

動力工具処理工法による素地調整後の鋼材表面の形態観察

土木研究所 正会員 ○富山 禎仁

土木研究所 正会員 西崎 到

1. はじめに

鋼構造物塗装における素地調整は、塗膜の付着性、防食性、耐久性を左右する重要な工程である。「鋼道路橋防食便覧」では塗替え塗装時の素地調整として、ブラスト処理工法による素地調整程度1種を標準としているが、工事上の制約等によってブラストが適用できない場合には、動力工具処理工法による素地調整も容認している。ブラスト処理については、研削材の種類や粒度その他の要因で素地調整後の鋼部材の表面粗さ等が変化することが指摘されており¹⁾、施工条件による処理面の性状の違いや最適な施工管理水準等について検討がなされている²⁾一方で、動力工具処理に関する検討事例は極めて少ないのが現状である。

そこで著者らは、動力工具処理工法を対象に、各種施工条件が処理面の性状や塗替え塗膜の性能に及ぼす影響について検討している。本報ではその基礎として、ディスクサンダにおける研磨ディスクの砥粒の種類や粒度、結合度の違いによる処理面の形状の差異を、共焦点レーザー顕微鏡を用いて評価した結果について報告する。

2. 実験方法

実験は、70×150×3.2 mm の SS400 黒皮鋼板を用いて行った。鋼板表面を、ISO 8501-1 に規定される St 3 相当となるようにディスクサンダ（日立工機：G10YH2）で素地調整し、素地調整後の仕上がり面を共焦点レーザー顕微鏡（オリンパス：LEXT OLS4100）により観察するとともに、表面粗さ（線粗さ）の測定を行った。使用したディスクサンダは、直径 100 mm の研磨ディスクが取り付けられるものであり、無負荷時の回転数は 11000 rpm で一定である。各種の金属研削用研磨ディスクの中から、砥粒や粒度、結合度等の異なる 12 種類の製品（表－1）を選定し、それぞれの研磨ディスクを用いて同一作業者が同様な素地調整作業を行った場合の、鋼板の仕上がり状態を定量的に比較した。共焦点レーザー顕微鏡による表面粗さの測定は、ISO 25178-3 を参考に条件（対物レンズの倍率：50 倍、評価長さ：2.4 mm、補正処理：カットオフ値無し、傾き処理あり）を設定した。表面粗さの測定では、鋼板 1 枚につき 3 箇所ずつ、1 箇所あたり 5 回の測定を行い、これらの平均値を求めた。各研磨ディスクによる作業効率を評価するため、素地調整に要する時間と鋼板の質量変化も測定した。なお、比較のために、縦回転式動力工具およびグリットブラスト（ISO Sa2 1/2、表面粗さ約 50 μm Rz_{JIS}（触針法））で処理した鋼板についても、同様の観察と測定を行った。

表－1 実験に用いた研磨ディスクの詳細

仕様番号	素地調整工法（工具）	ディスクサンダ用研磨ディスクの詳細					備考
		研磨ディスク種別	砥粒	粒度 (JIS R 6001:1998)	結合度 (JIS R 6240:2008)	結合剤	
1-1	ディスクサンダ	オフセット砥石	褐色アルミナ	#24	Q	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	金属研削用
1-2			褐色・白色アルミナ混合	#24	Q	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-3				#24	M	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-4			白色アルミナ	#24	P	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-5			アルミナジルコニア(40)	#24	Q	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-6			アルミナジルコニア※1	#24	Q	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-7			酸化アルミニウム系特殊セラミックス	#36	S	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-8			白色アルミナ	#60	Q	繊維補強付レジノイド及び熱硬化性結合剤	金属研削用
1-9		ディスクペーパー	黒色炭化けい素	#14	—	レジノイド及び熱硬化性結合剤	金属研削用
1-10				#24	—	レジノイド及び熱硬化性結合剤	
1-11		ダイヤモンド付ステンレス製工具	天然ダイヤモンド	#30	—	メタルボンド	金属研削用
1-12				—※2	—	メタルボンド	耐熱性鋼材研削用
2（比較）	縦回転式動力工具	—	—	—	—	—	—
3（比較）	グリットブラスト	—	—	—	—	—	—

※1：JIS R 6111 に規定のない配合比（アルミナ：ジルコニア＝6：1）
※2：ふるい分けは実施せず。粒径 100～1000 μm

※1：JIS R 6111 に規定のない配合比（アルミナ：ジルコニア＝6：1）
※2：ふるい分けは実施せず。粒径 100～1000 μm

3. 実験結果と考察

鋼板表面のレーザー顕微鏡画像の一例を図－1 に示す。縦回転式動力工具およびグリットブラストで処理した鋼板表面は規則性のない凹凸が形成されているのに対し、ディスクサンダ処理したものは、いずれの研磨ディスクを用いた場合においても、筋状の凹凸が形成されていた。そこで、線粗さの測定にあたっては、粗さが最大となるよ

う、筋に対して概ね垂直となる方向に評価長さをとった。

表面粗さの測定結果(図-2)から、研磨ディスクの砥粒の種類や粒度により鋼板表面に付与できる粗さは大きく変化し、粒度#24の白色アルミナ(仕様1-4)やセラミック系(仕様1-7)砥粒で素地調整した場合に粗さが大きく、ブラスト処理と同等となることがわかった。一方で黒色炭化けい素(仕様1-9, 1-10)砥粒を用いたディスクペーパーは粒度によらず研削性能が悪く、素地調整に時間を要するとともに、表面粗さも小さい値にとどまった。

図-3はディスクサンダで素地調整した全ケースについて、素地調整に要した時間(処理時間)と形成された表面粗さ、素地調整による鋼板の質量減少量との関係を示している。処理時間と表面粗さ、質量減少量との間には緩やかな相関が見られ、全体的な傾向として、研磨ディスクの研削性能が高く短い時間で処理できるものほど、鋼板表面に形成される粗さや、素地調整に伴う質量減少は大きくなることがわかった。処理時間はダイヤモンド砥粒(仕様1-11, 1-12)が最も短く、次いでセラミック系砥粒(仕様1-7)、白色アルミナ砥粒(仕様1-4)の順となった。

同一の研磨ディスクを繰り返し用いて複数の鋼板を処理した場合、繰り返し回数(処理枚数)が増えるにつれ、1枚あたりの処理時間の増加や質量減少量の低下といった、研磨ディスクの明らかな性能低下が見られた。典型的な例として、研削性能が良好と思われる仕様1-4と1-7について繰り返し使用に伴う処理時間の変化を見ると、仕様1-4では14回程度、仕様1-7では4回程度で処理に要する時間が長くなり、性能が低下することがわかる(図-4)。初期は砥粒や研磨ディスク自体のエッジが鋭く良好な研削性能が得られるが、使用に伴い砥粒の粉砕・脱落やエッジの摩耗等により性能が低下していくものと考えられる。ただし、研削性能の低下後も実用性が著しく損なわれるものではなく、一般には1枚の研磨ディスクで1~数 m^2 程度処理できるまで使用されることが多い。性能低下した研磨ディスクで処理した鋼板の表面粗さは、仕様1-4では初期とほとんど差異が無かったのに対し、仕様1-7では初期の半分程度となる $18.3\mu m R_{z,JS}$ まで小さくなった。性能低下までの繰り返し数は砥粒の種類に依存し、白色アルミナや天然ダイヤモンドを用いた研磨ディスクの場合に大きくなる傾向が見られた一方で、粒度や結合度による差異は認められなかった。

4. まとめ

ディスクサンダ処理により鋼板表面に付与できる表面粗さの形態はブラスト処理とは異なること、研磨ディスクの砥粒や粒度によって形成される粗さや処理時間等が大きく変化することが明らかとなった。今後は、表面粗さの形態と塗膜性能との関係について、検討を進める予定である。

謝辞

本研究の実施にあたり、土木研究所交流研究員の黒川公人氏(ショーボンド建設(株))には多大なるご協力を賜りました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会編：鋼道路橋塗装・防食便覧資料集, p. II-20, 丸善, 2010.
- 2) KIM Aran, 貝沼重信, 渡邊亮太, 池田龍哉, 小寺建史, 第25回鋼構造年次論文報告集(CD-ROM), No. 107, 2017.

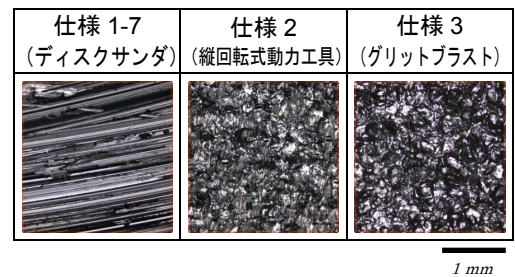


図-1 素地調整後の鋼板表面のレーザー顕微鏡画像

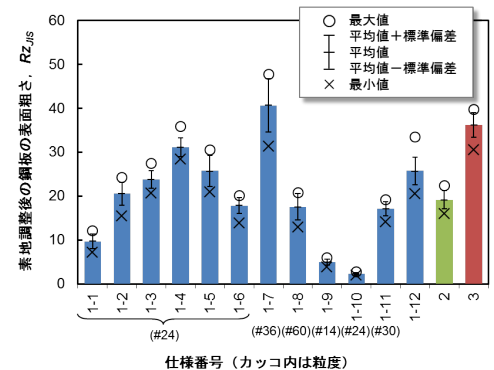


図-2 素地調整後の鋼板の表面粗さ(十点平均粗さ, $R_{z,JS}$)

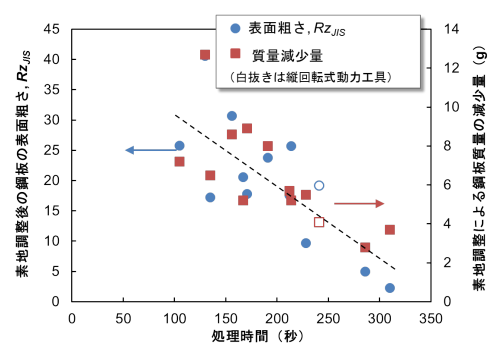


図-3 素地調整に要した時間と鋼板の表面粗さおよび質量減少量との関係

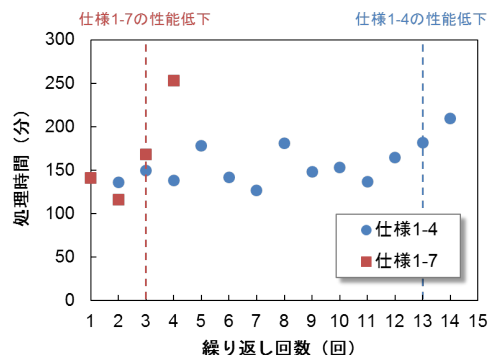


図-4 研磨ディスクの繰り返し使用に伴う処理時間の変化