

東京工業大学 正員 長滝重義  
 " " 〇米倉亜州夫  
 " 学生員 丸山 博

## 1. まえがき

本研究は外円筒回転型回転粘度計を用いてフレッシュモルタルの流動性について、高性能減水剤を用いた場合と用いない場合について比較検討したものである。この種の粘度計を用いてレオロジー値を求める場合、一般には、外円筒の角速度とトルクから求められているが、この方法では全試料が流動化していない場合もあり、必ずしも正しい値を求めていることにはならない。そこで本研究では、試料各部分の流速を測定し、実際に試料が流動化している部分のみからレオロジー値を求めた。

## 2. 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント(比表面積 $=3340\text{cm}^2/\text{g}$ )、細骨材は富士川産砂(FM=2.97)および高性能減水剤はナフタリンスルホン酸塩のホルマリン縮合物を主成分とする高分子芳香族スルホン酸塩系に属するもの(MT)である。ペーストおよびモルタルは5分間ハンドミキサーで練り混ぜ、練り混ぜ後の温度が $20\pm 1^\circ\text{C}$ になるように配慮し、Pロートによるコンシステンシーの測定および回転粘度計による測定を行なった。回転粘度計による試料の流速の測定は図-1に示すような標点を有するプラスチック製枠を内外円筒間の試料の上面に半径5.5, 6.5および7.5cmの位置にセットし、さらに内、外円筒にも標点を付して観察した。回転による標点のうごきは16mmカメラで $180/3\text{sec}$ の速さで撮影し、モーションアナライザーにて解析した。回転粘度計の回転数は30秒間に0から60r.p.m.まで上昇させた。本実験に用いた枠は、遠心力によって生じる試料の半径方向の動きに影響されず、その位置を保ち、その半径の平均流速を示すと思われるので、試料の流速を正確に知ることができる。

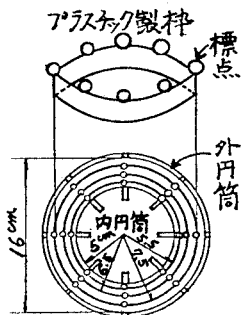


図-1 および セット位置

## 3. 試験結果 および考察

### 1) 外円筒の角速度とトルクからレオロジー値を求めることの問題点

図-2は減水剤を用いない場合の外円筒の回転数と試料表面の角速度との関係を示したものの一例である。この図より、半径5.5cmにおける試料の角速度は、外円筒の回転数が約5r.p.m.で外枠の標点の角速度より小さくなり、この位置での試料が降伏して流動化したことを示している。半径6.5cmの位置での試料は15~20r.p.m.で流動化しており、この時点で半径5.5cm~6.5cm間の試料はすべて流動化しているといえる。しかし半径7.5cmの位置の試料の角速度は外円筒の角速度より同一回転数においてわずかに小さいだけで、平行線的にK値が上昇しているため、この位置での試料は最大回転数60r.p.m.

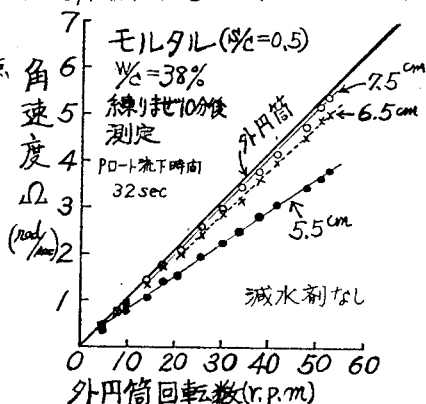


図-2 外円筒回転数—各点の角速度

程度では流動化しておらず固体状であることを示している。従来は、この外円筒回転数とトルクから図-3に示すようなコンシステンシー曲線を描き、モルタルをビンガム流体として、この曲線上の直線と思われる部分から降伏値( $\tau_0$ )や塑性粘性( $\eta_p$ )を求めていたが、これは全試料が流動化しているということが前提条件であった。しかし実際は図-2に示されるように全試料が流動化していない場合もあり、必ずしも正しい値を求めることができない。

図-4は実際に流動化している部分(半径5.5cm~6.5cm)についてコンシステンシー曲線を描いたものであり、

図-3 と同一試料である。速度勾配( $V$ )およびせん断応力( $P$ )の値は図中に示されている通りである。図-4の方法の場合、試料の流動化の始まりおよびこの範囲内の全試料の流動化をほぼ正確に知ることができるので、ビンガム流体としての直線部分をほゞまり定めることが可能である。又、内外円筒間の中間の位置での試料を対象にしているため、材料分離による影響を多々なくし、外円筒面での試料のスベリおよび内円筒面での試料の液状化の影響を除去した状態での値を求めることができる。しかし、この方法によっても遠心力および重力による試料の材料分離の影響は除去できないし、試料上面のみの流速を測定したに過ぎない。この方法によって求めたシロロジ値は従来の方法の場合に比べ、大略で1.0~1.2倍、 $\eta_{pl}$ で1.5~3倍となっている。

## 2) 高性能減水剤を用いた場合と用いない場合の流動特性

図-5は、 $W_c=30\%$ 、減水剤をセメント重量の1%混入した場合のペーストの外円筒の回転数と試料各部分の角速度を示したものである。この図より、減水剤を用いた場合、約120r.p.m.で半径5.5cmおよび6.5cmの部分の試料の角速度は急減しており、この時点から各半径における角速度は相対的に大きな差を生じている。又、半径7.5cmの部分も流動化していることを示している。このときの外円筒の回転数はトルクが急減したときの値と同じである。減水剤を用いない場合は、半径7.5cmの部分も流動化することはほとんどなかったが、減水剤を用いた場合は、図-7, 8において、Pロートの流下時間に( )を付したものの以外の配合はすべて流動化した。

図-6, 7, 8は、それぞれ、減水剤を用いない場合および用いた場合のペーストおよびモルタルの外円筒回転数とトルクとの関係を示したものであり、同時にPロートによる流下時間も示した。減水剤を用いない場合、トルクは同一回転数において $\tau$ が小さいほど大きく、回転数の増加に対するトルクの増加割合も $\tau$ が小さいほど大きい。減水剤を用いた場合のペーストのトルクの挙動は減水剤なしの場合と非常に異なっている。すなわち、図-7において回転初期にトルクが急上昇するのは図-6の場合と同じであるが、10~15r.p.m.においてトルクが急減しており、その後の回転数の増加に伴って、トルクはほぼ一定の値を保つか又は、セリ上昇する傾向があり、さらに回転数が増すと再びトルクが上昇する傾向を示した。図-8のモルタルの場合、トルクが急減することはそれほど認められず、トルクが一定の値を保つ時間はペーストの場合より長く、その後再びトルクが上昇している。このように減水剤を用いた場合のペーストおよびモルタルの流動性は、これらの図から減水剤を用いない場合よりも、一般とチクソトロピー的性質が強いことを示していると思われる。このチクソトロピーの性質は $W_c$ および減水剤混入率によって異なっている。トルクは、

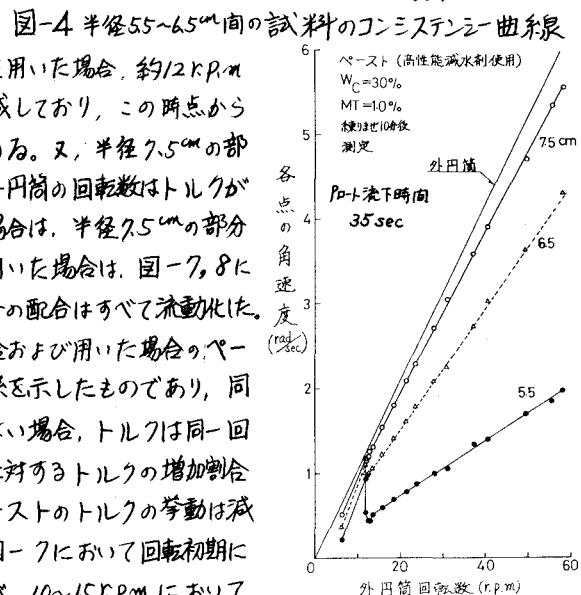
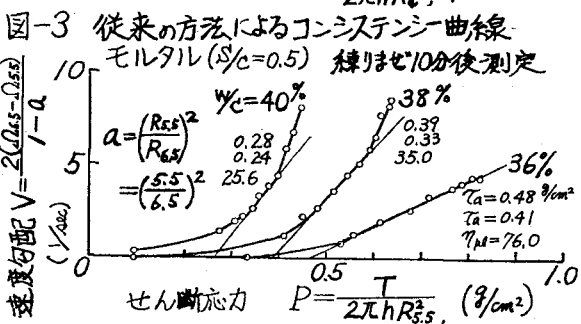
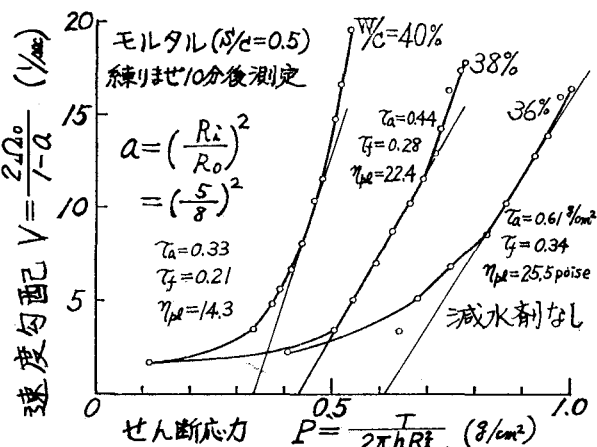


図-5 回転数- $\Omega$  (減水剤あり)

同一回転数において $\eta$ が小さいほど、減水剤混入率が小さいほど大きい。図-6および図-7から、 $\eta_c=30\%$ で減水剤をセメント重量の1%混入したペーストのトルクは、減水剤を用いない場合の $\eta_c=40\%$ のペーストの場合より、プロートの流下時間が約2倍であるのに、流動後の同一回転数において小さな値が得られている。すなわち、高性能減水剤を混入することにより、ペーストやモルタルの流動性を大巾に変化させることが可能である。トルクとプロートの流下時間との関係は、減水剤を用いない場合は非常に良い相関関係があるが、減水剤を用いた場合は、あまり認められなかった。

図-9は新しい方法によって求めたコンシステンシー曲線を示したもので、図-7 トルク-回転数ある。この図より、減水剤を用いた場合のペーストおよびモルタルの曲線は図-4の減水剤を用いない場合と比較して、特異な挙動を示している。すなわち、回転初期において、せん断応力が急増後減少し、さらに速度勾配が大きくなるとせん断応力が一定となり、曲線はV軸にほぼ平行になり、試料が非常に流動化をしていることを示している。従って、この区間は、ゼンガム流体とは非常に異なっており、これから $\tau_0$ および $\eta_{pl}$ を求めることは出来ない。

図-9は新しい方法によって求めたコンシステンシー

曲線を示したもので 図-7 トルク-回転数

ある。この図より、減水剤を用いた場合のペーストおよびモルタルの曲線は図-4の減水剤を用いない場合と比較して、特異な挙動を示している。すなわち、回転初期において、せん断応力が急増後減少し、さらに速度勾配が大きくなるとせん断応力が一定となり、曲線はV軸にほぼ平行になり、試料が非常に流動化をしていることを示している。従って、この区間は、ゼンガム流体とは非常に異なっており、これから $\tau_0$ および $\eta_{pl}$ を求めることは出来ない。

減水剤を使用しない場合、 $\eta_c=36\sim50\%$ 、 $\eta_c=0\sim1.0$ の範囲では、 $\tau_0=$

$0\sim1.0 \text{ g/cm}^2$  および $\eta_{pl}=0\sim100 \text{ poise}$ であった。又、図-10に示されてい

るように、 $\tau_0$ と $\eta_{pl}$ とは非常に良い相関関係がある。 $\tau_0$ および $\eta_{pl}$ とプロートの流下時間との関係は流下時間が約20秒以下の場合、非常に良い相関関係があるが認められた。<sup>(1)</sup>しかし減水剤を用いた場合は、前述のどとく、相関関係はあまりないように思われる。

参考文献：長滝、米倉：回転粘度計によるモルタルの流動性解析の一考察、セメント技術大会講演要旨、昭50.5

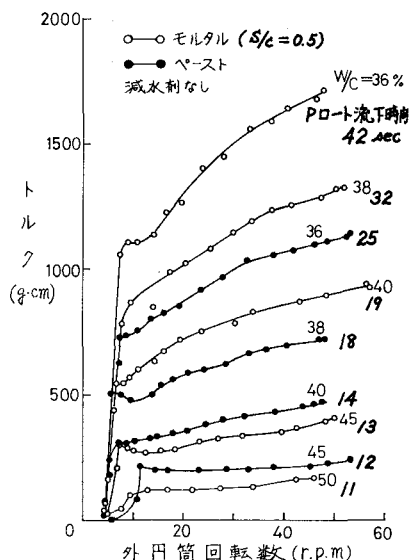


図-6 トルク-回転数(減水剤なし)

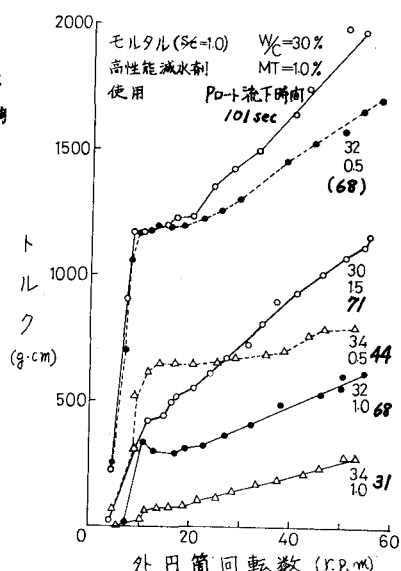


図-8 トルク-回転数(減水剤あり)

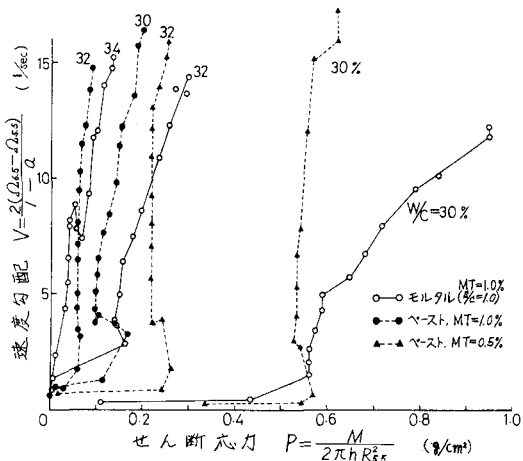
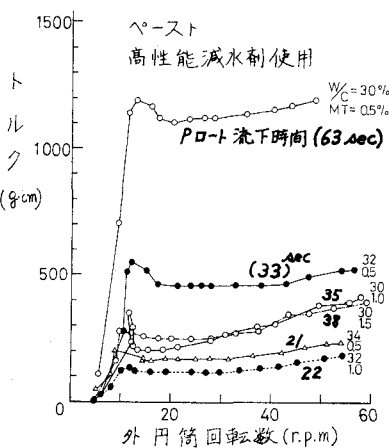


図-9 半径5.5~6.5cmから求めたコンシステンシー曲線

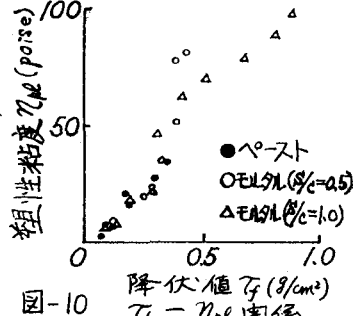


図-10 降伏値 $\tau_0$  (g/cm<sup>2</sup>)  
 $\tau_0$ - $\eta_{pl}$ 関係