

海水練りコンクリートに対する犠牲陽極方式電気防食の適用に関する研究
－材齢 450 日までの経過報告－

九州大学大学院 学生会員 ○野澤 郁人 九州大学大学院 正会員 福永 隆之
九州大学大学院 学生会員 井ノ坂 史弥 九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

将来の水不足を背景として、従来の淡水練りコンクリートに代わる海水練りコンクリートの利用が期待されている。しかし、コンクリートの練混ぜに海水を用いる場合、塩化物イオンによって鉄筋の腐食が促進されるおそれがある。一方、鉄筋の腐食を止める工法として電気防食工法が注目されている。本研究では、複数の種類の結合材を用いた海水練りコンクリート中の鉄筋に犠牲陽極方式の電気防食工法を材齢初期から適用し、その防食効果について検討を行っている。本稿では材齢 450 日までに得られた結果を報告する。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

表-1 に材料、表-2 に配合を示す。コンクリートを緻密化させ、塩化物イオンや酸素の拡散を小さくすることのできる混和材として、高炉スラグ微粉末とシラス（火砕流堆積物）を用いた。シラスは非晶質割合が 90%以上でポズラン活性を有する吉田シラスを用いた。シラス配合は、OPC の 20%を置換し、スラグ配合は、OPC の 50%を置換した。これは高炉セメント B 種相当である。供試体は高炉スラグ微粉末および吉田シラスを混和したセメントを使用したものをそれぞれ海水と淡水の 2 種類の練り混ぜ水を用いて製作した。なお、陽極鉄筋間の距離が小さいため粗骨材の粒径は 5 mm～10 mm とした。粗骨材の粒度分布の範囲が小さいことに起因する流動性の低さを補うために、単位水量を一般的なコンクリートよりも大きくしている。配合名はシラスを用いたものを SHB、高炉スラグ微粉末を用いたものを BFS、練混ぜ水の種類は淡水を TW、海水を SW と表記した。

図-1 に供試体の形状および寸法を示す。寸法は 100×100×300 mm とし、端部を被覆した D13 異形鉄筋 2 本および陽極を埋設した。犠牲陽極は鉄筋から 22 mm の位置に設置し陽極に近い側の鉄筋と接続した。陽極に近いコンクリート表面を上面とし、上面以外の 5 面はエポキシ樹脂により被覆した。打設後は、7 日間 20℃で練混ぜと同じ種類の水で湿布養生を行い、材齢 7 日以降は室内で気中養生を行った。防食する鉄筋は P、無防食の鉄筋は NP と表記した。

2. 2 測定項目

鉄筋のインスタントオフ電位および自然電位は、飽和カロメル電極（SCE）と電位差計を用いて測定し、これらの値から復極量を算出した。自然電位は 25℃ 時の飽和硫酸銅電極（CSE）の値に換算して表示した。ア

表-1 材料

使用材料	密度 (g/cm ³)	備考
普通ポルトランドセメント(OPC)	3.16	比表面積 3340 cm ² /g
混和材：シラス(SHB)	2.37	吉田シラス 非晶質割合 94.6%
混和材：高炉スラグ微粉末(BFS)	2.91	高炉スラグ微粉末 4000 比表面積 3960 cm ² /g 石膏 2%添加
粗骨材	2.71	石灰石碎石 粒径 5 mm-10 mm
細骨材	2.54	除塩海砂 玄界灘沖
淡水(TW)	1.00	水道水
海水(SW)	1.03	糸島市芥屋で採取

表-2 配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			TW SW	B			細骨材	粗骨材
				OPC	SHB	BFS		
SHB-TW SHB-SW	50	45	190	304	76	0	728	949
BFS-TW BFS-SW				190	0	190	731	953

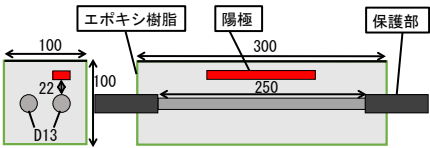


図-1 供試体寸法 (mm)

ノード分極曲線はポテンシostat、ファンクションジェネレーターを使用し、接触法により求めた。電流量は電流計を用いて測定し、その測定は供試体表面に30分以上水分供給を行った後に湿潤状態で行った。

3 結果と考察

図-2に自然電位の経時変化を示す。自然電位は電気防食の有無、練混ぜ水の種類によらず腐食の判定基準となる -350 mV vs. CSE より貴の値を示した。これはコンクリートの水和反応の進行に伴い、鉄筋表面の不働態化が進行しているためと考えられる。材齢450日までは高炉スラグ微粉末を用いた供試体の自然電位がシラスを用いたものよりも貴となる傾向であった。高炉スラグ微粉末を用いることより内在塩化物イオンがフリーデル氏塩として固定されているためと考えられる²⁾。一方でシラスを用いた供試体では気乾状態においてシラスのポゾラン反応の進行が遅いためにコンクリートの緻密化が進んでおらず、高炉スラグ微粉末を用いた場合に比べて自然電位の貴化が進んでいないと考えられる。

図-3にアノード分極曲線を示す。SHB-TWは材齢448日、他の3配合は材齢470日に測定した。全ての鉄筋において自然電位から 600 mV まで掃引した際の電流密度が $1\text{ }\mu\text{A}/\text{cm}^2$ を下回っており、不働態皮膜の状態が良好であると考えられる³⁾。高炉スラグ微粉末を用いた供試体のアノード分極曲線の電流密度がシラスを用いたものと比較して小さく、不働態皮膜が良好という傾向が示された。これは前述の混和材の反応の効果によるものと考えられる。

図-4に防食電流の経時変化を示す。材齢250日頃から電流量が低下する傾向が示された。これは犠牲陽極の分極が進み、鉄筋との電位差が小さくなっているためと考えられる。

図-5に復極量の経時変化を示す。通電開始から材齢250日までは防食基準⁴⁾の 100 mV を上回る復極量が示されたが、材齢1年以降は復極量が 100 mV 程度となることが示された。これは前述の電流量の低下と符合している。

4. 結論

通電の有無、練混ぜ水の種類に関わらず鉄筋の不働態皮膜の状態は良好であると推察された。材齢1年までは混和材として高炉スラグ微粉末を用いることによる腐食抑制効果がシラスを用いたものよりも高いことが示された。また、材齢1年程度で復極量が低下することが確認された。現時点では通電による防食効果が確認されていないため、今後も継続的に観察を続ける予定である。

【参考文献】

- 1) ASTM : C876, Annual Book of ASTM Standards, 03.02, pp.457 (1999)
- 2) 斎藤豪ほか：海水練りセメントペースト供試体の水和反応解析, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, Vol.21, pp.231-241 (2014)
- 3) 大即信明：コンクリート中の鉄筋の腐食に及ぼす塩素の影響に関する研究, 港湾空港技術研究所報告, Vol.24, No.3, pp.195-196 (1985)
- 4) 土木学会：電気化学的防食工法指針, コンクリートライブラリー157, pp.51 (2020)

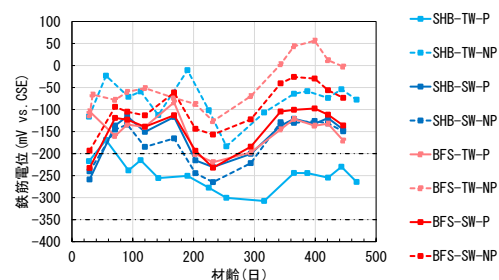


図-2 自然電位の経時変化

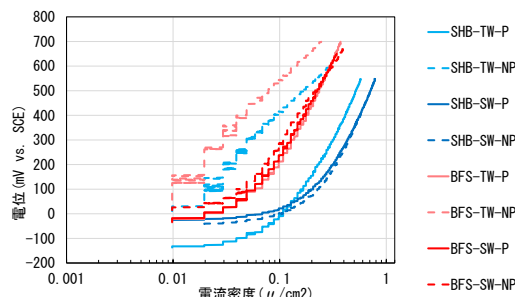


図-3 アノード分極曲線

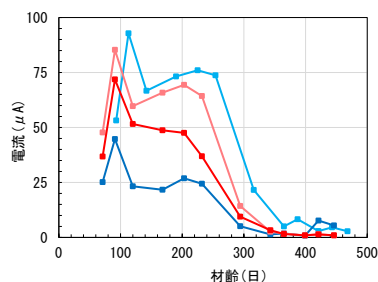


図-4 防食電流の経時変化

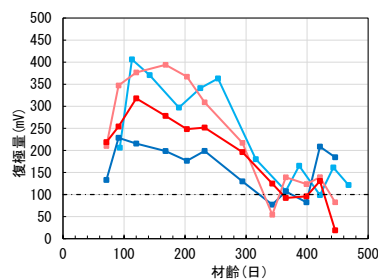


図-5 復極量の経時変化