

群馬大学工学部 学生会員 五十嵐 数馬
 群馬大学工学部 正会員 橋本 親典
 群馬大学工学部 正会員 杉山 隆文
 群馬大学工学部 正会員 辻 幸和

1. 目的

著者らは、コンクリートポンプの高性能化を目的として脈動流抑制機構の提案および、フレッシュコンクリートの可視化モデルを用いた、脈動流抑制機構内部のコンクリートの流動状態の解析を行っている。その結果、本研究で提案した脈動流抑制機構の可能性を確認することができた¹⁾。脈動の原因はピストンの往復運動にともなう速度の変動によるものであり、結果的に圧力の脈動が生じるものと考えられる。したがって、管内流速の変動に着目した脈動流を定量化することが重要である。

本研究では、可視化手法を適用して管内脈動流の抑制機構に影響を与える平均流速と平均圧力の経時変化について定量的評価を行う。

2. 実験概要

2.1 脈動流抑制の機構

図-1に、今回提案した機構を用いて脈動を抑制する過程を模式的に示す。図(A)はポンプの脈動状態である。図(B)は、補流の速度変化である。合流部では、図(A)、図(B)を合成し図(C)に示す様な定常状態とする。

2.2 実験装置および材料

実験に用いたモデルポンプを図-2に示す。主流部と補流部が合流する部分にアクリル樹脂を使用し可視化領域とした。管内の圧力は、コンプレッサーを使用して $1.0(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ で一定とした。主流部と補流部の流速の調整は油圧ユニットに取り付けられたバルブの開度を調整することにより行った。実験パラメータとして補流押し出速度を零、レベル1、レベル2、レベル3、レベル4、レベル5と6段階に変化させた。

モデルコンクリートはフレッシュコンクリートを、モルタル相と粗骨材相からなる固液2相系にモデル化したもので、モデルモルタルには高吸収性高分子樹脂溶液(比重1.0)を、粗骨材モデルは人工軽量骨材(粒径5~10mm, 比重1.66)を使用した。モルタルの着目トレーサ粒子として発泡

スチロール粒子を混入した。モデルコンクリートの配合としては、モデルモルタルの粘性をP漏斗流下時間を200秒で一定とし、モデルモルタルとモデル粗骨材の容積比(以下、 V_g/V_m)は、 $V_g/V_m=0.4, 0.8$ の2種類とした。

2.3 画像処理方法

図-2における可視化領域内合流部のモデルモルタルのトレーサ粒子の動きを側面からビデオカメラに収録する。画面中のトレーサ粒子の位置座標を0.1秒毎に追跡し、3次元スプライン関数を用いて補間する。そして、補間データを時間で微分することにより個々のトレーサ粒子の速度を求める。その速度を同一時間内で平均し、重ね合わせて管内流速の経時変化を求める。

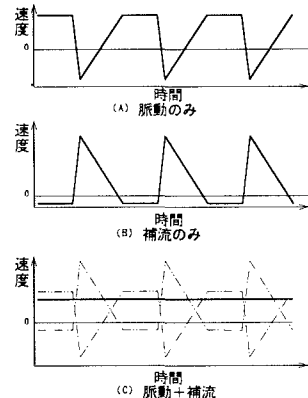


図-1 速度の経時変化から見た脈動流抑制過程

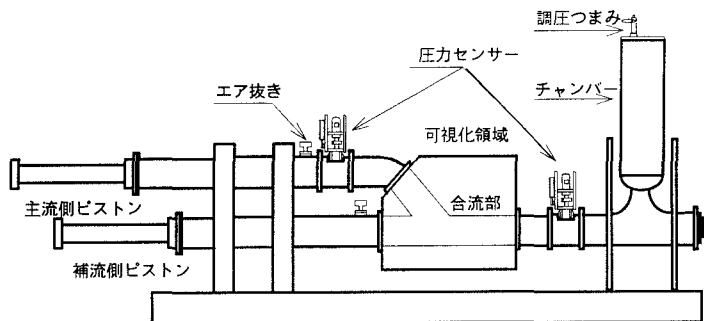


図-2 脈動可視化装置

3. 実験結果および考察

3.1 管内流速の経時変化

この実験装置においてポンプの脈動流を再現したときの、補流シリンダによる合流部の速度の経時変化の結果の一例を図-3 ($V_g/V_m=0.4$) に示す。レベル0は補流がないとき、すなわち脈動流のみの場合である。レベル1は補流の押し出し速度がまだ弱く、主流部の速度が補流部の速度より大きい。レベル3, 4, 5では補流の押し出しが過大となり、レベル2とは逆に補流部の速度が主流部の速度より大きい。レベル2は主流と補流の合流部での管内流動が定常となった。したがって、主流がある一定の速度で脈動流を生じているとき、合流部がほぼ定常な速度の流動状態となりうる補流が存在する。

圧力の経時変化の結果の一例としてレベル0, レベル2のときの合流部の経時変化を図-4 ($V_g/V_m=0.4$) に示す。速度の経時変化から見て脈動流を生じているときには、圧力も脈動流を示し、定常状態を示しているときには、圧力もほぼ平滑である。圧力が時間とともに上昇する傾向がみられるのは、図-2のモデルポンプのチャンバー部の容量不足のため1回の脈動動作により上昇した圧力が十分に抜けきれなかったためと思われる。

3.2 変動係数を用いた管内流動の定量的評価

管内流速の脈動流抑制効果の定量的評価方法として変動係数および圧力勾配を指標とした。変動係数はある一定時間内の流速の標準偏差を算出し、それを管内平均流速で除した指標である。圧力勾配は単位時間当たりの圧力の増加量の平均値である。図-5に各補流量レベルごとの流速の変動係数および圧力勾配の平均値を示す。

管内流速に関して $V_g/V_m=0.4$ ではレベル2の補流量で最も脈動流が抑制されているが、粗骨材濃度が高い $V_g/V_m=0.8$ では粗骨材量の増加により管内流動の自由度が減少し全体の平均流速が低下し、より補流量を多くしたレベル3で最も脈動流が抑制されることになった。

これに対して、圧力は流速の変化に追従せず粗骨材濃度の変化によらずレベル2において最も脈動流が抑制された。これは最も脈動流が抑制される補流量のレベルが流速と圧力で異なることを示唆するものである。

4. 結論

- (1) 脈動流の抑制効果を定量的に評価する指標としては、流速の変動係数と圧力勾配の平均値が有効である。
- (2) 粗骨材濃度が低いときは、脈動流抑制の効果が最も大となる補流量のレベルは流速と圧力の指標で一致するが、粗骨材濃度が高いと一致しない。

謝辞 本研究は平成年度科学研究費補助金(特別研究)20060119、研究代表：橋本親典の一部を受けて行いました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) 橋本親典、佐藤良一、杉山隆文、辻幸和：ポンプ圧送時の管内脈動流に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17, No. 1, 1995 (掲載決定)

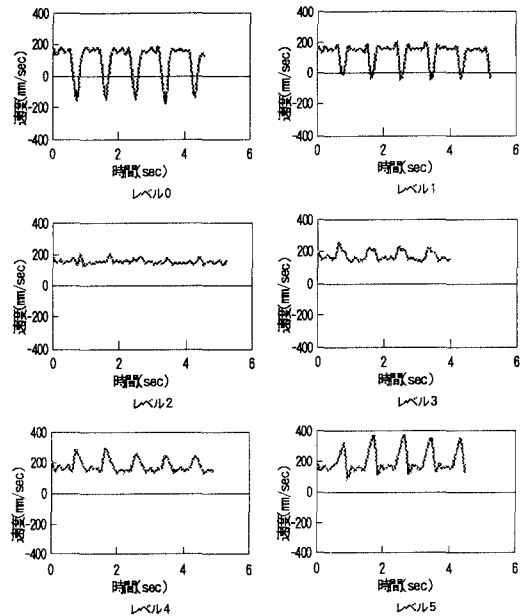


図-3

合流部の速度の経時変化

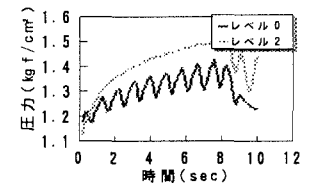


図-4 合流部の圧力の経時変化

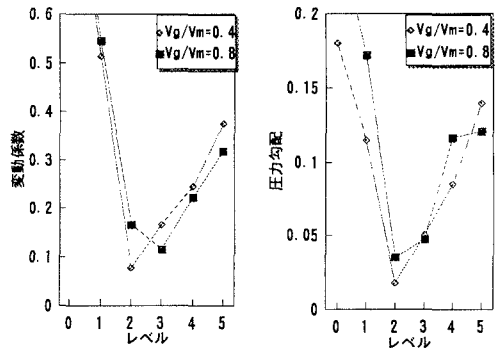


図-5 変動係数および圧力勾配