

塩害環境下における高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの腐食特性に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○末永太一 福岡大学 正会員 樋原 弘貴
 福岡大学 正会員 山田 悠二 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、塩化物イオンに対する抵抗性の向上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始めている。しかしながら、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の腐食発生後における腐食進展に関する知見と情報は未だ少ないのが現状である。そこで本研究では、各種セメントに高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートにおいて、性能照査に必要な腐食発生後の腐食速度を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

表-1には、供試体の配合を示す。セメントには、普通ポルトランドセメント(略号:O)、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ブレン(略号:B4)、高炉スラグ微粉末6000ブレン(略号:B6)をセメントの質量に対し50%置換した。配合記号は、例えば、水結合材比を55%、普通セメントに高炉スラグ微粉末4000ブレンを混和した場合にはO-B4として表記している。

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。かぶり1cm位置に供試体中央部に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、湿度90%, 75%, 60%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、電流密度を経時的に測定を行った。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。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。また、自然電位および電流密度の結果より腐食が発生していると推定された供試体は、解体して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、腐食重量の測定を行った。

3. 結果および考察

図-2には、初期塩分Cl量6, 10, 15kg/m³を含めたHPCおよびOPCの腐食重量と腐食電流密度の関係を示す。HPCの腐食重量は、OPCと腐食電流密度が同等の場合に大きくなっている。HPCは、OPCよりも少ない電流

キーワード 自然電位, 腐食電流密度, 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号 福岡大学 TEL092-871-6631

表1 供試体配合

記号	W/B	S/B	単位量(kg/m ³)							
			W	B			S	Cl		
				O	B4	B6				
OPC	55	2.3	313	568	—	—	130	6		
O-B4				284	284	—	8	6		
				—	—	—	10	15		
O-B6				284	—	284	—	6	10	
				—	—	—	—	15	6	
HPC			—	—	—	130	6	10		
H-B4			310	—	282	282	—	129	6	
									7	10
									—	15
H-B6			—	—	282	—	282	—	6	
	10	15								

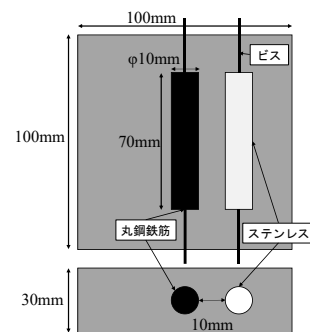


図-1 供試体概要

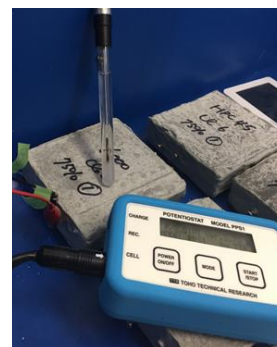


写真-1 測定の様子

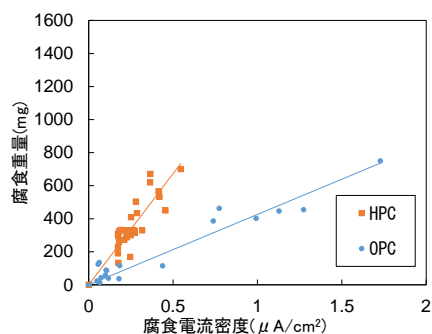


図-2 腐食電流密度と腐食重量の関係 (OPC・HPC)

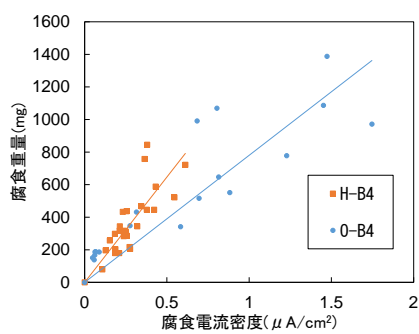


図-3 腐食電流密度と腐食重量の関係 (O-B4・H-B4)

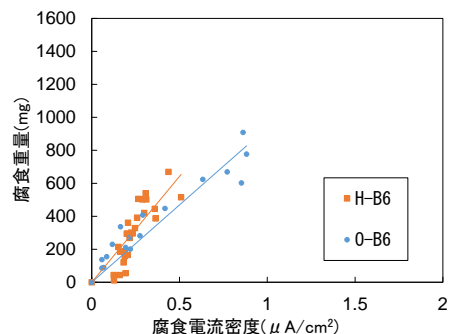


図-4 腐食電流密度と腐食重量の関係 (O-B6・H-B6)

量で腐食が進展しやすいことが分かった。図-3には、高炉スラグ微粉末4000ブレーンを置換したH-B4およびO-B4の腐食重量と腐食電流密度の関係を示す。高炉スラグ微粉末を入れたことで、両者の関係性は同程度に近づいている。図-4には、高炉スラグ微粉末4000ブレーンを置換したO-B6およびH-B6の腐食重量と腐食電流密度の関係を示す。両者の関係性は、高炉スラグ微粉末4000ブレーンに比べてさらに同程度となっている。

次に、図-5には、OPC、O-B4、O-B6の腐食電流密度と腐食重量の関係を示す。OPCに高炉スラグ微粉末を置換した場合には、置換することによって腐食重量に対する腐食速度が増加する結果となった。これは、スラグを置換したことでpHが低下したことが影響していると考えられた。図-6には、HPC、H-B4、H-B6の腐食電流密度と腐食重量の関係を示す。この結果、OPCでは高炉スラグを置換することで腐食が進展し易くなったのに対し、HPCの場合には同程度となっている。これは、HPCの塩化物イオンの固定化割合は、OPCよりも高いことが知られている¹⁾。そのため、高炉スラグの置換によってpHが低下しても²⁾、腐食に直接影響を及ぼすとされる可溶性塩化物イオンが少ないため腐食電流密度と腐食重量の関係は同等になったと推察される。以上のことから、HPCに高炉スラグ微粉末を置換した場合には、塩害劣化に対する抵抗性を従来の高炉セメントと同様に扱えないことが分かった。高炉セメントよりも安全側に性能照査に必要な各種パラメータを設定する必要がある。

4. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末を置換したHPCは、pHが低下しても可溶性塩化物イオンが少ないため腐食電流密度と腐食重量の関係は同程度になったと推察される。
- (2) 高炉スラグ微粉末を置換したHPCは、塩害による劣化に対する抵抗性を従来の高炉セメントと同様に扱えないことが分かった。これより、高炉セメントよりも安全側に性能照査に必要な各種パラメータを設定する必要がある。

参考文献

- 1) 中川潤哉：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，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp155-160，2021
- 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，No.1，pp161-166，2019

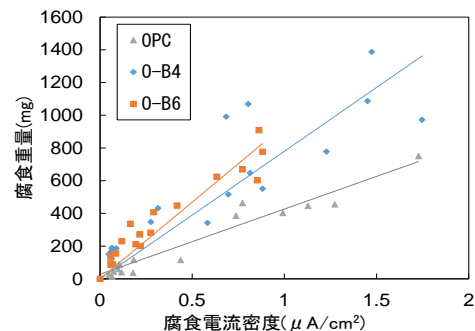


図-5 OPCの腐食電流密度と腐食重量の関係

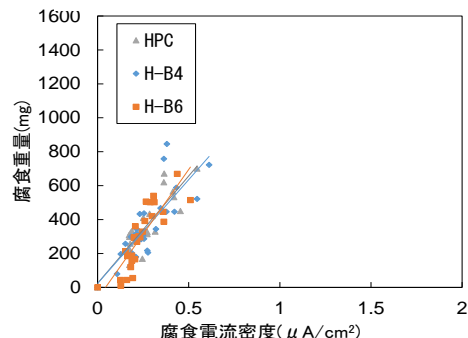


図-6 HPCの腐食電流密度と腐食重量の関係