

名城大学 正員 菊川浩治

1. まえがき.

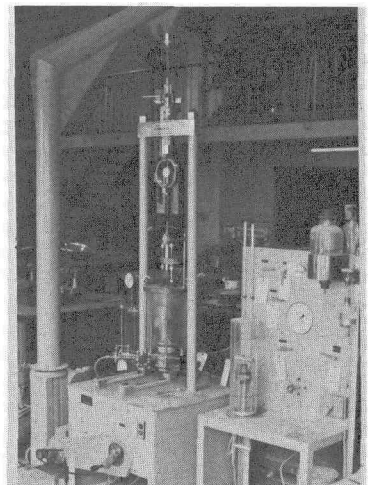
フレッシュコンクリートのコンシステンシーセワークビリティをレオロジー量を用いて定量化するには、詳細にわたる実験研究が要求されるが、できれば、求めたレオロジー量によって、セメントペーストからコンクリートまでのコンシステンシーなどの特性を共通に論じ得れば、コンクリートの複雑な性質の解析が一段と容易となろう。

本研究は、フレッシュコンクリートの性質をレオロジー的に解析し、主として、セメントペーストからコンクリートまでのコンシステンシーを共通して論ずることの可能性を検討し、さらに、混和剤使用によるレオロジー量の変化、温度の影響、経時変化などについて実験研究を行ない、さらに、モルタルの三軸圧縮試験を実施した結果について報告するものである。

2. 試験方法および使用材料.

この実験に用いたおもな機器は、コンクリート用回転粘度計、オートビスコメーターおよび三軸圧縮試験機である。回転粘度計の設計および使用方法については、既報^(1,2)の通りであるのでここでは省略する。三軸圧縮試験機は写真-1に示すように、強化プラスチック製の三軸室と圧力タンクおよび恒圧負荷装置などから成り立っている。三軸室にセットするサンプルの大きさは、直径10cm、高さ20cmである。この試験機を用いて、今回はモルタルについて試験し、得られた結果は、回転粘度計によって得られるレオロジー量との関連性を把握する必要から、同一バッチの試料が要求されるので、まず、モルタルミキサーにて三分間練り混ぜ、直ちにフロー試験、温度などを規定したのち、回転計と同時に試験を開始した。試験の順序は、簡単に記すと次の通りである。①、恒圧操作と三軸室との連結準備操作（所定の側圧を送って分銅を荷重台に乗せる）。②、三軸室の試料筒にゴムスリーブをセットし、試料を入れ、バイブレーターで15～30秒間締め固める。③、三軸室へ圧力タンクより給水し、一定圧力状態で試料をオープンにして試験を開始するものである。

写真-1
フレッシュコンクリートの三軸圧縮試験機



この試験機は、最大側圧 10 kg/cm^2 、軸圧 5 ton/cm^2 まで載荷可能であり、応力制御、ひずみ制御方式を備えている。

この実験に用いた材料は、アサノ普通ポルトランドセメント、比重3.16、粉末度 $3 \pm 40 \text{ cm}^2/\text{g}$ 、100砂、比重2.61、FM2.62、100砂、比重2.63、粒度 $\phi 5 \text{ mm} \sim \phi 10 \text{ mm}$ と $\phi 10 \text{ mm} \sim \phi 20 \text{ mm}$ に調整。豊海標準砂。中電フライアッシュおよび混和剤として日曹のNL 1400である。

3. 実験結果と考察.

(1). 相対粘度.

Einsteinは、稀薄サスペンションの相対粘度が次の式で表わ

されることを提案した。

$$\eta/\eta_0 = \eta_{re} = 1 + K C_v \text{ ----- (1)}$$

ここで、 η ：サスペンションの粘度、 η_0 ：溶媒の粘度、 η_{re} ：相対粘度、 K ：サスペンション粒子の形状に因する定数、 C_v ：溶質の体積濃度である。(1)式の適用範囲は、 $C_v < 0.03$ とされており、セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの場合には実用にならない。そこで、この式から、さらに高濃度なサスペンションに適用できるように、種々の粘度式が提案^{3), 4)}されているが、セメントペーストの相対粘度としては、

$$\eta/\eta_0 = \eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-(K_1 C_v + K_2)} \text{ ----- (2)}$$

が導かれる。⁴⁾ ここで C はサスペンション粒子集合体体積に対する実体積の比、 K_1 、 K_2 は実験定数である。(2)式で与えられるセメントペーストの相対粘度と実測値との関係は図-1の通りである。

モルタルの相対粘度については、豊浦標準砂および川砂などを用いて検討した結果、次の式が適用できる。

$$\eta/\sqrt{\eta_0} = \eta_{re} = (1 - \frac{1}{V} C_v)^{-K} \text{ ----- (3)}$$

ここで、ペーストの塑性粘度 η_0 を $\sqrt{\eta_0}$ としたのは、図-2に示すように、豊浦砂、川砂について実測値から誤差を最小にするためには $\eta_0^{1/25}$ となり、近似的に $\sqrt{\eta_0}$ としたものである。 V は細骨材の実積率である。

コンクリートの相対粘度については、その挙動が複雑のため、一律に決められないが、一応、図-3に示す範囲内ならば次の式が適用できる。

$$\eta/\eta_0 = \eta_{re} = (1 - \frac{1}{V} C_v)^{-k_1 C_v - k_2} \text{ ----- (4)}$$

ここで、 k_1 、 k_2 は実験定数である。 V は粗骨材の実積率である。

本問題については、きわめて狭い範囲の実験であるので、断定的には云いがたいが、この実験の範囲では、(2)～(4)式を用いて互いにペースト、モルタルおよびコンクリートの粘度を、あよそ推定することができ

図-1 セメントペーストの相対粘度

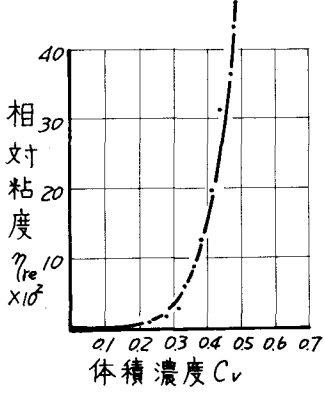


図-2 モルタルの相対粘度

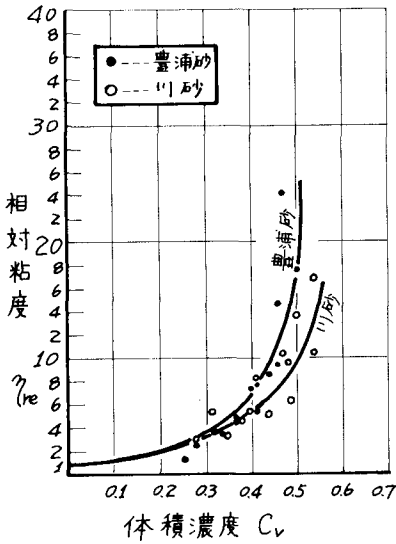


表-1 ローター表面の状態が塑性粘度 η_0 および降伏値 τ_0 に与える影響

区分	番号	w/F	S/F	単位量 10 ³ gあたり の体積	10 ³ gあたり の体積	F値 (mm)	F値 (mm)	温度 (℃)	τ_0		η_0	
									実測	平均	実測	平均
A	1								0.25		73.7	
	2								0.15	0.20	76.7	75.2
	3	50	20	6.5	3.25	13	212	15	0.68	0.54	85.5	81.6
	4								0.40		77.6	
	5								0.59		101.3	
	6								0.57	0.58	107.4	104.4
B	1								0.31		126.4	
	2								0.70	0.51	97.9	112.2
	3	50	25	6	3	15	130	20	6.00	4.92	111.0	122.1
	4								3.84		133.2	
	5								5.77		362.3	
	6								7.33	6.55	312.6	336.4

と思われる。しかし、図-4に示すように、高分散性混和剤(NL 1400)を用いた場合は、混合液の粘度 η は増加するけれども、この溶液を用いたペーストの粘度 η は逆に減少する。従って、このような場合には、②式を用いてセメントペーストの粘度を推定することはできない。図-4の図係は高分散性混和剤の使用により、セメントペーストの流動が容易となり、従って、セメントペーストのコンシステンシーが著しく改善されることを立証しているものである。

(2). モルタルの粘度にあよぼす要因の検討.

(A). 回転粘度計のローターと試料面のすべり.

ローター表面でのすべりの有無を観察するため、表-1に示す実験を行なつてみた。この表のク口スは医療用の4番繃帯を巻いたもの、サンドペーパーは表面形状の荒々しいAA-40番を用いて測定したものである。実験の結果から判断すると、軟練りの場合はローター表面の状態が変化しても塑性粘度 η_p および降伏値 τ_0 とも極端な変動はみられないが、硬練りの場合は変動が大きく、特に τ_0 において顕著である。このことは、ローター表面がプレーンな場合スリップの恐れが多分にあると想像されるので、ローター表面については、さらに詳しく検討する必要がある。

(B). レオロジー量に与える温度の影響.

モルタルの温度を変化させてレオロジー定数を求めてみると、図-5のようになった。図によれば、塑性粘度 η_p において富配合モルタルほど温度の影響を受けやすいことが分る。このことは一般に温度が高いと、富配合モルタルでは初期水和の影響で粘度が大きくなり、貧配合モルタルでは水の粘度低下の影響を受けやすいので、温度による粘度の差が生じないものと考えられよう。

(C). 経時変化.

配合を一定にしたモルタルについて、コンシステンシーの経時変化を調べてみた結果を図-6に示した。その結果、コンシステンシーが低下するに従い塑性粘度に

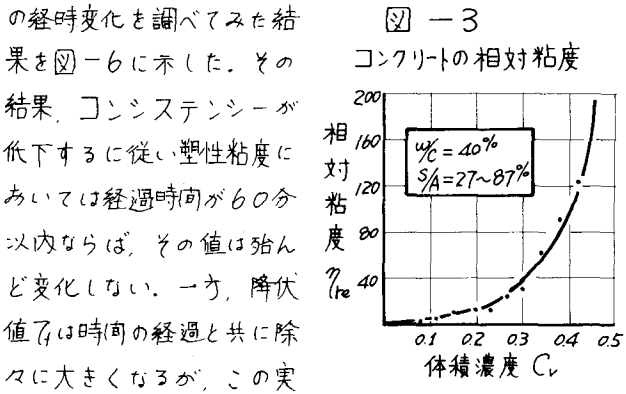


図-4
高分散性混和剤(NL 1400)混入量とセメントペーストの塑性粘度.

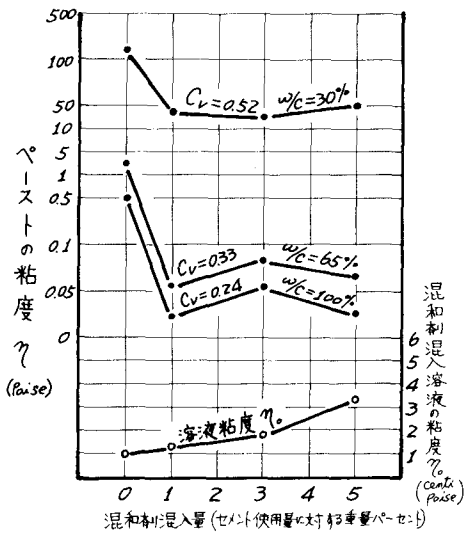
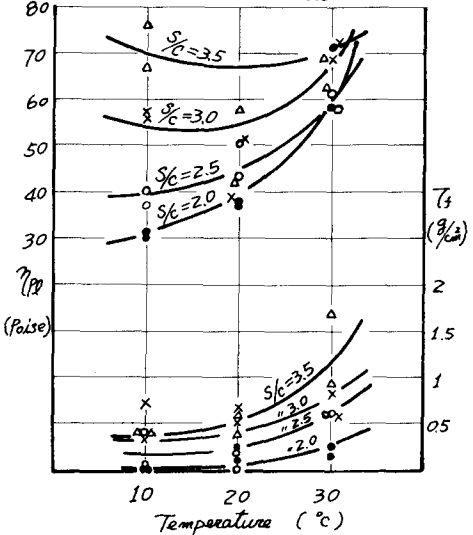


図-5
温度とモルタル粘度
wc=50% S/C = { 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 }



験では90分を境にして低下している。

以上のことから次のことが推論される。

① 経過時間が長くなればサスペンションに溶媒和が生じ、全く異なった粗成となること。② さらに時間が経過するとモルタルに硬化が起ること。

図-6は、これらのことを端的に表現しているものと考えられる。

(3) フレッシュモルタルの三軸圧縮試験

写真-1に示すフレッシュコンクリートの三軸圧縮試験機を用いて、まず、標準砂を使用したモルタルの三軸試験を実施してみた。その結果を図-7に示した。この図によれば、内部摩擦角および粘着力とも、砂の体積濃度の増加に比例して急激に大きくなっている。このことは、モルタルの塑性粘度 η_p についても同様であり、従って、粘度との関連、体積濃度との関連において、ひとつの相関性の存在を示唆できる。今後さらに、い)砂を用いたモルタルやコンクリートについても実験を積み重ねて、三軸圧縮試験の結果とレオロジー量との関連性を確立させたい。

4. 謝辞

本研究は、フレッシュコンクリートのレオロジーに關する一連の研究の一部であるが、この研究に対して、昭和45年度吉田研究奨励金を授与されましたことを深く感謝致します。

また、本研究を行なうに際しましては、東京都立大学教授の村田二郎先生より御懇切な御指導を賜り、本実験については、東京都立大学工学部土木材料実験室の大塚茂雄氏ら、および日曹マスタービルダーズ中央研究所の絶大なる御協力を得ました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 村田, 菊川, 「試作コンクリート用回転粘度計について」, 昭和46年度土木学会年次学術講演会講演集, V-80.
- 2) 村田, 菊川, 小林, 「回転粘度計によるコンクリートのワーカビリティに対する一考察」, セメント技術年報 XXV, PP213.
- 3) 後藤, 平井, 花井, 「レオロジーとその応用」, 昭和46年, 共立出版.
- 4) 村田, 菊川, 大塚, 「セメントペーストおよびモルタルにおけるコンステンシーのレオロジー的考察」, オートセメント技術大会講演要旨 PP114.
- 5) 渡辺, 「土質調査および土質試験」, 昭和38年, 技報堂.
- 6) Bishop and Henkel, 「The measurement of soil properties in the triaxial test」, 1964, Edward Arnold.
- 7) A. G. B. Ritchie 「The triaxial testing of fresh concrete」, magazine of concrete Research, Vol 14, No. 40 : march 1962.

図-6
モルタル粘度等の経時変化
 $w/c=50\%$, $s/c=25$, 20°C

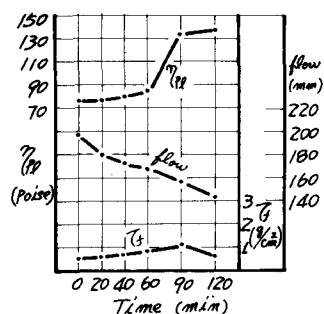


図-7
モルタルの三軸試験結果と粘度
 $w/c=40\%$ $s/c=1.0, 1.25, 1.5$.

