

中空ガラスを骨材として用いた軽量・高強度モルタルに関する基礎的研究

佐賀大学 大学院 学生員○寺崎 豊
 佐賀大学 理工学部 正会員 伊藤 幸広
 佐賀大学 理工学部 正会員 山内 直利
 佐賀大学 大学院 学生員 筒井 健多

1. はじめに

近年の建築物の超高層化, 土木構造物の長大化, 施工の合理化に伴い, 従来の軽量コンクリートより更に軽く強度の大きいコンクリートが求められてきている。軽量化, 高強度化を図るために, 有機・無機系の発泡ビーズや高強度人工軽量骨材を用いた研究が行われているが, 一般的に圧縮強度が 40MPa 以上となるとコンクリート密度は 1.5g/cm^3 以上となり, 大幅な軽量化は実現されていない。本研究では, 自動車部品やスポーツ用品等の軽量化材として利用されている中空ガラスに着目し, これを骨材として用いた軽量・高強度モルタルの流動性, 密度および強度特性について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

実験で使用した材料の物理的性質は, 表-1 に示す通りである。骨材として用いた中空ガラスは, 珪酸ガラスの微小中空球体であり, 密度は 0.63g/cm^3 のものである。殻の厚みは約 $1.8\mu\text{m}$ であり, 70MPa の静水圧中でも粒子の大部分が圧壊しないというものである。粒径範囲は $10\sim 110\mu\text{m}$ および平均粒径は $40\mu\text{m}$ であり, 粒子形状はほぼ真球に近いものである(写真-1)。

2. 2 配合および練混ぜ方法

モルタルの配合は, 表-2 に示すように中空ガラス体積混入率をモルタル全体積の 45% と一定とし, 水結合材比を 30, 35, 40, 45 および 50% と変化させた 5 配合について検討した。なお, 全ての配合においてシリカフェュームのセメント置換率を 20%, 高性能 AE 減水剤の添加率を結合材の 3% とした。モルタルの練混ぜにはホバートミキサを用い, 2 分間でペーストを先練りしてから, 中空ガラスを投入して 3 分間練り混ぜる方法とした。

2. 3 試験方法

試験項目は, フロー試験, 圧縮強度試験および曲げ強度試験であり, JIS R 5201 に準じて行った。養生方法としては, 打設から 1 日で脱型した後, 60°C の温水中で 3 日間養生を行ったもの(温水養生)と, 打設から 1 日で脱型した後, 20°C の水中で 27 日間養生を行ったもの(水中養生)について比較した。

表-1 使用材料

材料	特性
セメント	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm^3 , 比表面積 $3320\text{cm}^2/\text{g}$
シリカフェューム	E 社製, 密度: 2.20g/cm^3
中空ガラス	密度: 0.63g/cm^3 , 平均粒径: $40\mu\text{m}$
混和剤	T 社製高性能 AE 減水剤, 密度: 1.07g/cm^3 , (固形分 30%)

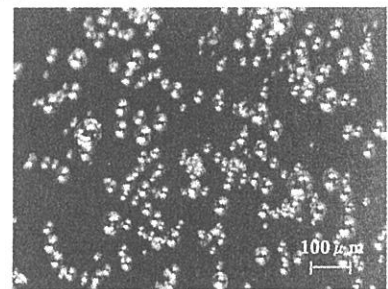


写真-1 中空ガラスの外観

表-2 配合表

水結合材比 W/B (wt%)	中空ガラス 混入率 (vol%)	単位量 (kg/m ³)						高性能 A E 減水剤 (B × wt%)
		水 : W		結合材 : B		高性能 A E 減水剤中の 固形分	中空ガラス	
		水道水	高性能 A E 減水剤中の 水分	セメント	シリカ フューム			
30	45	236	17.8	676	169	7.6	284	3.0
35		258	16.5	628	157	7.1	284	
40		278	15.4	586	147	6.6	284	
45		295	14.4	549	137	6.2	284	
50		310	13.6	517	129	5.8	284	

3. 実験結果および考察

図-1 は、水結合材比とフロー値の関係を示したものである。一般的に低水セメント比の配合で石粉などの不定形粒子の粉体を体積で4割以上混入すると練混ぜができないが、中空ガラスを用いると水結合材比30%でも練混ぜが可能となり、水結合材比35%ではフロー値212mmと高い流動性を得ている。これは中空ガラスが微小球体であるため、フライアッシュと同様にボールベアリングのような作用やセメントの分散性を良好にする作用により練混ぜ性能および流動性が向上したものと考えられる。

図-2 は、水結合材比と圧縮強度の関係を示したものである。養生方法の違いに関わらず、水結合材比の低下に伴い圧縮強度は増加する傾向を示すが、水結合材比35%で最大となり、水結合材比30%では強度が若干低下する。水結合材比30%のモルタルは、流動性が低いため十分に締固められず、強度が低下したものと考えられる。また、水結合材比と曲げ強度の関係は図-3に示す通りであり、圧縮強度と同様に水結合材比35%までは水結合材比の低下に伴い強度が増加する傾向が見られる。なお、水結合材比30%のモルタルで水中養生を行ったものは、供試体にクラックがあり、曲げ強度の測定が不可能であった。曲げ強度に関しては、養生方法の違いによる差異は大きく、温水養生の方が水中養生に比べ2MPa以上強度が大きくなっている。この理由としては、温水養生を行うことにより中空ガラスとペースト間の付着が改善されたことが考えられる。

図-4 は、水結合材比と養生終了後のモルタル密度の関係を示したものである。水結合材比の低下、すなわち単位結合材量の増加に伴い密度は増加し、その割合は水結合材比5%の低下に対し、約 0.015g/cm^3 であった。また、全ての配合について密度と圧縮強度の関係を示すと図-5の通りとなる。今回検討した配合では、密度は $1.16\text{g/cm}^3 \sim 1.23\text{g/cm}^3$ の範囲にあり、密度の増加に伴い圧縮強度が増加する関係が見られる。最も軽量なモルタルは、水結合材比50%で水中養生を行ったものであり、密度 1.16g/cm^3 、圧縮強度 37.6MPa であった。また、最高強度を示したモルタルは、水結合材比35%で温水養生を行ったものであり、密度 1.21g/cm^3 、圧縮強度 57.8MPa であった。

4. まとめ

中空ガラスは形状が球形であるため、低水結合材比のモルタルに多量に混入した場合でも、練り混ぜが可能となり高い流動性が得られる。また、中空ガラスを体積で45%混入したモルタルにおいて、密度 1.21g/cm^3 、圧縮強度 57.8MPa という軽量・高強度モルタルを製造することができた。

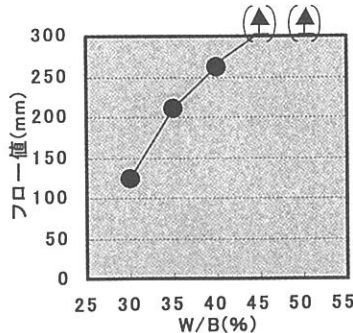


図-1 水結合材比とフロー値の関係

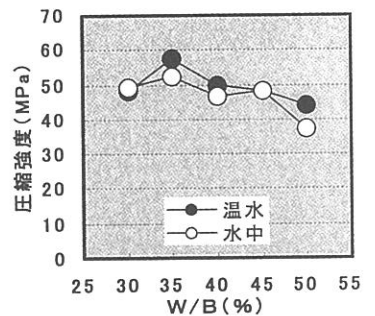


図-2 水結合材比と圧縮強度の関係

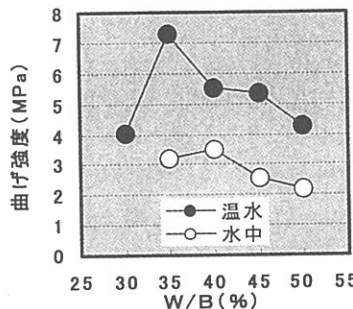


図-3 水結合材比と曲げ強度の関係

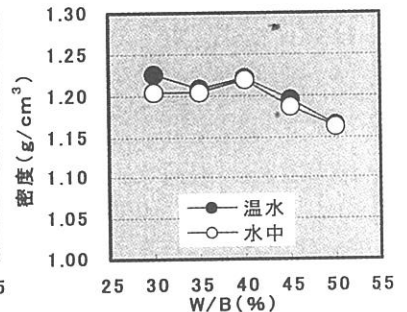


図-4 水結合材比と密度の関係

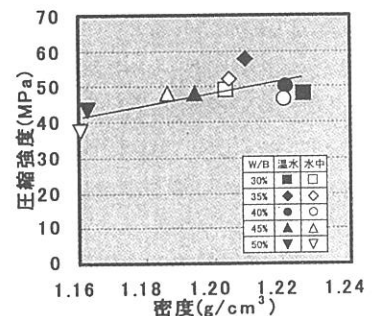


図-5 密度と圧縮強度の関係