

実機ミキサにおけるコンクリート練混ぜ時の中空微小球の分散性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○水野浩平 林 大介 橋本 学
デンカ(株) 正会員 五十嵐数馬 庄司 慎

1. はじめに

中空微小球はアクリロニトリル系樹脂製の粒径 0.05~0.09 mm の中空球体である。既往の研究¹⁾において、中空微小球はコンクリート中に微細な独立気泡として存在し、凍結融解抵抗性を向上させることが報告されている。しかし、中空微小球は密度が 0.13 g/cm³ と軽いため、バッチャープラントのミキサへ直接投入する場合、セメント用の集塵機に回収される可能性などがあり、適切に混和できないことが懸念される。本稿では、中空微小球を水溶紙に梱包して添加する方法を検討するとともに、プラントの実機ミキサにて練り混ぜた場合のコンクリートのフレッシュおよび硬化性状に関する各種試験を実施した結果について述べる。

2. 水溶紙の検討

2.1 実験概要

実機ミキサでの実験に先立ち、中空微小球を梱包する水溶紙を選定するため、室内試験による予備検討を実施した。使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートは容量 50 L の水平二軸型ミキサを用いて 90 秒間練り混ぜ、0.5vol%の中空微小球を水溶紙に梱包して投入した。なお、既往の研究¹⁾により、JIS A 1128 の圧力法による空気量の測定では中空微小球により圧力伝達が抑制され、実際に混入された空気量よりも小さい値となることがわかっている。そのため、本検討では JIS A 1116 に準拠し質量法で測定した。

2.2 実験結果

水溶紙は写真-1に示すポリビニルアルコール（以下、PVA と記す）製および写真-2に示すパルプ製の 2 種類について検討した。空気量およびスランプの試験結果を図-1に示す。PVA 製の水溶紙を用いた場合、空気量が 6.9%まで増大し、規格値を満足しなかった。これは、PVA 自体が増粘成分を有しているため、練混ぜ時に空気を巻き込み、空気量が増大したものと考えられる。

また、中空微小球を添加していないベースコンクリートのスランプが 8.0 cm であるのに対し、中空微小球を添加したものでは 12.5 cm に増加した。一方で、パルプ製の水溶紙を用いた場合、スランプおよび空気量ともにベースと同等のフレッシュ性状が得られた。パルプ製の水溶紙は繊維がほどけるように溶解する状況が確認され、空気を巻き込むことなく均一に練り混ぜられたものと考えられる。

表-1 使用材料

材料名	記号	摘 要
水	W	上水道水または上澄水
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度:3.16 g/cm ³
細骨材	S1	①砕砂,表乾密度:2.63 g/cm ³ ,粗粒率:2.97 ①:② ②山砂,表乾密度:2.60 g/cm ³ ,粗粒率:1.67 =85:15
		①砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00 ①:②:③ ②山砂,表乾密度:2.58 g/cm ³ ,粗粒率:2.00 =30:35:35 ③砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00
	S2	①砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00 ①:②:③ ②山砂,表乾密度:2.58 g/cm ³ ,粗粒率:2.00 =30:35:35 ③砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00
		①砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00 ①:②:③ ②山砂,表乾密度:2.58 g/cm ³ ,粗粒率:2.00 =30:35:35 ③砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00
粗骨材	G1	①碎石 2010,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,実積率:62.9% ①:② ②碎石 1005,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,実積率:62.4% =85:15
	G2	碎石 2005,表乾密度:2.66 g/cm ³ ,実積率:60.0%
AE	Ad1	リガニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体
減水剤	Ad2	リガニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩
AE 剤	AE	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
中空微小球	FTP	表乾密度:0.13 g/cm ³ ,粒径:50~90 μm アクリロニトリル系樹脂

3. 中空微小球の分散性に関する検討

3.1 実験概要

バッチャープラントの容量 5.0 m³ の強制二軸式ミキサを用いて 4 m³ のコンクリートを 30 秒間練り混ぜた後、停止

表-2 コンクリートの配合

上段:試験ケース 下段:(使用材料)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					AE (C×%)	中空微小球 (vol%)
					W	C	S	G	Ad		
室内試験 (S1,G1,Ad1,AE)	50	44.6	8.0 ±2.5	4.5 ±1.5	168	336	799	999	0.84	0.0045	— 0.5
実機試験 (S2,G2,Ad2,AE)	55	48.0	8.0 ±2.5	4.5 ±1.5	170	310	868	950	3.41	0.0020	— 1.0

キーワード 中空微小球, 空気量, リニアトラバース法, 実機ミキサ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6756

状態でパルプ製の水溶紙に梱包した中空微小球を投入し、さらに 30 秒間練り混ぜた。中空微小球は 1.0vol%の添加量を 1 袋あたり 0.25 m^3 分に分割して合計 16 袋の水溶紙に梱包し、ミキサの点検口から投入した。投入直後のミキサ内の状況を写真-3 に示す。コンクリートを製造してアジテータ車に積載し、運搬を想定して 30 分待機した後、 1.0 m^3 を排出するごとに 3 回のサンプリング（頻度は前、中、後と表記）を行った。空気量の測定は、フレッシュ状態では質量法にて、硬化後は ASTM C 457 に準拠しリニアトラバース法にて実施した。

3.2 実験結果

練混ぜ直後のミキサ内の状況を写真-4 に示す。目視では練混ぜ直後のコンクリートに水溶紙の破片や中空微小球の塊は観察されず、コンクリート中に水溶紙が溶解し、均一に練り混ぜられたものと考えられる。空気量およびスランプの試験結果を図-2 に示す。スランプは前、中、後の 3 水準においてそれぞれ 8.0 cm, 8.0 cm, 7.5 cm であり、同程度の値が得られた。空気量についてはフレッシュ状態では前、中、後でそれぞれ 4.2%, 5.2%, 5.2% であり、「前」のみが低い値となったが、硬化後では前、中、後でそれぞれ 4.9%, 4.5%, 4.4%と同程度の値が得られており、ばらつきは少ないものと判断される。中空微小球を添加していない同一配合のベースの結果と併せて、気泡径分布を図-3 に示す。ベースについては 0.125 mm 付近に空気量 0.47%とピークが認められるのに対し、前、中、後ではいずれも直径 0.075 mm 付近に空気量 0.9%程度の明瞭なピークが認められた。これは、平均径 0.08 mm である中空微小球が気泡として抽出され、気泡径分布に影響したものと考えられる。圧縮強度の試験結果を図-4 に示す。圧縮強度についても前、中、後で同程度の結果が得られた。

4. まとめ

中空微小球をパルプ製の水溶紙に梱包することで、実機ミキサにおいてもそれらが飛散することなく適切に投入可能であり、前、中、後でばらつきなく同程度のフレッシュおよび硬化性状が得られたことから、空気量の安定したコンクリートが得られることを確認した。

参考文献

- 1) 林大介, 高木英知, 橋本学, 樋口隆行, 寺崎聖一, 五十嵐数馬: 中空微小球を用いたコンクリートのフレッシュ性状および凍結融解抵抗性に関する一考察, 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集, V-265, 2016



写真-1 PVA 製水溶紙



写真-2 パルプ製水溶紙



写真-3 投入直後



写真-4 練混ぜ直後

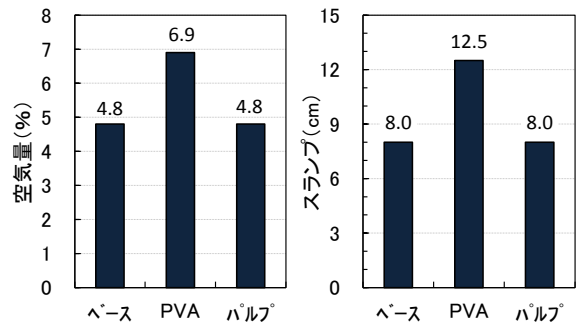


図-1 空気量およびスランプの試験結果（室内試験）

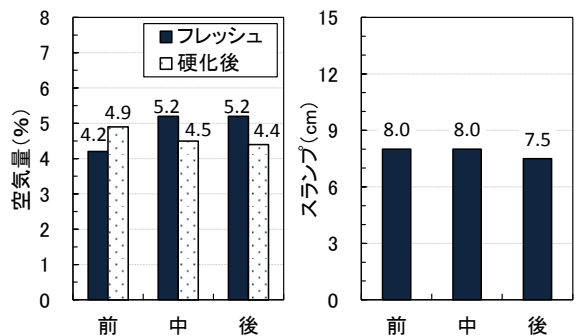


図-2 空気量およびスランプの試験結果（実機ミキサ）

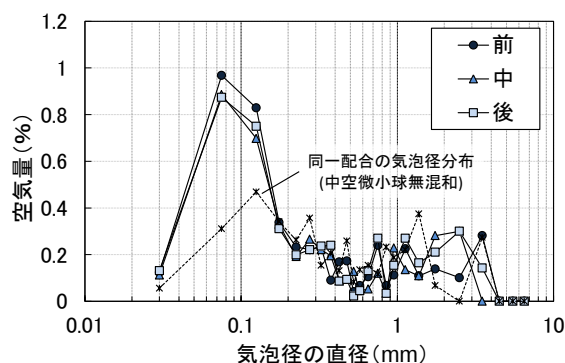


図-3 気泡径分布（実機ミキサ）

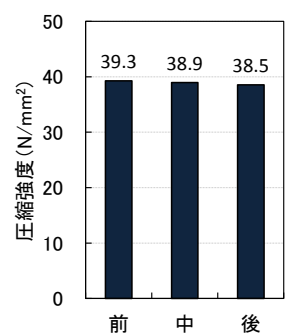


図-4 圧縮強度試験結果