

振動下のスランプフローを用いたフレッシュコンクリートの粘性算出方法の構築

東京理科大学大学院 学生会員 ○西村 和朗
東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. はじめに

一般的に、普通コンクリートはバイブレータの振動により流動させることで型枠内に充填する。ここで、振動締固めは、バイブレータによって生じた振動波が、コンクリートを構成する各粒子に外力として作用することで、コンクリートを流動させている¹⁾。各粒子に外力が作用すると、粒子間のせん断抵抗は失われ、コンクリートはニュートン流体のように流動する。その際、流動速度はコンクリートの塑性粘度によって決定される。このため、振動締固め条件によって外力が各粒子に与える影響が異なることで、フレッシュコンクリートの流動性も変化するとされている²⁾。さらに、静置時と振動締固めを受けたフレッシュモルタルの粘性が異なることが報告されている³⁾。以上のことから、振動締固めに伴うフレッシュコンクリートの粘性の変化が、フレッシュコンクリートの流動性に影響を与えている可能性も考えられる。そこで、静置時および振動を受けたフレッシュモルタルまたはコンクリートの流動を比較することで、振動締固めがフレッシュコンクリートの流動性に及ぼす影響を把握した。

2. 試験概要

2.1 配合

配合を表-1 に示す。コンクリートの単位水量を 165kg/m^3 、s/a を 45% で統一し、目標スランプ $10\pm 2.0\text{cm}$ 、目標空気量 $5.0\pm 0.5\%$ となるように AE 剤および AE 減水剤を調整した。また、モルタルは、使用したコンクリート中のモルタルと同様の配合とした。

2.2 振動を受けたスランプフロー試験の概要

試験の概要図を図-1 に示す。JIS A 1101 を参考に、

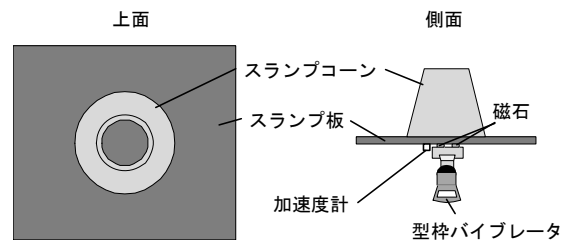


図-1 振動を受けたスランプ試験の概要図

コンクリートをスランプコーンに打込み、スランプ板の下から振動を与え始めると同時にスランプコーンを引き抜き、スランプフローの経時変化を測定した。また、振動がスランプフローに与える影響を把握するために、型枠バイブレータ（振動数 165～200Hz）と棒状バイブレータ（ $\phi 23\text{mm}$ 、振動数 235～285Hz）の 2 種類を用いた。さらに、スランプ板と型枠バイブレータの間にベニヤ板を挟んだ場合も実施した。スランプフローは、動画から 0.3 秒ごとに測定し、2 方向のスランプフローの平均を測定値とした。また、スランプ板の中央付近に加速度計を設置し、既往の研究²⁾を参考に、スランプ板に生じる加速度を 1 秒当たりの締固めエネルギー（E）に換算した。

3. 実験結果

コンクリートの E とスランプフロー速度（ V_f ）の関係を図-2 に示す。なお、 V_f は 4.8 秒までのスランプフローの経時変化の傾きである。E=0.08J/(L・s)までは、E の増加に伴い V_f は増加した。これは、振動締固めによる作用力の増加に伴い V_f が増加、もしくは、作用力の増加と塑性粘度の低下に伴い V_f が増加したことが予想される。また、E=0.08J/(L・s)以上の V_f は概ね同等となった。以上から、作用力が V_f に与える影響には限界が存在することが考えられる。

静置時と振動を受けたモルタルのスランプフロー

表-1 配合

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	スランプ(cm)		空気量(%)		単位量(kg/m ³)				単位量(C×%)	
			目標	実測	目標	実測	W	C	S	G	AE 剤	AE 減水剤
20	40	45	10	9.5	5.0	5.5	165	413	774	1014	0.0025	0.22
	50			9.0		5.5	165	330	805	1014	0.0028	0.24
	60			9.5		4.5	165	275	826	1040	0.0036	0.10

なお、W：水、C：セメント、S：細骨材、G：粗骨材である。

キーワード スランプフロー、振動締固め、締固めエネルギー

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-712-9766

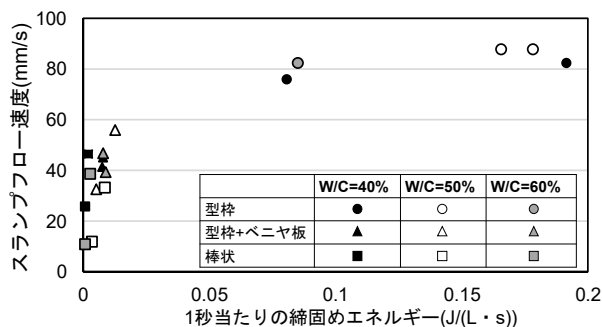


図-2 スランプフロー速度とEの関係

の経時変化を図-3に示す。なお、W/C=40%と50%ではスランプコーンを引き上げて0.3秒では流動しなかったため、横軸を流動開始からの時間とした。静置時と振動を受けたモルタルのスランプフローの経時変化は概ね同等となった。その原因を、既往の研究⁴⁾のスランプ試験時のコンクリートのスランプフローの変化を表現する式を参考に考察する。式(1)は静置時のスランプフローの変化を表現しているため、作用力は自重 γy となる。振動を受けた場合、作用力は自重と振動の合力となる。静置と振動を受けた場合の V_f が概ね同等となるためには、作用力の増加に伴い塑性粘度が増加した、または、自重のみで V_f が最大になったことの2つの場合が考えられる。

$$\frac{dx}{dt} = x(t) \times \left(\frac{\gamma y - 6\sigma_{yd}}{2\eta} \right) \quad (1)$$

ここで、 x ：スランプフロー(m)、 γ ：単位体積重量(N/m³)、 y ：試料高さ(m)、 σ_{yd} ：降伏応力(N/m³)、 η ：塑性粘度(Pa・s)である。

ここで、既往の研究²⁾より、振動に伴い塑性粘度は減少するため、振動に伴い塑性粘度が増加したことは考えにくく、塑性粘度は変化せず、自重のみで V_f が最大になったことが予想される。また、図-2より、コンクリートでは型枠のみ限界となったことから、 V_f が収束する作用力は、モルタルとコンクリートで異なることが考えられる。

本研究では、「振動締固めに伴い塑性粘度は変化しない」、「Eの増加に伴い V_f は増加し最終的に V_f はある一定値に収束する」、「 V_f が収束する作用力は、モルタルとコンクリートで異なる」という3つの知見が得られた。このため、振動を受けたコンクリートの流動を表現するには、式(1)に振動による作用力 α と、自重と振動の合力が一定以上となると流動速度は収束することを考慮する必要がある。さらに、作用力や粘性と比較して、スランプフロー $x(t)$ が流動

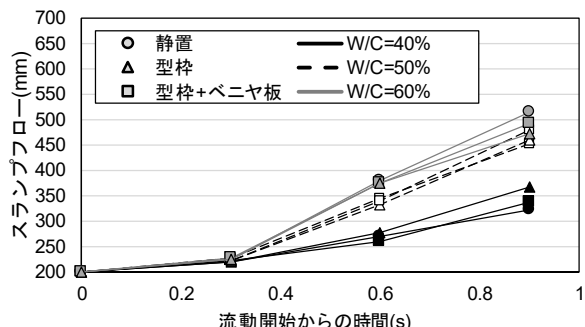


図-3 モルタルのスランプフローの経時変化

速度 dx/dt に与える影響は微小であるため、振動によるコンクリートの流動は式(2)のようになる。以上から、 V_f が収束した際の自重と振動の合力 A と α を把握し、スランプフローの経時変化を式(2)に回帰することで、塑性粘度および降伏応力は算出できる。

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(t) \times \left(\frac{\gamma y + \alpha - 6\sigma_{yd}}{2\eta} \right) & \gamma y + \alpha < A \text{ の時} \\ \frac{dx}{dt} &= x(t) \times \left(\frac{A - 6\sigma_{yd}}{2\eta} \right) & \gamma y + \alpha \geq A \text{ の時} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 α ：振動による作用力(Pa)、 A ： V_f が収束した際の自重と振動の合力(Pa)である。

4. まとめ

本研究で得られた知見は次の通りである。

- 1) 振動による作用力の増加に伴いフレッシュコンクリートの流動速度は増加するが、最終的に流動速度は一定値に収束した。
- 2) 静置時と振動を受けたモルタルのスランプフローの経時変化は概ね一致した。

謝辞

本研究の一部は、平成28年度土木学会吉田研究奨励賞の研究計画に基づいた研究である。

参考文献

- 1) 村田二郎：コンクリート振動機の知識，コンクリート工学，33(8)，pp.26-34，1995
- 2) 國分勝郎ほか：締固め仕事量の評価に基づく超固練りコンクリートの配合設計，土木学会論文集，No.532/V-30，pp.109-118，1996
- 3) 森田篤史ほか：振動下におけるフレッシュコンクリートのレオロジー特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.2，pp.415-420，2000
- 4) 増谷直輝ほか：フレッシュモルタルの変形モデルを用いた粘性評価の基礎的検討，第44回関東支部技術研究発表会，2017