

モイスチャーブラストの実用性調査

(社) 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
現場施工技術の開発分科会

1. 調査の目的

鋼構造物の塗装前素地調整方法としてブラスト処理はきわめて有効であり、必要かつ十分な素地調整が可能である。このため、鋼橋の新設塗装ではブラスト処理が採用されている。

新設塗装の場合の素地調整は工場で実施されるので、ブラスト処理を行なう上で特に不都合な点は見られない。しかし、塗替塗装の場合は鋼橋が架設されている現場での施工となるので、周辺環境に対しての影響を重視しなければならない。

現場におけるブラスト処理の大きな問題点は研削材や除去塗膜などの粉塵飛散による公害問題であり、これまで塗替塗装においてブラスト処理が採用されるケースの少なかったのは粉塵飛散がネックになっていたためである。

しかし、塗替えにおいても高耐久性塗装が求められるようになり、現場ブラスト処理の必要性が高まってきた。

本調査では研削材や塗膜などを少量の水で湿らせて粉塵飛散を防ぐモイスチャーブラストについて環境への影響(粉塵の飛散程度、騒音など)、作業効率、研削材の使用量などを通常の乾式ブラストとの比較で現場ブラストにおける実用性を確認することを目的とした。

また、モイスチャーブラストはターニング防止のため、使用する水の中に1% wtのインヒビターを添加しているが、このインヒビターの塗膜に対して悪影響の有無も確認する。

2. モイスチャーブラストの機構

粉塵発生を抑制する方法として湿式ブラストおよびウォータージェットブラストがあるが、いずれも使用する水量が多く、排水の容易な場所でなければ適用できないなどの制約がある。モイスチャーブラストは、素地調整用ブラスト処理方法通則に記載されている一方法である。この方法は分類上では乾式、湿式のいずれにも属さない独立したものである。

モイスチャー機構はブラストノズルの廻りに4個の噴射水ノズルを設け、少量の水を噴射させて研削材を被処理面に到達する前に湿潤させ、研削材や塗膜粉塵などの飛散を防ぐものである。モイスチャーブラスト装置を図-1に示した。

3. 調査実験実施年月日および場所

実施年月日：平成12年9月7日～8日

実施場所：新潟県豊栄市 (株)金田塗装工業 豊栄工場内

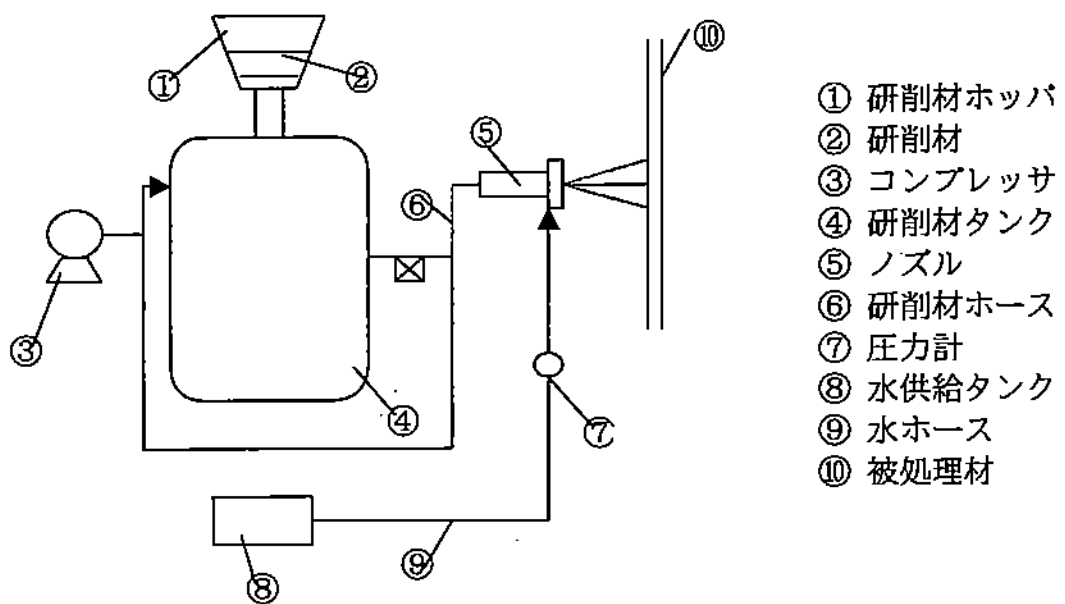
4. 調査実験の条件

1) ブラスト方法

- ・モイスチャーブラスト (水道水使用、インヒビター：1% wt 添加)

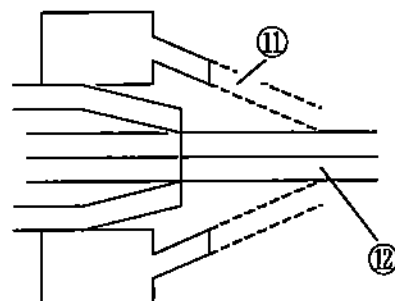
- ・乾式ブラスト（比較用）
- 2) ブラストの条件
- ・ブラストタンク吐出圧：0.6MPa
 - ・ブラストホース長さ：40m
 - ・ブラストノズル径：10mmφ
 - ・モイスター噴射ノズル：0.06L/秒×4個
 - ・モイスター噴射水圧：0.3MPa

図-1 モイスターブラスト装置



- ① 研削材ホッパ
- ② 研削材
- ③ コンプレッサ
- ④ 研削材タンク
- ⑤ ノズル
- ⑥ 研削材ホース
- ⑦ 圧力計
- ⑧ 水供給タンク
- ⑨ 水ホース
- ⑩ 被処理材

ノズル部分の拡大図



- ⑪ 噴射水
- ⑫ 研削材流

3) 供試研削材

- ・ガーネット（#20～#40）：アルミナ系アルマンダイト
- ・ウインドリーム（JF-1600）：スピネル性
- ・サンド（いわき珪砂3号）

4) 供試試験体

- ・ H形鋼

形状 : 高さ 20 cm 幅 20 cm のブラスト処理材

塗装系

A仕様 : 鉛系さび止めペイント → 長油性フタル酸樹脂塗料中塗
→ 長油性フタル酸樹脂塗料上塗

B仕様 : 鉛系さび止めペイント → フェノール樹脂 M I O 塗料
→ 塩化ゴム系塗料中塗 → 塩化ゴム系塗料上塗
(いずれも塗装完了後室内に約 6 ヶ月保管)

- ・ ばくろ鋼板

形状 : 122 cm × 122 cm のブラスト処理鋼板

塗装系

C仕様 : 一般さび止めペイント × 2 回 → 調合ペイント中塗 × 2 回 →
調合ペイント上塗 × 2 回
(塗装完了後屋外に約 6 年間ばくろ)

5) インヒビターの塗膜に対する影響調査のための試験片作成条件

- ・ ブラスト : 研削材はガーネットとし、モイスチャーと乾式ブラストを行なう
素地調整程度は I S O Sa 2¹/₂ とする。

- ・ 試験片 : 70 × 150 × 3.2 (mm²)

- ・ 塗装系

①仕様 : 鉛系さび止めペイント (35 μm) → 長油性フタル酸樹脂塗料中塗
(30 μm) → 長油性フタル酸樹脂塗料上塗 (25 μm)

②仕様 : 変性エポキシ樹脂塗料下塗 (60 μm) → ポリウレタン樹脂塗料用中
塗 (30 μm) → ポリウレタン樹脂塗料上塗 (25 μm)

5. 実験結果

1) H形鋼試験体

試験体		H形鋼 (A仕様)	H形鋼 (A仕様)	H形鋼 (B仕様)	H形鋼 (B仕様)
項目					
試験体塗膜厚 (μm)		198	198	197	197
研削材種類		ガーネット	ガーネット	ガーネット	ガーネット
研削方式		ドライ	モイスチャー	ドライ	モイスチャー
施工面積 (m^2)		0.89	0.89	0.89	0.89
噴出圧力 (MPa)		0.59	0.59	0.59	0.59
研削材使用量 (kg)		138.6 (155.7/ m^2)	150.9 (169.6/ m^2)	119.7 (134.5/ m^2)	118.4 (133.0/ m^2)
噴射水使用量 (L)		—	0.24/分 (0.06 \times 4/分) (2.13/ m^2)	—	0.24/分 (0.06 \times 4/分) (1.67/ m^2)
研削時間 (分)		7分20秒 (8分14秒/ m^2)	7分59秒 (8分58秒/ m^2)	6分20秒 (7分07秒/ m^2)	6分16秒 (7分02秒/ m^2)
清掃時間		—	1分16秒	—	1分50秒
素地調整程度		Sa 2 ^{1/2}	Sa 2 ^{1/2}	Sa 2 ^{1/2}	Sa 2 ^{1/2}
騒音 (db)		86	85	84	84
粉塵程度		Δ	$\odot\sim\circ$	Δ	$\odot\sim\circ$
ターニング程度(時間)		ドライブラストよりモイスチャーブラスト(インヒビター使用)の方がターニングまでの時間は長く、その程度も少ない			
表面 あらかさ	μmRz	—	—	—	—
	μmRy	—	—	—	—

試験体塗膜厚：測定箇所10点の平均

清掃時間：モイスチャーブラスト装置による水とエアープロウによる清掃

騒音：約20m離れた場所より測定

粉塵程度： \odot …ほとんど認められない \circ …若干認められる

Δ …かなり認められる \times …激しく認められる

2) ばくろ鋼板試験体

試験体 項目	ばくろ鋼板 (C仕様)	ばくろ鋼板 (C仕様)	ばくろ鋼板 (C仕様)	ばくろ鋼板 (C仕様)	ばくろ鋼板 (C仕様)	ばくろ鋼板 (C仕様)	
試験体塗膜厚 (μm)	219	219	219	219	227	227	
研削材種類	ガーネット	ガーネット	ウインドリ-ム	ウインドリ-ム	サンド	サンド	
研削方式	ドライ	モイスチャー	ドライ	モイスチャー	ドライ	モイスチャー	
施工面積(m ²)	1.49	1.49	1.49	0.37	0.68	0.81	
噴出圧力 (MPa)	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	
研削材使用量 (kg)	149.0 (100.0/m ²)	125.7 (84.4/m ²)	146.4 (98.3/m ²)	29.4 (79.4/m ²)	52.2 (76.8/m ²)	40.9 (50.5/m ²)	
噴射水使用量 (L)	—	0.24/分 (0.06×4/分) (1.07/m ²)	—	0.24/分 (0.06×4/分) (0.86/m ²)	—	0.24/分 (0.06×4/分) (1.14/m ²)	
研削時間 (分)	7分53秒 (5分17秒/m ²)	6分39秒 (4分28秒/m ²)	6分39秒 (4分28秒/m ²)	1分20秒 (3分36秒/m ²)	4分04秒 (5分59秒/m ²)	3分11秒 (3分56秒/m ²)	
清掃時間	—	2分20秒	—	水+エア-によるブロウは不要	—	水+エア-によるブロウでは不十分	
素地調整程度	Sa2 ¹ / ₂	Sa2 ¹ / ₂	Sa2 ¹ / ₂	Sa2 ¹ / ₂	Sa2 ¹ / ₂	Sa2 ¹ / ₂	
騒音 (dB)	81	80	85	84	86	86	
粉塵程度	△	◎~○	○	◎	×	△~×	
ターニング程度	ドライブラストよりモイスチャーブラスト (インヒビター使用) の方がターニングまでの時間は長く、その程度も少ない						
表面 あらさ	μm Rz	58.4	58.1	40.1	36.7	32.8	43.0
	μm Ry	69.0	70.5	47.2	41.1	42.2	46.1

試験体塗膜厚：測定箇所10点の平均

清掃時間：モイスチャーブラスト装置による水とエア-ブロウによる清掃

騒音：約20m離れた場所より測定

粉塵程度：◎…ほとんど認められない ○…若干認められる

△…かなり認められる ×…激しく認められる

3) インヒビターの塗膜に対する影響

試験条件		塗装系		鉛系さび止め 長油性フタル酸		変性エポキシ ポリウレタン	
		研削方式		ドライブラ スト	モイスチャ ーブラスト インヒビター 使用	ドライブラ スト	モイスチャ ーブラスト インヒビター 使用
水道水 24時間 乾燥 24時間 のサイクル を25回	基盤目試験		3	3	3	3	
	引張 附着 試験	MPa	3.5	5.7	5.0	7.0	
		は く り 層	下塗凝集 40% 中塗凝集 50% 接着剤 10%	下塗凝集 70% 中塗凝集 30%	下塗凝集 70% 中塗凝集 30%	下塗凝集 100%	
屋外ばくろ 7ヶ月	基盤目試験		3	3	3	3	
	引張 附着 試験	MPa	4.5	4.0	7.0	5.6	
		は く り 層	下塗凝集 30% 上塗凝集 70%	下塗凝集 30% 上塗凝集 70%	下塗凝集 60% 接着剤 40%	下塗凝集 50% 接着剤 50%	

・基盤目試験の評価

基盤目は5mm×9個とし、次により評価した。

はく離状態				はく離 50%以上
評価点(RN)	3	2	1	0

・引張附着試験の評価

引張附着試験はエルコメーター社の引張附着試験機を用いて行なった。

6. 考察

1) 研削効率と研削材使用量

研削時間と研削後の清掃時間を比較すると次のようになる。

研削方式	乾式		モイスチャー	
	研削時間	清掃時間	研削時間	清掃時間
H形鋼 (ガーネット)				
A仕様	8分 14秒/㎡	不用	8分 58秒/㎡	1分 16秒/0.9㎡
B仕様	7分 07秒/㎡	不用	7分 02秒/㎡	1分 50秒/0.9㎡
はくろ鋼板				
ガーネット	5分 17秒/㎡	不用	4分 28秒/㎡	2分 20秒/1.49㎡
ウインドリーム	4分 28秒/㎡	不用	3分 36秒/㎡	不用
サンド	5分 59秒/㎡	不用	3分 56秒/㎡	不可

清掃時間:モイスチャーブラスト装置による水とエアブローでの清掃時間を示した。

- ・H形鋼(研削材はガーネットのみ)では研削方式による研削時間の差異ほとんどない。モイスチャーの場合はこれに清掃時間が加えられる。清掃には15~20%のタイムオーバーが見込まれる。
- ・はくろ鋼板では研削時間だけを見ると乾式よりモイスチャーの方が効率は良好である。ウインドリームの場合、清掃は不要であるが、ガーネットはこれに清掃時間が加えられる。サンドの場合はモイスチャー装置による水とエアブローでの清掃は不可能である。

研削材の使用量は、ガーネット:18.9kg/分、ウインドリーム:22.02kg/分、サンド:12.84kg/分である。

これをはくろ鋼板処理時の使用量/㎡に換算すると次のようになる。

研削材	乾式	モイスチャー
ガーネット	100.0/㎡	84.4/㎡
ウインドリーム	98.3/㎡	79.4/㎡
サンド	76.8/㎡	50.5/㎡

この結果から使用量は研削材ではサンドが最も少なく、ついでウインドリーム、ガーネットの順になり、研削方法ではモイスチャーの方が少なくなる。

2) 環境への影響

(1) 粉塵飛散の程度

粉塵飛散程度の評価として ◎…ほとんど認められない ○…若干認められる △…かなり認められる ×…激しく認められる とした場合、○…若干認められる程度以下であれば現場の条件にもよるが、従来の防護設備でも概ね適用可能と判断できる。

ただし、加工面に直接当たらない研削材は直線的に強く噴出するので遮断壁の設置など何らかの対策が必要であると思われる。

この範囲に入るのはガーネットのモイスチャーとウインドリームの乾式

およびモイスチャーである。ウインドリームのモイスチャーは粉塵が瞬時に降下し、舞い上がるような粉塵はほとんど認められず最良である。

サンドの場合はモイスチャーでも粉塵飛散抑止は不十分であり、また、粘着を帯びた研削材の除去（清掃）が難しい。

(2) モイスチャーの噴射水

噴射水は処理面積当りの使用料として 2.13 L/m^2 （ガーネットでA仕様のH形鋼処理の場合） $\sim 0.86 \text{ L/m}^2$ （ウインドリームでばくろ鋼板処理の場合）であった。

廃水処理については水のみを対象として考えた場合は、この程度であれば研削材にかなりの量が吸着するので特別な対策は必要ないと判断できる。

(3) 騒音

騒音は約20m離れた場所より測定した値で80～86dbであり、乾式とモイスチャーあるいは研削材間での差異は少ない。

（騒音は風などの影響を受けるので測定値は概ねのものである。）

(4) インヒビターの塗膜に対する影響

水道水浸漬（サイクル試験）および屋外ばくろ後の塗膜の付着生試験結果では、ドライブラストとインヒビターを使用したモイスチャーブラスト間の有意差は認められなかった。

モイスチャーブラストの実用性調査追加実験

1. 調査の目的

先の実用性調査実験では、研削材にサンドを使用した場合のモイスチャーブラストでは粉塵飛散抑止効果が不十分であり、また、加工面に付着した研削材の除去（清掃）が困難であった。

これらの問題を解決するためにモイスチャー発生装置の改良、噴射水量の調整などを試みた。

2. モイスチャー発生装置の改良

1) 噴射水圧のアップ

噴射ポンプを電気方式からダイヤフラム方式に変更し、水圧を 0.3MP a から 0.6MP a とし、ブラスト吐出圧力と同等以上とした。

2) 噴射水量の増量

噴射水量を 0.24L/分 (14.4L/時間) から 0.67~0.83L/分 (40~50L/時間) とした。

サンドの吸水量が 10~20% であり、この量は概ねサンドに吸収される。

3. 調査実験実施年月日および場所

実施年月日：平成 13 年 3 月 12 日

実施場所：栃木県安蘇郡 ブラスト工業(株)構内

4. 調査実験の条件

1) ブラスト方法

- ・モイスチャーブラスト（水道水使用、インヒビター：1% 添加）
- ・乾式ブラスト（比較用）

2) ブラストの条件

- ・ブラスト吐出圧：0.5MP a
- ・ブラストホース長さ：10M
- ・ブラストノズル径：10mm ϕ
- ・モイスチャー水圧：0.6 MP a
- ・モイスチャー水量：0.67~0.83L/分

3) 研削材

サンド（いわき 3号、4号）

5. 供試試験体

さび発生鋼板 ISO C 程度のさび

6. 実験結果

研削材種類	サンド 3号+4号	サンド 3号+4号	サンド 3号+4号	サンド4号
研削方式	ドライ	モイスチャー	モイスチャー	モイスチャー
施工面積 (m ²)	1.0	1.0	1.0	1.0
噴射水圧力 (MPa)	—	0.6	0.6	0.6
噴射水使用量 (L/分)	—	0.83 (50 L/時間)	0.67 (40 L/時間)	0.67 (40 L/時間)
研削材使用量 (kg/m ²)	24	25	25	19
研削時間 (分/m ²)	2.8	3.2	3.2	3.3
清掃時間 (秒/m ²)	—	30	30	30
素地調整程度	Sa 2 ¹ / ₂	Sa 2 ¹ / ₂	Sa 2 ¹ / ₂	Sa 2 ¹ / ₂
粉塵程度	×	◎	○	○

粉塵程度 : ◎…ほとんど認められない ○…若干認められる
 △…かなり認められる ×…激しく認められる

7. 考察

1) 研削効率

モイスチャー発生装置の改良によって、研削材がサンドの場合でも加工面に付着した研削材の除去（清掃）が可能になった。

研削効率については、モイスチャーブラストでは清掃時間を含めると、ドライブラストの約20%増となる。

2) 研削材使用量

研削材使用量はモイスチャーブラストとドライブラストではほとんど同一である。

3) 粉塵飛散の程度

粉塵飛散の程度ドライブラストは激しく認められるに対して、モイスチャーブラストでは噴射水量が0.67L/分の場合若干認められ、0.83L/分の場合はほとんど認められない。

噴射水の量は多くなるが、サンドの吸水量は10~20%であり、噴射水量が0.83L/分の場合でもサンド吐出量の約10%程度となるので、この量はサンドに吸収されると考えられる。

8. 今後の方針

今回の調査実験は鋼板や形鋼を用いた地上での小範囲のものであったが、今後は実橋を用いたコマーシャルベースでの調査を実施して行きたい。

現場施工技術の開発分科会メンバー（北陸地区）

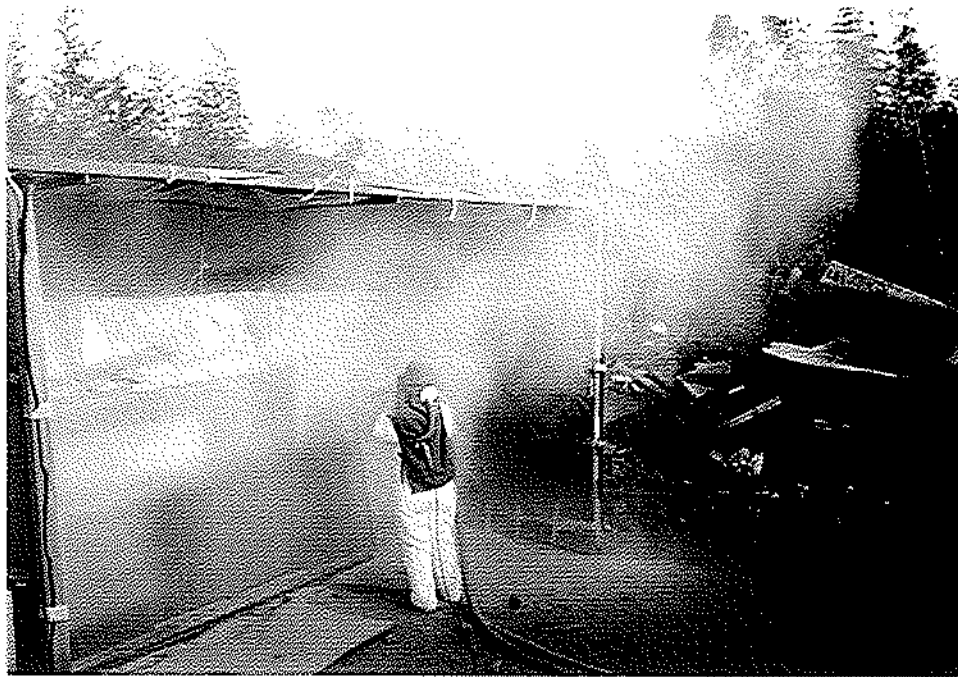
住澤 壮吉	住澤塗装工業（株）
石川 栄隆	（株）金田塗装工業
平川 潔	平川塗装（株）
今井 利光	東北塗装工業（株）
間島 博文	（株）真田塗装店
小泉 雅司	（株）平和
今村 光則	（株）山崎塗装店
田端 治幸	（株）田端塗装工業
田畑 純也	萩野塗装（株）
沖田 輝之	（有）沖田塗装
平田 陽一	蒼生塗装（株）
アドバイザー	
石川 量大	東京メタリコン（株）



ガーネットによるドライブラスト
ブラスト吐出圧力 : 0.6MP a
ブラストノズル : 10mm φ



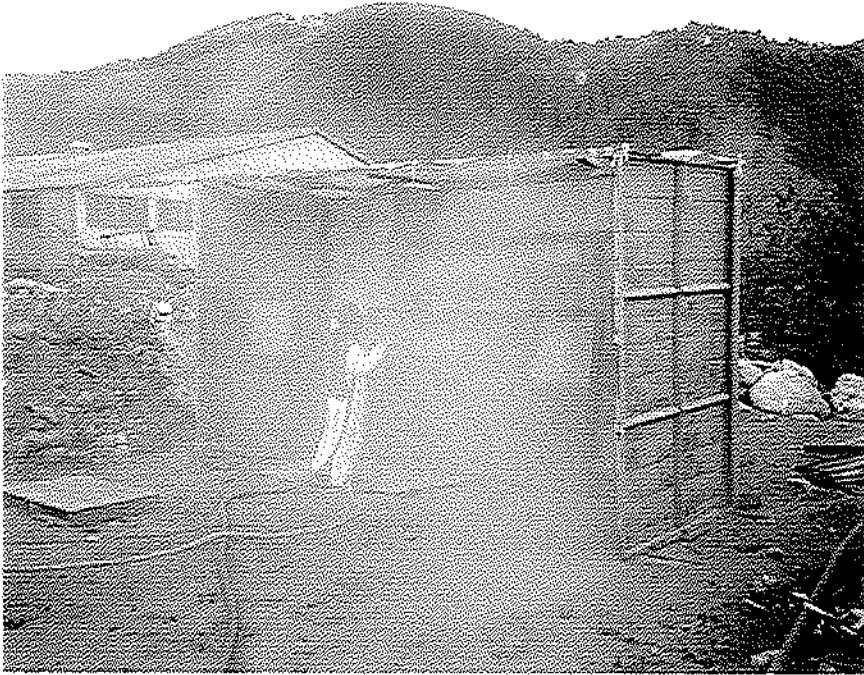
ガーネットによるモイスターブラスト
噴射水圧 : 0.3MP a
噴射水量 : 0.24L/分
ブラスト吐出圧力 : 0.6MP a
ブラストノズル : 10mm φ



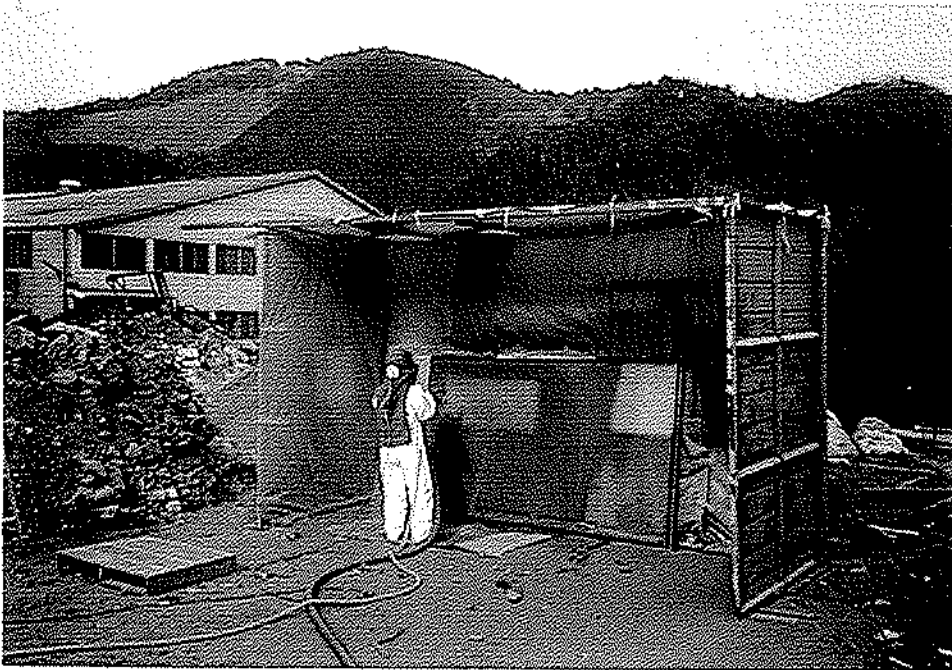
サンドによるドライブラスト (けい砂 4号)
ブラスト吐出圧力 : 0.5MPa
ブラストノズル : 10mmφ



サンドによるモイスターブラスト
噴射水圧 : 0.6MPa
噴射水量 : 0.67L/分
ブラスト吐出圧力 : 0.5MPa
ブラストノズル : 10mmφ



サンドによるドライブラスト (けい砂 4号)
ブラスト吐出圧力 : 0.5MP a
ブラストノズル : 10mm φ



サンドによるモイスターブラスト
噴射水圧 : 0.6MP a
噴射水量 : 0.83L/分
ブラスト吐出圧力 : 0.5MP a
ブラストノズル : 10mm φ