

粘土堆積物が鋼材の腐食特性に及ぼす影響に関する電気化学的検討

九州大学大学院 学生会員 ○高木 魁士
九州大学大学院 学生会員 徐 捷
株式会社ナカボーテック 非会員 仲谷 伸人

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
三井住友建設鉄構エンジニアリング(株) 正会員 井上 大地

1. はじめに 標識・照明柱、鋼管杭や都市内高架橋の鋼製高欄などの鋼構造材の閉塞部で著しい腐食損傷が生じる場合がある。この損傷は図-1 に示すように、塩化物を含む雨水や結露水が部材内部に長期間滞水することが主原因と考えられる。また、前述したような滞水環境底部で粘土堆積物が堆積し、その鋼材腐食に及ぼす影響は不明である。そこで、本研究では塩化物などにより高腐食環境に曝され、鋼素地調整や防食が困難とされる鋼部材閉塞部の防食を目的として、鋼部材閉塞部の底部における粘土堆積物が鋼材腐食に及ぼす影響を電気化学的に検討した。

2. 試験方法 電気化学インピーダンス測定には図-2 に示すように、ポテンシヨ/ガルバノスタットを用いて、交流振幅 10mV、周波数範囲 100kHz~10mHz の条件で実施した。電極試料にはスチールグリット（モース硬度：10、JIS 粒度指数：52.6、比重：7.4）でブラスト処理（投射角度：60°、投射距離：300mm、投射圧力：0.7MPa）した JIS G 3106 SM490A 鋼板（150×70×板厚 6mm）を用いた。試験に用いた各粘土の基本特性を表-1 に示す。粘土にはそれぞれ比表面積、陽イオン交換性の異なるカオリンおよびモンモリロナイトの 2 種類を用いて、付着無しの試験体と比較・検討した。試験体の対象面には図-3 に示すように、各粘土を約 200μm と約 350μm の厚さでそれぞれ塗布した。電極試料の対象面の有効反応面積は 78.5mm² とし、対象面以外は電気絶縁テープでマスキングして防食した。なお、塩橋を用いることで、対象面の極力近傍で測定を実施した。塩橋には KCl と寒天で作成した伝導性物質をガラス管に充填した。電位の安定後、同試験体の分極曲線を測定した。測定装置と電解液は、インピーダンス測定と同様とし、掃引速度を 0.167mV/sec、分極電位の範囲を自然電位から±250mV とした。対象面の表面性状の観察は、電気化学試験後の外観および、マイクロSCOPE画像（350 倍）を撮影することで行った。マイクロSCOPEでは、平面画像、3D 生画像および 3D レインボー画像を撮影した。

3. 試験結果 電気化学インピーダンス測定で得られたナイキスト線図を図-4 に示す。粘土の種類によらず、粘土を堆積させた試験体で半円の直径が著しく増加したことから、粘土の付着により鋼板表面の抵抗が増加したと言える。また、抵抗は粘土の堆積厚さに伴い増加したことから、粘土の堆積状態が鋼板表面の抵抗に著しく影響を及ぼしていると推察される。分極試験の結果を図-5 に示す。粘土を堆積させた試験体は、いずれもカソード分極時の電



図-1 鋼製高欄内部の滞水・腐食状況¹⁾

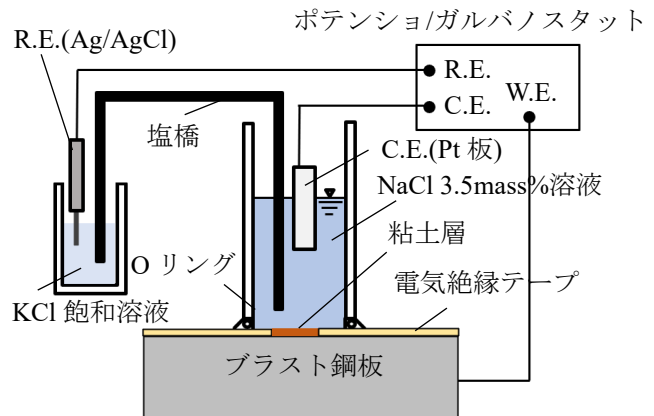
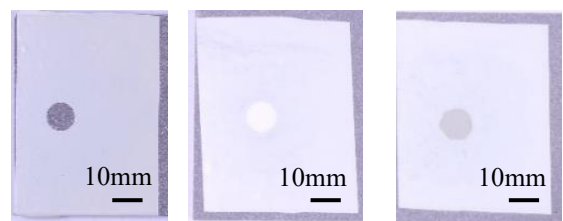


図-2 電気化学試験の概要図

表-1 各粘土の基本特性²⁾

粘土の種類	カオリン	モンモリロナイト
構造模式図		
比表面積 (m ² /g)	10~20	800
陽イオン交換容量 (eq/kg)	0.03~1.15	0.8~1.15

□ : ケイ酸四面体シート ● : 水分子
△ : アルミナ八面体シート ⊕ : 交換性陽イオン



(a) 付着無し (b) カオリン (c) モンモリロナイト

図-3 試験前の粘土堆積物を塗布した鋼板の外観

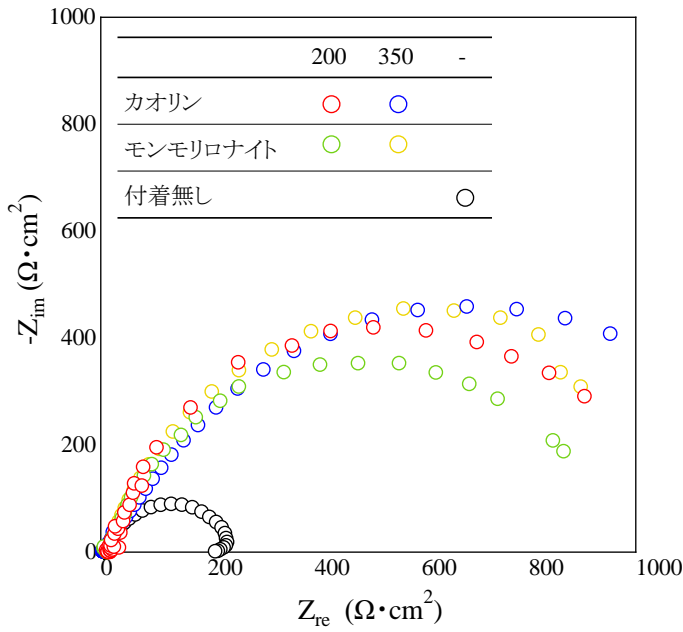


図-4 インピーダンス測定によるナイキスト線図

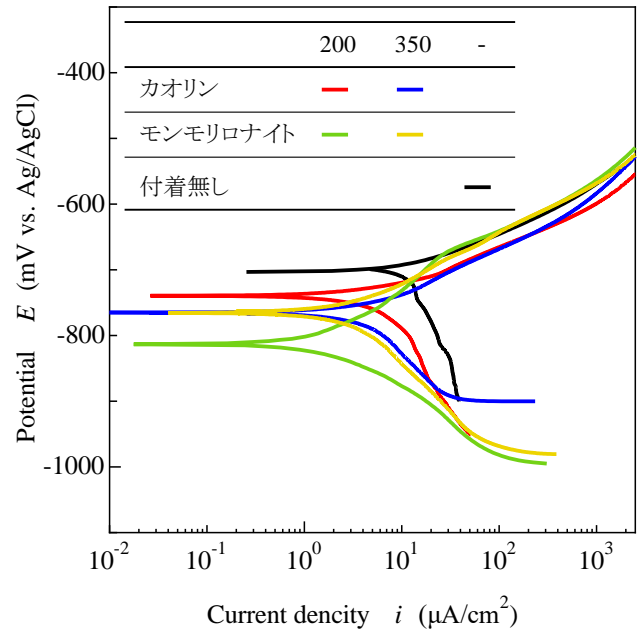


図-5 分極試験の結果

表-2 電気化学試験後の鋼板表面の外観とマイクロスコープ画像 (×350)

粘土の種類	外観 (×20)	平面画像	3D 生画像	3D レインボー画像
附着無し				
カオリン				
モンモリロナイト				

流密度 i が低下している。特に、カオリンに関してはカソード分極時に、 i の大きさは電位-850mVにおいて、附着無し>200 μm >350 μm の順に小さくなり、粘土堆積物カオリンの量が増えるほど i は低下している。モンモリロナイトの場合も同様の傾向であるが、カオリンに比してカソード分極時の i の低下が若干大きい。これはモンモリロナイトの遮水性が高いため、鋼板表面の保護作用が大きいと推察される²⁾。これらの結果から、粘土堆積物の附着により鋼板表面の酸素の供給が遮断され、カソード反応が抑制されると推察される。電気化学試験後の対象面の外観とマイクロ写真を表-2に示す。いずれの試験体においても若干のさびの発生が確認された。また、粘土を堆積させた試験体はさびの発生面積が小さく、特に、カオリンは試験後の残留附着量が多くさびの面積は小さくなった。これらの結果から、粘土の堆積により鋼部材腐食における抑制効果があると考えられる。

4. まとめ 粘土堆積物が鋼材の腐食特性に及ぼす影響を電気化学試験に基づき検討した。本研究で得られた主な知見を以下に示す。1) 粘土が堆積することで電気抵抗が増加する。2) 粘土の種類(カオリン、モンモリロナイト)によらず、堆積量が増加するほど、鋼板のカソード分極時の電流密度は低下する。3) 粘土堆積物の附着・残留によりさびの発生面積は小さくなる。

参考文献 1) 青木康素, 宇都宮光治: 水平荷重作用時の鋼製高欄の荷重分担特性に関する検討, 土木学会第67回年次学術講演会, pp.145-146, 2012. 2) 野克己, 古賀慎, 本郷隆夫, 村上譲二, 市川隆文, 川口光雄, 大塚義一, 竹光慶, 鎌野治樹, 成島誠一, 佐藤文俊, 中村隆浩, 小國拓也: 最終処分場における自然加圧修復システムの開発(室内修復実験・実規模修復実験), 第3回環境地盤工学シンポジウム講演集, 地盤工学会, pp.67-72, 1999. 3) Jeannin, M. [J]. : Role of a clay sediment deposit on the corrosion of carbon steel in 0.5 mol L⁻¹ NaCl solutions, Corrosion Science, vol52, Issue6, pp.2026-2034, 2010. 4) 近藤文義・國武昌人・高山昌照・野木芳幸: カオリナイト, モンモリロナイト, イライトの沈降様式と沈降速度について, 農業土木学会論文集研究論文 Trans. of JSIDRE No.185, pp.73-80, 1996.