

# 粉体の粒度特性が及ぼすモルタルの 降伏値および塑性粘度への影響

藤原浩己<sup>1</sup>・長瀧重義<sup>2</sup>・大即信明<sup>3</sup>・遠藤秀紀<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本セメント株式会社 中央研究所副主任研究員 (〒135 東京都江東区清澄一丁目2-23) 現, 東京工業大学大学院 (〒152 東京都目黒区大岡山二丁目12-1)

<sup>2</sup>正会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山二丁目12-1)

<sup>3</sup>正会員 工博 東京工業大学教授 工学部開発システム工学科 (同上)

<sup>4</sup>工修 日本セメント株式会社開発第1部特許課係長 (〒100 東京都千代田区大手町一丁目6-1)

本研究は高流動コンクリートの性状に大きな影響を与えるモルタル部分の塑性粘度および降伏値について、使用する粉体の粒度特性、特にブレン比表面積とRosin-Rammler式によるn値を種々に変化させて測定し、それらの関係を明かにするとともに、塑性粘度および降伏値に影響を与えると考えられる要因について検討を行なったものである。その結果、①モルタルの降伏値は余剰水量を支配する粉体のn値の影響を大きく受けること②塑性粘度はブレン比表面積の影響を受け、それは余剰水膜厚と高性能減水剤の吸着量の複合効果によることがわかった。

*Key Words* : yield value, viscosity, Blane Fineness, n-value of the Rosin-Rammler packing ratio, thickness of water film, adsorption of superplasticizer

## 1. はじめに

近年、関心の高まっている高流動コンクリートとは高い流動性と材料分離抵抗性を併せ持つことを特徴としたコンクリートである。この材料分離抵抗性を付与するためにはセメントや石灰石粉等の粉体を多量に用いたり、アクリル系やセルローズ系に代表される水溶性高分子材料を添加することが行なわれているが、最近の研究では耐久性の問題<sup>1), 2)</sup>、コストアップ、他の混和剤との相性<sup>3)</sup>等の問題が指摘されている。

そこで本研究は増粘剤を用いることなく通常のコンクリートに近い粉体量(400kg/m<sup>3</sup>以下)で、十分な高流動性と分離抵抗性を付与することが可能な粉体の研究の一環として、粉体の粒度特性とモルタルの塑性粘度および降伏値の関係について検討したものである。

粉体の粒度特性とペーストおよびモルタルのフレッシュ性状との関係についてはこれまでも多くの研究が為されている。内川らは粉体の粒度分布が広く、比表面積が小さいほど粉体の充填率が大きくなりペーストの降伏値は小さくなるが、微粉分の増加

は逆に降伏値を増大させるとしている<sup>4)</sup>。また、小野山らはセメントの5倍程度の粒径を有する粗粉セメントを混和することでペーストの降伏値が大幅に減少するとしている<sup>5)</sup>。しかし、これらはいずれも降伏値に着眼した研究であり、高流動コンクリートの分離抵抗性に必要な塑性粘度の観点から研究されたものは少ない。本研究は降伏値の他、塑性粘度にも着眼し粉体の粒度分布とそれらの関係を検討したものである。

研究はまず、ブレン比表面積3500~7500cm<sup>2</sup>/g、Rosin-Rammler線図によるn値(以下n値)0.7~1.1の範囲の49種の粒度を持った水硬性および非水硬性の粉体を調整し、これらの粉体を用いたモルタルの塑性粘度および降伏値を測定し、それらの関係について把握した。次にモルタルの塑性粘度・降伏値に影響を与える要因として①粉体の充填率②初期水和による粒度特性の変化③余剰水膜厚④高性能減水剤吸着量をとりあげ、それらについて検討を加えたものである。

## 2. 粉体の粒度特性とモルタルのレオロジー特性の関係

表-1 普通ポルトランドセメント(OPC)および中熱ポルトランドセメント(MC)の化学分析値

セメント	ig. loss	insol	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	f-CaO	Total
OPC	1.6	0.3	61.6	20.1	5.0	3.0	1.1	2.0	0.38	0.43	0.26	0.06	0.17	0.6	96.00
MC	0.7	0.1	64.2	23.1	3.8	4.0	0.8	2.1	0.32	0.39	0.19	0.05	0.08	0.4	99.83

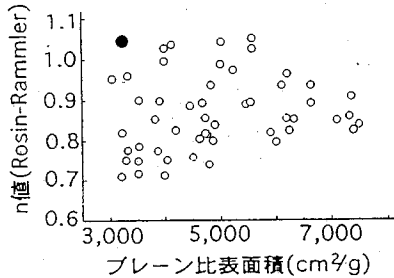


図-1 石灰石粉およびOPC-LS系粉体のブレン比表面積およびn値 (図中の黒点は、OPCのブレン比表面積とn値を示す)

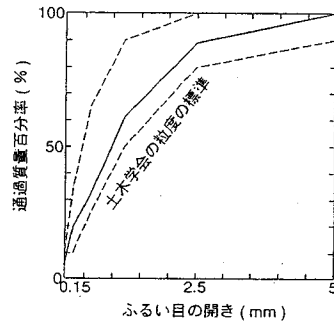


図-2 細骨材の粒度曲線

表-2 普通ポルトランドセメント(OPC)、OPC-LS系粉体および中熱ポルトランドセメント(MC)との鉱物組成

粉体系	鉱物組成 (%)					
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub>
OPC	55.8	16.7	8.1	9.1	3.4	0.0
OPC-LS	27.9	8.4	4.1	4.5	1.7	50.0
MC	48.5	29.7	3.3	12.2	3.6	0.0

表-3 モルタルの配合

配合No	粉体	水	細骨材	NSF添加率
①	22.7	22.9	54.5	
②	18.1	22.9	59.0	2.0
③	18.1	20.0	61.9	(%)

### (1) 実験概要

粉体の粒度分布状態を表す要因としてブレン比表面積とRosin-Rammler式によるn値(以下n値と略記する)の2つの因子をとりあげ、それらを変化させた粉体を用いてモルタルを混練し、レオロジー特性である降伏値および塑性粘度を測定してそれらの関係を調べた。

ここでRosin-Rammler式におけるn値とは、RosinとRammlerによって提案された次式で表示される粒度分布における定数nであり、この値が小さいほど粒度分布範囲が広がるものである<sup>6)</sup>。

$$R_{(D_p)} = 100 \cdot \exp(-bD_p^n)$$

R<sub>(D<sub>p</sub>)</sub>: 積算ふるい上質量(%), D<sub>p</sub>: 粒子径,  
b, n: 定数

なお、n値算出のための粒度分布の測定は、粉体をエタノールに分散させ、レーザー光を照射し、ブラウンホーファー回折を利用した方法で行なった。

#### a) 使用材料

粉体には普通ポルトランドセメント(OPC, ブレン

表-4 コンクリートの配合

配合No	粗骨材体積 濃度 (%)	s/a (%)	W/C (%)	単量(kg/m <sup>3</sup> )				NSF 添加率 (%)	SLF* (mm)
				セメント	水	細骨材	粗骨材		
①		57.7	32.0	500	160	995	739	2.0	550
②	28.0	59.7	40.0	400	160	1078	739		600
③		60.8	35.0	400	140	1130	739		590

\*: スランプロー値

比表面積:3210cm<sup>2</sup>/g, 比重:3.15, n値:1.06)と石灰石粉(LS, 比重:2.70)を用いた。表-1に普通ポルトランドセメントの化学分析値を示す。石灰石粉は、ボールミルを用いてブレン比表面積2200~10000cm<sup>2</sup>/gの範囲に粉砕し、適宜混合することによって、図-1に示す、ブレン比表面積3500~7500cm<sup>2</sup>/g, n値0.7~1.1の範囲の51種類に調整した。

これらの石灰石粉は水和による影響を排し、純粋に粒度分布の影響を検討するために用いたものである。

また、水和の影響を検討するためにこれらの石灰石粉と普通ポルトランドセメントを1:1の重量比で石灰石粉とほぼ同様のブレン比表面積およびn値を持つように混合した(OPC-LS系粉体)。普通ポルトランドセメント(OPC)とこれらOPC-LS系粉体の鉱物組成をBogueの式より計算した結果を表-2に示す。その他の材料としては、高性能減水剤にβ-ナフ

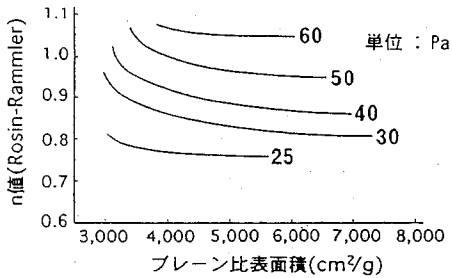


図-3 石灰石粉を用いたモルタル降伏値(配合No. ①)とブレン比表面積およびn値の関係

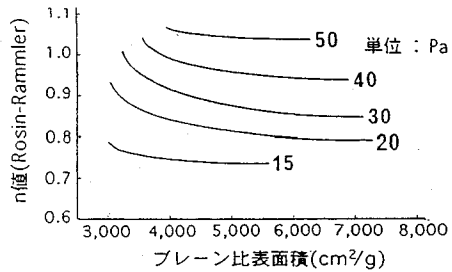


図-4 石灰石粉を用いたモルタル降伏値(配合No. ②)とブレン比表面積およびn値の関係

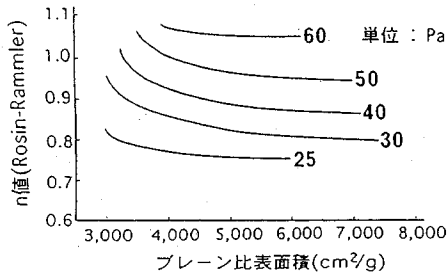


図-5 石灰石粉を用いたモルタル降伏値(配合No. ③)とブレン比表面積およびn値の関係

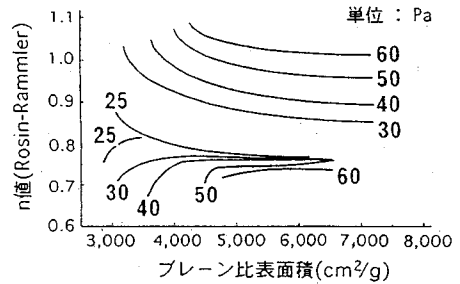


図-6 OPC-LS系粉体を用いたモルタル降伏値(配合No. ①)とブレン比表面積およびn値の関係

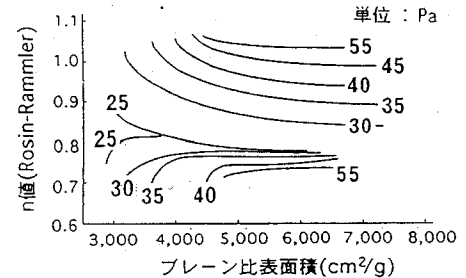


図-7 OPC-LS系粉体を用いたモルタル降伏値(配合No. ②)とブレン比表面積およびn値の関係

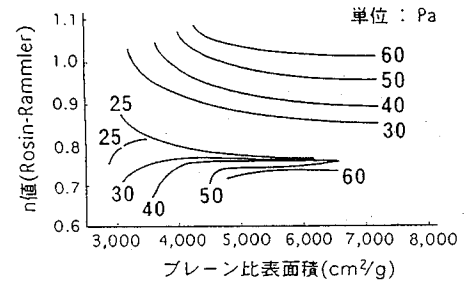


図-8 OPC-LS系粉体を用いたモルタル降伏値(配合No. ③)とブレン比表面積およびn値の関係

ビスホスホン酸ナトリウム縮合物塩 (NSF) を、細骨材として瑞穂産砕砂 (比重2.61, FM=2.91, 実績率66.2%) を用いた。図-2に細骨材の粒度曲線を示す。

#### b) 実験条件

モルタルの配合条件は表-3に示す3水準(配合No. ①~No. ③)とした。これは、表-4に示した3種類の粗骨材体積濃度が28.0%の高流動コンクリート(スランプフロー値: 550~600mm)におけるモルタル部分に相当するものである。

モルタルの練混ぜは、2リッターのホバートタイプミキサーで2分間行なった。

#### c) 試験項目

練混ぜ直後のモルタルの降伏値および塑性粘度を外円筒回転型回転粘度計により測定した。

## (2) 実験結果

### a) モルタルの降伏値

石灰石粉を用いたモルタルの降伏値の等値線を図-3~5に、OPC-LS系粉体を用いた場合を図-6~8に示す。この結果、石灰石粉におけるモルタル降伏値はn値の影響を強く受け、n値が小さくなるほどモルタル降伏値は小さくなり、またブレン比表面積が小さくなるほど若干モルタル降伏値は小さくなるのがわかった。

また、モルタルの配合が変化した場合、水粉体比の最も大きいNo. ②配合において全体の降伏値レベルが小さくなったが傾向は変らなかった。すなわちモルタルの配合が変化したとしても、モルタルの降

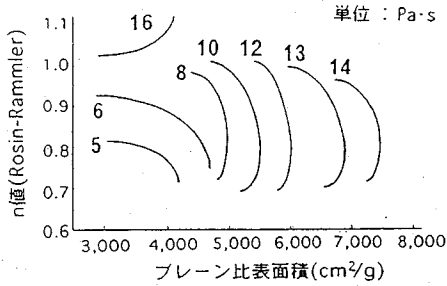


図-9 石灰石粉を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ①)とブレン比表面積およびn値の関係

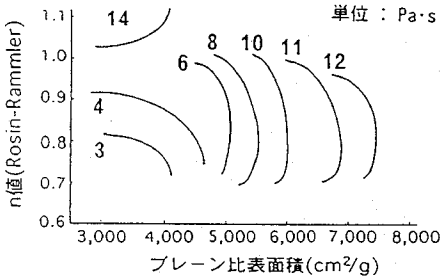


図-10 石灰石粉を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ②)とブレン比表面積およびn値の関係

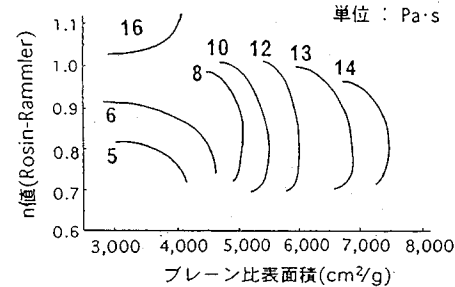


図-11 石灰石粉を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ③)とブレン比表面積およびn値の関係

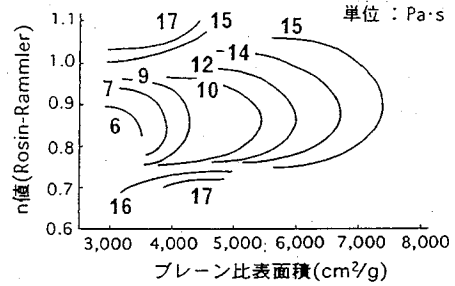


図-12 OPC-LS系粉体を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ①)とブレン比表面積およびn値の関係

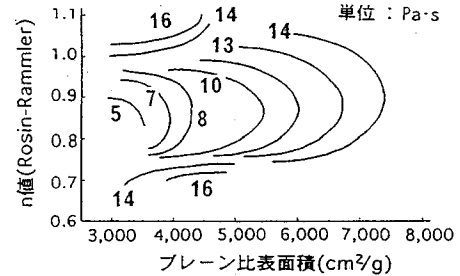


図-13 OPC-LS系粉体を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ②)とブレン比表面積およびn値の関係

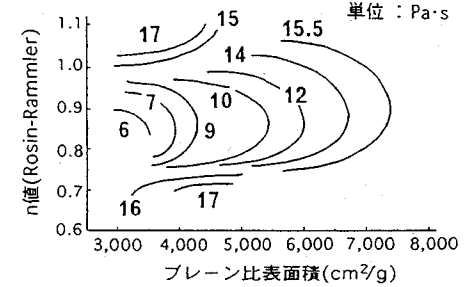


図-14 OPC-LS系粉体を用いたモルタル塑性粘度(配合No. ③)とブレン比表面積およびn値の関係

伏値のレベルがシフトするだけで全体の傾向には変化が無いことがわかった。

一方、水和の影響を受けるOPC-LS系においては、n値が0.8以上の領域においては石灰石粉と同じ傾向を示すが、0.8以下においては逆にn値が小さくなるほどモルタル降伏値は大きくなる傾向が認められた。これは初期水和による粒度分布の変化が原因として考えられた。

また、配合によるモルタルの降伏値への影響は、石灰石粉と同様に降伏値レベルがシフトするだけで全体の傾向には変化が無かった。また、OPC-LS系粉体と石灰石粉を比較した場合、同配合ではOPC-LS系の方が降伏値は高い傾向がある。これは水和により水が結合水として取り込まれることで余剰水量が減

少すること、および高性能減水剤の吸着量がC3Aを含有するOPC-LS系粉体の方が多くことに起因するものと考えられる。

#### b) モルタルの塑性粘度

石灰石粉を用いたモルタルの塑性粘度の等値線を図-9~11に、OPC-LS系粉体を用いた場合を図-12~14に示す。図より塑性粘度は降伏値とは大きく異なる傾向を示した。すなわちブレン比表面積が4000cm<sup>2</sup>/g以下の領域においてはn値の影響が強く、n値が小さくなるほど塑性粘度は小さくなる。しかし、ブレン比表面積4000cm<sup>2</sup>/g以上の領域ではブレン比表面積の影響が卓越し、この値が大きくなるほど塑性粘度は大きくなる。

一般に降伏値と塑性粘度は独立ではなく、降伏値

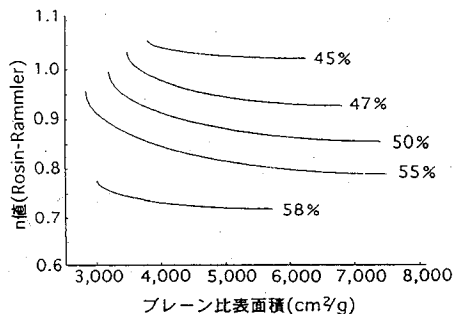


図-15 石灰石粉の充填率とプレート比表面積およびn値の関係

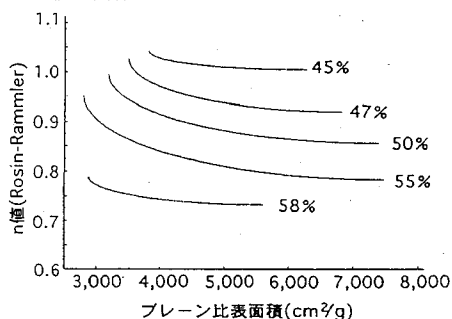


図-16 OPC-LS系粉体の充填率とプレート比表面積およびn値の関係

が大きくなるにしたがい塑性粘度も大きくなる。したがって、プレート比表面積が4000cm<sup>2</sup>/g以下の領域では降伏値の傾向とリンクしたものと考えられる。しかし、それ以上の領域では他の作用が加わっていると考えられる。

また、OPC-LS系では降伏値と同様にn値0.8以下の領域でn値が小さくなるに従い塑性粘度が大きくなる傾向が認められる。これは降伏値同様粒子の水和による粒度分布の変化によるものと考えられる。

配合による違いも、降伏値同様塑性粘度のレベルがシフトするだけで全体の傾向は変わらないことがわかった。

### 3. モルタルの塑性粘度および降伏値に影響を与える要因の検討

#### (1) 粉体充填率の検討

##### a) 実験概要

図-1に示した石灰石粉およびOPC-LS系粉体を用いて、タッピング充填試験により充填率を測定した。タッピング回数は充填率が一定となる500回とした。

表-5 注水前後における粒度分布特性

粉体 No	注水前			注水後			
	微粒分 (%)	プレート比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	n 値	充填率 (%)	微粒分 (%)	n 値	結合水量 (%)
①	6.5	4720	0.94	47.6	6.1	0.97	1.41
②	7.9	4710	0.86	54.2	6.6	0.90	1.48
③	9.0	4720	0.76	56.8	6.5	0.85	2.50
④	9.8	4720	0.70	58.4	6.8	0.87	2.73

#### b) 実験結果および考察

石灰石粉においてプレート比表面積とn値で示される図に充填率の等値を結んだ線を図-15に、OPC-LS系粉体の場合を図-16に示す。充填率は両方ともn値の影響が強く、n値が小さくなるほど高くなる傾向がある。プレート比表面積の影響は小さいが、小さくなるほど充填率がやや高くなる傾向が認められる。これは、粒度分布が広いほど、また粒子寸法が大きいかほど充填性が高まるといった従来の知見と一致している<sup>7)</sup>。

また、図-15は石灰石粉を用いたモルタルの降伏値の図(図-3~5)とほぼ傾向が一致している。一般に充填率は粉体の空隙を埋めるために必要な水量の指標であり、充填率が大きいかほど余剰水量が多いことを示している。本実験の結果は降伏値と余剰水量が密接な関係にあることを示している。

しかし、OPC-LS系粉体におけるn値0.8以下でのn値が小さくなるほどモルタル降伏値は大きくなる逆転現象はこれだけでは説明できず、他の要因の検討が必要である。

#### (2) 初期水和による粒度特性の変化の検討

##### a) 実験概要

普通ポルトランドセメントをプレート比表面積一定(4720cm<sup>2</sup>/g)でn値を0.70~0.94の範囲の4水準に調整し、それぞれW/C=40%、NSP2%添加のペーストを練り混ぜ、注水後5分でアセトン投与により水和を停止させて粒度特性の変化を調べた。

##### b) 実験結果および考察

表-5に、注水前の粒度分布特性値および粒径1μm以下の微粒分と、注水後5分における微粒分、n値および結合水量を示す。なお、注水後の測定は、注水5分後にアセトンで水和を停止させ、Dドライ処理して行なったものである。また、図-17に粉体No.②、図-18に粉体No.④の注水前後における粒度分布曲線の変化を示す。

これらの結果、注水前のn値が小さいほど微粒分の含有量が多いが、注水による微粒分の減少率も大きく、そのためn値の増大率も高いことがわかった。

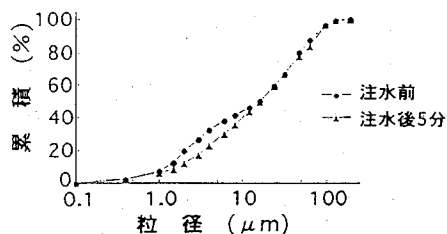


図-17 注水前後における粒度分布曲線の変化  
(粉体No. ②)

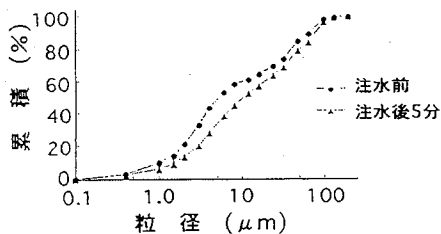


図-18 注水前後における粒度分布曲線の変化  
(粉体No. ④)

特に注水前の  $n$  値が 0.8 以下の粉体においては、注水後の  $n$  値の大小関係が逆転している。これは水和による架橋が微粒子間で多く起こることに起因するものと考えられる。このような  $n$  値 0.8 以下における注水後の  $n$  値の逆転現象が OPC-LS 系粉体を用いたモルタルの降伏値および塑性粘度の逆転となって現われたものと推察される。

### (3) 余剰水膜厚の検討

吉野らの研究によれば、ペーストの降伏値および混和剤の種類が同じである場合にペーストの塑性粘度は水膜厚と線形関係にあるとしている<sup>9)</sup>。また、宇智田らの研究によれば、モルタルの流動性に及ぼすセメントの粉末度、鉱物組成等のキャラクターの影響はペーストの流動性への影響の傾向と本質的に変わらないことが分っている<sup>9)</sup>。そこで配合 No. ①のモルタルのペースト部分における余剰水膜厚を次式で算出し、粉体粒度特性との関係を調べた。

$$\text{余剰水膜厚}(\mu\text{m}) = (1 - V_c / G_c) / (V_c \cdot \rho \cdot F) \times 10000$$

$V_c$  : ペースト中における粉体容積割合,  $G_c$  : タッピング充填率,  $\rho$  : 粉体密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $F$  : プレーン比表面積 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )

図-19 に計算値をもとに作成した等余剰水膜厚線図を示す。図より、水膜厚は  $n$  値が大きいほど、ま

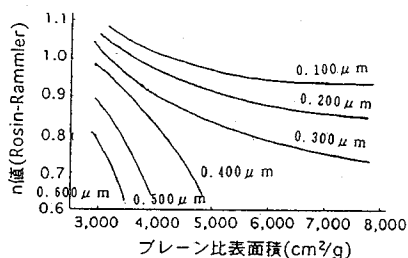


図-19 余剰水膜厚とプレーン比表面積および  $n$  値の関係  
(配合No. ①)

たプレーン比表面積が大きいほど薄くなることわがかる。この傾向は粉体の粒度分布特性によって決まる性質のものであり、配合条件の影響は厚さのレベルをシフトさせるだけである。したがって、塑性粘度の傾向を余剰水膜厚である程度は説明できると考えられる。しかし、今回の実験においては降伏値を一定の条件のもとで余剰水膜厚と塑性粘度の関係を調べることは出来なかったが、特に余剰水膜厚 0.20  $\mu\text{m}$  線上の降伏値 (図-6) と塑性粘度 (図-12) を比較すると、降伏値および余剰水膜厚がほぼ一定であるにもかかわらず塑性粘度は変化していることが認められる。したがって、モルタル塑性粘度の傾向を説明するには余剰水膜厚の他に、別の要因についても考える必要がある。

### (4) 高性能減水剤吸着量の検討

#### a) 実験概要

中庸熱ポルトランドセメント (比重 3.22, 化学分析値は表-1 に、鉱物組成は表-2 に併記) をプレーン比表面積 3160~6240  $\text{cm}^2/\text{g}$ ,  $n$  値 0.75~1.05 の範囲 11 種に粒度特性を調整し、水および細骨材と 18.4:29.6:52.0 の容積割合で混合し、高性能減水剤をセメント重量に対し 3.0% 添加してモルタルを練り混ぜた。次に注水 5 分の時点で吸引ろ過により液相を抽出し、1250 倍および 2500 倍に希釈して吸光度計により吸光度を測定し、予め求めた検量線より高性能減水剤の吸着量を算出した。

#### b) 実験結果および考察

図-20 に測定結果をもとに作成した高性能減水剤の等吸着量線の概略図を示す。この結果、 $n$  値が小さいほど、プレーン比表面積が大きいほど吸着量が大きいことが分った。ここで吸着量と塑性粘度の関係について調べるために図-20 中の余剰水膜厚 0.200  $\mu\text{m}$  線上の 4 点 (No. 1~4) について高性能減水剤吸着量とモルタルの降伏値および塑性粘度を測定した結果を図-21 に示す。この図より余剰水膜厚は一定

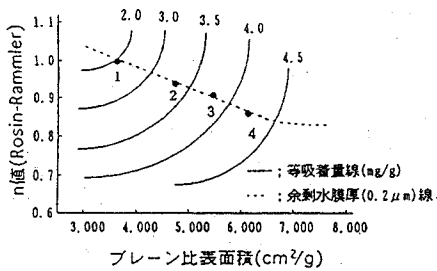


図-20 高性能減水剤吸着量とプレート比表面積およびn値の関係

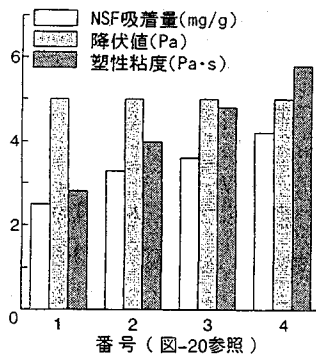


図-21 高性能減水剤(NSF)吸着量とモルタルの降伏値および塑性粘度の関係

でも高性能減水剤吸着量の増加が塑性粘度の増大をもたらす事が分った。

したがって、①プレート比表面積が大きくなると余剰水膜厚は薄くなると共に高性能減水剤吸着量が増して塑性粘度は増大する、②n値は小さくなるに従い余剰水膜厚は厚くなるが高性能減水剤吸着量は増すために塑性粘度への効果が相殺されるため2章で示されたような塑性粘度の傾向を示したものと推測された。

#### 4. まとめ

本研究は高流動コンクリートの性状に大きな影響を与えるモルタル部分の塑性粘度および降伏値と粉体のプレート比表面積およびRosin-Rammler式によるn値の関係を調べるとともに、塑性粘度および降伏値に影響を与えると考えられる要因について検討を行なったものである。その結果、以下のことがわかった。

- (1)モルタルの降伏値は余剰水量を支配する粉体のn値の影響が支配的である。
- (2)水硬性の粉体の場合、n値0.8以下においては、

n値が小さくなるほど降伏値および塑性粘度とも大きくなる。これは初期水和による粒度分布の変化に起因する。

(2)塑性粘度はプレート比表面積4000( $\text{cm}^2/\text{g}$ )以下の領域では降伏値同様n値の影響を受けるが、それ以上の領域ではプレート比表面積の影響が卓越し、プレート比表面積が大きくなるほど塑性粘度は大きくなる。これは余剰水膜厚と高性能減水剤の吸着量の複合効果によるものと考えられる。

以上の検討の結果、高流動コンクリートに使用する粉体のn値を0.8~0.9程度にし、プレート比表面積を4000( $\text{cm}^2/\text{g}$ )以上とすることにより、モルタル部の降伏値の低減と塑性粘度の増大が図れ、現状の高流動コンクリートの粉体量を低減できる可能性を見出した。

本研究は、粉体の粒度特性の影響を検討したものであるが、モルタルの塑性粘度および降伏値に影響を与える要因としては粉体の鉱物組成等の化学的な要因も考えられる。この点について今後研究を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) 藤原浩巳, 下山善秀, 堂園昭人: 高流動コンクリートの耐久性に関する実験的検討, 土木学会年次学術講演会概要集第5部, pp. 206-207, 1993.
- 2) 日本コンクリート工学協会: 超流動コンクリート研究委員会報告書(II), pp. 149-160, 186-187, 1994.
- 3) 土木学会: 水中不分散性コンクリート設計施工指針(案), コンクリートライブラリ-67, p. 97, 1991.
- 4) 内川浩, 宇智田俊一郎, 岡村隆吉: まだ固まらないセメント・ペースト、モルタル及びコンクリートの流動性に及ぼすセメントの粉末度及び粒子組成の影響, セメント・コンクリート論文集No. 43, pp. 42-47, 1989.
- 5) 小野山貴造, 友澤史紀, 野口貴文, 陳庭: 高強度・高流動コンクリート用ハイインターの開発に関する研究, 日本建築学会大会学術講演概要集, A, pp. 527-528, 1992.
- 6) 三輪茂雄: 粉体工学通論, 日刊工業新聞社, p. 16, 1991.
- 7) 粉体工学学会: 粉体工学便覧, 日刊工業新聞社, pp. 105-108, 1986.
- 8) 吉野公, 西林新蔵, 河野昌平: 混和剤および結合材の材質がペーストの塑性粘度に及ぼす影響, 土木学会年次学術講演会講演概要集第5部, pp. 938-939, 1993.
- 9) 宇智田俊一郎, 岡村隆吉, 武広実, 内川浩: 有機混和剤共存下におけるフレッシュセメントペースト及びモルタルの流動性に及ぼすセメントのキヤクターの影響, セメント・コンクリート論文集, No. 44, pp. 86-91, 1990.

(1995. 7. 14 受付)

EFFECT OF SIZE DISTRIBUTION OF POWDERS  
ON YIELD VALUE AND VISCOSITY OF MORTAR

Hiromi FUJIWARA, Shigeyoshi NAGATAKI, Nobuaki OTSUKI and Hideki ENDO

This paper aims to make it clear that relationship between size distribution of powders and rheological properties (yield value and viscosity) of mortar which have direct effects upon properties of high fluidity concrete. As the results of this study, they were found that yield value of mortar is influenced by n-value of the Rosin-Rammler which is the main factor of amount of excess water in mortar, and that viscosity of mortar is influenced by blaine surface area, which it is reason of the effect obtained by combining absorption of superplasticizer and thickness of water film.