

214 凍結路面に散布されたピリ砂利回収用空気噴流の特性

Characteristics of Air Jet for Retrieval of Gravel Scattered on Frozen Road Surface

○ 正 宮越 勝美 (北見工大) 正 羽二生 博之 (北見工大)
正 鈴木 聡一郎 (北見工大) 村瀬 真人 (北海道日情システムズ)

Katsumi MIYAKOSHI, Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami-shi, Hokkaido
Hiroyuki HANIU, Kitami Institute of Technology
Soichiro SUZUKI, Kitami Institute of Technology
Makoto MURASE, Hokkaido Nichijyo Systems Ltd.

The development of an air jet retrieval system of the gravel scattered on the road surface for the slip prevention is studied. The purpose of this study is to clarify the optimum installation condition of the jet nozzle for blowing the gravel. The height of the nozzle exit was $h=5\text{mm}$, and the width was 50mm . In changing blowing angle θ of the jet and standoff distance from the road surface y_0 , the blow off regions of the gravel were photographed and velocity distributions over the road surface were measured by hot-wire anemometer. As the result, optimum installation condition of the jet nozzle were found to be $y_0/h=2\sim 3$ and $\theta=15^\circ\sim 20^\circ$, where the blow off distance of gravel is increased.

Key Words : Jet, Gravel, Slip Prevention, Nozzle, Road Surface, Velocity Distribution, Retrieval System

1. 緒言

北海道などの積雪寒冷地では、交差点付近や勾配のある路面などに“ピリ砂利”が散布され、スリップによる車禍事故や歩行者の転倒事故の減少に大きな成果を上げてきている。このため、ピリ砂利の散布を行う自治体が増加しており、人口約10万人の道東の都市では、冬期間のピリ砂利散布量が約1500トンに達している。一方、大量に散布されたピリ砂利は雪解け後に回収する必要があるが、その5割以上は人力によって行われている。

ピリ砂利の回収には大型の路面清掃車も使用されているが、清掃車の露出した回転ブラシや車外に放出されるブロー排気などによる埃の巻き上げや騒音の発生が問題となっている。さらに、泥や空缶などのゴミも一緒に吸引されるため、ピリ砂利の再利用ができない等の問題もある。ピリ砂利の分離回収には、現在の回転ブラシによる湿式の機械的清掃より、乾式の清掃方法が有効と考えられる。本研究では、高速の空気噴流によってピリ砂利や土・塵芥を寄せ集め、吸引されたピリ砂利や塵芥をそれぞれの空気抵抗特性を利用して分別回収するピリ砂利回収機の開発を行うため、ピリ砂利を寄せ集める空気噴流ノズルの最適な設置条件を検討した。

2. 実験装置および方法

2.1 吹払いノズル 使用した吹払いノズルは厚さ1.6mmの鋼板製であり、内径38.6mmのパイプから流入した空気を滑らかに縮流し二次元噴流を生成する。ノズル出口形状は、高さ $h=5\text{mm}$ 、幅50mmの矩形であり、図1に示すようにノズル出口における一様流速を U_0 、噴流の中心軸と地面とのなす角を θ 、ノズル出口の中心と路面との距離を y_0 と定義する。また、防塵カバーによる噴流速度分布への影響を調べるため、長さ1000mm×幅910mmの天板と、長さ1200mm×高さ400mmの側壁を用いた。このときの路面と天板との間隙を s 、ノズル中心と側壁との距離を w と定義する。

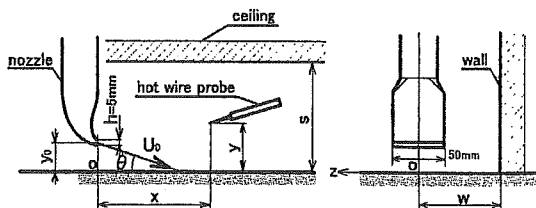


Fig.1 Schematic view of nozzle and coordinate system

噴き出し流速 U_0 は、ノズル側面に開けられた2ヶ所の静圧孔(直径1.7mm)の差圧から求めた。送風機は、ピリ砂利を用いた実験には市販の1100Wの集塵機を使用し、熱線流速計による噴流速度分布の詳細な測定には、多段式ブローを使用した。

2.2 最小吹払い流速の測定 ピリ砂利の吹払いに必要な噴流の最小流速を測定した。ノズル設置条件は高さ $y_0=10\text{mm}$ 、吹付け角度 $\theta=15^\circ$ であり、アスファルト路面上に粒径別に分類されたピリ砂利をノズル出口より $x=25\text{mm}$ の位置に幅50mmの範囲で均一になるように散布した。最小吹払い流速は、ノズル吹出し速度を徐々に上げ、ピリ砂利が全て吹払われる時の U_0 とした。

2.3 ピリ砂利吹払い距離の測定 ピリ砂利1kgをアスファルト路面上の $1\text{m}\times 1\text{m}$ の範囲に均等に散布し、設定した流速で噴流を2分間吹き付けた。ピリ砂利の吹払われた状態をデジタルカメラで撮影し、画像から最大吹払い距離 L_x を求めた。実験は、流速 $U_0=50\text{m/s}$ 、ノズル設置高さ $y_0=10, 15, 20\text{mm}$ 、吹付け角度 $\theta=10, 15, 20, 25^\circ$ について行った。

2.4 吹払い噴流の時間平均速度分布の測定 路面を想定した長さ1225mm×幅925mm×厚さ24mmの合板上に $U_0=50\text{m/s}$ の噴流を吹付け、熱線流速計を用いてノズル設置高さ y_0 と吹出し角度 θ を変化させて噴流の速度分布を測定した。測定範囲は、 $1\leq x/h\leq 180, 0.2\leq y/h\leq 40, -35\leq z/h\leq 35$ である。

3. 実験結果および考察

3.1 ピリ砂利の吹払い特性 使用したピリ砂利を図2に示す。ピリ砂利の比重は2.8であり、粒径は7.1mm未満が全重量の約99%を占めている。図3に、2mm, 4.3mm, 7.1mmメッシュのふるいで分類されたピリ砂利の最小吹払い流速 U_{min} を示す。平均粒径 $d=1.0\text{mm}$ の最小吹払い流速は $U_{\text{min}}=8.9\sim 9.7\text{m/s}$ 、 $d=9.8\text{mm}$ の場合は $U_{\text{min}}=13.9\sim 14.8\text{m/s}$ であり、最小吹払い流速はピリ砂利の粒径が大きくなるにつれて直線的に増加することがわかる。

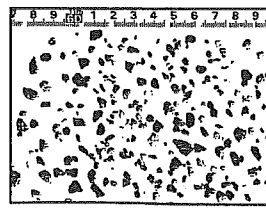


Fig.2 Photograph of gravel

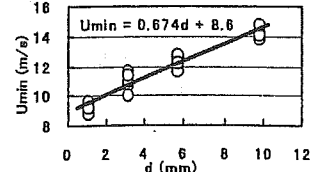


Fig.3 Minimum jet velocity for blow off the gravel

図4は、ノズル設置高さ $y_0/h=2$ 、吹付け角度 $\theta=15^\circ$ の条件下で U_0 を変化させた場合のピリ砂利の吹払い状態を示した例である。吹払い領域は実験毎にバラツキがあるため、同一条件で5回の測定を行った。図5は、吹払い距離 L_x と噴流速度 U_0 の関係を示したものであり、 $U_0=80\text{ m/s}$ における吹払い距離は約 $150h$ ($=0.75\text{ m}$)で吹払い距離は U_0 にほぼ比例することがわかる。このため、実用上の吹払い距離は約 1 m ($U_0 \approx 100\text{ m/s}$)を想定しているが、実験は実用流速の約半分の $U_0=50\text{ m/s}$ で行った。

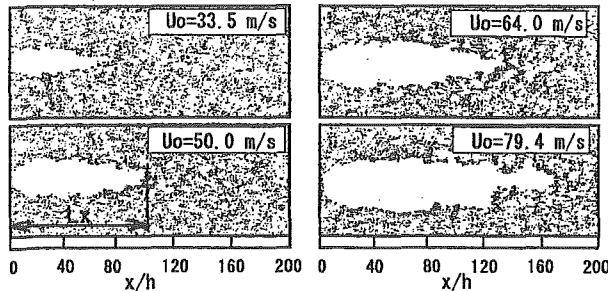


Fig. 4 Blow off patterns of gravel on road surface ($y_0/h=2, \theta=15^\circ$)

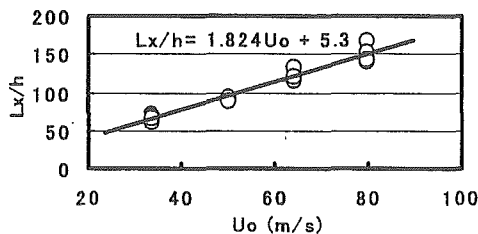


Fig. 5 Blow off length of gravel versus jet velocity ($y_0/h=2, \theta=15^\circ$)

3.2 ノズル設置条件による吹払い領域の比較

図6は、吹払いノズルの最適な設置条件を明らかにするため、設置高さ y_0 と吹付け角度 θ によるピリ砂利の吹払い距離 L_x を比較したものである。なお、データは5回の平均値を用いた。図から吹付け角度 $\theta=10^\circ, 20^\circ$ における $y_0/h=4$ の条件では、吹払い距離の減少は大きいことがわかる。一般の路面には凹凸があるため、路面からのノズル設置高さ y_0 は常に変化することが予想される。この y_0 の変化に対しても安定した大きな吹払い距離が得られることが望ましく、吹付け角度は $\theta=15 \sim 20^\circ$ が適当であると考えられる。

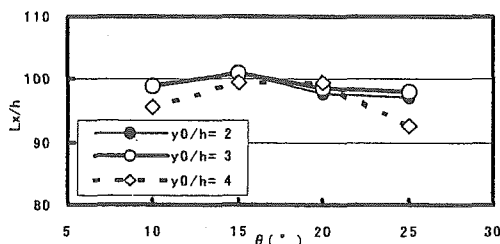


Fig. 6 Blow off length of gravel versus blowing angle of jet ($U_0=50\text{ m/s}$)

図7(a)~(c)は、ノズル設置高さ $y_0/h=2$ 、吹付け角度 $\theta=20^\circ$ における噴流の路面近傍の時間平均速度 U/U_0 を等値線で示したものであり、図7(d)は同じ条件におけるピリ砂利の吹払い画像である。路面近傍の噴流速度は y/h の増加に伴って大きくなっており、粒径の大きなピリ砂利の方が早い速度の流れにさらされることになる。図7(b)の $U/U_0=0.2$ の領域は、図7(d)の吹払い領域に

ほぼ対応することが分かる。このことから、 $y/h=0.3$ での速度の等値線から吹払い領域を推定することが可能であると考えられる。

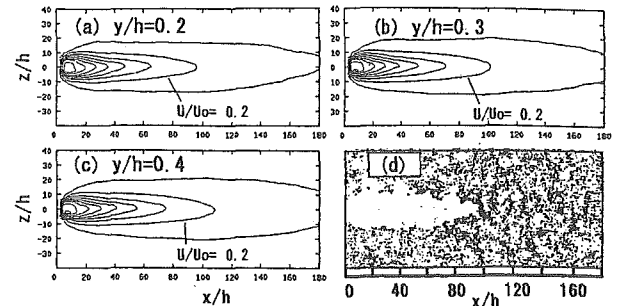


Fig. 7 Contours of mean velocity and blow off pattern of gravel on road surface ($y_0/h=2, \theta=20^\circ$, interval= $0.1 U/U_0$)

3.3 天板ならびに側壁による吹払い領域への影響

噴流によるピリ砂利ならびに粉塵の飛散を防止するため、防塵カバーが必要となる。この防塵カバーの設置条件を決めるため、天井ならびに側壁を設置した場合の噴流速度分布を測定した。図8に、路面と天板との間隙 s を変化させた場合の推定吹払い距離 L_x を示す。推定吹払い距離は $s/h=40$ において最も大きく、天板の無い場合より約20%の増加が見られた。

図9に、ノズル中心と側壁との距離が $w/h=20$ の場合の速度分布を示す。なお、図9(a)は $y/h=0.3$ 、図9(b)は $x/h=100$ における等値線である。これらの結果から、壁面によって噴流の z 方向の拡散が抑制され、吹払い距離は増加することがわかる。

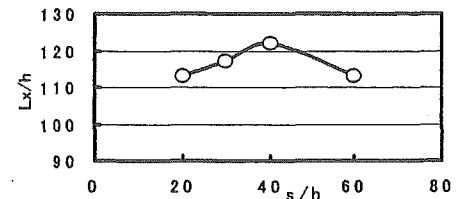


Fig. 8 Blow off length of gravel versus height of ceiling ($y_0/h=2, \theta=20^\circ, U_0=50\text{ m/s}$)

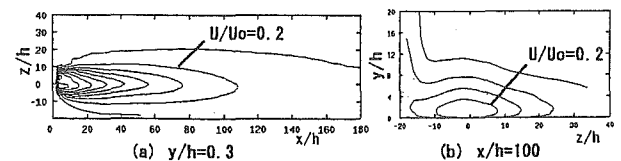


Fig. 9 Contours of mean velocity ($w/h=20, y_0/h=2, \theta=20^\circ, U_0=50\text{ m/s}$)

4. 結論

空気噴流によってピリ砂利を掃き寄せ回収するピリ砂利回収機開発のため、吹払いノズルの最適設置条件を実験により調べた。得られた主な結果を以下に示す。

- (1) ピリ砂利の最小吹払い流速は、粒径が大きくなるにつれて直線的に増加する。
- (2) ノズルの最適な設置条件は、設置高さ $y_0/h=2 \sim 3$ 、噴流の吹付け角度 $\theta=15^\circ \sim 20^\circ$ である。これらの条件においてピリ砂利の吹払い距離が増加することがわかった。
- (3) 防塵カバーを付けることによって噴流の拡散を抑制し、ピリ砂利の吹払い距離を増大することが可能である。

なお、本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)(No.14550137)の援助を受けて行われたものである。