

エアモルタルの電気防食生成判定手法に関する研究

JFE エンジニアリング株式会社 中野陽二 中野敏雄 七田恭成  
 鹿島建設株式会社 土木管理本部 正会員 石井明俊 大野俊夫  
 鹿島建設株式会社 技術研究所 正会員 ○渡邊有寿 渡邊賢三

1. はじめに

シールド工法や推進工法などの非開削工法でガスパイプラインのトンネルが構築される場合、エアモルタルなどが中詰め材として充填される場合が多い。この場合、ガス管の防食には、外部電源からエアモルタルを介して防食電流を供給する手法が採用されており、近年ではガス管にプローブを設置して防食電流密度を測定・管理するケースが増えている(図-1)。しかし、エアモルタルの配合によっては、経年的に防食電流を流し続ける過程でプローブ表面に「電気防食」と呼ばれる固着物が生成され、正しいプローブ電流密度が把握できなくなることが懸念されている。そこで、本研究では、電気防食の生成の可能性について、施工前(配合検討時)に判定することを目的に、電気防食試験および化学分析等による検討を行った。

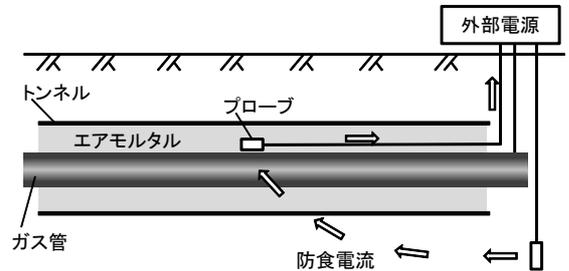


図-1 外部電源方式による電気防食模式図

2. 試験概要

(1)電気防食試験

図-2に電気防食試験<sup>1)</sup>の模式図を示す。本試験は、エアモルタルにプローブを埋め込んだ試験体(φ300mm×h300mm)に、外部から電流印加装置を用いて一定電流を流すことにより、外部電源方式による電気防食状況を再現したものである。本検討では、材齢28日後の試験体に一定の電流密度(4mA/cm<sup>2</sup>)を流し続け、90日間電位の変化を計測した。

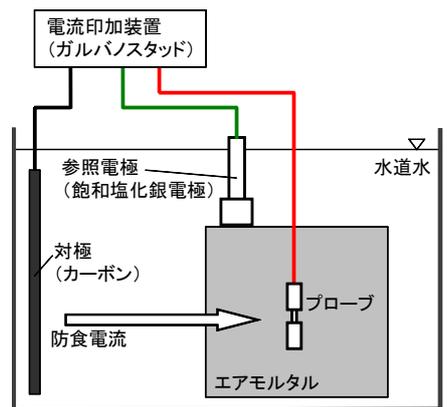


図-2 電気防食試験の模式図

(2)配合

表-1に、試験に供したエアモルタルの配合を示す。本試験では、①水粉体比W/(C+P)、②フライアッシュ置換率および③空気量を水準とした。

2. 試験結果および分析

(1)電気防食試験

電気防食試験の結果を図-3に示す。図より、配合A、B、Cは通電開始から90日まで電位が一定であったのに対し、配合D、E、Fは通電開始から20日程度で電位がマイナス(卑)側にシフトし始め、プローブ表面の抵抗が高くなる傾向が認められた。

(2)試験体の観察

試験体の観察状況を写真-1に示す。90日間の通電終了直後に試験体を割裂し、プローブ周辺を観察したところ、これまでの報告<sup>1)</sup>にあったような固着物は確認されず、むしろ軟化していた。また、フェノールフタレインを噴霧したとこ

表-1 エアモルタル配合(試験ケース)※試験結果も標記

No.	空気量 (Vol.%)	W/ (C+P)	C/ (C+P)	FA/P	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				電気防食試験結果 電気防食試験結果 生成の有無 or 抵抗の上昇	配合から 換算した SiO <sub>2</sub> 量 (kg/m <sup>3</sup> )
					水	セメント	微粉末P			
							石灰石 微粉末	フライ アッシュ		
W	C	LP	FA							
A	70	52	35	0	157	106	196	0	なし	27
B	70	56	50	0	163	146	146	0	なし	33
C	70	56	50	25	161	144	108	36	なし	50
D	70	56	50	50	160	143	71	71	あり	66
E	70	56	50	100	157	140	0	140	あり	98
F	60	56	50	20	226	202	162	40	あり	66

キーワード エアモルタル, 電気防食, エレクトロコーティング

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL 042-489-8029

ろ、噴霧直後は断面全体が赤色に染色されたが、プローブ周辺はすぐに脱色されてしまった。これは、通電に伴うアルカリ (NaOH や KOH) がプローブ近傍に集積し、硬化体中の C-S-H 相に含まれる珪酸塩が、溶解性の珪酸塩に変質するという過去の知見<sup>2)</sup>と同様の現象であった。よって、前述のプローブ周辺の脱色現象は、アルカリの集積により、フェノールフタレインの呈色領域よりも pH が高くなったためと考えられた。

**(2)化学分析結果**

色むらが確認された硬化体の、写真-1 に示す 3 箇所 (①~③) から試料を採取し、エネルギー分散型蛍光 X 線元素分析装置を用いて固相元素濃度分析を実施した。表-2 に配合 B、F の分析結果を示す。エアモルタルを構成する主な材料はセメント、石灰石微粉末およびフライアッシュであることから、CaO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SO<sub>3</sub> の含有量が多い結果であった。さらに、K<sub>2</sub>O がプローブ近傍ほど多くなっているのに対して、SiO<sub>2</sub> および SO<sub>3</sub> が少なくなる傾向が確認された (①部)。これは、K イオンの集中による見かけの含有率の低下とノニオンの移動によるものと考えられた。

**(3)配合による判定手法**

本検討では、電気防食によるエレクトロコーティング生成の可能性を、電気防食試験で確認する前に机上検討で判定し、配合選定に反映させることを試みた。ここで、既往の研究<sup>1)</sup>では、Ca イオン濃度が多い配合にエレクトロコーティングの生成事例が多いものの、Ca イオン濃度が少ない場合においても生成事例が認められることから、単純に Ca イオンのみに依存しているものではないとしている。本

検討では、シリカ質を多く含むフライアッシュを用いた配合で電位の変化が認められたことから、エアモルタル中の SiO<sub>2</sub> 量に着目した。表-1 に示すように、配合から算出した SiO<sub>2</sub> が多いほど電位の変化が認められ、SiO<sub>2</sub> 量もエレクトロコーティング生成の要因のひとつである可能性が示唆された。また、フライアッシュのほか高炉スラグ微粉末 (もしくは高炉セメント) を使用した場合にエレクトロコーティングが生成しやすいという事例も報告されており、今後は高炉スラグ中の SiO<sub>2</sub> 量も含めた知見の拡充が必要と考えられた。

**5. まとめ**

エアモルタルが中詰めされるガスパイプラインの電気防食における、プローブまわりのエレクトロコーティングの生成の可能性について、施工前 (エアモルタル配合選定時) に判定することを目的に、各種試験および分析による検討を行った。その結果、SiO<sub>2</sub> 量がエレクトロコーティング生成の要因のひとつであることが示された。

**参考文献**

- 1) 中村ら ; モルタル中におけるエレクトロコーティング生成有無の評価方法, 第 35 回材料と環境討論会, pp. 265-268, 2008
- 2) C.E.Locke ら ; Effect of Impressed Current on Bond Strength between Steel Rebar and Concrete, Corrosion' 83, p. 178

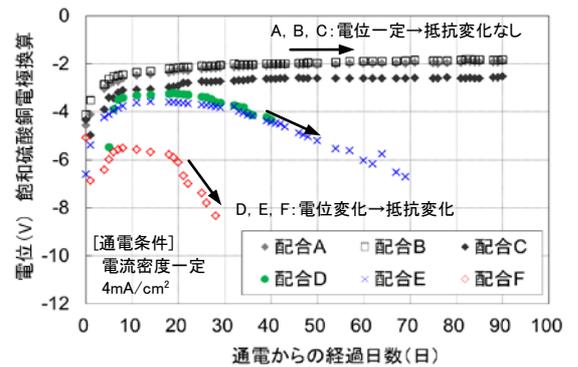


図-3 電気防食試験結果(電位の経時変化)

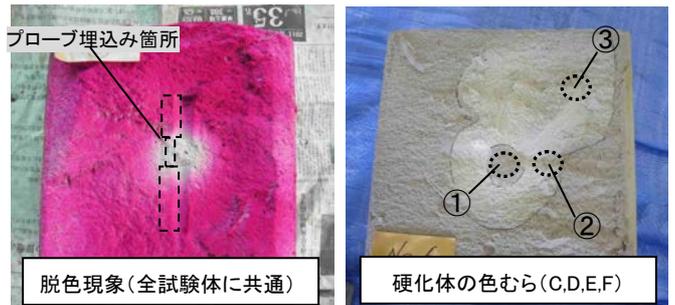


写真-1 試験体観察状況(通電終了直後に割裂)  
(①:プローブ位置、②プローブから5cm、③プローブから約15cm)

表-2 固相元素濃度分析結果(配合 B、F を例に)

No. 酸化物	B(電位変化なし)				F(電位変化あり)			
	①	②	③	通電前	①	②	③	通電前
CaO	73.38	77.05	77.81	79.82	58.36	68.63	69.34	69.98
SiO <sub>2</sub>	11.04	14.79	14.93	13.09	12.93	20.58	20.09	19.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.55	3.53	3.33	2.80	3.47	5.33	5.26	5.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.94	2.02	2.05	2.14	2.49	2.78	2.75	2.91
SO <sub>3</sub>	0.11	1.46	1.38	1.38	0.08	1.46	1.47	1.53
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.27	0.26	0.30	0.38	0.46	0.46	0.49
K <sub>2</sub> O	9.78	0.70	0.07	0.32	21.97	0.52	0.39	0.45
SrO	0.28	0.12	0.08	0.10	0.12	0.10	0.10	0.11
ZnO	N.D.	0.05	0.05	0.06	N.D.	0.06	0.05	0.06
CuO	N.D.	N.D.	0.01	0.00	N.D.	N.D.	0.01	N.D.
ZrO <sub>2</sub>	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02
MgO	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.11

単位: Wt%