

大気環境における球状黒鉛鑄鉄の腐食特性に関する研究

土手, 一郎

<https://hdl.handle.net/2324/4784592>

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 土手 一朗

論 文 名 : 大気環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食特性に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

鋳造により一体成形され、機械的性質に優れる球状黒鉛鋳鉄は、複雑形状を安価に製造可能であることから、産業機械装置の部品やマンホール鉄蓋などに採用されてきた。一方、橋梁等の社会インフラの構造材料については、球状黒鉛鋳鉄は排水樹の蓋や伸縮装置等の一部で採用されているが、鋼材が一般に用いられている。鋼構造物では鋼材は溶接接合して使用されるため、溶接部の疲労耐久性を考慮する必要がある。そのため、近年、溶接が不要な球状黒鉛鋳鉄の道路橋鋼床版への適用が提案されている。

鋼構造物は長期間の耐久性が求められるが、その耐久性を低下させ、安全性等に影響を及ぼす主要因として腐食と疲労による損傷が挙げられる。球状黒鉛鋳鉄を橋梁などの鋼構造物の構造部材として適用するためには、材料の機械的性質に加え、長期供用時の疲労耐久性や腐食挙動を定量的に把握することが重要である。球状黒鉛鋳鉄の機械的性質や疲労耐久性については、先行研究により明らかにされてきているが、腐食に関しては、構造物の設計の参考にできる知見は少なく、腐食損傷に対して安全性を考慮した設計法が確立されていない。したがって、大気環境における鋼材に対する球状黒鉛鋳鉄の腐食挙動を定量的に示すことが重要であり、これまで球状黒鉛鋳鉄が使用されていない領域への適用範囲の拡大も期待される。

大気環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食に関する先行研究によると、2年間の大気暴露試験における球状黒鉛鋳鉄の腐食性は、炭素鋼と比して低く耐候性鋼と同程度、また、球状黒鉛鋳鉄の孔食性（平均腐食深さに対する最大腐食深さの比）は、耐候性鋼と比して小さく、炭素鋼と同程度であると報告されている。これらの要因に関して、他の先行研究によると、球状黒鉛鋳鉄は炭素鋼や耐候性鋼に比して、早期に腐食反応を抑制するさび層が形成されることで長期間の耐食性が優れている可能性が示されている。耐候性鋼の保護性さびを生成する上で有効な元素の1つにCuがあり、耐候性鋼中のCuは緻密なさびの形成に寄与すると報告されている。球状黒鉛鋳鉄には、一般にCuが強度調整などのために添加されており、耐候性鋼と同様に保護性の高いさびが形成される可能性が示唆される。

本研究では、球状黒鉛鋳鉄の腐食進行の特徴である早期の腐食生成物の形成について、乾湿繰り返し試験にて初期腐食挙動の詳細について鋼材との定量的な比較により評価した。また、実際に球状黒鉛鋳鉄の使用が想定される大気腐食環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食特性について、炭素鋼および耐候性鋼を比較対象に大気暴露試験を行った。大気腐食環境において球状黒鉛鋳鉄に生成されたさび層の緻密性や耐食性について詳細に分析し大気暴露試験結果の差異と関連付けて考察した。さらに、長期間における球状黒鉛鋳鉄の腐食挙動について把握するために、球状黒鉛鋳鉄製の照明柱を対象に腐食状態を調査した。

本論文は第1章から第6章までの6つの章で構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第1章では、本論文の研究の背景および目的について述べるとともに、本論文に関連する既往の研究として、鋳鉄の腐食研究や耐候性鋼に係わる先行研究などについて述べた。

第2章では、大気腐食環境における球状黒鉛鋳鉄、炭素鋼および耐候性鋼の初期腐食挙動の差異に着目し、数日間の大気暴露試験を行うとともに、恒温恒湿層を用いた乾湿繰り返し試験を実施した。これらの試験結果から、球状黒鉛鋳鉄の初期腐食の進行性は、炭素鋼や耐候性鋼に比して高いことを確認した。また、球状黒鉛鋳鉄の腐食起点部では、耐候性鋼と同様に Cu が析出し、黒鉛と析出した Cu がカソードとなる局部電池が形成される初期腐食機構を示した。

第3章では、大気腐食環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食特性について、暴露地点の違いによる温湿度、降雨量、飛来海塩量、雨洗の有無等を環境パラメータとして大気暴露試験を実施し、炭素鋼および耐候性鋼を比較対象に平均腐食深さや孔食性等の腐食進行性について評価した。雨洗がある環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食性は、炭素鋼に比して低く、耐候性鋼と同程度以下になることを明らかにした。また、孔食性については耐候性鋼に比して低く、炭素鋼と同程度であることを確認した。一方、雨洗が無い環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食性は、炭素鋼および耐候性鋼と同程度であることを明らかにした。

第4章では、大気暴露した試験体のさびの評価を行った。マイクロスコープや偏光顕微鏡による断面観察、さび断面の元素分布の分析、さびの結晶構造の分析、電気化学的特性等について測定し、腐食進行性との関係性を評価した。その結果、球状黒鉛鋳鉄のさびの基地付近において、さびの保護性向上に寄与するとされる Si の濃化や、耐候性鋼と同様の Cu の分布を確認した。また、球状黒鉛鋳鉄のさび層は電気化学的に保護性が高く、さび層のイオン透過抵抗値の経時変化は大気暴露試験における腐食性と一致することを明らかにした。

第5章では、24年間使用された球状黒鉛鋳鉄製の照明柱から採取した試験体を対象として、外観観察、金属組織と化学成分の分析、さび層の保護性と鉄基地の腐食表面性状の評価を行った。その結果、長期間経過した球状黒鉛鋳鉄のさびの結晶構造は2年程度のさび層と比して、電気化学的に不活性な α -FeOOH が有意に多く、長期的に α -FeOOH の存在比率が増大する可能性があることを確認した。また、塩類に曝されない大気環境における球状黒鉛鋳鉄の腐食は、長期的に黒鉛の分布に沿って板厚方向に局部的に腐食が進行すること無く、全面的に均一に進行することを解明した。

第6章では、本研究で得られた知見について総合的に整理し、球状黒鉛鋳鉄の腐食特性について結論を示した。