

## セメント原料スラリーの粘度について (第2報)

矢野 驍

## Studies on the Viscosity of Cement Raw Slurry [2]

Tsuyoshi Yano

In the second report I describe about the result of experiment on the viscosimeter, that is described in the first report.

I studied its reliabilities in comparison with the viscosimeters sold in the market by using some standard materials and I took account of the direct method in measuring the volue without use of the "second" the viscosity comparatively going down. In this case I added necessary devices in the form of the apparatus.

(1) As to the standard materials I applied Newton's Rules in the viscosity, resting on the basis of Poiseuille's Rules :

$$\eta = \frac{\pi R^4 P t}{8 L V}$$

I calculated the viscosity according to the above formula. Strictly speaking, it cannot be said to be right to calculate the viscosity of cement raw slurry, but in view of the relation with the above standard materials I showed the viscosity in the unit of c.p. applying this formula.

(2) As to cement raw slurry I relied upon the same principle as I described in the first report and by making use of the whole greater capacity I succeeded in measuring the viscosity of slurry containing moisture of 34% on the standard condition, (at 20°C).

## 1. まえがき

第1報に記した粘度計について検討を行った, すなわち標準試料を用いて他の市販の粘度計との比較により信頼性の検討, 測定値を直接的に現わす方式およびそれらに伴い当然考えられる装置の型状についての若干の検討を併せて行った結果について報告する。

## 2. 測定装置

第1報に記した測定装置はある特定範囲内の流体の粘度を測定するに適し, しかも最も取扱いその他が簡略であるように作製したものであるため広い範囲についての試験には不適當であるので, これと同一の原理の容量の大きい測定装置を作成して使用した。また下端の毛細管についてはその径および長さを変えたものを取り換えて試験を行った。

## 3. 測定値の計算式

現行の流下時間(秒数)で粘度を現す方式を C. D. で現す方式に切り換えるために次のような方法を用いて計算を行うこととした。すなわち毛細管粘度計において半径 R 長さ L の毛細管中に管端圧力差 P によって

層状定常流動が形成されているとするとこのとき中心軸から r の距離でのずり応力  $\tau$  とずり速度 D は

$$\tau = rP/2L \quad D = -dv/dr = f(\tau) \text{ であらわ}$$

されるから速度は  $v = -\int_a^r f(\tau) dr$  で与えられる。

従って単位時間当りの流出量 Q は

$$Q = \int_R^0 \pi r^3 dv = \int_0^R \pi r^2 f(\tau) dv \\ = \frac{8\pi L^3}{P^3} \int_0^{\tau_w} \tau^2 f(\tau) d\tau \dots \dots (1)$$

$\tau_w$  は毛管壁上のずり応力で  $RP/2L$  であらわされる。Newton 流体の場合(1)式において  $f(\tau) = \tau/\eta$  であるから

$$Q = \pi R^4 P / 8L\eta \dots \dots (2)$$

となりこれは Poiseuille の法測といわれる。

$$\text{従って} \quad \eta = \frac{\pi R^4 P t}{8 L V}$$

により粘度を求めることが出来る。

これは前にも述べたように Newton 流体の場合に成立する式であり, スラリーのような流体には正確には適用出来ないけれども, 標源試料による比較試験との関係でこの式を用いて, スラリー粘度の近似的測定値を求めることとし, 測定値の単位としては便宜上

C.Pを使用した。

#### 4. 試験および試験結果

##### 〔1〕標準試料による試験

第1報に記した試験には標準試料としてヒマシ油あるいはタービン油を用いたが種々の濃度について測定を行うためには水溶性溶液を使用することが望ましいので、今回はリグニンスルホン酸塩を主成分とする有機溶液を用い、これを水で希釈して種々の濃度のものをつくり、それらを標準試料としてT社製B型粘度計、Y社製超音波粘度計および第1報図1と図3に示した私製ビンガム加圧粘度計と改良型私製簡易粘度計を用いて、それぞれ測定を行った結果は次に示す通りである。ただしこの場合の装置〔A〕および装置〔B〕の容量寸法は次の通りとした。

装置〔A〕  $V=117.8\text{cm}^3$ ,  $L=10\text{cm}$ ,  $h=47.5\text{cm}$ ,  
 $R=0.15\text{cm}$

装置〔B〕  $V=100.0\text{cm}^3$ ,  $L=10\text{cm}$ ,  $h=30.2\text{cm}$ ,  
 $R=0.15\text{cm}$

表 1

濃度 %	比重	B型粘度計 c. p.	超音波粘度計 c. p.	装置〔A〕 c. p.	装置〔B〕 c. p.
100	1.264	642.0	538.0	506.0	518.0
94.3	1.249	221.5	210.0	186.0	194.0
91.3	1.241	145.0	146.0	113.3	121.0
87.8	1.232	93.1	99.0	75.0	82.8
84.1	1.222	64.1	65.5	54.7	57.8
74.6	1.197	27.9	28.8	23.2	24.0
73.5	1.194	26.8	23.4	21.8	22.6
68.6	1.181	18.8	15.2	15.5	15.5
62.9	1.166	14.1	9.9	12.3	11.8
51.5	1.136	8.4	5.4	9.5	7.7
40.9	1.108	6.3	3.1	7.2	6.4
27.6	1.073	4.9	2.0	6.2	5.3
21.2	1.056	4.7	2.0	6.0	5.1
11.0	1.029	3.6	1.5	5.8	4.7

水の粘度 (at20°C) は1であるが、B型粘度計および装置〔A〕および装置〔B〕の示す濃度11.0%の場合の粘度は共に高目であり、B型粘度計については一般的に他に比較して同様のことが認められる。また装置〔A〕および装置〔B〕については互の水準差が17.3cmであるが、平行した値を示しており、また濃度の低い部分で共に高目の値を示していることは測定時の誤差に起因するものと考えられ、Lをもっと大きくする必要があるように思われる。

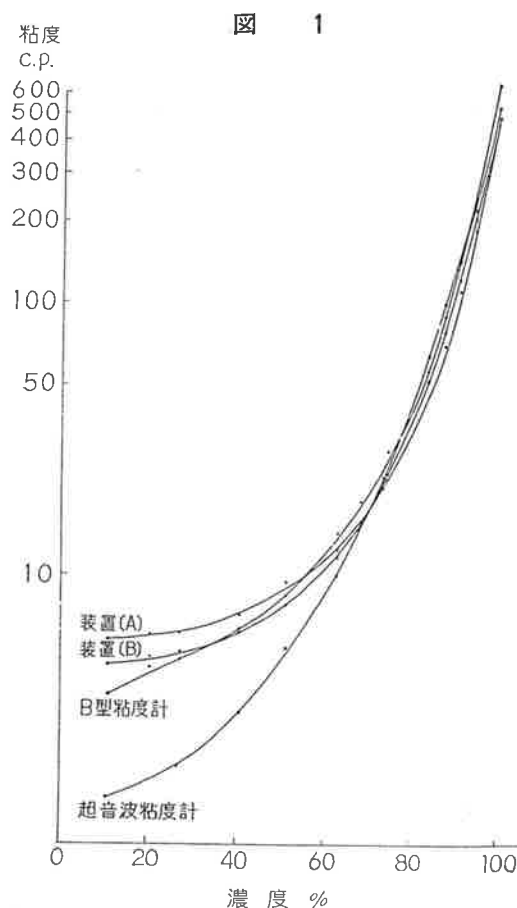


図 1

##### 〔2〕スラリーについての試験

標準試料の試験結果から装置〔A〕および装置〔B〕による測定値の信頼性を認めたから、次にそれぞれのスラリー濃度に適合するように毛管の径および長さを変えて測定することとした。

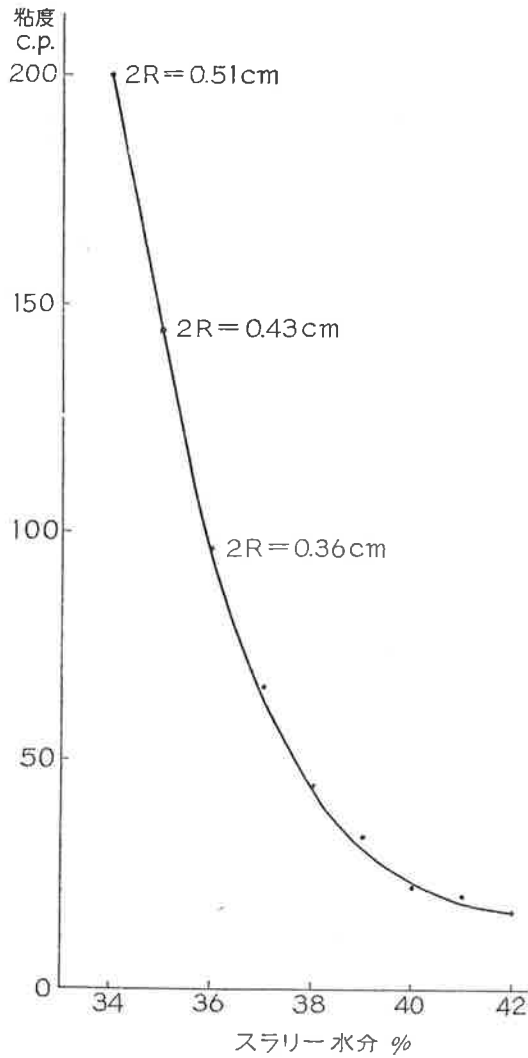
B型粘度計はスラリー等の粘度測定には全く不適當であることは第1報に示した通りであり、また超音波粘度計については別に試験を行い、これまたスラリー等の粘度測定には全く不適當であることを認めたので両者共スラリーの試験には使用しない。

(1) 装置〔B〕使用  $L=20\text{cm}$ ,  $h=42.8\text{cm}$ ,  
 $V=75\text{cm}^3$

表 2

スラリー水分%	毛細管径 2 R cm	粘度 c. p.
42	0.39	17.1
41	//	20.2
40	//	22.6
39	//	32.8
38	//	44.4
37	//	65.5
36	//	96.3
35	0.43	144.0
34	0.51	199.3

図 2



比較的 head の小さい装置〔B〕で試験を行ったが、 $2R = 0.36\text{cm}$ ではスラリー水分36%までは測定可能である、しかし水分35%になると  $2R = 0.43\text{cm}$ 、34%では  $2R = 0.51\text{cm}$  でやっと測定出来る程度であり head を大きくする必要がある。

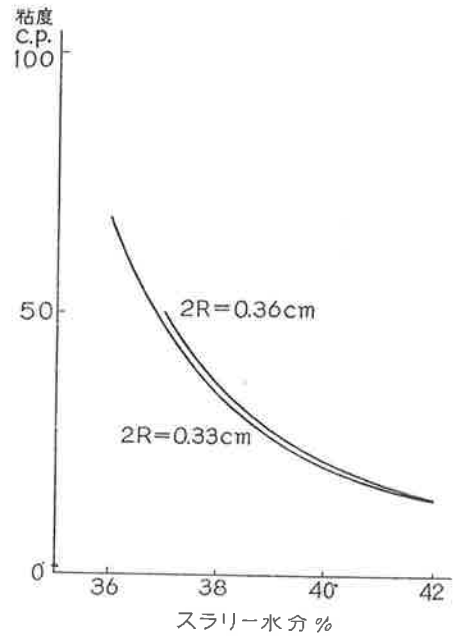
(2) 装置〔A〕使用  $L = 20.1\text{cm}$ ,  $h = 57.3\text{cm}$ ,  
 $V = 117.8\text{cm}^3$  の場合

表 3

スラリー水分%	毛細管径 $2R\text{cm}$	粘 度 c. p.
42	0.33	15.0
41	//	16.9
40	//	19.5
39	//	27.4
38	//	35.8
37	//	51.5
36	//	69.0

42	0.36	16.0
41	//	17.6
40	//	20.9
39	//	27.1
38	//	36.4
37	//	56.5

図 3



毛細管径 ( $2R$ ) を  $0.33\text{cm}$  と  $0.36\text{cm}$  について行ったが粘度が両者共大差ないようである。ただスラリー水分37%の場合が少し差が大きいことが認められる。

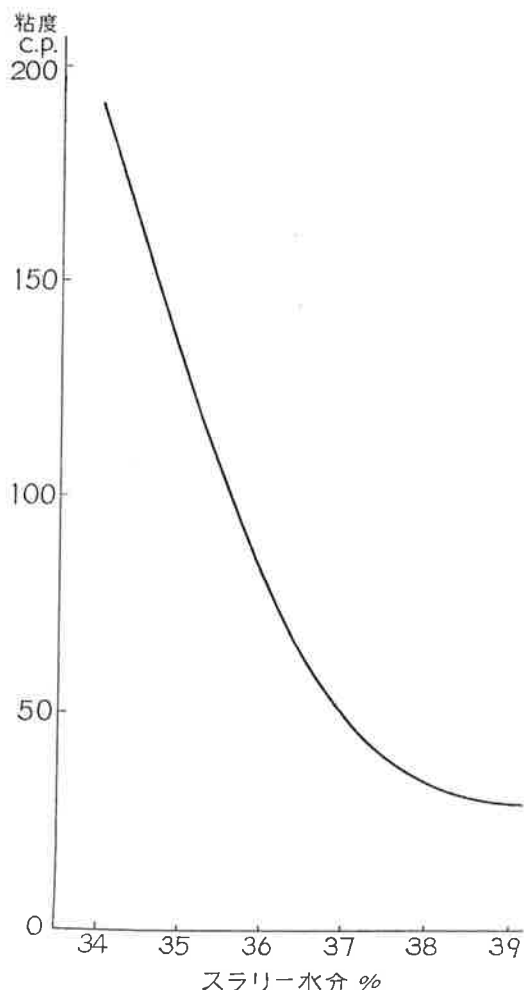
(3) 装置〔A〕使用  $L = 25\text{cm}$   $h = 62.1\text{cm}$   
 $v = 117.8\text{cm}^3$  の場合

表 4

スラリー水分%	毛細管径 $2R\text{cm}$	粘 度 c. p.
39	0.425	26.4
38	//	33.1
37	//	44.5
36	//	88.6
35	//	128.8
34	//	191.0

この条件で行った場合、比較的広範囲にしかもスラリー水分34%迄測定出来るような結果が認められる。

図 4



## 5. 考 察

全般的に毛細管径 (2R) を大にすると高水分スラリーの粘度が低目に出るように思われるが、L, h, V, R, 等の適当な組合せによってそれぞれの実情に適した測定装置の条件が整えられ、ある程度測定可能範囲として巾を持った測定装置の作製が可能であることが判明し主なる目的を達したと考える。

また前にも述べたように測定値を c.p. の単位であらわすことについては標準試料との関係から一応前に記した方程式により  $\eta$  を求めたが、これは絶対的な値ではなく、ある程度の誤差を認めた上での測定値であることを断って置く。

すなわち前の時間 (秒数) であらわす方法の場合には、流下するスラリーが途切れても比較値は測定出来

たけれども、今回の場合は出来る限り Newton 流動に近い条件を整えるために L, h, V, R などを変えて測定しなければならぬから、測定値としては一歩真の値に近づいた値を記録することが出来たと考えている。

試料の調整および測定はすべて 20°C 恒温室で行ったが、供試スラリーのかきまぜねかし等の条件の相異、すなわち供試スラリー調整日時、測定日時のずれによって、数値上の同水分スラリーでも測定値に多少の差異を生じたことはスラリーの特性上止むを得ぬこととした。但し、再現性の良好なる本測定装置による同一時の 3 回の測定平均値をもって記録した、同一時に行った一連の数値間の関係は正しいものとしてそれぞれの図にまとめた。当工場におけるセメント原料スラリーについては 20°C で粘度を測定する場合今回の装置により、スラリー水分 34% のものまでは比較的正しい測定値が得られることが分った。またこれを実際製造現場に適用する場合にはスラリー温度が高いために今少し低水分のスラリーについても粘度が比較的正確な測定値で得られるものと考えられる。しかしそれ以下のスラリー水分のものについては、漸次相当の可塑性を帯びた状態が認められるので、それに伴って粘度測定がむづかしくなるものと考えられる。

測定装置として実用に供するためには、上記の事項の他に取扱いの簡単であること、供試試料の量が少量であること、測定に特殊の技術を必要とせぬこと等の要求を充たさねばならぬから、これらを考慮して現在使用中の測定器に改良を加えて、その測定範囲の拡大と測定値の正確化をはかり日常の製造試験に供したいと考える。

## 附 記

今回の第 2 報作製に当っては昭和 33 年夏季実習生として約 4 週間当課において実習を行った京都大学工学部化学機械学科塩田三郎君の実習実験を基礎とした。

参考文献 窯業協会誌 昭和 26, 27, 28, 29, 30, 31 粘土—水系の研究 (第 1 編 3~12)

素木洋一

新化学工学講座 IV, V  
最近の化学工業 1951. 化学機械協会  
高分子の物性 I 高分子実験学講座  
実験化学講座 g 高分子化学 (上)