

導電性モルタルを用いた海洋鋼構造物への被覆防食法に関する基礎検討

鹿児島大学	学生会員	○成松 一樹	鹿児島大学大学院	学生会員	高 舒恒
鹿児島大学大学院	正会員	審良 善和	鹿児島大学大学院	正会員	武若 耕司
鹿児島大学大学院	正会員	山口 明伸	鹿児島大学大学院	正会員	小池 賢太郎
東洋建設(株)	正会員	末岡 英二	東洋建設(株)	正会員	湯地 輝

1. はじめに

海洋鋼構造物の防食に適用される被覆防食工法として、細骨材に導電性の高いカーボンを用いたセメントモルタル(以下、導電モルタル)被覆工法を開発中である。この導電モルタルを、海水中から連続する干満帯や海上大気中の鋼材の被覆材として用いることにより、海水中の鋼材を電気防食する際の防食電流を干満帯や海上大気中の鋼材にも流入させることが可能となると考えられるため、モルタル被覆による物理的な腐食因子の浸透抑制と電気防食の効果により、高い防食性が期待できると思われる。このため、本検討では、導電モルタル被覆工法に関する基礎的検討により、その効果の確認を行った。

2. 試験概要

2.1 導電モルタルの配合に関する検討

今回開発中の導電モルタルに要求される性能として、被覆防食工法として使用する際の強度や耐久性、施工性等の他、より広範囲に電気防食効果を付与させるために、電気抵抗率を低下させる必要がある。そこで、導電モルタルのカーボン容積率、水セメント比および混和剤を表-1のように配合を変化させた供試体を作製し、電気抵抗率と圧縮強度の測定を行った。使用した材料は、セメントとして普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm^3)、細骨材としてカーボン骨材(密度: 2.23g/cm^3 、実積率 43%)およびシリカ(密度: 2.15g/cm^3)、混和剤としてメラミンスルホン酸系高性能減水剤である。

2.2 導電モルタルの耐久性に関する検討

カーボン骨材を用いたモルタルに通電することにより骨材自身が電食する恐れがある。このため、促進通電試験を行い、導電モルタルの耐久性の確認を行った。試験に使用した供試体の配合を表-2に示す。供試体形状は $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ の円柱供試体とし、両端に電極を取り付け、直流電源装置を用いて通電試験を実施した。供試体への通電電流密度は $0.001, 0.1, 1(\text{mA/cm}^2)$ の3水準とし、通電中は、供試体の電気抵抗の変化を把握するため、定期的に電気抵抗率を測定した。

2.3 大型供試体による防食効果の確認試験

供試体概要図を図-1に示す。20cm×15cmの鋼板を29枚並べ、その上に厚さ5cmの導電性モルタルを被覆することで、海洋鋼構造物の海上大気中や干満帯の被覆防食部を模擬した。供試体の全長は5.8mで、このうちの5.0mの部分を経験防食部とした。被覆材として使用した導電性モルタルの配合は表-2に示す促進通電試験に用いたものと同様とし、予め練混ぜ時に塩化物イオンを 10kg/m^3 混入させた。また、供試体片側端部の0.8m位置には、海水中を模擬して、3wt.%のNaCl水溶液を入れた水槽を設置し、この水槽に陽極を設置した後、直流電源装置を用いて海水中の鋼板に通電を行った。なお、通電は陽極の電位を $-1050\text{mV vs. Ag/AgCl[sw]}$ 一定とした定電位制御により行った。試験期間中は無通電時および通電時の各鋼板の電流密度を電圧降下法によりモニタリングし、電気防食の効果を確認した。

表-1 配合の範囲

W/C (%)	混和剤 (%)	カーボン骨材容積率 (%)
40~50	0~0.9	39~43

表-2 示方配合

W/C	S/C	単位量 (kg/m^3)			
		セメント	水	カーボン骨材	混和剤
50%	1.5	646	323	969	5

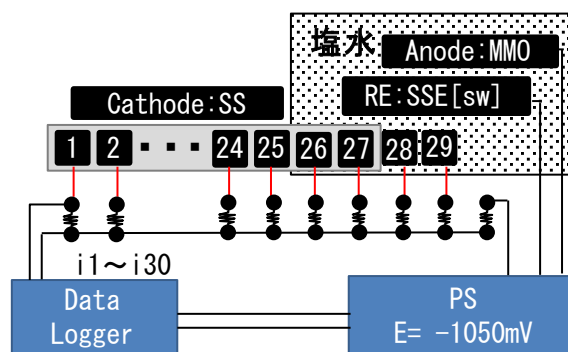


図-1 大型供試体概要

3. 試験結果および考察

3.1 導電モルタルの配合に関する検討

図-2 にカーボン骨材の容積率と電気抵抗率の関係を示す。この結果から、カーボン骨材の容積率が増加するにしたがって電気抵抗率は低下し、ばらつきはあるものの、カーボン骨材の容積率が40%を超える配合では、海水の電気抵抗率となる $20\Omega \cdot \text{cm}$ と同程度となることが確認された。このことから、カーボン骨材の容積率は配合決定の際の重要な指標となり、適切な配合を用いることで海水環境と同程度の導電率での通電が可能となると考えられる。

ただし、カーボン骨材の実積率が43%であることを鑑みると、モルタル中のカーボン骨材の実積率が43%を超える配合は難しい。図-3 にカーボン骨材使用モルタルの圧縮強度の結果を示す。いずれの配合においてもモルタル強度は18 MPa 以上であることが確認されたものの、W/C40%~45%の範囲内においては、電気抵抗率やセメント水比と圧縮強度の間には明確な相関は認められなかった。

3.2 導電モルタルの耐久性に関する検討

図-4 に積算電流密度と電気抵抗率の関係を示す。積算電流密度の増加に伴い電気抵抗率が增加することが確認された。また、その増加量はばらつきが非常に大きく、陰極側の接触抵抗の増加が影響していると考えられる。このことは外観からも確認できた。以上のことから、導電モルタルを電気防食被覆材として用いる場合は、経時的に電気抵抗率が上昇することを考慮する必要があると考えられる。なお、今回の結果ではおよそ100年で、電気抵抗率が10倍程度になると予想される。

3.3 大型供試体による防食効果の確認試験

無通電時および通電開始1日目、30日目、90日目の各鋼板セルの日平均の電流密度の経時変化を図-5 に示す。この結果から、海水中に近い導電モルタル被覆部の鋼材では、通電直後からカソード側に分極し、カソード電流が流入していることが確認された。一方で、通電1日目と通電90日目を比べると、海水部から40cm以上離れた部分では、分極が進んでいない状況となったが、これについては、後に、40cm位置に被覆欠陥が存在していたことが確認され、これが、より内部へのカソード電流の流入を阻止した可能性があることが確認され、今後再検討を行う予定である。また、塩水中の鋼材においては、時間の経過とともに、電流密度が小さくなる傾向が認められたが、これは海水中の鋼材表面に生成されたエレクトロコーティング等の影響で、カソード分極抵抗の増大によるものと考えられる。

4. まとめ

導電モルタルは海水と同程度の導電性を有し、これを干満帯や海上大気中の鋼材の被覆防食に適用することで、一般には海中部の鋼材に適用される電気防食の効果の範囲をより上部の部材まで広げることができる可能性があることを確認した。

参考文献 1)沿岸技術研究センター：港湾鋼構造物防食・補修マニュアル(2009年版)

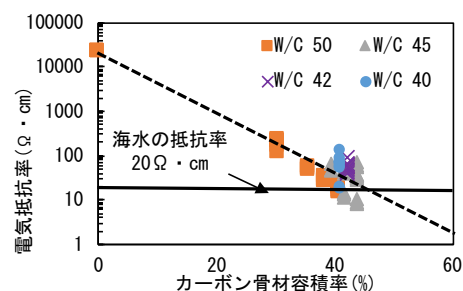


図-2 カーボン容積率と抵抗率の関係

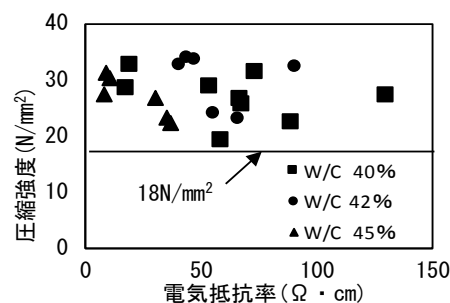


図-3 圧縮強度と電気抵抗率の関係

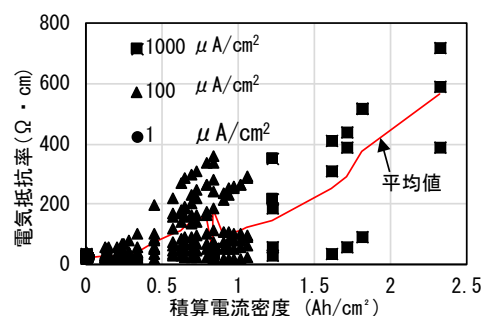


図-4 積算電流密度と抵抗率の関係

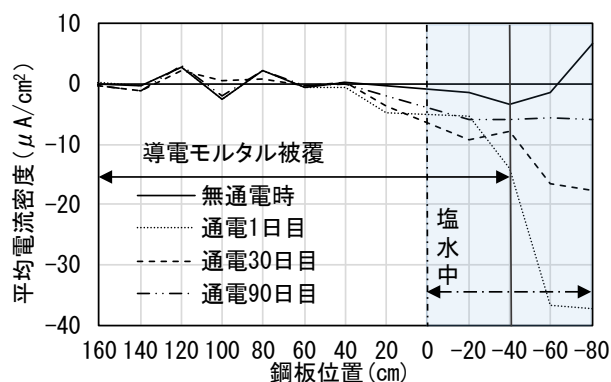


図-5 鋼板位置における平均電流密度の経時変化