

自動車用ガスケットの 技術動向

田中利幸
日本ガスケット(株) 主幹

1 はじめに

現在、自動車に求められるニーズは、高性能、低燃費、低コストなど、多岐にわたる。それに伴い、自動車の心臓部にあたるエンジンについても高筒内圧化、コンパクト化、軽量化など、構造や材質も大きく変化してきた。本稿ではこれらのエンジン部品の一つであるガスケットについて紹介する。

2 ガスケットとは

ガスケットとは、シリンダーヘッドとEXマニホールド間、シリンダーブロックとウォーターポンプ間などに装着されている、ガスや液体をシールするための製品のひとつである。特にシ

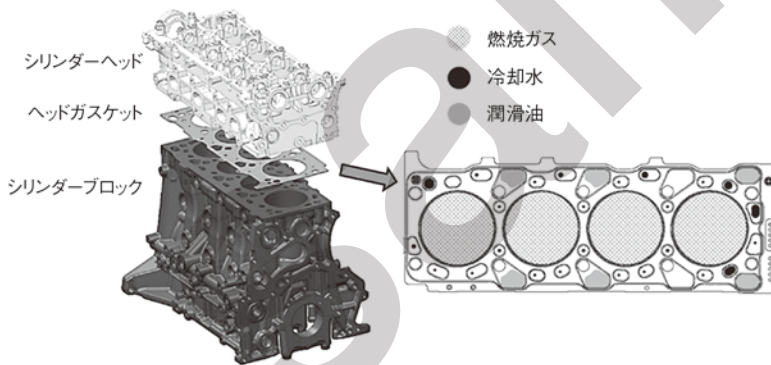


図1 ヘッドガスケットの概要

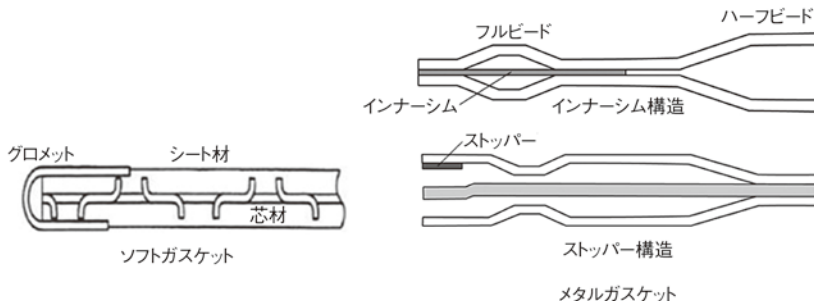


図2 ヘッドガスケット構造

リンダーヘッドとブロック間で使用されるガスケットはシリンダーヘッドガスケット(以降、ヘッドガスケット)と呼ばれ、燃焼ガス、潤滑油、冷却水といった異なる流体を同時にシールする重要な役割を担っている(図1)。また、ヘッドガスケットは、燃焼室からの熱にさらされるとともに、冷熱サイクルや燃焼圧による荷重変動を受ける使用環境にあり、設計が非常に難しい部品でもある。

3 ヘッドガスケットの変遷

ヘッドガスケットは、その歴史の中で構造を大きく変化させてきた。まず1990年代まではグラファイト、アラミド繊維などをベースとしたシート材を芯材である鉄板に圧着し、燃焼室穴にグロメットと呼ばれる軟鋼板の輪をはめ込んだソフトガスケットと呼ばれる構造のものが使用されていた。その後、エンジンの高性能化により、機械的強度が高く、ばね性の高いステンレス鋼板を積層させたメタルガスケットへと主流が変化していった。

また、アルミオープンデッキが採用されるなど、軽量化の進むガソリンエンジンでは、インナーシム構造のメタルガスケット、高出力で剛性の高いディーゼルエンジンでは、ストップパー構造のメタルガスケットが主に用いられている(図2)。これは、ストップパー構造はボア端部に高面圧を発生させてシールを行うため、アルミオープンデッキのように剛性の低いエンジンに用いると、ボア変形が大きくなる。この結果、エンジンフリクションが大きくなり、オイル消費を増加させることが懸念される。他方、インナーシム構造はボア全体に面圧が分散されるため、ボア変形は小さくなる。このため、低剛性のエンジンに広く採用されている。

4 シールメカニズム

前述のソフトガスケットは主にシート材がヘッド、ブロックのシール面に密着することで、シール性を確保している。しかしながらシート材はへたりが大きく、耐久面にも問題が多かった。メタルガスケットの場合は、シール穴周りにステンレス鋼板を凸状に成形させたビードと呼ばれる構造物を配置する。このビードがエンジンヘッド、ブロック間で挟まれると反発力を発生させる。この反発力がシール荷重(=シール面圧)となって、燃焼ガスなどをシールしている。ただし、実際のエンジン表面には微細な傷、うねりが存在する。このため金属板だけでは、このようなわずかなすき間からガスや冷却水などが微量に洩れてしまう。そこで金属板の表面にふっ素ゴムなどをコーティングすることにより、微量な洩れを防いでいる。

メタルガスケットにおいては、エンジン構造、性能などに合わせて、最適なビードを設計するこ

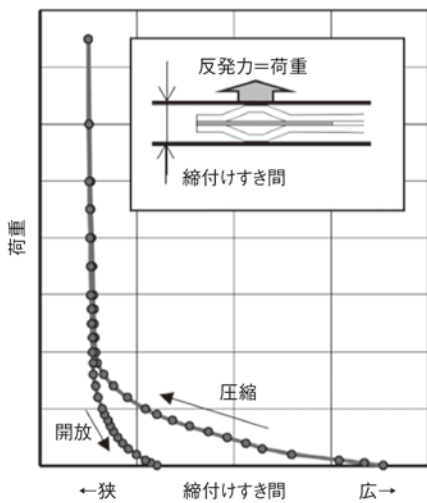


図3 ヘッドガスケットばね特性

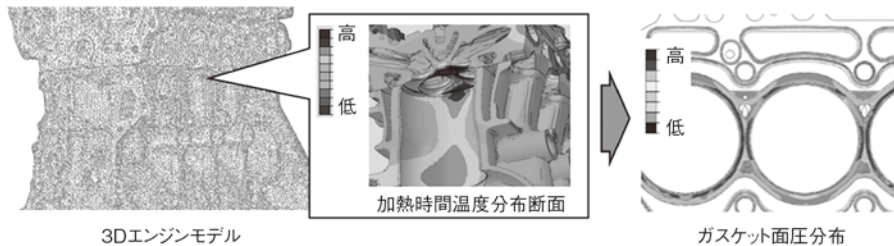


図4 エンジン解析

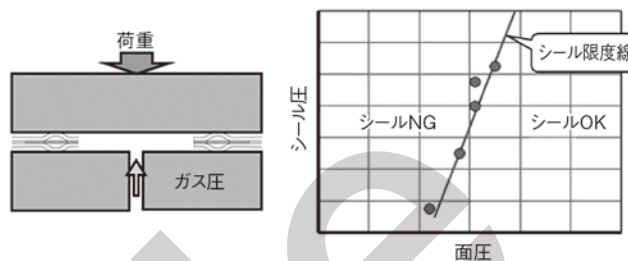


図5 シール限度線図の作成

とが重要である。一般的には高いシール面圧が必要な燃焼室周りにはフルヒードが、高い追従性が必要な水穴、油穴周りには段差形状をしたハーフヒードが用いられる(図2)。これらの設計において、かつては試行錯誤によるノウハウ経験に頼っていた。この場合、試作と評価によるトライ&エラーを繰り返すことになり、開発期間が長くなってしまふ。そこで、開発の効率化、短縮化に向けて、設計段階でヘッドガスケットの性能予測を行うための解析手法が採用されるようになった。

5 ガスケット解析手法

ヘッドガスケット設計に活用するための解析手法として、ボア周りのガスケット構造の性能判定方法について紹介する。この部位は高温、高圧の燃焼ガスをシールするため、十分な面圧を確保することが求められる。しかしながら、燃焼ガスによる圧力、エンジンの熱膨張などにより、絶えずすぎ間が変動している部分でもある。このため、これらの変動も考慮した上で、シールに必要な面圧を確保できるよう設計する必要がある。

その方法の一つとして、主に2D解析による、ヘッドガスケット構造のばね特性の予測が行われている。ばね特性とは、ヘッドガスケットを締め付けた際に発生する反発力と、その時の締め付け量の関係を表したグラフである(図3)。

これにより、すぎ間の変動に対する、ヘッドガスケットのシール荷重(面圧)の変化を予測することが可能となる。さらに、運転中のガスケットの締め付けすぎ間変動を予測するため、3D解析技術を用いた大規模な構造解析を平衡して行う。3Dエンジンモデルに対し解析条件として、ボルト軸力、燃焼ガスの圧力、エンジンの温度分布などを入力することで、運転状態を模擬した再現解析を行い、エンジンの変形挙動を予測する(図4)。この解析結果から得られた運転中の締め付けすぎ間の変動量と、前述のガスケットのばね特性結果と組み合わせることで、運転中のボア周りシール面圧変動を予測できる。

実際に、このシール面圧で燃焼ガスをシールできるかどうか

判定するためには、クライテリアとなるシール限界線が必要になる。このシール限度線を設定するためには、実際の評価から求める必要がある。例えば、単ボアのガスケットサンプルを各想定荷重(面圧)で締め付けた際の限界シール性能を計測する方法から、シール限度線を設定する方法(図5)などが考えられる。

このように解析結果を最終的に判断するためには、実際の評価が必須である。より正確な判定を行うためには、前述したばね特性やエンジン変動についても、実際の結果を精度良く再現できているか、あらかじめ検証しておくことが重要である。精度の高い判定を行うためには、精度の高い解析技術とともに、精度の高い計測技術の開発も欠かせない。

6 おわりに

ソフト化からメタル化へと変遷したガスケットは、今後の電動化などに向け、また大きな変化を求められている。しかしながら、ガスケットの基本性能であるシール能力を設計する技術、判定する技術は、次の製品開発にも必ず引き継がれると考えている。そのためにも設計の要となる解析技術の深化に、今後も取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 山口健一、神野 修：シリンダヘッドガスケット、エンジンテクノロジー、Vol.5、No.4(2003)。
- 2) 高 行男、宇田川恒和：シール環境の変化におけるシリンダヘッドガスケットの対応、中日本自動車短期大学論叢、第39号(2009)。
- 3) 増田義彦：アルミニウムシリンダブロック高出力ディーゼルエンジン用機能分離型シリンダヘッドガスケットの研究、博士論文(2017)。