

レーザー照射によるコンクリートのはつり技術の開発

佐藤工業 正会員 ○市山 大輝
 正会員 伴 享
 日本大学 正会員 永井 香織
 末竹 泰士

1. はじめに

コンクリート構造物の補修・補強等の工事におけるはつり作業は、現在も水圧や衝撃力による物理的な外力を与えて取除く方法が用いられている。今後、建設業における人手不足を見据えた場合、機械化・省力化は必要不可欠な技術である。著者らは、コンクリート構造物のはつり作業における省力化を見据えてレーザーを用いたはつり技術の開発を行っている。今日、レーザー技術は多くの産業分野に応用され、建設分野においてはコンクリートの穿孔、切断等の研究¹⁾が行われているが、はつり技術への適用は行われていない。

本稿では、レーザー照射によりコンクリート表面を 10~20mm はつることを目標に基礎実験を実施し得られた知見を報告する。

2. 実験概要

2-1. 試験体の概要

試験体は、150×150×150mm の立方体を作製し、これをカッターで二つに切断したものを用いた。コンクリート配合を表-1 に示す。試験体はコンクリート打設後、2 日で型枠を脱枠し、試験日まで 28 日間水中養生した。なお、圧縮強度試験に用いた試験体も同一養生とし、材齢 28 日における試験体の圧縮強度は、 $\sigma_{28}=29.6\text{N/mm}^2$ であることを確認した。

2-2. レーザはつり実験の概要

レーザー発振器は、最大出力 2kW の QCW (疑似連続波) ファイバーレーザーを用いた。図-1 にレーザーはつり実験状況を示す。レーザー発振器はロボットアームに取り付けられ、レーザーは試験体上面に垂直に照射されるようセットした。また、ロボットアームは、所定の速度で一直線上に移動させた。照射後の測定は、試験体表面の高さを基準点とした場合における溝の幅と深さの計測および目視による表面観察を行った。

2-3. レーザ照射条件

レーザーの照射条件を表-2 に示す。実験は、レーザー出力を一定の 2kw とし、DFS 値 (試験体表面から焦点位置までの距離)、レーザーパルス周波数 (1 秒間あたりのレーザーパルスの照射回数)、ロボットアームの移動速度を変化させた。

3. 実験結果

実験の結果を比較するにあたり、レーザーパルス周波数を照射速度で基準化し、単位速度あたりの周波数 (ここでは、単位周波数とする) を用いた。単位周波数とはつり幅および深さとの関係を図-2 に示す。DFS の増加に伴いはつり幅は増加するが、深さは減少した。これは、DFS の増加に伴い、単位速度あたりのレーザーパワーが減少したこ

表-1 使用配合

配合名	W/C	s/a	単位量					
			(kg/m ³)					
	(%)	(%)	W	C	S1	S2	G	Ad
18-12-20-N	65	50	174	270	552	368	918	2.70

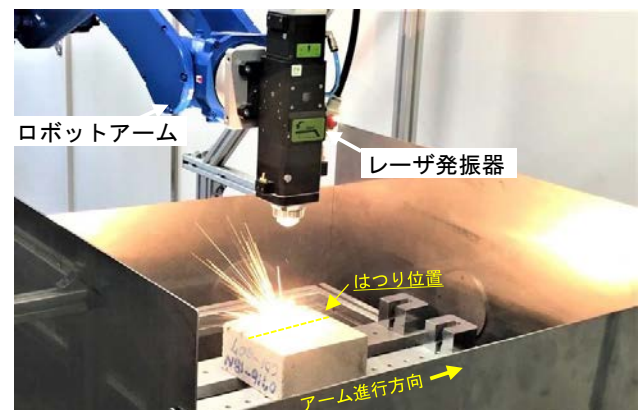


図-1 レーザはつり実験状況

キーワード レーザ, コンクリート, はつり, 非接触, 省力化

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C30 街区 1 TEL:080-9685-0441

表-2 レーザの照射条件

シリーズ	照射番号	DFS	周波数	照射速度	シリーズ	照射番号	DFS	周波数	照射速度	シリーズ	照射番号	DFS	周波数	照射速度
		(mm)					(mm)					(mm)		
a	a-1	100	8	3	b	b-1	150	8	3	c	c-1	200	8	3
	a-2			5		b-2			5		c-2			5
	a-3			8		b-3			8		c-3			8
	a-4			10		b-4			10		c-4			10
	a-5			12		b-5			12		c-5			12
	a-6		10	3		b-6		3	c-6		3			
	a-7			5		b-7		5	c-7		5			
	a-8			8		b-8		8	c-8		8			
	a-9			10		b-9		10	c-9		10			
	a-10			12		b-10		12	c-10		12			
	a-11		12	3		b-11		3	c-11		3			
	a-12			5		b-12		5	c-12		5			
	a-13			8		b-13		8	c-13		8			
	a-14			10		b-14		10	c-14		10			
	a-15			12		b-15		12	c-15		12			

とが要因であると考えられる。また、単位周波数の増加に伴い、はつり幅、深さともに増加傾向にあることが確認された。これは、単位速度あたりのレーザーの照射回数の増加、つまり、入射エネルギーが密になったことが要因であると考えられるが、単位周波数の値が3.0を超えるとその傾向が頭打ちとなった。これは一定の入射エネルギーを超えるとコンクリートの表面にはガラス化が生じ、レーザーがガラス化した表面で反射する。つまり、熱エネルギーが深さ方向に伝達されにくくなったことが要因であると考えられる。

図-3 にレーザー照射後の試験体表面状況を示す。今回の実験において最もガラス化が生じなかった条件は、シリーズ毎に a-4, b-4, c-4 の条件であり、最大で 1.2mm はつりすることができた (b-4)。また、単位周波数数が大きい条件 (a-1, b-1, c-1) では、コンクリート表面のガラス化の程度が大きく、はつり深さ、幅ともに計測不能であった。

4. おわりに

今回、レーザーを用いたコンクリートのはつり実験を行った。その結果、今回の条件においてはガラス化を生じさせずに 1mm 程度はつり可能であることが確認された。しかし、条件によってはコンクリートはつり表面にガラス化が生じた。今後は、ガラス化を生じさせないための条件の選定や、より効率的にレーザーによるはつりを行う方法について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Kaori Nagai, Stefan Beckemper, Reinhart Poprawe, "Laser Drilling of Small Holes in Different Kinds of Concrete", Civil Engineering Journal, Vol.4, No.4, April, 2018
- 2) 清水一希, 島村俊紀, 永井香織: レーザによるコンクリート穿孔に関する研究 その1 レーザ出力と穿孔径, 深さの関係, 日本建築学会大会学術講演会, 2020

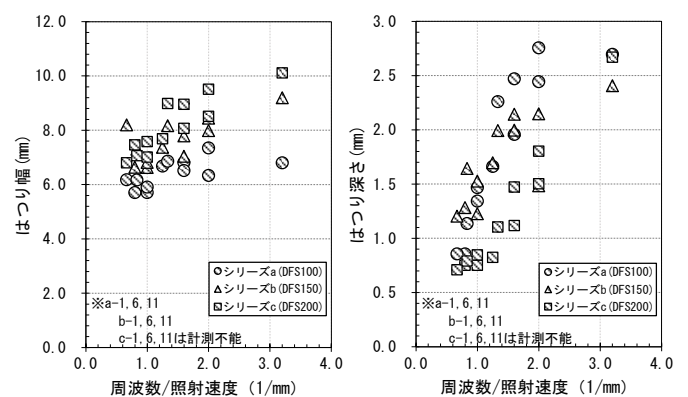


図-2 単位周波数およびはつり幅と深さの関係

照射番号	a-1	b-1	c-1
レーザー照射後			
はつり幅 (mm)	試験体表面のガラス化が著しく計測不能		
はつり深さ (mm)	試験体表面のガラス化が著しく計測不能		
照射番号	a-4	b-4	c-4
レーザー照射後			
はつり幅 (mm)	6.2	8.2	6.0
はつり深さ (mm)	0.9	1.2	0.7

図-3 レーザ照射後の試験体表面状況