ダストキャッチネットに関する風洞実験 (ダスト捕集性能について)

Wind Tunnel Experiments of the Dust Catch Net (Properties of Dust Catches)

○正 関下 信正 (豊橋技科大) 坂井 宏行 (㈱メイテック)
梅田 英樹 (㈱メイテック) 梅田 直人 (㈱メイテック)

Nobumasa SEKISHITA, Toyohashi Univ. of Tech., 1-1 Tenpaku-cho, Toyohashi 441-8580, Japan
Hiroyuki Sakai, MAYTECK, 7-3 Tonya-cho, Toyohashi 441-8086, Japan
Hideki Umeda, MAYTECK
Naoto Umeda, MAYTECK

Key Words: Multi-Phase Flow, Fiber, Particle, Grid, Wake, Pressure Drop, Wind Tunnel

1. 緒言

自動車製造工場内の塗装ブースや各種クリーンルームの内部では埃の少ない環境が求められており、埃を捕集する一つの方法として、粘着剤が塗布されたネット(メイテック社製ダストキャッチネット、特許第 3959485 号、第 4598281 号)が用いられている。ダストキャッチネットは省エネ、無動力、低コスト、かつ、設置が容易であり、上述の室内内部や通路帯、出入口付近の空間に吊るされた状態で用いられており、様々な種類および大きさの埃を捕集するものである。様々な埃に対する捕集率をより高めたネットを開発するためには、基礎的な実験データが必要である。

本研究では、使用現場での風環境に応じた最も効果的なダストキャッチネットの網目形状・大きさの選定法を明確にすることを最終目標としており、本発表では、ダストキャッチネットの基礎データを得ることを目的として、評価装置を製作し、9 種類のダストキャッチネット、3 種類の埃について、風洞実験によりダストキャッチネットの特性を調べた。

2. 実験装置および実験方法

本研究では小型吹出し型風洞(図 1)を使用し、その測定胴は断面 100mm 角、長さ 510mm である。本研究の試験対象であるダストキャッチネットは、測定胴入口から 330mm の流れ方向位置に、風路全域にわたって主流と直角に設置した。

評価の前段階で、埃を気流に混入する方法を色々と検討した後、埃混入装置を自作した。埃を風路に混入するため、測定胴入口断面から 280~300mm 下流(ダストキャッチネットから 30~50mm 上流)にスパン方向全域にわたって風洞床面に開口部(流れ方向長さ 20mm、幅 100mm)を設置し、埃を鉛直上方に噴出し、埃は主流に流されて、その下流に設置してあるダストキャッチネットに付着する。なお、本埃混入装置内の埃はコンプレッサーで圧送(流量 20liter/min)している。コンプレッサーからの空気は、空気乾燥機、レギュレーター、流量計を経て本埃混入装置の底部に圧送される。静電気の影響で装置内部において埃が付着することを防ぐため、電動歯ブラシを流用して本装置に微弱な振動を与えた。ダストキャッチネットの前方床面に落下する埃、および、ネットを通り過ぎて床面に落下する埃があるので、両者の埃を回収するための埃回収用開口部をネットから各々 0~15mm 上流、25~60mm 下流のスパン方向全域(100mm)にわたって設けた。

実験は、主流風速 $U_0=0.3, 0.5, 0.7, 1.0\text{m/s}$ (風洞壁面近傍を除いて、平均速度分布は一樣)で行い、評価に用いたダストキャッチネットは 9 種類(表 1)であり、網目形状、網を構成する糸の太さ、1 つの網目当たりの寸法、最小開口面積 a が異なる。網目形状については、一網目の中にモノフィラメント

が 1 本存在するもの(sail 型、図 2)、または、モノフィラメントのないものがある。全てのネットの材質は塩化ビニリデンである。本実験で用いた埃は、タルク、コットンリンタ、塩

Fig. 1 Experimental setup.

Fig. 2 Net 1 for using experiments.

Table 1 Specification of dust catch nets.

net	net shape	filament thickness [dtex]	net size for a mesh [mm×mm]	minimum opening area, a [mm ²]
1	sail	660	5.7×5.5	11.8
2	-	500	4×4	14.0
3	-	660	5×4	14.9
4	-	500	5.7×4	19.9
5	-	500	5×5.5	23.7
6	-	660	5.7×5.5	24.8
7	-	500	8×4	26.9
8	-	500	7×5.5	33.5
9	-	500	8.5×5.5	40.0

specific gravity:2.8, 1.54, 1.4
Fig. 3 Dust for using experiments.

Fig. 4 Dust (talc) catch phenomenon for the dust catch net for $U_0=0.3\text{m/s}$

ビ樹脂パウダーの3種類(図3)であり、埃混入装置に入れる直前に、電子レンジで十分に乾燥させてダストキャッチネットの評価に使用した。

3. 実験結果および考察

ダストキャッチネット近傍の埃の様子を横斜め上流側から高速度カメラ(20frame/s)で撮影した動画の1コマを、図4に示す。図中、主流方向は左から右であり、図の左下方にある埃混入装置から噴出された埃は気流によって舞い上がり、垂直に設置されているダストキャッチネット近傍で埃は捕集あるいは落下、通過する。捕集される場合には、埃がダストネットに接触した時に、ネットに塗布されている粘着剤の作用で吸着するが、埃がネットに接触しても吸着されず、ネット上流側に落下する場合もある。

各実験の直前に、埃混入装置に0.20gの埃を注入し、実験を開始してから噴出した埃(重量 W_1)は、ダストキャッチネットの上流側に落下するもの(W_2)、ダストキャッチネットに捕集されるもの(W_3)、ダストキャッチネットを通過するもの(W_4)に分類される。各実験終了時に埃混入装置に残っている埃の重量を W_0 とすると、捕集率 C を次式で算出した。なお、埃の重量は分析天秤で0.1mgの精度で計測している。

$$C = W_3 / \{0.2 - (W_0 + W_2)\} \quad (1)$$

表2に、ネットに塗布される粘着剤の有無の結果(埃：塩ビ樹脂パウダー、風速：0.3m/s)を示す。粘着剤があることによって、埃の捕集率が高く、粘着剤の効果が高いことが分かる。また、予備実験で、粘着剤を塗布したネットとフィルムの捕集性能を比較しており、通風性のあるネットの方がフィルムより捕集性能が高いことも確認している。

図5に、埃を塩ビ樹脂パウダーとした時の各ダストキャッチネット(net 1~9, 表1)の捕集率 C を示す。図中の棒グラフは、各ネットの最小開口面積 a (表1)が小さい順に並べてある。図5(a)が主流風速 $U_0=0.3\text{m/s}$ 、図5(b)が $U_0=1.0\text{m/s}$ の結果であり、 $U_0=0.3\text{m/s}$ の場合、捕集率 C は約15~30%であり、最小開口面積 a が小さいネットほど捕集率 C は大きい。他の埃(コットンリント、タルク)も同様の傾向であった。なお、最小開口面積 a が、図5よりもさらに小さくなった場合、捕集率が最大になる最適な最小開口面積 a が存在することが考えられる。一方、平均風速が速く($U_0=1.0\text{m/s}$)になると、捕集率 C は約10~30%であり、net4の最小開口面積 a 程度以下の条件で

Table2
Effects of adhesiveness on dust collection rate for $U_0=0.3\text{m/s}$, vinyl chloride.

net	C [%]	
	with adhesiveness	without adhesiveness
1	31.5	4.9

(a) $U_0=0.3\text{m/s}$, dust: vinyl chloride powder

(b) $U_0=1.0\text{m/s}$, dust: vinyl chloride powder

Fig. 5 Collection rate of each dust catch net.

Fig. 6 Dependence of mean velocity on collection rate.
dust: cotton linter, ▲:net 1

は、最小開口面積 a が小さいほど捕集性能がより良好であるが、最小開口面積が約 20mm^2 以上の条件では、捕集率 C は最小開口面積 a にあまり依存していない。この傾向は、他の埃(コットンリント)でも同様であったが、タルクの場合、データが少々ばらついているものの、全てのネットに関して最小開口面積が増加するほど捕集率 a が減少した。

図6に、捕集率 C の風速依存性(コットンリント)を示す。 $U_0 \leq 0.7\text{m/s}$ 以下の場合、主流流速 U_0 の増加に伴い捕集率 C は若干増加している。ただし、球状の埃(タルク、塩ビ樹脂パウダー等)では、このような傾向にならない場合もあった。

4. 結論

ダストキャッチネット(粘着剤を塗布したネット状構造体)の捕集性能を評価することを目的として、形状と寸法が異なるネットの捕集率の風洞実験を行い、以下の結論を得た。

- (1) 高速度カメラを用いて、ダストキャッチネット周りでの埃の挙動を明らかにした。
- (2) 粘着剤を塗布したネットの方が、粘着剤のないネットよりも捕集能力が高く、埃の種類によっては、その効果は極めて大きい。
- (3) ダストキャッチネットの最小開口面積 a が小さいほど捕集率は高い。ただし、風速が速い場合、ある面積 a 以上の条件では捕集性能は改善されない。
- (4) 繊維状の埃(コットンリント等)で、 $U_0 \leq 0.7\text{m/s}$ 以下の場合、主流風速の増加に伴って捕集率は増加する。