

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

鹿島建設(株) 正会員○林 大介 正会員 高木英知 正会員 橋本 学
デンカ(株) 正会員 樋口隆行 正会員 寺崎聖一 正会員 五十嵐数馬

1. はじめに

コンクリート構造物の凍結融解抵抗性を確保するためには、コンクリート中に存在する微細な気泡が重要とされており、AE 剤により微細な独立気泡（25～250μm）を連行することが有効とされている．一方で、コンクリートのブリーディングやバイブレータによる過剰な締固めなどにより、AE 剤を適正量用いても、凍結融解抵抗性に有効な気泡が確保されない場合が考えられる．そこで、本報告では、通常の AE 剤とアクリロニトリル系の樹脂からなる中空微小球を用いて、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実験的検討を行った．

2. 試験概要

(1) 中空微小球

中空微小球は、空気を内包したアクリロニトリル系の樹脂からできており、平均粒径で 40μm、みかけ密度が 0.13 g/cm³ からなる混和材である．中空微小球の SEM による画像を写真－1 に示す．

(2) 使用材料および配合

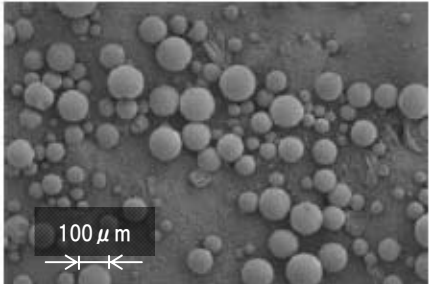
使用材料を表－1 に、コンクリートの配合を表－2 にそれぞれを示す．Phase I はフレッシュ性状および強度特性について検討し、Phase II ではフレッシュ性状および凍結融解抵抗性を評価した．中空微小球の添加率は、単位容積に対して Phase I は、0.5vol%、1.0vol%、1.5vol% の 3 ケースとし、Phase II では、0.5vol% のみとした．

(3) 実験方法

コンクリートの練混ぜには、容量 50ℓ の水平二軸強制練りミキサを用いた．また、練混ぜ時の中空微小球の添加は、骨材の投入と同時にを行った．練混ぜ時間については 3 分とした．フレッシュ性状に関して、スランプ、空気量および単位容積質量の測定は、JIS A 1101、JIS A 1128 および JIS A 1116 に従った．また、硬化後の圧縮強度試験および凍結融解試験については、JIS A 1108 および JIS A 1148 に従い実施した．

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュ性状



写真－1 中空微小球の SEM 画像

表－1 使用材料

材料名	記号	適 用
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度:3.16g/cm ³
細骨材	S1	砕砂, 表乾密度: 2.63g/cm ³ , 粗粒率: 2.97
	S2	砕砂, 表乾密度: 2.60g/cm ³ ,粗粒率:1.67
粗骨材	G1	砕石 2010,表乾密度:2.65g/cm ³ ,粗粒率:7.05
	G2	砕石 1005,表乾密度:2.65g/cm ³ ,粗粒率: 6.04
中空微小球	—	表乾密度: 0.16g/cm ³ , 粒径: 35～55μm, アクリロニトリル系樹脂
混和剤	Ad1	AE 減水剤（主成分: リニク [®] スルホン酸化合物）
	Ad2	空気調整剤（主成分: 変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤）

表－2 コンクリートの配合

Phase	配合名	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)						中空微小球 (vol%)	Ad1	Ad2
						W	C	S1	S2	G1	G2			
I	I－4.5+0.0	50.0	44.6	8.0	4.5±1.5	168	336	662	137	520	479	0.0	0.84	0.0036
	I－4.5+0.5	50.0	44.6	8.0	4.5±1.5	168	336	662	137	520	479	0.5	0.84	0.0036
	I－4.5+1.0	50.0	44.6	8.0	4.5±1.5	168	336	662	137	520	479	1.0	0.84	0.0036
	I－4.5+1.5	50.0	44.6	8.0	4.5±1.5	168	336	662	137	520	479	1.5	0.84	0.0036
II	II－4.5+0.0	55.0	45.7	10.0	4.5±1.5	172	312	609	213	512	472	0.0	0.78	0.0031
	II－4.5+0.5	55.0	45.7	10.0	4.5±1.5	172	312	609	213	512	472	0.5	0.78	0.0031

キーワード：中空微小球，凍結融解抵抗性，圧縮強度

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 042-489-8026

表-3 に Phase I, II のフレッシュ性状試験の結果を、図-1 に Phase I のスランプ試験の結果を示す。中空微小球を用いた場合の圧力法による空気量の測定では、中空微小球によって圧力伝達が抑制されることから、実際に混入された空気量よりも小さい値として測定される。そこで、質量法の測定結果についても併記した。質量法による測定結果より、全てのケースにおいて所定の空気量が確保されているものと考えられた。

図-1 のスランプの比較より、本検討の範囲では、添加率が 1.0vol% 以上になるとスランプが小さくなる傾向にあった。一方で、添加率が 0.5vol% の場合には、中空微小球を添加しないケースとスランプは同等の結果となった。この理由として、添加率が 0.5vol% の場合では中空微小球が球形であることによるボールベアリング効果が影響していると考えられる。一方で、添加率が 1.0vol% 以上になるとボールベアリング効果はあるものの、粉体の増加により比表面積が大きくなったことで、流動性が低下したものと考えられた。

(2) 圧縮強度

図-2 に Phase I の圧縮強度の比較を示す。図より、添加率が大きくなるに従い、強度は小さくなる傾向にあり、添加なしに対する強度の比率で、0.5% 添加の場合では 97%, 1.0% 添加で 94%, 1.5% 添加で 90% となった。一般的に、水セメント比が同一の場合、空気量 1.0% の増加によって圧縮強度は 4.0 ~ 6.0% 低下することがこれまでの知見で明らかとされており、本試験においても、中空微小球を用いることで、空気量の増加に伴う強度の低下率は、同程度となることが確認された。

(3) 凍結融解抵抗性

図-3 に Phase II の凍結融解試験結果を示す。既往の研究¹⁾において、凍結融解抵抗性を確保するためには、気泡径 0.15mm 未満の気泡を 0.5% 以上連行することが有効とされている。本検討では中空微小球を用いた場合の凍結融解抵抗性に対する有効性について評価した。中空微小球を添加しない空気量 4.5% のケースにおいても、1000 サイクルを超える十分な凍結融解抵抗性を示す結果が得られたが、空気量が 4.5% のコンクリートに 0.5vol% 添加したケースでは、さらに、凍結融解抵抗性が向上しており、1500 サイクロを超えた時点でも十分な凍結融解抵抗性を保持する結果となった。

4. まとめ

今回の実験の範囲では、中空微小球の添加率を 0.5vol% とすることで、フレッシュ性状および圧縮強度への影響を抑えつつ、凍結融解抵抗性を著しく改善できることが確認された。

参考文献

1) 坂田昇, 菅俣匠, 林大介, 橋本学: コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係にする考察, コンクリート工学論文集, Vol.23, No.1, pp.35-47, 2012

表-3 フレッシュ性状試験の結果

Phase	配合名	スランプ (cm)	空気量 (圧力法) (%)	空気量 (質量法) (%)	単位容積 質量 (kg/m ³)
I	I-4.5+0.0	8.0	4.9	4.8	2280
	I-4.5+0.5	8.0	4.5	4.8	2280
	I-4.5+1.0	6.0	4.0	4.5	2287
	I-4.5+1.5	6.0	4.2	5.0	2276
II	II-4.5+0.0	11.0	4.8	4.7	2286
	II-4.5+0.5	12.0	4.7	4.9	2281

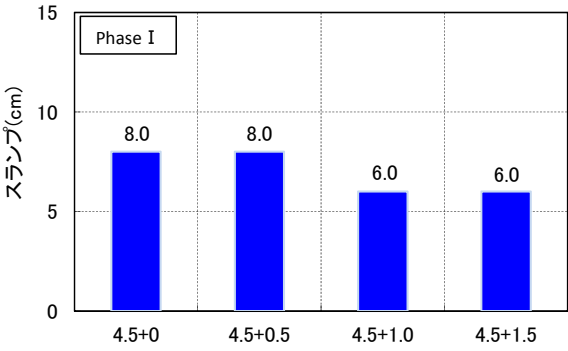


図-1 スランプの比較

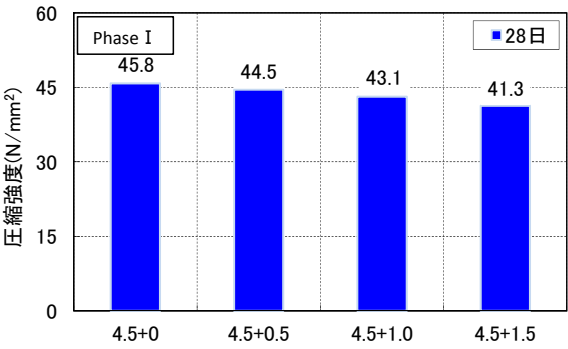


図-2 圧縮強度の比較

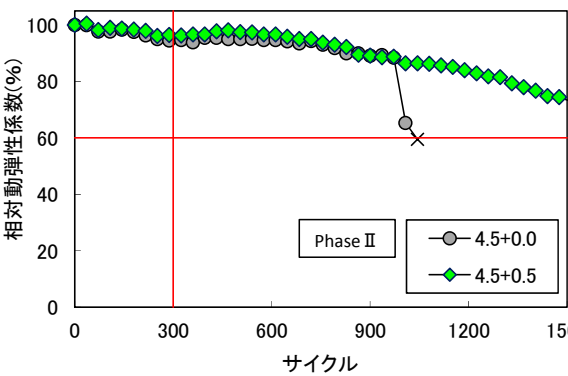


図-3 凍結融解試験結果