

コンクリート中の空隙構造が水分移動および塩化物イオン浸透特性に与える影響に関する検討

鹿児島大学 学生会員 按 貴彰 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司 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 学生会員 福重 耕平

1. はじめに

一般的に、コンクリート構造物の塩分浸透予測は、コンクリート中への塩化物イオンの移動を濃度拡散現象として捉え、Fick の拡散方程式を利用した見かけの拡散係数および表面塩化物イオン量を設定することで評価されている。しかし、見かけの拡散係数には、濃度拡散だけでなく水分移動に伴う塩化物イオンの移動などの影響も含まれているため、水分移動の影響が顕著となる乾湿繰返し環境下では、予測精度が大きく低下することが問題となっている。そこで本検討では、塩化物イオン浸透試験により、モルタル中への水分移動および塩化物イオン浸透特性を検討すると共に、水銀圧入試験を行うことにより、移動特性と空隙構造との相関性について併せて検討した。

2. 試験概要

本検討には、表-1 に示す配合で作製した、4×4×12cm の角柱供試体を用いた。普通ポルトランドセメントを使用した供試体を OPC50 とし、普通ポルトランドセメントを高炉スラグおよびフライアッシュで置換した供試体を BB50、FB50 とした。配合決定に際しては水セメント比を 50% として、目標フロー値が 150±10mm となるようペースト容積比を調整した。また、脱型後は、供試体を 28 日間水中養生し、その後、所定の初期含水状態に調整して、浸透試験に供した。なお、初期含水状態は絶乾状態とした。

浸透試験の際には、図-1 に示すように、浸透面を濃度 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、気中に位置する反対面（以下、背面）および側面については、エポキシ樹脂とアルミテープで被覆し完全に封鎖した。

浸透開始後は、所定の試験日数（0, 1, 3, 7, 14, 28, 56 日）経過後に、図-2 のように供試体を厚さ 1cm に切断し、それぞれの試験片の飽和度を算出し供試体内部の飽和度分布とした。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を測定することにより評価した。なお、浸透開始前（吸水日数 0 日）の供試体については、試験片の半分を塩化物イオン量、残りの半分を水銀圧入試験による細孔空隙分布の測定に用いた。

3. 試験結果

3. 1 水分移動および塩化物イオン浸透状況

塩化物イオン浸透試験開始後の飽和度および全塩化物イオン量の経時変化を配合条件ごとに図-3 に示す。まず飽和度分布を比較すると、配合条件によって水分移動特性が大きく異なることが確認された。OPC50 では背面まで水分が移動しているのに対し、BB50 および FB50 では浸透面からそれぞれ深さ 4cm, 8cm 付近までしか水分が移動しておらず、高炉スラグ、フライアッシュを使用することで水分の移動が抑制されることが確認された。特に、OPC50 では試験日数の経過に伴う水分移動が観察されているのに対し、BB50 では試験日数 7 日以降の飽和度分布

表-1

呼称	W/B (%)	ペースト容積比	単体量 (kg/m ³)					
			水	セメント	高炉スラグ	フライアッシュ	無水石こう	砂
OPC50	50	0.415	254	508	—	—	—	1544
BB50		0.420	256	256	251	—	5.11	1518
FB50		0.425	252	404	—	101	—	1518

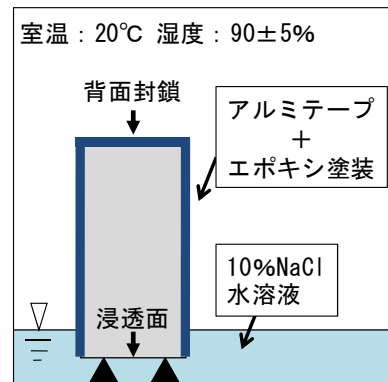


図-1 吸水試験概要図

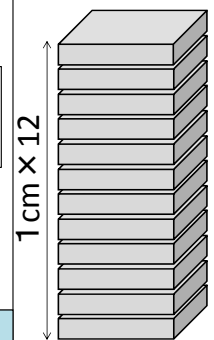


図-2 試験片幅

がほぼ同じ分布となっており、浸透初期の段階で水分移動が停滞する傾向が表れている。この現象は塩化物イオンの浸透状況にも認められ、OPC50では塩化物イオンの浸透深さが経時的に増加し56日で12cmに達しているのに対し、BB50では7日以降の塩化物イオンの浸透深さが2cm付近からほとんど変化していないことが分かる。

一方、いずれの供試体の場合も、飽和度分布と塩化物イオン分布は完全には一致しておらず、飽和度が低い領域では塩化物イオンの浸透が認められないという傾向は共通していた。これは、飽和度が低い領域での水分移動が蒸気拡散主体となり、塩化物イオンの移流を伴わなかったためと考えられる。

3. 2 水分移動と細孔構造との相関性

各配合の水銀圧入試験により得られた総細孔容積および細孔径分布を図-4に、連続空隙および不連続空隙の内訳を図-5に示す。なお、不連続空隙は水銀圧入試験の減圧の際にインクボトル効果によって測定できなかった空隙を不連続空隙として示している。BB50に着目すると、不連続空隙がOPC50、FB50に比べ顕著に多いことが確認された。図-3のBB50に認められた浸透初期における水分移動の停滞現象は、この空隙の不連続性が一因となっていると考えられる。同図のFB50の場合でも、総細孔容積は多いものの、不連続性が高いことからOPC50よりも水分移動が抑制される結果になったと考えられる。

図-6に各配合における試験日数56日時点の不連続空隙率と水分移動および塩化物イオンの浸透位置の関係を示す。なお、図中には既往の研究に基づき飽和度40%を液状水と水蒸気の境界と考えた場合の液状水移動位置を併せて示している。図より、不連続空隙率が大きくなると、水分浸透領域中における、液状水が存在し得る領域の割合が急激に減少することが示され、塩化物イオンの浸透領域は液状水の存在領域とほぼ合致することが分かる。

4. まとめ

混和材の使用によってモルタル中の水分移動特性および塩化物イオン浸透特性は大きく異なることが確認された。これは、内部の空隙構造の影響が大きく、不連続空隙率が多いほど液状水および塩化物イオンの移動が抑制されると考えられる。

参考文献

1) 小池賢太郎他：移流拡散方程式を用いたコンクリート中の塩化物イオン浸透モデルに関する検討，コンクリート工学年論文集。

Vol. 36, No. 1, pp. 904-909, 2014

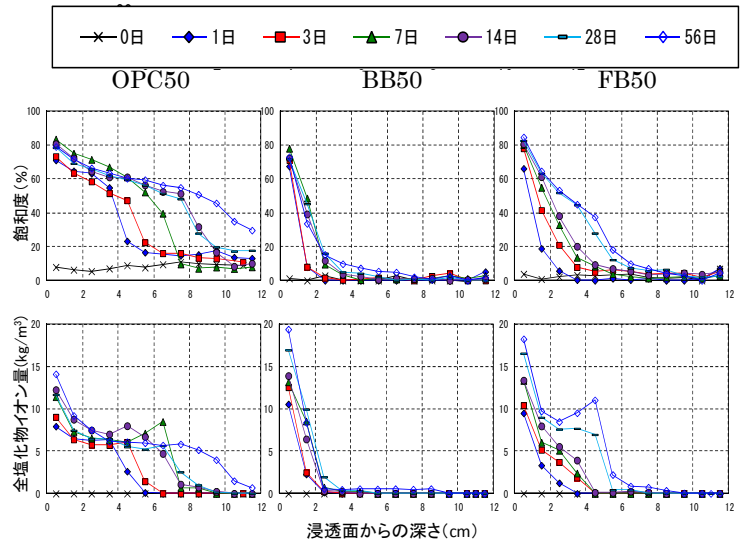


図-3 飽和度分布および全塩化物イオン量分布の経時変化

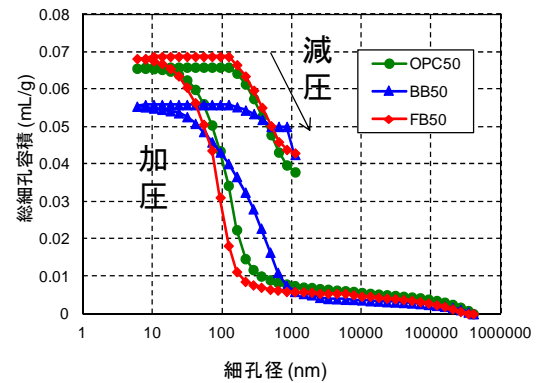


図-4 総細孔容積および細孔径分布

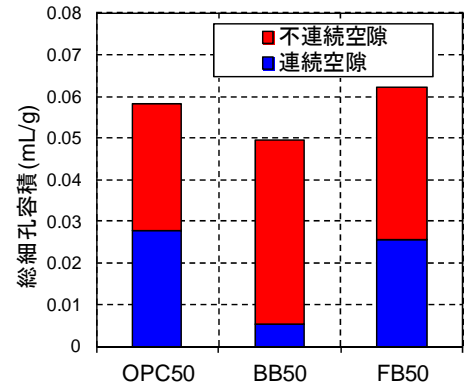


図-5 連続空隙および不連続空隙の内訳

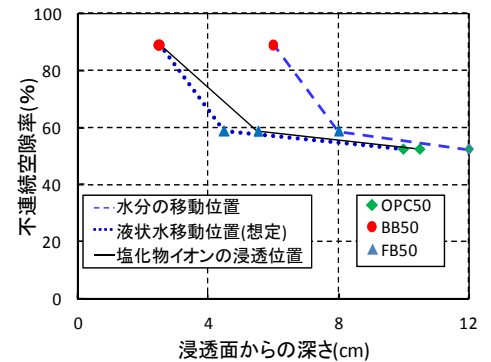


図-6 不連続空隙率との相関図