モルタルの含水状態と水分移動が塩分浸透特性に与える影響

鹿児島大学大学院　学生会員　○小池　賢太郎　　鹿児島大学大学院　正会員　山口　明伸
鹿児島大学　学生会員　中田　拓磨　　鹿児島大学大学院　正会員　武若　耕司

１．はじめに

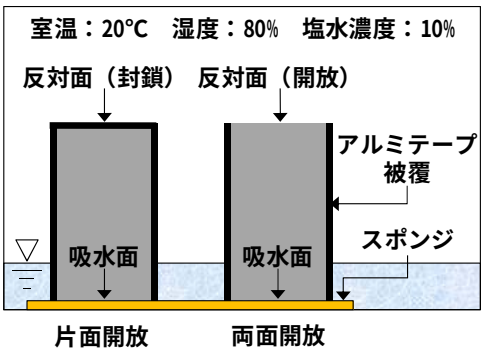
現在，コンクリート構造物の塩化物イオンの見掛けの拡散係数の推定方法の一つとして，土木学会コンクリート標準示方書では，暴露条件に因らず水セメント比のみを変数とした推定式が定義されている．しかし，既往の研究[1)]では，同一配合のコンクリートにおいても，暴露環境によって見掛けの拡散係数はそれぞれ異なる値を示すことが明らかになっており，その要因として乾湿繰り返し作用によるコンクリート内部の毛管水の移動が影響していると考えられる．そこで，本研究では塩水を用いた吸水試験により，モルタル供試体の湿潤状態および乾燥状態における吸水作用が塩分浸透に与える影響に関して実験的検討を行った．

２．試験概要

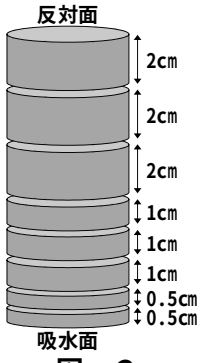
検討には，**表－１**に示す配合にて作製した，φ5×10cm の円柱供試体を用いた．配合決定に際しては水セメント比 0.5 として，目標フロー値が 150±10mm となるようにペースト容積比を調整した．また，脱型後は湿気箱養生を 3 日間施し，所定の初期含水状態に調整した後，吸水試験を実施した．なお，初期含水状態は湿潤状態として飽水状態，乾燥状態として絶乾状態の 2 種類とした．また，吸水試験の際には，**図－１**に示すように，吸水面を濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に完全に浸し，反対面は気中位置となるよう設置した．さらに，同図中に示したように，吸水面の反対となる面（以下，反対面）を開放する場合「両面開放」と，封鎖する場合「片面開放」の 2 ケースについて検討を行った．なお，供試体側面は水分の出入りが無いようにあらかじめアルミテープで被覆している．吸水開始後は，所定の吸水日数（0，1，3，7 日）経過後に，**図－２**のように供試体を厚さ（0.5，1，2cm）に切断し，それぞれの試験片の含水率を算出し供試体内部の含水率分布とした．なお，含水率は，吸水試験終了直後の試験片の重量と，その後炉乾燥器（110℃）で絶乾状態にした後の試験片の絶乾重量との差から求めた．さらに，供試体内部への塩化物イオン浸透状況を，各試験片に含まれる全塩化物イオン量により評価した．

表－１　供試体配合

セメント	W/C	ペースト容積比	S/C	単位量(kg/m³)		
				W	C	S
早強セメント	0.5	0.430	2.86	263	525	1505



図－１　吸水試験概要図



図－２　切断後の試験片幅

３．試験結果

モルタルの吸水後の含水率分布を初期含水状態，開放条件ごとに**図－３**および**図－４**に示す．まず，**図－３**は飽水状態から吸水を開始した場合である．この場合，開放条件や吸水期間に拘わらず，供試体内部の含水率は 7～9%程度で安定しており初期状態からの大きな変化が認められなかった．なお，吸水面の含水率が内部よりも小さくなっているのは供試体切断時の摩擦熱により水分が蒸発したためであり，特に試験片の薄い吸水面付近では，その影響が顕著に表れたと考えられる．

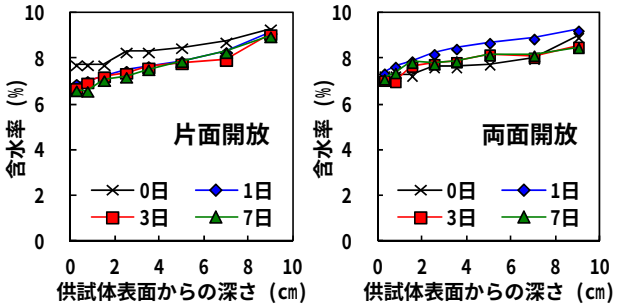
一方，**図－４**は，絶乾状態から吸水を開始した場合であり，開始時の絶乾状態から，僅か 1 日で深さ 5cm 以上の位置までの急激な吸水が生じていることが分かる．その後，表面から 4cm 程度までの表層部の含水率

キーワード　モルタル，含水状態，水分移動，塩分浸透，見掛けの拡散係数
連絡先　〒890-0065　鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40　ＴＥＬ099-285-8480

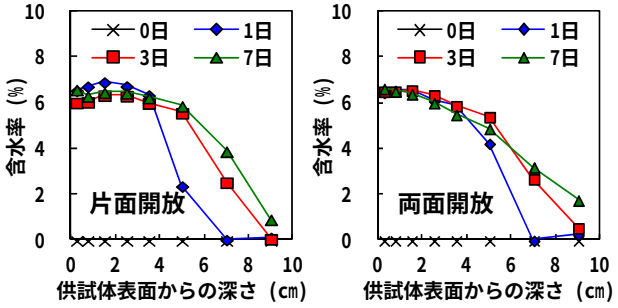
分布は比較的安定な状態を保ちつつ，より深部へと水の移動が継続している状況が確認できる．さらに7日後には，両面開放と片面開放の違いが明確に現れるようになり，両面開放の場合は両端面の含水率を直線的に繋ぐような含水率分布に移行していくのに対し，片面開放の場合は内部に拘束された空気の影響で，含水率の低い深部に向かって急激に含水率が低下するような曲線分布を示している．

次に，吸水後の塩分浸透状況として全塩化物イオン量分布を初期含水状態，開放条件ごとに**図－5**および**図－6**に示す．まず，**図－5**の飽水状態のモルタルへの塩分浸透特性は，概ね濃度拡散による塩分浸透とみなせる分布を示すことが確認された．ただし，両面開放の場合は，片面開放の場合には塩分浸透が認められなかった供試体深部まで一様な塩分濃度が加わっており，濃度拡散だけでなく，水分の移流に伴った塩化物イオンの浸透があるものと考えられる．この結果から，**図－3**の両面開放のように含水率分布からは安定しているように見える状態であっても実際には水がモルタル内部を移動しており，それに伴った塩化物イオンの濃度上昇が起こり得ることを示唆している．

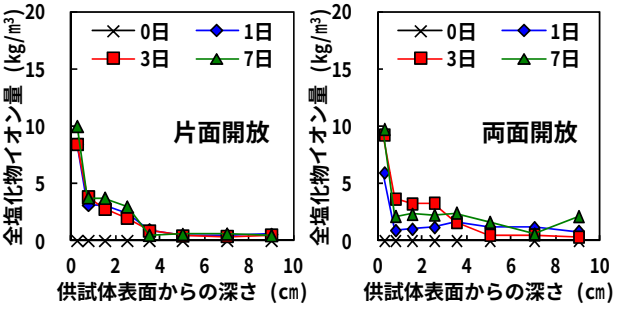
一方，**図－6**の絶乾状態から塩水を吸水した場合は，水分移動と同時に塩化物イオンの浸透が急激に進行し，1日目で5cm以上の位置まで到達した．その後も**図－4**の水分移動とほぼ同様の速度で深部へ浸透していく状況が認められる．ただし，含水率が安定していた表層部では，飽水状態での塩化物イオン浸透と同様の濃度拡散が認められることから，水分の移動状況に応じて塩化物イオンの浸透特性が異なることが確認された．



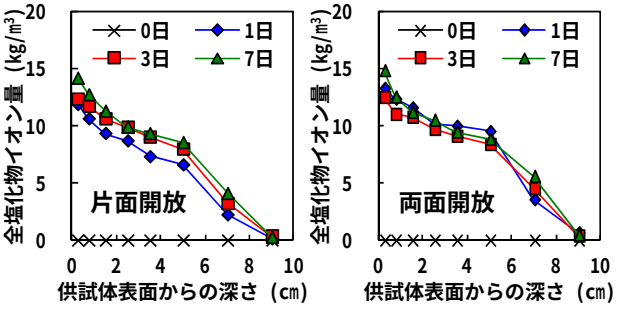
図－3　飽水状態から吸水を開始した場合の含水率分布



図－4　絶乾状態から吸水を開始した場合の含水率分布



図－5　飽水状態から吸水を開始した場合の全塩化物イオン量分布



図－6　絶乾状態から吸水を開始した場合の全塩化物イオン量分布

4．まとめ

モルタルの湿潤状態および乾燥状態における吸水作用が塩分浸透に与える影響に関する実験的検討により以下の結論を得た．

（1）モルタルへの水分移動は，初期の含水状態および開放条件によって大きく異なる．

（2）モルタル中に水分移動がほとんどない場合には，濃度拡散による塩化物イオンの浸透が認められるが，内部で水分移動が生じている場合には，それに伴った塩化物イオンの浸透が加わり濃度は上昇する．

（3）モルタル中の含水率分布が安定している状態であっても，開放条件によっては水分移動とそれに伴う塩化物イオンの浸透が生じている可能性がある．

【参考文献】 1）劉姸，武若耕司，山口明伸，石橋美希：塩害劣化の影響を受けるコンクリート構造物の塩分浸透性評価，土木学会第65回年次学術講演会講演概要集，V-219，pp. 437-438，2010. 9