

(V-21) スクイズ式ポンプのポンピングチューブ内を流動するフレッシュモルタルの可視化

群馬大学 学生員 柱 征宏
群馬大学 正会員 橋本 親典
群馬大学 学生員 平井 秀幸
群馬大学 正会員 辻 幸和

1. まえがき

スクイズ式コンクリートポンプは、構造上の簡便さと小規模工事に適していることから、都市の建設現場を中心に、建築・土木の分野を問わず普及してきている。特に、最大吐出量が $10\sim 60\text{m}^3/\text{h}$ 程度の小容量ポンプは、スクイズ式ポンプが主流である。図-1にスクイズ式ポンプの圧送機構の概要を示す。スクイズ式ポンプの圧送原理は、ねり歯磨きのチューブから中身を絞り出すのと同じ原理である。2個のローラーがゴムパットにポンピングチューブ（以後、チューブと称する）を押し付けながら回転すると、チューブ内のコンクリートが輸送パイプへ絞り出される。

ところで、コンクリートは水や油のような一相系の流体でなく、セメントペースト、砂や砂利が混ぜられた固液2相系の粉粒体である。そのため、ローラーがチューブを潰している箇所が完全にシールされない。不完全なシールは、流動方向と逆の流れ（以後、逆戻り現象と称する）を発生させ、吐出効率の低下およびコンクリートの材料分離を誘発させる。しかし、チューブ内部のコンクリートの流動性状についてはブラックボックスであるため、上記の逆戻り現象や材料分離現象は未だ想像の域を脱していないのが現状である。

本研究では、著者らがこれまでの開発してきた可視化実験手法を適用し、チューブ内の流動性状をモデルモルタルを用いて可視化することにより、この逆戻り現象の存在の有無を確認する。さらに、ローラー径・潰し量がモルタルの流動性状に与える影響について検討する。

2. 実験概要

実験は、図-1に示す装置を用いた。ポンピングチューブは透明度の高いビニール性である。寸法は、内径 125mm ×厚さ 15mm ×長さ 2970mm である。ローラーは、直径 180mm ・ゴム厚 15mm の小径と、直径 240mm ・ゴム厚 30mm の大径の2種類を用いた。使用材料は、モデルモルタルとして高吸水性高分子樹脂を水に添加して得られる粘性流体を用い、トレーサ粒子として発泡スチロール粒子を混入した。

ローラーの回転速度は 6rpm で一定とした。ローラーとチューブ間の潰し量は、チューブに全く隙間がない状態を潰し量 0mm とし、 1mm 隙間を設けた場合（潰し量 -1mm ）と隙間がない状態からさらに 2mm 潰した場合（潰し量 2mm ）の2種類とした。

撮影箇所は、図-1に示す吸入側の横と吐出側の横の2箇所である。撮影時間は、ローラーの回転数が10回転になるまでとした。開始時刻は、図-2で示しているように、ローラー1回転を8等分割し、Aシーンの始まりは、ローラーがチューブを潰している時点とした。各シーンの計測時間は 1.25sec （ $=1/8\times 10\text{sec}$ ）である。管内の速度分布は、画像データのトレーサ粒子群の単位時間あたりの移動距離から求めた。

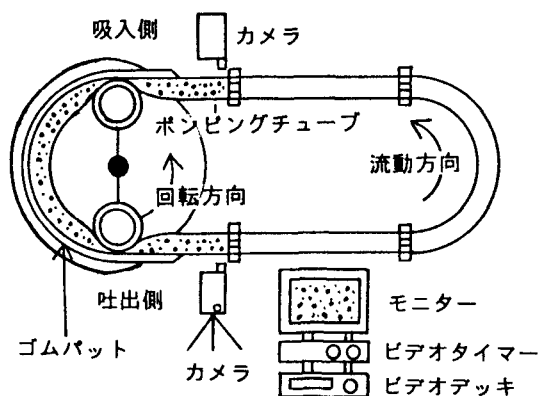


図-1 実験装置

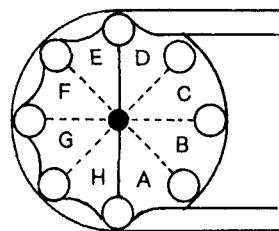


図-2 ローラーの位置

3. 実験結果および考察

管内の平均流速および標準偏差のポンピングチューブの高さ方向分布を図-3に示す。ローラー位置A~IIをそれぞれ1/8~8/8回転時として表す。2個のローラーが回転しているため、5/8~8/8回転時は省略した。平均流速および標準偏差は、チューブの高さ方向を25mmごと5等分割して、各区間に存在するトレーサ粒子群の速度の平均値とその標準偏差を意味する。

2/8回転時において、標準偏差が平均流速に比較して著しく大きい。吐出側でモデルモルタルの逆戻り現象の影響を受け、トレーサ粒子が流動方向と逆方向に運動するため一部のトレーサ粒子の速度が負になるためである。吸入側では逆戻りによる平均流速の減少は認められない。

図-4は、吸入と吐出側でのチューブとローラーの挙動と逆戻り現象の関係を示す概念図である。

吐出側の上流では、経過時間とともにローラーがチューブを離れ、チューブが充分復元されず断面が減少している状態で圧力が開放される。その結果、モデルモルタルが上流方向に流入する。

一方、吸入側の上流では、チューブがローラーに常に潰されて、下流側のチューブはローラーとの接地面によってシールされている。よって、モデルモルタルが下流に流入することはない。

また、吸入側と吐出側の断面流量の変化を図-5に示す。逆戻り現象のため、吐出側の2/8と6/8回転時で、極端に断面流量が減少する。

潰し量およびローラー径と流量の関係を図-6に示す。潰し量およびローラー径が大きい実験条件の方が、断面流量が多い。

4. 結論

(1) 逆戻り現象は吐出側で存在し、吸入側では起こらない。特に、ローラーがポンピングチューブから離れるときの2/8と6/8回転時に発生する。

(2) ローラー径および潰し量が大きい圧送条件の方が、断面流量が増大し圧送効率が向上する。

〈謝辞〉本研究を実施するにあたり、ご協力を頂いた石川島播磨重工業㈱および石川島建機㈱の関係各位には、心からお礼申し上げます。

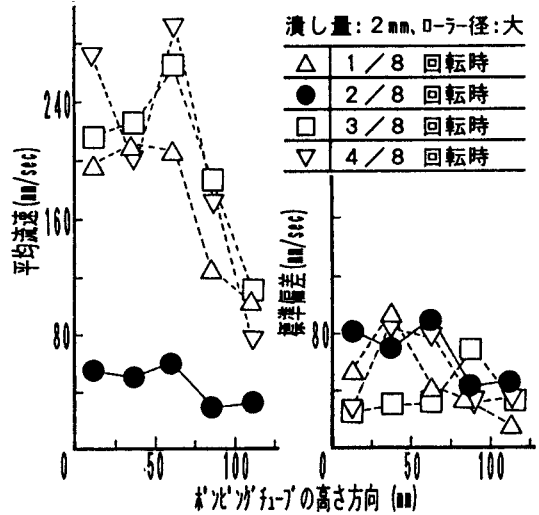


図-3 管内の平均流速および標準偏差

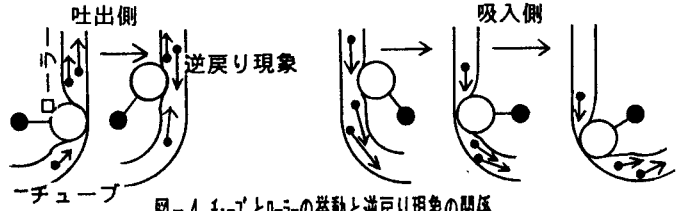


図-4 チューブとローラーの挙動と逆戻り現象の関係

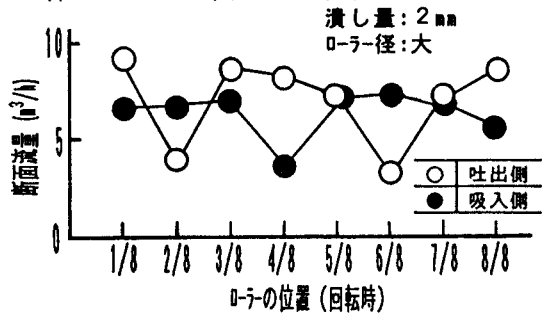


図-5 吸入側と吐出側の断面流量の変化

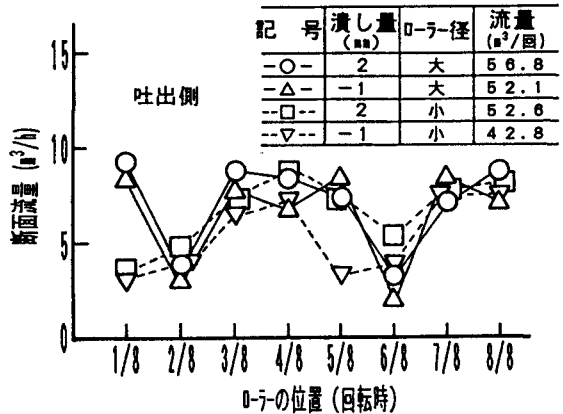


図-6 潰し量とローラー径による断面流量の変化