

簡易区画壁と局所集塵による工事粉塵の拡散防止

－エアパネル区画とプッシュプル集塵、ミスト沈塵－

Controlling Diffusion of Dust using Partition Walls and Local Dust Collection

- Air Panel Partition, Push-pull Dust Collection, and Mist Dust Settlement -

中村裕介* 茂木正史* 小河義郎* 南 尚吾**

要 旨

既存建物の有効利用が進められる中、建物を使用しながらリニューアル工事を実施するといった場面では、工事粉塵対策が重要項目となる。そこで、粉塵の拡散防止と捕集除去による粉塵対策技術として軽量エアパネルを用いた区画形成工法、および局所的に集塵するプッシュプル集塵システム並びにミストによる沈塵システムを開発し、それらの組み立ての簡易性や粉塵の拡散防止性能を確認した。その結果、簡易区画については、従来採用されてきた軽鉄下地に石膏ボードを貼る工法と比べて、組み立て時間は 1/12 以下となり、さらに廃棄物を出さないなどの優れた効果を確認した。プッシュプル集塵については、従来から行ってきた風管で給排気する集塵方式に比べて、室内の粉塵濃度を 1/4 以下に押さえることを可能にした。ミスト沈塵については、長時間使用する場合の廃水処理が必要となるため適用場面が限定されるものの、粉塵の拡散防止効果を確認した。

キーワード：エアパネル、プッシュプル、ミスト

1. まえがき

建設工事中の作業環境には、アーク溶接や金属等の研磨・切断、耐火被覆材の吹付け、躯体コンクリートの切断・削孔、床清掃などで発生する多種の粉塵が存在する。工事現場における粉塵対策は古からの課題であり、安全衛生環境の改善に努めることは管理者の責務である。また、建物を使用しながらのリニューアル工事に関連する技術提案が増加したことから、粉塵対策への取り組みが重要視されるようになった。

粉塵対策には、粉塵発生エリアの封じ込め、散水による飛散抑制、集塵装置による除去などの方法がある。建設現場では種々の対策を実施しているが、工事中に発生する粉塵は場所が不特定であること、作業スペースが狭小であったり、複雑な形状であるケースが多いこと、短時間で作業自体が終わることなどから、効率の良い対策を運用できないケースが目立っている。そこで、現場内の各所で発生する粉塵に、迅速に確実に対応できる集塵方法の確立を目的として、組み立てに手間の掛からない区画工法、集塵技術などの3種類の異なった対策技術を開発した。

本報では、各工法の概要と適用範囲のほか、組立実証実験、および集塵性能に関する室内実験結果について報告する。

2. 粉塵障害防止に関する規制等

浮遊粉塵の人体への影響は深刻であり、大気汚染防止法では粉塵を「物の破砕、選別その他の機械的処理又はたい積に伴い発生し、又は飛散する物質」と定義して、揮発性有機化合物や自動車排出ガス等と共に規制対象物質としている。特に、発ガン性物質のアスベストを特定粉塵に指定しているが、一般粉塵でも長期間吸入することで塵肺を発症する危険性がある。建築物における「衛生的環境の確保に関する法律」では特定建築物の環境衛生管理基準として、浮遊粉塵量 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下を規定している。また、日本産業衛生学会では産業労働環境の粉塵許容濃度として、粉塵の種類ごとに $2\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ を勧告値としている。ただし、人間の感覚指標¹⁾では、粉塵濃度 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以上で多くの人が「汚い」、 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 以上で「全く汚い」と感じることから、各数値は非常に大きく設定されている。厚生労働省によると、粉塵障害の防止に関する行政指導の結果、昭和 55 年当時 6,842 人であった塵肺の新規有所見労働者数が平成 18 年では 252 人となるなど飛躍的に改善されたものの、近年においては横ばい傾向²⁾になっている。そこで、より粉塵対策を推進させるため、平成 20 年度から5か年計画として第7次粉じん障害防止総合対策を策定し、労働基準監督署が粉塵対策の指導を実施している。

*技術研究所 **東日本支社建築工務部

3. 粉塵拡散防止技術の概要

3.1 簡易区画工法

a. 技術概要

工事エリアを区分けするために仮設間仕切り壁を設ける場合、表-1に示す官庁営繕改修仕様書³⁾のA種、B種が一般的である。この場合、壁としての構造耐力も必要であるため、コンクリート躯体にアンカー留めする軽鉄下地を組むが、構築に手間とコストが掛かり、作業終了後の廃棄処理も問題となる。C種でも同様に下地組みの手間が掛かる。

そこで図-1のような各スパンや局所で粉塵を封じ込めたい場面において、簡便な区画壁の構築を目的として、軽量エアマットを応用したエアパネルを用いる工法を考案した。空気充填により剛性の高い平板となるエアパネルの内部は写真-1に示すように、両面シートを丈夫な多数の中糸で繋いでいる。表-2に示す仕様・形状は、人体に基づく尺度⁴⁾を参考にして決定した。また、繰り返し転用可能な耐久性、遮音性も考慮した。適用高さは、建築基準法で規定する居室の最低天井高さ 2,100mm から、事務所ビルの基準階で多い 2,700mm に天井ふところ 1,000mm⁵⁾を見込んで 3,700mm まで調整できるように、写真-2に示すようにエアパネルを2枚張り合わせてスライドさせる方式とした。また、パネル小口はウレタン緩衝材とし、天井の不陸を吸収する仕組みとした。1セット分の構成材料を表-3に示す。エアパネルによる区画工法の特徴を以下に示す。

- i. 組立作業は空気充填のみで高所作業がないため、簡便な設置・移動・撤去が可能である
- ii. パネル単体で自立、躯体や仕上げを傷めない
- iii. 高さはスライド式で 2,100~3,700mm に対応できる
- iv. 繰り返し転用でき、廃棄物を出さない
- v. 防音シート同等の遮音性能となる 21dB の騒音低減効果を持つ

表-1 仮設間仕切り等³⁾

種別	仮設間仕切り
A種	軽量鉄骨材等により支柱を組み、両面に合板張り又はせっこうボード張りを行い、内部にグラスウール等の充填を行う
B種	軽量鉄骨材等により支柱を組み、片面に合板張り又はせっこうボード張りを行う
C種	短管下地等を組み、全面シート張りを行う

表-2 エアパネルの仕様

項目	仕様・形状
幅	1,400mm
高さ	2,100mm (～3,700mmまでスライド調整)
厚さ	67mm
重さ	3.0kg/m ²
所要内圧	0.05MPa

表-3 区画パネル1セットの構成

名称	仕様・形状	数量
安定脚	アルミ製パイプφ1mm	2
エアパネル	基布+樹脂 幅1,400×高2,100mm	2

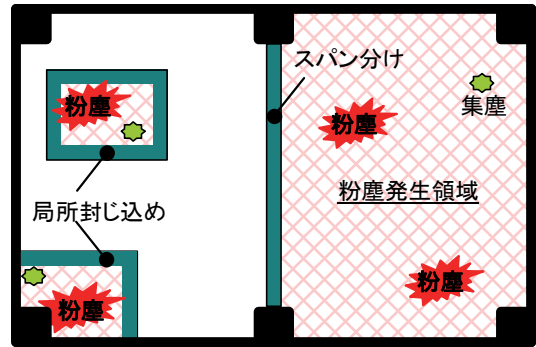


図-1 区画壁の適用場面



写真-1 エアパネル断面



写真-2 区画パネル(ch=2,500mm)

b. 組立確認試験

構築手順と作業時間を把握するため、組立試験を行った。組立は区画パネルを 10 セット用いて、粉塵発生エリアの周囲を局所的に囲えるように、縦横 4,200mm×5,600mm、高さ 3,300mm とした。使用したエアコンプレッサの仕様を表-4 に示す。比較的騒音レベルが小さく、コンパクトなものを選定した。1 台で 2 枚のエアパネルへの空気充填を行った。写真-3 に区画形成状況を示す。

c. 遮音性能

エアパネルで区画することによる騒音の低減効果を実験的に確認した。測定は、鉄筋コンクリート造の室内扉開口部、幅 1,000×高さ 2,000mm を利用して挿入損失法により行った。図-2 に測定方法の概念図を示す。比較試験体には、区画形成時に使用する一般的な材料である写真-4 の防音シートのほか、ブルーシートと石膏ボード厚 9.5mm を用意した。なお、写真-5 に示す通り、エアパネルは 2 枚の連結部分を開口中心に配置して、組み立て完成時に準じた形状で測定を行った。

測定結果を表-5 に示す。エアパネルの遮音性能は、防音シートと同等の 20dB 程度の低減効果があることが分かった。粉塵が発生する作業にともなう騒音の対策にも有効である。



写真-4 防音シート

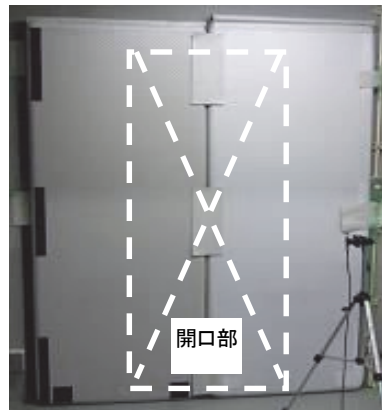


写真-5 エアパネル



写真-3 区画形成状況

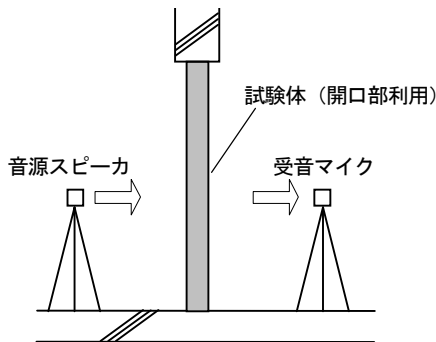


図-2 挿入損失法

表-4 エアコンプレッサの仕様

項目	仕様
電源	AC100V
負荷電流	13A
出力	825W
最高使用圧力	0.96MPa
タンク容量	12L
吐出空気量	95L/min (吐出圧力0.5MPa)
騒音レベル	70dB(A) r=1,000mm、65dB(A) r=3,000mm
サイズ	495 × 418 × 230mm
重量	22.5kg

表-5 遮音性能

	音源	試験体なし	ブルーシート	防音シート	エアパネル2枚連結	PB t9.5
dB(A)	101	99	94	79	78	80
差	-	-	5	20	21	19

3.2 プッシュプル集塵システム

a. 技術概要

局所集塵方法は既往の技術^{6) 7) 8)}を参考に、現場で発生する粉塵種や機器重量を考慮して、**図-3**に示すプッシュプル集塵システムとした。この集塵システムは、粉塵源を挟んで送風フードと受風フードを設置し、低風速の気流で粉塵を誘導し拡散させずに集塵できる方式である。フード給排気面の開口率は、**図-4**に示すように気流解析結果を参考にして決めて、システムを構築した。また、**図-5**のように、フードの効果的な配置についても気流解析の結果を参考にした。プッシュプル集塵システムの特徴を以下に示す。

- i. フードの給排気面は幅 1,800mm×高さ 900mm であり、大きな風道形成により粉塵の拡散を防ぐ
- ii. フードは帆布と中空アルミパイプの組立式で、軽量でハンドリングが良い (**写真-6**)
- iii. 送風機と風管に組み立てたフードを接続するだけで使用が可能である
- iv. 給気面と排気面は開口率の異なるスクリーンシートで構成して面風速を制御する
- v. 専用スタンドでフードの高さ (最高 2,500mm) と角度を調整し、高所にも対応可能である

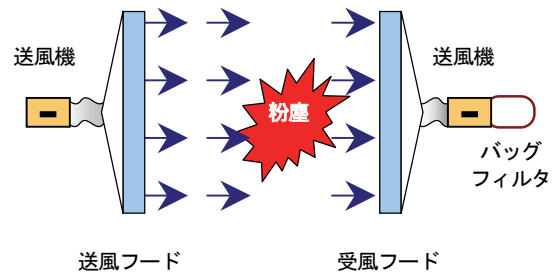


図-3 プッシュプル集塵システム

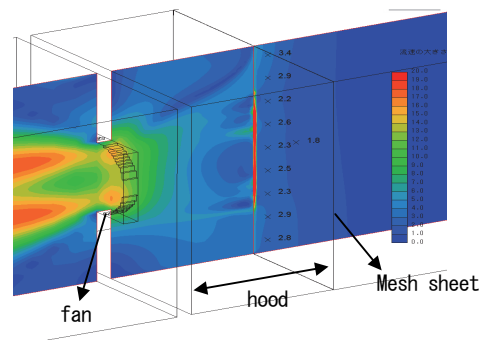


図-4 気流解析による給気面風速の検討例

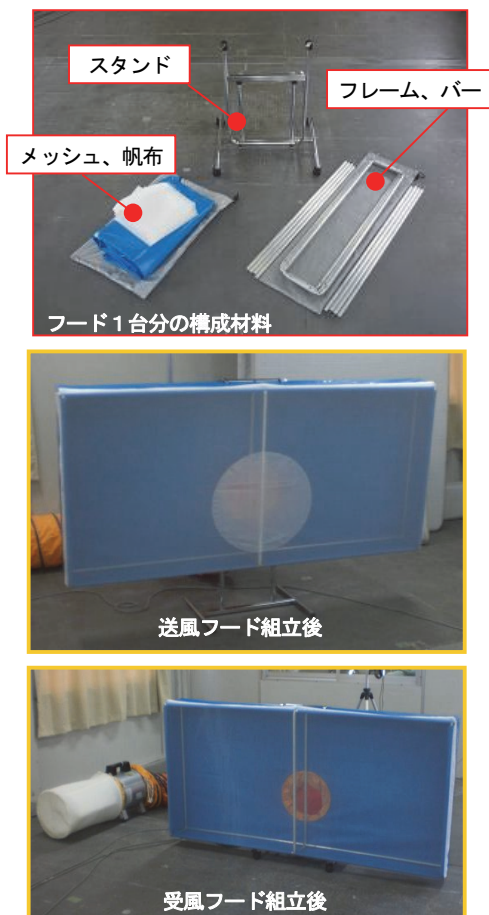


写真-6 プッシュプルフード

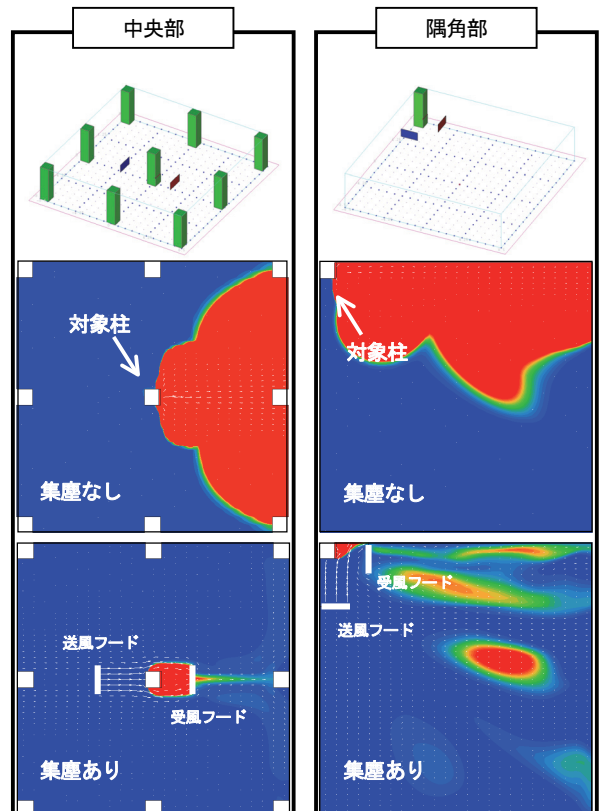
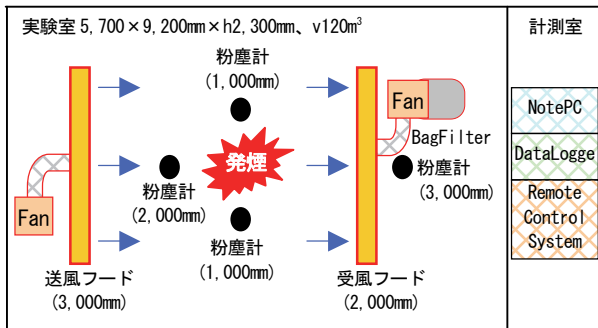


図-5 気流解析による柱切断時の配置検討例

b. 集塵性能

プッシュプル集塵システムによる拡散防止と集塵性能を確認するために室内実験を行った。図-6に実験概要を示す。粉塵源には、コンクリート切断時に発生する粉塵と同様の拡散性状と濃度である表-6のスモークマシンを使用した。発煙量は 10m³/min とした。プッシュプルによる粉塵源近辺の風速を層流が形成される 1.0m/s 程度になるように、発煙源との離隔距離を送風フード 3,000mm、受風フード 2,000mm とした。軸流送風機は、表-7に示す汎用品とした。バッグフィルタは厚手のフェルト素材で、長さ 530mm、口径 330mm、捕集効率 99%である。粉塵計はデジタル粉塵計（柴田科学 P-5L 型）4 台用いて空間的な変動を追跡した。なお、比較ケースは、送風機と風管による集塵方式とした。



カッコ内数値は発煙からの距離を示す

図-6 集塵実験概要

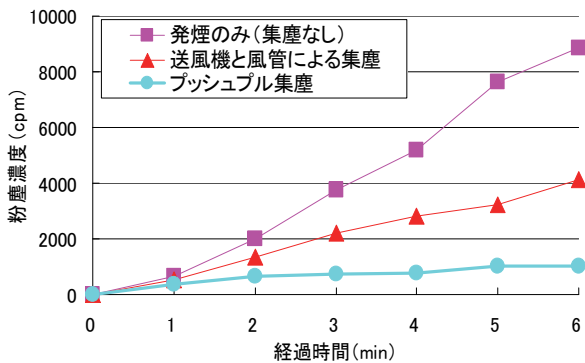


図-7 集塵性能比較結果

表-6 スモークマシン仕様

項目	仕様
電源	AC100V
スモーク能力	10~31m ³ /min
スモーク粒径	φ10 μm
スモーク液	グリコーゲン類
到達距離	3,000mm
サイズ	296 × 213 × 172mm
重量	5.0kg

表-7 送風機仕様

項目	仕様
電源	AC100V
風量	52m ³ /min
出力	400W
羽根径	φ290mm
重量	12.5kg

各ケースの実験状況と発煙後の煙の流れを以下に示す。
写真-7の発煙のみのケースでは、初めの 10 秒程度は煙がゆっくりと上昇し、その後徐々に横に拡がる性状であった。**写真-8**の送風機と風管を用いた集塵方式では、煙を吸い寄せる効果はほとんど無かったため、最終的に風管吸込み口と発煙源の距離を 500mm として計測した。**写真-9**のプッシュプル集塵の場合では、煙の誘導が確認できる。図-7に集塵性能の比較結果を示す。濃度はスモークマシン周囲に配置した粉塵計4台の合計値である。発煙のみと送風機と風管による集塵では、発煙開始と同時に直線的に濃度上昇したが、プッシュプル集塵では濃度上昇を抑制していることが分かる。発煙開始6分経過後の濃度を比較すると、送風機と風管による集塵方式に比べて 1/4 以下であることを確認した。



写真-7 発煙のみ (集塵なし)



写真-8 送風機と風管による集塵



写真-9 プッシュプル集塵

3.3 ミスト沈塵

a. 技術概要

ミスト沈塵は粉塵にミストを付着させ沈降させる技術である。一般の散水方式では廃水処理が必要となるため、建設現場での使用は解体工事などの屋外作業に限られていた。最近では夏季の蒸発潜熱を利用したヒートアイランド対策や暑気対策として、粒径が 10~30 μm 程度のミストを用いる場面が見られるなど、ミスト技術は向上している。そこで、屋内でも有効と思われるノズルを選定し、システムを構築した。以下に、ミスト沈塵システムの特徴を示す。

- i. ノズル粒径、流量、噴霧角、噴霧パターンにより粉塵の拡散を防ぐ
- ii. コンプレッサと加圧タンク、灌水チューブの構成で、水道のない場面や広いエリアに対応可能

b. 拡散防止性能

屋内での適用性を判断するため、室内試験を実施した。天井高さ 2,300mm に配管した灌水チューブに表-8 に示すノズルを 500mm ピッチに取り付けた。写真-10 に実験状況を示す。粉塵源を中央に据えて周辺からミストで覆う配置とした。なお、粉塵計ではミストも粉塵濃度としてカウントしてしまうため、目視で状況を確認した。

実験の結果、ミスト粒子径 25 μm では現場の気流状況に大きく左右されること、260 μm では流量が多くなるため室内での排水を積極的に行う必要があることが分かった。従って、ミストの粒子径 50~150 μm が拡散防止には適切であることを確認した。

表-8 ミストノズルの仕様

No	粒子径 (μm)	流量 (l/hour)	圧力 (MPa)	噴角 ($^{\circ}$)	噴霧 パターン	所見
1	25	2.2	5	80	円錐	軽量過ぎて沈塵不可
2	50	4.1 10.6	1 5	80	円錐	沈塵に適當
3	150	12	0.3	80	円錐	沈塵に適當
4	260	60	0.2	75	円錐	水量過多
5	140	18 10	0.3 0.1	115 101	扇形	噴霧パターンが区画に適當



写真-10 ミスト沈塵

4. まとめ

工事粉塵対策技術としてエアパネルによる簡易区画工法、およびプッシュプル方式の局所集塵システム、ミスト沈塵システムを開発した。工事中に建物内で発生する粉塵の拡散を抑制する性能を把握したことで、様々な工事環境に対応できるようになった。各技術の概要と特徴を以下にまとめる。

i. エアパネル区画工法

軽量エアパネルを用いることで、粉塵発生エリアを迅速に簡便な区画が可能になり、騒音低減にも効果がある

ii. プッシュプル集塵システム

従来から使用してきた集塵方式の送風機と風管に送風フードと受風フードを接続してプッシュプル集塵することで、集塵性能を4倍まで高めることができた

iii. ミスト沈塵システム

屋内作業の沈塵に有効なミスト粒子径が 50~150 μm であることを確認した。長時間使用する場合、廃水処理が必要となるが、ミストによる拡散防止性能を確認した

5. あとがき

粉塵は社会的な問題であることから、本研究開発で考案した技術を建設工事で問題となっている粉塵の対策技術として普及させたい。今後は現場適用での実証データを得て、適宜改良を行い、利用価値を高めたい。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会「建築設計資料集成 1 環境」、丸善、pp.140-148、1989.11
- 2) 厚生労働省「第7次粉じん障害防止総合対策について」、pp.3-4、2008.3
- 3) 国土交通省「公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）」、官庁営繕、p.13、2008.4
- 4) 日本建築学会「建築設計資料集成総合編」、丸善、p.98、2001.6
- 5) 日本建築学会「コンパクト建築設計資料集成第2版」、丸善、p.254、1994.8
- 6) 井伊谷鋼一「集塵技術マニュアル」、日刊工業新聞社、pp.29-102、1975.11
- 7) 大気汚染研究全国協議会「大気汚染ハンドブック(2) 除じん装置編」、コロナ社、pp.71-230、1976.4
- 8) 井伊谷鋼一「集塵装置の性能」、産業技術センター、pp.51-58、1976.10