

企業紹介

ディーゼルエンジンの開発を支える材料技術

ヤンマー株式会社；主幹研究員 岡 正徳

ヤンマーは1912年創業の機械メーカーです。農機メーカーのイメージが強いかもしれませんが、実は世界で初めてディーゼルエンジンを小型化したエンジンメーカーです。ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンと比較すると熱効率がよく二酸化炭素の排出量が少ない優れた特徴があります。加えて高出力であり大型化も容易です。これらの特徴を活かし、ヤンマーはディーゼルエンジンを農業機械や建設機械、船舶分野などに展開することで成長を続けています。現在は食料生産とエネルギー変換を事業領域として、小形/大形ディーゼルエンジン、農業、都市建設、エネルギーシステム、マリンプレジャー、コンポーネントの7つのコア事業を展開しています。本報ではヤンマーが得意としているディーゼルエンジンを対象に、この開発を支える材料技術について紹介します。

ディーゼルエンジンは、環境へのより高い適応や作業機などへの搭載性の観点から、小型化、軽量化、および排気量あたりの出力向上が進められています。そのため、例えばピストンの往復運動を回転力に変えるクランク軸では、エンジン運転中に作用する曲げやねじりの負荷が増大しています。これに対しヤンマーは、炭素鋼や低合金鋼で成形したクランク軸に高周波焼入れを行うことで耐摩耗性や疲労強度を向上させ品質を確保しています。しかし、高周波焼入れ時には温度上昇や急冷によって相変態や体積の膨張/収縮が生じます。この現象は非常に複雑であるため、製造条件は主に熟練者の経験と勘に基づいて設定されています。この状況を打開するため、ヤンマーは図1に示す独自の高周波焼入れ解析技術を構築しました。具体的には、温度変化や相変態、およびこれに伴って生じる弾塑性現象を数式で表現し、有限要素法に組み込むことで一連の現象を数値解析で再現しました。このように高周波焼入れ時の複雑な現象をコンピューター上で可視化することで、最適な生産条件を短期間で導出しています。また、高周波焼入れによってクランク軸には応力が残留しますが、これをクランク軸の設計計算に反映することで、信頼性の高い商品開発を支えています。

またシリンダヘッドやピストンなどの部品は、エンジンの運転中は高温に、停止すると低温(室温)になります。このような温度変化が繰り返し作用すると、熱疲労と呼ばれる



図1 高周波焼入れ解析技術の概要。

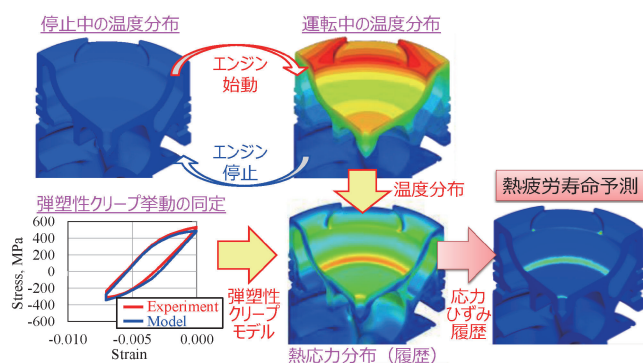


図2 ピストンの熱疲労寿命解析技術の概要。

現象で部品が破壊することがあります。特に出力の高いディーゼルエンジンでは、部品が急激に加熱されるため大きな温度勾配を生じ、材料の降伏点を超える熱応力が発生します。さらに、高温ではクリープ変形が生じるため熱疲労現象は複雑です。これらの現象に対し、ヤンマーでは図2に示す高精度な熱疲労寿命の予測を行っています。具体的には、クリープを含む複雑な弾塑性挙動考慮できるような有限要素法を拡張し、部品に作用する応力やひずみを高精度に予測します。そして得られた応力とひずみの履歴から疲労破壊に影響する因子を導出することで熱疲労寿命を定量的に予測しています。また、数値解析による寿命予測だけでなく、熱疲労に強い材料も開発しています。この材料を高い熱負荷が作用する高出力エンジンに用いることで、熱疲労による破壊発生を防いでいます。これらの取り組みを通じて、高出力ディーゼルエンジンの開発を支えています。

本報ではディーゼルエンジンを対象として、ヤンマーにおける材料技術の活用例をいくつか紹介しました。しかし実際の業務では、作業機を含めて幅広い分野で技術開発を行っています。これらがディーゼルエンジンや作業機の高度化、ひいては世の中の発展を支えています。

(2016年6月30日受理) [doi:10.2320/materia.55.426]

(連絡先: 〒521-8511 米原市梅ヶ原2481)