

東京工業大学 学 野田隆
同上 正 長瀬重義
大成建設 伊藤陸二

1 まえがき

流動により構造の破壊あるいは再形成等を生じるフレッシュモルタルのレオロジー的性質は、他の影響要因ともあいまって複雑である。特に高性能減水剤を添加したモルタルの挙動はプレーンモルタルや従来の減水剤を用いたモルタルと異なり、過去の研究でも統一した見解が得られていない。従来のフレッシュモルタルの流動はビンガム流動であるとして解析されてきたが、本研究では構造粘性流体のもつずり速度流動化流動の流動曲線の近似式として $\tau = B\dot{\gamma}^n$ — ① (τ : 剪断ずり速度, $\dot{\gamma}$: 剪断ずり応力) を用いて回転粘度計により高性能減水剤を用いたモルタルの流動性の解析を試みた。また高性能減水剤を用いたモルタルの流動の特異性の1つと考えられるThixotropyと高性能減水剤添加量との関係についても検討した。

2. 実験概要

使用材料として日本セメント社製普通ポルトランドセメント(比重3.16) 富士川産砂(比重2.64 1.2mmカット F.M.L.96) 高性能減水剤として花王石鹼(株)製マイティ150を用い、配合はS/C, W/C, 高性能減水剤添加量の影響をみるために表1のようにした。3分間練り混ぜ、5分間静置、1分間攪拌後、注水後約15分で回転粘度計による測定を行なった。なお試料モルタル温度はすべて20±1℃である。回転粘度計は0.5R.P.M.から乱流を生じない30R.P.M.まで約1分間で連続的に回転数を上げ、その後5R.P.M.まで同様に速度を落した。ずり角速度の測定には多標点法を用い、これを16mmフィルムに収め、モーショニアライザーで解析した。流動曲線の近似はずり速度増加部分についてのみ最小2乗法で行なった。まず2標点(内標点半径 R_i 、外標点半径 R_o)の間のずり角速度 Ω と内標点におけるずり剪断応力 τ_i との関係を

$$\Omega = A \tau_i^n \quad \text{--- ②}$$

と近似し、 n を決定する。 n が定まると τ と Ω の関係も定まり、 B は次のように決定される。

$$B = 2nA / (1 - R_i^{2n} / R_o^{2n}) \quad \text{--- ③}$$

3. 実験結果と考察

今回の実験で求めたモルタルの流動曲線は、比較的硬練りのものや極端に軟かいものを除いて①式でかなりよく近似できた。*なお硬練りのモルタルはビンガム流体に近づく傾向にある。①式の各定数は傾向として B はモルタルの軟かさの目安、 n はモルタル内部の構造破壊の様相を示す手がかりになるものと考えられる。図1に高性能減水剤添加量 $C \times 0.25\%$ (C :単位セメント量)のモルタルの各配合における $\log B$ の値を示す。この図でも示されるように、

・プレーン

W/C %	40	45	50	55
0	○	○		
0.5	○	○	○	
1.0		○	○	○

・高性能減水剤 $C \times 0.25\%$

W/C %	35	37.5	40	42.5	45
0	○	○	○	○	○
0.5	○	○	○	○	○
1.0		○	○	○	○

S/C	W/C %	高性能減水剤添加量 $C \times \%$						
		0	.125	.250	.375	.500	.625	.750
0	30					○	○	○
	35		○	○	○	○	○	○
0.5	35		○	○	○	○	○	○
	40	○	○	○	○			
1.0	35				○	○	○	○
	40		○	○	○			

表1 配合表

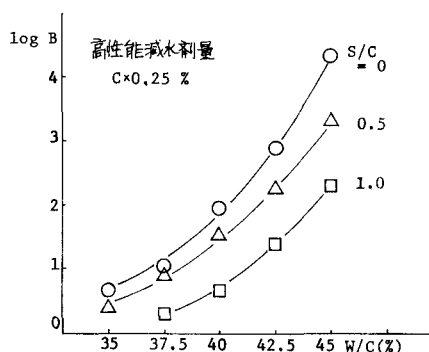


図1 配合要因と $\log B$

軟かいものほどBが大きくなっている。図2に高性能減水剤添加量C×0.25%のモルタル、プレーンモルタルのlog B, nの関係を示すが、ほぼ直線関係にある。図には示さないが、添加量が増すとlog B, nの相関はなくなる傾向にある。

表2に示すのは各配合モルタルのThixotropy的挙動の区分である。高性能減水剤添加量とThixotropy的挙動には明かな関連がみられ、ほぼC×0.5%の添加量から変化が明確となっている。Thixotropy的挙動の区分は構造の破壊と形成の速度の大きさによって生じる。プレーンモルタルや比較的添加量の少ないモルタルでは、ずり速度により構造が破壊されると同時にセメントフロックの分割による反応面の形成等が生じ、復路の流動曲線部ではすでに新たな構造が生じ見掛けの粘性が増加し Anti-thixotropyを呈するものと思われる。逆に高性能減水剤を多量に添加した場合、初期練り混ぜ時にフロックの形成は阻止されずり速度により構造が破壊されても新しい構造が即座に生ずることなく、ためにThixotropyを呈する。Non-thixotropyは構造の破壊と形成が釣り合った状態である。Thixotropy的挙動の影響は図3にも現われる。この図はPロート流下時間とBとの関係を示したものである。プレーンモルタルあるいは高性能減水剤添加量C×0.5%未満のモルタルではほぼ1つの曲線上にのるが、0.5%以上添加したモルタルは明らかにこの線より上へずれる。これはThixotropyを呈する流体以外のものではPロートのコーン部最下端で流量が決定されるのに対し、Thixotropyを呈するものではそれより上部の構造破壊が生じている部分で流動が制限されるためであろう。高性能減水剤を用いたモルタルではPロート流下時間がかなり長くても細く連続的に流下するのはこのためと考えられる。

今回の実験で得られた高性能減水剤を添加したモルタルの流動曲線は過去に著者が得たものと全く異なる。これはThixotropyの剪断ずり加速度あるいは時間等への依存といった性質に起因するものと思われる。

4. むすび
- 本研究で得られた結果をまとめると次のようである。
- i) Pロートで測定できる程度の適度の流動性を有するモルタルはずり速度流動化流動を示し、 $\eta = B$ で比較よく近似できる。
 - ii) 高性能減水剤添加量C×0.5%以上のモルタルはそれ以下のモルタルと異ったThixotropy的挙動を有する。そのためPロート値はその意味合を異にする。

1) 長龍, 米倉: 回転粘度計によるモルタルの流動性解析の1考察
セメント技術年報 XXIX 5, 50
長龍, 米倉, 丸山: フレッシュモルタルの流動性に関する研究
第30回土木学会年次講演会

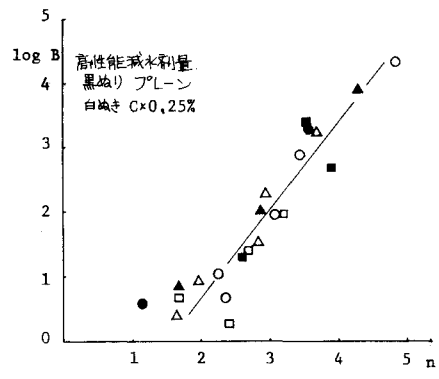


図2 log B, n の関係

S/C	W/C %	高性能減水剤添加量 C × %						
		0	.125	.250	.375	.500	.625	.750
0	30					N	T	T
	35		A	A	AN	T	T	T
0.5	35		A	A	A	T	T	T
	40	A	A	A	NT	T		
1.0	35				A	A	T	T
	40		A	A	NT	T		

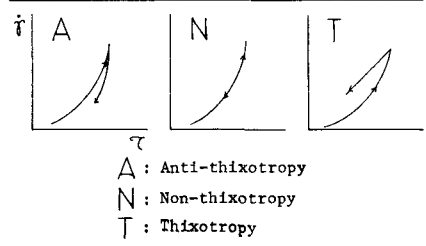


表2 各配合のThixotropy的挙動

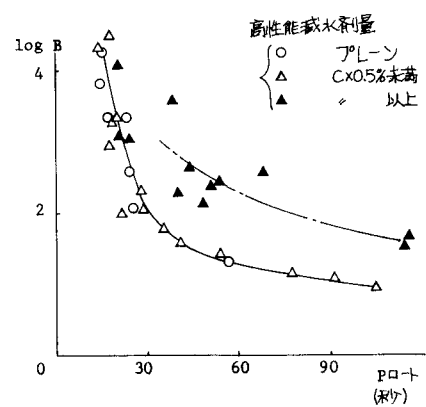


図3 Pロート流下時間とlog Bの関係