

水平スラグ流の速度増加と気相膨張について

学生会員 日本大学大学院生産工学研究科 ○田崎 道宏

正会員 日本大学大学院生産工学研究科 小川 元

フェロー会員 日本大学教授生産工学部土木工学科 遠藤 茂勝

1. はじめに

圧縮空気を用いた混相流をスラリー輸送に応用する場合、ポンプ輸送と異なり大量の水を必要とせず容易に輸送することが出来る。それは圧縮空気を混入することで、壁面付近に混在する気泡が管路内の断面での粘性摩擦抵抗の軽減に寄与するためだと考える。その結果、所要動力の軽減が図れるなどのメリットがあり浚渫工事などに採用されるようになってきた。しかし、混気圧送輸送システムについては実用的なスラグ流輸送に関する研究が少なく、現象解析が十分でない。そこで本著者らは、スラグ流に関する基礎的な研究としてスラグ流の流動特性について調べた結果、スラグ流は遠方ほど早くなることがわかった。本文ではスラグ流速の加速特性について検討をおこなった。

2. 実験装置及び方法

本実験で使用した混気圧送実験装置は、Fig.1 に示したように、管内径 $d=3.8\text{cm}$ 、 $L=600.0\text{m}$ の塩化ビニールパイプを使用した。圧縮空気送気用として最大容量 2000Nl/min のエアーコンプレッサー、給水用として最大容量 60l/min のポンプを用いて、水と空気によるスラグ流を再現し、スラグ流の速度・周期・圧力の測定を行った。本実験における実験条件についてはTable.1 に示したような72通りを行った。

スラグ流速・周期についてはストップウォッチを用いて目視計測を行い、圧力測定は管内に設置した圧力センサーによりパソコンに収録した。尚、測定地点については圧力は $0.0\sim500.0\text{m}$ 区間を 100.0m 間隔で6地点、周期は $90.0\sim490.0\text{m}$ 区間を 100.0m 間隔で5地点、速度に関しては周期の測定地点と同じ 10.0m 区域のスラグ流の通過時間より算出した。

3. 実験結果及び考察

Fig2 は空気流量の変化に対するスラグ流速を、

キーワード： スラグ流，混気圧送，気液二相流，土砂輸送，圧縮空気

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 TEL 047-474-2420

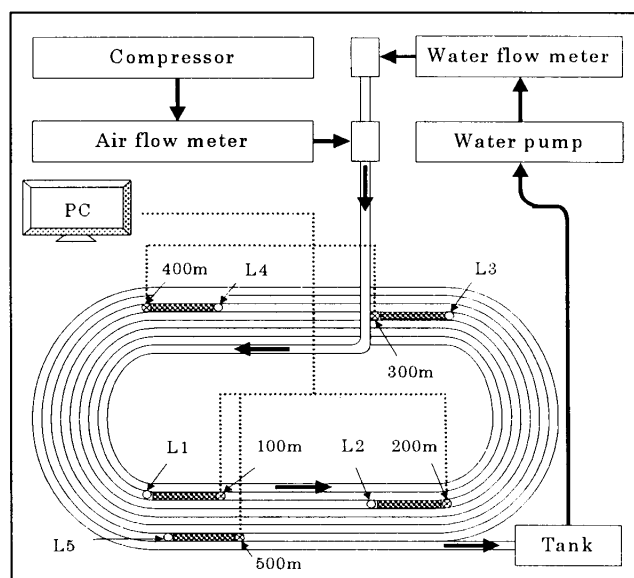


Fig.1 実験装置概略図

Table.1 実験条件

Qma (Nℓ/min)	Qw (ℓ/min)	Qma (Nℓ/min)	Qw (ℓ/min)	Qma (Nℓ/min)	Qw (ℓ/min)	Qma (Nℓ/min)	Qw (ℓ/min)
60	12	120	12	180	12	240	12
	20		20		20		20
	28		28		28		28
	36		36		36		36
	44		44		44		44
	52		52		52		52
80	12	140	12	200	12	260	12
	20		20		20		20
	28		28		28		28
	36		36		36		36
	44		44		44		44
	52		52		52		52
100	12	160	12	220	12	280	12
	20		20		20		20
	28		28		28		28
	36		36		36		36
	44		44		44		44
	52		52		52		52

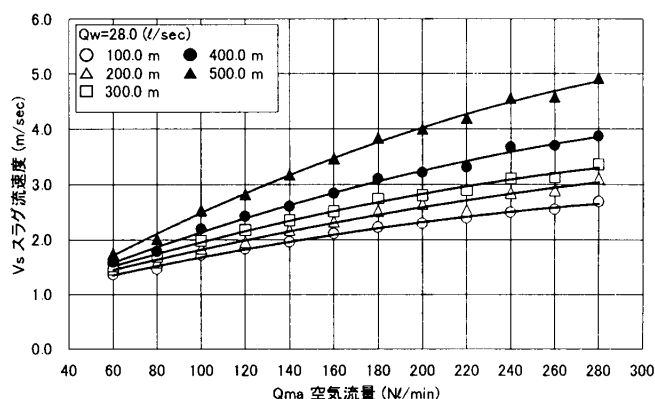


Fig.2 空気流量とスラグ流速

水流量を一定条件とし、測定地点をパラメータとして示したものである。このグラフからは、空気流量が増加するほどスラグ流速が上昇し、さらに管路の遠方になるほど速度は上昇することが確認された。

次に、Fig.3は水流量の変化に対するスラグ流速を、空気流量を一定とし、測定地点をパラメータとしてグラフにしたものである。

この結果によればスラグ流速は供給流量の増加とともに減少し、特に管路の遠方での減少傾向が著しい。これは供給流量が多いためにスラグ流の長さが長くなるため圧力損失が増大する為と考えられる。しかし全体の傾向としては供給流量に関係なく遠方ほど速度が増加することがわかる。

これらの速度増加について検討したものが次のFig.4である。

縦軸に実測のスラグ流速 V_{sn} 、横軸に全容積流束 J_T をとり全ての地点の結果を示した。ここで、容積流束とは管路それぞれの地点によって異なる静圧から補正した容積流量を断面積で除して算出したもので、全容積流束は $J_T = J_G + J_L$ で示され、 J_G 及び J_L は、それぞれ空気流量及び水流量より求められる。

一般的にスラグ流速は全容積流束よりも速くなると言われている。Hughmark は、水平管路におけるスラグ流速 U_B とスラグ流容積流束 J_T の関係を次式で示している。

$$U_B = C_2 \times J_T \quad (C_2 = \text{const})$$

また、Gregory らによると $C_2 = 1.35$ であるとしている。今回の実験結果では $C_2 = 1.36$ となり Gregory の結果とほぼ一致する。

このようにスラグ流速が容積流束よりも大きくなり、空気の圧縮性が速度に関係するものと考えられるので各地点の圧縮空気の容積変化を調べたものがFig.5である。

横軸には距離の無次元量 L/d をとり縦軸には容積比 V_n/V_0 を取って示したものであるが、いずれの空気量の場合でも遠方ほど空気の容積が増大し、この事がスラグ流の速度に関係するものと考えられる。

以上のように、スラグ流速は空気の圧縮性により増加している。これらを踏まえ、今後はより高粘性物質を対象としてスラグ流の加速特性について検討したいと考えている。

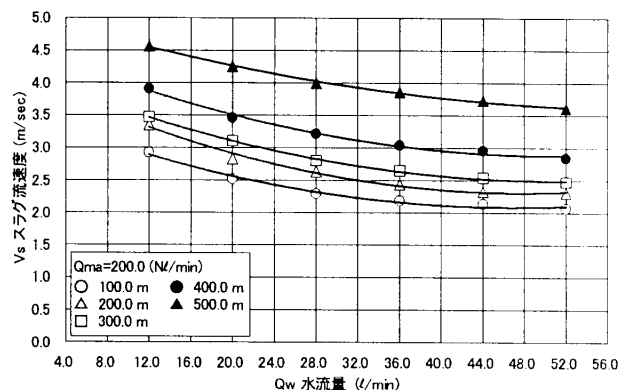


Fig. 3 水流量とスラグ流速

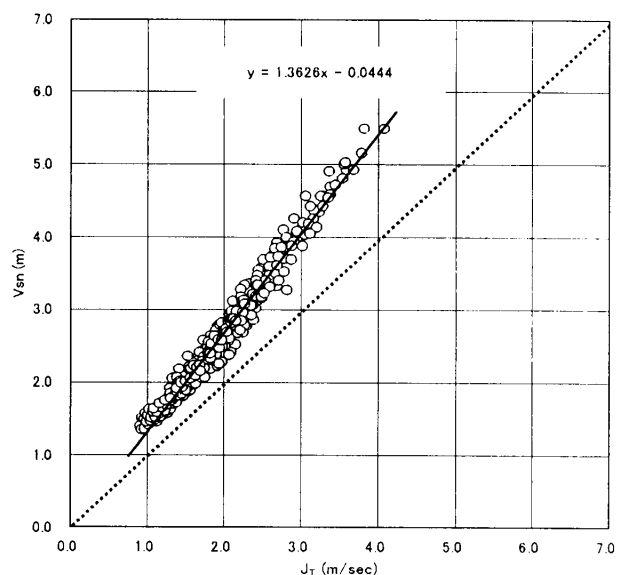


Fig. 4 全容積流束とスラグ流速の関係

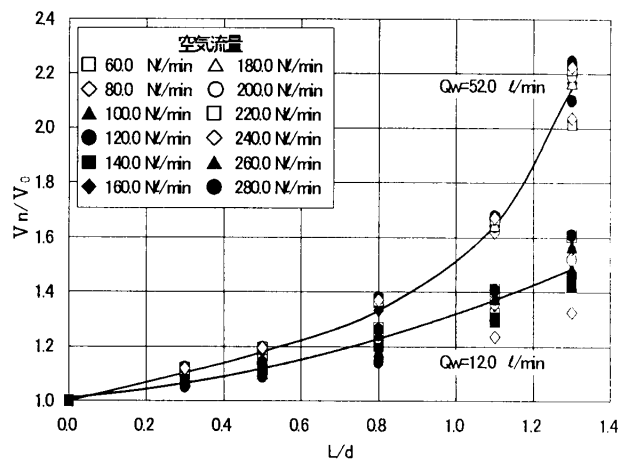


Fig. 5 管路長に対する空気容積比

参考文献

- ・ 赤川浩爾：日本機械学会編，気液二相流技術ハンドブック，pp1～83，（1995）
- ・ 小川，田崎，落合，遠藤：水平スラグ流における圧力，速度特性について，土木学会海岸工学論文集，題48巻，pp1006～1010，（2001）