

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	土壌環境中における炭素鋼の腐食機構
Title(English)	
著者(和文)	平田 瞭
Author(English)	Ryo Hirata
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11951号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:西方 篤,多田 英司,河村 憲一,林 幸,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11951号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		平田 瞭	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	西方 篤		教授		上田 光敏	准教授
	審査員	多田 英司		准教授	審査員		
		河村 憲一		准教授			
		林 幸		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「土壌環境中における炭素鋼の腐食機構」と題し、5 章から構成される。

第 1 章「緒論」では、鋼杭など多くの鋼材が土壌中で使用されているが、土壌環境の複雑さから腐食に影響を及ぼす環境因子が必ずしも明確にされていないことを指摘し、鋼構造物の腐食の観点から本研究の対象とすべき土壌環境因子を抽出している。また、鉄鋼材料の土壌腐食に関する従来研究を概括し、土壌環境因子と炭素鋼の腐食速度の関係を系統的に調査し炭素鋼の土壌腐食機構を解明することが、鋼構造物の設計および防食管理にとって重要であると述べ、本論文の目的と構成を示している。

第 2 章「土壌腐食に及ぼす粒径、かぶり厚さ、pH の影響」では、3% NaCl 水溶液で飽和したシリカ粒子を模擬土壌とし、電気化学インピーダンス法 (EIS) 及び分極曲線測定により、土壌粒径、かぶり厚さ、pH などの環境因子と炭素鋼の腐食速度の関係を詳細に検討している。その結果、炭素鋼の腐食速度は、時間経過に伴って減少し、数日程度で定常状態になることを明らかにし、その定常腐食速度から 1 年間の腐食減肉量を換算すると、土壌の粒径、かぶり厚さに依らず約 10 μm /年であるとしている。腐食初期では腐食反応により炭素鋼/土壌界面の酸素が消費され、炭素鋼表面から土壌沖合に向かって酸素の拡散層が成長するため、腐食のカソード反応である酸素還元反応が減速し、定常状態では炭素鋼表面に形成した鉄の酸化皮膜が、アノード反応である鉄の溶解反応とカソード反応を抑制するため、腐食は極めて小さな速度 (約 10 μm /年) で進行すると述べている。また、土壌 pH の影響について検討した結果、土壌間隙水中の水素イオンは、初期においては酸化剤として腐食を促進するが、腐食反応により水素イオンが消費されるため、炭素鋼/土壌界面は時間の経過とともに中性化し、最終的には中性環境とほぼ同程度の腐食速度まで低下することから、土壌の腐食性にとって、土壌と平衡する間隙水の pH 値だけでなく、土壌の pH 緩衝能が腐食にとって重要であると述べている。

第 3 章「土壌腐食に及ぼす含水率の影響」では、3% NaCl 水溶液を含水させた模擬土壌 (シリカ粒子) 中における炭素鋼の腐食挙動を EIS 法及び分極試験により電気化学的に調べるとともに、腐食後の炭素鋼の表面粗さをレーザー変位計により測定し不飽和土壌中での腐食の不均一性を評価している。その結果、土壌粒子間の空隙を溶液が占有する割合 (含水率, Degree of saturation: S_r) が約 90%で、腐食の律速段階が、カソード支配 ($S_r > 90\%$) からアノード支配 ($S_r < 90\%$) に移行するとし、これは腐食のアノード反応とカソード反応の相反する S_r 依存性のためとしている。すなわち、含水率が 100%から減少すると、土壌中に酸素の拡散経路が増えるためカソード反応は促進され、さらに減少すると炭素鋼/土壌界面の溶体量が減少することによりアノード反応が抑制されるため、律速段階が含水率 90%付近で変わるとしている。また、飽和土壌 ($S_r = 100\%$) では、炭素鋼は均一に腐食するのにに対し、不飽和土壌 ($S_r < 100\%$) では、部分的に激しく腐食する不均一腐食が観察され、15 日間の腐食試験による腐食部の平均の浸食深さは、含水率が $90\% \geq S_r \geq 70\%$ の範囲で約 100 μm になるとし、アノード部とカソード部が分離して腐食が進行することにより腐食が著しく促進されることを明らかにしている。さらに含水率が 50%以下になると、炭素鋼/土壌界面には溶液が存在しない部分があらわれることを電気二重層容量測定により明らかにし、含水率が低くなると接液部でのみで炭素鋼の腐食が進行すると述べている。

第 4 章「実環境中における腐食モニタリングによる環境因子の影響評価」では、九州大学伊都キャンパス、九州大学農学部農場そして日本ウエザリングテストセンター銚子において、実土壌中での炭素鋼の腐食モニタリングを EIS 法により行っている。その結果、土壌含水率の増加により炭素鋼の平均腐食速度が増大することが実土壌中でも確認されたとしている。また、それぞれの暴露場所から採取した実土壌を用い、実験室において、土壌の乾熱滅菌の有無と好気・嫌気の影響を調査した結果、嫌気環境・滅菌無しにおいて、高い腐食速度が長期間維持されることから、嫌気条件では微生物による腐食促進が起きていると述べている。また、土壌の種類により間隙水の pH が異なり、それにより腐食性が異なるとし、pH 緩衝性を有する黒ボク土で高い腐食速度が観察されたとし、実土壌中における炭素鋼の腐食に微生物や pH 緩衝性が影響することを明らかにしている。

第 5 章「総括」では、本論文の第 1 章から第 4 章を総括している。

以上、本論文は、炭素鋼の土壌腐食に及ぼす環境因子の影響を系統的に調べることにより炭素鋼の土壌腐食機構を明確にし、それらの知見は、今後、鋼構造物の設計と防食管理の指針となるもので、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。