

新日鐵化学 正会員 近田孝夫
 新日鐵化学 正会員 前田悦孝
 九州大学 工学部 正会員 松下博通

1. はじめに

余剰ペースト理論は、骨材表面間の距離とセメントペーストの性状によって流動性が定まる考え方であり、フレッシュコンクリートの配合設計に適用するためには、骨材間距離を算出において骨材形状を適切に評価することが重要である。

筆者らは、フレッシュコンクリートの流動性は図-1に示す「 δ/d 」によって定まると考えており、その算出に水透過法によって測定した細骨材比表面積を用いることにより使用する細骨材の形状が異なる場合にもモルタルのフロー値は「 δ/d 」により定まることを報告¹⁾した。

本研究は、この考え方の高流動コンクリートへの適用を検討したものであり、「 δ/d 」および「 δ 」と流動性の関係、「 δ/d 」の算出における比表面積と骨材粒径 d への骨材形状の影響について検討した。

2. 実験概要

図-2に水透過法による比表面積測定装置を示す。比表面積は、式(1)のKozeny-Carman 式によって算出した。

$$S_3 = 14 \left[\varepsilon^3 / (1 - \varepsilon)^2 \times h / (\mu u L) \right]^{1/2} \quad (1)$$

ここに、 S_3 は細骨材の比表面積 (cm^2/cm^3)、 ε は細骨材充填層の空隙率(%)、 h は水頭差 (cm)、 μ は水の粘性係数 (poise)、 L はマノメータ取付け位置の高低差 (cm)、 u は水の平均流速 (cm/秒)である。

δ/d と δ は、それぞれ式(2)と式(3)によって算出した。

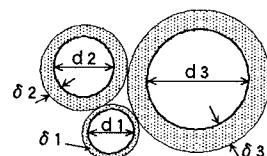
$$\delta/d = P_{ex} / \sum (d_i \cdot V_i \cdot S_i) \quad (2)$$

$$\delta = P_{ex} / \sum (V_i \cdot S_i) \quad (3)$$

$$P_{ex} = 1000 (1 - G_c / G_i) \quad (4)$$

ここに、 P_{ex} は式(4)で求まる余剰ペースト量であり、 G_c は骨材の配合実績率 (=単位骨材容積/1000×100%)、 G_i は細粗混合骨材の固有実績率である。本研究では、0.15~0.30mm, 0.30~0.60mm, 0.60~1.18mm, 1.18~2.37mm, 2.37~4.75mm, 4.75~10.0mm, 10.0~20mmの各粒度区分の平均粒径を $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ 、比表面積を $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 、骨材容積を $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$ とした。本研究では、 d_i として、ふるいの目の開きから算出される面積体積平均粒径 d_{sv} ²⁾を用いた場合と水透過法で測定した比表面積から算出される球相当径 $d_p (=6/S_i)$ を用いた場合を比較した。粗骨材の比表面積は単一粒度骨材の実績率から参考文献³⁾の方法で算出した。

骨材性状を表-1に示した。コンクリートの配合は、水結合材比=31.5%, $s/a=53\%$, 高性能AE減水剤 (ポリカルボ



$$\frac{\delta_1}{d_1} = \frac{\delta_2}{d_2} = \frac{\delta_3}{d_3}$$

δi : 余剰ペースト膜厚
 $d i$: 粒子径

図-1 δ と d の関係

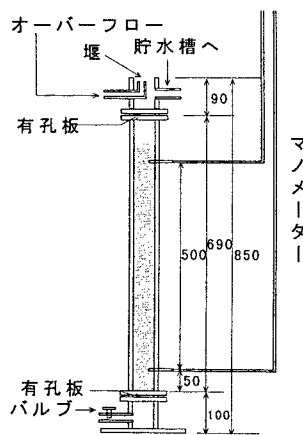


図-2 比表面積測定装置

表-1 骨材の性状

種類	記号	比重	粗粒率	比表面積 cm^2/cm^3	G_i *1 (%)
海砂	S	2.56	3.04	108	71.2
砕砂	C 1	2.82	2.98	123	68.7
	C 2	2.68	2.83	140	66.8
	C 3	2.87	2.97	124	70.5
碎石	—	2.99	7.60	9.0	—

*1 $s/a = 53\%$ のときの細粗混合実績率

ン酸系）の添加率は結合材重量の1.3%として単位骨材容積を3～4水準変化させた。

3. 実験結果

図-3は、左からそれぞれ、骨材粒径として d_{sv} を使用した δ/d_{sv} 、 d_p を用いた δ/d_p 、 δ とスランプフローの関係を示したものである。図中の r は相関係数であり、白抜きのプロットは分離が認められたことを示す。スランプフローは、 δ より δ/d との相関が高く、骨材粒径として球相当径 d_p を用いた δ/d_p とスランプフローの関係が最も相関係数が高くなった。このことは、セメントペーストの配合が一定である場合、高流動コンクリートのスランプフローは、使用する細骨材の種類によらず δ/d により定まるとする余剰ペースト理論が適用できることが判る。また、角張った骨材と丸みのある骨材ではふるいの目に開きが同じであっても通過の仕方が異なることが予想されるが、上述の結果より、形状が異なる各種細骨材の粒径 d_i を粒度区分を規定する篩の目の開きのみで算定するのは妥当ではなく、粒径 d_i の算定には形状の違いを考慮することが望ましいことが示唆される。

図-4に δ/d_{sv} 、 δ/d_p および δ とV漏斗流下時間の関係を示す。図中に示した相関係数は、分離や閉塞の無いもの（黒塗り）についてのみ計算した。

V漏斗流下時間は、 δ/d あるいは δ と負の相関が認められたが、相関係数はスランプフローの場合より低くなった。スランプフローが自重の作用による最終的な変形量の指標であるが、V漏斗流下時間は、変形速度や間隙通過性を示す指標と考えられるため余剰ペースト理論の適用については今後の課題である。

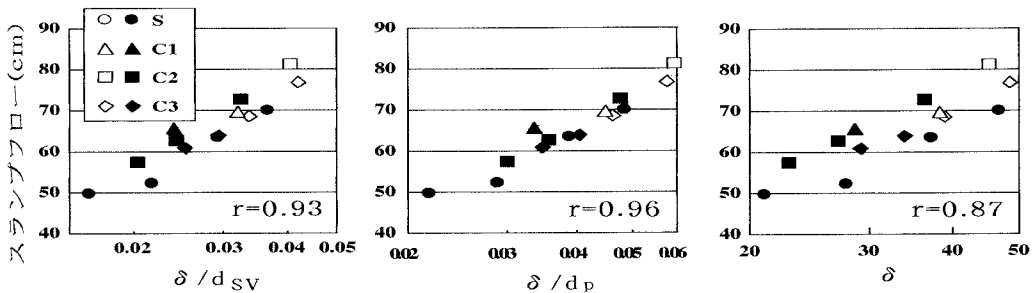


図-3 δ/d_{sv} 、 δ/d_p 、 δ とスランプフローの関係

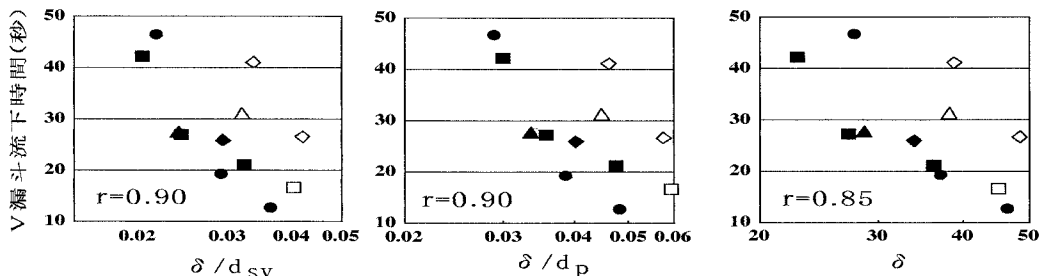


図-4 δ/d_{sv} 、 δ/d_p 、 δ とV漏斗流下時間の関係

4. まとめ

使用細骨材の性状によらずスランプフローは、水透過法による比表面積とこれより算出される球相当径から求めた δ/d のみで定まる結果となり、骨材粒径に形状の影響を考慮する必要性が示唆された。

5. 参考文献

- 1) 近田、前田、松下：余剰ペースト膜厚理論における骨材の形状評価とモルタルの流動性に関する研究、コンクリート工学年次論文集，Vol. 18，1996.
- 2) 徳光善治：粉体のつめこみについて，粉体工学，pp. 29-34，1965. 9
- 3) 近田、前田、松下：細骨材の物性がフレッシュモルタルの流動性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集 Vol. 14，pp. 387-392，1992.