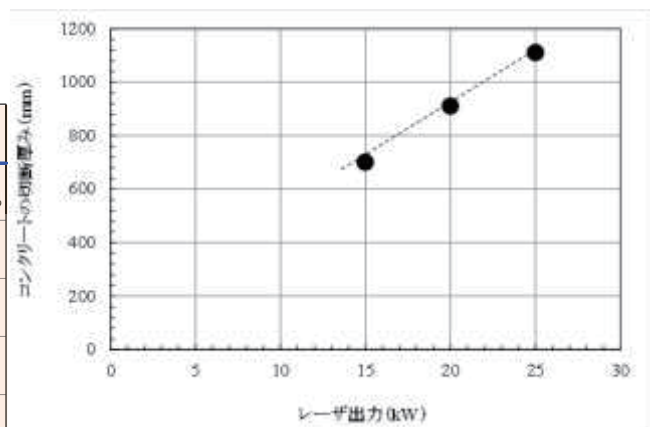


図9 切断板厚とレーザーパワーとの相関（改良後）

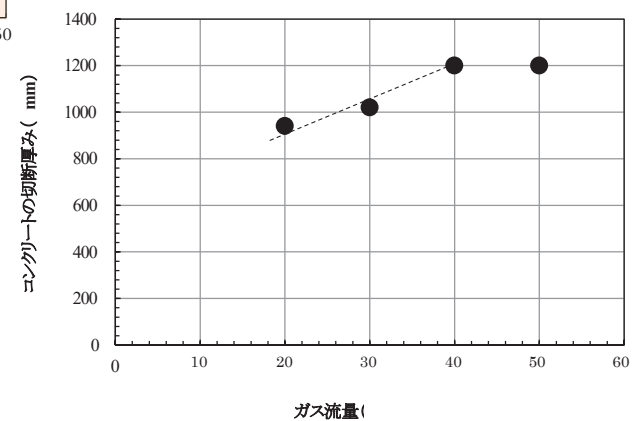


図10 切断板厚とガス流量との相関（改良後）

3.4 コンクリート内部の鉄筋の影響

鉄筋コンクリートは内部に最大φ40mm程度の鉄筋を多数含んでいる。鉄筋の有無、本数によるレーザー切断への影響を調査した(図11)。切断位置によりコンクリートのみの部分もあり、また、3~4本同時に切断が必要な場合もある。

鉄筋無しの場合は、速度6mm/minで切断可能であったのに対して、鉄筋4本同時切断時には、切断速度が半分程度に低下した。切断状況から、コンクリートと鉄筋の熔融物(ドロス)が混ざり合うことで流れにくくなっていることが切断速度低下の要因として考えられる。

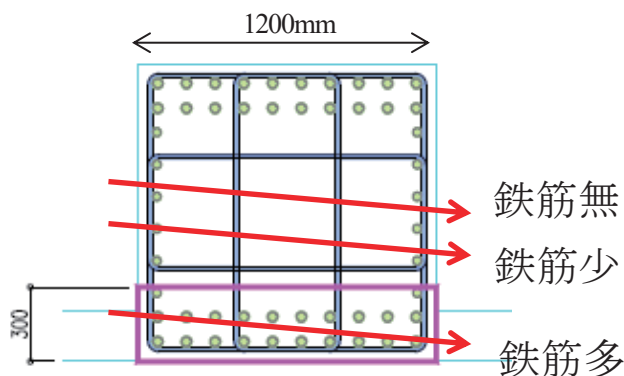
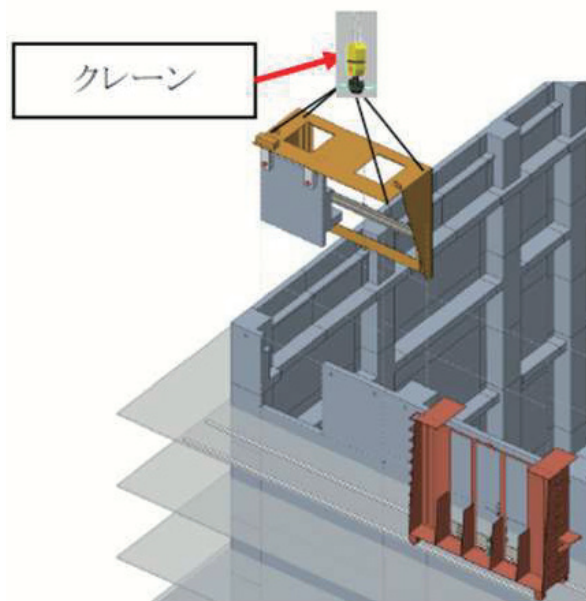


図11 鉄筋コンクリート断面図
(レーザー(赤線)と鉄筋との干渉の様子)

4. レーザ切断システム

大型クレーンにて、レーザー切断ヘッドやレーザービームダンパを含む駆動装置、コンクリート切断片把持機構を吊りながら施工。又、レーザー発振器、冷却装置や粉塵回収装置等の周辺機器をコンテナ内に備えたシステムを検討。



5. まとめ

1000mmを超える厚板コンクリート切断を実証することができた。また、本技術をもとに建屋切断解体の工法および切断装置の実現の見通しを得た。レーザーは制御性が良く、非接触で切断可能なため、機械の噛み込みが生じない点が優れており、放射線量が高い、作業者が近づきにくい場所の遠隔切断に適している。

他方、現時点では、ワイヤソーなどの既存工法に比べて、単体での切断速度劣る。今回の試験結果から、切断速度向上には、レーザー出力増大および、ガス流速の高速化が有効であることが確認できた。本技術の実用化に向けて、切断速度の高速化技術の開発を進める。

参考文献

- [1] 大出力レーザーによるコンクリート切断に関する研究 その2, 日本建築学会, 大会学術講演概要集, 1989
- [2] 大出力レーザーによるコンクリート切断に関する研究 その2, 日本建築学会, 大会学術講演概要集, 1989
- [3] レーザによるコンクリート切断研究, 西松建設技報 (1984)
- [4] 異種材料切断能力調査試験(炉内構造物切断技術確認試験) NUPEC((財)原子力発電技術機構) H6年度報告書.