

高流動コンクリートのポンプ圧送による品質変化予測に関する一考察

摂南大学大学院 学生員 ○小平 伸彦 摂南大学工学部 正会員 熊野 知司
 国土交通省 大西 隆雄 国土交通省 水口 直仁
 清水建設 正会員 丸山 敏男 清水建設 正会員 西岡 真帆

1. はじめに

近年、高流動コンクリートは、コンクリート構造物の施工の省力化および耐久性の向上等を目的として使用されている。自己充填性を有する高流動コンクリートは高性能であるが故に、施工に際しては時間の経過やポンプ圧送に伴う性状の変化を十分に把握し、予測した上で計画をたてることが求められる。

以上のような観点から、既往の研究¹⁾で提案した高流動モルタルの塑性粘度の経時変化予測モデルについて、実施工での適用性に関する検討を行った。なお、現場計測は国土交通省の実海域等実験場提供システムの制度により大阪港夢洲トンネル5号函製作工事において行った。

2. 計測概要

示方配合および使用材料を表-1および表-2に示す。

表-1 示方配合

W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤	
			W	C	LP	S1 川砂	S2 砕砂	G	合計	SP (C+LP)%	増粘剤 (W*%)
55.0	2.0	49.7	175	318	281	534	229	786	2323	1.55 ~ 1.625	0.175

本計測において単位水量はエアメータを用いた土研法により測定した。モルタル試料は、コンクリートを5mmふるいでウェットスクリーニングすることにより採取し、塑性粘度はB8U形粘度計を用いて測定した。

3. 結果および考察

図-1に圧送前後におけるモルタルの単位水量の比較を示す。モルタルに換算した場合の単位水量の設計値250kg/m³に対して、測定結果はほぼ250kg/m³となった。従って、単位水量に圧送前後での変化はないと判断することができ、今回の施工においてポンプ圧送に伴う加圧脱水等の現象は発生していないと考えられる。

図-2に圧送前後でのモルタルの流動曲線の一例を示す。図より、圧送前の流動曲線は比較

的直線に近い形状となっている。一方、圧送後の流動曲線は、せん断ひずみ速度が3/s程度までは、圧送前と同程度のせん断応力であるが、6/s～14/sでは圧送前と比べせん断応力が小さくなり、流動曲線全体では下に凸なチキソトロピックな性状を示すことがわかる。

図-3に圧送前後での塑性粘度の比較を、図-4に圧送前後での降伏値の比較を示す。

キーワード：高流動コンクリート、ポンプ圧送、塑性粘度、経時変化、

連絡先：〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17番8号 TEL072-839-9123 FAX072-838-6599

表-2 使用材料

材料名	記号	物性等
高炉セメントB種	C	密度=3.04 g/cm ³
石灰石微粉末	LP	密度=2.70 g/cm ³ 比表面積=3664cm ² /g
川砂	S ₁	表乾密度=2.60 g/cm ³ , 絶対密度=2.57 g/cm ³ 吸水率=1.25%, 粗粒率=2.66
砕砂	S ₂	表乾密度=2.62 g/cm ³ , 絶対密度=2.59 g/cm ³ 吸水率=1.64%, 粗粒率=2.92
砕石	G	表乾密度=2.62 g/cm ³ , 実積率=59.3%, 吸水率=0.96%
高性能A/E減水剤	SP	ポリカルボン酸系
増粘剤	VA	バイオポリマー系

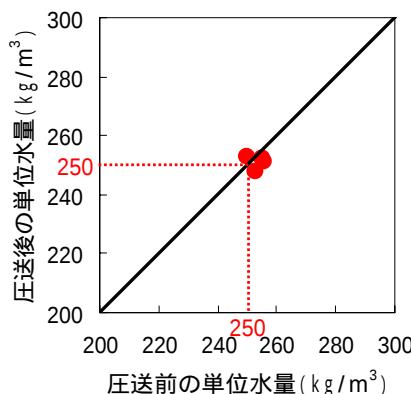


図-1 モルタルの単位水量の比較

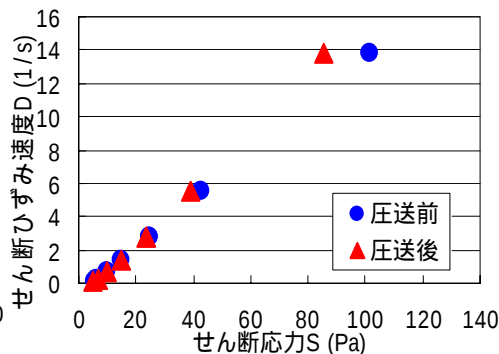


図-2 流動曲線の一例

塑性粘度および降伏値はB形粘度計で測定された流動曲線の全てのプロット点を直線近似することによって求めた．図より，圧送後に塑性粘度は低下し，降伏値は増加する結果となった．

4. 塑性粘度経時変化予測モデルの適用性

既往の研究¹⁾で提案した，圧力が作用した場合を考慮した高流動モルタルの塑性粘度 η_{pm} の経時変化予測式を式(1)に示す．

$$\eta_{pm}(t) = \left[A \times \left(n_0 - \frac{2at}{3\eta} \exp \left(-\frac{n_1}{2kT} + \alpha \right) + 1 \right)^{\frac{2}{3}} + \eta_{p0} \right] \times \eta_r(1)$$

A:セメント粒子同士の接触点における粘度[Pa·s]

t:経過時間[s]

n_0 :時刻0におけるセメントの1次粒子数(個/m³)

n_1 :セメント1m³中の初期の1次粒子数(個/m³)

a:セメントの粒子半径[m]

k:ボルツマン定数($=1.38 \times 10^{-23}$) [J/K]

η :分散媒の粘度[Pa·s]

η_{p0} :水とセメントの接触による粘度[Pa·s]

T:絶対温度[K]

δ :高性能AE減水剤による影響を表す実験定数[J/m]

η_r :相対粘度

α :圧力定数 $\alpha = 0.0897p$ p:ポンプ吐出圧力(MPa)

図-5に圧送前の塑性粘度の実測値と予測値との比較を示す．図より，実測値5点の内2点はやや予測値よりも大きくなったが，3点は予測値とほぼ一致しており，このことから予測モデルはプラント出荷から圧送前までの経時変化に対して適用可能であると考えられる．

図-6に圧送後の塑性粘度の実測値と予測値との比較を示す．ポンプ圧送の影響は圧力の関数とした圧力定数 α により決定し，ポンプ吐出圧力pはポンプ車本体の主油圧を目視で測定し，これに換算係数を乗じることにより求めた．図より，ほとんどの点において，実測値よりも予測値の方が大きい値を示していることがわかる．これは，予測モデルが時間の経過に伴い凝集する粒子が増加するという不可逆的なモデルとなっていることに問題があると考えられる．

高流動コンクリートのポンプ圧送では配管内でせん断応力の作用を強く受けるといわれており²⁾，今後，このせん断応力による攪乱の影響等の評価を適切に評価できるモデルへと改良していく必要があるといえる．

5. おわりに

今回の現場計測において圧送前後での単位水量に変化はなく，加圧脱水等の現象は発生していないと考えられたが，モルタルの流動曲線は，圧送後に下に凸となる傾向を示し，チキソトロピーが圧送により増大するような変化が生じていると推察された．また実施工における塑性粘度の経時変化予測に関して，プラント出荷から圧送直前までの経時変化に対しては，予測手法が適用できると考えられるが，ポンプ圧送後に関しては，圧送による塑性粘度の低下を現モデルでは予測することができなかった．今後は，配管内での攪乱等の影響をモデル中に取り入れる必要があると考えられる．

参考文献

- 1) 立山，熊野，矢村：フレッシュコンクリートのポンプ圧送における品質変化とその予測に関する基礎的研究，平成16年度土木学会年次学術講演会公演概要，5-462，pp921～922，2005.9
- 2) 谷口，増田，牛島：高流動コンクリートのポンプ圧送による品質変化に関する研究，コンクリート工学論文集，vol.9，No.1，pp71～85，1998.1

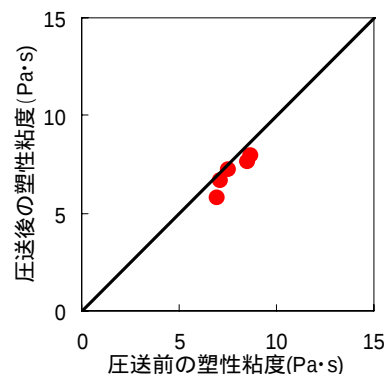


図-3 圧送前後での塑性粘度の比較

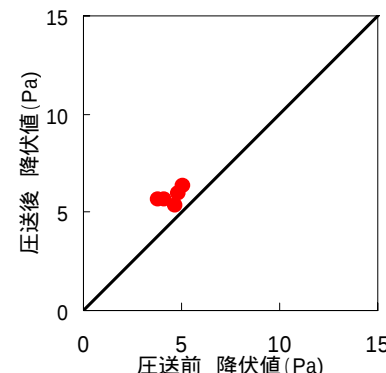


図-4 圧送前後での降伏値の比較

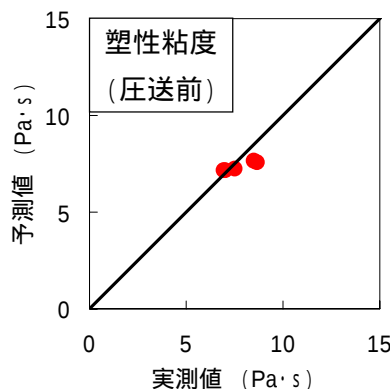


図-5 塑性粘度の実測値と予測値の比較（圧送前）

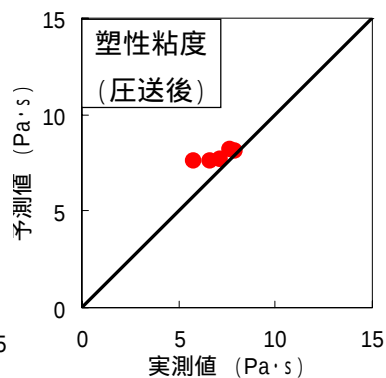


図-6 塑性粘度の実測値と予測値の比較（圧送後）