

海水で練り混ぜたモルタル中の鉄筋の打設直後から材齢初期における電気化学的性状

九州大学 学生会員 案浦 正典 九州大学大学院 学生会員 Dasar AMRY
九州大学大学院 正会員 濱田 秀則 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. はじめに

塩化物イオンを含む海水は、鉄筋の腐食を促進し塩害の原因となるため、コンクリートの練混ぜ水に用いることは広く禁止されている。しかしながら、近年、水道水を十分に確保できない海外の地域や離島部において、コンクリートへの海水の使用が検討されている。そこで本研究では、練混ぜ水に海水を使用した際の鉄筋への影響を明らかにすることを目的とし、既往の研究において比較的データの蓄積が進んでいない打設直後から材齢初期（約 5 ヶ月）における鉄筋の電気化学的性状を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

結合材として普通ポルトランドセメント（記号 N）、高炉スラグ微粉末 4000（BFS）を 50%置換（記号 B）、細骨材として除塩した海砂（表乾密度 2.58g/cm^3 、吸水率 1.72%）を使用した。練混ぜ水として自然海水（福岡県糸島市芥屋の海岸にて採取：記号 S）を用いた。比較のために水道水（記号 T）による練り混ぜも行った。

2.2 モルタルの配合

モルタルの配合を表-1 に示す。水結合材比 W/B を 0.4, 0.5, 0.6 の 3 水準とし、全配合においてモルタル中の結合材量を統一した。配合名は「結合材-水結合材比-練混ぜ水-養生水」の順番で示している。例えば、N40TT で示される供試体は、普通ポルトランドセメント、水結合材比 40%、水道水練り、水道水養生を意味する。

2.3 供試体概要および養生方法

供試体は $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ の角柱であり（図-1）、みがき丸鋼 $\phi 13$ を 2 本ずつ、かぶりが 50mm になるように埋設した。供試体は各配合につき 3 体ずつ用意した。

材齢 28 日目まで温度 20°C で水中養生（水道水（記号 T）、海水（記号 S））を継続し、それ以降は温度 20°C で 5 日浸漬（水道水、海水）、2 日気中乾燥の乾湿繰返しを行った。

2.4 測定項目及び測定方法

自然電位の測定は、飽和カロメル電極（SCE）を用いて行った。自然電位のデータは 6 つの測定値の平均値である。また、測定値は硫酸銅電極（CSE）の値に変換した。さらに、鉄筋表面の不動態被膜の状態を判定するためにアノード分極曲線の計測も行った。

3. 実験結果および考察

3.1 自然電位

表-1 モルタルの示方配合

配合名	W/B	単位量(kg/m^3)			
		水W		結合材B	
		水道水T	海水S	セメント	BFS
N40TT	0.4	232		581	
N40TS					
N40ST			232	581	
N40SS					
B40ST	0.4		232	291	291
B40SS					
N50TT	0.5	255		510	
N50TS					
N50ST			255	510	
N50SS					
B50ST	0.5		255	255	255
B50SS					
N60TT	0.6	272		454	
N60TS					
N60ST			272	454	
N60SS					
B60ST	0.6		272	227	227
B60SS					

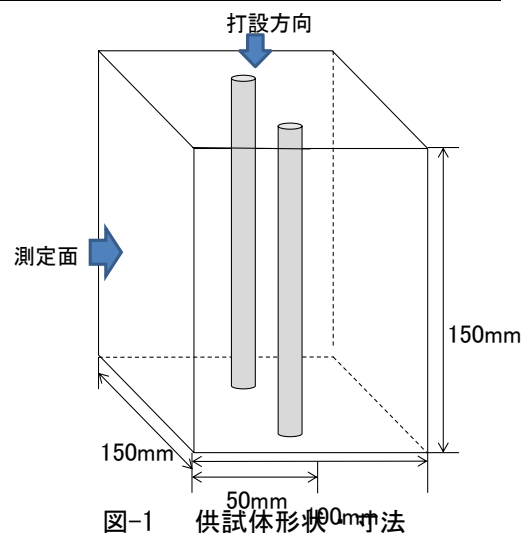


図-2 に普通ポルトランドセメント使用、水道水練りにおける自然電位の経時変化を示す。なお、0 日は打設後硬化が開始した時点での計測値である。水道水養生の自然電位（図中青色のデータ）は、-200mV から-350mV までの値を示した。一方、海水養生の自然電位（図中赤色のデータ）は、水道水養生の値より-300mV 程度卑な値となり、-500mV 付近から-700mV 付近までの値を示した。

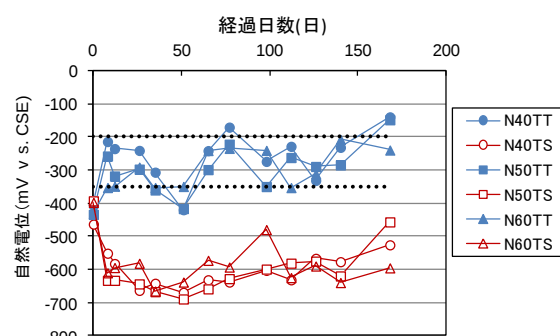


図-2 自然電位の経時変化（水道水練り）

図-3 に普通ポルトランドセメント使用、海水練りにおける自然電位の経時変化を示す。水道水養生の自然電位（青色）は当初の-600mV 付近の値から-300mV 付近まで貴な方向へと推移した。一方、海水養生の自然電位（赤色）は、-600mV 付近から-400mV 付近までの推移となり、海水養生の方が卑な値となった。

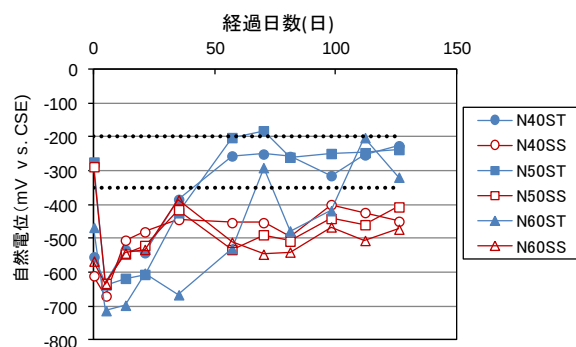


図-3 自然電位の経時変化（海水練り）

以上の結果より、練混ぜ水の影響に比べ、養生水の影響の方が大きいことが明らかとなった。しかし、高炉スラグ微粉末を混和した場合は、養生水の影響は小さい結果となった。また、練混ぜ水もしくは養生水に海水を用いた場合、鉄筋の自然電位は卑となる傾向を示した。今後、鉄筋をはつり出し、実際の腐食状態を検討する予定である。

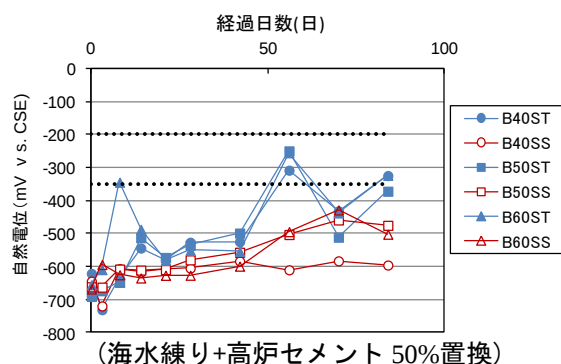
3.2 分極曲線

図-5 に普通ポルトランドセメント使用、海水練りの材齢 14 週（98 日）におけるアノード分極曲線を示す。図-5 より、5 段階の不動態グレード基準に基づいて判定した場合、いずれの曲線もグレード 4 と判定された。この結果より、海水練りにおける鉄筋表面の不動態被膜は完全に良好な状態（グレード 5）ではないが、比較的良好的な不動態被膜は存在しているものと推定された。

4. 結論

海水を用いたモルタル中鉄筋の打設後初期材齢期間（材齢 130 日まで）における電気化学的性状に関して、以下の知見を得た。

- (1) 水道水練りおよび海水練り双方において鉄筋の自然電位は、海水養生の方が水道水養生と比較して約-300mV 卑な値を示した。
- (2) 高炉スラグ微粉末を 50%置換した場合、養生水が自然電位に及ぼす影響は小さくなった。
- (3) 海水練りの場合でも、普通ポルトランドセメントを使用した場合は、経時的に電位が貴化する傾向を示した。
- (4) 海水練りの場合でも、材齢 14 週における鉄筋表面に不動態被膜は比較的良好的な状態で存在しているものと推察された。



（海水練り+高炉セメント 50%置換）

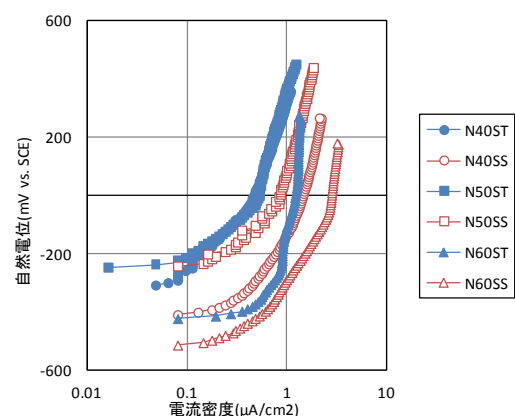


図-5 材齢 14 週のアノード分極曲線（海水練り）