HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Hydrogen Absorption into High-Strength Low-Alloy Steel During Corrosion in Simulated Atmospheric Environments [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	HAN, Xiaole
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16114号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93312
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	HAN_Xiaole_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　HAN Xiaole

審査担当者　主　査　准教授　坂入 正敏
副　査　教　授　廣吉 直樹
副　査　教　授　林 重成

学位論文題名

Study on Hydrogen Absorption into High-Strength Low-Alloy Steel During Corrosion in Simulated Atmospheric Environments
(模擬大気腐食環境下における高強度低合金鋼の水素侵入挙動に関する研究)

応力腐食割れ (SCC) は, 鋼材の引張応力と腐食環境が相まって亀裂を進展させ, 予期せぬ突然の破壊につながる可能性があるため, 鋼構造物の安全上極めて重要な問題である。SCC の潜在的な問題は, 金属の強度と水素脆化感受性との間に正の相関関係があるため, 水素に起因する問題に対処することである。特に水素の貯蔵・供給システムにおいて, 高強度低合金鋼が広く利用されており, これらの部品の水素誘起破壊は重大な懸念事項となっている。大気腐食は鋼構造物の環境劣化現象であり, 腐食反応にともない水素発生を伴うことがある。腐食することで, 相当量の水素が発生して, 鋼材に吸収されるため, 鋼構造物の耐久性に課題をもたらす。従って, 腐食の潜在的な問題を考慮し, 大気環境下での腐食における鋼材の水素抵抗性割れのメカニズムを理解することは重要である。

本論文では, 相対湿度 (RH) や温度, 塩エアロゾルなどの環境因子が, 高強度低合金鋼の大気腐食中における水素発生量に及ぼす影響に焦点を当てる。

第 1 章では, 鋼材の大気腐食と水素助長割れに関する知識の現状を基礎から概説し, 大気腐食の範囲における水素関連の問題の背景と重要性を理解するために必要な情報を述べる。

第 2 章では, 異なる RH 条件下での腐食中の鋼の水素吸収挙動を解明することを目的とする。RH は大気腐食における水膜の存在に関与するため, 極めて重要な要素である。RH が潮解相対湿度 (DRH) として知られる特定の値に達すると, 鋼上の析出塩が空気中の水分を吸収して薄い電解質層を形成し, 腐食が発生する。そこで, 乾湿サイクル中の RH を NaCl の DRH 以下に制御することで,NaCl 付着下の鋼の腐食と水素吸収に及ぼす RH の影響を調査した。その結果, 周囲の RH が NaCl の DRH 以下であっても, 鋼中への水素吸収が起こりうることが示唆された。浸透した水素の量は, 湿式乾燥サイクルの乾燥段階で RH が高くなるほど増加したが, これは腐食生成物内部に液相が存在する期間が長くなるためであると考えられた。

第 3 章では, 溶存塩の金属陽イオンが塩滴下の腐食速度論に及ぼす影響を説明に, 硬軟酸塩基 (HSAB) 概念の適用性を評価する。NaCl, $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $AlCl_3$ 水溶液液滴下における鋼の腐食と水素透過の解析を行った。水溶液液滴下での鋼材の腐食と水素透過の解析を行い, 湿潤-乾燥の繰り返し腐食における異なる吸湿性スラットとその金属陽イオンの役割を調べた。Mg^{2+}, Zn^{2+}, Al^{3+} を含む塩水滴下で腐食が発生した場合, 陽イオンを含む層が鋼表面に形成され, 耐腐食性を示すと考えられる。HSAB の概念に基づき, 陽イオン硬度の高い金属陽イオンは, 不動態皮膜の H_2O や OH^- などの硬塩基と結合しやすく, 塩水滴下での腐食攻撃に対して安定した保護不動態皮膜を形成する。

第 4 章では, 湿潤-乾燥サイクルにおける吸湿性塩と鋼の水素吸収挙動との関連を理解するために, 湿潤時間 (TOW) 概念の適用可能性を検討する。水分が蒸発して鋼材表面が見かけ上乾燥した後, 多孔質錆層内に析出した塩の吸湿性が腐食と水素吸収プロセスにおいて支配的な役割を果たす。潮解値が低い塩類は, 多孔質さび構造内に塩化物濃度の高い薄い電解質層を保持し, 鋼材の腐食と水素吸収の時間を長くする。

第 5 章では, 得られた知見をまとめ, 研究成果全体の結論を示す。実験結果と解析に基づき,TOW と HSAB の概念は, 大気腐食中の高強度低合金鋼の腐食と水素吸収活性における塩の役割を説明する上で適用可能である。本研究から, 錆層下の局所的な孔食と酸性化が, 湿潤-乾燥サイクル中の鋼中への水素侵入を加速する原因であることを示唆された。

これを要するに, 本論文は大気腐食により発生し侵入する水素による高強度鋼板の脆化に及ぼす環境因子を解明したものである。その成果は, 腐食科学・防食工学の発展に貢献するところ大である。 よって, 著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。