

2023 年度年次報告書

トランススケールな理解で切り拓く革新的なマテリアル

2023 年度採択研究代表者

岡田 和歩

物質・材料研究機構 構造材料研究センター
研究員

予疲労変形を用いたき裂発生抑制による高強度鋼の疲労限度向上機構の解明

研究成果の概要

安心安全かつ持続可能な社会実現のため、構造物破壊事故原因の約 8 割を占める疲労破壊の克服および、燃費向上を目的とした輸送機器の車体重量軽量化が急務となっている。そこで、高い疲労限度と引張強度を両立した材料の開発が求められているが、引張強度 1.4 GP で鉄鋼材料の疲労限度が頭打ちとなることが、高強度鋼の社会実装において大きな問題となっている。本研究では、代表的な高強度鋼であるマルテンサイト鋼に着目し、高疲労限度と高引張強度を両立した金属材料を開発するための革新的な材料設計指針を、基礎学理に基づいて獲得・提案することを目標としている。

マルテンサイト鋼は焼入れまま状態が最も高強度であるが脆いため、通常は焼き戻しによって強度を低下させてから使用する。疲労限度はき裂発生限界とき裂停留限界のうち高いほうと一致するが、焼き戻しマルテンサイト鋼の疲労限度はき裂停留限界と対応する。したがって、従来常識とされてきた疲労限度の頭打ちは、き裂停留限界の上限であるとも言える。

1 年目は、焼入れままマルテンサイト鋼の疲労限度が、従来の常識と異なり、き裂発生限界と対応していることを発見した。さらに、従来は材料に損傷を与えるとされてきた疲労変形は、き裂が発生しない条件であればき裂発生限界の向上手法として活用できることを発見した。その結果、引張強度 1.6GPa の焼入れままマルテンサイト鋼の疲労限度を、予疲労変形によって 2 倍に向上させ、疲労限度の頭打ちを打破することに成功した。この特性向上は、き裂発生サイトが、材料表面に接する結晶粒界から材料内部の介在物へと変化したことが原因であることがわかった。

今後は、き裂発生メカニズムをより詳細に明らかにし、材料組織(ナノ・マイクロ)⇔き裂発生現象⇔疲労限度(マクロ)の相関をトランススケールに理解することで、予疲労変形によって導入された「疲労き裂が発生しにくい組織とは何か」を明らかにしていく。