

## 粘性物質を用いた長距離圧送実験

佐伯建設工業株式会社 正会員 ○小川 元

佐伯建設工業株式会社 正会員 古野武秀

## 1. はじめに

筆者らは、浚渫土砂を圧縮空気で管搬送する空気圧送工法において、長距離搬送を可能にすることを目的とした研究を行ってきた。これらの研究では、透明管で可視化できる水を使用した空気圧送中の管内圧力特性や流速特性などの基本的な項目について検討してきた<sup>1)</sup>。長距離を搬送するためには、これら基本的な項目のほかに圧送物の閉塞状態いわゆる搬送距離の限界について把握しておくことが重要である。しかし、水を使用した実験では粘性が極めて低いため、搬送距離の限界を検証することが非常に困難である。そこで、今回はより現実の浚渫土砂の性状に近づけるため、圧送物としてベントナイト溶液を使用した実験を行い、空気圧送における粘性物質の基本的な特性および閉塞状態における中間注入空気(サブエア)の効果について検討を加えた。

## 2. 実験概要

今回の実験は、粘性のある物質を空気圧送し、管内の圧力変化と流体流量および空気流量の変化について検討することを目的とし、圧送物としてはベントナイト溶液を用いた。ベントナイト溶液は、粘性が約 $60\text{Pa}\cdot\text{sec}$ となるように水 $1\text{m}^3$ に300メッシュのベントナイトを170kgの割合で混合して作成し、沈澱しないよう常時練り混ぜた。なお、この溶液の比重は、およそ1.075であった。空気圧送に使用した管は内径 $\phi 38\text{mm}$ の塩化ビニル製のもので、圧送距離を150mとした。また、管路の途中からサブエア(Sa)を注入するケースでは、メインエア(Ma)の注入位置から100m離れた地点にSa注入装置を設置した。圧力は、0, 50, 100m地点の管内圧力( $P_0, P_{50}, P_{100}$ )および各圧縮空気の注入圧力( $P_{ma}, P_{sa}$ )を測定できるよう圧力計を設置し、流量は流体流量( $Q_w$ )と各圧縮空気量( $Q_{ma}, Q_{sa}$ )を流量計にて測定した。図-1に実験概要図を示す。

## 3. 結果および考察

## (1) 空気圧送の閉塞状態について

現地施工における空気圧送の閉塞状態とは、土砂の粘性や比重の増加に伴って、管壁と土砂との摩擦による圧力損失が増加し、その圧送設備では空気圧送ができない状態になることをいう。この閉塞状態を解明することは、長距離圧送を実現するために最も重要な要素の1つである。そこで、本実験での閉塞状態は、設定した $Q_{ma}$ の維持ができなくなり、やがて管の中にMaを注入できなくなる状態とし、 $Q_w$ を一定としてMaを徐々に減少させたときの $Q_{ma}$ と $P_0$ の変化に着目した。図-2に示すように、 $Q_{ma}$ の減少に伴い $P_0$ は増加していることが分かる。なお、今回使用した空気流量計の測定できる下限値は $40\text{NL/min}$ であるため、それ以下の値を測定することはできない。しかし、 $P_0$ の平均が $P_{ma}$ と交差する付近から $P_0$ は加速的に増加していることから、この付近でMaが注入不可能になったと考えられる。これらのことから、本実験における閉塞状態は、 $P_0$ の平均が $P_{ma}$ と交差する時点とした。

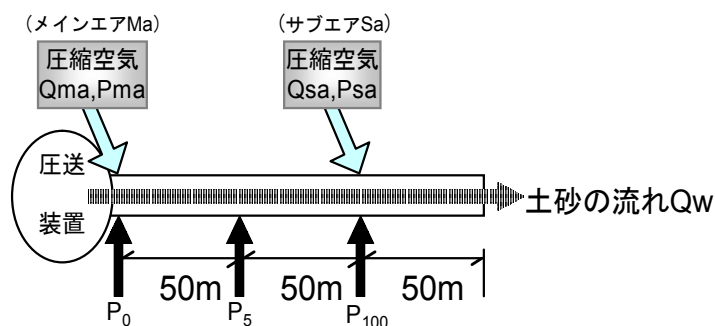


図-1 空気圧送実験概要図

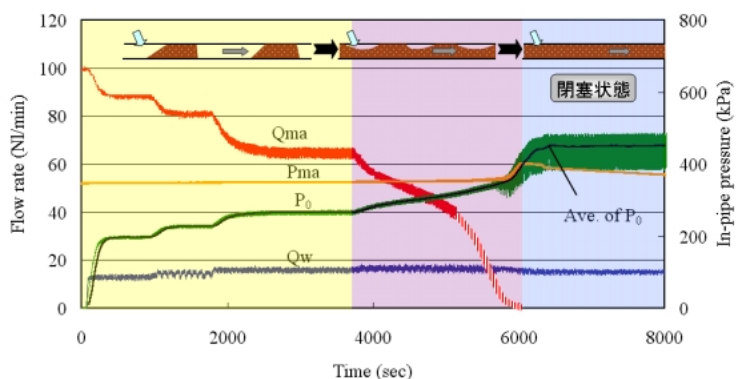


図-2 本実験における圧力変化による閉塞状態の基準

キーワード：長距離圧送、閉塞、サブエア、粘性物質

住所：〒107-8634 港区北青山1丁目2番地3号青山ビル

## (2) 圧送可能な粘性物質における最適空気流量

図-3は、水およびベントナイト溶液をそれぞれ圧送し、それらの $Q_w$ を変化させたときの、 $Q_{ma}$ と $P_0$ の関係を示したものである。なお、ベントナイト溶液の粘性の違いによる比較も行うため、粘性 $60\text{Pa}\cdot\text{sec}$ の他に $Q_w$ が $22.5\text{ l/min}$ の粘性を $43\text{Pa}\cdot\text{sec}$ として測定した。圧送物が水の場合、全ての $Q_w$ に対し $Q_{ma}$ の増加に伴い $P_0$ も増加していることが分かる。また、 $Q_{ma}$ を注入していない状態の $P_0$ が最も低いことから、水の場合では空気圧送することで圧送ポンプに負荷をかけるだけで搬送の効果を高める結果とはならない。しかし、粘性のあるベントナイト溶液は、いずれの $Q_w$ においても $Q_{ma}$ と $P_0$ が直線的な関係を持たず、ポンプのみの状態から段階的に圧縮空気を注入することで、 $P_0$ の値が減少して、ある流量を境に $P_0$ は増加する傾向を示す。これより、粘性を持つ圧送物には、搬送に最適な空気流量があることが分かる。

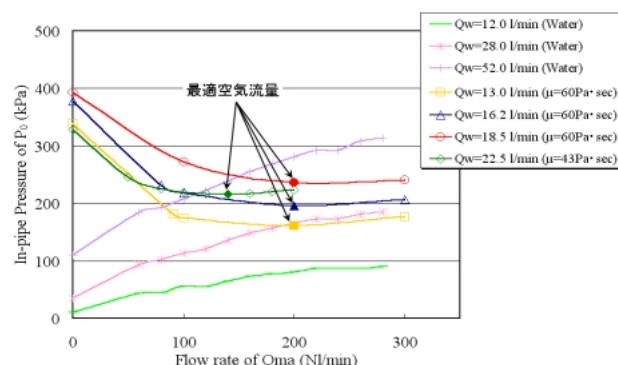


図-3 水およびベントナイト溶液を圧送した時の $Q_{ma}$ と $P_0$ の関係

## (3) 閉塞状態におけるサブエアの効果について

$Q_w$ を $20\text{ l/min}$ として、 $Ma$ と $Sa$ を注入したときの管内圧力と各流量の経時変化を図-4に示す。なお、 $Q_{ma}$ は、管内に $Ma$ のみを注入して $100\text{NL/min}$ になるよう設定し、その状態で $Ma$ 注入コックを閉じてある。また、上記 $Q_w$ にこの $Q_{ma}$ で注入した場合、閉塞状態になることを実験前に確認している。 $Q_{sa}$ においては、 $Sa$ 注入コックを開けると同時に $100\text{NL/min}$ になるよう設定した。Iの時間帯は、いわゆる閉塞状態であり、 $Ma$ のバルブを開けても注入不可能な状態である。この状態から $Sa$ を注入したのがIIの時間帯である。管内圧力は急激に低下するが、 $P_0$ の平均は $P_{ma}$ より高く、まだ閉塞は解除されていない。しかし、この状態から $Ma$ のバルブを開いたIIIの時間帯では、時間の経過とともに $P_0$ の平均が $P_{ma}$ よりも低下し始める。このことから $Ma$ が管内に入り始めたと判断され、図4下図の点線のような $Q_{ma}$ の推移となり、 $Sa$ の効果により、閉塞が解除されたといえる。つぎにIVの時間帯は $Sa$ の注入を中止したものであり、時間の経過とともに管内圧力の上昇および $Q_{ma}$ の減少という傾向がみられ、 $P_0$ の平均が $P_{ma}$ を上回る閉塞状態に再び移行する。このように $Ma$ のみでは閉塞するような状態に $Sa$ を追加注入することにより、閉塞状態が解除されることが判明した。

## 4. おわりに

今回のベントナイト溶液を使用した実験によって、これまでの水を使用した実験では確認できなかった長距離搬送の限界状態を解明できた。すなわち、粘性のある物質を空気圧送するには、最適な圧縮空気量が存在すること、および閉塞状態を解除するには、サブエアが効果を発揮するということである。今後は、これらを利用した現地施工における長距離圧送システムを構築するために、圧送物の比重や圧送管径を変化させたときの管内の状態を詳細に検討する必要があると考えられる。

## 参考文献

1)小川元(2001):空気圧送工法による長距離搬送,ヘドロNo.80

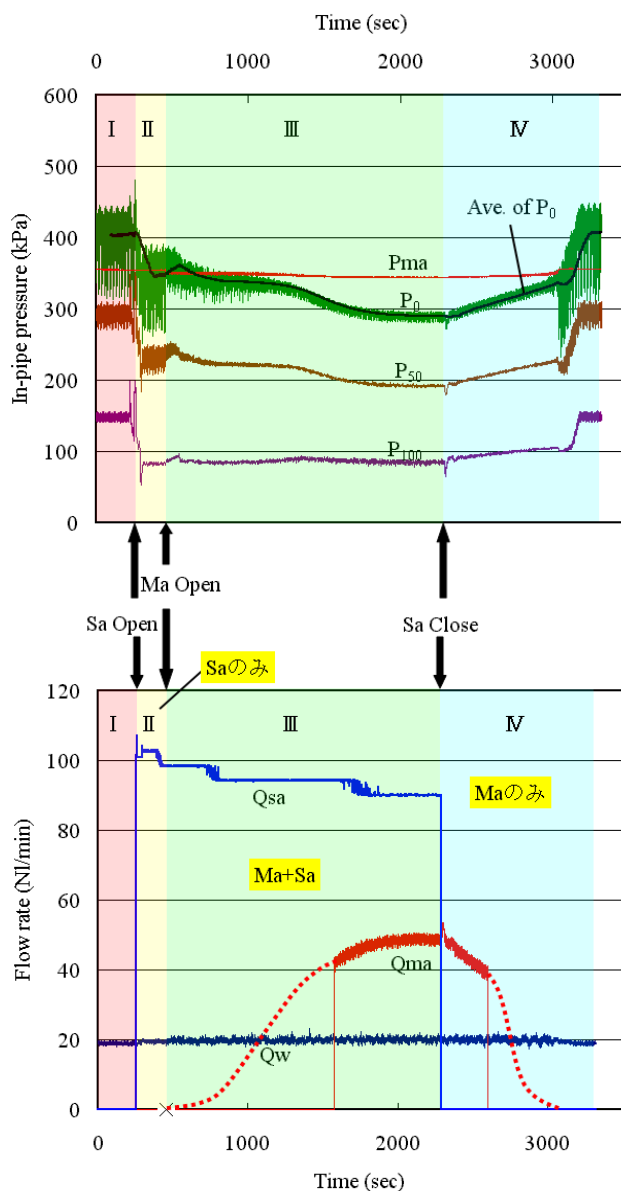


図-4 閉塞状態における $Ma$ と $Sa$ を注入したときの管内圧力と各流量の経時変化