湿潤状態コンクリートにも塗布可能な撥水材の開発に関する基礎的研究

福岡大学大学院　学生会員　○山田浩嗣　　福岡大学大学院　学生会員　佐藤悠士朗
福岡大学　　正会員　　櫨原弘貴　　福岡大学大学院　正会員　　添田政司

1. はじめに

既設構造物の予防保全を目的としてシラン系表面含浸材の利用が増加している．この材料は，コンクリート表面に撥水機能を付与でき，水や塩分の侵入抑制がなされる．ただし，湿潤状態のコンクリート面に塗布した場合には，十分に撥水機能を付与できない[1),2)]．そのため，湿潤状態のコンクリートに対しても撥水機能が付与できる新たな表面含浸材の開発が望まれている．一方で，ステアリン酸は，親水基と疎水基の両者を有する特異な材料である．この機能を利用して上記のコンクリートにも塗布可能な塗布型撥水材を開発することを目的とし，まず，構成される成分比の検討により撥水性能を明らかにした．その後，中性化促進試験や塩水浸漬試験により塗布時の塗布条件と養生環境の違いが抑制効果に及ぼす影響について検討し，湿潤状態コンクリートへの適用性を検討した．

2. 実験概要

2.1 構成成分比の違いが撥水性能に及ぼす影響

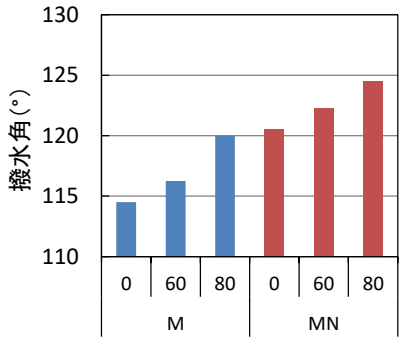
検討した撥水材は，ステアリン酸を主成分としたもので，ステアリン酸と脂肪酸の混合比を変化させ，添加剤としてメチルヘキサン（略号：M），ノーマルヘキサン（略号：N）を用いた計 6 種類を試作した．**表－1** には，成分比と添加剤の種類を示す．供試体は，普通ポルトランドセメントを使用した水セメント比 55%の角柱モルタルを作成し，水中養生を 28 日間行ったものを用いた．撥水材の塗布方法は，供試体の表面水率を 5.0±2%に調整し，試験面に刷毛を用いて 0.025ml/cm^2 塗布した．塗布後，温度 20℃，湿度 60%の環境下に 3 日間静置し，以下の試験を行った．(1)撥水状況：塗布面に水を一滴垂らし，マイクロスコープにより水滴を撮影し，撥水角 θ を測定した．(2)含浸深さ試験：JSCE-K 571「表面含浸材の試験方法（案）」に準拠し，撥水している範囲をノギスで測定した．(3)吸水率試験：JSCE-K 571 に準拠して行った．供試体の初期重量の測定後，水中浸漬を行った．その後，所定の試験材齢で重量測定を行い，重量の増加量によって吸水率を算出した．

表－1　検討溶液の水準

記号	脂肪酸の割合（%）	ヘキサン種類
M-0	0	メチル
M-60	60	
M-80	80	
MN-0	0	メチル+ノーマル
MN-60	60	
MN-80	80	

表－2　塗布条件及び養生環境

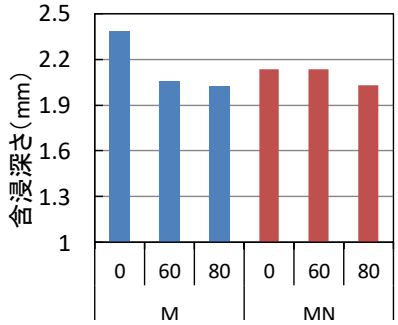
塗布量	塗布時の状態（表面水率（%））	塗布後養生
標準(0.025g/cm²) ×1.5(0.038g/cm²) ×2(0.05g/cm²)	湿潤（5～7%） 乾燥（3～4%）	乾燥 湿潤



図－1　撥水角

2.2 塗布条件と養生環境の違いが撥水材の抑制効果に及ぼす影響

試験には，2.1 の結果で最も撥水性が高い溶液を用いた．供試体は，2.1 と同様とした．**表－2** に塗布条件及び養生環境を示す．塗布条件は，塗布時の含水状態および塗布量を変化させた．塗布時の供試体の含水状態は，湿潤状態（表面水率：5～7%），乾燥状態（表面水率：3～4%）に調整した．また，塗布量は，標準の塗布量（0.025ml/cm^2）に加えて，1.5 倍，2 倍の量も検討した．塗布後の養生環境は，6 日間の乾燥あるいは湿潤状態とした．試験は，以下の 2 つを行った．(1)塩水浸漬試験：JSCE G 572 に準拠し，10%NaCl 水溶液に 28 日間浸漬した．その後，JIS A 1154 に準拠し，全塩化物イオン量を測定して，見かけの塩化物イオン拡散係数を算出した．(2)中性化促進試験：JIS A 1153 に準拠し，湿度 20±2℃，相対湿度 60±5%，CO2 濃度 5±0.2%の条件下で 28 日間の中性化促進を行った．



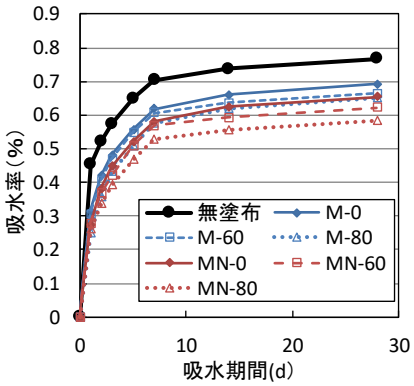
図－2　含浸深さ

キーワード：ステアリン酸，撥水性，含浸深さ，中性化，塩化物イオン
連絡先：〒814-0180　福岡県福岡市城南区七隈 8 丁目 19 番 1 号　福岡大学　TEL　092-871-6631

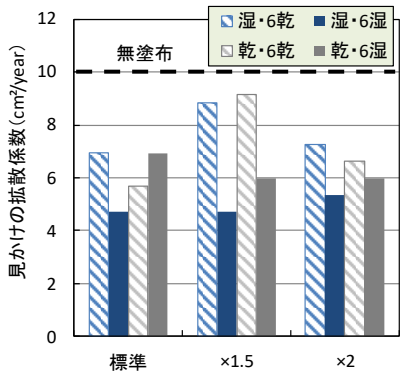
3. 実験結果および考察

3.1 構成成分比の違いが撥水性能に及ぼす影響

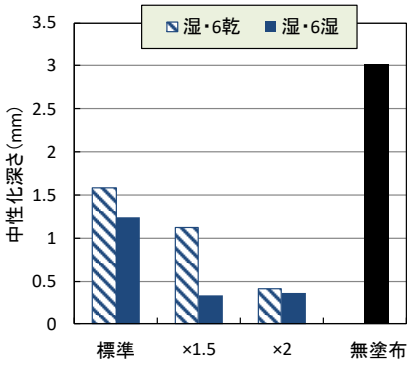
図－1 には，各種検討溶液における撥水角の違いを示す．今回の撥水角はいずれも 110°以上となり撥水性が確認された．MN シリーズの方が M シリーズよりも撥水角が大きくなる結果を示した．また，いずれのシリーズにおいても，脂肪酸の混和率が高くなるに従って，撥水角は大きくなる傾向も示した．なお，無塗布においては，即座にコンクリート内に浸透してしまったため，撥水角を確認できなかった．そのため，無塗布の撥水角は 0°としている．**図－2** には，含浸深さの結果を示す．含浸深さは，脂肪酸の混和率が高くなるに従って低下した．また，脂肪酸の混和率が 0%の場合には，M シリーズの方が MN シリーズよりも含浸深さが大きくなる結果を示した．それに対し，脂肪酸が混和された場合には，シリーズの違いによる明確な差は確認できなかった．**図－3** には，吸水率の経時変化の結果を示す．検討溶液を塗布した供試体の吸水率は，いずれも無塗布と比べて低下する結果を示した．脂肪酸の混和率による違いを見ると，脂肪酸の増加に伴って，吸水率は低下する傾向を示した．また，シリーズの違いで見ると，脂肪酸の混和率の違いに関わらず，MN シリーズの方が M シリーズよりも吸水率が低下する結果を示した．以上の試験結果から，総合的に評価すると，MN-80 が最も撥水性が高いと考えられる．その為，以降の試験では MN-80 を用いて検討を行った．



図－3 吸水率の経時変化



図－4 見かけの拡散係数



図－5 中性化促進試験結果

3.2 塗布条件と養生環境の違いが撥水材の抑制効果に及ぼす影響

図－4 には，各種塗布方法における見かけの塩化物イオン拡散係数を示す．無塗布と比較すると，いずれの塗布方法においても，見かけの拡散係数は低下する結果を示した．また，湿潤状態の供試体に塗布し塗布後も湿潤状態を保持したものが無塗布の 45%程度となり，最も低下する結果を示した．ただし，塗布量を増加しても，それに伴う塩化物イオンに対する抵抗性の向上は確認されなかった．以上のことから，対象とした撥水材は，湿潤状態のコンクリート構造物に対しても撥水機能を付与できると考えられた．**図－5** には，いずれも湿潤状態の試験面に塗布し，その後の養生環境が異なる供試体を用いて中性化促進 28 日を行った際の中性化深さを示す．いずれも中性化深さは塗布量が増加するに従って小さくなる結果を示した．塗布後も湿潤状態を保った供試体は，乾燥状態のものより中性化深さが小さくなっており，塗布量 2 倍になると大差ない結果となった．撥水性以外にも中性化に対する抵抗の向上も確認された．

4. まとめ

湿潤状態のコンクリートに対しても塗布可能な塗布型撥水材を開発することを目的として，構成成分比の検討および塗布条件と養生条件の違いが抑制効果に及ぼす影響について検討を行った結果，以下の知見が得られた．

1) ステアリン酸を用いることで，湿潤状態のコンクリートに対しても撥水性を付与できることが分かった．また，撥水性能は，成分比によって性能が異なり，ステアリン酸と脂肪酸の構成割合が 20：80 で吸水性及び撥水角が最も優れる結果を示した．
2) 湿潤状態のコンクリートにおいて，塩化物イオンに対する抑制効果の向上が確認できた．また，水や塩化物イオンに対する抑制効果以外にも，中性化に対する抵抗性の向上も確認できた．

参考文献：1）土木学会：コンクリートライブラリー119「表面保護工法・設計施工指針（案）」2005.4，2）今野拓也ら：コンクリートの養生条件・材齢が表面含浸材の吸水抑止効果に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.2，2007，pp541-546