

ポリスチレンビーズを骨材として用いたコンクリートのワーカビリティ評価に関する一考察

九州大学 学生員 中川普紀

九州大学 正会員 牧角龍憲

九州大学 学生員 松尾栄治

九州大学 学生員 大島基義

1. まえがき

ポリスチレンビーズ（以下PSBと略す。）を粗骨材として用いたコンクリートの問題点の一つとして、比重や圧縮強度をはじめとする測定値のばらつきが、普通コンクリートと比較して大きいことが挙げられる。これは材料間の比重差が大きいことによりマクロ的な材料分離が生じ、均質なコンクリートの作成が困難になることに起因する。すなわちPSBコンクリートのフレッシュ状態におけるワーカビリティおよび材料分離性状と、硬化コンクリート中の材料の均質性の関係を明らかにすることは重要な課題であると思われる。

本研究では、ワーカビリティに影響を与える要素としてモルタルの粘性およびPSBの粒径に着目し、配合要因について定量的な検討を行っている。またその評価方法についての検討を行った。

2. PSBコンクリートにおける材料分離

PSB粒子がモルタル中で静止している状態を考える。PSBの粒径を ϕ 、モルタルの比重を ρ_m とすると、作用する浮力は $(4/3)\pi\phi^3\rho_m$ である。PSB粒子に作用する重力はこの浮力と比較すると無視できるほど小さいので鉛直上方に作用する力は浮力のみとみなすことにする。またPSBの表面積は $4\pi\phi^2$ であるからモルタルの粘性による摩擦力は $k\mu 4\pi\phi^2$ （ μ :摩擦係数、 k :コンシステンシーに関する定数）で表される。

この両者が釣り合っている状態ではPSBの分離は生じないと考えられる。しかし締め固め等による外力からのエネルギーの作用により、モルタルの粘性が一時的に低下し浮力が摩擦力を上回り、その結果PSBが上方に分離する。すなわちPSBには潜在的な分離力（外力の作用によって初めて運動を起こす力）を持ち合わせており、これは浮力に比例すなわち ϕ^3 に比例すると考えられる。この分離力を $\alpha = k_1(4/3)\pi\phi^3\rho_m$ と表し、抵抗摩擦力を $\beta = k_2\mu 4\pi\phi^2$ とおくと、分離の傾向は

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{k_1(4/3)\pi\phi^3\rho_m}{k_2\mu 4\pi\phi^2} = \frac{\phi\rho_m}{3\mu} K \quad \left(K = \frac{k_1}{k_2} \right) \quad \text{で考えられる。}$$

上式は ϕ の一次式であるので、作用する外力が一定であればPSBの粒径と分離傾向は直線的な関係になるはずである。本実験では粘性を種々変化させたモルタルを用いたPSBコンクリートにおいて、場所や位置による比重の違いを材料分離の指標とすることにより、上記の関係が成立するか否かについて検討した。

3. 実験方法

3.1 練り混ぜ方法

配合要因による比較を行うため、練り混ぜ方法は一定にする必要がある。本実験ではオムニミキサを用い、まずモルタルを3分間練り混ぜ、PSBを投入して更に3分間練り混ぜた。

3.2 水平方向の材料分離評価試験

PSBコンクリートを練り混ぜた後、モルタルフロー試験に準じてフロー値を測定する。その上から $\phi 10\text{cm}$ の円筒を垂直に挿入し、内側と外側に分割（図.1参照）して、内側と外側コンクリートの比重差を測定した。比重差が0に近いほど材料分離抵抗度が大きく、モルタル粘性が小さい場合にはモルタルが外側に広がってもPSBを運ぶ作用が小さく、結果的に内側部分の比重

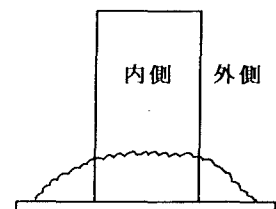


図.1

が小さくなると判断できる。

結果：目視により明らかに材料分離が生じていても、すなわちモルタルの粘性不足によりPSBが上方に浮いていることが明らかな場合でも、この試験方法による判定では比重差が0に近くなったり、逆に外側部分の比重が小さくなることがあり、材料分離抵抗度を測定する方法としては適当ではないと考えられる。

3.3 鉛直方向の材料分離評価試験(A)

材料の比重差による分離の発生という観点からも浮力の作用方向を考え、鉛直方向についての評価方法を検討した。まずPSBコンクリートを練り混ぜ、φ10×20cmの円柱供試体に詰めるた後、卓上バイブレータを一定時間作動させる。硬化後脱型し、上下方向に2分割して比重差を測定する。

図.2は水セメント比を35,40,45%と変化させた場合の試験結果である。水セメント比35,40%については混和剤無混入であり、水セメント比45%についてのみ粘性を増すため水中不分離性混和剤（以下増粘剤と称す。）を混入している。まず水セメント比35%と40%の比較を行ってみると、当然のことながらバイブレータ作動時間が長いほどすなわち外力の総和が大きいくほど材料分離が大きくなっている。また粘性の小さい水セメント比40%の方がグラフは上方になる。水セメント比45%については増粘剤の影響により、作動時間5秒では水セメント比40%と同程度の分離状態まで改善されている。更に作動時間が大きくなると逆に分離の程度が水セメント比40%よりもかなり小さくなっている。すなわち水セメント比による粘性増加よりも増粘剤による粘性増加のほうが、外力に対して分離抑制効果が大いといえる。

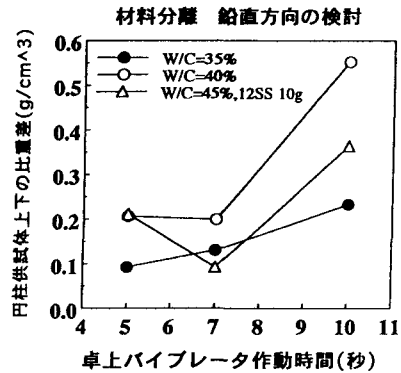


図.2

3.4 鉛直方向の材料分離評価試験(B)

図.3および表.1は、5層に分割した同一供試体①②についての2通りの3分割方法による材料分離判定の結果である。このように中部厚を大きくとったほうが感度がよくなっている。すなわちPSBコンクリートにおいては分割方法によって判定の感度が大きく異なってくる。今後は供試体寸法の影響も考慮して、上部厚:中部厚:下部厚=1:2:1とすることにした。

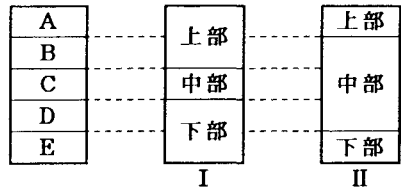


図.3

表.1

	卓上振動台 作動時間	分割 方法	比重			標準 偏差
			上部	中部	下部	
①	2秒	I	1.41	1.35	1.52	0.1264
//	//	II	1.34	1.44	1.57	0.1617
②	5秒	I	1.21	1.59	1.83	0.4415
//	//	II	1.04	1.54	2.02	0.6958

表.2

要因	水準
W/C	35, 40, 45 (%)
P	30, 40, 50 (%)
S	0, 1/2, 標準
φ	約6, 約10 (mm)
T	0, 5 (秒)

更に表.2の要因，水準に従って試験を行い下記のモデル式を用いて解析を行う。

$$Y = a \cdot (W/C)^b \cdot P^c \cdot S^d \cdot \phi^e \cdot T^f$$

ここに、Y：材料分離に関するパラメータ

P：ペーストの容積比(%)

S：混和剤使用量

φ：PSBの平均粒径

T：卓上バイブレータ作用時間に関する変数

a～f：回帰係数

そこで前述のYとKについての相関性について検討する。

尚、試験結果については講演時に発表する予定である。