

空気流による土砂飛散に関する実験的研究

九州大学 学生員○原野 崇
 九州大学 学生員 押川 英夫
 九州大学 正 員 小松 利光
 九州大学 正 員 朝位 孝二
 九州大学 正 員 藤田 和夫
 森田特殊機工 西本 智

1. 目的

下水管内堆積物の除去を、現在の高圧噴射水に替わって空気噴流により行うことができれば、作業の効率化や水圏環境の保護等、数々の利点がある。その実用化のためには含水比が堆積物の挙動に及ぼす影響を明らかにする必要があるが、そのような多湿な土砂の移動に関する研究はあまり行われていない。前年度までの研究で、湿った砂の空気輸送にはその始動時に大きな力を必要とするが一度動き出せば比較的小さな流体力で輸送できることが分かっている²⁾。よって、何らかの物理的な力によって空中に砂を浮遊させれば、空気流体力により湿砂を輸送することは容易であると考えられる。本研究は、そのための基礎研究として、浮遊した湿砂の挙動を明らかにすることを目的としている。

2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた風洞及び装置を図-1に示す。風洞は全面アクリル製で長さ6m、幅20cm、高さ20cmである。送風機はインバータ制御で、風洞断面中央部での風速を5~25m/sの5m/s刻みに変化できる。風洞入口から2.5mの位置に砂供給用パイプを設置し、ここから砂を押し込んだ。このパイプの高さは2.5cm、7.5cm、12.5cm、17.5cmの4段階に変えられる。この風洞内において空気の流れ力による土砂の飛距離を調べた。捕砂装置で捕らえた砂の重量の分布の重心を飛距離としている。

粒径 D m(mm)	0.17	0.29		
	0.80	1.24	1.90	
含水比 (%)	0.0	1.0	3.0	5.0
		10.0	15.0	20.0

表-1 実験に用いた砂の条件

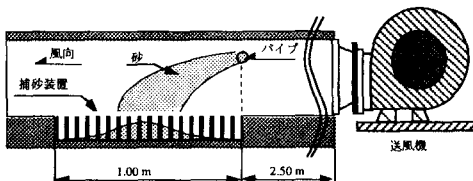


図-1 実験風洞

3. 理論解

単一粒子の運動に関する基礎方程式は以下のようになる。

$$\text{水平方向: } m \frac{dc}{dt} = \frac{\rho_L}{2} C_w A (v - c)^2 \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{鉛直方向: } y = H - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 m : 砂粒子の質量 c : 砂粒子の速度 ρ_L : 流体(空気)の密度 C_w : 抵抗係数

A : 砂粒子の流れ方向の投影断面積 v : 流体(空気)の流速 H : 砂供給パイプの高さ

(1)式と(2)式を連立させて解けば、砂の飛距離 L が次式の様に求まる。

$$L = -\frac{2m}{\rho_L C_w A} \ln \left(1 + \frac{v \sqrt{2H/g}}{2m/(\rho_L C_w A)} \right) + v \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

4. 結果及び考察

以上の実験及び理論によって得られた結果を以下の図-2~5の各図中に示す。

図-2に風速を変化させたときの砂供給パイプの高さと飛距離の関係を示す。風速が速くなるに従って飛距離は増大する。また、実験値及び理論値共に砂供給パイプの高さと飛距離はほぼ比例関係になっている。

図-3に含水比を変化させたときの流速と飛距離の関係を示す。含水比が大きくなると飛距離は減少し、両対数グラフ上の傾きが実験値と理論値とで一致していることが分かる。

図-4に粒径と飛距離の関係を示す。乾燥させた状態では粒径が大きいくほど飛距離は小さい。しかしながら含水比が大きくなるにつれて、逆に粒径が小さいものほど飛距離が小さくなる傾向が現われた。

図-5に含水比と飛距離の関係を示す。粒径が小さいほど含水比の変化が飛距離に及ぼす影響が大きい。また、含水比10%を越えるとそれ以上の含水比の変化は飛距離にあまり影響を及ぼさない。

理論値は定量的には実験値を再現していないが、定性的にはよい一致を示している。しかしながら上述のように図-4において、含水比が大きく粒径が小さい範囲では理論値は定性的にも実験値と一致していない。これは、理論では含水比の影響が考慮されていないためである。粒径の小さい砂で含水比が大きくなるにつれて飛距離が落ちるのは、水の表面張力のために砂がかたまりを形成し、みかけの粒径が大きくなるためである。この傾向は図-4、図-5に見られるように、粒径の小さい砂ほど強く現われている。

また、定量的に合わない一因は抵抗係数 C_w にもあると思われる。理論値は抵抗係数 C_w を0.47として得られたものだが、本来 C_w はレイノルズ数や形状によって大きく変化するため、実験値と異なる理論値がでたものである。

3. 結論

以上の実験結果から以下の結論が得られた。

- 1) 空気流による土砂輸送においては、砂の最初の位置（ここではパイプの高さ）が高いほど、また流速が大きいほど飛距離は大きくなって有利である。
- 2) 砂の含水比が大きくなるに従い飛距離は減少するが、含水比10%を越えればほぼ一様となる。
- 3) 粒径が小さいほど砂の飛距離に及ぼす含水比の影響が顕著に表れるが、粒径が大きいものはあまり大きく影響されない。

空気による下水管洗浄技術の実用化にあたっては以上のような土砂及び空気流の特性を考慮しなければならない。

参考文献

- 1) 森川敬信：流体-固体二相流 空気輸送と水力輸送 日刊工業新聞社
- 2) 原野・油島・小松・朝位・藤田：空気による土砂輸送に関する実験的研究 平成4年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 PP230~231, 1993

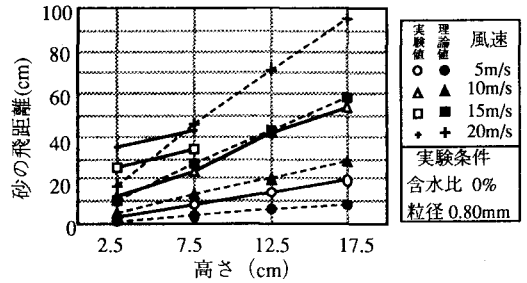


図-2 砂投入パイプ高さとの飛距離の関係

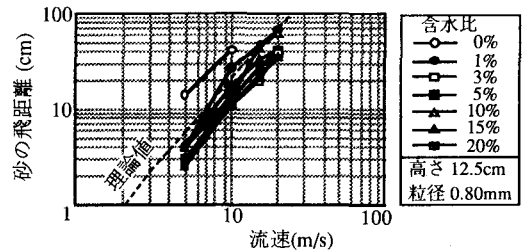


図-3 風洞内の流速との飛距離の関係

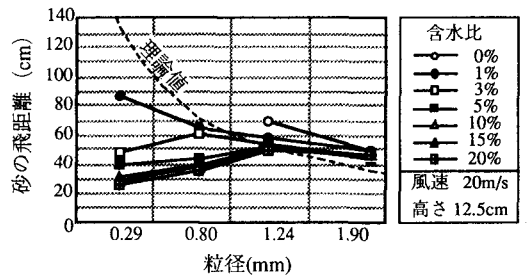


図-4 砂の粒径との飛距離の関係

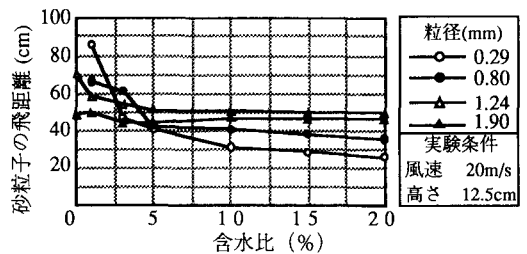


図-5 砂の含水比との飛距離の関係