

鳥取大学 正員 西村新蔵  
 " " 木山英郎  
 " " 藤村 亨

1. まえがき

フレッシュコンクリートの性質を表わすワーカビリティという術語には、コンシステンシーによる打込み易さの程度および材料の分離と抵抗する程度という2つの異なった特性を含む。定量的には多少にかまざるをを残している。そこで筆者らは、打込み易さの程度をフレッシュコンクリートの変形と流動に対する抵抗性として、基本的なレオロジー量(粘・弾・塑性の諸係数)を用いて定量的に評価することを考え、同時に、従来より行なわれているスランフ・フロー試験が変形と流動に関するレオロジー量の何をも捕えているか、実際上の興味深い課題であった。

上述の観点から、まず、フレッシュコンクリートの流動性に関して、降伏と粘性を示す一種のビンガム流動を仮定して、懸けの粘性率 $\eta$ と降伏値 $\tau_0$ をレオロジー量として解析することを開始した。その中、二重円筒式回転粘度計の試作とフレッシュモルタルの配合条件の影響に関しては昭和46年度、フレッシュモルタルの細骨材の種類・粒径・粒度の影響に関しては昭和47年度年次大会においてそれぞれ報告した。引き続き、本研究はコンクリートのワーカビリティ改善のため用いられる化学混和剤の影響をフレッシュモルタルを用いて種々の配合条件のもとに考察したものである。

2. 実験概要

セメントは大阪セメント社の普通ポルトランドセメントを使用、細骨材は豊浦標準砂(S)、天然砂(N)、人工軽骨材(L、U)の4種類で物理的性質は表-1に示す通りである。混和剤としては効果の異なるA(AE剤)、B(凝結遅延型減水剤)およびC(高強度用減水剤)の3種類である。配合条件としては、表-2に示すように

表-1

	比重	吸水率 (%)	粒 度						融分率 (%)
			5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
S	2.65	0.67				1	96	0.97	1530
N	2.60	0.80		3	35	90	99	2.27	1670
U	1.90	11.50	13	45	68	84	96	3.06	1100
L	1.73	3.23	1	39	60	70	83	2.53	1000

の影響をみるための30、40、50%の3水準および細骨材量の影響をみるための $\frac{1}{5}$ と容積率が20~60%中の3段階の4水準の組合せを各混和剤に対して実施した。なお、混和剤の添加量はセメント量に対して一定割合、A:C×0.05%、B:C×0.25%、C:C×0.75%とした。測定はJIS R-5201規定のフロー・コンによるスランフ(SL)およびフロー・テーブルの15回落下によるフロー値(FL)と、二重円筒式回転粘度計による $\eta$ 、 $\tau_0$ に於て実施した。粘り混成はならびに上記測定法の詳細は46年および47年度年次講演概要集に記述通りである。

表-2

w/c	%		
	30	40	50
細骨材量	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
	20	30	40
	30	40	50
	40	50	60

3. 実験結果と考察

(1) 概観：スランフはその試験法から考えれば静的な変形能を示し、材料の内部摩擦角中に強く相関するものが予想され、その場合中には3軸試験における粘着カ $C$ と凝集力 $\phi$ 。(単純引張強度で、ハーストにおける凝集力、モルタルにおけるハースト・骨材間の付着力等がこれに相当する)の関数とみることができ、フロー値はその試験法から考えれば衝撃荷重による変形能を示し、凝集力 $\phi$ と粘着力 $C$ あるいは内部摩擦角 $\theta$ の $\frac{1}{2}$ にスランフの場合と同様に静的な変形能と粘性率 $\eta$ に代表される流動抵抗値の重なりが予想される。一方、レオロジー量としての粘性率 $\eta$ はひずみ速度に対する抵抗値として流動現象を支配する因子であり、降伏値 $\tau_0$ は塑性流動開始を支配する因子として、3軸試験における粘着カ $C$ に強く相関するものと考えられる。

スランフとフロー値：図-1は水セメント比、細骨材量を種々変化した場合の全試験結果のスランフ(SL)とフロー値(FL)の関係を示したものである。両者の間には直線的な関係が認められることは、混和剤の種類による僅かな差の存在は知られる。同じスランフ値に対して、フレッシュモルタルの場合を中にして、混和剤A、Bはスランフ・フロー値を、逆に混和剤Cはスランフ・フロー値を示す。ここで注意すべきは、ほぼほぼ同様の混和剤の影響の仕方であり、すなわち混和剤も同一配合のフレッシュモルタルに比べてSL、FLを共に増大させるが、その増大の割合が図に矢印で示すように混和剤A、BとCでは差の存在により上述の結果を生んできたのである。

スランフと粘性率、降伏値：図-2には、図-1に対するスランフ $\eta$ および $\tau_0$ との関係を示す。まずSL- $\eta$ 関係に於て

みると、混和剤AとBはよく似た傾向にあり、同一スランプのフローニモタルに比べて約1.5~2倍の $\eta$ を、混和剤Cはさらに高く約3倍の $\eta$ を示す。このことは、特にスランプの小さい硬練りの場合において、フローニモタルがバサバサした感じでは $\eta$ の増加が顕著にみられ、混和剤の添加ニモタルが見え目にも粘り気があり高い凝集力C(この点については軸試験で検討中)を示す $\eta$ の値を有していることがうけつける。一方、SL- $\eta$ 関係にかんして、スランプ値の減少とともに $\eta$ が指数関数的に増加していること、同一スランプにおいて混和剤AとBを添加したニモタルのフローニモタルの $\eta$ よりも高い程度で大きく、これに比べて混和剤Cを添加したニモタルの $\eta$ は非常に高い値を示すことが特徴である。

以上をまとめると、静的変形能を示すスランプの値が同一である場合でも、動的作用の加わった場合の変形能を示すフローニモタル値は混和剤の種類によって異なり、このことは粘性流動におけるコロジ質量比の $\eta$ や $\eta$ の値の差とも観察される。先に述べたように、スランプが内部摩擦角中によって定まり、粘着力Cと降伏値 $\tau_0$ を読み替えることが許されるならば、SL- $\eta$ 関係の図から $\tau_0$ のことは推論できる。

フローニモタルと混和剤A、BニモタルのSL- $\eta$ 関係がほぼ一致すれば、同一スランプにおいて両者の凝集力もほぼ等しいことを示し、一方、混和剤Cニモタルは同一スランプにおいて、より高い $\eta$ とこれに匹敵する高い凝集力を有していることを示すことができる。さらに同一スランプにおける凝集力の差が粘着率 $\eta$ の差と無関係ではないことを考えれば $\eta$ -SL関係の図もフローニモタルと混和剤A、BよりもCを添加した場合のニモタルがより高い $\eta$ を有していることも納得できる。上述の推論が正しいとすればSL-FL関係にかんして矢印に従ってCニモタルは混和剤添加による対応するフローニモタルの凝集力の降伏値 $\tau_0$ を減少させてSLを大きくし、 $\eta$ も減少させてFLを大きくする。A、Bニモタルにおいても、凝集力 $\eta$ と $\tau_0$ をほんの少し減少させてSLを少し減少させていると理解できる。

この結果、A、BとCとではSLとFLの増加の割合の比が異なり、結果的に同一スランプにおいてフローニモタルに比べてA、Bは大きなフローニモタル値をCは小さなフローニモタル値を有していることが解釈できる。以上の結論を確かめ、且下軸試験を実施し、凝集力 $\eta$ 、粘着力Cを鋭意追突中である。

(2) W/Cと混和剤の影響

粘着率: 図-3は混和剤毎のW/Cと $\eta$ の関係を各種の骨材について示したものである。図は細骨材量% = 1/1の場合で、Pはフローニモタル、A、B、Cはそれぞれ別の混和剤添加ニモタルを示す。 $\eta$ は骨材の種類による差は割合に小さく、全般にW/Cが小さくなるほど大きくなる。混和剤の添加による影響をみると、W/C=40%以上においては、混和剤A、Bはフローニモタルの $\eta$ をやや大きくし、Cは小さくする。W/C=30%にはフローニモタル自身の $\eta$ が急増するが、混和剤A、Bはその $\eta$ を減少させ、逆に混和剤Cは増加させている。(このW/C=30%における混和剤Cニモタルの $\eta$ の急増は特異性を示す)

降伏値: 図-4は図-3に対応するW/Cと $\tau_0$ の関係を示す。 $\tau_0$ もW/Cの減少とともに増加する。これは混和剤添加による骨材の場合もW/C=30~50%の範囲でフローニモタルの $\tau_0$ が小さい(これは先に述べたSLを大きくするに比べて対応)しているのだから、W/C=40%以上では骨材の種類・混和剤の種類・W/Cの変化等による $\tau_0$ の差は僅かである。W/C=30%

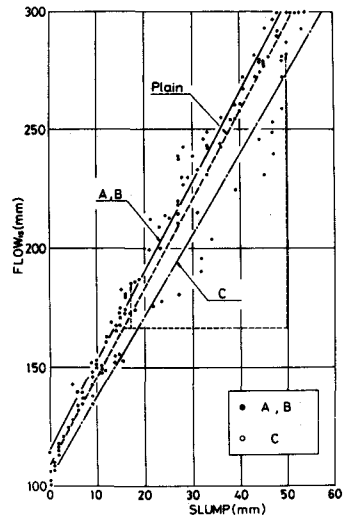


図-1

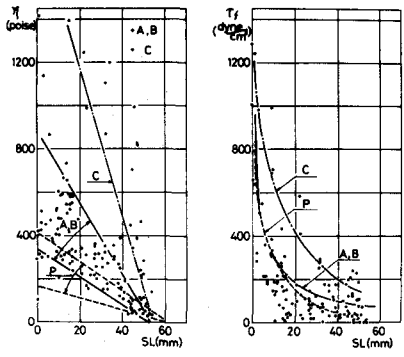


図-2

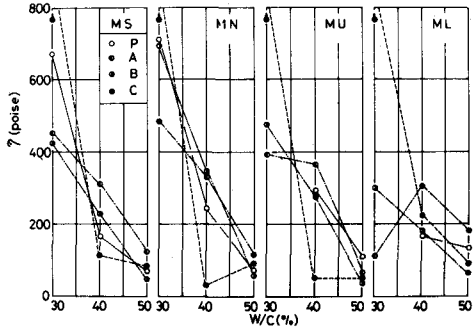


図-3

による骨材の種類による差も現われる。混和剤Cが一、二の例外を除いて貯値を最も小さくしていることに注目される。

以上を纏めて、細骨材量 $\%$ に固定した場合 (i) 粘着率・降伏値とも $\%$ の減少とともに増加するが、 $\%$ が40%以上では骨材の種類・混和剤の種類・ $\%$ の差等による差は小さい。しかも $\%$ が30%の硬練りに対して上記因子の影響は顕著となる。(ii) 混和剤の影響としては混和剤A,Bが $\%$ によるフレンの性状の変化に従って粘着率に多少影響せず、降伏値を少し減少させた効果を示すのに対し、混和剤Cはフレンの性状を変えしほの強い影響を示し、特に硬練りの場合に粘着率の増加と降伏値の減少を与えて高強度用減水剤としての特性を物語る。 (iii) 細骨材種類の差が、粘着率に比べてほとんど見られず、降伏値に於いても $\%$ が30%の場合にのみ認められる程度であることは、既に骨材の性質の差を考慮し、モルタルの $\eta, \tau_f$ がともに細骨材の表面性状もバースト自身の性質による根本的に支配されていることを示すものと考えられる。

(2) 細骨材量と混和剤の影響

図-5は、細骨材として天然骨材(N)を用いたモルタルを例として、細骨材量(容積 $\%$ )と $\eta$ 及び $\tau_f$ との関係を示したものである。

粘着率: 細骨材量の変化よりも、 $\%$ の30%と40%以上の差の方が大きい。同一 $\%$ においては、全体として細骨材量の増加とともに $\eta$ の上昇の傾向を見せざるが、混和剤の添加・無添加・種類によるその様子は異なる。とくにフレンモルタルの場合には、与えられた $\%$ に於いてある細骨材量に於いて最大値を示し、それより細骨材量が増加しても減少しても $\eta$ は小さくなる。また、混和剤の添加による $\%$ が40~50%では $\eta$ を大きくし、逆に硬練りの $\%$ が30%においては(細骨材量40%と特に多い場合を唯一の例外として) $\eta$ を小さくしている。

降伏値: 細骨材量の増加とともに貯値は増加を示し、特に細骨材量60%近くは急速に大きくなる。混和剤の添加の影響をみれば、 $\%$ が50%ではいかなる混和剤も貯値を減少させ、混和剤の種類による差は小さい。 $\%$ が30%に於いては、水の混和剤も貯値をフレンの場合より増加させ、混和剤の種類による差も生じてくる。ここでも、混和剤Cが細骨材量、 $\%$ にかかわらず他の混和剤添加の場合よりも貯値を小さくしていることに注目される。

以上を纏めて、(i) 細骨材量の増加とともに粘着率・降伏値とも増加の傾向を示すが、 $\%$ が30%と40%以上の間には大きな差があり、 $\%$ による影響の方が根本的であることを示す。(ii) 混和剤の影響は、 $\%$ と細骨材量の組合せによっても異なり、 $\%$ が40%以上で、細骨材量が50~60%と多い場合には、 $\eta$ を増加、貯値を減少させ、逆に $\%$ が30%、細骨材量が20%と少ない場合には、 $\eta$ を減少、貯値を増加させる。(iii) このような両端を除くと、与えられた細骨材量に対して適切な $\%$ と混和剤を用いることにより、所要の $\eta, \tau_f$ を有するフレッシュモルタルを得る可能性が伺える。

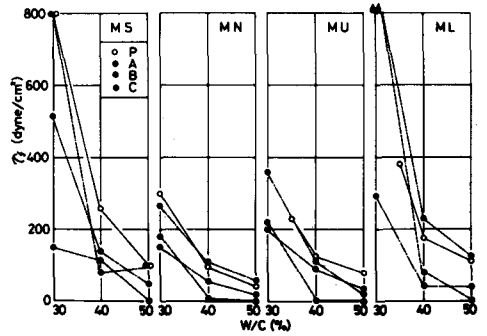


図-4

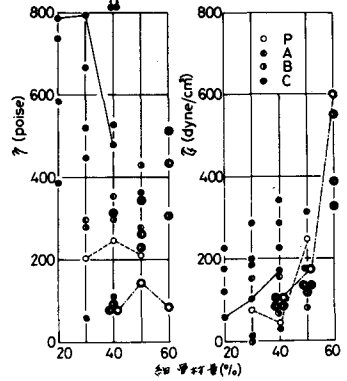


図-5