

## 溶融亜鉛めっき処理を施した冷間加工鋼材の疲労強度に関する研究

著者	長谷川 嘉代
学位名	博士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
学位授与番号	12614 博甲第532号
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001803/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001803/</a>

# 博士学位論文内容要約

## 溶融亜鉛めっき処理を施した冷間加工鋼材の疲労強度に関する研究

海洋科学技術研究科 応用環境システム学専攻  
長谷川 嘉代

溶融亜鉛めっきは安価かつ優れた耐食性を有するため炭素鋼の表面処理として多用されてきた。溶融亜鉛めっき鋼材の耐食性に関する研究は多くあるが、疲労特性を調べた研究はあまりない。そこで本研究では冷間加工された炭素鋼を溶融亜鉛めっき処理後、疲労試験を実施し溶融亜鉛めっき鋼材の疲労強度とその破壊機構を考察した。

溶融亜鉛めっき処理の最適温度はめっき対象物の寸法に関わらず経験値的におよそ 440~470°Cとされている。この温度域は加工された炭素の回復・再結晶が生じる温度域であり静的強度が低下する。静的強度低下要因を明らかにするために、S45C の冷間引抜き丸棒材を用いて熱処理時間が異なる熱処理材を作製し、その静的強度と組織変化を解析し、溶融亜鉛めっき材と比較した。溶融亜鉛めっき材におけるめっき処理後の静的強度の低下はめっき層成膜が主要因であった。

S45C に溶融亜鉛めっきを施すと、疲労強度は低下した。溶融亜鉛めっきは Fe と Zn の拡散反応が生じる処理であり、一般的な溶融亜鉛めっき層は純亜鉛相と 2 種類の合金相の計 3 相が 3 層構造となっている。溶融亜鉛めっき鋼材の疲労強度低下要因は破断までのサイクル数によって異なった。すなわち、低サイクル・高応力域では合金相が、高サイクル・低応力域では純亜鉛相が疲労強度低下要因であった。

繰返し変形に伴う転位下部組織形成後における疲労破壊過程は、転位下部組織の形成ならびに変形集中による損傷集積、微小き裂の発生・成長(Stage I)、き裂の安定成長(Stage II)、急速破断(Stage III)の 4 過程であり、これらの中で Stage I と Stage II が疲労寿命に対し支配的である。溶融亜鉛めっき鋼材と S45C まま材のき裂進展速度は同程度であることを確認した。すなわち、溶融亜鉛めっき鋼材の疲労強度低下は、き裂の進展速度ではなく微小き裂の発生・成長に起因していた。

実際に使用されている橋梁などの溶融亜鉛めっき鋼材は湿度が変化し自動車の振動などの腐食疲労環境下に晒されている。一般に鉄鋼材料は腐食環境下で使用した場合、腐食部が応力集中箇所となり疲労強度は低下することが知られている。溶融亜鉛めっき鋼材を湿度制御の下、疲労試験を実施した結果、高湿度環境下において、S45C を溶融亜鉛めっきしためっき材の疲労強度は低湿度環境下のそれよりも増加していた。

以上の実験結果を用いて溶融亜鉛めっきを施した炭素材の疲労破壊モデルを提案し、溶融亜鉛めっき鋼材の性能向上および維持管理の指針を示した。