

撥水材を混合したセメント系材料の水和反応と空隙構造に関する実験的研究

埼玉大学 正会員 ○欒 堯
 埼玉大学 小須田 和貴
 埼玉大学 廣嶋 章吾

1. はじめに

コンクリートの内部鉄筋の腐食、アルカリ骨材反応、凍結融解などの劣化現象は水が内部に浸入することと密接に関連している。水の浸入を防ぐため表面含浸工法が多く使用されているが、表面含浸材自体の劣化、ひび割れが生じた場合の水の侵入など問題点が指摘されている。一方、近年、撥水材の混合によってコンクリート内部に撥水性を付与する新しい撥水手法の研究が注目されつつある。筆者らの研究グループでは、今までの研究にシリコーン系撥水材を直接混入、細骨材の塗布というような2種類の手法で撥水性モルタルの試作を行い、ひび割れが生じた場合でも撥水性を発揮したことが実験で検証できた¹⁾。一方、撥水材の混合により強度が若干低下することが明らかになった。

本研究では、シリコーン撥水材の混入が水和過程と空隙構造に及ぼす影響を解明するため、撥水材を直接混入したセメントペーストを対象とし、水和反応率と細孔構造について実験的検討を行い、また強度への影響を検討した。

2. 実験概要

(1) 使用材料と供試体の作製

本研究では、アルキル変性シロキサンポリマーを主成分とする非水溶性シリコーン系撥水材（比重0.93）を用い、直接混入でセメントペーストとモルタルをそれぞれ作製した。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は表乾密度 2.61g/m^3 の川砂であり、モルタルの細骨材体積は50%とした。また、撥水材の混合率（セメントの質量に対する撥水材質量の比率）は3%、5%の2種類とした。供試体条件は表1に示す。

(2) 圧縮強度、水和反応率と細孔構造

セメントペーストとモルタルに対し、 $\phi 50 \times$

100mm の円柱供試体を用い、材齢7日と28日の圧縮強度を測定した。また、水和反応率と細孔構造の解析について、ペースト供試体を用い、材齢7日と28日において5mm角程度の小片に粉砕した。水和を停止するために、2-プロパノールに7日間浸漬した。その後、小片を真空環境下で24時間乾燥させ、粉末状に粉砕し、熱重量分析(TG)、X線回折(XRD)にて、化学組成、水和反応率を分析した。また、一部の小片を用い水銀圧入法により空隙分布を測定した。

表1 供試体条件

供試体種類	撥水材の混入率	W/C
モルタル	標準 (0%)	0.5
	3%	
	5%	
セメントペースト	標準 (0%)	
	3%	
	5%	

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度

図1にセメントペースト、モルタルの圧縮強度の結果をそれぞれ示す。モルタルの場合、撥水材の混入率の増加とともに、圧縮強度が若干低下する傾向が見られた。以前の研究¹⁾によって、撥水材の混入により骨材とペーストの界面（遷移帯）が若干脆弱化になることが原因と考えられる。一方、セメントペーストについては、混入率が3%の場合、標準供試体と比べ材齢7日の強度が僅かに低下しているが、材齢28日の強度が逆に向上しているが見られた。また、混入率が5%の場合、材齢7日と28日のいずれも標準供試体と比べ強度が低下していることが明らかになった。

キーワード シリコーン系撥水材、水和反応率、空隙構造、強度、撥水性

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学理工学研究科 TEL 048-858-3565

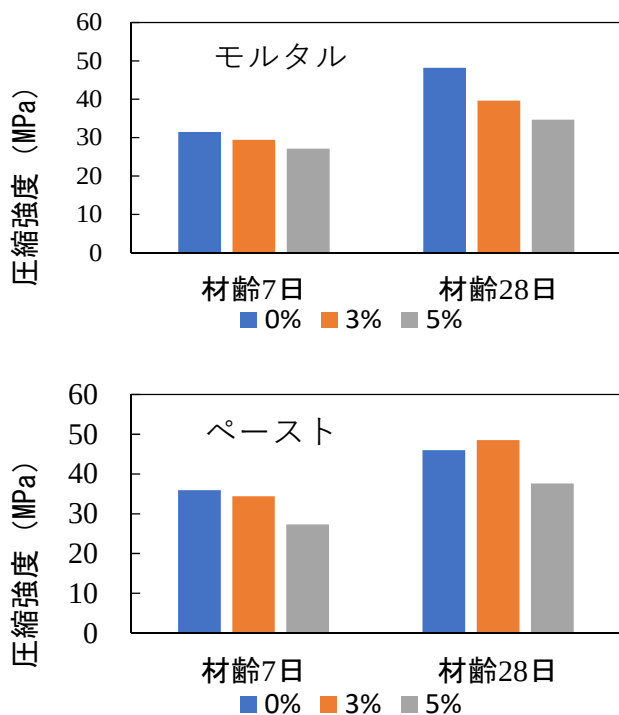


図1 圧縮強度

(2) 水和反応率

X線回折による撥水材を混合したセメントペーストの組成分析の結果、標準セメントペーストと同じ水和物が生成することが分かった。また、X線リートベルト法により分析し、水和反応率の解析結果を図2に示す。いずれの材齢においても3%、5%の水和反応率は標準ペーストより僅かに低下した。従って、撥水材の混合は水和反応に及ぼす影響が小さく、強度低下との関連性が小さいと考えられる。

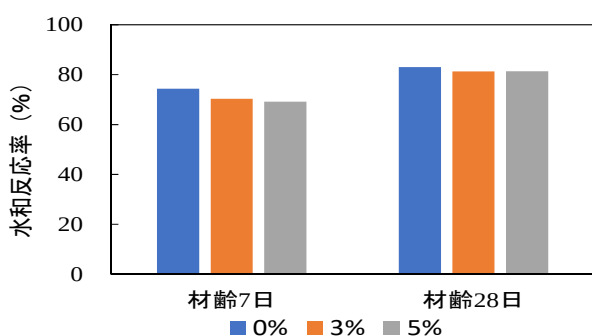


図2 水和反応率

(3) 細孔分布

図3に水銀圧入法により得られた積算細孔容積と細孔分布の結果を示す。混入率が5%の細孔構造は粗大化することが見られた。とくに、直径数十nmから1000nmの間に空隙が著しく増加することが見られた。一方、3%の細孔構造は標準と比べ、10nm~数十nmの間に若干緻密化することがわかった。

撥水材を混入する場合、水和物が毛細管空隙中に析出された際に、水和生成物の表面に結合して撥水層を形成させる。撥水材の結合により一部の水和物の形態が変化し、10nm~数十nmの細孔を緻密化させている。しかしながら、5%の場合、残存する撥水材が多く、数十nmから1000nmにおける空隙の顕著な増加を引き起こしたと考えられる。従って、混入量が5%の圧縮強度の低下は、細孔構造の粗大化が要因として挙げられる。

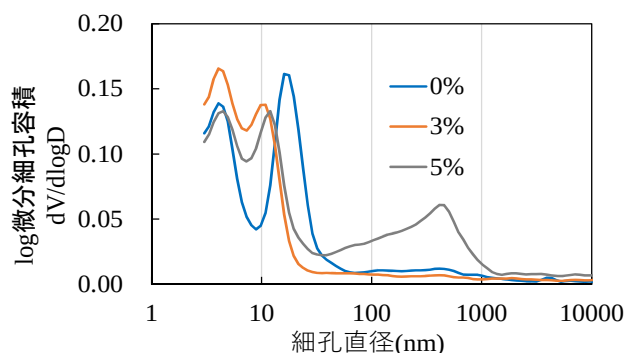
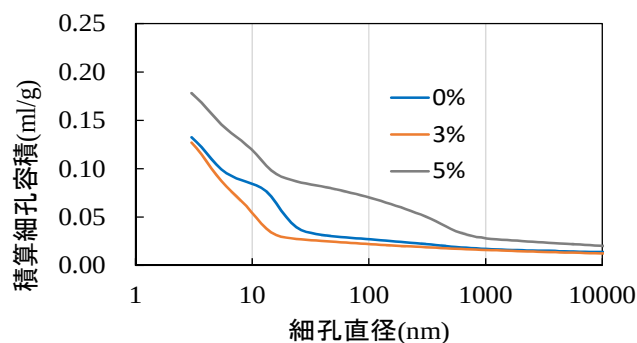


図3 細孔分布

4. まとめ

モルタルの圧縮強度は撥水材の混入率の増加と共に低下している一方、セメントペーストの場合は3%、5%の混入率が強度に対する異なる影響が見られた。また、水和反応率の解析結果により、撥水材の混入による影響が小さい。空隙構造について、標準供試体と比べ、混入量が3%の場合に細孔が若干緻密化になっているが、5%になると著しく粗大化になった。よって、混入量が5%の場合、強度の低下が細孔構造の粗大化により寄与されたと考えられる。

参考文献

- 1) 古田悠佳, 藥堯, 浅本晋吾, 米田大樹: 各種撥水材を活用したセメント系材料の内部撥水性の評価と材料特性の検討, コンクリート工学年次論文集, 2016, pp. 693-698.