

- 基調報告 - ブラスト処理工法の現状と展望

石川技術士事務所 技術士 石川 量大

[要旨]

ブラスト技術の重要性は国際的に認識され、ISO規格を基にJIS規格が制定されている。直接表面に出ないこのブラスト技術は、重要安全保安施設である橋梁の塗膜の耐久性を増大する一手段として有効性が認められ、鋼道路橋塗装・防食便覧に記載された。ブラスト処理の管理が容易な工場施工は比較的問題は少ないが、現場ブラスト処理は粉じん及び騒音以外に多くの施工管理上の問題がある。前処理不完全に伴う部材に重欠陥が発生した例も一般新聞紙上及び土木学会誌、本協会機関誌に詳細な原因が掲載されている。現在、既設の複雑な橋梁のメンテナンスは殆どが現場での再塗装であり、塗膜の塗替え作業を主にブラスト処理が採用されている。また、良好なメンテナンスの仕様決定には、十分な事前検査などにつき適正見積も加味する必要がある。現場ブラスト施工は、搬入経路、諸資材の搬入、置場、足場、養生、ブラスト処理、研削材の回収、養生、足場資材の撤収、廃棄物の処理まで考慮しなければならず、種々の解決しなければならぬ問題がある。本稿では、多々ある課題の内、現場ブラスト施工管理が困難な試験・評価を主に現況と問題点につき規格を基に概説する。

- | | |
|----------------------------|------------|
| (1) ISO及びJIS素地調整用ブラスト規格の概要 | (2) 施工環境 |
| (3) ブラスト方法の種類、研削材 | (4) ブラスト施工 |
| (5) ブラスト現象とその性状、試験評価 | |

まとめ：既設複雑構造の橋梁の現場での塗替え作業は、自動化あるいはロボット化が困難であり、メンテナンスは当分の間人力への依存にならざるを得ない。現場での単純、継続作業の難しさを含め、今後の検討課題につき私案を次に示す。

- ・試験、評価：表面清浄度の比較標準写真、表面粗さ及び活性化の再検討
- ・検査機器：仕上げ程度など感覚的判断ではなく、数値判定例えば、紫外線、可視光線及び近赤外線などを利用した検査機器の開発が望まれる。
- ・現場作業：強力プロワーを併用した集塵方法及びバキューム回収装置の利用などによる環境の向上。
- ・養生：研削材の効率的回収が容易な足場及び密閉可能なパネル材、構造の開発。
- ・照明の検討：LEDの導入など。 ・ブラスト施工：半自動化の検討及び作業衣の改善。
- ・作業効率の向上：集塵、回収方法(河川上では回収船の利用)の検討、各種機器の軽量化・圧力の増加など性能向上(加圧式では高圧に入らない範囲での圧力の増加)。
- ・装置の開発：塗膜厚さのスプライス部などを対象とした局部ブラスト装置の開発；研削材粒子の衝撃速度の増加。(粒子速度約100m/secを200~400m/secに、ノズル消耗加味)
- ・適正積算資料の検討作成：入念な事前点検を含めた適正見積。
- ・ブラスト及び塗装施工者の資格及び評価の見直し。
- ・塗料への期待：現場ブラスト施工は難しくなり、メンテナンスは上層塗膜の剥離のみの塗替えが主になるであろう。問題点は塗膜の劣化判定であり、その劣化状態が塗膜の色調で明瞭にわかる機能性塗料の開発が切望される。

以上

ブラスト処理工法の現状と展望

ISO/TC35/SC12の審議対象規格と審議段階

WG	規格番号	抄 訳	段 階
	8501-1:1988 1994	鋼材の除錆度の目視判定用参考写真集	ISO 発行
	8501-2:1994	補遺:異種研削材仕上げ面の目視判定用参考写真集	ISO 発行
	8501-3	塗膜の部分的仕上げ部の目視判定用参考写真集 塗膜に有害な赤地の表面欠陥の評価	ISO 発行 FDIS
2	8501-4	ジェット洗浄面の目視判定用参考写真集	DIS
	8502-TR:1992	鉄鋼腐食生成物の現場試験方法	TR 発行
	8502-2:1992	仕上げ面の塩化物の実験室的検出法	ISO 発行
	8502-3:1992	仕上げ面のタストの評価方法	ISO 発行
	8502-4:1993	結露の危険性の予知方法	ISO 発行
	8502-5:1998	核知管による仕上げ面の塩化物の検出法	ISO 発行
	8502-6:1995	プレスル法による水溶性不純物のサンプリング法	ISO 発行
	8502-7	表面付着油分の現場分析法	WD 立案中
	8502-8	表面付着油分の測定法	ISO 発行
	8502-9:1998	電気伝導度による表面付着塩分評価法 (プレスル法)	ISO 発行
	8502-10:1999	塩化物イオンの測定法	ISO 発行
	8502-11	表面付着硫酸塩の評価法	CD
	8502-12	表面の第1鉄塩の評価法	ISO 発行
8502-13	電気伝導度による表面付着塩分評価法	DIS 準備	
I	8503-1,2,3,4	表面粗さ比較板:計4部	ISO 発行
G	8503-5	レプリカ法による表面粗さ測定法	ISO 発行

素地調整に関するJIS規格

- Z 0310: 素地調整用ブラスト処理通則
- Z 0311: ブラスト用金属系研削材
- G 5903: 鑄造ショット及びグリット
- Z 0312: ブラスト用非金属系研削材
- R 6111: 人造研削材
- Z 0313: ブラスト処理面の試験及び評価方法
- B 0313: 製品の幾何特性仕様-表面性状: 輪郭曲線方式-用語,定義及び表面性状パラメータ

素地調整用ブラスト処理通則 (JIS Z0310-2004)

2. 適用範囲 明文化 通則を具体的に示した。ブラスト処理方法とともに、研削材、処理面の試験及び評価方法に関する基本事項が追加。

施工管理者 新規追加:

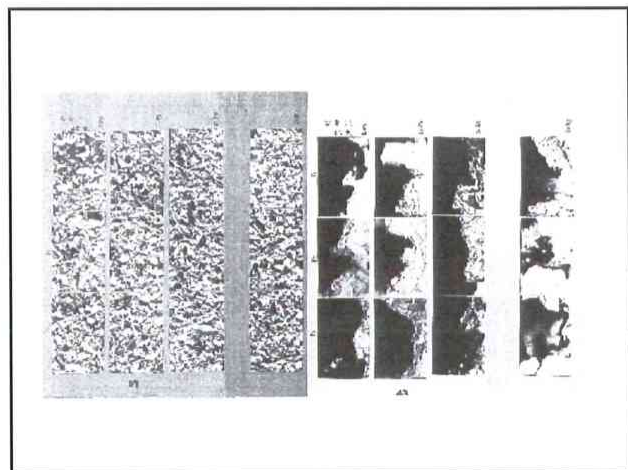
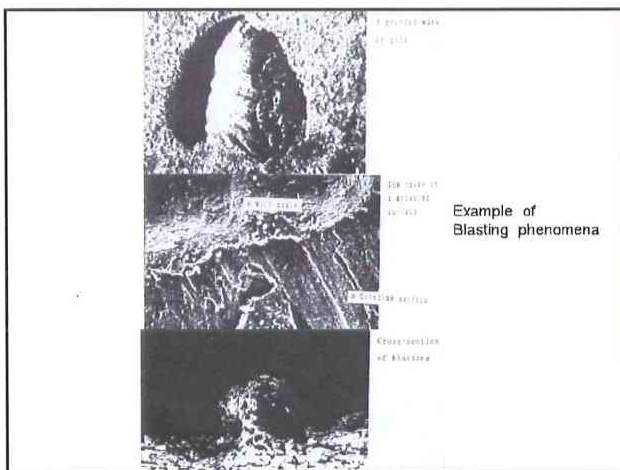
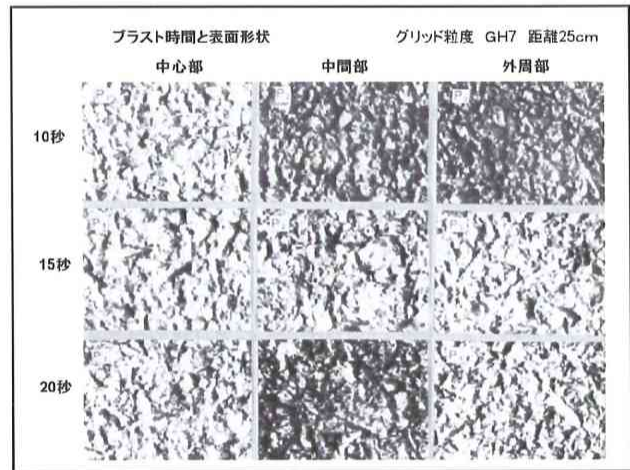
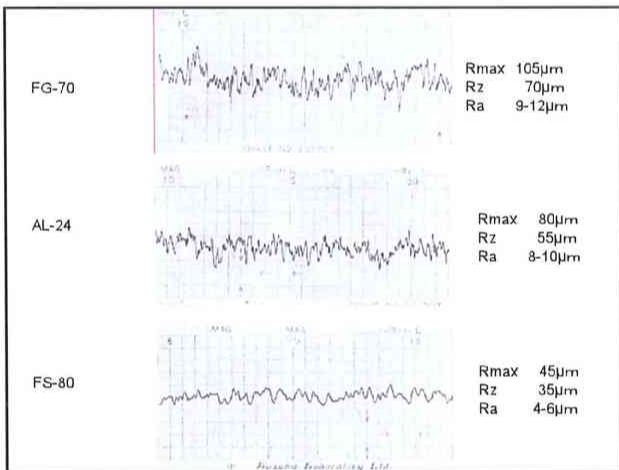
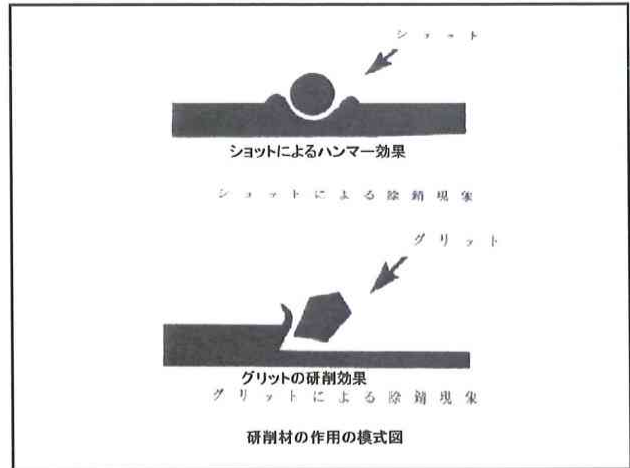
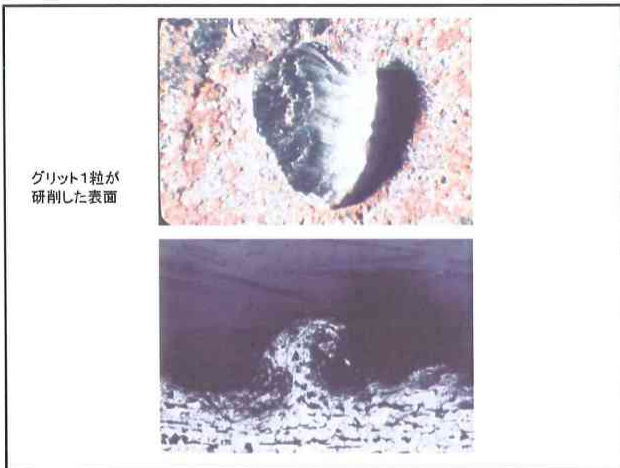
施工に関する作業を適切に実施するため、施工企業は、**技術的な知識と経験をもった管理者**(例えば、防錆管理士)を任命して、その管理者に必要な権限を与え、適切な管理を行わせなければならない。

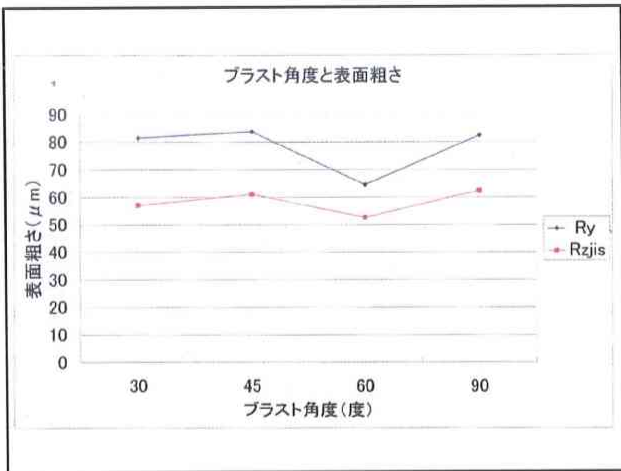
研削材の種類と皮膜の密着強さ (仕上げ程度 Sa21/2)

皮膜の種類	研削材の種類		
	スチールグリット	スチールショット	けい砂
無機ジंक	119 ~ 182	87 ~ 103	125 ~ 142
有機ジंक	219 ~ 306	255 ~ 316	298 ~ 342
Sa 3 亜鉛溶射	71 ~ 87	28 ~ 32	63 ~ 67

ブラスト現象と性状

- グリット: 研削作用
 - 清浄化
 - 粗面化(表面積の増加)
 - 活性化
 - 研削材の突き刺さり
 - 残留応力
- ショット: ハンマー作用
 - 硬質塗膜に有効





レーザー顕微鏡表面(レーザーの反射光の強度から画像を構成)
 プラスト面の粗面の鋭角部、凹みが多数ある場合は反射光が得られずノイズとして点状となる。

①レーザー顕微鏡による表面観察

②レーザー照射の原理

③表面粗さの測定原理

④表面粗さの測定結果

⑤表面粗さの測定結果

⑥表面粗さの測定結果

⑦表面粗さの測定結果

⑧表面粗さの測定結果

⑨表面粗さの測定結果

⑩表面粗さの測定結果

⑪表面粗さの測定結果

⑫表面粗さの測定結果

⑬表面粗さの測定結果

⑭表面粗さの測定結果

⑮表面粗さの測定結果

⑯表面粗さの測定結果

⑰表面粗さの測定結果

⑱表面粗さの測定結果

⑲表面粗さの測定結果

⑳表面粗さの測定結果

㉑表面粗さの測定結果

㉒表面粗さの測定結果

㉓表面粗さの測定結果

㉔表面粗さの測定結果

㉕表面粗さの測定結果

㉖表面粗さの測定結果

㉗表面粗さの測定結果

㉘表面粗さの測定結果

㉙表面粗さの測定結果

㉚表面粗さの測定結果

㉛表面粗さの測定結果

㉜表面粗さの測定結果

㉝表面粗さの測定結果

㉞表面粗さの測定結果

㉟表面粗さの測定結果

㊱表面粗さの測定結果

㊲表面粗さの測定結果

㊳表面粗さの測定結果

㊴表面粗さの測定結果

㊵表面粗さの測定結果

㊶表面粗さの測定結果

㊷表面粗さの測定結果

㊸表面粗さの測定結果

㊹表面粗さの測定結果

㊺表面粗さの測定結果

㊻表面粗さの測定結果

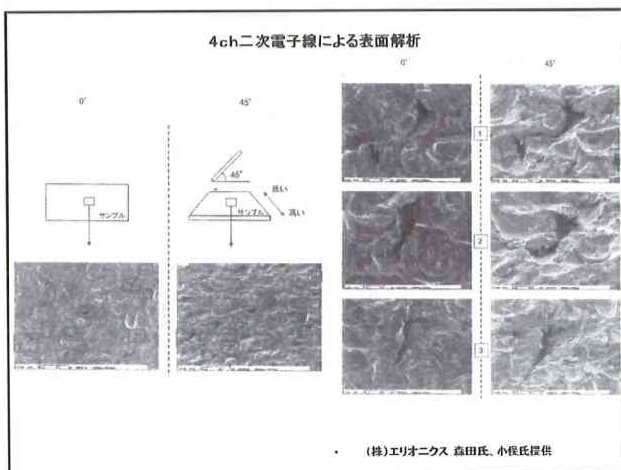
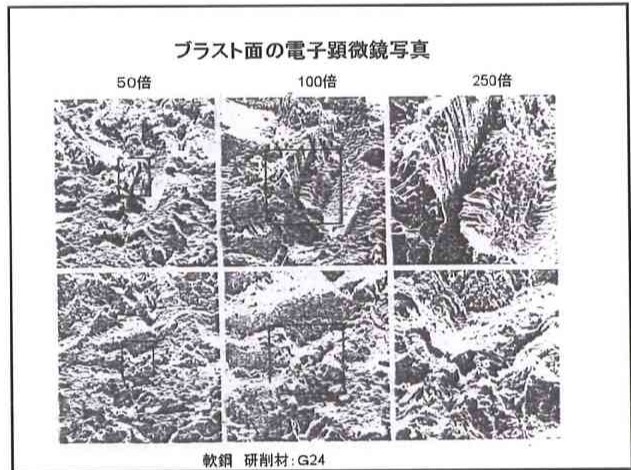
㊼表面粗さの測定結果

㊽表面粗さの測定結果

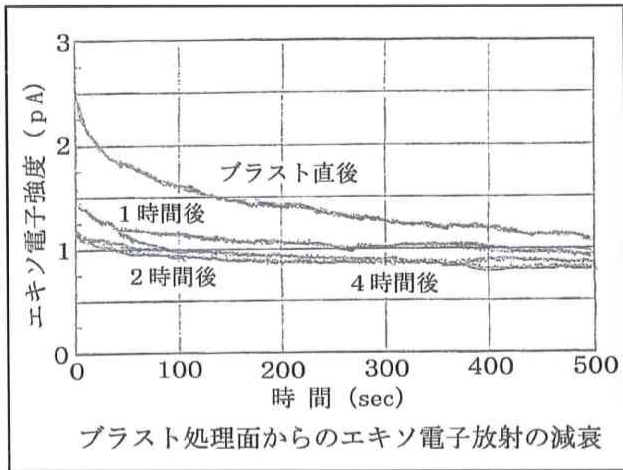
㊾表面粗さの測定結果

㊿表面粗さの測定結果

①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿



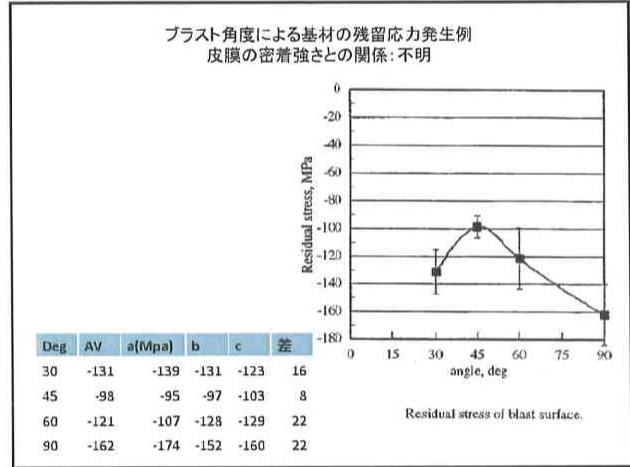
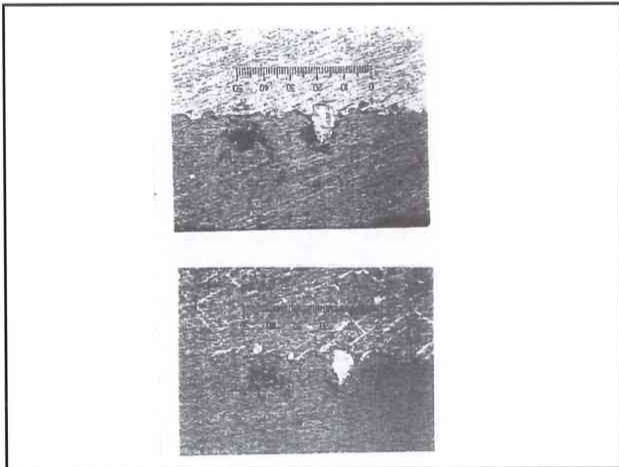
- ### 活性化
- さびの発生し易さ
 - エキソエレクトロン
 - 自然電極電位
 - 吸蔵水素



ブラスト面の自然電極電位 表面活性度⁽¹⁾

ブラスト時間 (sec)	ブラストなし	30	60	90	---
電極電位 (mV)	-615	-668	-670	-677	---
ブラスト後 放置時間 (hr)	ブラスト直後	2	4	28	48
電極電位 (mV)	-690	-702	-701	-689	-670

ブラスト条件:
 空気加圧式: 6kg/cm², 距離: 250mm, 研削材: スチールグリットG50
 電極電位測定条件:
 電位差計: 横河電機Type3052, 照合電極: S.C.E., 試験液: 3%NaClaq.



- ### 仕上げの目視評価
- 環境への対応
 - 目視: 目の慣れ
 - 明るい → 暗い 約30分
 - 暗い → 明るい 約1分
 - JIS Z3090 溶融溶接継ぎ手の外観試験方法
 - 明るさ: 最低350lux, 500lux が望ましい。
 - 観察: 表面から600mm以内、試験面に対し30度以上になるようにして

除 せ い 度

除せいで	鋼材表面の状態
Sa 1	拡大鏡なしで、表面には、弱く付着 ⁽¹⁾ したミルスケール、さび、塗膜、異物、目に見える油、グリース及び泥土がない。
Sa 2	拡大鏡なしで、表面には、ほとんどのミルスケール、さび、塗膜、異物、目に見える油、グリース及び泥土がない。残存する汚れのすべては、固着 ⁽²⁾ している。
Sa2 1/2	拡大鏡なしで、表面には、目に見えるミルスケール、さび、塗膜、異物、油、グリース及び泥土がない。残存するすべての汚れは、そのこみ跡がはん(斑)点又はすじ状のわずかな染みだけとなって認められる程度である。
Sa 3	拡大鏡なしで、表面には、目に見えるミルスケール、さび、塗膜、異物、油、グリース及び泥土がなく、均一な金属色を呈している

注(1) 刃の付いていないバテナイフでは、はく離させることができる程度の付着。
 (2) 刃の付いていないバテナイフでは、はく離させることができない程度の付着。



ISO8501-1 さび度Cにブラスト

新鋼材のさび止め
建築用鋼材のブラスト
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め
鋼材のさび止め

使用研削材 Sa 3

比較標準写真の問題点

1. 研削材が**サンド**
2. **処理時間**の記入が必要
3. 異種研削材による仕上げ程度の**写真は小さい**。

現場試験で作成・確認

表面粗さの測定・評価方法

評価・測定方法	原理	特徴
比較板との比較方法	比較板をブラスト処理面に当て、目視又は7倍以下の拡大鏡によって、相互の粗さを比較する。	簡便であるが、粗さの概略の範囲を知ることができない。
顕微鏡焦点移動方法	ブラスト処理面の多数の山谷に顕微鏡の焦点を合わせ、そのときの顕微鏡鏡筒の移動距離によって粗さを測定する。	正確であるが、測定が面倒である。小形ピースを実験室で測定するのに適している。
階面顕微鏡観察方法	切開した階面の凹凸を顕微鏡で観察し、粗さを測定する。	正確だが、測定が面倒である。極小ピースを実験室で測定することができない。
触針式測定方法	表面に微細な先端をもつ針を走らせ、その上下動から山谷の高さを測定する。	ブラスト面のように複雑な形状には、針が追跡しにくい。可動式の置は粗い面での誤差が大きい。
テープ転写方法	可塑性の発泡体でできたリプリカテープを、ブラスト処理面に押しつける。テープの上から、浸透フィルムを介して発泡体をこすりつけて、赤地の一番高い山の頂上を基板に塗るまで、赤地の山谷に発泡体を押し込む。その後で、テープを外して、テープの厚さを測定する。全体の厚さから、既知の基板の厚さを引けば、赤地の最大粗さを求めることができる。	実際の赤地の立体的な形状を転写して保存できる。しかし、発泡体の特性によっては、谷間の底まで発泡体が入り込まない場合もありうるので注意を要する。

*) ブラスト用研削材によるブラストの粗さの比較板

試料番号	目盛	粗さ
1	0.1	0.1
2	0.2	0.2
3	0.5	0.5
4	1.0	1.0

**) ソーレス研削材によるブラストの粗さの比較板

試料番号	目盛	粗さ
1	0.1	0.1
2	0.2	0.2
3	0.5	0.5
4	1.0	1.0

**) 顕微鏡倍率 (150倍、300倍、600倍) を用いる場合、比較板は1)~4)であり、比較板 (1) (2) (3) (4) を用いる場合、比較板は5)である。

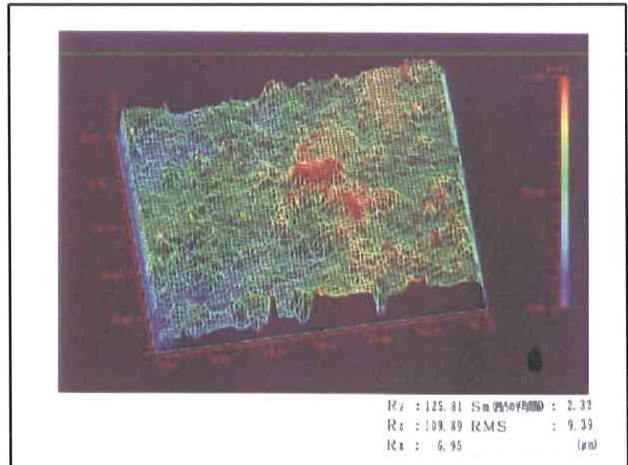
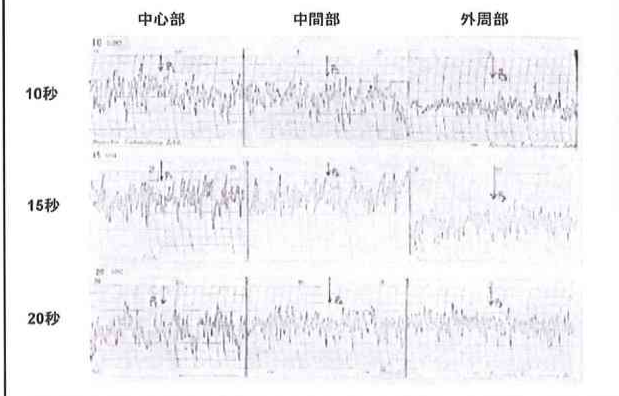
※ 粗さの測定は、ISO 2517 (表面粗さの測定) の規定に従って行われ、マイクログラフ法による測定結果は、ISO 2517 (表面粗さの測定) の規定に従って行われる。

ブラスト時間と表面形状

グリッド粒度 GH7 距離25cm

時間	表面形状		
	中心部	中間部	外周部
10秒			
15秒			
20秒			

粒度GH4の表面粗さの変化



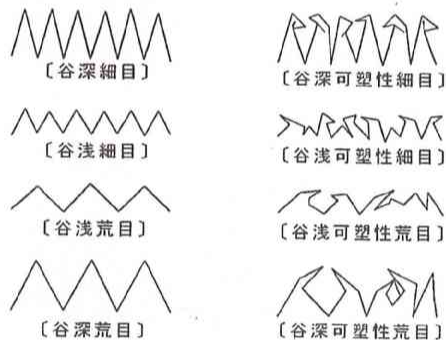
改正された表面粗さの記号

用語	記号	記号
輪郭曲線の最大高さ	Ry	Rz
輪郭曲線の算術平均高さ	Ra	Ra
十点平均粗さ	(Rz)	削除(原国際規格から削除) 付属書JISだけのパラメータ 記号 Rz _{JIS82}

輪郭曲線の最大山高さ Rp Pp
輪郭曲線の最大谷深さ Rm Pv
輪郭曲線要素の平均長さ Sm RSm

機械切削面の表面形状とプラスト切削面の比較

機械切削粗面化 (定形) プラスト研削粗面化 (不定形)

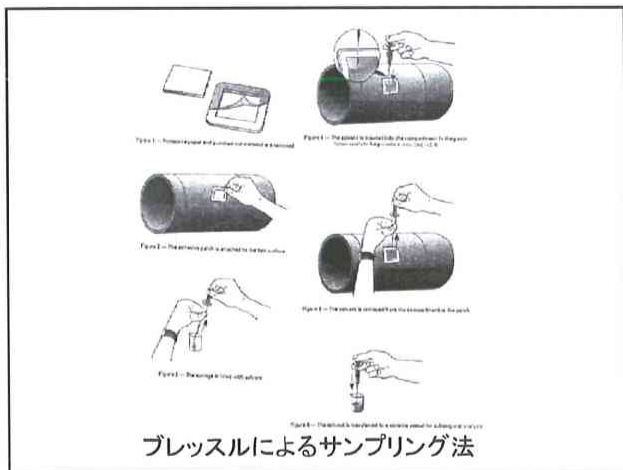


適切な粗さとは？

- 粗さはどの程度必要か？
- 塗膜厚さ：
- 溶射皮膜：
- 溶融粒子の基材に衝突時の扁平厚さ

測定器具による清浄度の試験評価

- 表面附着塩類 電気伝導率計(0mS/m~2000mS/m)
単位:ジーメンズ, マイクロジーメンズ
海水: $1 \times 10^{4\sim} 5 \mu\text{S/cm}$
- 局部的測定法: ゴム製パッチ(プレスルパッチ)
寸法: 5種類 ; A-0155, A-0310, A-0625, A-1250, A-2500
パッチ内面積(mm²) 形状: 図示
- 結露の可能性
- 電子式温度計
- 結露計
- 表面粗さ
- テープ転写法(レプリカテープ)3種類 表面粗さ(μm): 区分
20~50 Coarse
33~85 paint
40~115 X-coarse



CHLOR*TEST™

Chlor test写真2枚

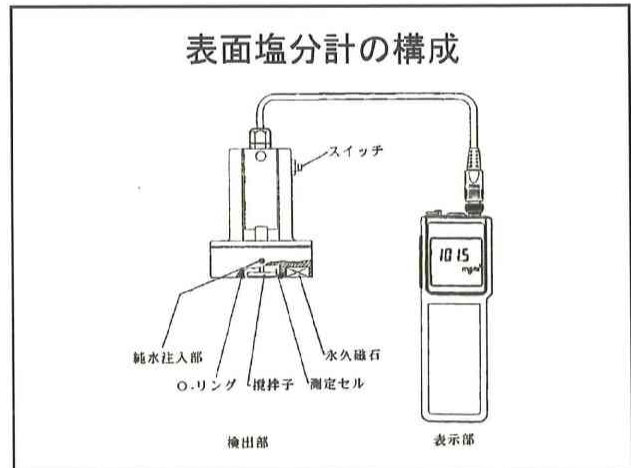
An easier to use, more accurate field test for chloride contaminant

Resubstantiating the industry?

A Testing Process As Easy As 1 - 2 - 3!

1. Dip the test strip into the sample solution. 2. Wait for the color change. 3. Compare the color to the standard chart.

8502-5 検知管による塩化物の検出法



表面付着粉じんの測定

要旨: 表面に粉じんが付着したプラスト処理面にセロハン粘着テープ (JISZ1522) 幅: 24mm, 長さ: 200mm] を貼り付けた後、テープをはがし、テープへの粉じんの付着量を標準図と比較する。

操作上の問題点: プラスト処理後30~60分後

テープ除去後の清掃?

研削材の種類により判定用台紙の色を選定

研削材の突き刺さり粒子の判定は困難

清掃: プラスト圧力より強い圧力が必要

まとめ

- ・ 試験、評価: 表面清浄度の比較標準写真および表面粗さの再検討
- ・ 検査機器: 仕上げ程度など感覚的判断ではなく、数値判定、例えば紫外線・可視光線・近赤外線などを利用した検査機器の開発
- ・ 現場作業: 強力プロワーを併用した集塵方法およびバキューム回収装置の利用などによる環境の向上
照明の検討、作業衣の改善
- ・ 養生: 研削材の効率的回収が容易な足場および密閉可能なパネル材、構造の開発
- ・ 適正積算資料の検討作成: 入念な事前点検を含めた適正見積り
- ・ 塗料への期待: 劣化判定の容易な機能性塗料
- ・ プラストおよび塗装施工者の資格、評価の見直し