

## 高流動コンクリートの流動シミュレーションに使用する粘弾塑性物性値の推定

(株) フローサイエンスジャパン 正会員 ○中村 知博  
 鉄建建設 (株) 正会員 西脇 敬一  
 鉄建建設 (株) 正会員 土井 至朗

### 1. 目的

フレッシュコンクリートの流動シミュレーションの手法はいくらか提案されているが、使用する物性値を直接測定することは困難であるのが現状である。既往の研究<sup>[1]</sup>では粘性や降伏値を理論的に推定する手法が提案されている。しかし、理論解析時および数値解析時の各種の仮定条件が設けられており、適用範囲によっては理論式より導いた物性値では精度の良い解析結果を得られない場合がある。

本稿ではフレッシュ状態でスランプフロー50 cm 以上のコンクリートを対象に、VOF 法による連続体モデル・粘弾塑性モデルでの流動シミュレーションに用いる物性値をスランプフロー試験結果などから推定する、汎用しやすい一連の手順を提案する。

### 2. 粘弾塑性モデル

粘弾塑性モデルは硬化コンクリートなどで使用され、また一般には樹脂の流動に用いられる。図1に概要を示すように弾性体の応力ひずみ関係と塑性体の降伏の効果を直列に考慮し、ニュートンの法則の粘性体モデルをさらに並列で考慮するモデルである。ひずみ速度と応力の関係はビンガム組成モデルのようになり、応力が降伏値より低い領域では、流動時の変形に応じて応力が作用する。一般にビンガムモデルは弾性のないモデルを指すが、粘弾塑性モデルにおける弾性が非常に大きい場合に相当する。

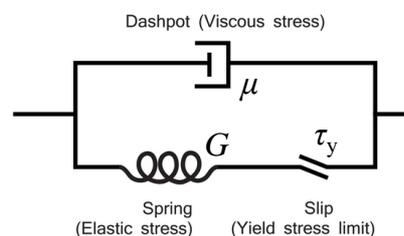


図1 粘弾塑性モデル

### 3. 粘弾性モデルによるスランプ試験のパラメータスタディ

粘弾塑性モデルでは、粘性  $\mu$ 、せん断弾性  $G$ 、降伏値  $\tau_y$  が必要となる。物性値が異なる場合のスランプフローの違いを確認するため、いくつかの組み合わせによってスランプフロー試験のシミュレーションを行った。スランプフローは図2aのようになり、特に流動性の高い領域では図2bのようになる。おもに降伏値が最終的なスランプフローに影響する。一方で粘性の影響は比較的小さく、せん断弾性の影響は非常に小さい。したがって物性を推定するうえでは、せん断弾性は一時的に値を仮定してもよいとみられる。

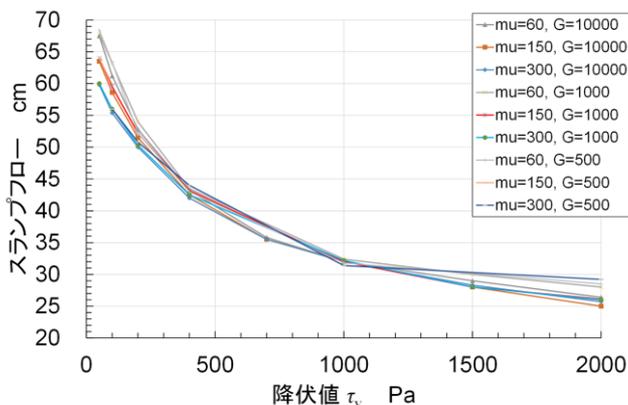


図2a 降伏値  $\tau_y$  とスランプフローSfの関係

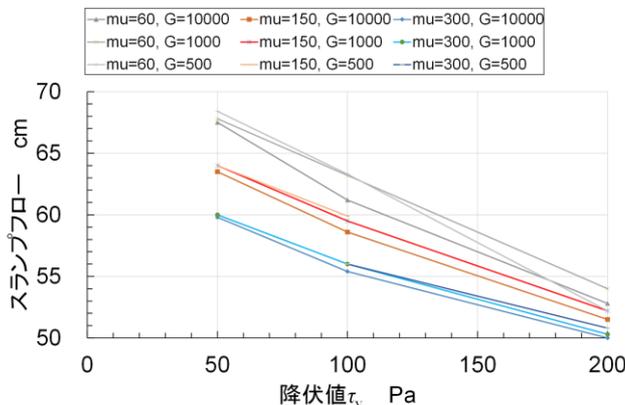


図2b 流動性の高い領域での降伏値  $\tau_y$  とスランプフローSfの関係

キーワード 高流動コンクリート、シミュレーション、粘弾塑性、物性  
 連絡先 〒430-0929 静岡県浜松市中区中央3-15-1 EKビル5階 (株)フローサイエンスジャパン TEL053-456-7433

### 4. 高流動コンクリートの粘性の推定

スランプフローは降伏値の影響が大きいと推察される一方、粘性は 2 倍に変化させるごとにスランプフローが 3 cm 程度変化しているが、流動の速度への影響が大きいと考えられる。図 3 はスランプ試験のシミュレーションにおいて、ニュートン流体を仮定し、50 cm フロー到達時間と粘性の関係をグラフ化したものであり、ほぼ線形に変化することが確認できる。

粘弾塑性モデルでは、粘性に加えて弾性による流動抵抗が降伏値程度の大きさで作用するため、ニュートン流体における粘性は、実験結果としての 50 cm フロー到達時間に対応する粘性の上限値と考えられる。ただ、高流動コンクリートでは降伏値は小さいため、粘性は上限値からは大きく離れないとみられる。

図 4 はせん断弾性  $G$  を 1000 Pa と仮定し、粘性及び降伏値を変化させて 50 cm フロー到達時間をグラフにしたものである。このグラフから 50 cm フロー到達時間に対応する粘性と降伏値の組が推定できる。

### 5. 物性推定手続きの提案

以下の手順にて高流動コンクリートの流動シミュレーション用粘弾塑性物性を推定することを提案する

- 1) 50 cm フロー到達時間をもとに粘性の概算値を求める
- 2) 概算の粘性周辺の値用いつつ、50 cm フロー到達時間から粘性と降伏値の組を見つける
- 3) 上記粘性と降伏値の組のうち、スランプフローが一致するものを選択する

表 1 はスランプフロー試験の試験結果と、その結果をもとに上記の手順で調整したシミュレーション物性値、およびそれを使用したスランプフロー試験の解析結果である。スランプフローと 50 cm フロー到達時間がよく一致した。

### 参考文献

[1] 黒川善幸, et.al. フレッシュコンクリートのスランプ試験およびスランプフロー試験に関する研究, コンクリート学会年次論文報告集, Vol.16, No.1, pp.437-442, 1994.6

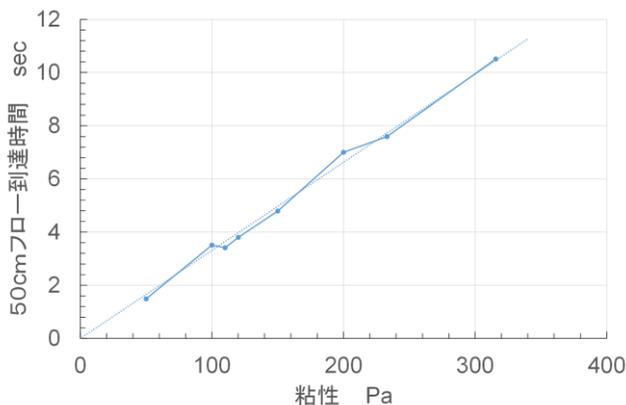


図 3 ニュートン流体を仮定したシミュレーションの 50 cm フロー到達時間

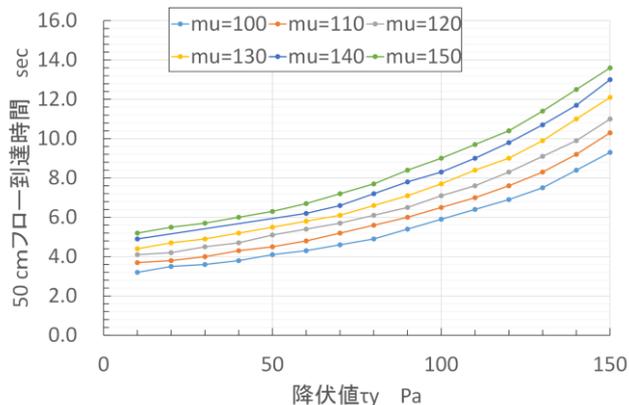


図 4 降伏値、粘性を変化させたシミュレーションの 50 cm フロー到達時間

表 1 スランプフロー試験結果をもとに推定された物性値による解析結果と試験結果

	シミュレーション					試験結果	
	せん断弾性 $G$	降伏値 $\tau_y$	粘性 $\mu$	スランプフロー	50 cm フロー到達時間	スランプフロー平均	50 cm フロー到達時間
	(Pa)	(Pa)	(Pa s)	(cm)	(秒)	(cm)	(秒)
A 配合	1000	5	150	73	5.1	74.0	5.0
B 配合	1000	80	100	65	4.9	65.5	4.9
C 配合	1000	170	40	59	4.1	58.5	4.2