

各種コンクリートの腐食に与える内部含水率と Cl 量との関係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

実構造物では塩害劣化が顕在化しているが、塩化物イオン量が多量に存在しても腐食が発生していないケースが存在する。河川の樋門では、鉄筋付近に塩化物イオン量が多量に存在していても高い含水状態にあるため腐食が軽微なものや、水掛かり無しにおいても少量の塩化物量で腐食が発生している事例も見られる¹⁾。塩化物イオン量と腐食発生との関係性がイコールとならない事例が散見されることから、コンクリート内部の含水率の違いが鉄筋腐食に影響を及ぼしていると考え、含水率や塩化物イオン量が異なる鉄筋コンクリートを作製し腐食特性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 45%、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 H45 B4-50 として表記している。

表-1 供試体の配合

記号	W/B (%)	S/B (%)	単位数(kg/m ³)					
			W	B			S	Cl
				H	B4	B6		
H45	45	3	233	517	-	-	1556	1 3 6
H45 B4-50	45	3	233	259	259	-	1556	1 3 6
H45 B6-50	45	3	233	259	-	259	1556	1 3 6

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。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 1, 3, 6kg/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の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、pH の測定を行った。

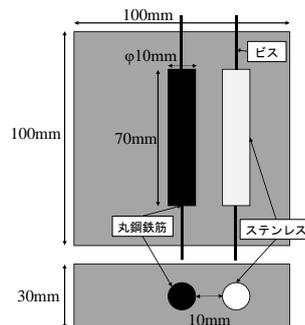


図-1 供試体概要

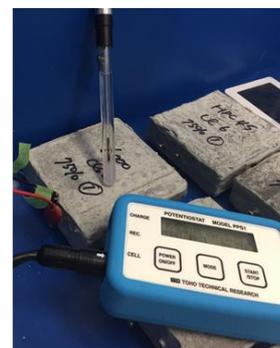


写真-1 測定の様子

3. 結果及び考察

図-2には、各配合における各種湿度環境に静置してから 277 日目の自然電位の測定結果を示す。凡例の Cl (数字) は初期塩化物イオン量を表している。この結果、H45 シリーズの自然電位は、含水率が高くなるに従って自然電位が低下する結果を示した。これは、いずれも -350mV よりも卑化していないため、腐食が発生していないと考えると含水率の増加するに従ってコンクリートの伝導性が上がった

キーワード 腐食速度、高炉スラグ微粉末、自然電位、電流密度

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

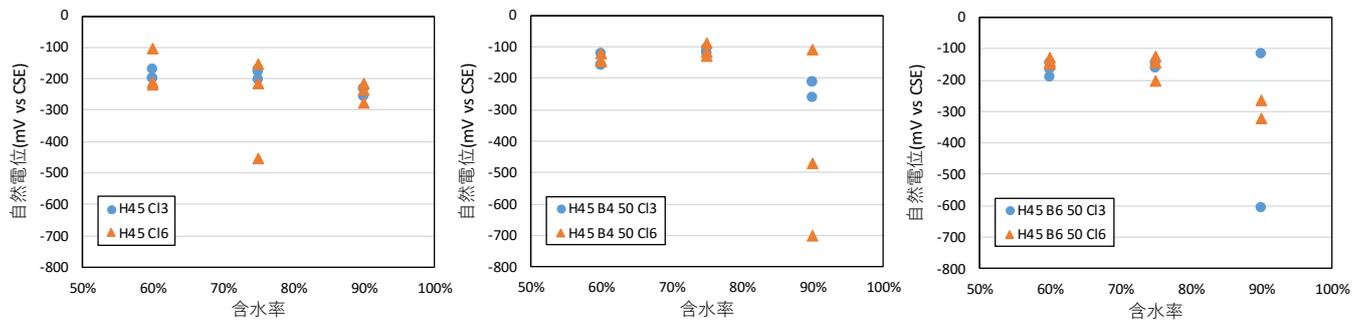


図-2 各配合の自然電位

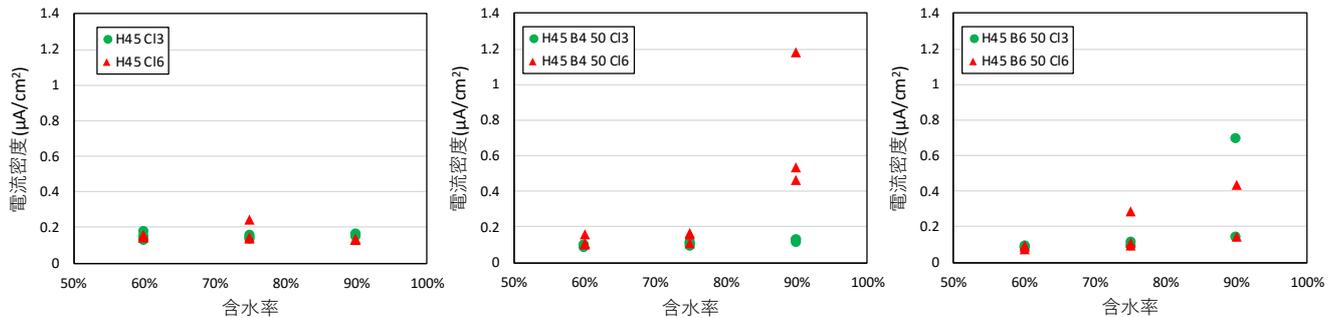


図-3 各配合の電流密度

ことが要因と考えられる。一方の H45B4-50 および H45B6-50 では、含水率 90% のもので自然電位 -350mV よりも卑化したものが見られており、腐食が発生していると考えられる。そこで、全塩化物イオン量と可溶性塩化物イオン量の割合から算出した固定化割合は、H45 で 93%、H45B4-50 で 80%、H45B6-50 で 70% となっており、外部から Cl 量が供給された場合の固定化量と比較すると、いずれも大きな固定化量を示している²⁾。これは、セメントの水和に伴って内在 Cl の多くが水和物に取り込まれたことが考えられる。直接腐食に影響を及ぼすとされる可溶性 Cl 量は、初期 Cl 量 3 kg/m³、6 kg/m³ において、それぞれ H45B4-50 で 0.6kg/m³、1.2kg/m³、H45B6-50 で 0.9kg/m³、1.8kg/m³ となっている。コンクリート内部の含水率が 90% 程度では、1.0kg/m³ 相当の可能性塩化物イオン量で腐食が発生すると考えられ、含水率 75% 以下の場合には、少なくとも腐食発生に至る可溶性塩化物イオン量は、2.0kg/m³ 相当であると推察された。一方の、H45 での可溶性塩化物イオン量は、1.2kg/m³ 程度であり、その程度の Cl 量ではいずれの含水率においても腐食は発生しないと予想された。

図-3 には、277 日経過時の電流密度を配合ごとにそれぞれ示す。この結果、H45 シリーズでは、含水率が異なっても電流密度は低く、また同等であった。一方の、H45B4-50、H45B6-50 シリーズでは、含水率が高くなるに従い電流密度も増加しているのが分かる。含水率の違いによって H45B4-50、H45B6-50 の両者とも電流密度は、最大で 7 倍程度異なることが分かった。

以上のことより、内部含水率の違いにより腐食発生の塩化物イオン量が異なるとともに、腐食速度が今回の実験の範囲では、最大で 7 倍程度異なることが分かった。今後も供試体水準や解体調査を継続して行っていく、データを蓄積していきたいと考えている。

4. まとめ

1. 初期塩化物イオンを混入させた場合には外部から塩化物イオンが供給された場合よりも固定化割合が大きくなることから、腐食が起きにくい環境であったと考えられた。
2. 含水率の違いにより電流密度が大きく異なり、含水率 90% では他の含水率より大きくなることが分かった。それにより電流密度で腐食を判断する際には含水率を考慮する必要があると考えられる。

参考文献：1) 久保田崇嗣, 樫原弘貴, 添田政司, 山田正健 コンクリート工学年次論文集, 39/2017 年 7 月, 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

2) 森裕介, 樫原弘貴, 添田政司, 阿部稜, コンクリート工学年次論文集, 39/2017 年 7 月, 早強ポルトランドセメントに各種混和材を用いたコンクリートの諸特性に関する研究