

空気噴流による土砂輸送における連行現象

九州大学大学院 学生員○押川英夫
九州大学工学部 正 員 小松利光
九州大学工学部 正 員 藤田和夫

1. まえがき

下水管内の堆積物の除去は現在、高圧で水を噴射して行う高圧水洗浄方式が一般的であるが、この方法は大量の洗浄用水の運搬を必要とする上、洗浄によって新たに生じた汚水の回収・処理等の問題点を抱えている。高圧水洗浄方式に代わって空気噴流による堆積物の除去が可能になれば、前述の問題は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もつながると思われる。

著者らは、空気噴流による下水管洗浄を可能にするため種々の基礎的実験を行なってきた¹⁾²⁾。その結果空気噴流による下水管洗浄のためには、少なくとも空気供給装置の圧力は30kgf/cm²、吐出流量は40(l/sec.)程度必要であることが明らかとなった。この時の吐出流量とは基準状態(20℃,1気圧)の空気のノズルからの放出量が40(l/sec.)ということであるが、ノズルの噴射孔の径が0.5mmから2mm程度と極端に小さいことから、高速噴流による周囲の空気の連行により下水管内の空気流量は増加していると思われる。

そこで、本研究では従来の高圧水の代わりに高圧空気を用いるために起こる周囲の空気の連行現象に着目し、それによる下水管の洗浄効果を調べた。

2. 実験方法及び結果の考察

実験に用いた高圧ガス供給装置を図-1に示す。4本立て集合装置に取り付けられた窒素ガスボンベ(初期圧力150kgf/cm²)から放出された窒素ガスを、配管途中に取り付けられた圧力調整器により設定圧力まで減少させ、定常な圧力の下でノズルより噴流を放出させ土砂を除去する。また、配管途中に設置した流量計により吐出流量を測定する。以下で示した流量は、全て基準状態(20℃,1気圧)に換算した流量である。

土砂をアクリル製の模擬下水管(長さ3m、内径218mm)に管底から5cmの厚さに、長さ80cmにわたって敷き詰め、その時の下水管と土砂を合わせた総重量を測定する。実際に高圧水洗浄で用いられている鉄製ノズルを空気噴流にも用いることにして下水管の前方まで通した後に、噴流をノズルより後方に噴出させる。ガスの流量が定常化したのを確認後、ノズルをほぼ

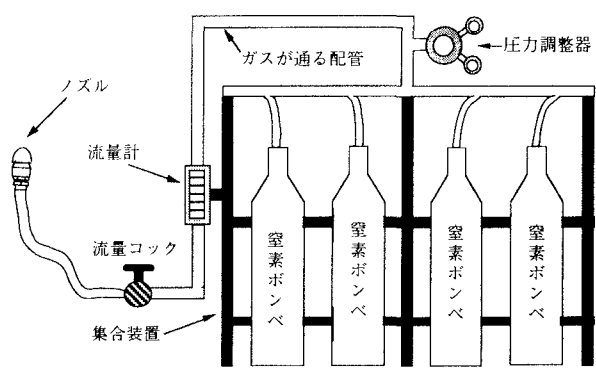


図-1 ガス供給装置の概略

表-1 実験に用いられたノズルの種類

使用ノズル	形状	外径(mm)	全長(mm)	噴射孔(mm)
A	固定式	35	70	φ1.8*7穴
B	固定式	30	65	φ1.3*6穴

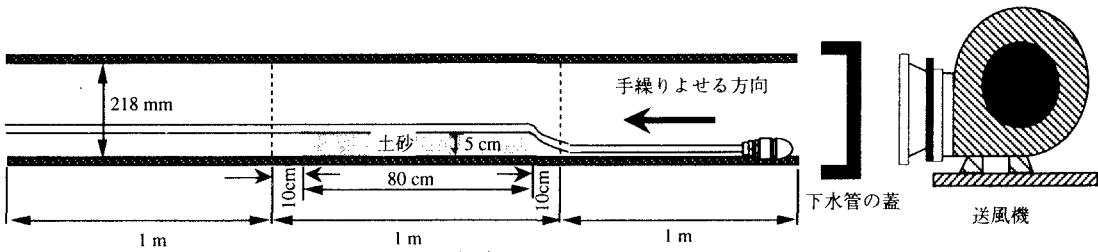


図-2 高圧空気噴流による洗浄実験の概略

一様な速度(7 cm/sec.程度)で手繰りよせ下水管内の土砂を除去する。ノズルを引き終える毎に下水管の総重量を測定する。この操作を数回繰返し下水管を洗浄する。実験で用いた土砂は感潮河川域の底泥(平均粒径0.33mm,平均含水比43.8%)であり、実際の下水管内の土砂よりも粘性が極端に高く条件としては極めて厳しいものを用いている。実験で用いたノズルを表-1、洗浄実験の概略を図-2に示す。

下水管内の洗浄の程度を示す指標として、次式で示す洗浄度Wを用いた。

$$\text{洗浄度：} W (\%) = \frac{\text{除去された土砂の質量}}{\text{初期の管内の土砂の質量}} \times 100$$

連行による下水管外部からの空気の入りの有無による洗浄効果の違いを、下水管の先端に蓋をした場合としない場合で洗浄実験を行い比較した。上述の洗浄度を用いて結果を整理したものが図-3である。この図から同じ噴出条件下でも連行による管内流量(及びそれに伴う管内の平均流速)の増加が、下水管洗浄に大きな効果を与えることが分かった。

次に高圧コンプレッサーに比べて利用が簡便な送風機を用い、空気を強制的に下水管内に送り込むことで管内流量を更に増やすことにより、高圧空気噴流による下水管洗浄をより効果的に行うことを試みた。

実験で用いた送風機は、図-2の右端に示す様な小型送風機(ターボファン)である。この送風機からの風量は自由に設定可能であるが、今回の実験では装置の上限である933(l/sec.)とした。この送風機を下水管の先端に取り付け、ノズルから噴流を噴出させるのと同時に送風機からも空気を放出させ下水管内の土砂を除去した。他の実験手順は上述の洗浄実験と同様である。

実験結果を図-4に示す。図中には比較のため同条件で送風機を併用しない場合(下水管の先端は開放)の実験結果も載せている。結果から高圧空気噴流による下水管洗浄では、送風機の併用による空気の強制的な供給が効果的であることが分かった。

3. まとめ

空気噴流による下水管洗浄では、下水管外部からの連行による空気の入りの有無が洗浄結果に大きな差を生じさせることが分かった。従って、実際に空気噴流を用いて下水管を洗浄する際には、マンホール等をできるだけ開放し空気の連行が起りやすい状況で洗浄することが重要であることが分かった。また連行に対し空気の自然供給だけではなく、送風機を併用して管内流量を強制的に増やすことにより洗浄効果を更に上げ得ることが分かった。

参考文献

- 1) 押川・小松・朝位・藤田：空気噴流による土砂の輸送について，平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，PP178～179，1996
- 2) 押川・小松・朝位・藤田：空気噴流を用いた下水管洗浄に関する研究，平成7年度土木学会年次学術講演会講演概要集，PP282～283，1996
- 3) N. Rajaratnam：TURBULENT JETS (野村安正 訳)，森北出版

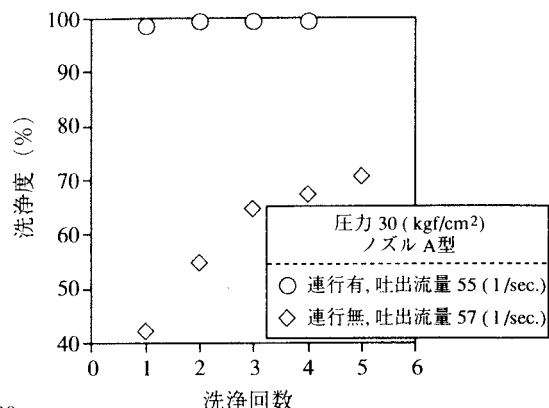


図-3 連行の有無による洗浄効果の違い

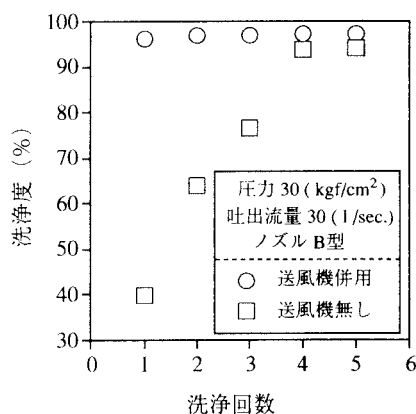


図-4 送風機の併用による洗浄効果