

気液スラグ流における管路長の影響について

日本大学大学院 学生会員 山田 泰正
 日大生産工学部 フェロー会員 遠藤 茂勝

1. はじめに

管路内の流れとして、気相や液相の単一流れである单相流や気相、液相、固相や混じり合わない液相同士が混在して流動する流れを混相流という。この混相流の中でも管路内に気相と液相が流動する状態のものは、気液二相流に分類され、気液スラグ流がもっとも一般的な気液二相流の流動様式である。スラグ流は気相と液相が交互に流れる間欠流となって流動し、原子力プラントといった大規模な設備から圧縮式空調機のような小規模な設備あるいは化学実験に至るまで幅広く見られる現象である。また、空気と輸送媒体の分離が容易で、粘性摩擦の低減効果によって、低圧力で高速な輸送が可能などの利点があることから、エマルジョン化した重油や、海洋や湖沼における浮遊物の輸送方法としても注目されている。

このような輸送を行うためには長距離における管路が必要となるが、実験の観察によりスラグ流の速度が出口に近づくほど加速される。水平気液スラグ流の既往の研究において著者らの研究によってスラグ流の速度増加は空気の圧縮性によって寄与されることが明らかとなっているが、短距離管路と長距離管路における気相の膨張性の違いや流動状況の違いが明らかとなっていない。そこで本研究は全長の異なる気液二相流の実験を行い管路長による流動状況の違いについて検討を行った。

2. 実験概要

実験装置は Fig.-1 に示したとおりである。管径 $d=38\text{mm}$ の透明管路を用い、空気、水ともに連続的管路内に供給しスラグ流を発生させた。測定内容は管内圧力、速度、通過周期について測定した。速度と周期に関しては Fig.-2 に示すような光透過測定装置を用いて測定した。測定は全長に対して7地点で行い、実験条件は Table-1 に示した 30 条件と全長 70 m、150 m、310 m、460 m、620m の 5 条件で行った。

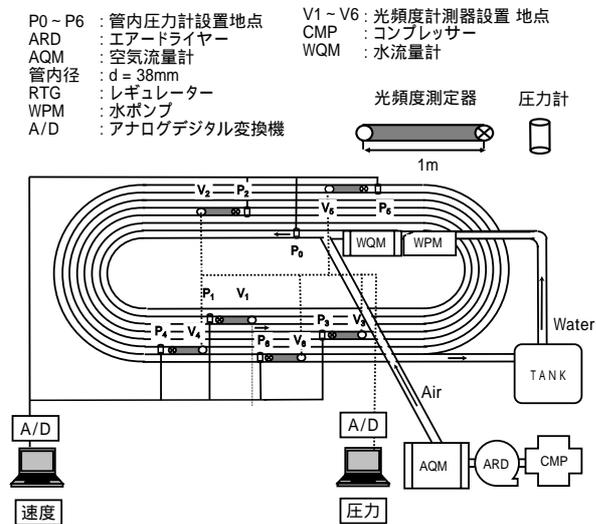


Fig.-1 実験概略図

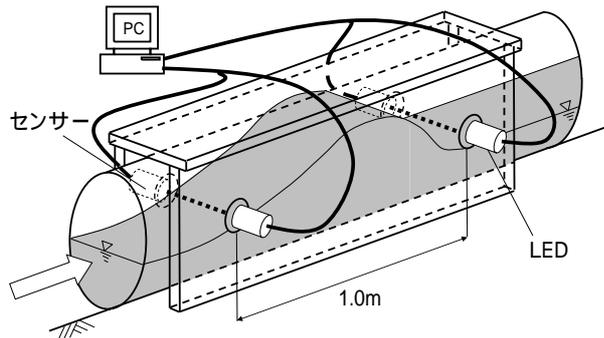


Fig.-2 光透過量測定装置

Table.-1 実験条件一覧表

Qa	Qw	Qa	Qw	Qa	Qw
(NI/min)	(l/min)	(NI/min)	(l/min)	(NI/min)	(l/min)
40.0	12.0	100.0	12.0	180.0	12.0
	20.0		20.0		20.0
	28.0		28.0		28.0
	36.0		36.0		36.0
	44.0		44.0		44.0
60.0	52.0	140.0	52.0	-	52.0
	12.0		12.0		
	20.0		20.0		
	28.0		28.0		
	36.0		36.0		
	44.0		44.0		44.0
	52.0		52.0		52.0

NI/min:0、1気圧時の流量

キーワード 気液二相流、スラグ流、長距離管路、混相流

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL:047-474-2445

3. 実験結果及び考察

全長が異なる管路における基本的な流動特性の違いについて流動距離に対する管内圧力について示したものが Fig.-3 である。これは横軸に全長に対する測定点の比 l/L を取り、縦軸に圧力 P を示したもので、同じ気液条件時で管路全長が異なるときの圧力の変化を示したものである。この結果から管路全長が異なるために減少傾向は異なるが管路出口は大気開放となるために大気圧に近づくことがわかった。

また、全長による供給口付近における初期圧力の変化について、同じ気液流量の条件で横軸に管路出口からの距離、縦軸に圧力 P について示したものが Fig.-4 である。この結果から、初期圧力は全長によって、また気液流量によって一定の傾向を示すことが分かり、管路全長が延長した場合においてこの曲線を延長することによって予測することができると考えられる。

次に流動距離に対するスラグ流速度 V_s について示したものが Fig.-5 である。これは、同じ気液流量の条件において全長が異なる場合について示したものである。この結果から、全長が短い場合においては出口に近づくほど直線的な速度増加があるのに対し、全長が長くなるほど初速度が遅くなり、また出口に近づくほど速度の急な増加が見られることが分かった。これは、管路が長くなるほどに気相が圧縮されこの気相膨張率が出口に近づくほど高くなるために液相が加速されるためであると考えられる。

気相の膨張が速度増加に寄与されるため実験条件による気相のフルード数 Fr_{GI} と各地点の膨張を考慮した気相のフルード数 Fr_G の関係を示したものが Fig.-6 である。この結果から、供給口付近においては、気相が圧縮されているため Fr_{GI} と比べて Fr_G は小さくなっており、流動距離が進むほど Fr_G が大きくなっていくことが分かる。このことから地点ごとに Fr 数が大きくなっていることが分かることから、気相の膨張によって、速度増加が起こることが明らかとなった。

4. まとめ

これらの結果から全長を長くすると、スラグ個数は増加し、このことから粘性抵抗が増加しスラグ初速度が低下し圧力が増加するため、気相の膨張により液相の加速が大きくなることが明らかとなった。

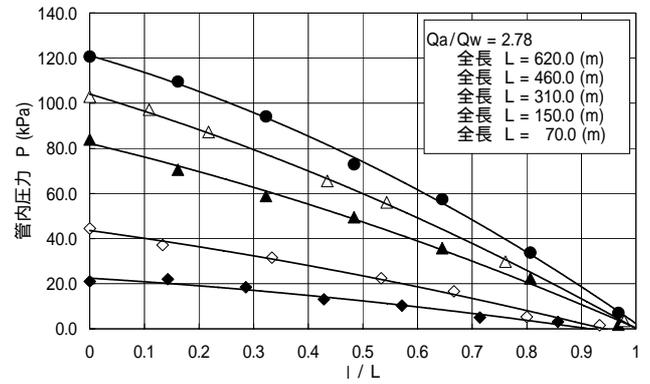


Fig.-3 流動距離と管内圧力

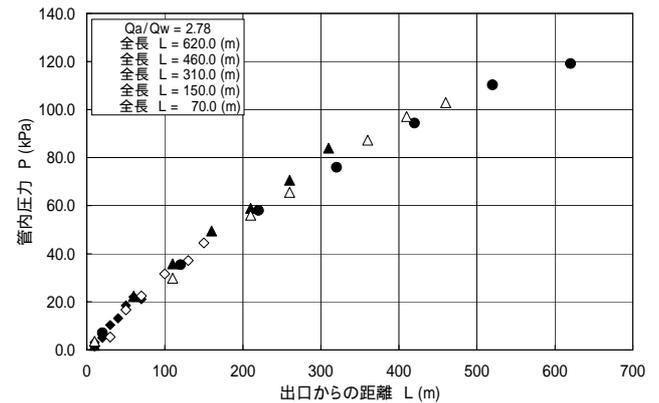


Fig.-4 出口からの距離と管内圧力

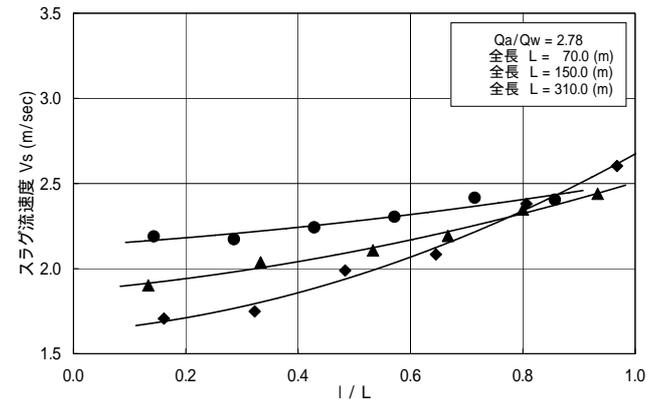


Fig.-5 流動距離とスラグ流速度

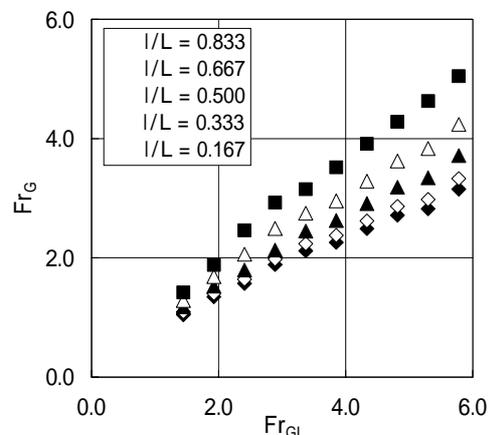


Fig.-6 Fr_{GI} と Fr_G の関係

参考文献

山田、小川、落合、遠藤：気液管内流中の圧力損失と流況について、水工学論文集、Vol.50、pp727-732