

高性能減水剤使用コンクリートのレオロジー的性質に関する基礎的研究

鳥取大学 正会員 西林 新蔵
鳥取大学 正会員 吉野 公
やまこう建設 正会員 湯谷 政博
鳥取大学 学生員 ○中村 将之

1 まえがき

フレッシュコンクリートのワーカビリティは使用材料の諸性質や配合要因などによって影響を受ける。従って、ワーカビリティとフレッシュコンクリートのレオロジー量との関係を明らかにしたうえで、配合要因とレオロジー量との関係、すなわちレオロジー構成式が確立されれば、施工条件と対応したコンクリートの配合が合理的に行えるものと考えられる。

そこで本研究は、高性能減水剤を使用したフレッシュ状態におけるペースト、モルタル、コンクリートをビンガム流体と仮定し、これを連続相と分散相とから成る2相材料と考え、その配合要因および混和剤の種類とレオロジー量との関係について検討したものである

2. 実験概要

本実験で使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、骨材としては、粗骨材として砕石（最大寸法：20mm、比重：2.71、F M：6.59）、細骨材としては砕砂と陸砂の混合砂（比重：2.65、F M：2.81）を使用した。また、化学混和剤は、A E減水剤（A E）、高性能A E減水剤（S P）および流動化剤（N P）を用いた。各混和剤の添加量を表-1に示す。

表-1 各混和剤の添加量

AE	C×0.2%
SP	C×1.0%
NP	C×0.5%（コンクリー） C×0.35%（A ^o -S）,モルタル

表-2に実験条件を示す。混和剤の添加時期は、A E、S Pは練り混ぜ水と同時に添加する同時添加であり、N Pの場合は、A Eを添加したベースとなる試料に練り上がり60分後に添加する後添加とした。レオロジー量の測定は練り上がり直後あるいは流動化直後の試料に対して、球引き上げ式粘度計を用いて行った。また同時に、スランプ試験、フロー試験、空気量試験も行った。

表-2 実験条件

ペースト	w/c (%)	30~55
モルタル	w/c (%)	45
	細骨材量	容積比で0~0.50
コンクリート	w/c (%)	45
	s/c	2.40
	粗骨材量	容積比で0~0.30

3 結果と考察

セメントペーストを水とセメントからなる2相材料と考え、セメント容積割合（V_c）とレオロジー量との関係を混和剤別に調べた。実験結果を図-1に示す。A EとS Pはともに空気連行性を有する混和剤であるが、セメントペーストではほとんど空気は連行されなかった。また混和剤の有無や種類に関係なく塑性粘性および降伏値は、V_cの増加に伴って指数関数的に増加する傾向が見られ、次のようなレオロジー構成式が求められた。

$\log(\eta_{pl}) = A_1(V_c) - B_1$

$\log(\theta_r) = A_2(V_c) - B_2$

表-3に各混和剤別の係数を示す。N Pを使用した試料を除いて、塑性粘性、降伏値とも混和剤の種類に関係なくV_cにかかる係数Aはほぼ等しく、混和剤添加の影響は係数Bに表われている。

モルタルを2相材料として考える場合、図-

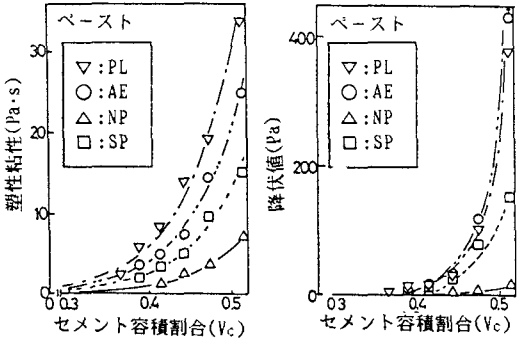


図-1 レオロジー量とセメント容積割合との関係

2のように V_s の増加に伴って空気量が指数関数的に増加していることを考慮し、溶媒相にセメントペーストを、溶質相に細骨材容積割合と空気

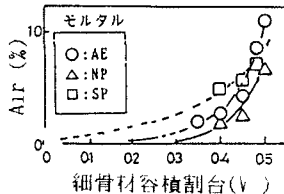


図-2 空気量と細骨材容積割合との関係

量の和(V_{s+A})を用いた。図-3に(V_{s+A})とレオロジー量との関係を示す。セメントペーストの場合と同様に溶質容積割合が増加するにつれて塑性粘性、降伏値とも指数関数的に増加する傾向が見られた。レオロジー構成式はブレンモルタルの場合、1次の対数式で表わすことができたが、化学混和剤を添加した試料では1次の式では相関係数が0.663~0.956となり、あまり相関が良いとはいえなかった。そこで比較的相関の良かった2次の対数式で表わすことにした。各混和剤別の係数を表-5に示す。

$$\log(\eta_{pi}) = C_1(V_{s+A})^2 - D_1(V_{s+A}) + E_1$$

$$\log(\theta_r) = C_2(V_{s+A})^2 - D_2(V_{s+A}) + E_2$$

コンクリートのレオロジー構成式を考えるに当っては、コンクリートをモルタルと粗骨材から成る2相材料と考えた。粗骨材容積割合(V_G)とレオロジー量との関係を図-4に示す。また、レオロジー構成式を2次の対数で表わした場合の各混和剤別の係数を表-4に示す。

$$\log(\eta_{pi}) = F_1(V_{s+A})^2 - G_1(V_{s+A}) + H_1$$

$$\log(\theta_r) = F_2(V_{s+A})^2 - G_2(V_{s+A}) + H_2$$

塑性粘性はNPを使用した試料、SPを使用した試料とも同じような傾向を示しているが、降伏値は $V_G=0$ (モルタル) では混和剤の種類によって差はあるが、 $V_G=0.2\sim0.3$ を越えると差はほとんどなくなる傾向が認められる。

4. まとめ

本研究の範囲では、高性能減水剤を添加したセメントペーストのレオロジー量はセメント容積割合をパラメータとする1次の対数式で、また、モルタルのレオロジー量は細骨材と空気

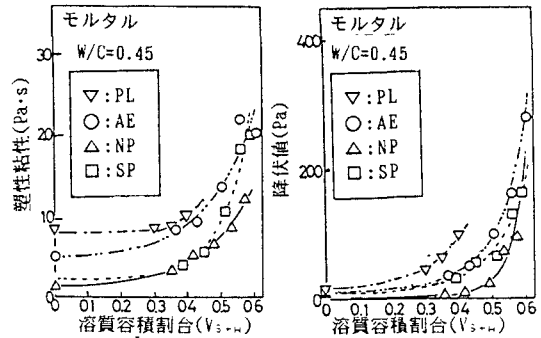


図-3 レオロジー量と溶質容積割合との関係

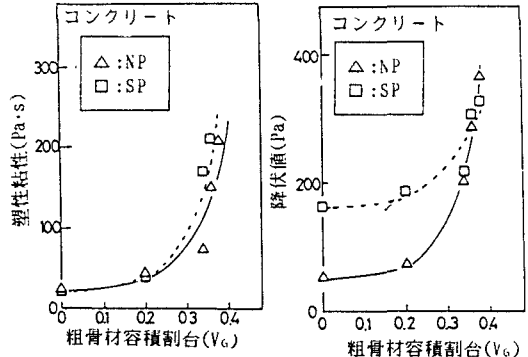


図-4 レオロジー量と粗骨材容積割合との関係

表-3 各混和剤別の係数

レオロジーの種類	塑性粘性 (Pa)			降伏値 (Pa·s)		
	A ₁	B ₁	r	A ₂	B ₂	r
Plain	7.15	2.10	0.976	12.77	4.06	0.989
AE	6.79	2.10	0.996	13.89	4.51	0.994
NP	7.40	2.95	0.990	8.44	3.17	0.972
SP	7.17	2.48	0.996	12.28	4.09	0.999

r: 相関係数

表-4 各混和剤別の係数

レオロジーの種類	塑性粘性 (Pa)				降伏値 (Pa·s)			
	C ₁	D ₁	E ₁	η_p^2	C ₂	D ₂	E ₂	η_p^2
Plain	2.03	0.61	0.92	0.919	3.81	0.60	1.13	0.999
AE	2.12	0.17	0.69	0.964	4.90	0.92	1.20	0.999
NP	2.04	-0.54	0.79	0.994	10.72	3.27	0.41	0.986
SP	6.10	2.18	0.52	0.990	4.08	0.39	1.01	0.986

η_p^2 : 決定係数

表-5 各混和剤別の係数

コンクリートの種類	塑性粘性 (Pa)				降伏値 (Pa·s)			
	F ₁	G ₁	H ₁	η_p^2	F ₂	G ₂	H ₂	η_p^2
NP	7.02	0.38	1.36	0.927	8.75	1.15	1.72	0.997
SP	7.87	0.10	1.29	0.985	3.14	0.47	2.24	0.877

η_p^2 : 決定係数