

コンクリート構造物を対象としたレーザーによる素地調整の施工性の検証

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○金子 祥徳

1. はじめに

R C 桁の予防保全を目的とした表面保護工においては、素地調整時に粉塵が飛散することがある。したがって、工事従事者の作業環境や、沿線環境に配慮しなければならない。特に、沿線環境に対しては、生活環境の悪化や、河川・湖等における漁業への影響などが懸念されるため、細心の注意が必要である。このため、施工に際しては、粉塵飛散防止対策をあわせて実施する必要がある。

従来採用していた施工方法（ディスクサンダー（以下、サンダー）・ブラスト）では飛散防止に施工の都度苦勞していた。ブラストは断面変化部等の隅角部での吸塵に課題がある。サンダーはミスト等により飛散する粉塵は抑制できるが、シートで密閉された現場のため湿度が上がり、品質管理に課題が残る。そこで、新たにレーザーケレンの適用について検証を行った。

2. レーザーケレンの概要

レーザーケレンは、一点に集中したレーザービームにより表面の不純物を瞬間的に除去する工法である（図-1）。本工法は、道路橋等では鉄桁の素地調整に施工実績がある。狹隘部の施工が可能で発生する粉塵が非常に少なく、低騒音で、かつ塩分除去に効果的といった利点がある。

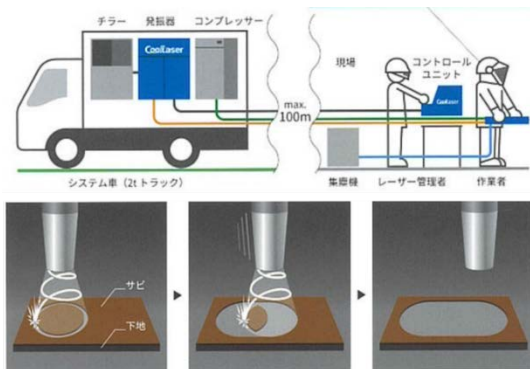


図-1 レーザーケレン概要（トヨコーHP より）

3. レーザーケレン導入の課題

300℃以上になるとコンクリートの圧縮強度及び鉄筋の引張強度低下への影響が大きくなるとされている。レーザーケレンは瞬間的に熱を与える工法で、コンクリートへの熱影響等が懸念されるため次の3点について検証を行うこととした。

(1) 構造物への影響

レーザー照射後の受熱温度と圧縮強度への影響。

(2) 表面保護工の付着強度

レーザー照射後の表面保護工の付着強度。

(3) 安全管理

粉塵防止や施工者及び第三者に対する安全管理。

4. 試験体を用いた実験

鉄筋コンクリート試験体（以下、試験体）を製作し、各検証を実施した。試験体は 30-8-20 Nのコンクリート、L 300 mm×B 300 mm×H300 mmの立方体とした。



写真-1 実験状況

実験条件は、照射面積 0.09 m²、照射距離 100 mm、レーザー照射の移動速度 30 mm/s、レーザー出力 3000W である。

(1) 実験① 構造物への影響

コンクリート表面及びコンクリートの内部の鉄筋表面に熱伝対（センサー）を設置し、レーザー照射時のコンクリート表面及び内部鉄筋の受熱温度を測定した。また、レーザーケレン実施前後には、シュミットハンマーにより試験体の圧縮強度を測定した。

レーザー連続照射後の圧縮強度の熱影響を確認するため1回照射と2回照射を実施した。

(2) 実験② 表面保護工の付着強度

試験体に対して、レーザーを1回照射し、表面保護工を施工して、引張試験により付着強度を測定した。

(3) 実験③ 安全管理

レーザーケレン時の粉塵の飛散状況や吸塵器の効果、必要な安全管理対策を検証した。

5. 実験結果及び評価

実験から次の結果が得られた。

(1) 実験① 構造物への影響

レーザー照射後の試験体表面の瞬間温度は最高 1300℃まで上昇したが、照射後 0.74 秒後には強度低下温度 300℃を下回り、その後 8.5 秒後には 100℃を下回った。

キーワード：レーザー、素地調整

連絡先：〒436-0056 掛川市中央一丁目6番1号 東海旅客鉄道株式会社 掛川保線所

また、被り 30 mmの鉄筋温度は 14℃と施工前と変化はなかった. この結果より、コンクリート表層部が瞬間的に温度上昇するもののすぐに低下し、コンクリート内部への熱伝達がほとんどみられなかったことから、熱影響は十分小さいと判断した(図-2).

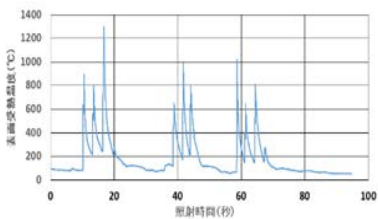


図-2 試験体表面受熱温度

施工前後での圧縮強度の変化は、施工前後で 2%程度であり、熱影響による強度低下は十分小さいと考えられる(図-3).

(2)実験② 表面保護工の付着強度(表-1)

要求付着強度 1.0N/mm²以上を満たしており表面保護工の素地調整として適用可能であると判断した.

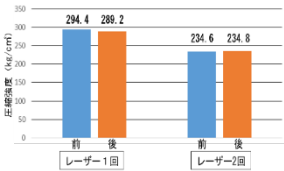


図-3 圧縮強度試験結果

表-1 表面保護工付着強度試験

工種	レーザー	ディスクサンダー	ブラスト
測点			
①(N/mm ²)	1.02	1.02	1.1
②(N/mm ²)	1.03	1.12	1.16
③(N/mm ²)	1.51	1.05	1.08
平均(N/mm ²)	1.19	1.06	1.11

(3)実験③ 安全管理

レーザーケレン時に発生する粉塵は、通常の粉塵器で十分吸塵でき、粉塵の飛散はほとんどなかった. レーザー施工者は吸塵及び防護メガネを備えた専用のヘルメットを着用し、周囲の人はレーザーの光から目を保護する専用の保護メガネを着用することで安全に施工可能であることを確認した.

以上の実験結果より、コンクリート桁の表面保護工、素地調整工法としてレーザーケレンは適用できると判断し、実構造物で検証を行った.

6. 本線構造物への試験施工

(1)試験施工

試験施工は、高架橋スラブ下面で実施した. 素地調整は上向き作業で各箇所 2m²実施した. 比較工法は従来工法(サンダー・ブラスト)とレーザーケレンとし、以下の4項目について検証した.

A:粉塵 B:受熱温度 C:圧縮強度 D:騒音

各々施工中又は施工前後で確認を行った.

(2)試験施工結果及び評価

試験施工により次の結果が得られた.

A:粉塵の発生は、レーザー施工時はほとんど無く、他の

工法よりも優れている.

B:受熱温度は、本線構

表-2 受熱温度結果

工法	表保有無	表面温度(℃)	
		施工前	直後
サンダー	有	13	17~20
	無	11	15~17
ブラスト	有	15	15~18
	無	10	13~15
レーザー	有	17	60~75
	無	14	42~55

造物表層への熱電対の設置が困難なため、サーモグラフィ及び非接触温度計で表面温度を測定した. レーザー照射時は瞬間的に 40~70℃まで上昇するが数秒で温度は 30℃以下に下がり推移することが確認できた. 他の工法の温度上昇は 5℃程度となった(表-2).

C:圧縮強度は、シュミットハンマーで測定した. 結果は、レーザーケレン及びサンダーでは、施工前後で 4%程度の減少、ブラストでは 3%程度の減少であり、各工法ともに強度低下は十分小さいと考察した.

D:騒音は騒音計で測定

し、レーザーが最も低騒音であることを確認した(表-3).

表-3 騒音測定結果

工法	表保有無	騒音(db)	
		最高	最低
サンダー	有	75.8	71.0
	無	75.9	73.0
ブラスト	有	89.4	86.5
	無	87.6	83.4
レーザー	有	67.1	65.3
	無	71.5	66.2

試験施工の結果から、レーザーによる熱影響

は瞬間的かつ表層的なものであり、コンクリート構造物への影響は十分小さいと判断できる. また、レーザー施工時は粉塵が殆ど発生しないことから、建物近接箇所や河川、湖での施工に特に有効であるといえる. また、騒音が少ないことから、夜間施工箇所での施工にも適している.

7. まとめ・今後の取組み

コンクリート構造物へのレーザーケレンによる素地調整工法は、受熱後も熱影響が十分小さく、要求強度(圧縮、付着力)を満足しており、実用可能なレベルであることを確認した. 一方、従来工法に比べ、施工に時間が掛かり、コストが上昇することが課題として残っている. 今後は、レーザー口径の拡大や、機器の小型化による作業効率化に取り組んでいきたい.

参考文献

1) 公益社団法人日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術’ 20[基本編], 2020. 2