

II - 162

下水管縦シャフト内の空気連行流れの相似性についての基礎研究

東洋大学工学部 正員 荻原 国宏
 東洋大学工学部 学生員 中沢 雅一
 建設技術研究所 正員 工藤 正

はじめに

下水管の縦シャフト部分の形状を図-1の様に設定し、基本的なパラメータとして管の内径 D を取り、縦シャフトに流入する水路部分の形状を決定した。この基本形状で管の内径を80, 100, 120 mmの3種類に設定し3種の亚克力製模型を作成した。縦シャフト管の長さは市販の亚克力管の定尺のものにあわせて $L=100, 200, 300$ cmの3ケースを考えた。

実験ケースと測定項目

実験ケースは上記の模型の大きさ3種、管の長さ3種、流量をそれぞれについて5ケース変えて設定し、都合45ケースの実験を行った。測定したものは水の流量 Q_W 、空気の流量 Q_A 及び水槽での水深 H_1 、縦シャフトへの流入水路中央での水深 H_2 の5項目についてはすべてのケースについて測定した。さらに一部のケースについては縦シャフト管の中の壁面に沿って流れている水脈の厚さ H_t とその流速 V_t を測定した。空気の測定はサーミスタ流速計で速度を測定し流量に換算した。管壁に沿って流れる水の流速は管壁に小さな穴をあけて、注射針を挿入し流速のトータルヘッドを測定することより求めた。

相似則についての検討

この種の流れは重力下の流れであるので水の流れはフルードの相似則を当てはめることが行われている。従って、模型の基準値を内径 D にとると流速は $\sqrt{gD}$ に比例し、流量は $\sqrt{gD^{5/2}}$ に比例することが知られている。そこで上記の観測で得られた、水の流量 Q_W と空気の流量 Q_A を各ケースとも、それぞれの内径を使って $D^{5/2}$ で割って計算しセミ無次元化をしてみた。結果は図-2の一連のグラフである。図中にはパイプの長さが同じ場合で管径が異なる場合の結果を示している。いずれのグラフでも1) 水の流量の増加に応じて空気の流量も増加している。

2) 管径が細いほど無次元の空気流量は大きくなる傾向を示している。実際の空気流量は当然管径が大きいく程多くなっている。

3) 一連の3枚のグラフを比較すると同じ様な傾向を示しているが、詳細にみるとパイプの長さが長くなるほどほど空気の流速が大きくなっている傾向がある。4) $L/D=25$ のケースが図-2.2と図-2.3の双方にあるが、 $Q_W/D^{5/2}$ の値が0.6程度までは同じ傾向を示している様に見えるが、詳細にみると図-2.2では $Q_W/D^{5/2}$ の値が0.6の時に $Q_A/D^{5/2}$ の値が0.38程度であり図-2.3では0.4程度である。この程は誤差の内と考えてもそれ以上の部分では全く異なる傾向を示している。図-2.2では急上昇するのに対して図-2.3

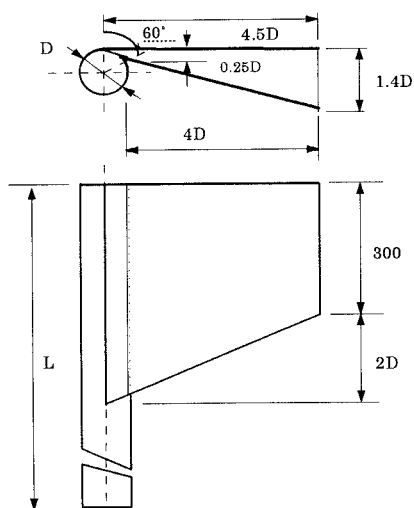


図-1 水路流入部形状

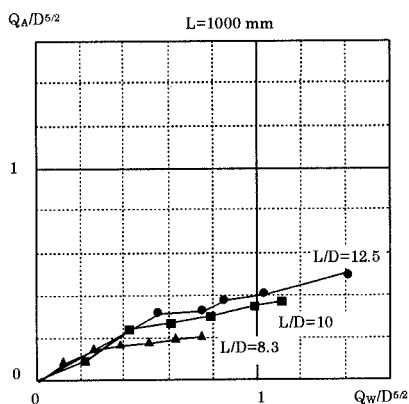


図-2. 1 空気量 (1)

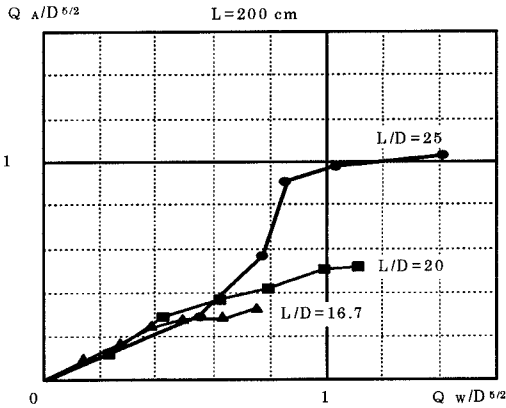


図-2.2 空気量 (2)

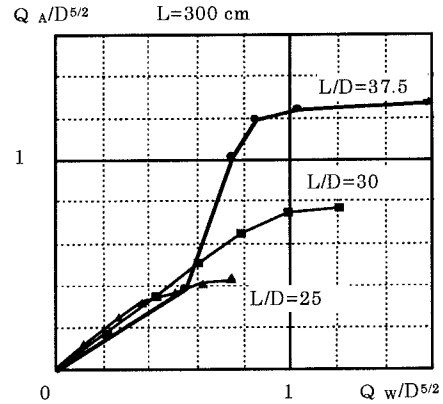
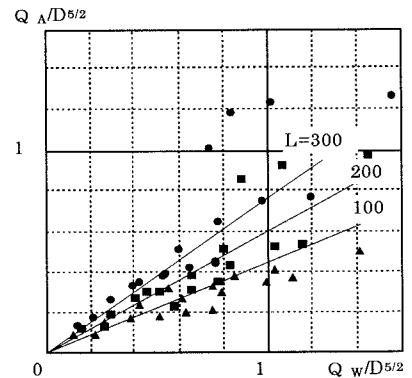


図-2.3 空気量 (3)

ではむしろ減少気味の傾向を示している。5) 図-2.2, 2.3 で $L/D=25, 37.5$ の曲線が急上昇しているのは水の流入形態が水路底面に沿って流れる射流状態から、鉛直管上部まで水面が来るような常流状態への変化を示し他の場合と異なるためである。

そこでこの極端に上昇する部分のケースは流れの形態が異なるので除外して、 $L=100, 200, 300$ のそれぞれについて点の散らばりがあるがほぼ直線であるとして近似直線を求めてみる。結果は図-3 の様になる。明らかにパイプの長さによって空気と水の流量比は異なっている。そこで流量比をそれぞれの場合について求めると

図-3 空気量と水の流量



$Q_A/Q_W=0.76$ ($L=300$), 0.6 ($L=200$), 0.45 ($L=100$) の様になっており、必ずしも一致しないことが判る。明らかにパイプの長さが長いほど空気の流入量は増加している。

今後の課題

下水管の縦シャフトにおける空気の連行量のみについて注目してフルードの相似で良いかについて検討して結果をまとめたが次の様なことを今後検討する必要がある。

1) 空気の連行量はフルードの相似則に乗らない。連行現象そのものを解析し空気の連行量を決定する式を導き、プロトタイプでの空気量を推定する必要がある。2) 管の直径が大きいほど大きい程空気の連行量は大きい傾向をす。これは空気と水とが接する水面の量が大きいためである。3) 管の長さが長くなるとやはり空気の連行量が増加する傾向を顕著にします、これも水と空気の接する面積が増すことと、水の流速が落下高さが増すことにより増加するためである。4) 現在流速及び管壁に沿って流れている水の水脈の厚さ、流速について解析を進めている。さらに現象の解析を進めて空気の連行量を決定する式の提案を目指して行く。今後落差がもっと大きな場合についても実験をし出来るだけ原型に近いところでの連行量を把握する予定である。なお当研究室では他にもダム放流管での空気連行現象、ダム越流部の堤踵導流水路部分での空気連行現象についても同時に研究を進めており。空気と水の界面で連行される現象と、跳水の様な混合現象によって連行される現象の双方について研究を進めるよていである。

この研究は文部省科学研究費一般研究B「気液混相流の不安定流動に関する基礎研究」によって行っている。また東洋大学工業技術研究所と建設技術研究所との協同研究の一つのテーマでもある。