

管内流動解析に用いる加圧脱水測定方法の標準化に関する検討

日大生産工 (院) ○根本 竜太郎 日大生産工 伊藤 義也 日大生産工 山口 晋
 全国生コンクリート工業組合連合会 山之内 康一郎

1. はじめに

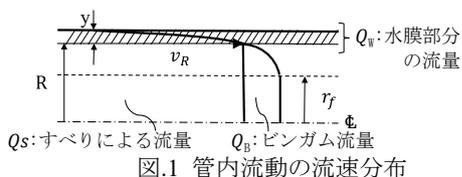
近年のコンクリート構造部においては、鉄筋の過密化や複雑な配管条件に対応するため、高流動コンクリートが多用されている。高流動コンクリートは普通コンクリートに比べてフレッシュ性状が異なるため、ポンプによる圧送などにおいては、配合やコンシステンシー試験結果を基にした従来の経験的知見の活用が困難としている。そのため、ポンプ能力の選定に必要な圧送性の評価は、大掛かりな試験圧送を行って把握しているのが実状であり、合理的な評価方法が必要とされている。

この圧送性の評価には、流量式を用いたコンクリートの管内流動解析が必要であるが、既往の研究においては、管壁に滑りを伴うビンガム流れの流量式からレオロジー定数（塑性粘度・降伏値）を求めていたが、管壁には薄い水の層が生じ、管内ではコンクリートと水膜との2層流れが生じていると仮定した新たなレオロジー定数を推定する方法を提案²⁾した。具体的には、管型粘度計により圧力と実測流量とを求め、加圧ブリーディング試験装置による脱水量から水の膜厚を求め、実測流量から水膜自体の流量を減じたビンガム流量としてレオロジー定数を推定する方法である。

そこで本研究では、レオロジー定数の推定に重要な脱水測定精度向上と手順の標準化を目的とした検討を行ったものである。

2. コンクリートの流量式

コンクリートの管内流動は、図.1に示す通り、圧送時にコンクリート中の自由水が壁面との界面に滲み出て、これが潤滑層となって、滑りを伴う塑性流れ、すなわち水とコンクリ



ートとの2層流れとなると仮定した。

このときの、コンクリートの管内流量は、次式によって与えられる。

$$Q_A = Q_B + Q_S + Q_W \quad \text{式-1}$$

ここに、 Q_A : 実測流量(吐出量)、 Q_B : ビンガム流量、

Q_S : 滑りによる流量、 Q_W : 水膜部分の流量

Bingham 流量は式-2に示すようである。

$$Q_B = \frac{\pi(R-y)^4 \Delta P}{8l\eta_{pl}} \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_f}{R-y} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_f}{R-y} \right)^4 \right\} \quad \text{式-2}$$

ここに、 η_{pl} : 塑性粘度、 R : 管の内径、

τ_f : 降伏値、 y : 水の膜厚、

$\frac{\Delta P}{l}$: 圧力勾配、 r_f : 栓流半径 ($\frac{2l\tau_f}{\Delta P}$)

また、滑りによる流量は、図.1より式-3で表される。

$$Q_A = \pi(R-y)^2 V_R \quad \text{式-3}$$

ここに、 η : 水の粘性係数 ($0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$)

V_R : $r = (R-y)$ における流速 $= \frac{\Delta P}{4l\eta} \{ (R-y)^4 -$

水膜部分の流量は、式-4を用いて、 $R-y$ から R までを積分することによって求められる。

$$Q_W = \int_{R-y}^R 2\pi V_R r dr \\ = \frac{\pi \Delta P}{2l\eta} \left\{ \frac{R^4}{4} - \frac{(R-y)^2}{2} \cdot R^2 + \frac{(R-y)^4}{4} \right\} \quad \text{式-4}$$

以上の式を用いて、水膜部分の流量を求めた。

3. 実験方法

3-1. 使用材料および配合

実験に用いた材料および配合は、表.1ならびに表.2に示す通りである。フロー値の目標値を60cmとし、増粘剤含有高性能AE減水剤を用いた高流動コンクリートとした。

表.1 使用材料

材料	種類
セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³ , 粉末度3370cm ² /g
細骨材	茨城県鹿島産陸砂+北海道産白老陸砂 密度2.63g/cm ³ , 吸水率1.23%, F.M.2.56
粗骨材	東京都青梅産砕石2005 密度2.67g/cm ³ , 吸水率0.92%, F.M.6.77
混和剤	増粘剤含有AE減水剤

The Consideration of the Standardization to
 Pressure Dehydration Measurement Method for Flow Analysis in Pipe

Ryutaro NEMOTO, Yoshinari ITO, Shin YAMAGUCHI, Kouitiro YAMANOUTI

表2 コンクリートの配合

単位 水量 (kg/m ³)	細骨 材率 s/a(%)	水W (kg)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	粗骨材		Ad (C×%)	助剤 303 (C×%)
					G大(kg)	G小(kg)		
165	52.9	161	471	887	488.4	325.6	1.0	0.003
170	50.9	165	486	828	496.8	331.2	1.0	0.003
175	48.6	171	500	797	512.4	341.6	1.0	0.003

3-2. 練り混ぜ

練り混ぜは、容量20Lのミキサを用いて、1バッチ3Lとして1分15秒間練り混ぜ、ミキサ内で3分間静置後、1分間再攪拌し、測定に供した。

3-3. 加圧ブリーディング試験装置を用いた脱水量の測定

脱水量の測定は、JSCE-F502「加圧ブリーディング試験方法(案)」に準拠し、配合毎に容器内の圧力を1.5N/mm²、2.5N/mm²、3.5N/mm²になるように加圧し、所定の時間行った。これまでの研究成果²⁾によれば、脱水量をメスリンダーによる目視で測定していたため、人為的な誤差が大きく生じていた。また、図2に示す様にコックを開けるタイミングは、所定の圧力に達してから開放していたため、加圧初期の脱水量にバラつきが生じていた。さらに測定回数n=2において経過時間に伴うフレッシュ性状の変化を考慮していなかった。その結果は、図4の左に示すように、ばらつきが大きい結果であった。

そこで本検討では、加圧初期の脱水量が一定となるようにコックは加圧前から開放し、図3に示すように脱水量は計量容器を用いた質量測定により検討した。さらに、経過時間に伴うフレッシュ性状の変化による脱水量への影響が生じないように測定は1バッチ1回として検討を試みた。



図.2 コック部分



図.3 脱水量の測定

4. 測定結果および考察

試験結果の一例として単位水量 165kg/m³における脱水量の推移の比較を図4に示す。この結果によれば、既往の結果²⁾では、加圧力1.5N/mm²、2.5N/mm²、3.5N/mm²どの場合においても、1回目から3回目のグラフの傾きのばらつきが大きく、その差は約0.14-0.19であったのに対し、本結果の場合、1.5N/mm²の場合は0.02、2.5N/mm²および3.5N/mm²の場合でそれぞれ、0.01、0.04と、全ての圧力でのばらつきが小さくなった。

次に、脱水量の測定精度を表3に示す。この結果によれば、

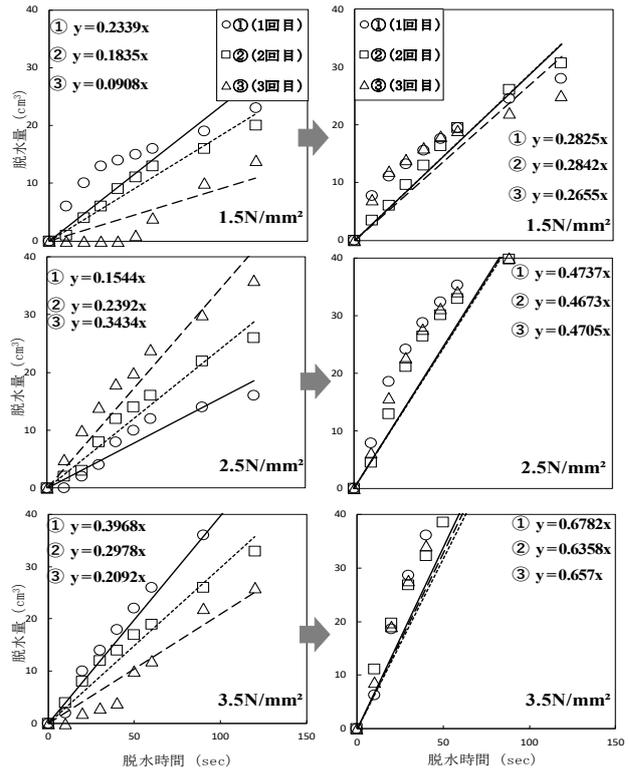


図4 加圧脱水量の推移(左既往の研究²⁾、右本研究)

表3 加圧脱水量の測定精度(左既往の研究²⁾、右本研究)

圧力	傾き	平均	標準偏差	傾き	平均	標準偏差
1.5N/mm ²	0.2339	-0.1694	0.0726	0.2825	-0.2774	0.0103
	0.1835			0.2842		
	0.0908			0.2655		
2.5N/mm ²	0.1544	-0.2457	0.0947	0.4737	-0.4805	0.0146
	0.2392			0.4673		
	0.3434			0.4705		
3.5N/mm ²	0.3968	-0.3013	0.0938	0.6782	-0.6570	0.0212
	0.2978			0.6358		
	0.2092			0.657		

既往の試験結果²⁾に対し、明らかに標準偏差は小さく、ばらつきが小さくなることを示した。

以上のことから、今回検討した方法で脱水量を測定すれば、圧送管内壁面の水の膜厚が精度よく安定的に推定できると考えられる。

5. まとめ

本実験で得られた知見は以下の通りである。

- 1) 今回改善した手順を採用し、標準化することで、脱水量が安定的に求められる。
- 2) 1)のことから、圧送管内壁面の水の膜厚が安定的に求められ、管壁粘度計の流量測定と併用することでレオロジー定数が精度よく推定できるとことを示した。

参考文献

- 1) 村田ほか：まだ固まらないコンクリートのレオロジー定数法に関する一提案 土木学会論文集第284号、1979.4.
- 2) 根村ほか：コンクリートの新しい流動モデルの検討 土木学会年次学術講演会講演要旨集第73回、2018.9.