

現場塗装の防護に関する研究

(社)日本鋼橋塗装専門会
現場塗装の防護研究会

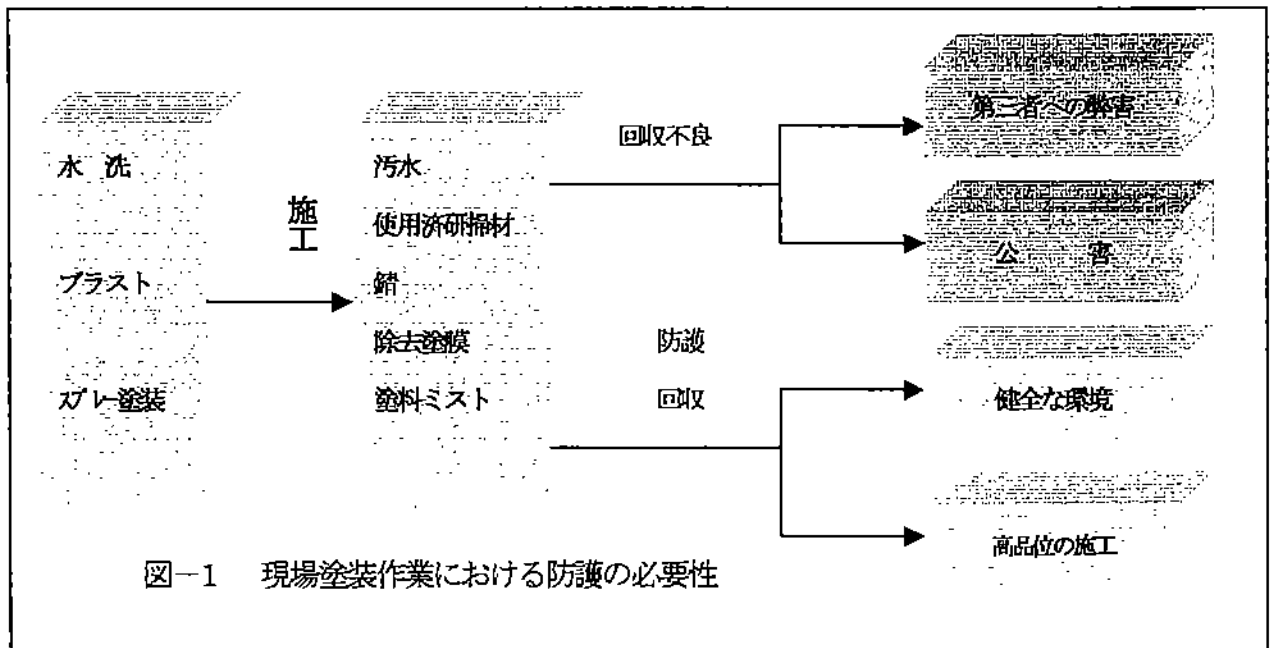
1 研究の目的

現場塗装の品質向上のために最近では、現場での水洗、ブラスト、スプレー塗装が必要とされるようになってきた。いずれも実施するためには、現場周辺環境に起因され、十分な施工を行うことができない。

水洗いにおいては、水の回収及び処理について、ブラストにおいては粉塵と使用した研掃材の回収、スプレー塗装においては、噴霧した塗料のミストの飛散等を考えなければならぬために色々な問題点が発生する。

現在においては、その点を考慮すべく防護及び回収設備が仮設されてはいるが、完全なものとは言いがたいものである。前述した工法等において、使用する物や廃棄物自体をいかに現場作業区域外へ流出せず、又適切な回収が出来ればこの上ないことである。

当分科会は、これらの作業の環境を損なわずに支障なく施工できる防護設備について、海外で行われている設備の状況の調査をするとともに、海外から実際に資材を購入し評価検討し、よりよい防護設備の研究をするものとなりました。



2 米国の状況の調査

米国では、鉛を含有した塗膜の除去等に完全な防護処置を行っている。

我が国の鋼橋の現場塗装において水洗、ブラスト、スプレー塗装を行ってゆく場合にこのようなどが参考になる点が多いので、米国における塗装の防護設備に関して調査した。

2.1 防護設計

2.1.1 吊り下げ防護

この方法では、カーテン、プラスチックシート、スクリーン、パネルを1点または2点支持で吊り下げる。

強風により破れる恐れがあり、大形で高所の橋梁には適用できない。通気性のシートを用いることもあるが、強度と透過性の組み合わせを考慮しなければならない。また、内部が暗くなって作業環境を損なうこともある。

吊り下げ防護は安価で建物の防護に用いられることが多い。

この方法では大量の研削材を完全に遮断することはできず少量の汚染物の収集に有効である。実際には限られた橋梁に適用され、廃棄物が水中や地面に落ちるのを減少させるが、その比率は50%以下と考えられる

2.1.2 全体的な防護

この方法では、防水布、カーテン、プラスチックシート、スクリーン、パネルによりしっかりした構造を作って作業場を完全に被う。枠には鋼材フレーム、木材フレーム、足場材、壁材が用いられる。

SSPCの基準では、防護材は少なくとも100ft²ごとに保持されて、天井面から床面まで被われなければならない。床と廃棄物の収集部は使用済みの研削材の過重に耐えるように設計されなければならない。

その他の重要なことは、防護材が光を遮断することに対する明度の確保である。ブラスト作業では粉じんの発生で視界が一層悪くなる。このため防護設備内には照明設備が必要になる。

ブラストを行うと防護設備内に毎分数百立方メートルの空気が排出される。この空気と粉じんは防護設備からもれでるので、発生した空気を適当に処理する必

要がある。防護材の設置と使用にあたっては安全上のくつかの注意点がある。それは次のようである。

- (1) 十分な防護設備の構造（作業員、研削材の重量、風の負荷への対応）
密閉条件にある作業員への空気の供給（鉛、珪素、一酸化炭素等）
- (2) 減圧装置による限定空間での作業の困難さ
- (3) 風による防護材のやぶれやケーブルの切断

防護設備の運搬性と再利用性も重要なことである。大形の橋梁では、防護材は組立てや取外しが容易な単位部材とされ、橋梁の他の場所に移設できるようになっている。場合によっては橋梁ははじめに防護が施されてブラストと塗装が完了する迄取付けたままのこともある。大きな河川の橋梁では、ブラスト用と塗装用に二重構造の防護とした例もある。

ブラストと塗装は別の防護デザインが必要である。FHWA は様々な形の橋に対する負圧装置のデザインを開発している。FHWA の標準ができるまでは個別に防護設計が行われコストが高かった。

2.1.3 負圧装置

粉じんの排出を効果的に防ぐためには負圧が必要である。この方法では、外部の空気が防護内に導入され、防護内を通過してフィルターを通過して外部に排出される。空気の流れを作るには十分な圧力が必要である。

空気は常に防護内から排出されていなければならない。これにより研削材や塗膜が外部へもれるのが防がれる。しかし、実際には防護内を減圧に保つのは困難なことである。

その他に防護内の換気を行うことは、作業員の視界を良くし、健康への障害を排除する。また、床面や機器類へのほこりの付着も減らすことができる。このように、負圧処理はブラスト作業に対して効果的なものである。

負圧処理には取り扱いにくく高価な装置が必要である。装置は減圧にするための送風機と微粒子を捕集するフィルターが含まれる。そこには、空気の導入機の設置、排気管の設置、捕集機の種類（乾式か湿式か）、ブラスト機の配置についての計画が必要である。現在、橋梁の負荷処理を取り扱ったハンドブックはほとんどない。

最近、鉛を含んだ塗膜を除去する作業者の健康が問題になっている。内部作業者と外部作業者の血液中の鉛濃度について報告されているが、この報告は完全に防護した負圧設備におけるもので、オープンプラストのデータはないので、この防護が完全に有効かどうかの判断はできない。しかし、防護の設計や作業者の衛生や捕集と再利用の設計について注目する必要がある。

動力工具処理では処理物の量はプラスト処理の場合より少ない。このため、処理物の鉛濃度が高い。環境への影響を考えると塗料ダストの大気中、水中、地面への排出を防ぐことがより重要になる。動力工具処理やはく離材処理による防護設計では、防護構造は研削材による荷重に耐える必要がない。動力工具処理やはく離材処理では処理物の量が少ないので清掃や処理が容易である。

2.2 防護材

2.2.1 防水布とスクリーン

防水布は空気や水やほこりを遮断するように作られた表面処理した洗い布である。防水布は引裂に強いものとして選択される。スクリーンは織物で空気は透過するが空気では運ばれるほこりは遮断するものである。スクリーンは一般にポリプロピレン製で耐紫外線処理が施されている。おもな物理的性質としては、引裂強度（200～600 psi）、重量（4～6oz/ft²）、穴空き抵抗性、縫い目と端のデザインがある。スクリーンはほこりや塗装のスプレーダストを遮断するように設計されるが、ある程度の研削材の重量に耐えるものもある。

風圧に耐えるように空気が透過するように設計される。メッシュスクリーンは光も透過するが微粒のほこりも透過する。これらは重く目が詰んだスクリーンに比べて避けやすく耐荷重性も劣る。多くの設計者や建設者はスクリーンについての知識がなく価格や重量によって購入しがちである。工業用のスクリーンの選択基準はない。信頼できる製造者や提供者の、試験データや使用要求への対応によっている。

2.2.2 プラスチックシート

プラスチックシートは透明な防護材として使用される。スクリーンと異なり風を通さないので風圧による損傷がある。各種のポリエチレンやポリプロピレン

により作られ、一重や二重構造、重量のある吊り下げ用、繊維や針金により補強したものがある。プラスチックシートは防護の床にカバーとしても用いられる。これにより、平滑なプラスチックシートから廃棄物を掃き集めたり真空除去することが容易になる。シートは機器類や材料や表面をほこりや研削材から保護するためにも使用される。プラスチックシートを落下し研削材の保護に使用すれば、耐荷重を確認することができる。

2.2.3 フレーム

固定防護のフレームには木材、アルミニウム、ガラス繊維、軽量鋼材などさまざまな材質が使用される。床は機材や作業や使用した研削材の重量に耐えるように設計されなければならない。床は橋梁本体か足場材で保持されるのが普通である。

橋梁に取り付けたスチールワイヤーにつけた床を設計し権利化しているものもある。これは橋梁下部構造材に設置される。各種の長さのアルミニウム枠材が特殊な部材で結合され、単位部材として繋ぎ合わされて防護床として使用される。

米国における橋梁の防護施設

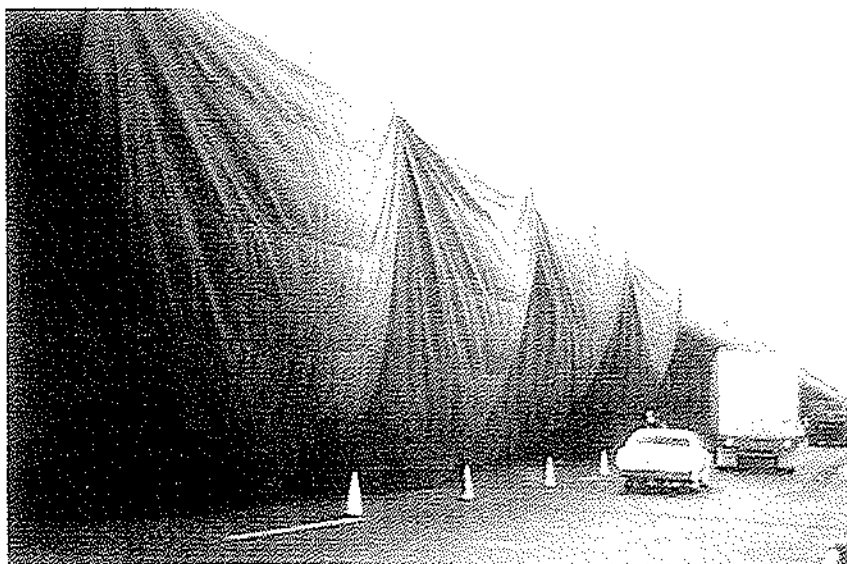


写真1 吊り下げ防護の橋梁への設置



写真2 透過形スクリーンの内部

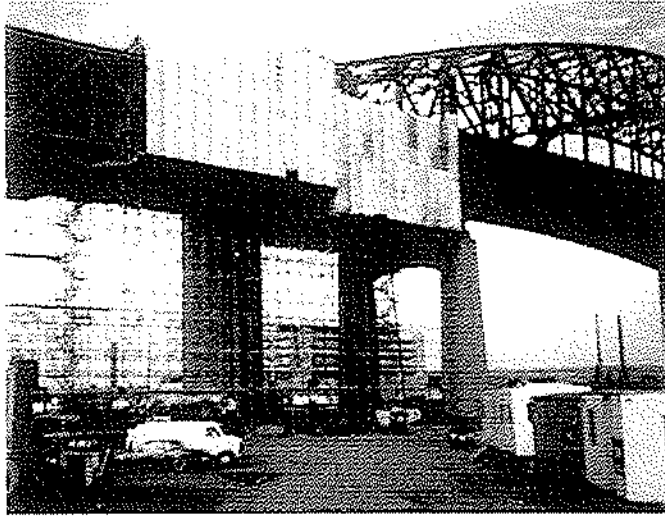


写真3 部分的に設置した枠組み完全防護



写真4 脚の間に設置した壁防護



写真5 負圧防護の外部

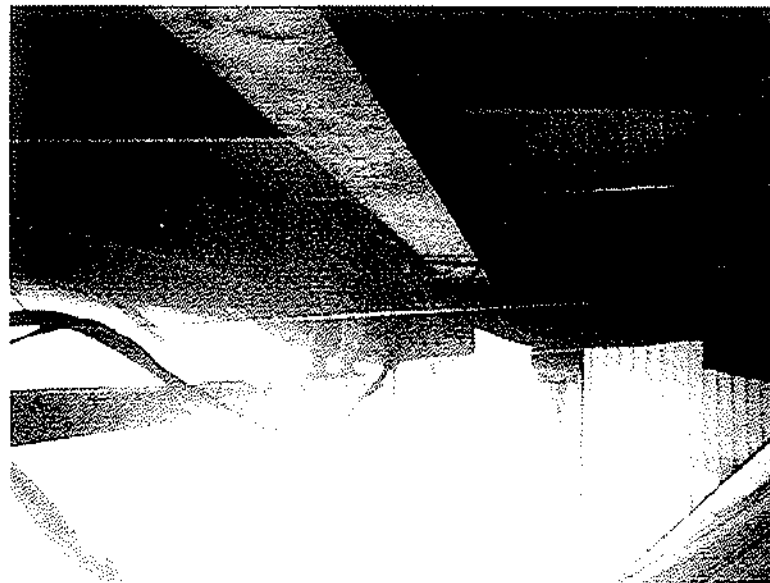


写真6 負圧防護の内部

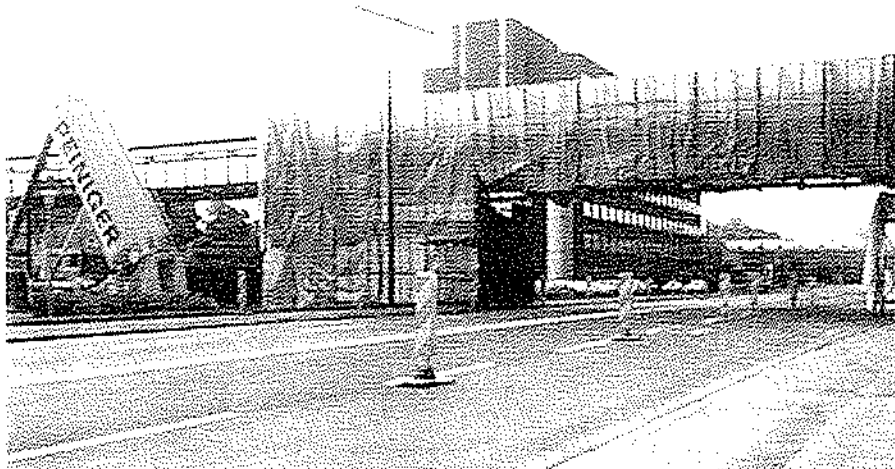


写真7 完全防護された橋梁

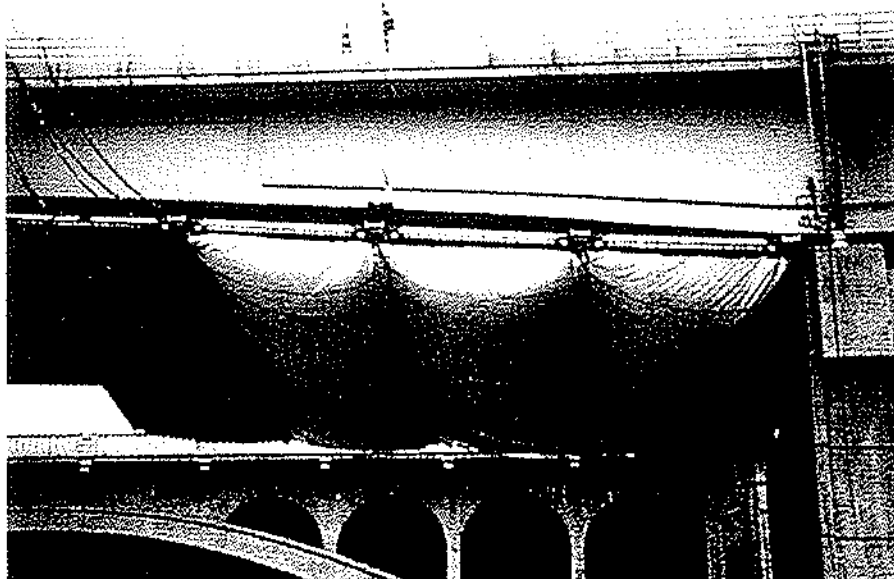


写真8 特殊な床構造による橋梁の防護

3 防護材の評価試験

今回の防護に関しての設備資材を米国のEAGLE社より養生シート及びそれを仮設する為の付属品を輸入して、実際にブラストを実施し防護性能の試験評価することとした。下記に、実際使用した2種類の Containment Material (塗装飛散防止用スクリーン) の概要について示します。

3-1 試験に使用した防護材

3-1-1 DELTA SCAFFOLD SHEETING

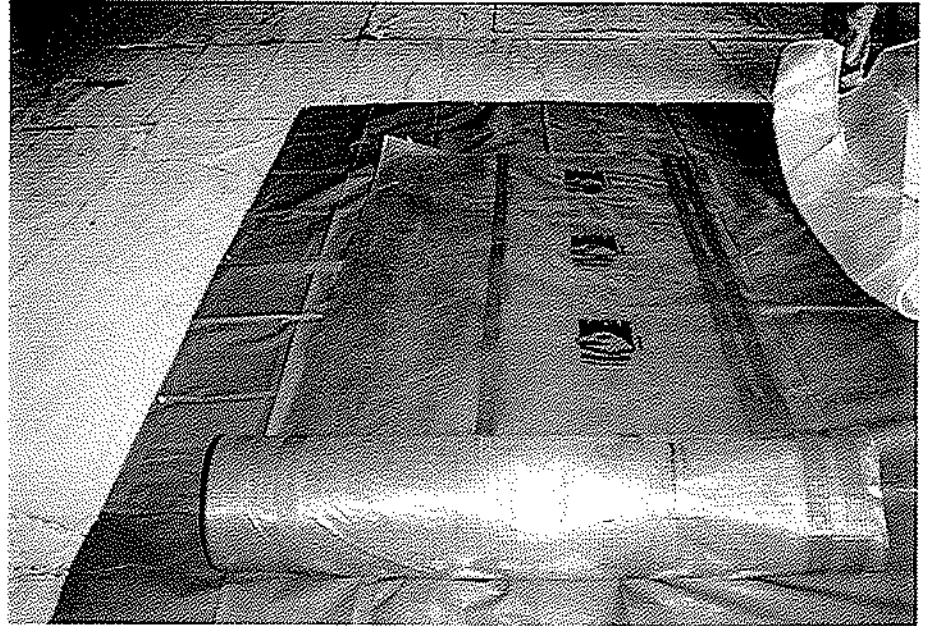
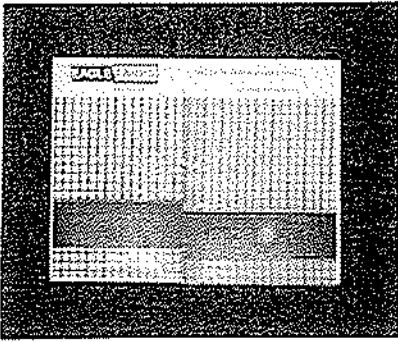
(1) 特徴

- ・補強された0.25mm厚のポリエチレンシート (透明)
- ・シート本体の中に、基盤目状に補強材が編み込んである
- ・シート同士を連結する為に両サイドに補強部 (厚手の帯) があり、専用の留め具 (プラスチック製・Screw-Lock Connectors) を使用する。
- ・補強部 (厚手の帯) には、5~7mmのはと目穴があいており、その間隔は10cm程である。
- ・シートの材質は、不燃性と難燃性のものがある。
- ・シート自身はロールになっており、必要に応じて長さを切り各種の足場に取り付けられる。
- ・シートを貼り合わせてSSPC CLASS-1 に合致する気密性被覆が得られる。
- ・製品として、2.25m×42mと4m×50mとがある。

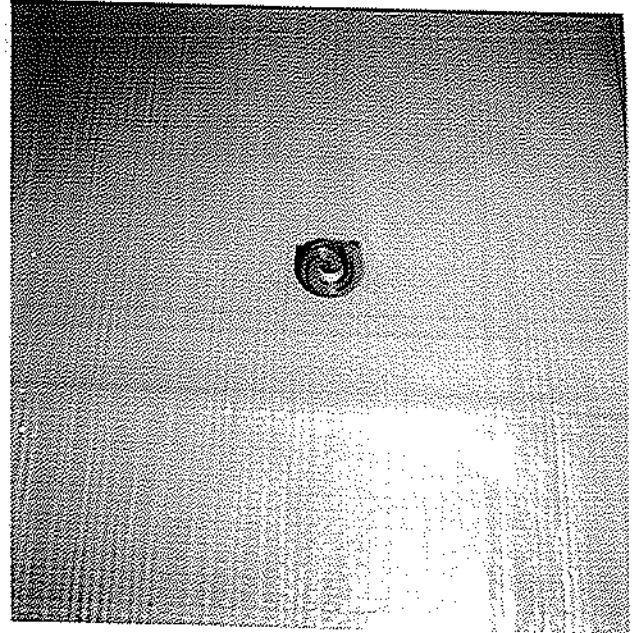
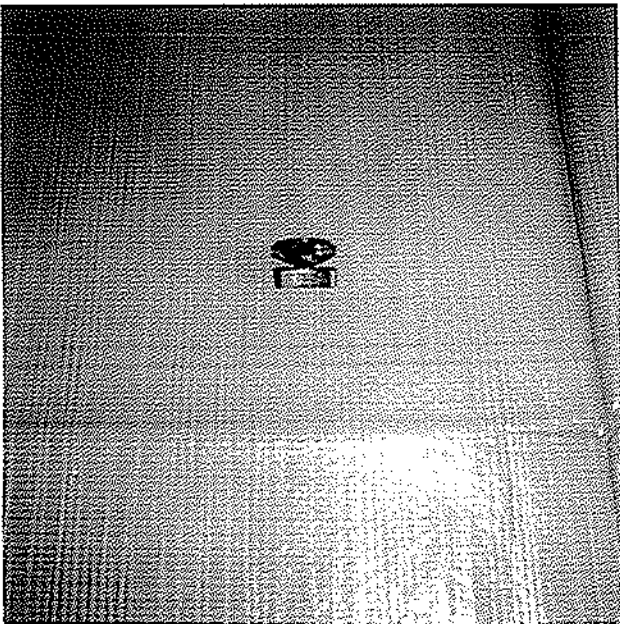
(2) 使用方法及び用途

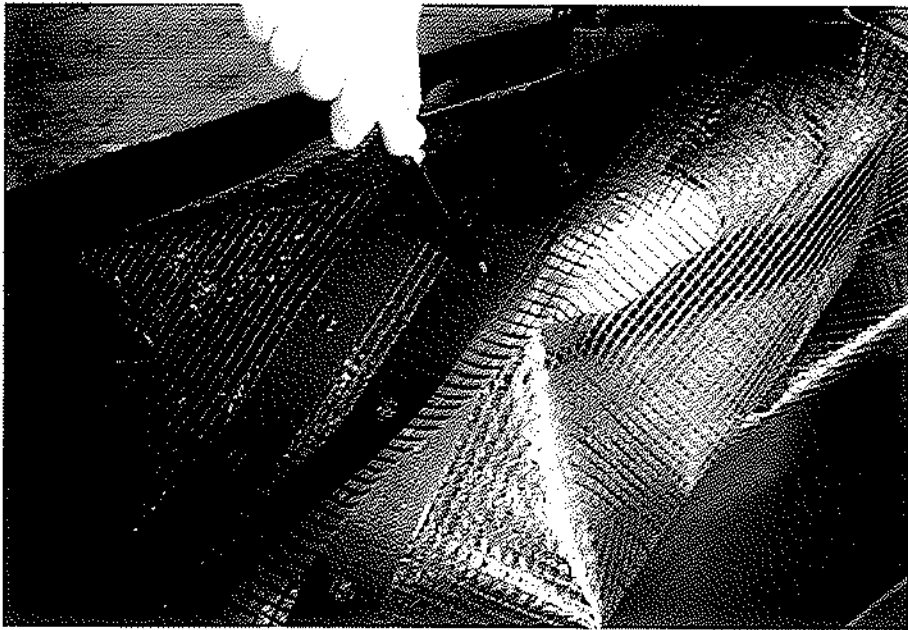
- ・ロールより必要な長さに切断する。
- ・専用の穴あけ器により、はと目に穴をあける。
- ・プラスチック製の留め具を用い (穴に垂直に対してねじりながら取り付ける)、シートを重ね合わせる。

防護材 DELTA SCAFFOLD SHEETING

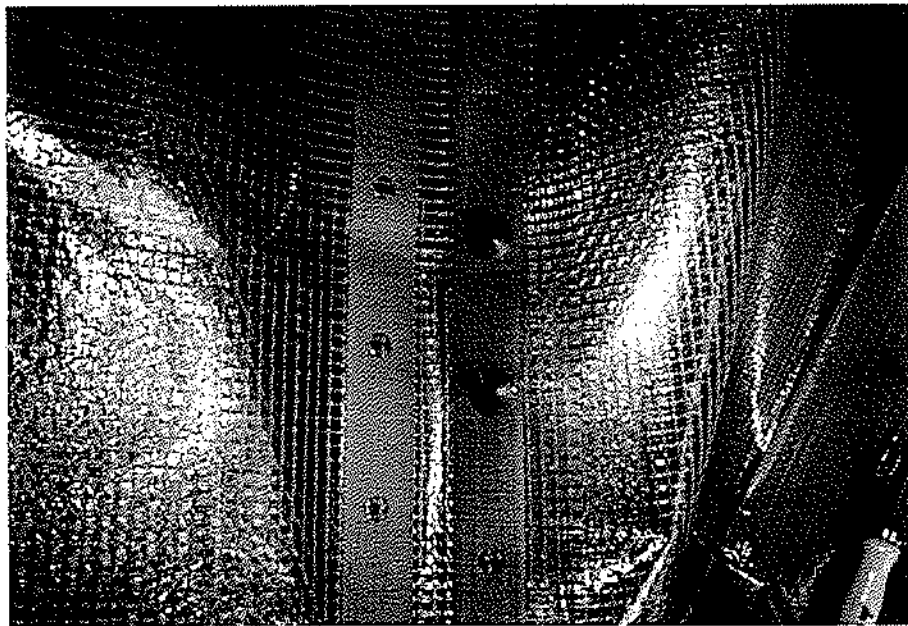


留め具

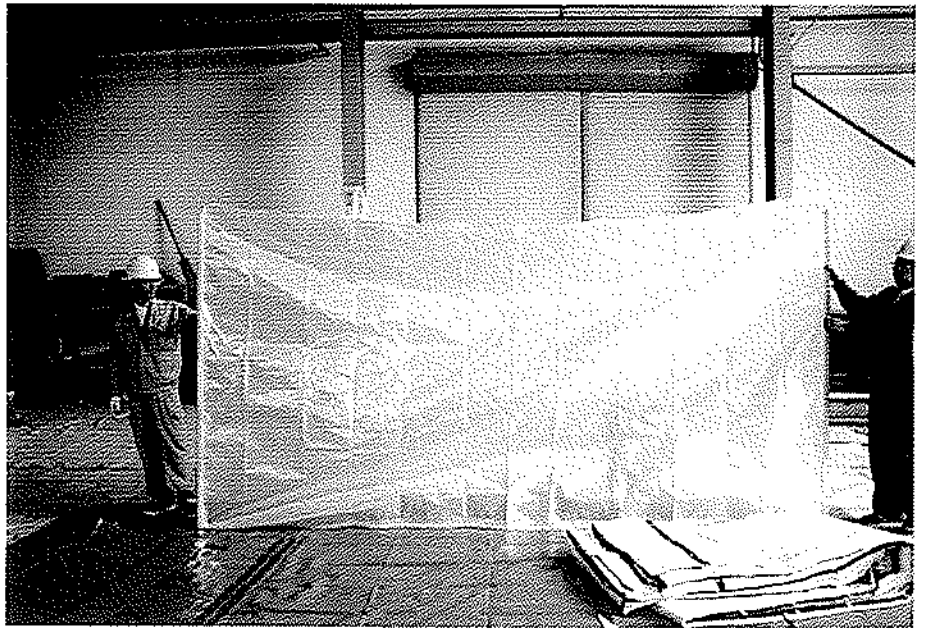
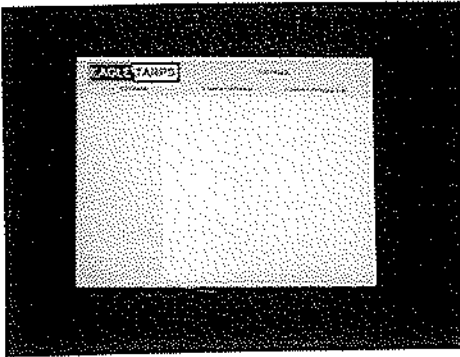




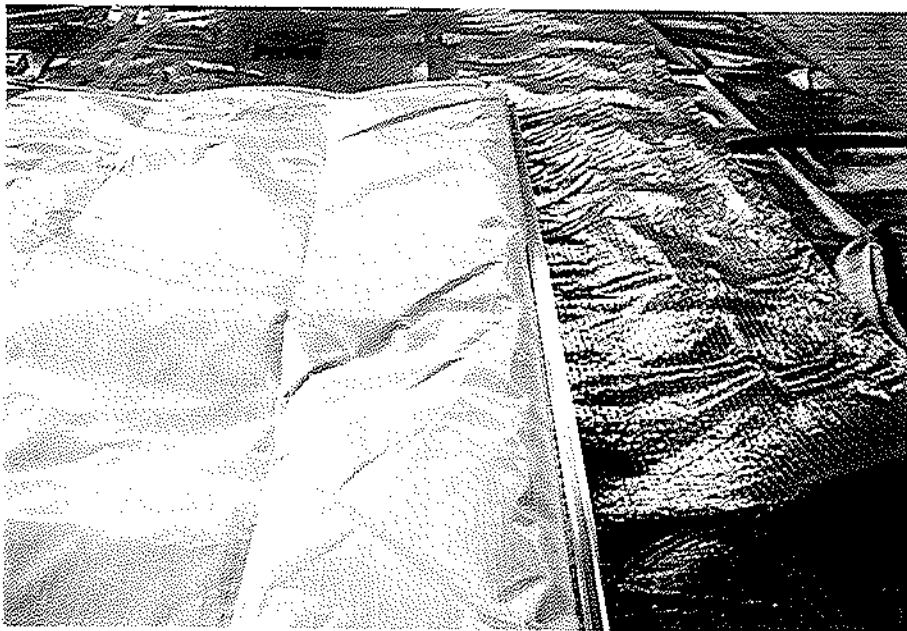
シート連結（重ね合わせ）



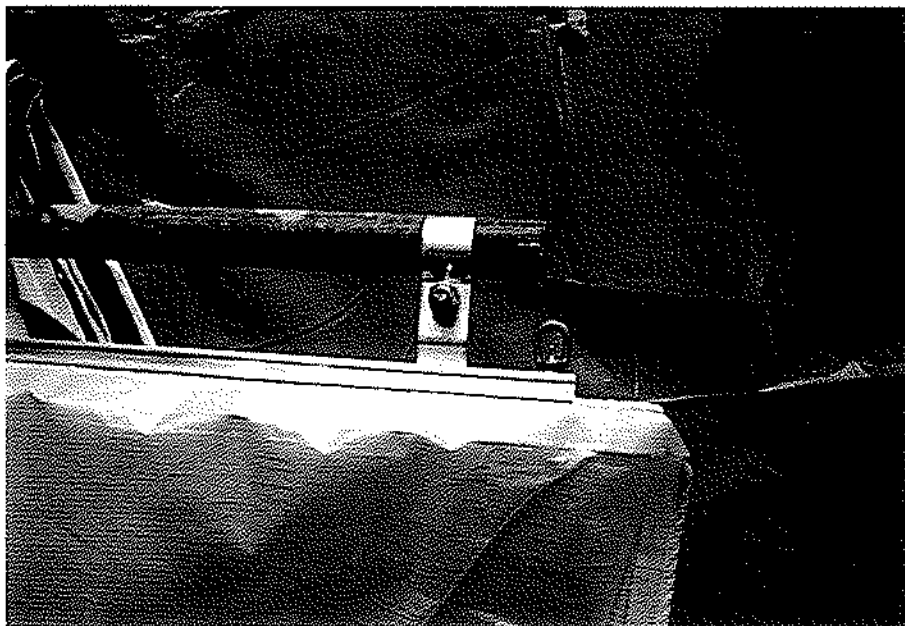
防護材 GEOTarp



シート連結



組み立て状況



3-1-2 GE Otarp シート

(1) 特徴

- ・細い生地を編み込んで形成されていて、隙間が無いため粉塵や水を通さない。
- ・どのようなサイズにも適応し、軽量である。
- ・漏斗形、円筒形、台形に縫い合わせることができる。
- ・各種の足場やケーブルに取り付けることができる。
- ・シートベルトにより縫い合わせすることで各種の形状ができる。
- ・シートベルトによりパネル等を通して内側を縫い合わせることができる。
- ・縁や縫い目に真鍮製の留め具を差し込むことができる。

(2) 使用法及び用途

- ・今回はシート両端に金属製の棒を編み込んだ物を使用。
- ・シートを連結するための専用レールを用いて、シートに編み込まれた金属製の棒をレールの溝に沿って取り付ける。
- ・専用レールの長さは約2.4mなので、レールを専用金具にて連結延長させる。
- ・専用レールに専用クランプを取り付け鋼管パイプに取り付ける。

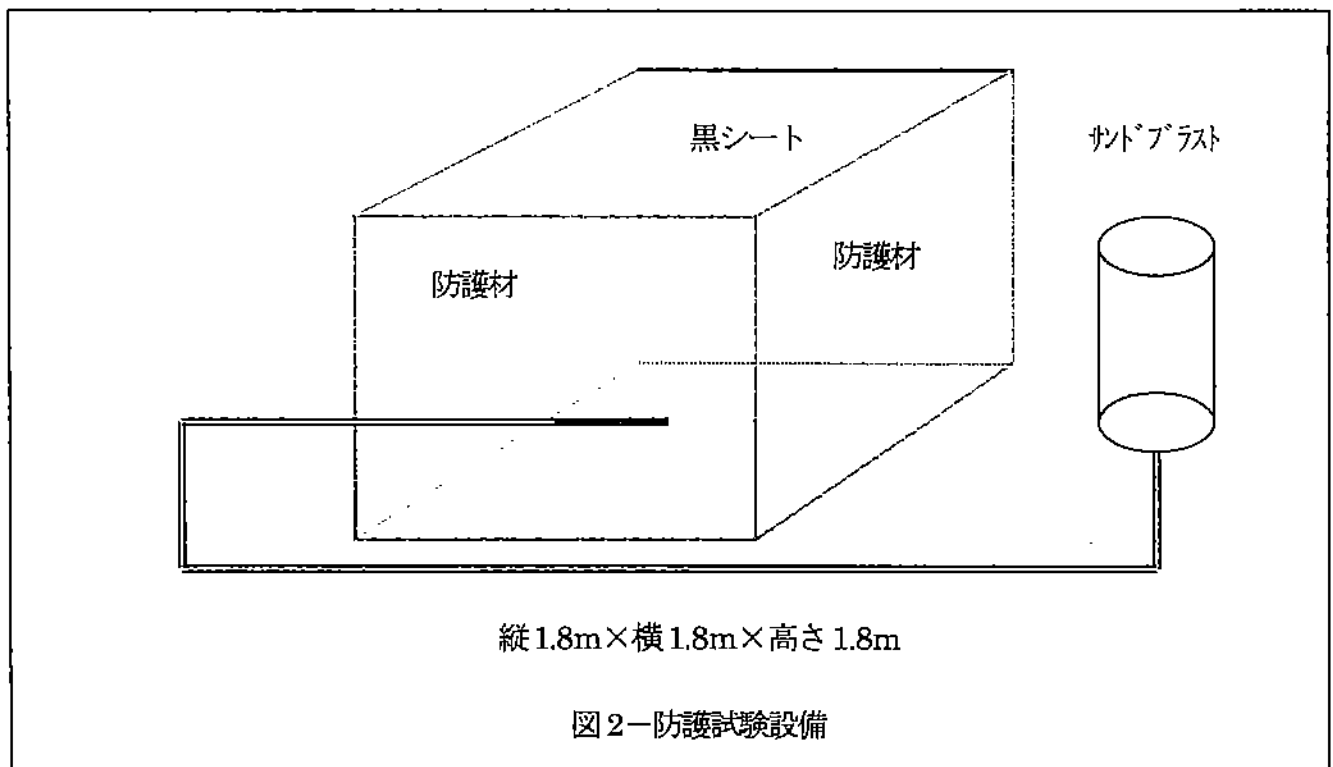
3-2 試験方法

実際に輸入した、防護材を使用して簡易養生設備を製作し、その設備においてサンドブラストを実施し、前述した2種類の養生材と従来国内で使用されているメッシュ状の養生ネットとの防護効果（粉塵の漏れ）と耐久性の比較試験をした。

試験内容については、実際に使用する防護材及び付属部品について輸入ということで数量に制限がある為、少量による試験であった。

3-2-1 防護材試験設備

- ・試験場所 サンドブラストが実施できる屋内
- ・防護設備 横幅1.8m×縦幅1.8m×高さ1.8mの鋼製枠の側面に防護材をとりつける
- ・ブラスト設備 乾式サンドブラスト（4号珪砂使用）



3-3 試験内容

3-3-1 試験1

- (1) 鋼製枠の側面4方の内、2面を DELTA SCAFFOLD SHEETING を留め具を用いて張り、又もう2面を GEOTarp シートを連結レールを用いて張る。
- (2) 上部を黒ナイロンシートを用い塞ぐ。
- (3) 違う種類の防護材の連結に際しては、ビニール製の養生テープを用いて繋げる。
- (4) 鋼製枠の中に人が入り、サンドブラストを実施する。
- (5) 防護材の耐久性・取扱い易さ及び連結部からの粉塵の漏れ具合を検討する。

3-3-2 試験2

- (1) 試験(1)の終了後、鋼製枠の側面の1面をナイロンメッシュシートを張り、再度サンドブラストを実施し、3種類の防護材からの粉塵の漏れを検討する。
- (2) 防護材から約50cm離れたところから、直接サンドブラストの珪砂を当て、耐久性を比較する。

3-4 試験結果

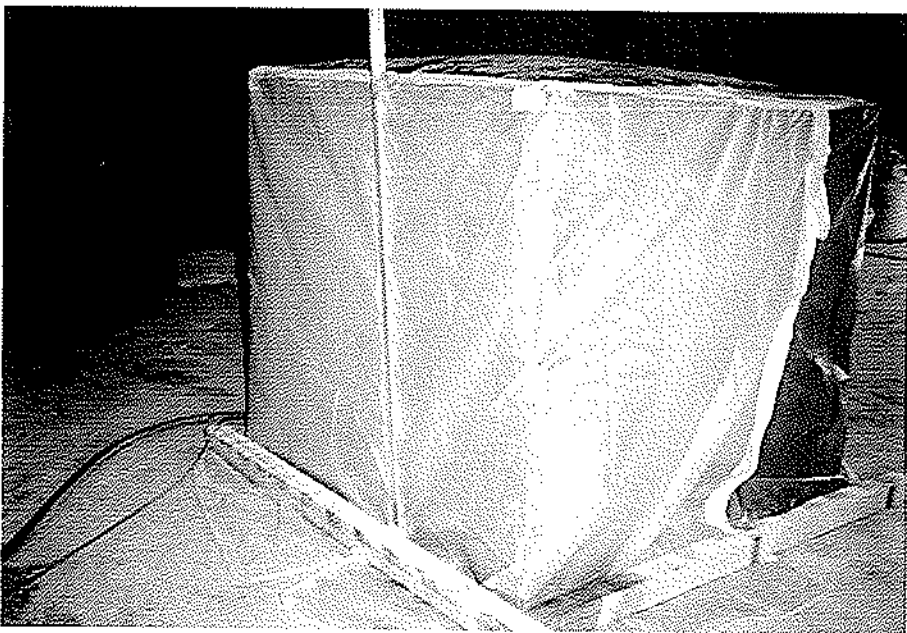
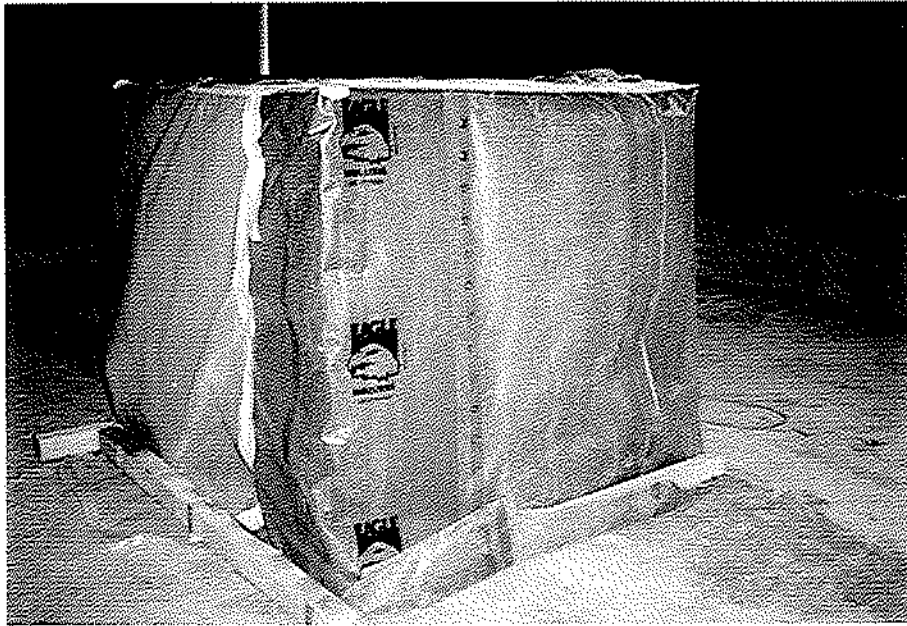
試験の結果を下記の表に示す。

表-1 防護材試験結果表

	DELTA SCAFFOLD SHEETING (防護材A)	GE Otrap (防護材B)	メッシュシート (防護材C)
粉塵	<ul style="list-style-type: none"> ・シート自身は粉塵を通さない。 ・シートの重ね部分からは、殆ど漏れは、見られなかった。 ・シートの重ね合わせからの粉塵の漏れは、3種類の防護材の中で一番少なかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シート自身は粉塵を通さない。 ・漏れは、シートの連結レールから若干見られた。漏れが見られたのは、ブラスト開始から約3分後であった。漏れに関しては、実際の施工の場合は特に気になる程ではないと思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シート自身粉塵を通す。又、微少な硅砂も通す。 ・3種類の防護材の中で一番際立って漏れが見られた。 ・ブラスト開始と殆ど同時に漏れが確認された。
利便性	<ul style="list-style-type: none"> ・シートを目的に合った長さに切断する際、カッター等で用意出来る。 ・ブルーの補強材が基盤目状に有る為、長さの把握がし易い。 ・透明な為、採光性があり内部での作業がし易く外部から中の様子がわかる。 ・シートについた粉塵は簡単に拭くことで取り去ることが出来る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シートを切断する際、カッター等で出来る。 ・比較的軽量である。 ・採光性があり、色が白である為、内部の状況がわかる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的軽量である。 ・はと目がついているので、防護仮設はし易い。
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・サンドブラストを直接当てた場合、完全に穴が空くまで約10秒かかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンドブラストを直接当てた場合、完全に穴が空くまで約6~7秒かかった。 ・シートを曲げて見たところ思ったより復元力がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・サンドブラストを直接当てた場合、完全に穴が空くまで約5秒かかった。
不具合点	<ul style="list-style-type: none"> ・シートを重ね連結する為の留め具（スクリューロック）の取り付けに時間がかかる。 ・解体時には、器具（スクリューロック）は外しにくく、殆どが壊れる。（使用可能は1回のみ） 	<ul style="list-style-type: none"> ・連結レールのあるようにするには独自では出来ず、メーカーへの加工依頼が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・採光性はあるが、狭い箇所や少々暗い箇所だと中の状態が判りにくい。 ・粉塵がシート目の中に入り込み除去することが難しい。 ・はと目から粉塵が漏れる。

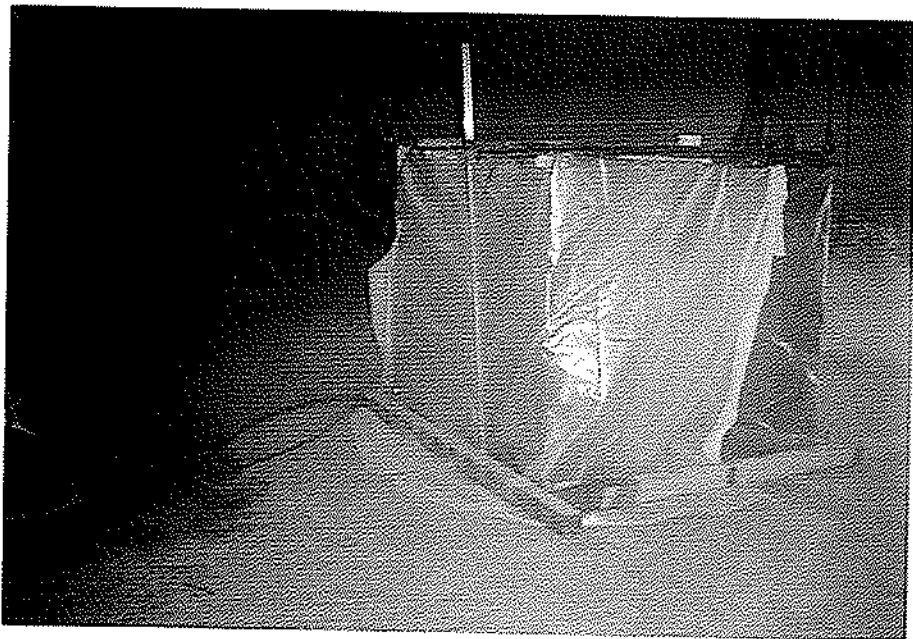
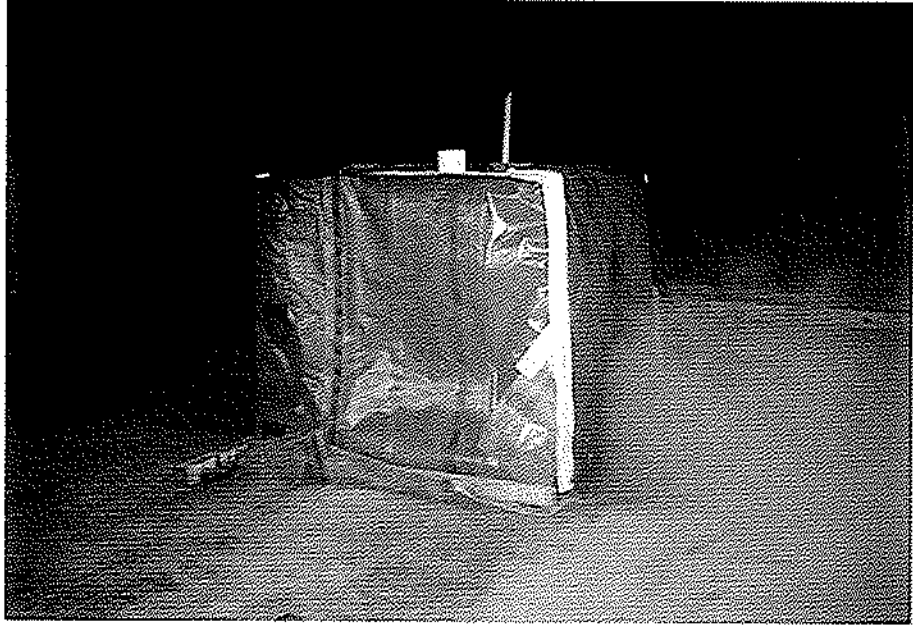
試験 1

サンドブラスト実施状況



試験 2

サンドブラスト実施状況



3-5 考察

比較試験を実施してみて、EAGL社製防護材の素材や防護効果においては良好な結果が得られたように思われます。

試験開始前までは、防護材AとBにおいては、シートとシートとの重ね合わせや連結方法に違いがあり、試験開始前まではその隙間から粉塵の漏れに関して、防護材Aが防護材Bよりも多いと思っていましたが、予想に反して防護材Aの方が粉塵の漏れがありませんでした。防護材Bも若干の漏れはありましたが、殆ど気になる程ではありませんでした。粉塵の漏れ具合といっても1本のタバコによる煙の量の半分以下しかありません。漏れた原因は連結レールの溝の大きさと差し込んだ防護材の編み込んだ糸の若干の不均衡によるものと、溝に差し込む為、どうしても微小の単位での大きさの違いからだと思います。

今回試験した鋼製枠内部でのサンドブラスト作業は、実際の塗装工事現場よりも単位体積における粉塵の密度はかなりありますので、現場においての防護シート自身やその連結部位からの粉塵の漏れは殆ど無いと考えてもよいと思われます。漏れを考えるとすれば、橋梁本体と防護材の接触箇所をどうするかによって変わってくると思います。

ちなみに防護材Aの重ね目をめくって指触して確認したところ、粉塵の付着はあまり見られませんでした。これはシートの両端についているはと目のある補強の為の帯びの重ね面積が多いこと又、シートが膨らむと素材がポリエチレンの為、しっかりとシート同士が重なり密着することによるものと思われます。防護材Aは施工物自身を完全密閉した方が効果があると思われます。

防護材Bにおいては、製品として加工してあれば、防護面積あたりでのシートとの連結面積（シートとシートの隙間）の減少が出来ます。そうすることによって、粉塵や塗装の漏れの原因である部位の面積が減る為、漏れる量を然的に軽減出来るところに特徴がありました。又、レールを仮設してしまえば、短時間で大きな面積を一度に防護することが出来ます。

結論的に両防護シート供、十分な防護、耐久性が期待されます。

4 今後の課題

試験を実施した防護材を実際の橋梁塗装工事に使用できるような防護仮設方法について検討していきたいと思ひます。

尚、当分科会の研究は下記のメンバーで実施しました。

分科会メンバー（北陸地区）

氏名	所属会社
住澤 壮吉	住澤塗装工業㈱
今村 光則	㈱山崎塗装店
田端 治幸	㈱田端塗装工業
田畑 純也	㈱萩野塗装工業
沖田 輝之	㈱沖田塗装
平田 陽一	蒼生塗装㈱
平川 清	平川塗装㈱
石川 栄隆	㈱金田塗装工業
今井 利光	東北塗装工業㈱
松尾 利一	㈱真田塗装工業
小泉 雅司	㈱平和