

流動化コンクリートの材料分離の定量化 に関する基礎的研究

名古屋工業大学 学生員 ○木村昌博
名古屋工業大学 正員 梅原秀哲
名古屋工業大学 正員 吉田弥智

1. まえがき

コンクリートの材料分離には、硬練りコンクリートに見られる「Dry Segregation」と軟練りコンクリートに見られる「Wet Segregation」の2種類があるといわれている。これまで材料分離に関する研究は数多くなされているが、そのほとんどが定性的な評価であり、定量的な評価はほとんどなされていない。そこで、これまでに筆者らはブレンコンクリートおよび流動化コンクリートを対象として、これら2種類の材料分離について実験を行ってきた¹⁾。さらにブレンコンクリートを対象として、その挙動を解析することにより材料分離の定量化を試みた²⁾。本研究では、流動化コンクリートを対象として、ブレンコンクリートと同様にその挙動を解析することにより、流動化コンクリートの材料分離を定量化することを試みた。

2. 既往の実験

コンクリートの材料分離を定量的に評価するために考案した材料分離評価試験（以下S I試験という）は、ふるいの目が5mmのふるいに棒形パイププレートを取り付け、ふるいの中へ約7ℓのフレッシュコンクリートを投入し、60秒間振動をかけた後、落下したモルタル重量を測定し、(1)式で定義した材料分離度（以下S I値という）を求めるものである。

$$S I \text{ 値} = \frac{\text{60秒間に落下したモルタル重量(kg)}}{\text{コンクリート試料中のモルタル重量(kg)}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

配合および実験結果を表1に示す。なお、流動化剤はアルキルアリルスルホン塩基高縮合物を主成分とする高分子アニオン系の表面活性剤を単位セメント重量の0.06%添加した。図1に示すように、「Dry Segregation」はS I値が30%以下で、「Wet Segregation」はS I値が60%以上で生じることが明らかとなった。

3. 解析方法

コンクリートをモルタルと粗骨材の複合体とみなし、コンクリートの分離現象を、モルタルと粗骨材の付着力の低下および付着量の減少により、どの粗骨材にも付着しないモルタルが生じ、それらが分離すると考えると、S I値はモルタルの付着量から算出することができる。また、60秒間の振動により粗骨材に付着しないモルタルはすべて落下するものと仮定すると、振動中のモルタルの付着量と振動後の付着量が等しいとみなせる。すなわち、S I試験は静的なモルタルの付着量を解析することにより、モデル化できると考えられる。そこで、粗骨材を球形の粒子（代表値 5, 10, 15, 20, 25mm）とし、モルタルをビンガム流体と仮定した。一般にビンガム流体のせん断特性を表すパラメータとしては、塑性粘度 η と降伏値 τ_f の2個が挙げられるが、本解析では、モルタルの静的な付着を解析の対象としているので、パラメータとしては降伏値 τ_f についてのみ考える。ここで、S I試験はコンクリート試料に振動を与えることにより、強制的にモルタルを分離させる試験であるので、振動を与えている時の

表1 配合と結果

G kg/m ³	W/C %	S/C %	スランパ cm	S I 値 %	安定性 %
800	40	2.5	1.5	44.5	19.6
		2.8	0.0	28.0	0.0
	45	2.5	12.5	60.4	49.5
		2.75	6.0	53.0	32.5
	50	2.0	25.0	70.9	81.7
		2.5	20.0	64.1	57.1
		2.75	16.0	64.0	55.6
		3.0	3.0	42.9	41.3
		3.15	3.5	47.8	31.6
		3.5	0.5	37.9	5.5
	52	3.0	16.5	60.0	49.8
	55	2.75	23.0	63.8	70.0
		3.5	2.5	53.0	34.5
	60	3.0	24.5	71.7	72.4
		3.25	18.5	60.5	63.7
		3.75	7.0	48.4	41.9
1100	45	2.0	23.0	61.2	65.5
		2.25	10.5	57.3	50.8
	50	2.25	21.0	65.9	68.2
		2.75	7.5	43.9	40.4
		3.0	1.0	36.9	22.0
	55	2.5	23.0	68.4	68.7
		2.75	21.5	56.7	59.6
		3.0	6.0	48.2	46.6
	60	2.25	23.0	64.8	75.4
		2.75	22.0	62.5	69.3
		3.25	4.7	50.8	51.2

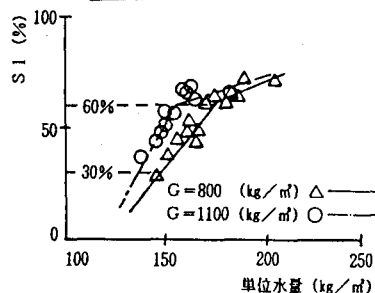


図1 単位水量とS I値の関係

流動化コンクリートの降伏値 τ_f' は、次式によって求めた。

$$\tau_f' = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \tau_f \quad \beta_1 : \text{振動による降伏値の減少率 (0.4)} \quad \dots (2)$$

β_2 : 流動化剤による降伏値の減少率 (0.83)

τ_f : モルタル (ブレン) の降伏値

ここで、 τ_f については、菊川がブレンモルタルを対象として行った降伏値の実験結果³⁾を引用した。また、 β_2 の値については、図2に示す菊川が流動化モルタルを対象として行った降伏値の実験結果⁴⁾から、SI試験で用いた流動化剤と菊川が用いた流動化剤の性能の違いを考慮して、 β_2 の値を0.83とした。半径 r の粒子1個に付着するモルタル重量 $W_m(r)$ は、図3より次式で表される。

$$W_m(r) = 10 \pi r^2 / 3 g \cdot \tau_f' \quad \dots (3)$$

半径 r の粒子1個に付着するモルタル重量 $W_m(r)$ から、粗骨材の粒度分布を考慮することにより、球形の粒子 G (kg) 全体に付着するモルタル重量 W_s が求められる。また、初期状態においてコンクリート試料中に含まれるモルタル重量を W_{mf} とすると、(1)式の定義よりSI値は次のようになる。

$$SI = (W_{mf} - W_s) / 100 \quad (\%) \quad \dots (4)$$

4. 解析結果および考察

図4に示すように、 $G=800 \text{ kg/m}^3$ および $G=1100 \text{ kg/m}^3$ 解析値は比較的良く一致している。しかし、SI値が40%以下の領域では、解析値は実験値より小さい値を示した。これは、単位水量が小さくなるにつれてモルタルが粘塑性体の性質を帯びてくるため、単なるビンガム流体としては取り扱えないためと考えられるが、実際の施工では、これらの領域の流動化コンクリートはほとんど利用されていないので、特に問題はないと考えられる。また、SI値が60%以上の領域では、解析結果の表すSI曲線の勾配は実験結果と同様に小さくなる傾向を示した。既往の研究より、これらの領域ではどの粗骨材にも付着しないモルタルが生じ、それらが分離しているために、「Wet Segregation」を生じていることが明らかとなっていたが、解析結果においても同様に、実験の際に見られた「Wet Segregation」が生じることによるSI曲線の傾きの変化を十分に表している。このことから、「Wet Segregation」を生じるような領域ではモルタルはビンガム流体の性質を顕著に表しており、このような仮定のもとで行った解析および解析手法で、流動化コンクリートの「Wet Segregation」はSI値によって十分に表されることが判明した。

5. 結論

流動化コンクリートの「Wet Segregation」については、既往の研究よりSI値が60%以上の領域で生じることが明らかとなっていたが、解析結果からもその領域をSI値を用いて十分に表しえることが明らかとなった。したがって、流動化コンクリートの「Wet Segregation」をSI値を用いて定量化する見通しが得られたと言えよう。

〔参考文献〕

- 1) 蓮池康志他、コンクリートの材料分離の定量化に関する基礎的研究、土木学会中部支部論文集(1988)
- 2) 木村昌博他、ブレンコンクリートの材料分離の定量化に関する基礎的研究、セ技年報(1989)
- 3) 菊川浩治、フレッシュコンクリートの粘度式とその適用性に関する研究、学位論文(1987)
- 4) 菊川浩治、流動化コンクリートのレオロジー定数について、土木学会論文集(1985)

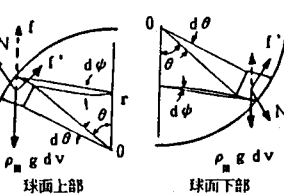
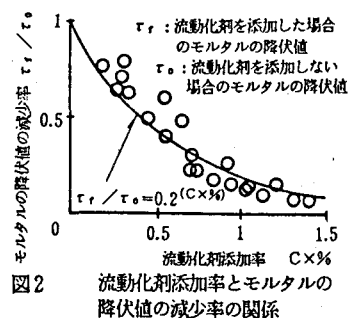


図3 力の釣り合い状態

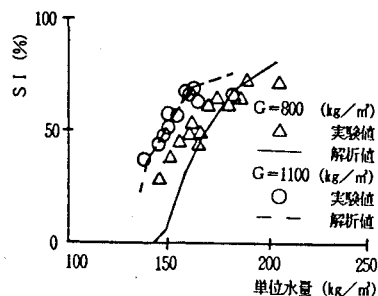


図4 単位水量とSI値の関係