

II-182 開水路Water Conveyor屈折部における塵芥輸送能力について

山梨大学大学院 学生員○望月 優
 山梨大学工学部 正 員 荻原 能男
 一宮市 市役所 正 員 田内 誠一

1. はじめに

近年、排水機場および水力発電所等の水利施設に多様な種類・形状の塵芥が排出される。これらの塵芥は従来Belt Conveyor等で輸送され、焼却処分されている。本研究では新たにWater Conveyor水路を提案し屈折部における塵芥の挙動を理論および実験により検討した。

2. 塵芥の挙動

直線部で等速移動してきた塵芥の屈折部での挙動は大きくわけて以下の3通りのパターンである。

- ①屈折部入り口で塵芥が静止する ②屈折部入り口で塵芥は一時停止した後、再び移動を開始し通過する
 ③速度をほとんど変化させず通過する

3. Water Conveyor屈折部について

塵芥が45度屈折部を通過時、塵芥はまず先端が変形し、一時静止後続いて末端や側面が変形しながら移動していく。これは、塵芥の形状や流量等に左右される。この多種多様な変形の様子を本研究では、屈折部における塵芥移動を定義することにより、幾何学的に屈折部における変形量を求め、その変形量（V）に対する抵抗力（R）の関係を次のように定義した。

$$R = \alpha V^\beta \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 α および β は実験によって求める値である。

3.1 屈折部通過時の回転移動定義

図-1に示すように、屈折部にsだけ進入し、塵芥の後方に十分貯水後、移動を開始する。また、塵芥の軌道を次のように定義する。

〔塵芥移動の定義〕

塵芥の移動をある中心まわりの回転移動と定義する。回転の中心は、図-2の塵芥の重心（G）を通り水路軸に垂直な直線（GO）と、水路屈折点を結んだ直線（CDO）との交点（O）とする。以上の定義に基づき回転半径rを求めると次式になる。

$$r = \frac{1}{\pi} \left(\frac{L}{2} - \frac{B}{2} \tan \frac{\pi}{8} - s \right) \dots\dots\dots (2)$$

3.2 屈折部通過時に塵芥が受ける力

塵芥が屈折部に進入して、3.1の定義に基づき θ 回転移動すると、図-3のように塵芥には多くの力が働く。図-3における力は、全て θ をパラメータとして変化する力である。 $Wt(\theta)$ は重量、 $Nt(\theta)$ は底面抵抗力、 $Pt1(\theta)$ から $Pt5(\theta)$ は水圧、 $ft1(\theta)$ から $ft3(\theta)$ は塵芥が変形した時に生じる抵抗力であり、式(1)から $ft1(\theta)$ は、図-3に示した屈折部において塵芥に働く力であり

$$ft1(\theta) = \alpha \{V1(\theta)\}^\beta \dots\dots\dots (3)$$

とした。 $kt1(\theta)$ から $kt2(\theta)$ は塵芥が変形に伴い水路と接触時に生じる側面抵抗力であり、式(3)の関係から $kt1(\theta)$ は、 μ を摩擦係数として

$$kt1(\theta) = \mu \{ft1(\theta)\} = \mu [\alpha \{V1(\theta)\}^\beta] \dots\dots\dots (4)$$

とした。次に、力の釣り合いから、断面Iと断面IIにおける運動量方程式により塵芥の屈折部における移動速度を導く。

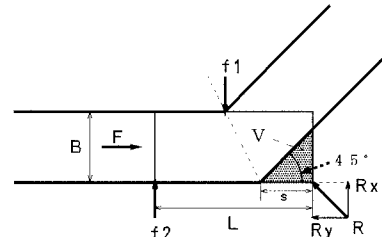


図-1 屈折部に進入した直後の力の関係

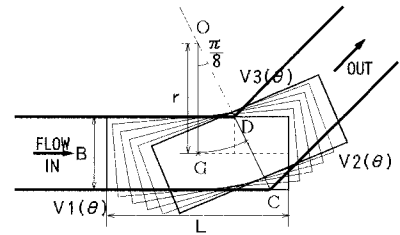


図-2 回転移動定義

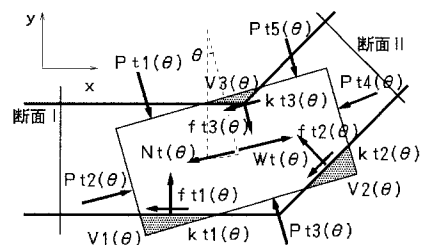


図-3 屈折部において塵芥に働く力

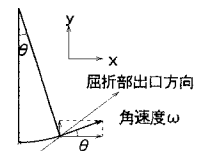


図-4 塵芥の移動方向

3.3 塵芥の移動速度

屈折部の移動速度を求めるにあたり、塵芥の速度は、塵芥の重心の速度と定義する。塵芥の中心が θ だけ移動した時、その角速度 ω の方向と屈折部出口方向との関係は、図-4に示すようになる。これを考慮して、図-3の断面Ⅰと断面Ⅱについて3.2で示した力をx軸、y軸方向にわけて運動量方程式から移動角速度を求めると移動角速度は

$$\omega(\theta) = \frac{1}{\cos\theta} \left\{ u_{t1} \pm \sqrt{\frac{h_{t2}F_x}{\rho_w B h_{t1}(h_{t1} - h_{t2})}} \right\} \dots\dots (5)$$

である。但し、 F_x は3.2で示した力をx軸、y軸方向に分解時のx軸方向における合力である。また u_{t1} 、 u_{t2} および h_{t1} 、 h_{t2} は断面Ⅰ、断面Ⅱの流速と水深である。

4. 実験概要

実験は、水路の幅0.11m、高さ0.12m、屈折部上流の直線部8.50m、下流の直線部1.00mの可変勾配水路を使用した。水路勾配1/1000、1/500、1/100、流量0.2(l/s)から1.1(l/s)について0.1 l/s刻みで行い、塵芥変形量も測定した。また、塵芥にはPVAスポンジを細かく砕いてネットに詰めたものを用いる。（表-1 供試体の諸元を示す。）

5. 実験結果および考察

5.1 模擬塵芥の体積変形特性

式(1)の未定係数 α および β を決定するために実験を行った結果を図-5に示す。図-5は横軸に変形体積 V (cm^3)、縦軸に図-1に示した力 R (N)である。また図は全ての模擬塵芥、水路勾配についてプロットした。この結果、力（単位(N)）と体積（単位(m^3 ））について最小二乗法から次式の関係が求められた。 $R=668.082V^{0.796} \dots\dots (6)$ ここで、本研究では、式(6)を応用することで式(3)、(4)の未定係数を $\alpha=668.082$ 、 $\beta=0.796$ とした。

5.2 屈折部における停滞時間の計算法

塵芥移動を示した角度 θ と塵芥の変形量（ V ）の関係を図-6に示した。変形量（ V ）が最大値を初めて取る時の θ を $\theta_{\max}$ とする。この $\theta_{\max}$ 以上の θ の値では変形量（ V ）は小さくなるので、塵芥が屈折部に停滞する時間は θ が $\theta_{\max}$ になるまでの時間である。従って、停滞時間は式(7)に示す t_t に関係するものと考えられる。

$$t_t = \frac{r \theta_{\max}}{\omega(\theta_{\max})} \dots\dots (7)$$

6. おわりに

本研究は、Water Conveyor水路における塵芥輸送能力を評価するため、Water Conveyor45度屈折部について塵芥実験により塵芥の挙動を明確にし、理論的・実験的検討を行った。また屈折部において塵芥の移動軌道を定義することにより、塵芥が屈折部に停滞している時間について検討した。このことによりWater Conveyorにおける必要流量の算定、塵芥輸送速度の調節が可能になる。また屈折部において塵芥が詰まり流れなくなることが防止できる。以上からWater Conveyorの塵芥輸送能力についてかなり明かになった。

参考文献

- 1) 田内誠一・荻原能男・市川雅之：開水路Water Conveyorに関する研究（第二報）土木学会第50回年次学術講演会論文集Ⅱ-A193、pp386～387、1995.9
- 2) 市川雅之：開水路Water Conveyorに関する研究、山梨大学修士論文、1995.3

表-1 模擬塵芥の諸元

種別	形状			投入時 重量 飽和状態 (kg)	空隙率 (%)
	高さ (cm)	幅 (cm)	長さ (cm)		
A	4.80	11.00	10.00	0.175	87.40
B	9.50	11.00	10.00	0.350	
C	4.90	11.00	20.00	0.350	
D	9.50	11.00	21.00	0.700	

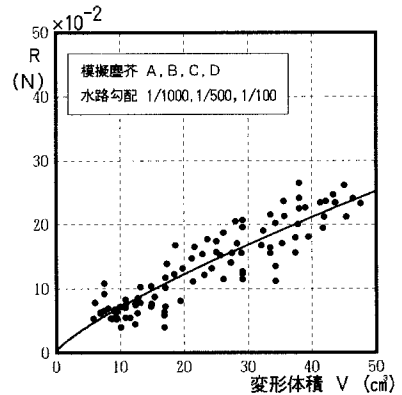


図-5 力と変形体積の関係

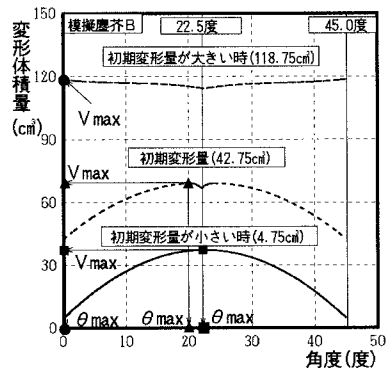


図-6 角度と変形体積の関係