

流動化コンクリートのレオロジー特性に関する実験

鳥取大学 正員 ○ 前田 健文

鳥取大学 学員 仲田 健治

東洋建設(株) 正員 隈田 綱夫

1. まえがき 最近、高流動化剤と称しコンクリートを流動化させる混和剤が、フレッシュコンクリートのワーカビリティを効果的に改善したり、その単位水量を大幅に減少させる目的で使用される機会が多くなってきて、本研究は、高流動化剤がフレッシュコンクリートの流動性に及ぼす影響を明確に理解するために、フレッシュコンクリートの流動をビンガム物体と仮定し、塑性粘性と降伏値をレオロジー特性値として、振動要因(振動加速度、振動数)、流動化剤の種類、遅れ添加後の時間の経過が、高流動化剤を遅れ添加して流動化したフレッシュモルタルの特性にどのように影響を及ぼすかをレオロジー的に検討したものである。

2. 実験概要 使用材料は、普通ポルトランドセメント、比重260、FM2.72の細骨材および化混和剤には、高流動化剤、マイティFD(M)、ボゾリスNL-4000(NL)、NP-10(NP)の3タイプと普通の減水剤ボゾリスNa70(Na70)の合計4タイプである。実験計画を表-1に示す。試験方法は、まずコンテナに試料を満たし、そのコンテナの底部中央に鋼球をセットする。無振動状態での試験では、糸を介して分銅により鋼球に引張り力を与え、この時の糸の正味の張力および鋼球の垂直変位を荷重センサー、差動トランスで測定しX-Yレコーダーに目記させる。振動状態では、振動機を所定の振動条件で作動させ上述の方法で測定する。なお、振動条件は振動数一定(120Hz)で振動加速度変化(0~6g, 2g刻み4水準)の組合せと、振動加速度一定(4g)で振動数変化(4水準)の組合せの場合を選んだ。図-1は、鋼球引上げ式粘度計の概略を示したものである。

3. 実験結果および考察 X-Yレコーダーに目記させた結果を、球の引上げ力(F)ならびに球の速度(V)に数値化し、ひずみ速度 $\dot{\gamma} = 3V/2r$ せん断応力 $\tau = F/4\pi r^2$ に換算し、 $\dot{\gamma}$ と τ に換算して $\dot{\gamma}$ - τ 図($\dot{\gamma} = (v - 0.5)/\pi r$)を描く。この $\dot{\gamma}$ - τ 図の結果を最小二乗法により直線近似し、この直線の勾配の逆数から塑性粘性 η_{pl} 、 τ 軸の切片から降伏値 τ_0 を求めレオロジー特性値とし、

(A)振動加速度が降伏値に及ぼす影響 各流動化剤および減水剤を用いて試料の振動加速度と降伏値との関係を図2~図5に示す。各流動化剤間で若干の相違は認められるが、その傾向はほぼ同様であり、振動加速度を上昇させるとともに降伏値は指数関数的に減少する。とくに、振動加速度を0gすなわち無振動状態から僅か2gにまで上昇させた時の降伏値の減少は著しく、振動加速度を4g, 6gと増加させるとともにその減少率は次第に低下していく。また、

表-1 実験計画

モルタルの配合	セメント比	40 %
	砂 率	30 %
	混和剤の添加量	M (200ml/C=100kg)
		NP (200ml/C=100kg)
		NL (500ml/C=100kg)
振動条件	振動加速度(g)	0.2, 4, 6
	振動数(Hz)	0, 100, 120, 150, 180
測定時間	遅れ添加の時間	終り混和後1時間
	遅れ添加後の時間	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 分

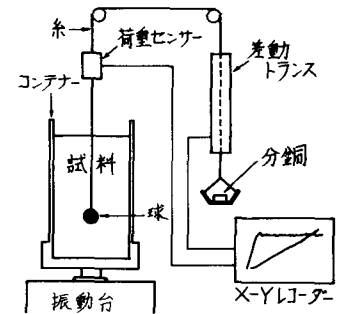


図1 実験装置

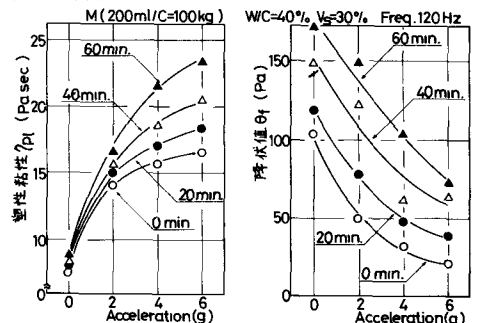


図2 レオロジー特性値と振動加速度の関係

図より M, NP, NL を用いて流動化して試料の降伏値は、遅水添加後の時間の経過とともに著しく増大する。この傾向は、無振動状態の場合にやや著しく、振動加速度をあげていくにつれて、降伏値増加の割合は次第に低下する。一方、普通の減水剤 Na₇O の場合には、本質的に遅延作用を有し、さらに流動化剤よりも分散性が小さいので遅水添加後の時間の経過に伴う降伏値増加の傾向は極めて小さいことがわかる。

(b) 振動加速度が塑性粘性に及ぼす影響 振動加速度と塑性粘性との関係を図 3～図 5 に示す。図より、各試料とも振動加速度を増加させるとともに塑性粘性は増加するが、その傾向は流動化剤の種類により異なる。まず、M については、振動加速の低い 2g で急激に増加し 4g, 6g とあげていくと塑性粘性は増加するがその増加率は次第に低下していく。NP の場合には、振動加速度を 2g にあげても M の場合ほど塑性粘性は増加しない。しかも振動加速度を増大させるとともに塑性粘性は増加し、その増加率は一定かやや大きくける。NL の場合には、振動加速度を上昇させるとともに塑性粘性はほぼ直線的に増加する。Na₇O の場合には、塑性粘性の増加率は流動化剤の場合ほど大きくなく、その増加率はほぼ一定である。また、遅水添加後の時間の経過に伴い流動化剤の場合には、塑性粘性は増大しさらにこの傾向は振動加速度が大きい場合ほど顕著である。しかしながら、Na₇O の場合には時間の経過に伴う塑性粘性の変化はほとんど認められず。

(c) 振動数の影響 振動数がレオロジー特性値に及ぼす影響を M を遅水添加した場合について行った結果を図 6 に示す。降伏値については、遅水添加した直後では各振動数であまり差はなくほぼ同一の値を示しているが、時間の経過に伴い振動数が 100Hz 以上にはると降伏値はじじに増加し、150Hz 付近でピークに達しさらに振動数が増加すると降伏値はかえって減少する傾向が見られる。また、この傾向は時間の経過に伴い一層顕著になる。一方、塑性粘性については、振動数が増加するにつれてほぼ直線的に減少し、この傾向は時間の経過に伴ってやや著しくなる。

なお、高流動化剤を用いた場合のレオロジー的研究として、遅水添加、同母系添加といった添加方法の影響、さらには添加量の及ぼす影響についても上述の手法で検討中である。

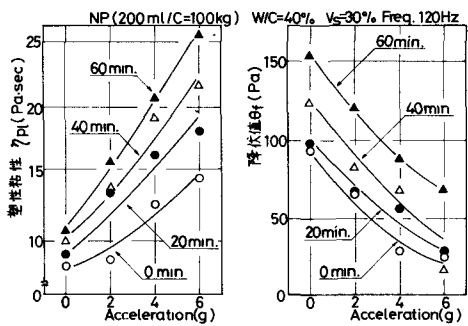


図 3 レオロジー特性値と振動加速度の関係

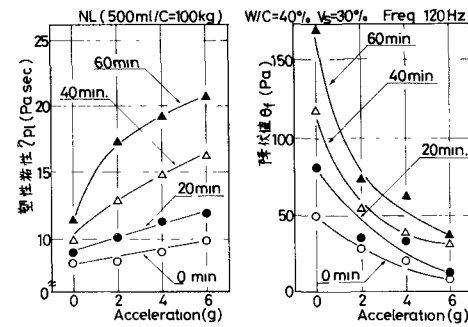


図 4 レオロジー特性値と振動加速度の関係

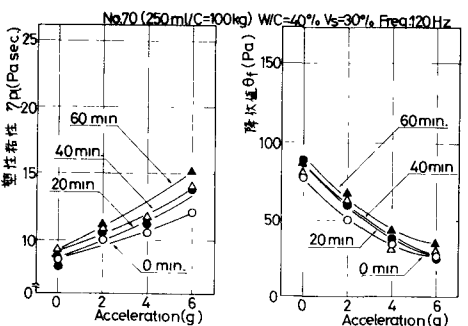


図 5 レオロジー特性値と振動加速度の関係

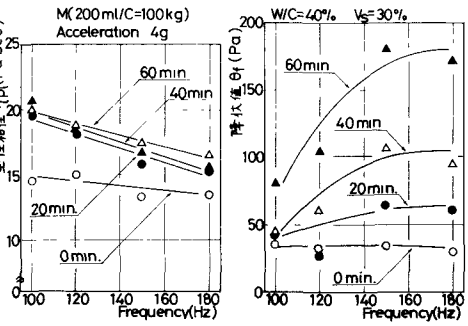


図 6 レオロジー特性値と振動数の関係