

コンクリートの塩分浸透抵抗性の評価手法について

鹿児島大学 学生会員 ○永吉 雄太 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学大学院 学生会員 久徳 貢大
鹿児島大学大学院 学生会員 小池 賢太郎

1.はじめに

近年、土木分野において構造物の長寿命化への取り組みが推奨されている。また、わが国には海岸構造物が多く存在しているため、塩害に対する耐久性の向上が火急の課題となっている。そのため、塩害対策として様々な検討が行われており、その一方法として、使用する材料や養生方法を変化させることでコンクリート自体の塩分浸透抵抗性を向上させる手法も多く報告されている。しかしながら、その代表的な評価指標としては塩水浸漬試験による塩化物イオン濃度分布から求める見掛けの拡散係数と電気泳動試験による透過塩化物イオン量より求める実効拡散係数があるが、それらの相関性と適用性が必ずしも明確となっていない。そこで本研究では、その評価指標の特性の違いを確認し、その関連性と適用性を検討することを目的とした実験検討を行った。

2.実験概要

2.1 供試体概要

本実験で使用した材料を表-1に示す。また供試体の配合を表-2に示す。各種養生方法における養生フローを表-3に示す。普通コンクリートに対しては現場打設を想定した気中養生と水中養生を、高流動コンクリートに対しては、この2種類に加えて二次製品を想定

した蒸気養生も実施した。蒸気養生の温度設定は60℃～70℃である。

2.2 検討項目

(1)圧縮強度試験：φ10×20cm 円柱供試体を用い、材齢は7、28日においてJIS A 1108に準じて圧縮強度試験を実施した。

(2)塩水浸漬試験：養生終了後、JSCE G 572に準じて塩分浸漬試験を行った。初期7日養生終了後、ブリーディングの影響を避けるため、供試体の中央部15cmを残して両端を切断し、φ10×15cm円柱供試体とした。また、表面は塩分浸透面となる片方の端面を残し、試験開始前に全てエポキシ樹脂で被覆した。浸漬終了後は、供試体内部の全塩化物イオン濃度を1cm間隔で測定した。

(3)電気泳動試験：塩水試験と同様、JSCE G 571に準じて電気泳動試験を実施した。初期7日養生終了後、供試体中央部5cmを残して両端を切断し、φ10×5cm円柱供試体を作製し、試験開始前に24時間の飽水処理を施した。また、切断面以外の面はエポキシ樹脂で被覆した。陽極の塩化物イオン量の増加割合が定常状態になるまでの期間、供試体間の電位差、溶液温度、陰極側および陽極側の塩化物イオン濃度を所定の間隔で測定した。

表-1 使用材料

	材料の各種物性
セメント	普通ポルトランドセメント(密度3.24kg/m ³)
細骨材A	シラス(密度2.12kg/m ³)
細骨材B	砕砂(密度2.66kg/m ³)
粗骨材	碎石(密度2.54kg/m ³)
混和剤A	高性能減水剤・I種(密度1.065kg/m ³)
混和剤B	AE減水剤標準型I種(密度1.08kg/m ³)

表-2 示方配合

コンクリート種類	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤B	助剤	空気量 (%)	
			水	セメント	膨張材	炭酸カルシウム	細骨材A	細骨材B	粗骨材				
普通コンクリート	50.0	42.5	185	370	-	-	-	721	990	-	0.3C%	0.006C%	4.3
高流動普通コンクリート	50.5	44.0	172	300	40	247	-	713	864	6.5	-	-	4.0
高流動シラスコンクリート	49.3	37.8	205	376	40	127	477	-	940	6.4	-	-	2.0

表-3 各種養生方法における養生フロー

養生方法	型枠養生期間:1日	脱型後養生期間:6、27日	試験開始
蒸気養生	蒸気養生1～1.5時間	気中養生27日	
気中養生	打設	気中養生27日	
水中養生	気中養生1日	水中養生6日 → 気中養生21日	

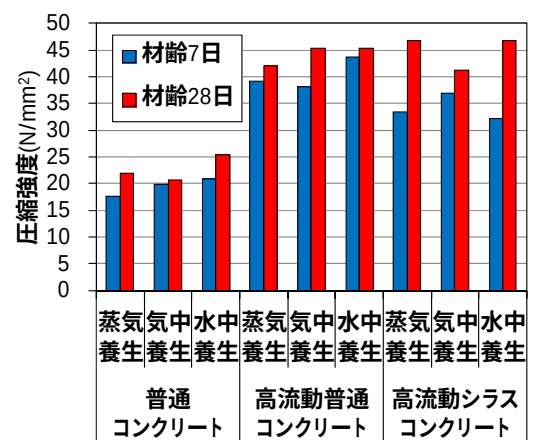


図-1 圧縮強度

3. 試験結果

(1)圧縮強度試験：圧縮強度試験の結果を図-1に示す。材齢28日目の結果で比較するといずれの配合でも水中養生あるいは蒸気養生を行うことで圧縮強度が増加する傾向が認められた。ただし、材齢7日の強度比較から、蒸気養生の効果は脱型前後の極若材齢に限られると推察される。また配合の違いを比較すると、高流動コンクリートは普通コンクリートよりも強度が大きくなっており、空隙量の違いが表れたものと考えられる。さらに、高流動シラスコンクリートの場合は、初期強度は低いものの、十分な養生を施すことによりポズラン反応による長期的な強度増進が期待できることが示唆された。

(2)塩水浸漬試験：一例として浸漬6ヶ月の高流動普通コンクリートの全塩化物イオン量の分布を図-2に、また全種類に対する同様の濃度分布にフィックの拡散方程式の解をフィッティングさせて求めた見掛けの拡散係数 D_e を図-4に示す。配合別に比較すると、普通コンクリート、高流動コンクリート、高流動シラスコン

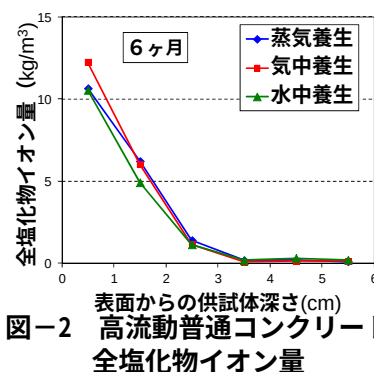


図-2

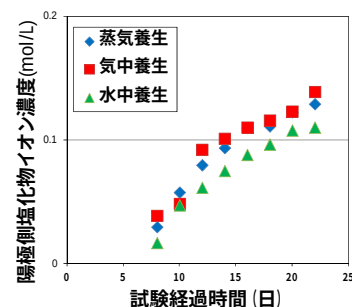


図-3 高流動普通コンクリート陽極側塩化物イオン経時変化

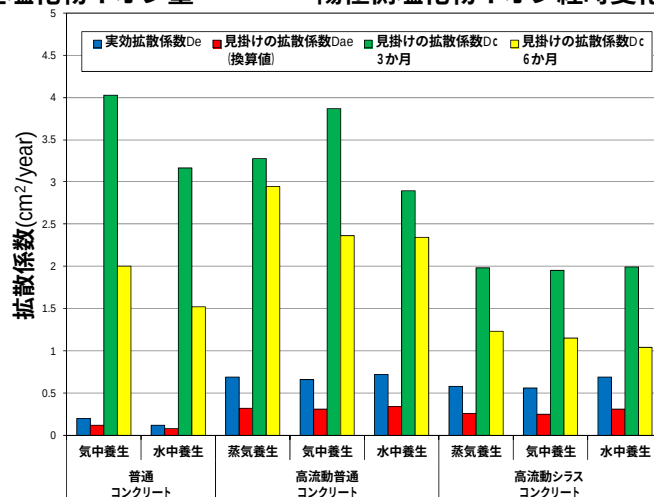


図-4 拡散係数

クリートの順に見掛けの拡散係数が小さくなっている。これは強度試験の結果と同様に、空隙量の違いによるものと考えられるが、シラスのポズラン反応による緻密化効果は、強度よりも物質移動抵抗性に対して、より顕著に表れる事が確認された。また養生方法別に着目すると、水中養生の拡散係数が最も小さくなる傾向にあり、一方で蒸気養生では見掛けの拡散係数が大きくなる傾向が認められた。これは、既存の研究¹⁾が示している通り、蒸気養生後の養生方法が影響していると考えられ、本実験の様に蒸気養生後に気中養生を行ったことにより、その後の水分供給が不十分となったためと推測される。以上のように、塩水浸漬試験においては、試験期間は長期に及ぶものの、配合や養生方法が塩分浸透抵抗性に及ぼす影響を評価することができる。

(3)電気泳動試験：一例として定常状態になった時の高流動普通コンクリートの塩化物イオンの経時変化を図-3に示す。また、各条件における塩化物イオン濃度の経時変化から求めた塩化物イオンの流束を用いて算出した実効拡散係数 D_e とそれを換算係数 $k_1 \cdot k_2$ で換算した見掛けの拡散係数 D_{ae} を図-4に示す。配合別に比較すると、高流動コンクリートの拡散係数が普通コンクリートよりも大きくなっており、浸漬による見掛けの拡散係数と逆の傾向を示した。また配合別に養生方法を変えた場合でも、同一配合で大きな差は見られずほぼ同程度となった。電気泳動試験は空隙構造だけでなく細孔壁面の電化や他のイオンの移動による影響を受ける。したがって今回の場合は、ほぼ同一のW/Bであっても、混和材料等の影響で細孔構造における電気的特性が変化したこと等が考えられる。

4. まとめ

コンクリートの塩分浸透抵抗性に関して、今回のように養生方法や材料の比較を行う場合には、塩水浸漬試験で得られる見掛けの拡散係数を指標とする方が妥当性が高いと考えられる。ただし、材料が同一であり、配合の影響を主として比較する場合には電気泳動試験でも十分に検討可能であると考えられ、それぞれのメカニズムを考慮した上で評価を行うことが重要である。

謝辞：本研究は、インフラテック株式会社との共同研究により実施した研究の一部である。関係者各位に心より感謝する次第である。

参考文献：1)一宮一夫、他：高流動コンクリートの表面気泡性状と蒸気養生方法や物質浸透性の関係コンクリート工学年次論文集、Vol.32、No.1、2010