

京都大学	博士（工学）	氏名	WINT THANDAR
------	--------	----	--------------

論文題目	Performance of Weathering Steel Bridge under Atmospheric Corrosion in Myanmar (ミャンマーの大気腐食下における耐候性橋梁の性能評価)
------	--

(論文内容の要旨)

本論文は、鋼構造物の2大損傷の一つとして、社会基盤施設の長期供用下における安全性・社会経済活動に影響を及ぼす腐食損傷に着目し、一般構造用鋼材と対比しながら腐食耐久性の高い耐候性鋼材の適用性を、高温多湿な東南アジア地域を代表してミャンマー国内各地での大気曝露試験、室内での複合サイクル促進試験により評価するとともに、今後ミャンマーで建設が期待される耐候性鋼橋の構造性能の長期的な経時変化を予測評価し、LCCを考慮した適切な維持管理手法について取りまとめたものであり、7章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的について述べ、鋼材の大気腐食および腐食因子、特に、気象因子、濡れ時間や環境汚染物質を概観し、大気曝露試験による環境評価、長期耐久性評価のための環境促進試験の役割を詳述している。耐候性鋼を用いた橋梁の信頼性・安全性の経時変化の必要性、長寿命化に必要な維持管理方策、LCCを考慮した維持管理法の策定など、本研究で明らかにしなければならない事項を取りまとめている。

第2章では、南北に長く、沿岸地域から山岳地域に至るまで、南国特有なモンスーンが地域ごとに異なる気象条件を生じさせているミャンマー国内の複数の主要都市で雨がかり有り・無し環境での複数年の大気曝露データを解析し、指数関数モデルにより腐食減肉量の経年変化を検討した結果、高温多湿な気象条件にもかかわらず比較的マイルドな腐食環境であることを明らかにしている。また、離岸距離および飛来塩分量が腐食減肉量に大きく影響し、これらの指標を考慮した指数関数モデルにより長期腐食減肉量を精度よく予測できることを示している。さらに、気温の上昇とともに腐食速度は大きくなるが、特に年中高温な地域では、腐食速度が反転低下する実環境があることを明らかにしている。また、雨がかりが無い状態では、耐候性鋼材の保護性錆層の形成が遅れることを指摘している。

第3章では、塩分濃度5%および0.05%の異なる腐食促進因子での複合サイクル促進試験（S6試験）を実施し、耐候性鋼材の表面に緻密なさび層を生じさせるには、塩分濃度0.05%が適切であることを示すとともに、200サイクル（50日）で、しっかりした保護性さびの形成が可能であることを示している。また、適切な間隔において高圧水洗浄で表面に付着した塩分を除去・低減することで、腐食進行を遅延できることを明らかにしている。

京都大学	博士（工学）	氏名	WINT THANDAR
------	--------	----	--------------

第4章では、大気曝露試験結果に対する複合サイクル促進試験結果の対比で、促進倍率の算定を行い、ミャンマー各地での倍率として、沿岸部から内陸部での腐食量として8-43倍であることを明らかにしている。また、塩分洗い落としを行った複合サイクル試験結果に基づき、実橋梁では、沿岸部で約1.8年毎の洗浄、都市部では約5.5年毎の洗浄が望ましいと結論付けている。

第5章では、ミャンマーの実環境における耐候性鋼橋の腐食進行に伴うせん断・曲げ耐力の経時変化を有限要素解析で予測し、その構造信頼性を検討している。米国橋梁設計基準AASHTOでの目標信頼性レベルまでの低下は、橋梁全体系での評価では100年の共用期間中発生しないが、部材レベルの評価では約60年で低下することを明らかにしている。また、100年後にはせん断耐力が23%の減少を、曲げ耐力に関しては42%の減少が発生することを明らかにしている。

第6章では、ミャンマー・エーヤワディ川河口デルタ域で試験施工された耐候性鋼橋の腐食実態調査の結果に基づき、鋼桁下フランジでは最大1mm程度の腐食が進行していること、我が国の目視判定基準によっても異常さびと判断されること、小型曝露試験片による腐食環境評価結果より厳しいことを明らかにしている。また、全面塗装仕様、部分的な塗装仕様、および周期的な洗浄による維持作業を前提とした100年LCC評価を行い、当該地点でも1.8年ごとに洗浄することで耐候性鋼橋の健全性を低コストで長く維持できることを示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、高温多湿な東南アジア地域での腐食環境の実態を明示するとともに、耐候性鋼材の橋梁への適用性を示し、これらの構造物を長く維持管理する上での将来的課題について取りまとめている。

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、鋼構造物の2大損傷の一つとして、社会基盤施設の長期供用下における安全性・社会経済活動に影響を及ぼす腐食損傷に着目し、一般構造用鋼材と対比しながら、腐食耐久性の高い耐候性鋼材の適用性を高温多湿な東南アジア地域を代表してミャンマー国内各地での大気曝露試験、室内での複合サイクル促進試験により評価するとともに、今後同様な地域で建設が進む耐候性鋼橋の構造性能の長期的変化の予測、LCCを考慮した適切な維持管理手法について取りまとめたものであり、7章からなっている。

第1章では、序論であり、研究の背景と目的について述べ、鋼材の大気腐食および腐食因子、特に、気象因子、濡れ時間や環境汚染物質を概観し、大気曝露試験による環境評価、長期耐久性評価のための環境促進試験の役割を詳述し、耐候性鋼を用いた橋梁の信頼性・安全性の経時予測、長寿命化のための維持管理方策、LCCを考慮した維持管理法の策定などの必要性を取りまとめている。第2章では、ミャンマー国内の複数の主要都市で雨がかり有り・無しの環境での複数年の大気曝露データを解析し、指数関数モデルにより腐食減肉量の経年変化を検討した結果、高温多湿な気象条件にもかかわらず比較的マイルドな腐食環境であることを明らかにし、離岸距離および飛来塩分量を考慮して、指数関数モデルによる長期腐食減肉量の予測精度向上に貢献している。第3章では、塩分濃度5%および0.05%の異なる腐食促進因子での複合サイクル促進試験(S6試験)を実施し、耐候性鋼材の表面に緻密なさび層を生じさせるには、塩分濃度0.05%が適切であることを示すとともに、200サイクル(50日)程度で、しっかりした保護性さびの形成が可能であることを示している。第4章では、大気曝露試験結果に対する複合サイクル試験結果の対比で、促進倍率の算定を行い、ミャンマー各地での倍率として、沿岸部から内陸部での腐食量として8-43倍であることを明らかにしている。第5章では、ミャンマーの実環境における耐候性鋼桁橋の腐食進行に伴うせん断・曲げ耐力の経時変化を有限要素解析で予測し、その構造信頼性を検討している。米国橋梁設計基準AASHTOでの目標信頼性レベルまでの低下は、橋梁全体系での評価では100年の共用期間中発生しないが、部材レベルの評価では約60年で低下することを明らかにしている。第6章では、ミャンマーで試験施工された耐候性鋼橋の腐食実態調査の結果に基づき、小型曝露試験片による結果より腐食進行が厳しく、維持管理における周期的な洗浄の重要性を示している。第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、高温多湿な東南アジア地域での腐食環境の特徴を明示し、耐候性鋼材の橋梁への適用性を示し、耐候性鋼橋を長く維持管理する上での将来的課題について取りまとめている。

以上、本論文は、耐候性鋼材の腐食特性を一般構造用鋼材のそれと比較しながら、ミャンマーでの耐候性鋼橋の維持管理に貢献することにより、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年8月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。