

早強セメントおよび高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの 腐食抵抗性に関する基礎的研究

福岡大学大学院 学生会員 ○中川 潤哉 福岡大学大学院 学生会員 岡部 偉大
福岡大学 正会員 樋原 弘貴 福岡大学大学院 正会員 添田 政司

1. はじめに

近年、橋桁や床版において早期の塩害劣化が散見されている。その対策として、塩化物イオンの抵抗性を向上することを目的に、早強セメントに高炉スラグ微粉末を置換したコンクリートが採用されているが、腐食進展に関する知見と情報は少ない。一方で、塩化物イオンが多量でも腐食が進展していないケースや、少量の塩化物イオン量でも腐食が大きく進展している事例が散見されている¹⁾。腐食には、水や酸素の影響も大きいと言われているが、外部環境が腐食の進展に与える影響については未だ不明な点が多い。そこで本研究は、早強セメントおよび高炉スラグ微粉末を用いて内在 Cl 量が異なる各種試験体を作製し、異なる湿度環境下での腐食速度の違い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

表-1 には、供試体の配合を示す。セメントには、早強ポルトランドセメント（略号：H）、混和材として、高炉スラグ微粉末 4000 ブレーン（略号：B4）、高炉スラグ微粉末 6000 ブレーン（略号：B6）をそれぞれ使用した。配合記号は、例えば、水結合材比を 55%、早強セメントに高炉スラグ微粉末 4000 ブレーンを 50%混和した場合には H55 B4 50 として表記している。

2.2 実験方法

図-1 には、供試体概要を示す。実験には、100×100×30mm の供試体を用いた。供試体中央部のかぶり 1cm 位置に φ10mm×70mm の丸鋼鉄筋と、そこから 10mm 間隔をあけて φ10mm×70mm のステンレス棒を埋設した。なお、鉄筋およびステンレス棒の両端部には、ねじ穴をあけて測定を行うためのステンレス製のビスを取り付けている。また、供試体の作製時には、鉄筋の腐食を促進させるため初期塩分として NaCl（Cl 量 6, 10, 15kg/m³）を混和させた。打設後は湿布養生を 14 日間行い、打設底面を試験面とし、試験面以外は、エポキシ樹脂で被覆した。その後、供試体の環境を温度 20℃一定とし、相対湿度(以下、湿度)60%, 75%, 90%の環境に供試体を分けて静置させた。静置期間は、自然電位の測定を経時的に行った。自然電位の測定は、鉛照合電極を用いて、DC/AC デジタルマルチメータにより行い、測定値を CSE 電位に変換した。また、供試体解体時に電流密度の測定を行った。電流密度は、埋設されているステンレス棒を対極として写真-1 に示すようにポテンショスタットを用いて分極曲線を測定し、アノード曲線とカソード曲線の交点を電流密度とした。供試体解体後は、鉄筋位置の全塩化物イオン量、可溶性塩化物イオン量および鉄筋の腐食面積率、腐食重量、pH の測定を行った。

3. 結果及び考察

図-2 には、H55 における相対湿度と電流密度の関係を Cl 量ごとに示す。電

表-1 供試体の配合

記号	W/B (%)	S/B	単位量(kg/m ³)					S	Cl
			W	B					
				H	B4	B6			
H55	55	2.3	300	545	—	—	1255	6	
								10	
								15	
H55 B4 50	55	2.3	300	272	272	—	1255	6	
								10	
								15	
H55 B6 50	55	2.3	300	272	—	272	1255	6	
								10	
								15	

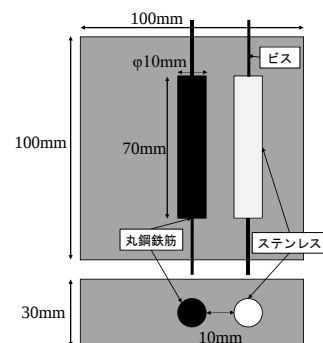


図-1 供試体概要

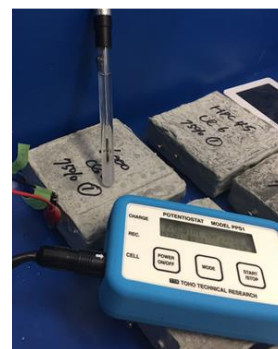


写真-1 測定の様子

流密度は、いずれも湿度が高くなるに従って微増傾向にある。Cl 量 6kg/m^3 の電流密度は、いずれも小さいが、Cl 量 $10, 15\text{kg/m}^3$ と増加するに従って大きくなっている。分極曲線を見ると、Cl 量が増加するほど、そして湿度が高いものほどアノード反応が増加していた。一方の、カソード反応には、明確な違いは確認されなかった。

図-3 には、Cl 量 6kg/m^3 におけるセメント種類ごとの電流密度を示す。電流密度は、セメント種類に関らず湿度が高いものほど微増傾向を示した。軽微な腐食環境においては、セメント種類による電流密度の違いを確認することができなかった。

図-4 には、Cl 量 10kg/m^3 におけるセメント種類ごとの電流密度を示す。電流密度は、いずれのセメント種類においても湿度が高くなるに従って増加を示した。湿度が電流密度に与える影響は、Cl 量 6kg/m^3 よりも顕著であった。また、電流密度の違いでは、H55、H55B450、H55B650 の順で大きい値を示した。早強セメントに高炉スラグ微粉末を混和することで、電流密度が抑制されることが確認された。これは、分極曲線に着目すると、コンクリートが緻密になったことで、酸素量が減少してカソード反応が抑制されたことによる。

図-5 には、電流密度と可溶性塩化物イオン量との関係を示す。電流密度と可溶性塩化物イオン量の間には、セメント種類ごとで強い相関がみられた。電流密度は、可溶性塩化物イオン量が同量の場合に H55 と H55B450 は同等であるが、高炉スラグ微粉末 6000 ブレーン (H55B650) を混和した場合には、顕著に小さい値となっている。

以上より、早強セメントに高炉スラグ微粉末 6000 ブレーンを用いることで、塩化物イオン浸透に対する抵抗性の向上²⁾させる以外に、腐食の進展を抑制することも期待できるため、長期的な耐久性の確保の観点からも優良な材料であると考えられた。

4. まとめ

- (1) 相対湿度および内在 Cl が高いものほど、アノード反応が増加するため、電流密度が大きかった。
- (2) 高炉スラグ微粉末を混和することで、塩化物イオンが同等の場合でも腐食の進行を抑制できると考えられた。
- (3) 早強セメントに高炉スラグ微粉末 6000 ブレーンを用いることで、顕著な腐食に対する抵抗性を示す結果が得られた。

参考文献

- 1)久保田崇嗣, 樋原弘貴, 添田政司, 山田正健: 亜硝酸塩の鉄筋防錆性能に及ぼす影響に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, vol.39, No1, 2017
- 2)深見桜, 樋原弘貴, 添田政司, 佐藤悠士朗: 高炉スラグ微粉末を用いた低炭素型コンクリートの塩害劣化抵抗性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.41, No1, 2019

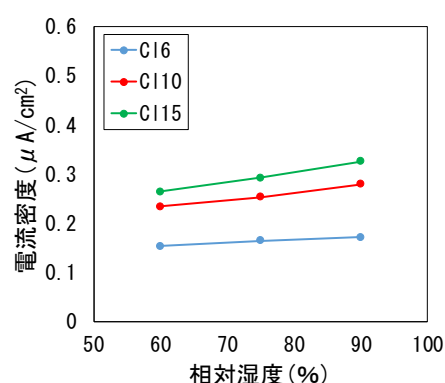


図-2 各 Cl 量の相対湿度と電流密度の関係 (H55)

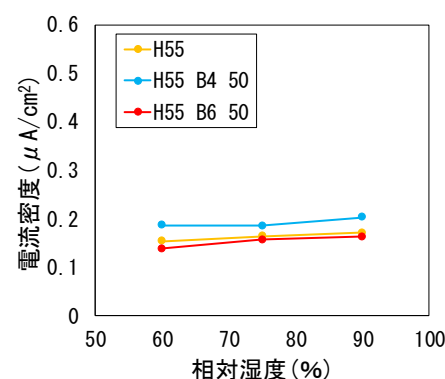


図-3 セメント種類ごとの相対湿度と電流密度 (Cl6)

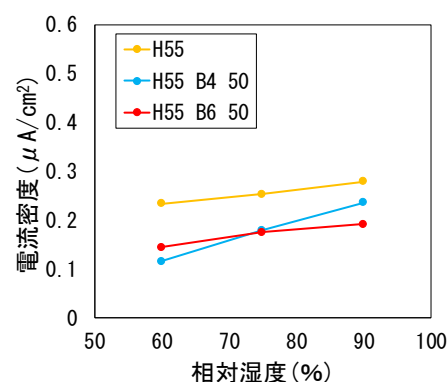


図-4 セメント種類ごとの相対湿度と電流密度 (Cl10)

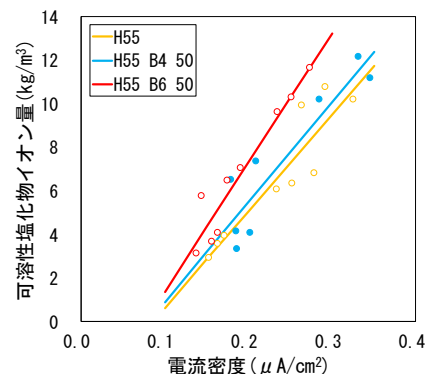


図-5 電流密度と可溶性塩化物イオン量との関係