

後添加した中空微小球の分散性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○橋本 学 林 大介 水野浩平
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、これまでの検討は室内試験によるものが大半で、実施工を想定した検討はほとんど行われておらず、実機ミキサで練り混ぜた場合に中空微小球がコンクリート中で適切に分散されるかについては検討がされていない。本稿では実施工を想定し、現着時のアジテータ車に積載した状態のコンクリートに中空微小球を後添加し、その分散性を各種実験により確認した結果について述べる。

2. 実験概要

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。レディーミクストコンクリート工場にて強制二軸式ミキサを用いて 4 m³ のコンクリートを練り混ぜた。その後アジテータ車に積載し、運搬時間を想定して 30 分待機させた後に、ホッパから 1.0vol% の中空微小球を投入し、120 秒間高速撹拌させた。中空微小球はパルプ製の水溶紙に梱包し、手で投入しやすいように 1 袋あたり 0.25 m³ 分に分割して合計 16 袋を投入した。サンプリングは 1.0 m³ を排出するごとに 3 回実施（頻度は前、中、後と表記）し、中空微小球の分散性をフレッシュ性状および硬化性状により評価した。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、本検討ではフレッシュ時は JIS A 1116 に準拠し質量法で測定した。また、硬化後の空気量は ASTM C 457 に準拠しリニアトラバース法で実施した。

3. 試験結果および考察

水溶紙に梱包した中空微小球を写真-1に、アジテータ車への中空微小球の投入状況を写真-2に示す。水溶紙に梱包することで、中空微小球は飛散することなく適切にアジテータ車のドラム内に投入され、高速撹拌時においても飛散する状況は認められなかった。

スランプ、フレッシュ時の空気量、硬化後の空気量、気泡間隔係数および圧縮強度の試験結果を表-3に示す。スランプは中空微小球を添加しないベースコンク

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	S	①砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00
		②山砂,表乾密度:2.58 g/cm ³ ,粗粒率:2.00 ①:②:③=30:35:35
		③砕砂,表乾密度:2.65 g/cm ³ ,粗粒率:3.00
粗骨材	G	砕石 2005,表乾密度:2.66 g/cm ³ ,実積率:60.0%
AE 減水剤	Ad	リグ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:0.05～0.09 mm アクリロニトリル系樹脂

表-2 コンクリートの配合

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		
55	48.0	8.0±2.5	4.5±1.5	170	310	868	950	3.41	0.002	— 1.0

キーワード 中空微小球, 気泡径分布, 気泡間隔係数, アジテータ車

連絡先 〒103-8338 東京都中央区日本橋 2-1-1 TEL 03-5290-5363

た．これは，中空微小球が消失することなく安定してコンクリート中に存在するものと考えられる．

気泡径分布を図-2に，硬化後の空気量のうち0.15 mm未満と1 mm以上に区分した空気量を図-3に示す．気泡径分布より，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．また，0.15 mm未満の空気量はベースの0.84%に対し，前，中，後ではそれぞれ1.61%，1.68%，1.77%であり，中空微小球の添加により0.9%程度増加する結果が得られた．これは，平均径0.08 mmである中空微小球が空気泡として抽出された結果と考えられる．また前，中，後のばらつきも小さく，アジテータ車の高速攪拌により均一に中空微小球が分散されたことを示唆するものと考えられる．直径1 mm以上の空気量については前，中，後でそれぞれ0.72%，1.33%，0.66%であり，ばらつきが認められるが，中空微小球の平均径は0.08 mmであることから，エントラップドエアによるものと考えられる．

圧縮強度はベースの39.8 N/mm²に対し，前，中，後でそれぞれ35.1 N/mm²，36.1 N/mm²，36.1 N/mm²であり，前，中，後のばらつきは小さく，いずれもベースと比較して1割程度低い値を示した．一般に，フレッシュ時の空気量が1%増加すると圧縮強度は5%程度低下するとされており，今回の試験においても，中空微小球を添加した場合，ベースに対して1.5%程度フレッシュ時の空気量が増加していることが圧縮強度に影響を及ぼしたのと考えられる．

以上の結果より，現着時においてアジテータ車のホップから後添加することにより，中空微小球は十分に分散されることが確認された．

4. まとめ

アジテータ車に後添加した中空微小球の分散について各種試験により検討した．その結果，中空微小球をパルプ製の水溶紙に梱包しアジテータ車のホップから投入することで，それらが飛散することなく適切に添加でき，コンクリート中に均一に分散することが確認された．

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，pp529-530，2016

表-3 各種試験結果

要因	スランプ (cm)	空気量 (%)		気泡間隔 係数 (μ m)	圧縮 強度 (N/mm ²)
		フレッシュ	硬化後		
ベース	9.5	3.8	4.4	319	39.8
前	9.5	5.4	4.5	207	35.1
中	8.5	5.0	5.3	222	36.1
後	8.5	5.2	4.9	201	36.1

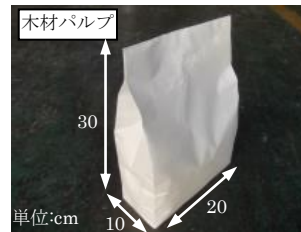


写真-1 水溶紙に梱包した中空微小球



写真-2 アジテータ車への投入状況

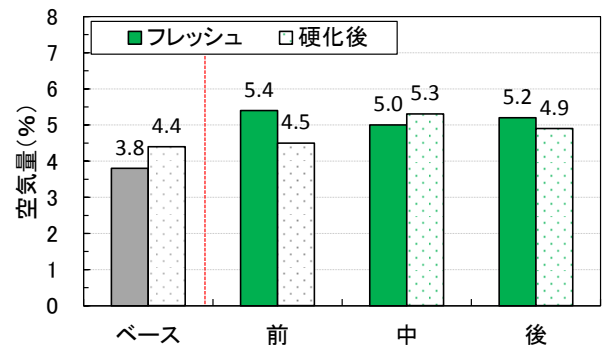


図-1 空気量試験結果

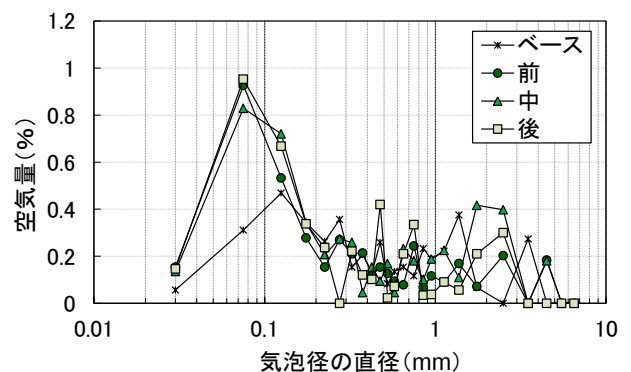


図-2 気泡径分布

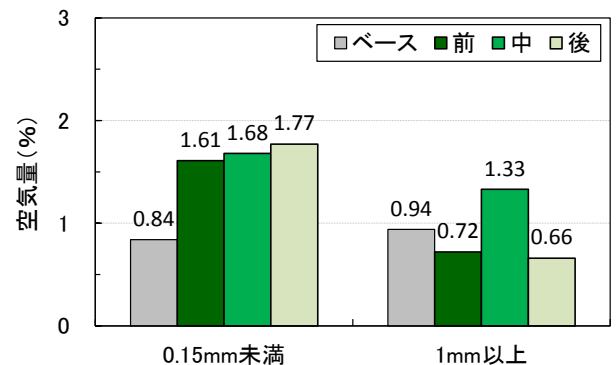


図-3 各気泡径における空気量