

養生条件の異なる高炉セメントコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性

九州大学 学生会員 関康博 九州大学大学院 フェロー 松下博通 正会員 濱田秀則
 新日鐵高炉セメント(株) 正会員 檀康弘 正会員 伊代田岳史

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の塩害に対する耐久性の向上の観点から、高炉セメントコンクリートの特性が注目されており、多くの研究が行われている。しかし、養生条件が異なる高炉セメントコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性については、十分検討されていない。そこで本研究では、養生条件が高炉セメントコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究で用いた使用材料を表-1に示す。セメントは普通セメントを使用し、高炉スラグ微粉末は高炉スラグ微粉末4000を使用し、セメントに対して50%質量置換した。また、細骨材には海砂を使用し、粗骨材には砕石2005を使用した。コンクリートおよびペーストの配合を表-2に示す。普通セメントコンクリート(N)および高炉セメントコンクリート(BB)についてそれぞれ、水結合材比 W/B=55%、65%の供試体を作製した。養生条件は脱型直後から20、60%R.H.気中養生(D1)、5日又は7日まで湿布養生後に気中養生(CD5,CD7)、28日水中養生(W28)である。5日・7日はコンクリート標準示方書に示されるNおよびBBの標準養生の日数から採用した。

2.2 試験方法

- (1)電気泳動試験: 材齢28日から土木学会規準案 JSCE-G571の方法で試験を開始し実効拡散係数 De を求めた。
- (2)塩水浸漬試験: 材齢28日から91日間、NaCl濃度10%、温度20の塩水内に浸漬した。その後、割裂面に0.1N硝酸銀溶液を噴霧し、塩分浸透深さの測定を行った。
- (3)細孔径分布: 電気泳動試験前の細孔径分布を水銀圧入式ポロシメータにより測定した。
- (4)透水試験: 円柱供試体の上面から一定圧力1MPaを与え、加圧時間と浸透深さの関係により水の拡散係数¹⁾を算出した。

3. 実験結果および考察

3.1 電気泳動試験結果

図-1に各供試体の De を示す。図より、Nに比べBBは De が小さい。また、一般的には水結合材比が高いほど拡散係数は大きいことが知られているが、本研究ではNは水結合材比の変化によって De が大きく変化しているのに対し、BBの場合、De の変化割合はNに比べて小さい。

3.2 塩水浸漬試験による評価

図-2に W/B=55%のコンクリートにおける各養生条件別の塩

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.14g/cm ³
高炉スラグ微粉末	高炉スラグ微粉末4000 密度2.19g/cm ³ 、比表面積4000cm ² /g
細骨材	海砂、表乾密度2.58g/cm ³ 、吸水率1.52%
粗骨材	砕石、表乾密度2.73g/cm ³ 、吸水率0.36%

表-2 示方配合

	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					スランプ (cm)	Air (%)	
			W	C	BFS	S	G			
コンクリート	N	55	47.5	175	318	-	832	973	10.5	4.7
		65	49.5	175	269	-	887	857	13.5	4.8
	BB	55	47.5	175	159	159	827	967	10	4.5
		65	49.5	175	135	135	882	952	11.5	5.5
ペースト	N	55	-	633	1151	-	-	-	-	-
	BB	55	-	587	533	533	-	-	-	-

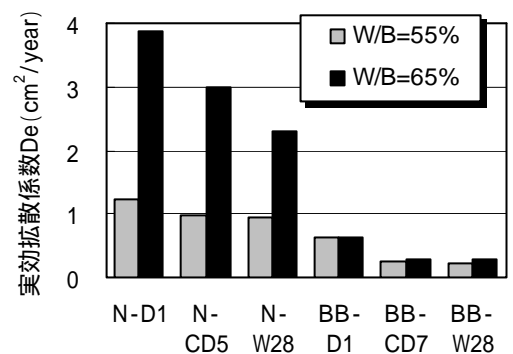


図-1 養生条件別の実効拡散係数

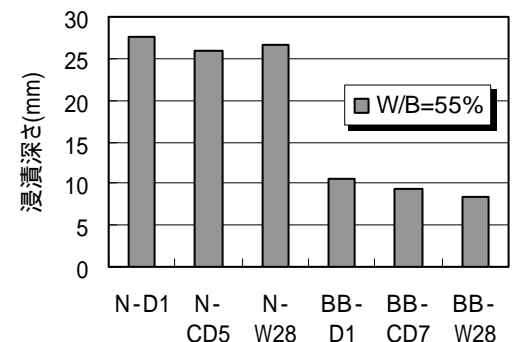


図-2 養生条件別の塩分浸透深さ

化物イオン浸透深さを示す。既往の研究の通り高炉スラグを使用すれば浸透深さが小さく、塩化物イオン浸透抵抗性が増している。また、養生が十分でないBB-D1においても、塩化物イオンに対する遮蔽性はNの半分以下であった。

3.3 総空隙量・透水係数とDeの比較

図-3に各養生条件別の総空隙量とDeの関係を示す。図より総空隙量が同程度のものを比べた場合、BBはNに比べDeが小さい事が分かる。

図-4に水の拡散係数とDeの関係を示す。図より、BBはNとは異なり水の拡散係数が大きいものでもDeは小さいという結果を得た。以上より、BBの塩化物イオンに対する遮蔽性は空隙量や物質の透過性だけでは十分に評価できない。よって、BBの塩害に対する耐久性について考える際、塩化物イオンに対する電気的な遮蔽効果、スラグ水和物による遮蔽効果や固定化等を考慮に入れる必要があると考える。

3.4 コンクリートへの塩化物イオン供給量の考察

図-5にW/B=65%のコンクリートでの定常状態における塩化物イオンのコンクリートへの供給量を示している。ここで、陰極側セルの塩化物イオン減少量をコンクリートへの供給量とした。図から分かるように、同じ電圧を印加した場合にも関わらずBBはNに比べ塩化物イオンが供給されていないことが分かる。また、NもBBも湿潤養生が長い場合には塩化物イオンの供給量は少なくなっている。BBのDeが小さい理由として、コンクリートへ塩化物イオンが供給されにくいという浸透前の段階での遮蔽効果が考えられる。

3.5 抵抗値の変化

図-6に電気泳動試験をW/B=55%のペーストで行った場合の供試体の電気抵抗値を示す。抵抗値は電気泳動試験に使用した定電圧装置に表示される電流値とペースト内の電位差からオームの法則を用いて算出した。BBの抵抗値がNの抵抗値に比べ徐々に上昇しているのは、電気泳動試験進行と共にスラグの水和が進み、供試体の水密性が向上したためと考えられる。図よりBBはNに比べ終始抵抗値が大きい事が分かる。BBに塩化物イオンが供給されない理由として抵抗値がNよりも高いという電気的性質を考慮に入れる必要があると思われる。

4.まとめ

全ての養生条件においてBBのDeはNに比べて小さくなる。BBの塩化物イオン浸透抵抗性を判断する際に空隙や物質の透過性だけでは十分評価できない。また、陰極側セルからのコンクリートへの塩化物イオンの供給量はNとBBで差がある事が分かった。さらにBBは、Nと比べ抵抗値が大きくなる事が分かった。これらの電気的な要因と塩化物イオン浸透抵抗性状との関係について今後検討する予定である。

参考文献

1)村田二郎:コンクリートの水密性の研究,土木学会論文集,第77号,pp.89-103,1961.11

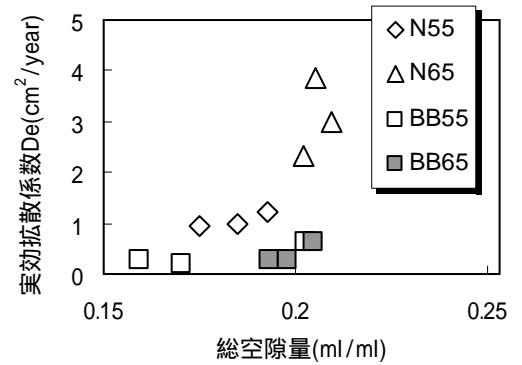


図-3 総空隙量と実効拡散係数の関係

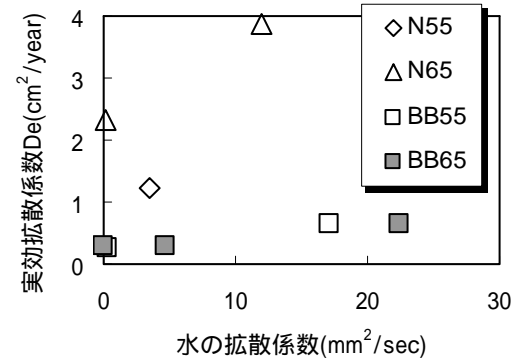


図-4 水の拡散係数と実効拡散係数の関係

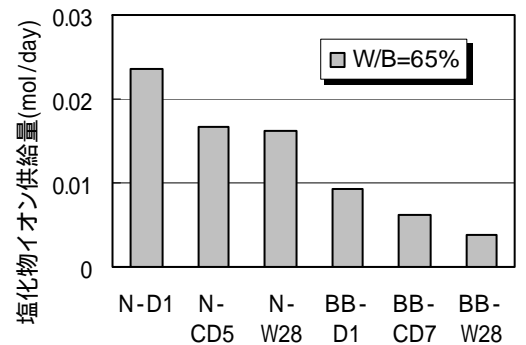


図-5 塩化物イオンの供給量

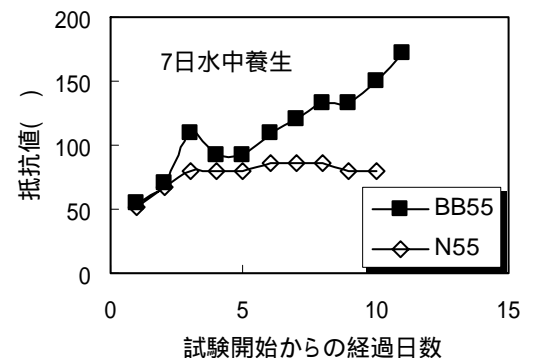


図-6 抵抗値の経時変化