

溶融アルミニウムめっきのコンクリートとの接触部における腐食挙動に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○山下和也
 (株)三井 E&S マシナリー 正会員 石原修二

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼重信
 (株)三井 E&S 鉄構エンジニアリング 正会員 井上大地
 日本溶融アルミニウムめっき協会 正会員 橋本幹雄

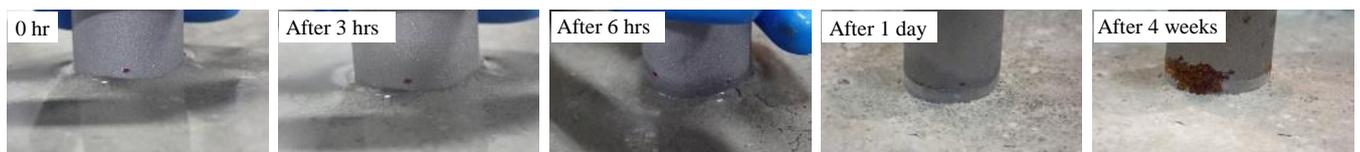
1. はじめに 溶融アルミニウムめっき (以下, AI めっき) は, 塩類による高腐食性環境などにおいて溶融亜鉛めっきに比して優れた耐食性能を有する¹⁾。著者らは約 25 年間供用した AI めっきの海上栈橋を調査・分析することで, AI めっきは AI 層が消耗しても, 合金層が残存・消耗することで鋼部材に対して高い防食性能を長期間維持できることを明らかにした²⁾。しかし, 両性金属である AI はアルカリ性環境下においては腐食溶解するため, AI めっき部材を直接コンクリートと接触する部位で使用する場合, めっきとコンクリート界面におけるめっき層の耐食性や付着性の低下が懸念される。そこで, 本研究では AI めっきした丸鋼を部分的にフレッシュモルタルに埋設して, めっき層とモルタル界面を経時的に観察した。また, 硬化したコンクリートの表面に蒸留水を滴下し, その pH を測定することで AI めっき鋼材と硬化コンクリートの接触の影響を検討した。

2. AI めっき鋼材のモルタル埋設試験 本試験にはφ19mm, 長さ 100mm の丸鋼 (JIS G 3101 SS400) を用いた。試験片には AI めっきした丸鋼 (以下, AI めっき) およびしていない丸鋼 (以下, 裸材) を用いた。裸材はブラスト処理 (溶融アルミナ (モース硬度: 12, JIS 粒度指数: 57.8, 比重: 4.0), ISO8501-1 Sa2.5) して用いた。試験体はφ100mm, 高さ 200mm のサミットモールドにモルタルを打ち込み, 試験片をモルタル上面の中央に 70mm 浸漬し固定することで製作した。本試験で用いたモルタルの配合を表-1 に示す。試験片を固定後, モルタル表面における試験片とモルタル界面を経時的に観察し, 打ち込みから 8 週間経過後にモルタル内部における試験片とモルタル界面を観察した。試験体は, 打ち込みから 24 時間は室内環境 (温度: 20°C), 24 時間以降は恒温恒湿槽 (温度: 20°C, 湿度: 60%RH) でラップフィルムを用いてシート養生した。

モルタル表面における試験片とモルタル界面の経時変化を図-1 に示す。AI めっきでは, 打ち込みから 3 時間経過後において気泡の発生が確認された。この気泡は AI の腐食溶解反応に伴い発生した水素だと考えられる。6 時間経過後に気泡の発生は収束したが, 試験片とモルタル界面に水分の層が形成されていた。この層は気泡の発生により, セメントと細骨材が物理的に押し出されたため生じたと推察される。モルタル硬化後において, 試験片とモルタル界面に間隙が生じているが, これは形成された水分の層が残置されたままモルタルが硬化したため生じたと考えられる。一方, 裸材では試験片とモルタル界面に変化は生じなかった。打ち込みから 8 週間経過後のモルタル内部における試験片とモルタル界面を図-2 に示す。裸材では試験片とモルタル界面に間隙は生じていないのに対し, AI めっきでは無数の間隙が生じていた。この間隙もモルタル表面と同様に, 気泡の発生に起因して生じたと考えられる。以上の結果から, AI めっき部材をコンクリート中に埋設する場合, めっき層の腐食溶解と気泡発生によりめっき層とコンクリート界面に間隙が生じるため, それらの付着性は低下すると言える。

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	Unit weight (kg/m ³)		
	Water	Cement	Fine aggregate
	W	C	S
50	290	579	1304

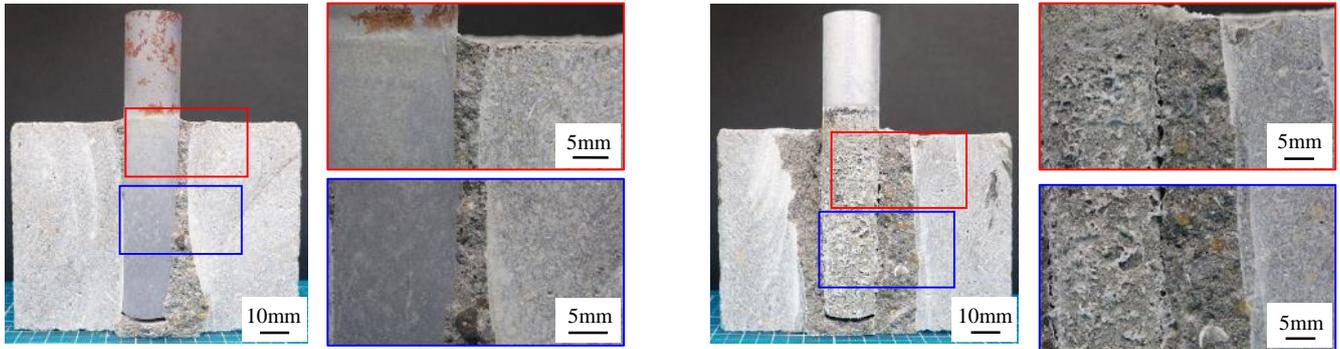


(a) 裸材



(b) AI めっき

図-1 モルタル表面における試験片とモルタル界面の経時変化



(a) 裸材 (b) Alめっき

図-2 8週間経過後のモルタル内部における試験片とモルタル界面

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				Air entraining agent (ml)	Air entraining and water reducing agent (g)
		Water W	Cement C	Fine aggregate S	Coarse aggregate G1 G2		
66	45	160	242	873	705 302	1455	606

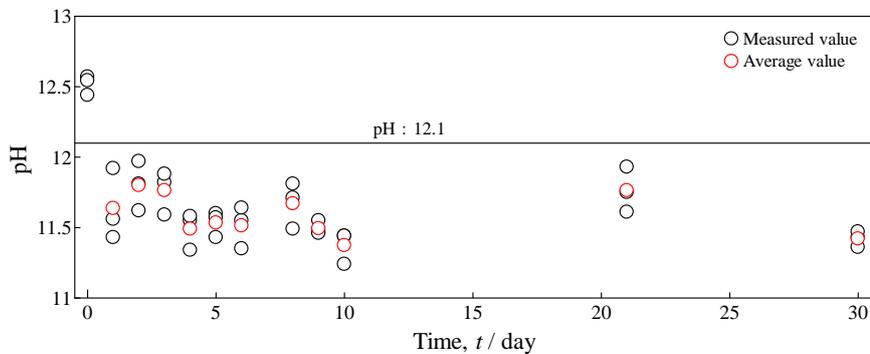


図-3 pH測定の結果

3. 硬化コンクリート表面の pH 測定 本試験で用いたコンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリート試験体はφ100mm、高さ 200mm のサミットモールドを用いて製作した。pH 測定には HORIBA 社製フラット ISFET pH 電極 0040-10D を用いた。pH 測定は打ち込みから 1 時間経過後のフレッシュコンクリートの表層 1~2mm、および硬化したコンクリート表面に対して実施した。硬化したコンクリート表面の pH 測定については、試験体の上面中央に 0.2ml の蒸留水を滴下し、10 分経過後にその pH を測定した。なお、フレッシュモルタルの pH 測定は、試験体上面の中央から約 25mm 離れた位置で実施した。pH 測定は、打ち込みから 30 日間経過後まで適宜実施した。試験体の養生方法は 2. と同様とした。

pH 測定の結果を図-3 に示す。0day (フレッシュコンクリート) の pH は約 12.5 の高アルカリ性を示しており、1day 以降 (硬化コンクリート) の pH は 11.2~12.0 の高アルカリ性の範囲で推移している。しかし、先行研究の結果より、Ca(OH)₂aq 中の Alめっきの Al 層は pH が 12.1 より中性側では不働態化すると推察され³⁾、硬化コンクリート表面の pH の測定結果はいずれも 12.1 より中性側であるため、Alめっき部材を硬化したコンクリートと直接接触する部位に使用した場合、めっきとコンクリート界面においてめっき層は腐食溶解しないと考えられる。

4. まとめ 1) 溶解アルミニウムめっきした鋼部材をコンクリート中に埋設する場合、めっきの腐食溶解と気泡発生によりめっき層とコンクリート界面に間隙が生じるため、それらの付着性が低下する。2) コンクリート表面の pH は溶解アルミニウムめっきの Al 層が不働態化する 12.1 より中性側になるため、溶解アルミニウムめっきした鋼部材を硬化コンクリートと直接接触する部位に適用する場合、めっき層は腐食溶解しない。

参考文献 1) 橋本幹雄：アルミニウムの腐食・防食 (その 9) -溶解アルミニウムめっきの耐食性-, 防錆管理, Vol.57, No.9, pp.347-353, 2013. 2) 貝沼重信, 八木孝介, 平尾みなみ, 橋本幹雄, 宇都章彦：海岸環境で約 25 年間供用された溶解アルミニウムめっき栈橋の腐食性と耐食・防食性, 防錆管理, Vol.61, No.9, pp.329-340, 2017. 3) 八木孝介, 貝沼重信, 山下和也, 石原修二, 井上大地, 橋本幹雄：アルカリ性水溶液中における溶解アルミニウムめっきの腐食挙動に関する電気化学的検討, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, I -035, pp.69-70, 2018.