

空気による土砂輸送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 油島 栄蔵
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

1. 目的

下水管内の堆積物の除去は現在、高圧で水を噴射する『高圧洗浄』方式が一般的である。この方法は、何トンもの洗浄用水の運搬が必要な上、洗浄によって新たに発生した汚水や水分を多量に含んだ管内堆積物の回収・処理といった多くの問題点を抱えている。このため、水のかわりに空気を使用するアイデアは以前からあったが、未だに実現するには至っていない。これが実用化されれば前述の問題が一挙に解決し、更には洗浄作業の効率化や水圏環境の保護につながると思われる。下水管内堆積物は水分を含んでいるので、堆積物の挙動に及ぼす含水比の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。本研究では、空気による下水管洗浄のための基礎研究として、空気のせん断力及び流体力による土砂輸送について実験・考察を行った。

2. 実験方法及び実験結果の考察

2-1 空気のせん断力による土砂の移動限界

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。送風機は無段階変速装置によって、風洞断面中央部で0～22.5m/secまで連続的に変化させることができる。砂は表-1に示すように、6種類の粒径の砂をそれぞれ7通りに含水比を変えたものを用いた。風洞吐き出し口から30～80cmの位置に50cmにわたってこの砂を敷き詰めた。この風洞内において空気のせん断力による土砂の移動限界を調べた。図-2は実験結果を粒径による限界摩擦速度の変化としてあらわしたものである。図中には比較のため、含水比が零の場合のZinggらによる実験式^{1), 2)}を示してある。粒径が小さい

表-1 実験に用いた砂の条件

粒径 D m(mm)	0.17	0.29	0.55	
	0.80	1.24	1.90	
含水比 (%)	0.0	3.0	5.0	7.5
	10.0	15.0	20.0	

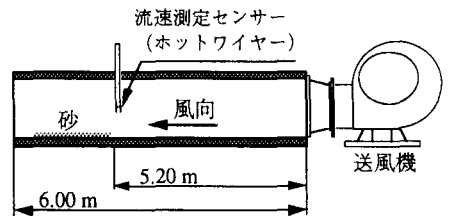


図-1 実験風洞

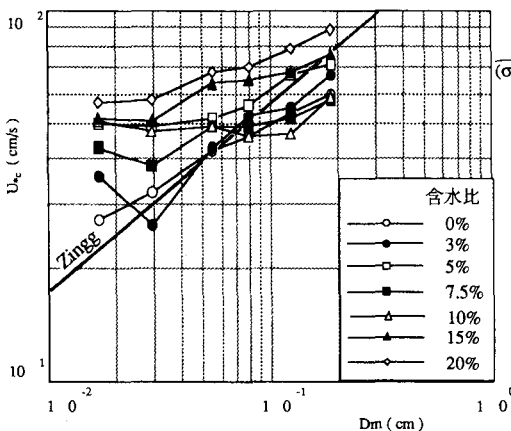


図-2 粒径-限界摩擦速度

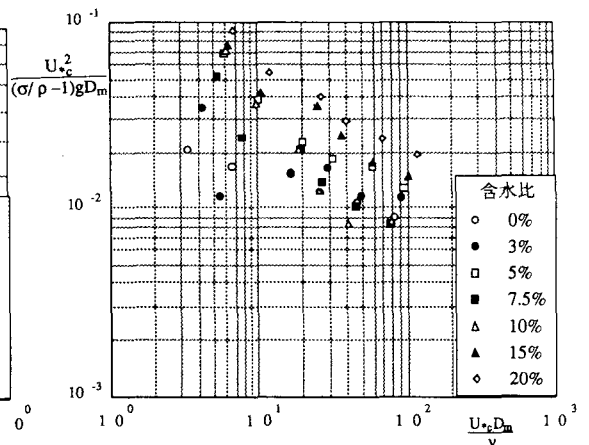


図-3 砂粒Re数-無次元限界掃流力

ほど含水比の変化が限界摩擦速度の変化に及ぼす影響が大きい。図-3に砂粒レイノルズ数と無次元限界掃流力の関係を示す。低Re数領域ほど含水比の影響が顕著に表れている。

2-2 流体力による土砂の移動限界

前述の風洞内の風洞吹き込み口から約2 mの位置に図-4に示す装置を設置し、噴流が水平面に対して45°の角度になるようにした。噴出口は幅2 cm、底面からの高さ5.16 cmである。この装置の下流側のくぼみ(深さ5 cm・長さ50 cm)に砂を敷き詰めた。

以上の装置で、各粒径、各含水比の砂に対して移動限界時の噴出口における流速を調べた。図-5は粒径による移動限界速度の変化、図-6は移動限界流体力の変化を示している。移動限界流体力は砂粒を球形と見なして次の式により算出した。

$$F = \frac{\rho}{2} C_D V^2 \frac{\pi}{4} D^2$$

ここで、 C_D は砂粒の抵抗係数で0.47を用いた。

せん断力による移動の実験の結果と同様、粒径が小さいほど含水比の影響が顕著に表れる傾向が見られる。特に移動限界流体力についてこの傾向が強く現れている。また、移動限界時の噴出口における流速は、同じ粒径・含水率の砂をせん断力により移動させる際の風洞内の中央流速の半分から8割程度である。

3. 結論

以上2つの実験結果から以下の結論が得られた。

- 1) 粒径が小さいほど、砂の移動限界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。
- 2) 単純比較は出来ないものの、土砂輸送においては、比較的小さな流量で砂の移動限界掃流力を得られる流体力による方が有利である。

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の特性を考慮しなければならない。

参考文献

- 1) 河田恵昭 飛砂・流砂における砂粒の流送機構に関する基礎的研究
- 2) 土屋義人・河田恵昭 飛砂における砂粒の運動機構(1)、(2) 京大防災研年報13号PP217～232, 14号PP311～325

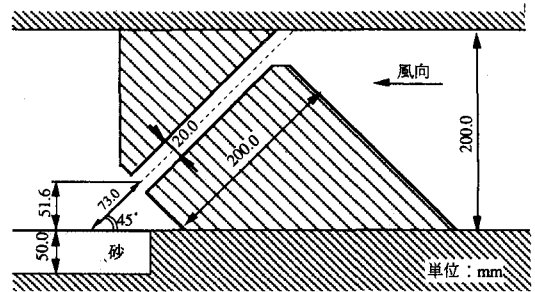


図-4 実験装置の概要

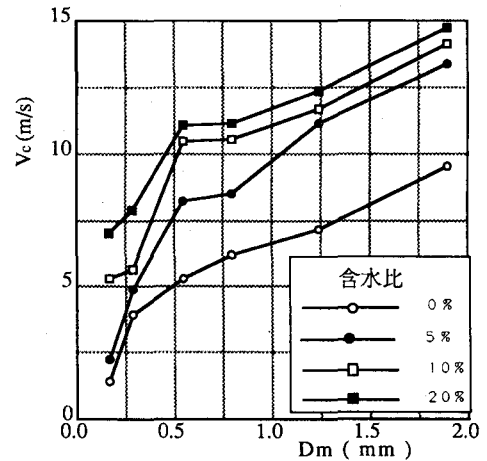


図-5 移動限界時の流速(45°の場合)

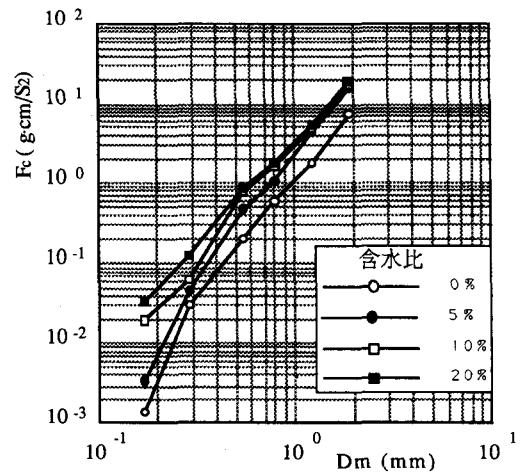


図-6 砂の移動限界流体力(45°の場合)