

# 金属溶射について

宮田弘和

(西日本高速道路(株))

2015/12/18

# 金属溶射について

～ NEXCO西日本における長寿命化の取組事例 ～



宮田 弘和



元井 邦彦



株式会社 富士技建

武藤 和好

# はじめに



金属溶射橋梁の例  
(近畿自動車道 門真JCT橋; 平成22年)



凍結防止剤の散布状況

- 高速道路資産の長期にわたる健全性確保の重要性
- 厳しい使用環境(海岸部、塩害等)による変状が顕在化

⇒ **金属溶射による長期耐久性の確保**

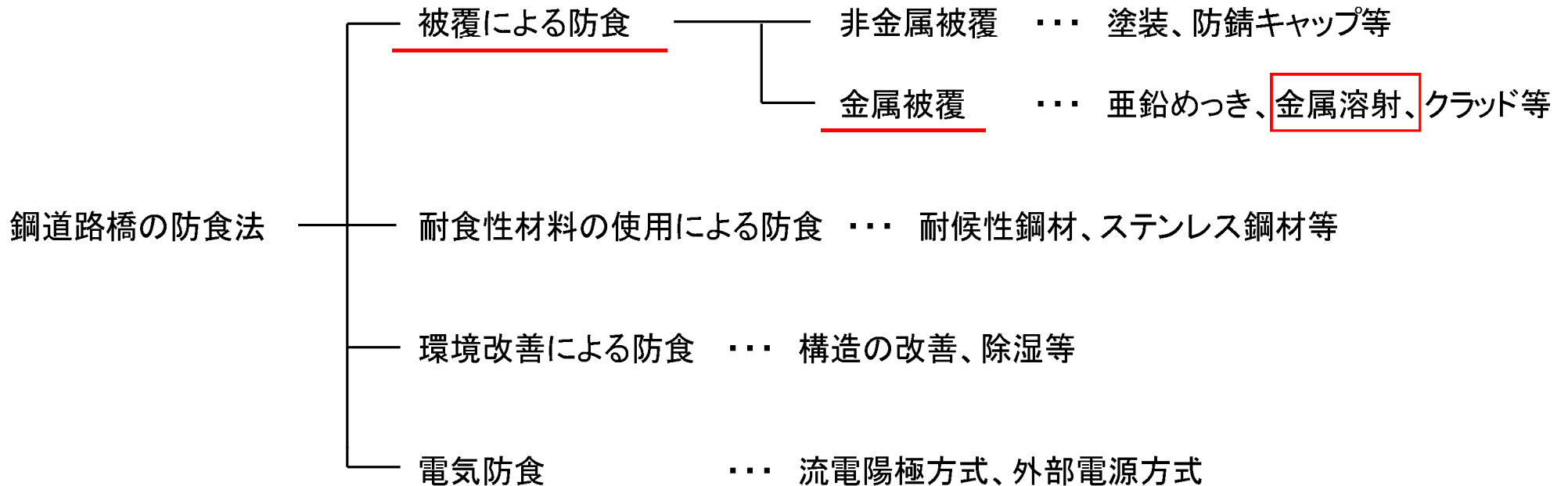
# 目次

- 金属溶射の概要
- 防食の考え方
- 溶射の種類・工法
- NEXCO西日本における品質管理の例  
(既設橋梁の補修における新たな取組み)
  - 要求性能
  - 仕様基準
  - 施工手順・構造詳細の概要
- その他(溶射ボルト、溶射ジョイント)

# 金属溶射とは

- 金属溶射は、鋼材を腐食から守る被覆防食工法の一つである。
- 金属溶射は、金属溶射材料を さまざまな熱源で高温にして、溶融・溶解させて鋼材粗面(基材)に高速で吹付けて付着させる。
- 防食溶射では、鋼材よりも電位が低い(碑)な材料を用いる。(犠牲防食効果)
- 皮膜は、投びょう効果でブラストした基材表面にメカニカルに付着する。

# ▶ 鋼橋における代表的な防せい防食法



(鋼道路橋防食便覧による分類)

# 防食工法の種類

- 鋼橋における代表的な防せい防食法

|        | 主たる防錆防食原理                         | 機能低下形態<br>(予想外の劣化進行を含む) | 機能喪失時の<br>補修方法 |
|--------|-----------------------------------|-------------------------|----------------|
| ①塗装    | 塗膜による大気環境遮断                       | 塗膜の劣化                   | 塗り替え           |
| ②耐候性鋼材 | 緻密なさびの発生による腐食の抑制                  | 層状剥離さびの発生とそれにともなう断面減少   | 塗装等            |
| ③亜鉛めっき | 亜鉛酸化物による保護皮膜および亜鉛による犠牲防食          | 亜鉛層の減少                  | 溶射または塗装        |
| ④金属溶射  | 溶射金属の保護皮膜および溶射金属(アルミ, 亜鉛等)による犠牲防食 | 溶射金属層(アルミ, 亜鉛等)の減少      | 溶射または塗装        |

# 金属溶射の歴史

- 溶射技術は1909年にスイスで開発され、発明後にドイツ、フランスおよびイギリスなどで工業化され、1919年(大正8年)に我が国に導入されたといわれている。
- その後、金属溶射技術の改良と共に用途が拡大し、イギリスのBritish Standards(英国規格)、ドイツのDeutsche Industrie Norm(ドイツ工業規格)、アメリカのAmerican Welding Society(米国溶接協会)等における規格化や技術基準類の整備が進み、品質管理面でも充実が図られた。

(鋼道路橋防食便覧より)



# タンクへの金属溶射

- Al-(5%)Mg合金溶射



## 皇居の二重橋(にじゅうばし)



- 1963年に施工
- 亜鉛溶射＋塗装仕様

**関門橋** 1972年 施工。補剛桁の防食下地処理として亜鉛溶射を採用。



- 金属溶射の概要
- 防食の考え方
- 溶射の種類・工法
- NEXCO西日本における品質管理の例  
(既設橋梁の補修における新たな取組み)
  - 要求性能
  - 仕様基準
  - 施工手順・構造詳細の概要
- その他(溶射ボルト、溶射ジョイント)



# 金属溶射の防食効果

- 金属溶射による防食は、鋼材表面を溶射材料で覆うことによる「**環境遮断効果**」がある。
- 鋼材よりもイオン化傾向が大きい材料で被覆することで、溶射材料が鋼材より先に溶け出す「**犠牲防食効果**」を付加できる。(鋼材をカソード域へ分極する)

## 金属のイオン化傾向(語呂合わせ)

大 ←イオン化傾向→ 小

K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb H<sub>2</sub> Cu Hg Ag Pt Au  
貸そうか な ま あ あ て に す な ひ ど す ぎる借 金

- 金属溶射の概要
- 防食の考え方
- **溶射の種類・工法**
- NEXCO西日本における品質管理の例  
（既設橋梁の補修における新たな取組み）
  - 要求性能
  - 仕様基準
  - 施工手順・構造詳細の概要
- その他（溶射ボルト、溶射ジョイント）

# 金属溶射の種類・工法

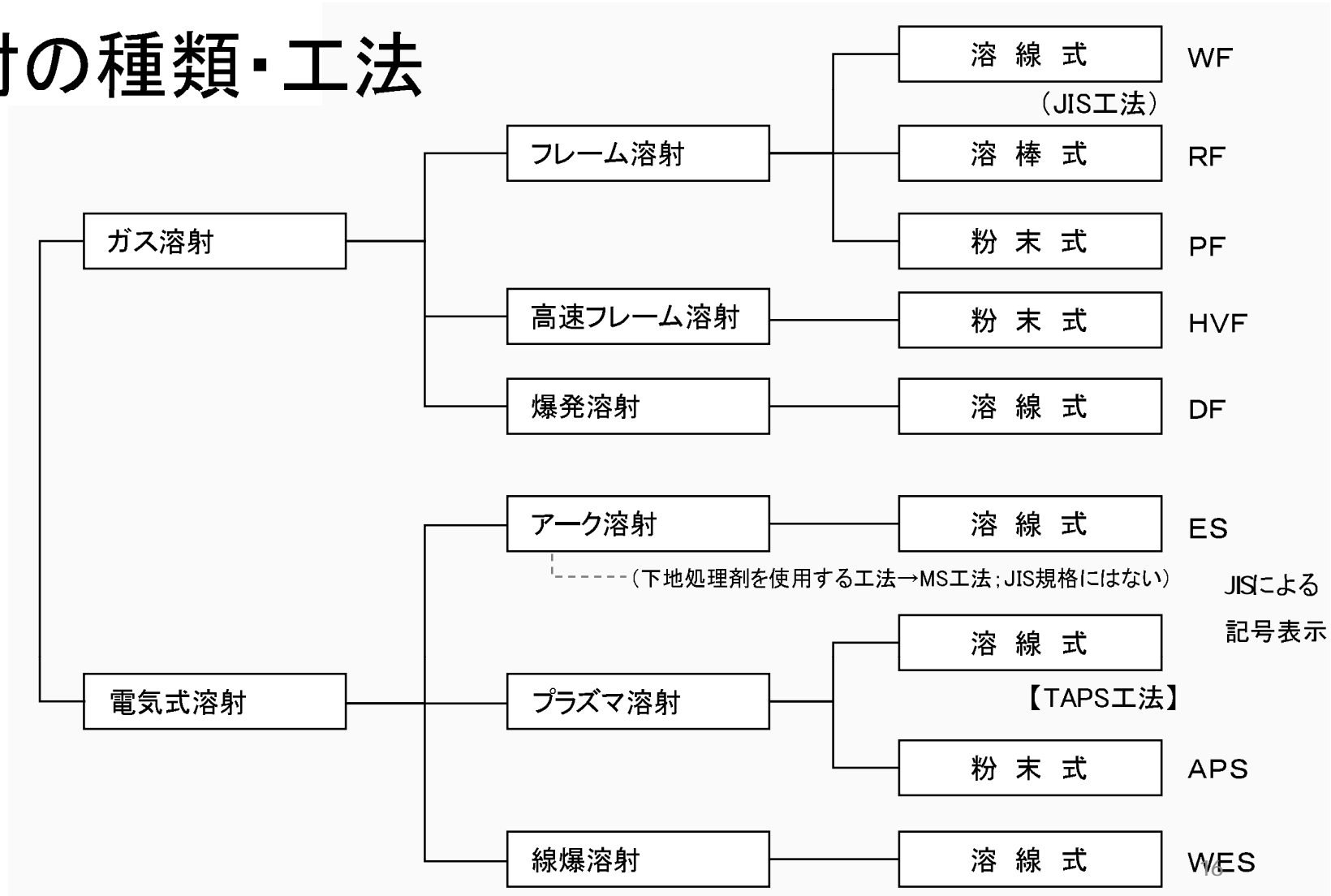
## • 溶射の目的別分類

| (主な目的)    | (代表的な材料・その他)  |
|-----------|---|
| 防せい・防食溶射  | Zn, Al, ZnAl合金, ZnAl擬合金, AlMg合金, プラスチック, ステンレス鋼   |
| 耐摩耗溶射     | 自溶合金, 超硬合金(WC-Co), CoCrAl合金, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TiO <sub>2</sub> , ステンレス鋼, 各種セラミック       |
| 滑止め溶射     | AlMg-FeCr擬合金・アモルファス合金   |
| 肉盛溶射・補修溶射 | FeCr系合金, FeMn系合金など。<br>(対象物による)   |
| 耐熱溶射      | ジルコニア系(ZrO <sub>2</sub> ), アルミナ系(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), MCrAlY合金<br>NiCr系合金, 自溶合金, 各種セラミック |
| 絶縁溶射      | アルミナ系(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), 各種セラミック   |
| 装飾溶射      | 真鍮, 各種セラミック   |



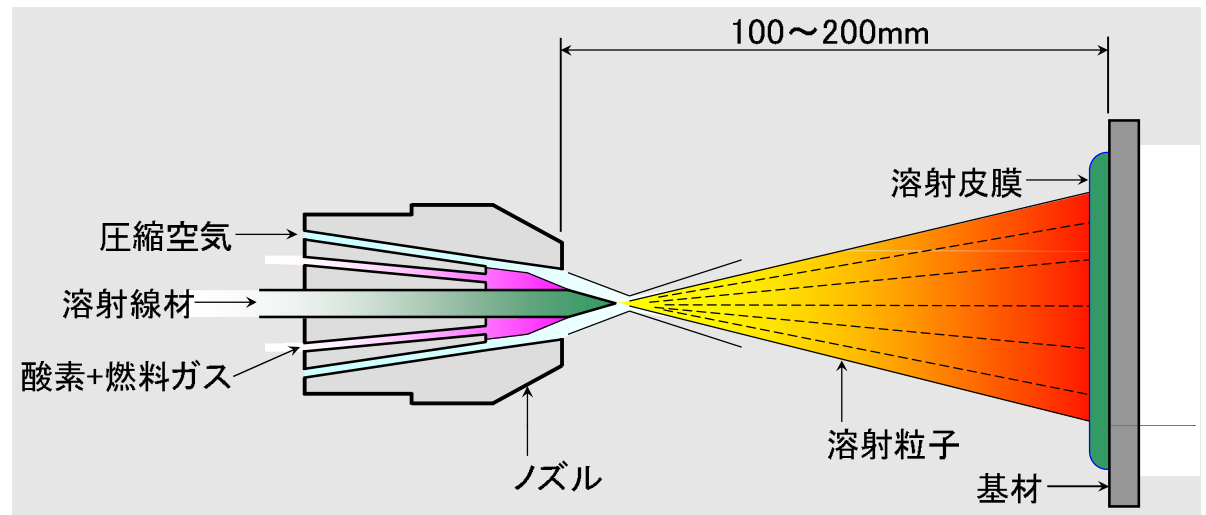
# 金属溶射の種類・工法

## • 工法別の分類



# ガスフラーム溶射

- 溶線式フラーム溶射は、一般的に広く用いられる工法であり、装置が簡単かつ取り扱いが容易で可搬性があるなどの特長をもつ。
  - ▶ フラーム溶射は、可燃性ガスの燃焼により溶射ガン内に高温状態を作り出し、溶射材料を溶融、微粒子化して圧縮空気によって基材に吹き付ける。
  - ▶ 可燃性ガスは、プロパンあるいはアセチレンなどがあり、酸素（支燃性ガス）、を用いて溶射材料を溶かす。
  - ▶ 亜鉛や、アルミニウムなどの低融点材料を溶射する場合はプロパンと酸素が用いられ、ステンレス鋼、モリブデンおよびセラミックなどの高融点材料を溶射する場合は、アセチレンと酸素が用いられることが多い。

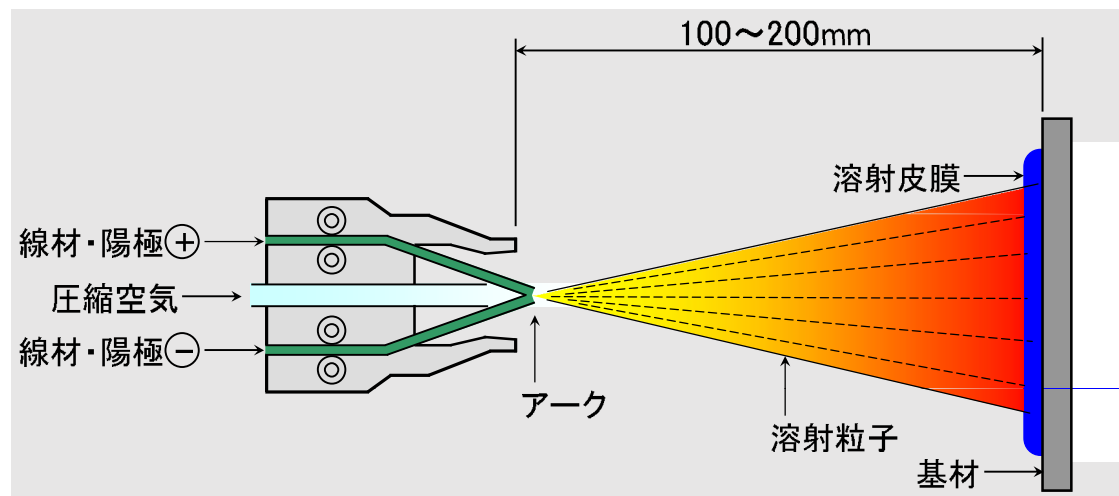


# ガスフレイム溶射の例



# アーク溶射

- ▶ アーク溶射は、溶射ガン先端で2本の金属ワイヤを接触させ、金属ワイヤに電流を通じてアーク放電させて金属ワイヤを溶融、微粒子化して、圧縮空気により基材に吹き付けるものである。
- アーク溶射は、低電圧高電流により行われ、フレイム溶射よりも高温状態を作り出すことも可能である。また、電気を用いる方式であることから自動化が比較的簡易であること、稼働費が安価であることなどの特長を持つ。
- アーク溶射による皮膜は、結合力、密着度が高いといわれており、3~5mm程度の厚膜溶射も可能である。



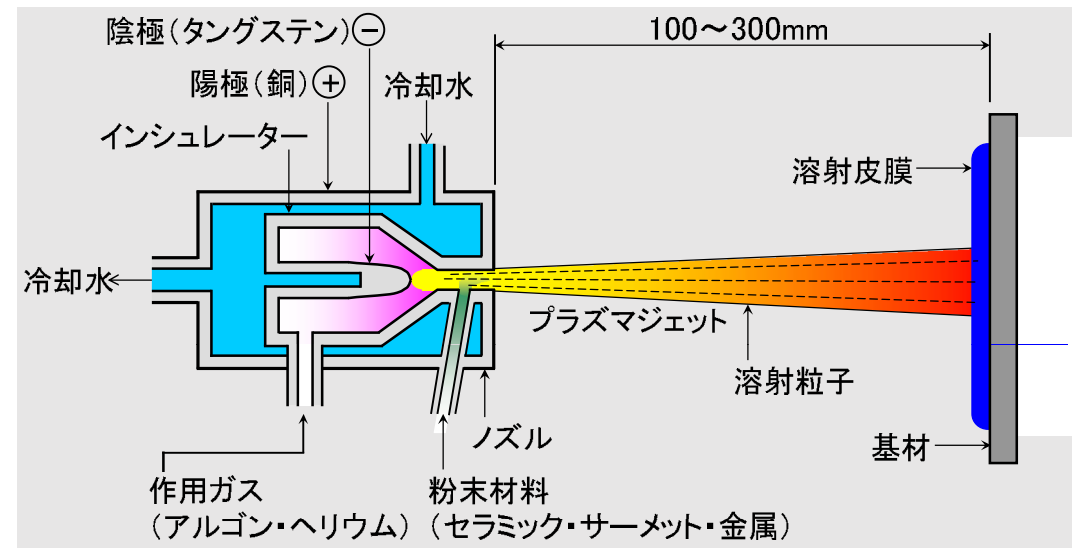
# アーク溶射の例



# プラズマ溶射

- ▶ プラズマ溶射は、溶射ガン内で不活性ガスを通電させて、電子と陽イオンに電離させ（この状態をプラズマという）、高温、高圧のエネルギーを有するプラズマジェットを用いて溶射材料を溶融、微粒子化し、圧縮空気などを用いて基材に吹き付けるものである。

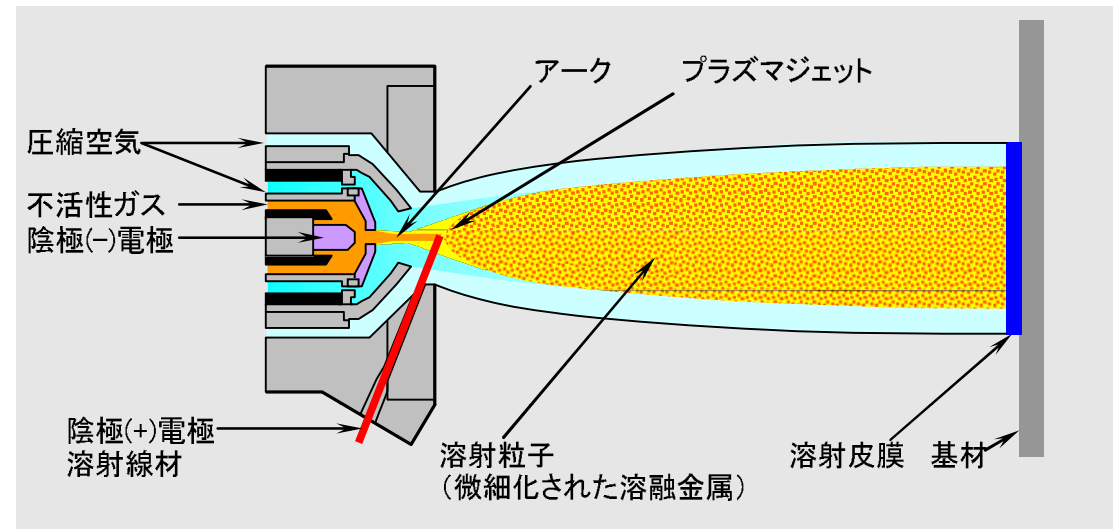
- プラズマ溶射では、一般的には粉末材料が用いられている。また、作動ガスにはアルゴン、ヘリウム、窒素、水素などが用いられている。
- 一般に溶射機器は大型になる。



# プラズマアーク溶射 (TAPS工法)

▶ プラズマアーク溶射とは、橋梁桁端部のような狭隘部での溶射を可能にするべく開発された小型軽量の溶線式プラズマ溶射機である。

- 溶線1本を溶射ガン先端に送り、不活性ガスと通電させてアークを発生させる。(アーク溶射では溶線2本を用いる)
- 作動ガスには空気中の約8割を占める窒素を用いており、圧縮空気で溶融した材料を基材に吹付ける。(ガスボンベが不要)



# プラズマアーク溶射 (TAPS工法) の例





# プラズマアーク溶射の機器 (TAPS溶射機)

コントロールユニット

電源ユニット



プラズマ溶射機 (TAPS)



小型の  
溶射ガン

プラズマ溶射状況例

小型のガン (溶射状況例)



桁端の溶射状況例

プラズマ溶射機 (TAPS) による  
桁端溶射の例



リム巻き溶射線材

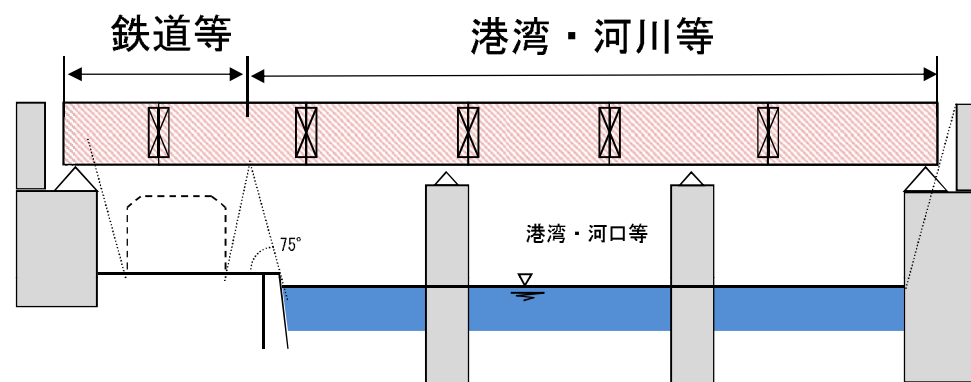
溶射線材の送給機

ワイヤーフィーダー

- 金属溶射の概要
- 防食の考え方
- 溶射の種類・工法
- **NEXCO西日本における品質管理の例**  
(既設橋梁の補修における新たな取組み)
  - 要求性能
  - 仕様基準
  - 施工手順・構造詳細の概要
- その他(溶射ボルト、溶射ジョイント)

# NEXCO西日本における適用対象（新設橋）

- 鉄道および平面街路や、港湾・河川等などの維持管理が困難な箇所に、金属溶射が適用される。



金属溶射の施工範囲（参考例）

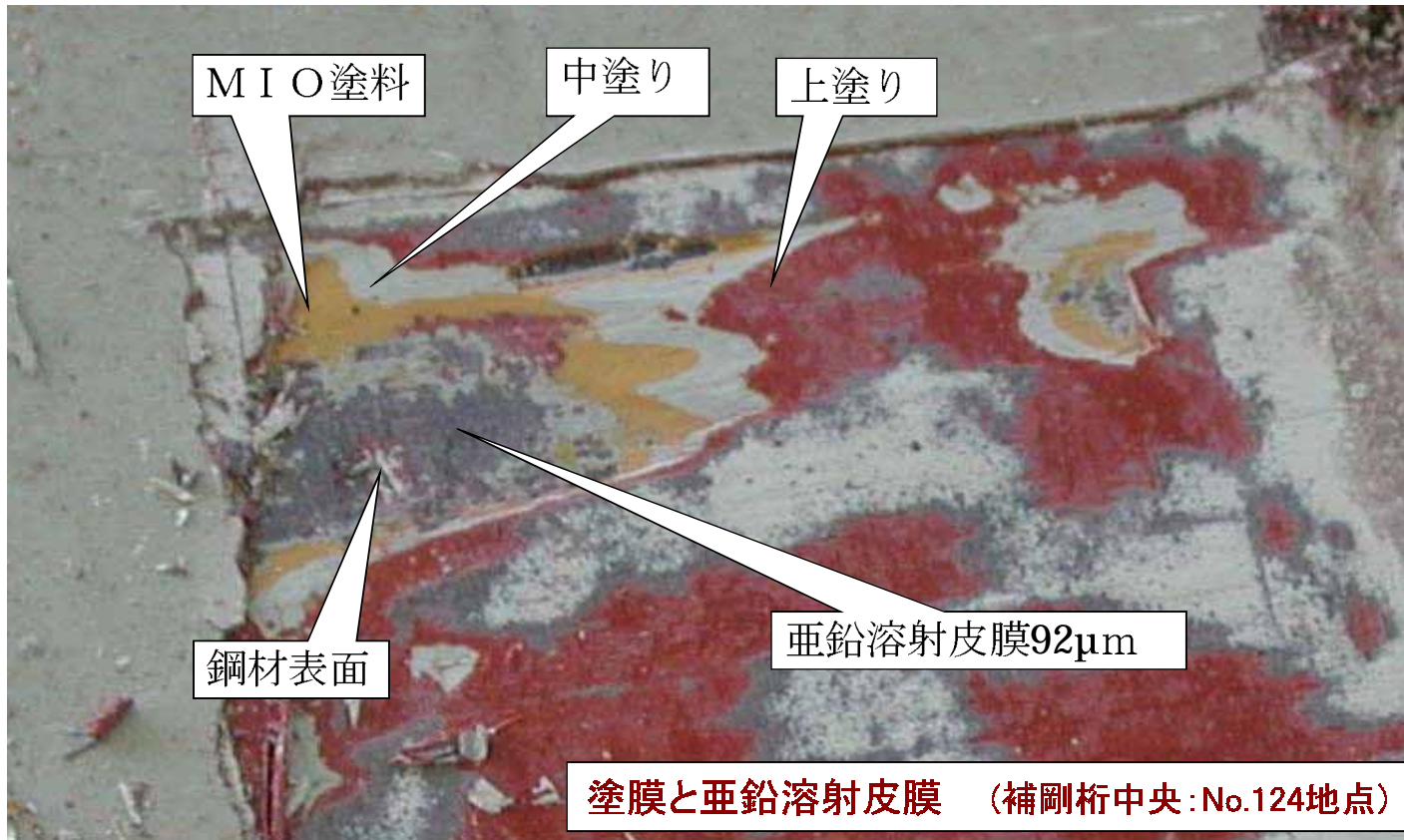
# 門真ジャンクション橋

Al-(5%)Mg合金溶射(2010年)



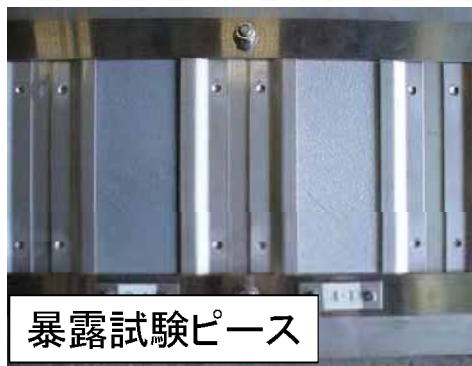
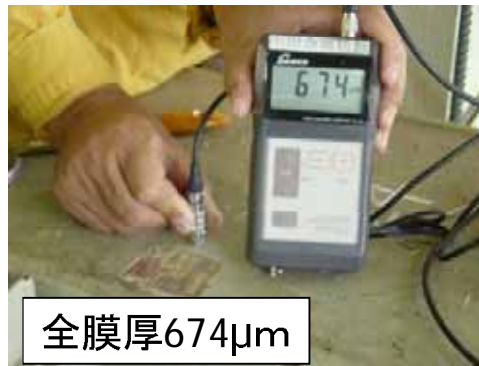
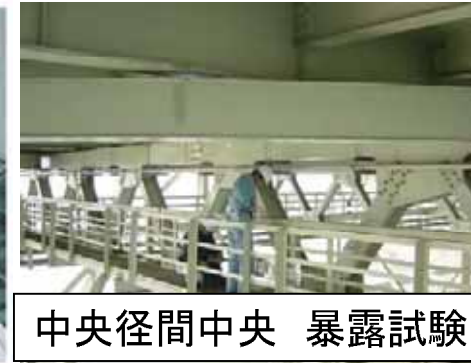
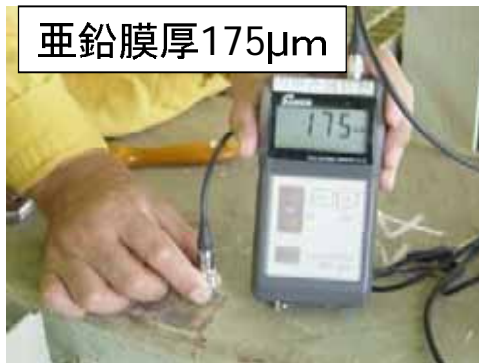
# 関門橋

補剛桁の防食下地に亜鉛溶射を施工。

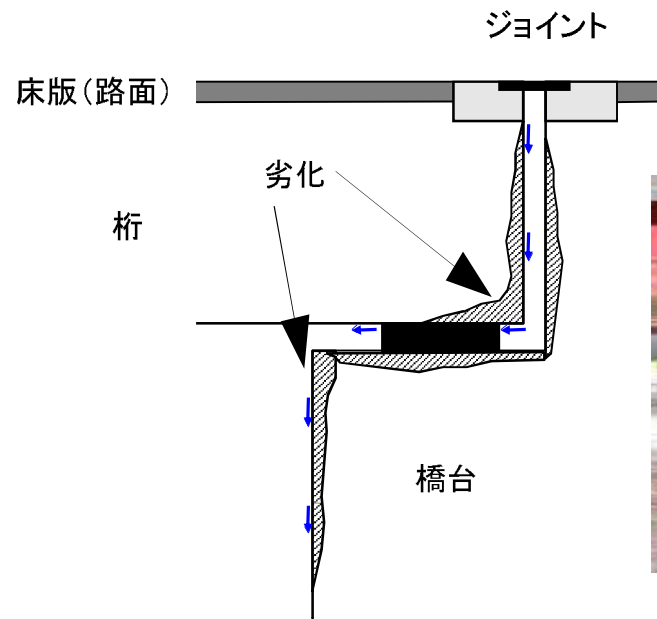


# 関門橋

高力ボルトに腐食あり



# 既設橋における適用例



ジョイント部からの漏水による  
桁端部の腐食

## 【課題】

- ・桁端部が狭小
- ・塗替塗装を実施しても数年で再劣化する事例もある



金属溶射による  
長期防食性の確保

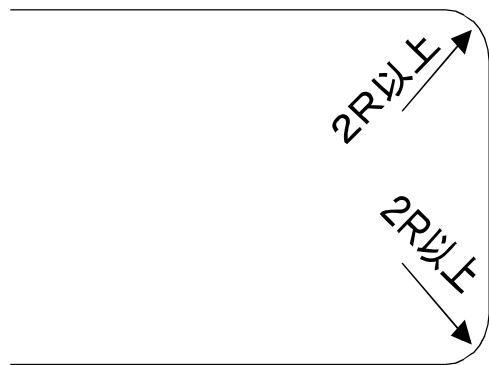
# 設計一般(基本事項)

- 溶射材料 ⇒ Al-Mg (アルミニウム95%・マグネシウム5%)
- 溶射工法 ⇒ ガスフレイム、アーク、プラズマ、プラズマアーク
- 封孔処理 ⇒ 2次封孔までの実施が原則(添接部は無封孔/1次)
- 連結部ボルト ⇒ 溶射ボルトの使用が原則(すべり係数 $\mu=0.45$ )
- 異種金属部分 ⇒ 適切に絶縁すること(シールや絶縁ワッシャー)
- 縁端部分 ⇒ 原則2R以上の曲面加工(予備的に2C)
- 構造細部 ⇒ 溶射の施工を考慮した構造ディテールを採用
- フィンガージョイント ⇒ 耐食性が必要な箇所は金属溶射。  
曲面区間等のフェイス面にはすべり止め構造(アスキッド溶射など)

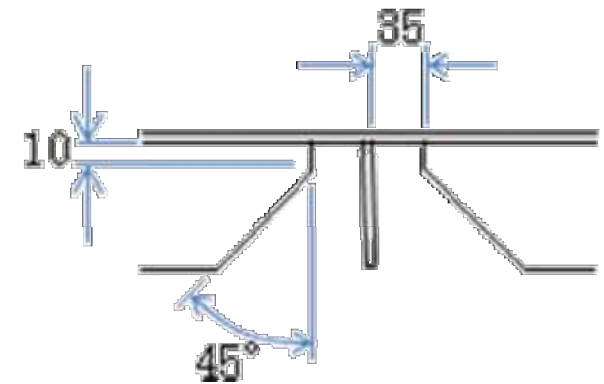
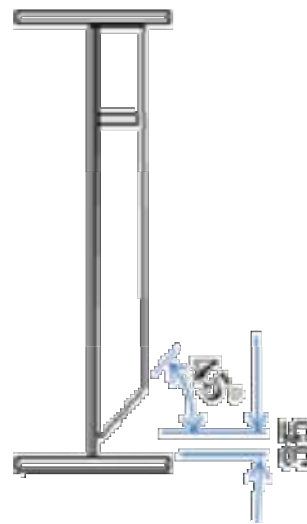


# 溶射の施工性に配慮した構造

金属溶射皮膜の品質が確保できるように、設計上配慮する。また、既設構造物は、現場で構造を改良する。



- 材料縁端の曲面加工



- 垂直補剛材や水平補剛材

# 要求性能

- Al-Mg合金溶射皮膜の要求性能および性能照査試験は下記の2項目

| 項 目    | 要求性能         | 性能照査試験   |
|--------|--------------|--|
| 1) 耐食性 | 十分な耐久性を有すること | 複合サイクル試験(6,000時間)<br>基準値: 赤さびの発生がないこと<br>(膜厚100~300 $\mu$ m; 無封孔の皮膜) |
| 2) 付着性 | 十分な付着性を有すること | 引張密着強さ試験(JIS B 7721)<br>基準値: 4.5N/mm <sup>2</sup> 以上                 |

# 複合サイクル試験

- 複合サイクル試験：（中性塩水噴霧サイクル試験）  
塩水噴霧 ⇒ 熱風乾燥 ⇒ 湿潤 を繰り返す



スガ試験機株式会社製複合サイクル試験機

型式:ISO-3-CY-R 製造番号:WYX 90329

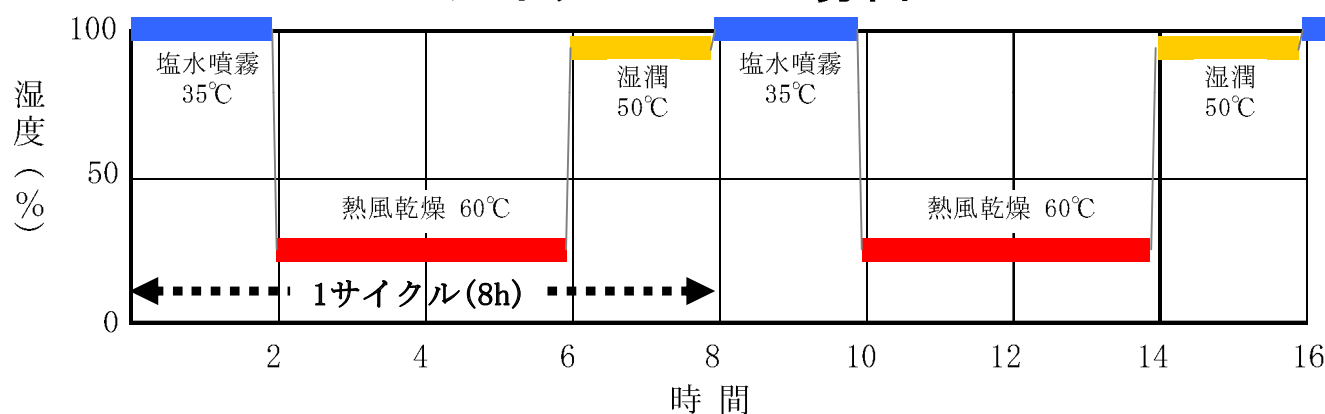


試験体設置状況

# 複合サイクル試験の方法





- JIS H 8502(めっきの耐食性): 1サイクル8時間(750サイクル)  
塩水噴霧(2h) ⇒ 乾燥(4h) ⇒ 湿潤(2h)
- JIS K 5600-7-9 サイクルC(塗装の耐食性): 1サイクル6時間(1000サイクル)  
塩水噴霧(0.5h) ⇒ 湿潤(1.5h) ⇒ 熱風乾燥(2h) ⇒ 温風乾燥(2h)

## 1サイクル8hの場合



# Al-(5%)Mg合金溶射の耐食性 (TAPSI法)

- 複合サイクル試験6,000時間後のAl-(5%)Mg合金溶射皮膜の状態を確認。
- 試験片のクロスカット部からもほとんど錆が認められず、Al-Mg合金溶射は高い防食性を有している。

|           | プラズマアーク溶射(封孔有) P6  | C5塗装(Sa 2 <sup>1/2</sup> ) C2  |
|-----------|--|--|
| 試験前       |                     |                             |
| 6000時間試験後 | <br>(異常なし, +0.31g) | <br>36<br>(腐食レベルⅢ, -1.32g) |

# 引張密着力試験

- 皮膜の密着力を測定する  
基準値は4.5N/mm<sup>2</sup>以上

ポイント:

1. アタッチメント接着前にエッチングプライマーを塗布する。(接着剤の浸透しすぎを抑制する)
2. 引張前にアタッチメント周辺の皮膜を切断する。



# Al-Mg溶射の仕様・基準等

| 工 程               |         | 仕様・基準等   | 作業間隔               | 備 考   |
|-------------------|---------|--|--------------------|---|
| 素地調整              | ブラスト処理  | 除せい度: Sa3<br>表面粗さ: Ra 8 $\mu$ m以上<br>Rz 50 $\mu$ m以上 |                    | ISO8501-1<br>および<br>JISB0601                      |
| 工場溶射              | Al-Mg溶射 | アルミニウム(95%)・マグネシウム(5%)合金線                            | 4h以内               | 100 $\mu$ m以上                                     |
| 工場<br>封孔処理<br>/塗装 | 1次封孔処理  | 封孔処理剤(ミストコート)  | 7h以内               | 125g/m <sup>2</sup> ×2回塗り<br>※1<br>添接部裏面は2次封孔はしない |
|                   | 2次封孔処理  | 封孔処理剤  | 24h以上かつ<br>30日以内※2 |   |
|                   | 仕上げ封孔処理 | 封孔処理剤(着色あり)  | 24h以上かつ<br>30日以内※2 | 必要に応じて実施  |

※1 封孔剤の使用量は、材料によって異なる。表記は使用量の1例を示したもの。 38

※2 封孔処理の間隔は、環境によっては必ずしも30日以内の施工を要しない。

# Al-Mg溶射の施工(必要資格)

- 技術者の資格

| 工種    | 必要資格                   | 備考                |
|-------|------------------------|-------------------|
| 指導・管理 | 溶射技能士                  | 技能検定制度<br>(国家資格)  |
| 素地調整  | 作業講習または溶射管理技術者としての必要資格 | 各種溶射協会<br>実施講習修了者 |
| 金属溶射  |                        |                   |
| 封孔処理  |                        |                   |



# 金属溶射の施工の流れ



素地調整  
(ブラスト)



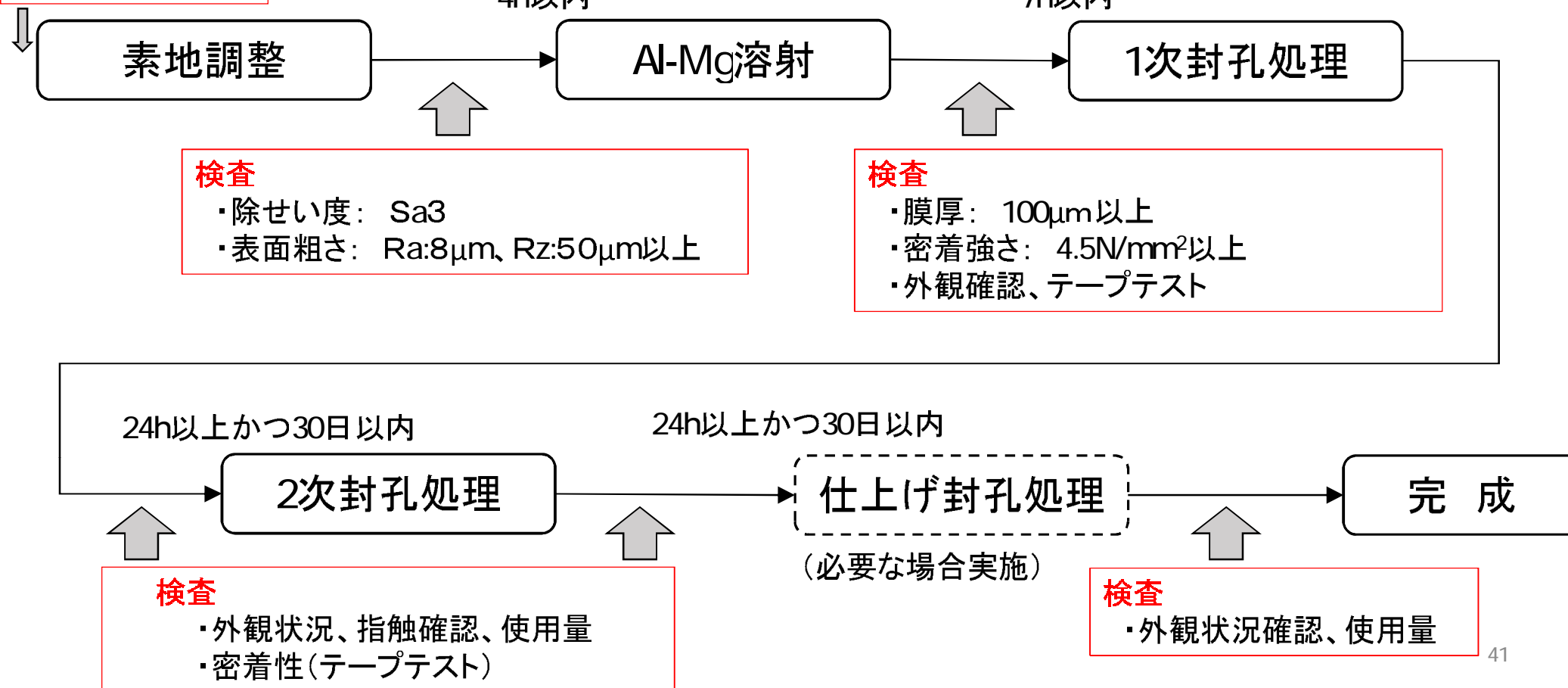
金属溶射  
(TAPS工法)



封孔処理  
(1次・2次封孔)

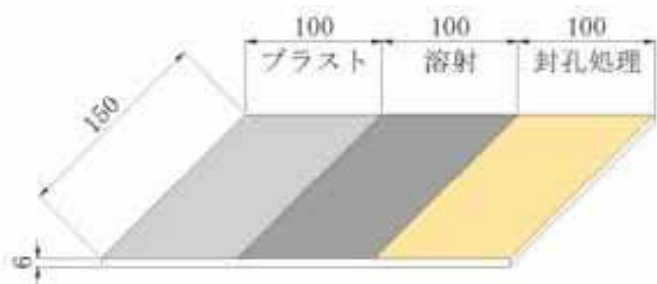
# 施工手順

作業環境の確認

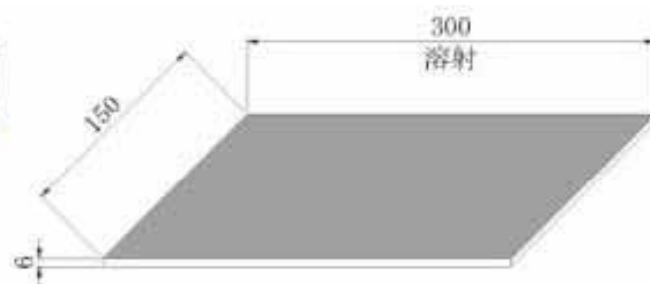


# 事前確認試験（見本板と技能試験）

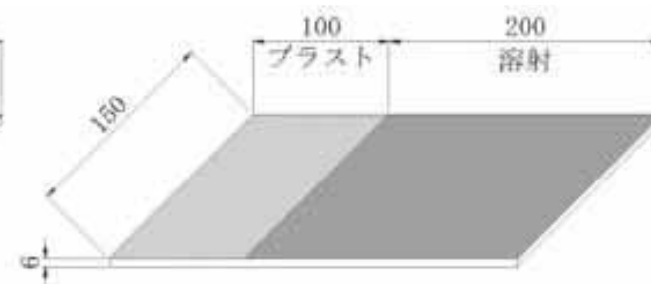
- 本施工前に、下記の標準見本板等を作成して品質確認する。



試験体 (A-1, A-2)



試験体 (A-3)



試験体 (B)

| 試験体                 |     | 用途          | 作成方法                              | 試験項目               |
|---------------------|-----|-------------|-----------------------------------|--------------------|
| 試験体 (A)<br>(各1体)    | A-1 | 監督員提出用      | 片面ブラスト後3分割し、ブラスト、溶射、封孔までの3段階を作成する | 外観、表面粗さ、皮膜厚さ       |
|                     | A-2 | 標準見本板(現場常備) |                                   | 外観、表面粗さ、皮膜厚さ       |
|                     | A-3 | 破壊試験用       |                                   | 外観、表面粗さ、皮膜厚さ、引張密着性 |
| 試験体(B)<br>(1体/1技能者) |     | 技能試験用       | 片面ブラスト後、2/3を溶射する                  | 外観、表面粗さ、皮膜厚さ、引張密着性 |

# 金属溶射の品質管理【① 作業環境】

- 作業環境の整備(使用機械および施工面の養生等の確認)
- 作業環境:確認は2回/日(午前および午後)
  - ☆天候:降雨・降雪・強風等がないこと(防護内は別途)
  - ☆気温:5°C以上
  - ☆湿度:85%以下
  - ☆表面温度:露点より3°C以上高いこと(JIS H 8300)



施工面の養生例



施工箇所の温湿度の確認



## 金属溶射の品質管理【② 素地調整】

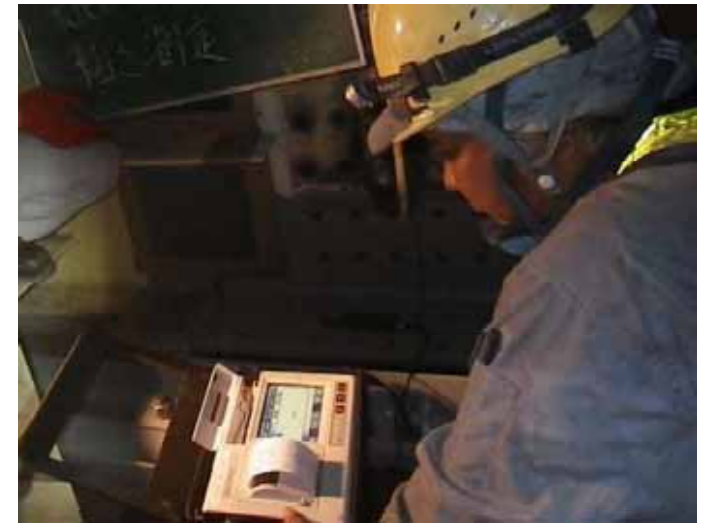
- 除せいで度: Sa3の仕上りを確保。限度見本版 (ISO 8501-1) や標準見本版 (A-2) と対比
- 表面粗さ: 触針式の表面粗さ計測  $Ra \geq 8\mu\text{m}$ 、 $Rz \geq 50\mu\text{m}$
- 仕上り程度: レーザー散乱光粗さ計による検査・確認 (保全工事などで実施)



限度見本版との対比  
(ISO 8501-1)



標準見本版との対比  
(A-2)



触針式の表面粗さ計測<sub>44</sub>

# 素地調整の重要性

ブラスト処理後の粗さは金属溶射や塗装寿命に大きく影響

ISO 8501:1988目視評価・粗さ特性

## ■ブラスト材

珪砂やガーネットなどの鉱物  
スチールグリッドやアルミナ系研磨剤

## ■ブラスト施工

乾式: 圧搾空気(3~5kg/cm<sup>2</sup> : 0.3~0.5 MPa)  
湿式: 水(水のみ, 研磨材(ブラスト材)を混入; 0.5~200MPa)  
(開発中で現在は特殊な場合を除いて使われていない)

## ■ブラストの品質

表面粗さ  
除せい度

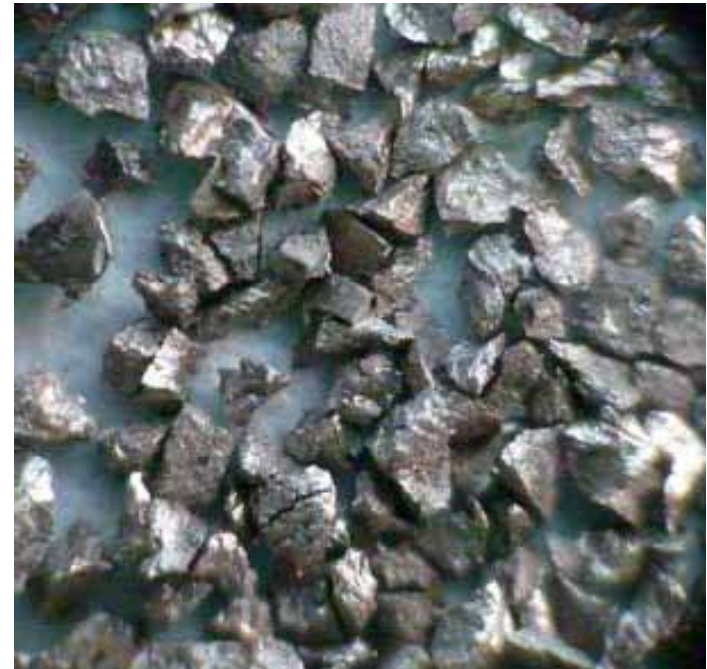
# 研削材の種類

**ショット** : 球形状の粒子  
(長径が短径の2倍以内)



鋳鋼ショット

▶ **グリット** : りょう角をもつ角張った粒子  
(金属溶射の素地調整に使用する)



スチールグリット

# 研削材の種類

- 研削材は、大きく分けて金属系研削材と非金属系研削材がある。形状では、前述のように、ショット(球形状粒子)とグリット(角張った粒子)がある。

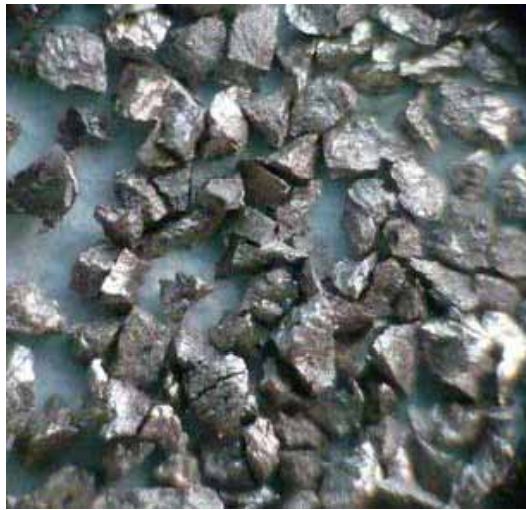




# 金属溶射で用いられる研削材

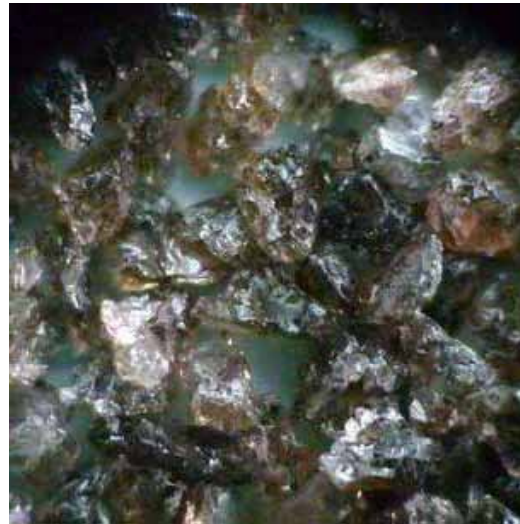
- 金属溶射で良く用いられる研削材は、以下のものがある。

スチールグリット(G70)  
(0.425~1.0 mm)



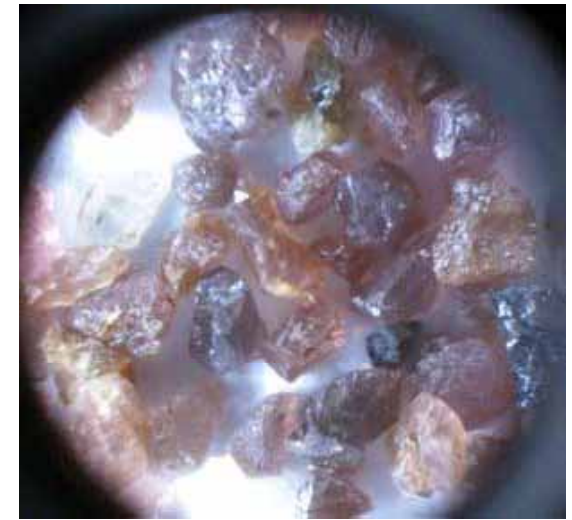
(主に工場;再利用に向いている)

熔融アルミナ(A; #24)  
(0.6~0.85 mm)



(現場でも用いられる。また、非金属系で補修用に用いる)

ガーネット(ざくろ石)  
(TYPE-2) (0.3~0.8 mm)



# ブラスト機の種類

- ブラストの種類は大きく分けて、研削材の湿潤状態によって、乾式と湿式があり、研削材を投射する方式によって、遠心式、エアース式、ウォータージェット式などがある。

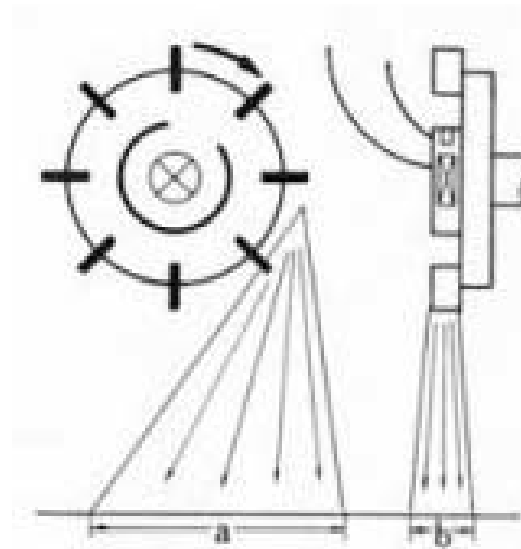


# 遠心式ブラスト機

- 回転はねなどの遠心力によって研削材を投射する。
- 主にショット系の研削材を用いる。  
(粗いアンカーパターンが必要な金属溶射には不向き)



遠心式ブラスター



# エアークラフト

- 直圧式のクラフト

中型のものが金属溶射の現場で用いられている。



スタンダードタイプ  
(88~490リットル)



ミニタイプ(20リットル)

# バキュームブラスト

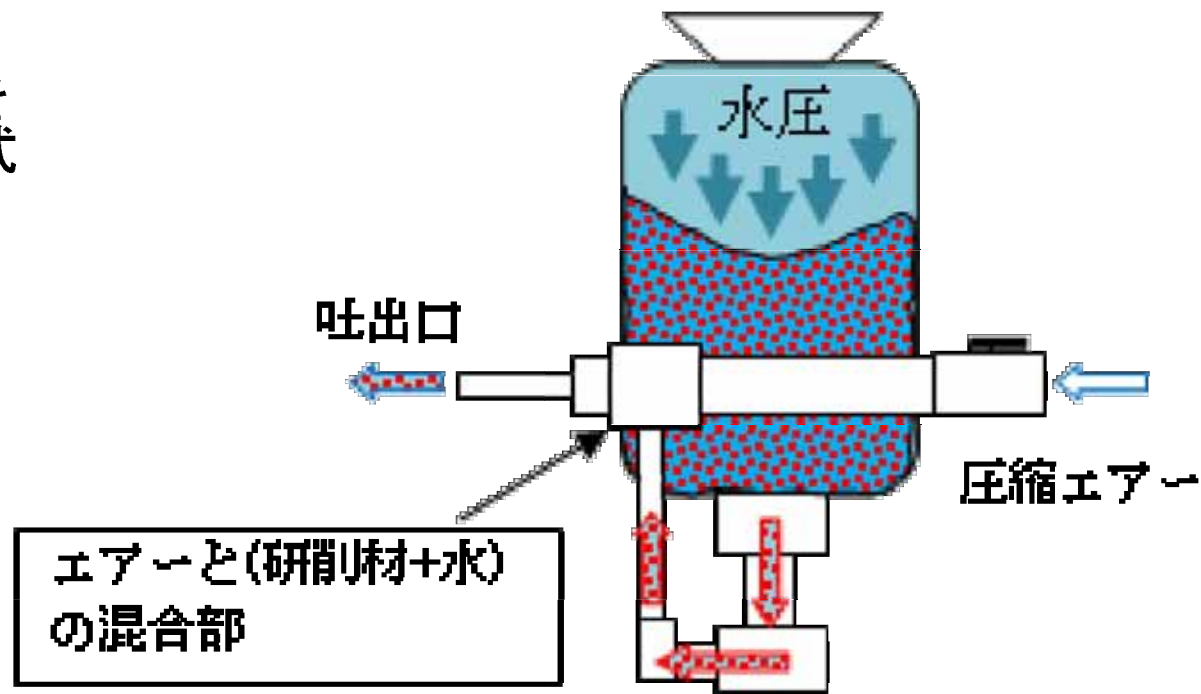
- エアーブラストに吸引機能をつけて、粉じんの発生を抑制したもの



バキュームブラストの例

# モイスチュアブラスト(湿粒ブラスト)

- 水と混合した研削材を  
エアーで噴出する方式



湿粒ブラストの構造例



# ブラスト機の比較



## サンドブラスト

5MPa程度の圧縮空気に「砂」を入れて、鋼材に吹き付ける作業跳ね返り防止の防護服が必要、粉塵で見えないため、熟練が必要。  
JIS規格から外れた。



## 乾式ブラスト

材料: スチールグリッド、アランダム  
ガーネット、アルミナ、砂



## 湿粒ブラスト

ブラスト材と水を混合した  
新たな方法

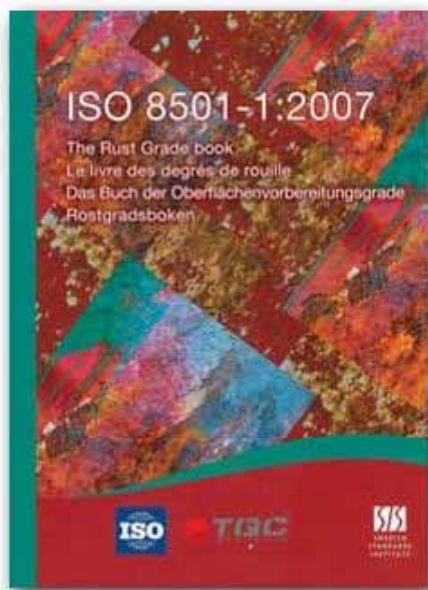
材料: スチールグリッド、アランダム  
ガーネット、アルミナ砂

現地での作業条件の改善、騒音、粉塵対策として有効



# ブラストの品質（鋼板のさび度）

- ISO 8501-1では、鋼板のさび状態を4段階に分けている。



- **グレードA**: 大部分が固いミルスケールで覆われ、さびはあってもごくわずかである。
- **グレードB**: さびが発生し始めており、ミルスケールははく離し始めている。
- **グレードC**: 全面がさびに覆われ、ミルスケールはあっても容易にかき落とせる。
- **グレードD**: 全面がさびに覆われるとともに、鋼材素地面にかなりの孔食が認められる。

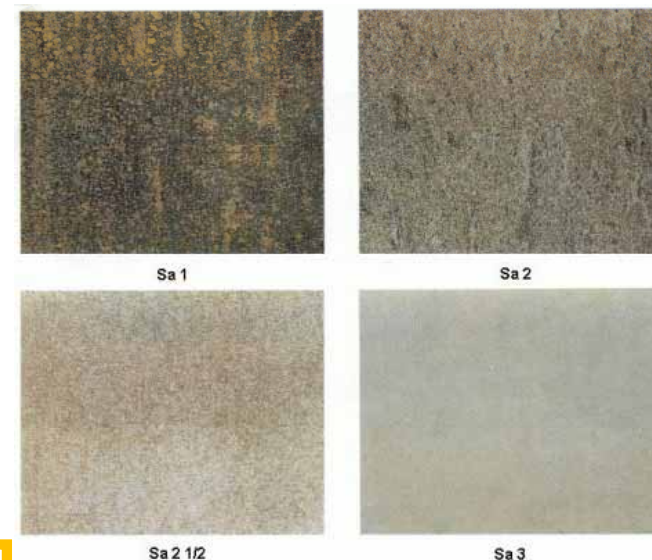
# ブラスト処理のグレード

- ▶ ISO、JISでは、ブラスト処理のグレードを4段階に分けている。
- ▶ Al-Mg合金溶射はSa3を確保する。

## 除せい度のグレード

| 除せい度               | 鋼材表面の状態   |
|--------------------|---|
| Sa1                | 拡大鏡なしで、表面には弱く付着したミルスケール、さび、塗膜、異物、目に見える油、グリース及び泥土がない。  |
| Sa2                | 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している。                       |
| Sa2 <sup>1/2</sup> | 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、そのこん跡が斑点又はすじ状のわずかな染みだけ認められる程度である。 |
| Sa3                | 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。                                 |

## ISO 8501-1



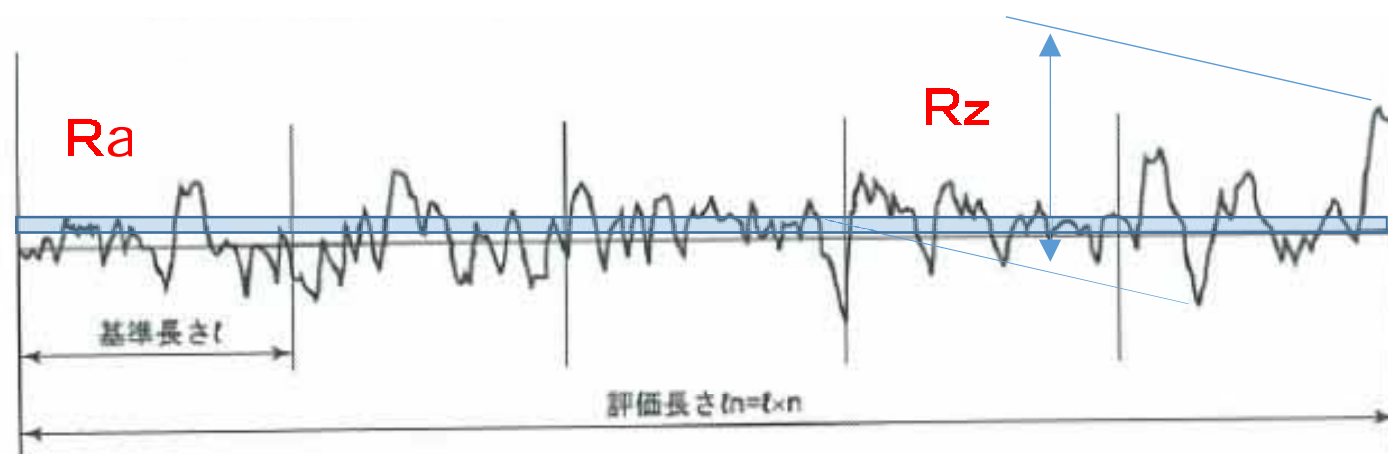
# 表面粗さ

- 金属溶射の投びよう効果を得るためには、ブラスト処理後の素地調整面の表面粗さ(アンカーパターン)が必要。
- 処理が足りないと金属溶射皮膜は剥がれやすくなる。

Ra: 算術平均粗さ

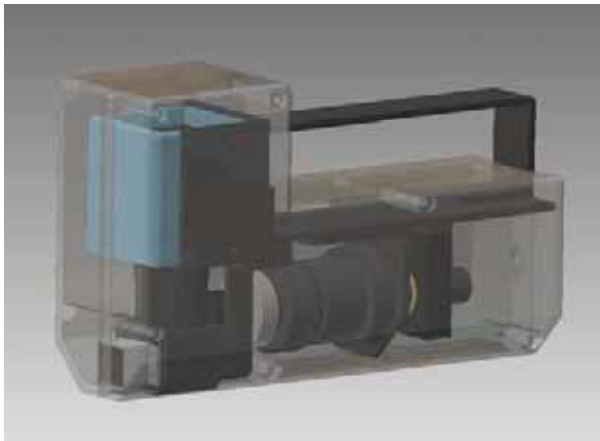
Rz: 最大高さ粗さ

RSm: 粗さ曲線要素の平均長さ。(Pc: ピッチの逆数)

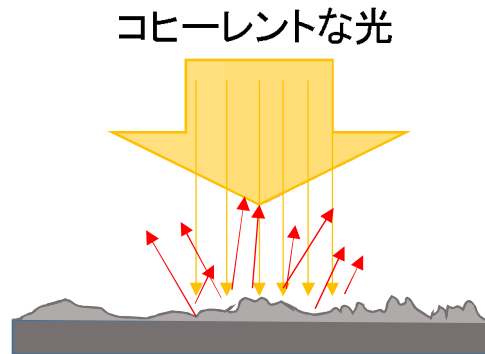


※ 最大高さ粗さ: JIS B 0601:1994および1998では別記号(Ry)

# 素地調整面評価の取組み (レーザー散乱光粗さ計: TAPS Tester)



本体 (PC部)



反射の輝度分布により評価



レーザー散乱光粗さ計による  
ブラスト処理面の仕上り程度確認



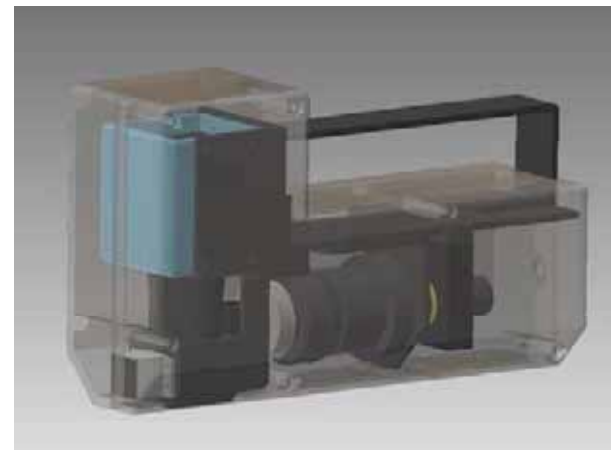
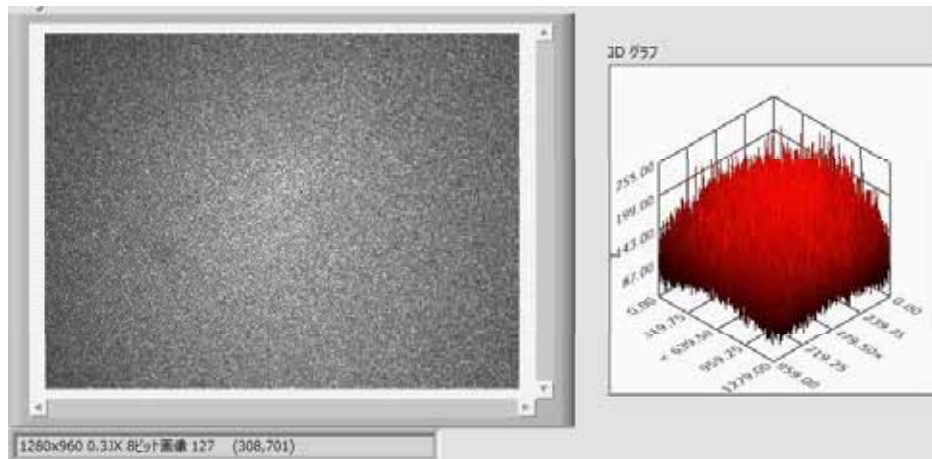
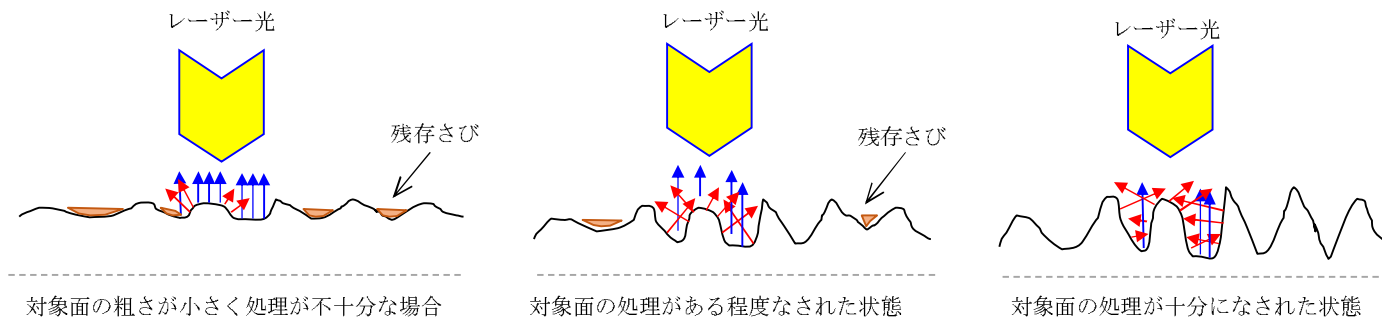
センサー部

コントローラー  
(表示部)



# レーザー散乱光粗さ計の原理

- レーザー照射光の輝度分布をみて、素地調整程度を評価・判定する



## 金属溶射の品質管理【③ 金属溶射】

- 作業間隔: ブラスト作業完了から4時間以内
- 外観目視: 著しいスパッタ、膨れ、割れ等がないこと。標準見本板(A-2)と対比
- 皮膜厚さ: 100 $\mu$ m以上 (5測点/部位)(電磁式膜厚計)
- 密着強さ: 十分な密着性が確保されていること(密着強さ: 4.5N/mm<sup>2</sup>以上; 1測点/部位)



外観目視(標準見本板との対比)



触針式の表面粗さ計測



テープテスト

## 金属溶射の品質管理【④ 封孔処理】

- 作業間隔：金属溶射作業完了から7時間以内(1次封孔。1次から2次は1～30日)
- 外観目視：著しい塗料の垂れ、気泡、色ムラ等がないこと。標準見本板(A-2)と対比
- 密着性：テープテスト
- 使用量：空缶確認・検査



外観目視(標準見本板との対比)



テープテスト



空缶検査

# 封孔処理

- 金属溶射皮膜はポーラス(皮膜内部に細かい気泡を有している)ため、封孔処理をすることによって、更に耐食性能を向上させることができる。また、着色は自由である。
- 封孔剤は、ふっ素系塗料、エポキシ樹脂塗料、アクリル系塗料などが使用されている。





- 金属溶射の概要
- 防食の考え方
- 溶射の種類・工法
- NEXCC西日本における品質管理の例  
(既設橋梁の補修における新たな取組み)
  - 要求性能
  - 仕様基準
  - 施工手順・構造詳細の概要
- その他(溶射ボルト、溶射ジョイント)

# 溶射高力ボルト

- Al-Mg溶射ボルトとは、高力六角ボルト(F10T)やトルシア形高力ボルト(S10T)にAl-Mg合金溶射を施したものであり、工場出荷時から表面に溶射皮膜を有しているもの。

溶射ボルトの摩擦接合のボルト許容力

| ねじの呼び | ボルトの等級 |      |
|-------|--------|------|
|       | F10T   | S10T |
| M22   | 54     | 54   |
| M24   | 63     | 63   |

(kN)



Al-Mg溶射高力六角ボルト  
(全面溶射)

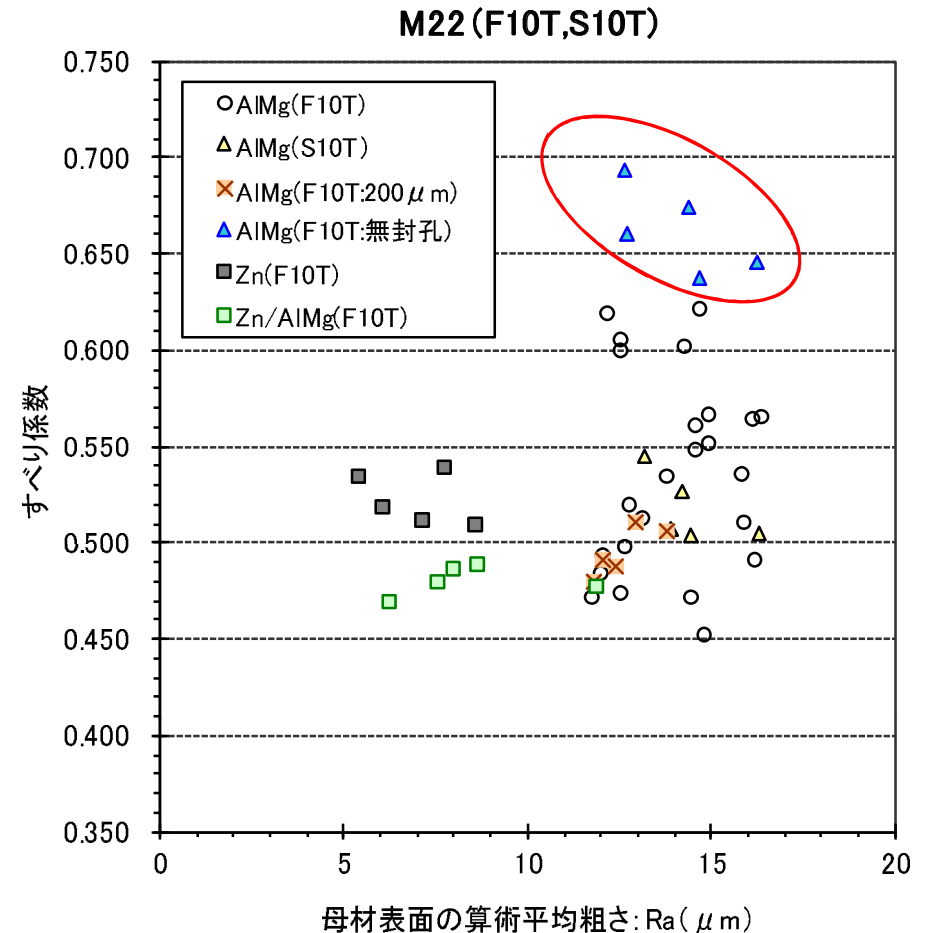


Al-Mg溶射トルシア形高力ボルト  
(頭部溶射:箱桁接合部などで使用)

溶射ボルト(高力六角F10T・トルシア形S10T)

# 溶射ボルトの特長

- 熱影響がないため、高強度を実現(F10T)
- Al-Mg合金溶射皮膜と同等の、優れた長期耐食性を有する。なお、Al-Mg合金溶射皮膜のすべり係数は高く(無封孔では0.6以上)、将来的には経済設計に資する。
- 優れた耐疲労性、長期性能を有する。
- ナット回転法により施工をしている。



# 溶射ボルトの製造例

- ロボット施工によって、溶射皮膜が均一化し、安定した導入軸力が得られる。



# 溶射ボルトの使用例

- 門真JCT橋



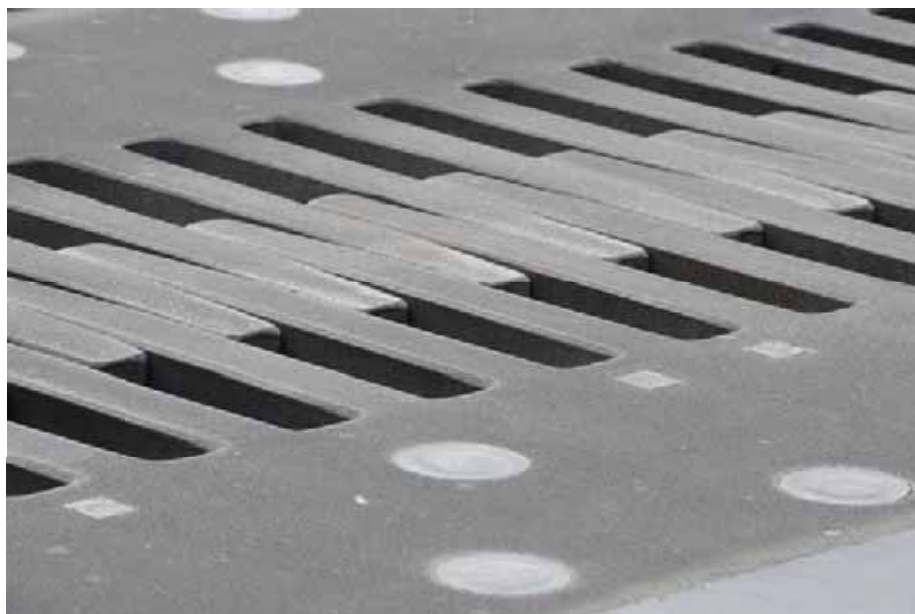
高力六角溶射ボルト



トルシア形溶射ボルト

伸縮装置  
**滑り止め金属溶射**  
沖縄自動車道

フェイス面への耐磨耗金属溶射  
伸縮装置全体にAl-Mg(5%)合金溶射 防食処理



# おわりに

- 既設橋梁の桁端部における損傷への対応
  - ① プラズマアーク溶射  
溶射ガンの小型化によって、狭隘部での施工が可能
  - ② 溶射材料にAl-(5%)Mg合金  
防食効果が高い
- 金属溶射皮膜の品質は、細部にわたる厳しい品質検査・工程管理によって確保される。特に、素地調整の品質管理(除せい度や表面粗さ)が重要。

ご清聴ありがとうございました。