

審査の結果の要旨

氏名 増田 義彦

本論文は自動車用高出力ディーゼルエンジンのメタル製シリンダヘッドガスケットの高機能化に関する研究報告であり、6章よりなる。

第1章序論では昨今の自動車用ディーゼルエンジン開発にはシリンダヘッドガスケットの進歩・高機能化が重要であることを以下のように俯瞰している。軽量で生産性に優れるオープンデッキ型アルミダイカストシリンダブロックは、乗用車のガソリンエンジンに広く採用が進んでおり、ディーゼルエンジンにおいてもこの技術を採用することにより、軽量化と生産性の向上をはかることができる。この実現にあたっては、シリンダヘッドとシリンダブロックとの間に装着され燃焼ガス・冷却水・潤滑油をシールしているシリンダヘッドガスケットの開発が重要であり、特にエンジンの信頼性を確保する要となっている。これに加えて、シリンダヘッドガスケットにはシリンダボアを拘束する機能が求められる。シール機能すなわちシリンダヘッドガスケットの柔軟性とシリンダボア拘束機能とは相反するものであり、従来経験的に設計が行われているが、新しい発想のもとに両機能の同時高性能化が求められている。

第2章では、構造の異なる代表的なメタル製シリンダヘッドガスケットとなるインナーシムタイプおよびグロメットタイプを対象として、高筒内圧時のシール面圧を正確に計算する手法を提案した。これは、ゴムコーティングに圧縮およびせん断応力が加わった場合について、超弾性理論（Mooney-Rivlin モデル）を用いてモデル化し、変形挙動を予測するという方法である。さらに、実測に基づいた、ゴムコーティング層の摩擦特性および正確なボアビード形状を計算に反映することにより、高精度にシール面圧分布を計算できることを示した。続いて第3章にて、シリンダヘッド、シリンダブロックを有限要素法によりモデル化し、そこに上記のガスケットモデルを組込んだ計算手法を提案し、これにより、筒内圧によるシリンダボアの拡張変形挙動を解析した。ここでは、ガスケットを分割要素として組込むことにより、簡便的にシリンダボアの変形挙動が予測できることを示している。また、筒内圧によるシリンダボア変形挙動を経時的に計測可能な実験装置を製作して実験を行い、計算結果の高い予測精度を検証した。これにより、第2, 3章では、燃焼ガスのシール性およびシリ

シリンダボアの拘束性におけるゴムコーティング層の果たす役割が従来の予想以上に大きいという結論を得た。これを受け、第4章ではゴムコーティング材の改良に取り組み、シール性およびシリンダボアの拘束力が高いゴムコーティング材を開発した。開発材により改良効果は確認されたが、これらを高いレベルで同時にシリンダヘッドガスケットに付与することが困難であるという限界も明らかになった。

第5章では、ガスシール機能とシリンダボア拘束機能とを分離させるという、新しい発想のガスケット構造を提案した。すなわち、高圧ガスのシール性をインナーシムタイプのシール構造に担わせ、一方シリンダボアの拘束性をゴムコーティングの無い金属板に担わせる「機能分離型シリンダヘッドガスケット」を考案した。続いて金属板の配置・厚さを変化させて試験を行い、両機能をより高性能化させることを目指した。こうして開発された機能分離型シリンダヘッドガスケットについて、シール機能、シリンダボア変形、および冷熱耐久試験を実施して、機能向上に関する評価を行った。そして、いずれの評価でも従来のシリンダヘッドガスケットに比べて同等もしくは高い評価を得た。加えて、機能分離型シリンダヘッドガスケットは金属拘束部とシール部とを独立させたため、定寸締め構造が可能となり、拘束力の向上に加えてビード損傷に対する耐久性も高まることがわかった。

第6章は結論であり、以下のようにまとめている。

- (1) 燃焼ガスシール性に好ましいシリンダヘッドガスケットの特性を明らかにした。
- (2) オープンデッキアルミダイカストエンジンにおけるシリンダボア壁拡張変形挙動に対するシリンダヘッドガスケットによる拘束特性をシミュレーション予測および実験から明らかにした。
- (3) 上記により明らかになった知見を踏まえた高筒内圧エンジンにおける燃焼ガスシール性とシリンダボア拘束性の両立を可能とする新しいシリンダヘッドガスケット構造を考案し、その効果の実用性を実証した。

本論文は従来のシリンダヘッドガスケットの基礎的な構造解析・評価から研究を開始して、エンジン性能に関するシステム計算およびプロトタイプの実成・評価などを通して、最終的には新しい機能分離型シリンダヘッドガスケットの提案・試作・評価までを網羅的に研究している。これは今後の同種機械要素開発の指針を示したものであるとも言える。

以上より本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。