J型フロー試験による高流動コンクリートの流動特性・調合に関する研究

STUDY ON THE FLUIDITY AND THE MIX PROPORTION OF HIGH-FLUIDITY CONCRETE BY USING THE J SHAPED FLOW TEST

宮本 欣明*¹, 山本 康弘*²
Yoshiaki MIYAMOTO and Yasuhiro YAMAMOTO

In this study, the rheological characteristic of the high-fluidity concrete was evaluated by the coefficient of viscosity and the shearing yield value that was measured by using the J shaped flow test. The effects of the mix proportion factors such as the water-cement ratio, the aggregate-cement ratio, the sand percentage and the addition quantity of the super plasticizer and the segregation agent on the rheological constants of the high-fluidity concrete were investigated.

It was clarified that the shearing yield value of high-fluidity concrete can be made low by setting water-cement ratio and the sand percentage to the proper value, by setting the aggregate-cement ratio small, and the viscosity of high-fluidity concrete can be adjusted with the addition quantity of the segregation agent.

Key words: high-fluidity concrete, J shaped flow test, rheology, shearing yield value, coefficient of viscosity

高流動コンクリート, J型フロー試験, レオロジー, せん断応力降伏値, 粘度係数

1. はじめに

今日、高流動コンクリートは、材料分離抵抗性を損なうことなくその非常に高い流動性により、締固めが不可能なコンクリート充填鋼管構造や高品質化を目的とした化粧打放しコンクリートあるいは逆打ち工法による地下外周壁などの特殊工事において使用実績も増えつつある。また、一般の建築工事においても、高流動コンクリートは、材料・製造コストの上昇などの問題点を有しながらも労働環境の改善やトータルコストダウンにつながるものと評価され、将来的にはコンクリート工事の省力化・機械化等の発展に寄与するものと期待されている。

しかしながら、高流動コンクリートのフレッシュ時に要求される性能は、従来の普通コンクリートと異なり、流動性、材料分離抵抗性、間隙通過性および充填性と多岐にわたっており、各種の評価試験方法^{例え1) 2)}が提案されているものの、いまだに適切な評価方法ならびに調合設計手法が確立されていないのが現状である。このような状況において、高流動コンクリートのフレッシュ時の性能を従来のスランプフロー値やフロー速度などの工学量で評価するのではなく、コンクリートをビンガム流体と仮定し、物理量であるレオロジー定数（粘度係数およびせん断応力降伏値）で評価しようとする

研究が進められており、試験方法および調合方法の確立に向けて多くの試み^{例え3) 4)}が続けられている。

先般、山本らにより高流動コンクリートの流動性評価試験として提案されたJ型フロー試験⁵⁾は、簡易な試験器にて高流動コンクリートのレオロジー定数を回転粘度計に比べてせん断速度の小さい実用的な領域において正確かつ定量的に評価することができる試験方法として報告されている。本研究では、このJ型フロー試験により高流動コンクリートのレオロジー定数の評価を行い、高流動コンクリートの調合要因である水セメント比、セメントの重量に対する骨材の割合を示す骨材セメント比、細骨材率、高性能AE減水剤および分離低減剤添加量がレオロジー定数に及ぼす影響について調べ、高流動コンクリートの調合設計手法およびレオロジー定数の適正範囲について検討を行ったものである。

2. 実験計画

本実験は2シリーズに分けて行い、それぞれの調合要因は以下とした。

- (1) Aシリーズ：水セメント比、骨材セメント比、細骨材率および高性能AE減水剤添加量

*¹ 四国職業能力開発大学校住環境科 助教授

*² 東京工芸大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Residential Environment, Shikoku Polytechnic College
Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Polytechnics, Dr. Eng.

(2) Bシリーズ：分離低減剤添加量および高性能AE減水剤添加量

2.1 使用材料

本実験に使用した材料は、表1に示すとおりである。Aシリーズの細骨材はJIS A 5308 レディーミクストコンクリートの標準粒度内となるよう海砂（細砂）：砕砂（粗砂）=3：7の比率で混合したものを、粗骨材は砕石を使用した。Bシリーズの骨材は、川砂・川砂利を使用した。

表1 使用材料

セメント	(C)	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³		
細骨材	(S)	Aシリーズ	海砂(香川県丸亀沖産) 30% 砕砂(香川県満濃町産) 70% 表乾密度2.60g/cm ³ 粗粒率2.52	
		Bシリーズ	川砂 (山梨県神ノ川産) 表乾密度2.64g/cm ³ 粗粒率2.70	
粗骨材	(G)	Aシリーズ	碎石(香川県満濃町産) 最大寸法 20mm 表乾密度2.62g/cm ³ 粗粒率6.77	
		Bシリーズ	川砂利 (山梨県神ノ川産) 最大寸法20mm 表乾密度2.71g/cm ³ 粗粒率6.66	
混和剤	(SP)	高性能AE減水剤：ポリカルボン酸系 (N社製)		
	(Vi)	分離低減剤：セルロース系 (S社製)		
	(AE)	空気量調整剤 (N社製)		

のを、粗骨材は砕石を使用した。Bシリーズの骨材は、川砂・川砂利を使用した。

2.2 調合計画

実験の対象とした高流動コンクリートの調合は、表2に示したとおりである。

図1 最密充填試験結果

表2 コンクリートの調合および実験結果

実験	W/C (%)	s/a (%)	A/C (S/C)	単位量 (kg/m ³)				分離低減剤 (kg/m ³) [w × %]	高性能AE 減水剤 (C × %)	AE剤 (C × %)	スランプ フロー値 (cm)	L フロー値 (cm)	粘度係数 (Pa・s)	せん断応力 降伏値 (Pa)	外内 粗骨材比
				セメント	水	細骨材	粗骨材								
A シリーズ	35	45	3.00 (1.35)	519	182	701	856	(0.18) [0.1]	2.6	0.012	58.8	41.5	55	51	0.80
	40	40	3.56 (1.43)	454	182	647	971	(0.18) [0.1]	2.4	0.010	62.1	55.3	50	33	0.86
		45	3.33 (1.50)	474	190	711	869	(0.19) [0.1]	2.0	0.010	46.6	33.0	45	93	0.88
									2.2	0.010	56.3	47.5	35	58	0.90
									2.4	0.010	63.3	54.5	36	7	0.87
									2.6	0.012	68.9	62.5	38	0	0.83
			3.56 (1.60)	455	182	727	889	(0.18) [0.1]	2.2	0.010	45.5	30.5	45	121	0.90
									2.4	0.010	53.7	37.0	46	63	0.93
									2.6	0.012	66.9	58.0	45	0	0.92
									2.8	0.012	65.5	57.5	45	8	0.92
									2.6	0.010	49.3	31.0	55	98	0.90
									2.8	0.010	56.9	38.5	77	86	0.96
		3.78 (1.70)	436	174	741	906	(0.17) [0.1]	3.0	0.010	64.6	58.0	57	10	0.96	
								3.2	0.012	67.6	63.5	57	0	0.93	
								2.4	0.010	37.3	17.5	63	223	(0.87)	
								2.8	0.010	52.0	41.0	58	59	0.86	
		50	3.56 (1.78)	454	182	806	806	(0.18) [0.1]	3.0	0.010	59.3	45.5	60	33	0.84
									3.2	0.010	66.8	62.5	54	0	0.83
									3.0	0.010	44.3	33.0	82	107	0.82
	3.2								0.010	55.3	43.0	66	51	0.88	
	3.56 (1.96)		453	182	886	725	(0.18) [0.1]	3.4	0.010	59.4	58.5	61	2	0.90	
3.6								0.010	64.0	60.0	62	0	0.93		
45	45	4.11 (1.85)	403	182	746	912	(0.18) [0.1]	2.6	0.010	54.5	39.0	53	71	0.87	
								2.8	0.010	54.9	39.0	59	74	0.95	
								3.0	0.010	69.3	67.5	52	0	0.75	
								3.2	0.010	67.3	58.5	62	11	0.84	
50	45	4.67 (2.10)	363	182	763	932	(0.18) [0.1]	2.6	0.010	53.6	38.5	53	69	0.94	
								2.8	0.010	61.3	56.0	52	28	0.88	
								3.0	0.012	64.5	63.5	46	10	0.90	
B シリーズ	50	50	5.01 (2.5)	355	177	889	889	(0.2) [0.11]	2.0	0.000	49.8	32.5	67	88	0.89
									2.5	0.004	64.7	57.5	60	0	0.90
									3.0	0.010	64.5	66.0	54	0	0.89
								(0.3) [0.17]	2.0	0.000	47.0	33.5	88	108	0.95
									2.5	0.000	55.0	49.0	81	61	0.95
									2.5	0.010	60.5	54.0	72	27	0.90
								(0.4) [0.23]	3.0	0.014	61.8	62.0	62	24	0.93
									2.0	0.000	41.8	27.1	127	136	0.97
									2.5	0.002	57.8	52.5	75	22	0.89
								(0.5) [0.28]	3.0	0.004	63.0	60.5	62	11	0.90
									3.5	0.007	64.3	66.0	58	9	0.86
									3.0	0.000	55.3	51.5	102	29	0.93
								(0.6) [0.34]	3.5	0.000	56.8	56.5	101	21	0.93
									4.0	0.000	60.1	62.0	95	19	0.96
									3.5	0.000	51.0	43.0	183	65	0.93
4.0	0.002	55.5	49.0	149	47	0.94									
4.5	0.008	58.8	59.0	109	38	0.95									

A/C：骨材セメント比（骨材の重量/セメントの重量），S/C：細骨材セメント比（細骨材の重量/セメントの重量）

注 1) 細骨材の表面水量=セメント重量×22%となるよう 1 次水を調整

注 2) セメント重量×0.5%

注 3) セメント重量×(設計添加率-0.5%)

図 2 練混ぜフロー図

図 3 L フロー試験器

A シリーズは、分離低減剤の添加量を単位水量の 0.1%と一定とし、水セメント比、骨材セメント比、細骨材率および高性能 AE 減水剤添加量を変化させた。水セメント比は 35%、40%、45%および 50%の 4 水準とした。細骨材率は次のようにして定めた。即ち、細骨材と粗骨材の総質量を 5kg とし、骨材中の細骨材の比率を 5 ないし 10%の間隔で変化させた試料を $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の円筒型枠に JIS A 1104 骨材の単位容積質量及び実積率試験方法に準じて充填する最密充填試験を実施し、骨材が最密充填となる細骨材率を求めた。その結果は、図 1 に示すとおりであり、細骨材率は充填かさ高さが最小値を示す場合、すなわち骨材が最大密度となる 45%とした。また、細骨材率の影響を知るために水セメント比が 40%については細骨材率を 40%、45%、50%および 55%と 4 水準に設定した。また、骨材セメント比は、水セメント比 40%で細骨材率 45%の割合について 3 水準に設定した。高性能 AE 減水剤の添加量は、単位セメント量の 0.2%間隔で変化させた。

B シリーズは、高性能 AE 減水剤および分離低減剤の添加量の影響を知る目的で、水セメント比は 50%と一定とし、骨材セメント比は 5.0 と一定とした。細骨材率は先に示す最密充填試験を行い、図 1 に示すように最大密度となる 50%とした。そして、分離低減剤添加量を単位水量の 0.11、0.17、0.23、0.28 および 0.34%の 5 水準とし、それぞれの分離低減剤添加量について、高性能 AE 減水剤添加量を 3 ないし 4 水準に設定した。

2.3 コンクリートの練混ぜ

コンクリートの練混ぜは容量 50 リットルの強制攪拌ミキサーを使用し、練混ぜ量は 30 リットルとした。練混ぜ方法は、図 2 に示す分割練りとした。

2.4 流動性試験

フレッシュコンクリートの流動性試験項目は、スランブフロー試験、L フロー試験および J 型フロー試験とした。

(1) スランブフロー試験：JASS 5T-503 コンクリートのスランブフロー試験方法に準じて行った。また、スランブフロー試験終了後にフロー外周部（直径 50cm 以外）と中央部（直径 30cm 以内）それぞれのコンクリートの粗骨材比を求め、両者の比を外内粗骨材比とし、分離抵抗性評価の指標とした。

(2) L フロー試験：図 3 に示す L フロー試験器により L フロー値の測定を行った。また、スタートから 30cm までの通過時間を測定し、L フロー速度を求めた。

(3) J 型フロー試験：J 型フロー試験器は図 4.1 に示したとおりで

$$P = \lambda \cdot V + F_0 \quad (1)$$

$$P = \frac{\Delta P R}{2 l} = \frac{\rho \cdot (h_{i-1} + h_i) / 2}{L + (h_{i-1} + h_i) / 2} \cdot \frac{R}{2} \quad (2)$$

$$V = 4 Q / \pi R^3 = 4 (h_{i-1} - h_i) / (l \cdot R) \quad (3)$$

P : せん断応力 (Pa), ΔP : 圧力差 (Pa)

λ : 粘度係数 (Pa·s), R : 導管半径 (cm)

V : せん断速度 (1/sec), Q : 流量 (cm³/sec)

F_0 : せん断応力降伏値 (Pa)

l : 導管の長さ (cm)

ρ : コンクリート密度 (g/cm³)

h_i : 区間 i のコンクリート高さ (cm)

t_i : 区間 i のコンクリート流下時間 (sec)

図 4.1 J 型フロー試験器

図 4.2 J 型フロー試験結果 (一例)

図 5 水セメント比と粘度係数の関係

あり、導管の内径は10.6cmとし、上下口の高低差は75cmとした。試験は、流出口に蓋をし、コンクリートを充填した後蓋を取り、圧力差によりコンクリートヘッドが5cm下がるごとに要した時間を測定し、コンクリートの圧力差と流出速度の関係を5cm区間ごとに算出した。また、流出終了時の流出口とコンクリートヘッドとの高低差を測定した。そして、実験結果をもとに既往の研究⁵⁾で示された理論式(2)および(3)より、区間*i*ごとにせん断応力 P_i およびせん断速度 V_i を求めた。J型フロー試験により求めたせん断応力 P とせん断速度 V の実験結果の一例を図4.2に示す。次に、フレッシュコンクリートをビンガム流体とみなした場合には、せん断応力 P とせん断速度 V との間に(1)式が成立することにより図中の近似直線の傾きの逆数を粘度係数 λ とした。また、横軸切片はせん断応力降伏値 F_0 を示している。

3. 高流動コンクリートの調査要因が流動特性に及ぼす影響

各調査に対する流動性試験結果を表2に示す。それぞれの調査要因ごとに流動特性に及ぼす影響に関して検討した。

3.1 水セメント比の影響

図5および図6は、Aシリーズにおいて単位水量を182kg/m³、分離低減剤の添加量を単位水量の0.10%および細骨材率を45%と一定とし、水セメント比を35%、40%、45%および50%と変化した高流動コンクリートについて、高性能AE減水剤添加量ごとに水セメント比と粘度係数およびせん断応力降伏値との関係を示したものである。今回の実験では、高性能AE減水剤の添加量が2.6%の試料において、粘度係数は水セメント比が40%で最小値を示した。また、せん断応力降伏値は水セメント比を45%から40%に小さくすることにより、約70Paと大きく低下し最小値をとり、ほぼ0Paの値を示した。

以上のように単位水量と細骨材率が同じ場合には、高流動コンクリートのレオロジー定数は水セメント比の影響を受け、水セメント比の最適値(今回の実験では40%)が存在し、せん断応力降伏値を最も小さくできることおよび粘度係数も適切に小さくできることが確認された。

3.2 骨材セメント比の影響

Aシリーズにおいて、水セメント比を40%、細骨材率を45%および分離低減剤量を単位水量の0.10%と一定とし、骨材セメント比を3水準変化した場合の、骨材セメント比と粘度係数およびせん断応力降伏値の関係を高性能AE減水剤添加量ごとに図7および図8に示す。なお、表2に示すように骨材セメント比が3.33では単位水量は190kg/m³、3.56では182kg/m³、3.78では174kg/m³と骨材セメント比を大きくすると単位水量は小さくなる。

粘度係数は骨材セメント比が小さくなるに伴い直線的に減少し、高性能AE減水剤の添加量に関わらず、ほぼ同じ直線に従って低下する。また、骨材セメント比が3.33では35Pa・s程度まで低下し、コンクリートは分離傾向を示した。また、せん断応力降伏値は骨材セメント比の低下に伴い小さくなっているが、高性能AE減水剤の添加量によって、その低下の傾向が異なっている。しかし、全体的には骨材セメント比を小さくすれば、せん断応力降伏値を小さくで

図6 水セメント比とせん断応力降伏値の関係

図7 骨材セメント比と粘度係数の関係

図8 骨材セメント比とせん断応力降伏値の関係

図9 細骨材率と粘度係数の関係

図10 細骨材率とせん断応力降伏値の関係

きるが、粘性も小さくなり、所定の骨材セメント比より小さくすると分離傾向となることが分かり、本実験では、骨材セメント比が3.56、高性能AE減水剤添加量2.6%において良好な流動性が得られ、その時の粘度係数は45Pa・sであり、せん断応力降伏値は0Paであった。

3.3 細骨材率の影響

Aシリーズにおいて、水セメント比を40%、骨材セメント比を3.56と一定とし、細骨材と粗骨材の比率を表す細骨材率を変化させた場合の、細骨材率と粘度係数およびせん断応力降伏値の関係を図9と図10に示す。

粘度係数は、細骨材率が55%から45%へと小さくなるに従い減

少し、高性能AE減水剤の添加量が2.4%の試料では、細骨材率が45%で最小値46Pa・sを示し、40%にかけて若干大きくなる傾向を示した。本実験では、細骨材率が45%で粘度係数は最小値を示し、目視でも分離傾向は確認されず、ほぼ良好な粘性が得られた。また、せん断応力降伏値は、細骨材率が55%から40%へと小さくなるに従い左下がりになり小さくなる傾向を示した。高性能AE減水剤の添加量が2.4%と少ない試料については、せん断応力降伏値は細骨材率を50%から45%にすると、約220Paから約60Paへと大きく減少し、40%にかけて緩やかに減少した。

以上のように、レオロジ一定数は細骨材率の影響を受け、今回の実験では、細骨材率45%において粘度係数は最小値を示し、せん断

図11.1 高性能AE減水剤添加量と粘度係数

図12.1 高性能AE減水剤添加量とせん断応力降伏値

図11.2 高性能AE減水剤添加量と粘度係数

図12.2 高性能AE減水剤添加量とせん断応力降伏値

図11.3 高性能AE減水剤添加量と粘度係数

図12.3 高性能AE減水剤添加量とせん断応力降伏値

図11.4 高性能AE減水剤添加量と粘度係数

図12.4 高性能AE減水剤添加量とせん断応力降伏値

応力降伏値は細骨材率 40%において小さくすることができるとともに、高性能 AE 減水剤の添加量を小さくできることが確認された。

3.4 高性能 AE 減水剤と分離低減剤の影響

Aシリーズの高流動コンクリートについて、高性能 AE 減水剤の添加量と粘度係数の関係を水セメント比、骨材セメント比および細骨材率ごとに図 11.1、図 11.2 および図 11.3 に示した。いずれの調査においても、粘度係数は高性能 AE 減水剤の添加量を変化させても顕著な変化は見られず、それぞれほぼ一定の値を示している。図 11.4 は B シリーズの高流動コンクリートについて、高性能 AE 減水剤の添加量と粘度係数の関係を分離低減剤添加量ごとに示したものである。粘度係数は高性能 AE 減水剤添加量の増加に伴い 2 次曲線的に緩やかに減少し一定値に収束しており、高性能 AE 減水剤の添加量が所定の値以上になると粘度係数に大きな変化は見られない。

一方、A および B シリーズの高流動コンクリートについて、高性能 AE 減水剤の添加量とせん断応力降伏値の関係を水セメント比、骨材セメント比、細骨材率および分離低減剤添加量ごとに、図 12.1、図 12.2、図 12.3 および図 12.4 に示した。いずれの調査においても高性能 AE 減水剤添加量の増加に伴いせん断応力降伏値は 2 次曲線的に急激に低下し、所定の添加量で 0 Pa になっている。また、水セメント比等の調査要因を変化させると、図中の近似曲線は、ほぼ平行移動し、せん断応力降伏値が極小値 0 Pa となる高性能 AE 減水剤の添加量は調査ごとに異なる傾向を示した。

以上のように、粘度係数は高性能 AE 減水剤の添加量が所定の値以上になると明瞭な変化が見られず、調査ごとにある一定値に収束し、一方、せん断応力降伏値は、高性能 AE 減水剤の添加量に大きく支配され、調査ごとに所定の添加量で極小値をとることが確認された。これは、高性能 AE 減水剤を増加していくとセメント粒子の分散は進み、コンクリートを構成するモルタルのせん断応力降伏値は急激に低下するが、粘度係数は緩やかに低下する⁶⁾ ことと、今回の実験のように比較的粘性の小さい領域では、高流動コンクリートの粘性は、モルタルの粘性の変化よりも粗骨材の影響を大きく受けるものと考えられる。

B シリーズのコンクリートについて、分離低減剤添加量と粘度係数およびせん断応力降伏値の関係を高性能 AE 減水剤添加量ごとに図 13 および図 14 に示す。粘度係数は、分離低減剤添加量の増加に伴い所定の添加量を超えると 2 次曲線的に大きく増加しており、一方、せん断応力降伏値は緩やかに増加する傾向を示している。高性能 AE 減水剤の添加量が 3.0% のコンクリートにおいて、分離低減剤の添加量を単位水量の 0.23% から 0.28% へと 0.05% 増加すると、粘度係数は 40 Pa·s 大きくなり、せん断応力降伏値は 10 Pa の微増となっている。これらのことから、粘度係数は高性能 AE 減水剤を添加すると曲線的に低下して一定値に達する。また、これらの一定値は分離低減剤の添加量によって大きく増大する。これに対し、せん断応力降伏値は高性能 AE 減水剤の添加に伴い大きく低下し、零の値に近づく。しかし、その添加量は分離低減剤の増加に伴い大きくなる。以上により、分離低減剤の添加量を調整することにより、せん断応力降伏値をそれほど大きくすることなく適切な粘性を得られることが確認された。

図13 分離低減剤添加量と粘度係数

図14 分離低減剤添加量とせん断応力降伏値

図15 せん断応力降伏値とフロー値

図16 粘度係数とLフロー速度

図17 粘度係数と外内粗骨材比

4. レオロジー定数とフロー値・フロー速度および外内粗骨材比の関係

J 型フロー試験で求めるレオロジー定数と従来行われている試験値との関係および粘度係数と外内粗骨材比の関係について検討した。

4.1 レオロジー定数とフロー値・フロー速度の関係

せん断応力降伏値とスランプフロー値および L フロー値の関係を図 15 に示す。せん断応力降伏値とフロー値の間には強い相関があり、せん断応力降伏値が 50Pa 以下でスランプフロー値は 55cm 以上、L フロー値は 50cm 以上の流動性を確保できる。

図 16 にスランプフロー値が 55cm 以上のコンクリートについて、粘度係数と L フロー速度の関係を示した。両者の間には強い相関があり、粘度係数が小さくなるにつれ、L フロー速度は速くなる傾向を示した。

4.2 レオロジー定数と外内粗骨材比の関係

粘度係数と外内粗骨材比の関係を図 17 に示す。参考文献 7) の実験結果とほぼ同様に、粘度係数が 60Pa・s 以下で、外内粗骨材比のばらつきは大きくなっている。また、目視では粘度係数が 40Pa・s 以下で分離傾向がみられ、粘度係数が 120Pa・s 付近で過剰な粘性が確認された。なお、せん断応力降伏値と外内粗骨材比の間には相関はみられなかった。

5. まとめ

本研究は、高流動コンクリートの流動特性を J 型フロー試験より求めるレオロジー定数で評価し、各種調合要因がレオロジー定数に及ぼす影響について検討を行った。本研究の範囲内で以下のことが明らかとなった。

- 1) せん断応力降伏値を小さくできる最適な水セメント比が存在し、今回の実験では 40%であった。
- 2) 骨材セメント比を小さくすると、これに比例して粘度係数が小さくなり、せん断応力降伏値も小さくなる。
- 3) 細骨材率を 55%から小さくすると、粘度係数およびせん断応力降伏値は小さくなり、今回の実験では粘度係数は 45%で最小値を示し、かつ適切な粘性が得られた。また、せん断応力降伏値は、本実験では細骨材率が小さくなるほど小さくなった。

- 4) 高性能 AE 減水剤の添加量を増加すると、せん断応力降伏値は 2 次曲線的に大きく低下し、所定の添加量において極小値を示し、分離低減剤の量が多くなると高性能 AE 減水剤の添加量は増加する。
- 5) 高性能 AE 減水剤の添加量を増加すると粘度係数は曲線的に低下して一定の値になる。またこの値は分離低減剤の添加量が大きくなると増加し、所定の添加量を超えると急激に大きくなる。
- 6) せん断応力降伏値とフロー値、粘度係数とフロー速度の間には強い相関がある。
- 7) せん断応力降伏値が 50Pa 以下で良好な流動性が得られ、粘度係数が 60Pa・s 以上で分離による粗骨材の偏在が小さい適正な粘性が得られる。

参考文献

- 1) 超流動コンクリート研究委員会報告書 (I)、日本コンクリート工学協会、1993.5
- 2) 高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針 (案)・同解説、日本建築学会、1997.1
- 3) 佐藤賢、須藤由美子、カンザディ・モスタファ、千歩修、鎌田英治：高流動コンクリートの流動性・分離抵抗性に及ぼすレオロジー特性の影響、日本建築学会構造系論文報告集、第 505 号、pp.9・14、1998.3
- 4) 寺西浩司、谷川恭雄、森博嗣、黒川善幸：高流動コンクリートの間隙通過性の評価方法に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 467 号、pp.19・26、1995.1
- 5) 山本康弘、本間礼人、橋高義典：高流動コンクリートの流動特性の試験方法 (J 型フロー試験) に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 489 号、pp.9・16、1996.11
- 6) 宮本欣明、山本康弘：高流動コンクリートの流動特性に関する研究 (その 1 調合要因がモルタルの流動特性に及ぼす影響)、日本建築学会大会梗概集 A・1、pp.977・978、2000.9
- 7) 山本康弘、小野山貫造、本間礼人、許啓文：高流動コンクリートの流動特性と充填性およびコンクリートの品質に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 523 号、pp.25・31、1999.9

(2000年12月28日原稿受理、2001年4月24日採用決定)