

'98モデル「アコード」用 2.3L L4エンジンの開発

Development of 2.3 Liter L4 Engine for '98 Model "ACCORD"

柴田 光 弘*	岩 崎 浩 昭*	太 田 徹*
Mitsuhiro SHIBATA	Hiroaki IWASAKI	Tohru OHTA
根 本 昭 一*	宮 澤 宏 志*	
Shoichi NEMOTO	Hiroshi MIYAZAWA	

要 旨

'98モデル「アコード」用として開発された米国向け2.3L L4エンジンは、'94モデル「アコード」用2.2L L4エンジンの基本骨格を踏襲しながら高出力・低燃費・低騒音・低振動を達成しつつ、カリフォルニア州のLEV(Low Emission Vehicle)排気エミッション基準にも適合、一部カリフォルニア仕様についてはULEV(Ultra Low Emission Vehicle)基準を市販ガソリン車として初めて達成した。本稿では、当エンジンの達成性能および採用技術について紹介する。

ABSTRACT

This paper describes performance and technical features of 2.3L L4 engine developed for '98 USA model new "ACCORD", which has achieved not only high performance, high fuel economy, low noise and vibration but also meets Californian LEV (Low Emission Vehicle) emission standards. Especially, one of Californian market models meets ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) standards world-first as mass-produced gasoline engine.

1. まえがき

近年自動車用エンジンに対する要求は出力・燃費・静粛性の向上や排気エミッション低減など、年々多岐かつ高度になってきている。'98年モデル「アコード」においては、主要市場である米国で早期に市場調査や競合車の彼我比較を実施するとともに、排気エミッション規制の動向を念頭に置いて開発を行なった。北米向けの「アコード」に搭載される2.3L L4 F23A型エンジン(以下、F23A型エンジンと称する)は、'94年モデルの2.2L L4 F22B型エンジン(以下、F22B型エンジンと称する)をベースにVTEC(Variable Valve Timing and Lift Electronic Control System: 可変バルブタイミング・リフト機構)を主要技術として各性能を向上させ、中型車クラス用の4気筒エンジンとして次世代の新基準となる性能を達成した。

本稿ではF23A型エンジンの開発コンセプトおよび主要諸元・達成性能・基本構造について述べる。

*栃木研究所

2. 開発コンセプト

F23A型エンジンは以下の項目を目標として開発した。

- (1) F22B型エンジンから適用されたVTEC技術を用いて高出力・低燃費を達成しつつ、大幅な構造変更なしに、低排気エミッションを成立させる。特に一部カリフォルニア仕様ではガソリン車として世界で初めてULEV(Ultra Low Emission Vehicle)基準を達成し、量産車として販売する。
- (2) F22B型エンジンの基本骨格寸法を変更することなく全面的な構造最適化を行い、排気量拡大と静粛性を両立させる。

以上を達成することで同クラス4気筒エンジンのみならず、6気筒エンジンと同等以上の性能を目指した。

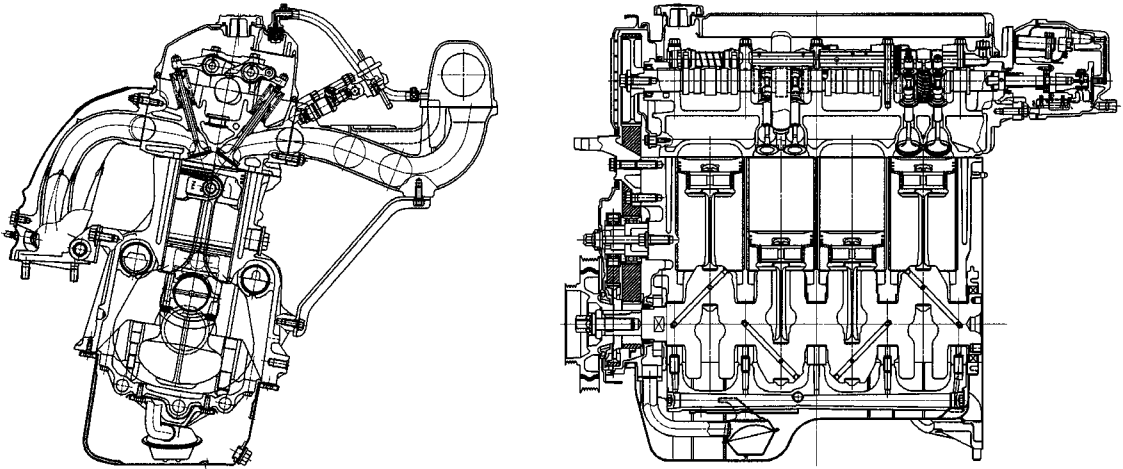


Fig.1 Cross and longitudinal section of F23A engine

3. 主要諸元および概要

F23A型エンジンの主要諸元をTable 1に、断面図をFig.1、透視図をFig.2に示す。

実用域での加速性能を重視し、F22B型エンジンに対してボアを1mm、ストロークを2mm拡大して排気量を2.2Lから2.3Lに変更した。またノックセンサを適用し圧縮比を8.8から9.3に引き上げ最大トルクを約3.4%向上させた。また静粛性の向上を図るため、有限要素法によるシミュレーション計算や新しい計測評価手法¹⁾を活用しシ

リンダブロック構造の最適化、エンジンとトランスミッション締結部の高剛性化、コネクティングロッドの小型・軽量化、クランクシャフト剛性・強度・バランス率の最適化などを行い、排気量を拡大したにもかかわらず1ランク上の静粛性を実現している。

4. エンジンの各性能

以下に各性能における達成値、採用技術、特徴について述べる。

Table 1 Engine specification

Engine type	F22B	F23A
Cylinder layout	Inline 4	Inline 4
Displacement (cm)	2156	2254
Bore x Stroke (mm)	φ 85x95	φ 86x97
Bore spacement (mm)	94	94
Crankcase height (mm)	219.5	219.5
Compression ratio	8.8 : 1	9.3 : 1
Valve train	SOHC VTEC 16 Valves	SOHC VTEC 16 Valves
Valve number	4	4
Fuel supply system	HONDA PGM-FI (Programmed fuel injection)	HONDA PGM-FI (Programmed fuel injection)
Ignition system	HONDA PGM-IG (Programmed ignition)	HONDA PGM-IG (Programmed ignition)
Knock control system	-	applied
Fuel	Regular unleaded	Regular unleaded
Maximum power (kW/rpm)	107/5500	110(109;ULEV)/5700
[PS/rpm]	[145/5500]	[150(148;ULEV)/5700]
Maximum torque (Nm/rpm)	199/4500	206(201;ULEV)/4900
[lbft/rpm]	[147/4500]	[152(148;ULEV)/4900]
BSFC(g/kWh/rpm)	272/3000	270/3000

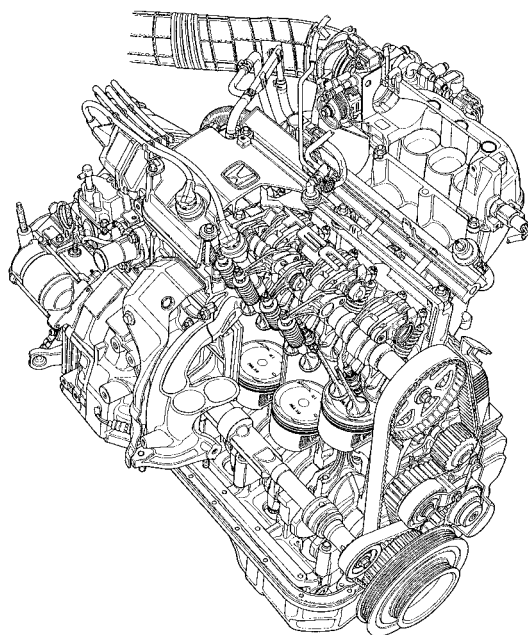


Fig.2 Section view of F23A engine

4. 1. 出力性能

出力性能の向上として、排気量拡大、吸入系の通気抵抗低減に加え、ノックセンサシステムの採用による高精度な点火時期制御によって圧縮比の引き上げを可能にし、Fig.3に示すようにF22B型エンジンに対して最高出力を約3.0%、最大トルクは約3.4%向上させた。また常用回転域である2000rpm付近では約4%トルクを向上させ、実用域のトルク特性を重視した。ULEV基準適合車については、二重断熱構造のエキゾーストマニホールド等を採用することにより床下方式の触媒にて排出ガス基準に適合させた。冷機始動時の排出ガス低減手法のひとつに触媒の早期活性化が挙げられ、触媒位置はエキゾーストマニホールド直下方式が有効であるが、大幅な排気抵抗増加を招き約8%の出力低下となる(当社実験値)。F23A型エンジンではエンジン出口から床下の触媒までの排気系全体の熱容量低減により、床下方式触媒の早期活性化を満足しつつ、排気抵抗の増加による出力低下を約2%に留めた。

4. 2. 燃費

F23A型エンジンはF22B型エンジンと同様に、VTEC機構の採用で低回転・低負荷域の燃焼安定化により大量のEGR (Exhaust Gas Recirculation)を導入するとともに、ロー

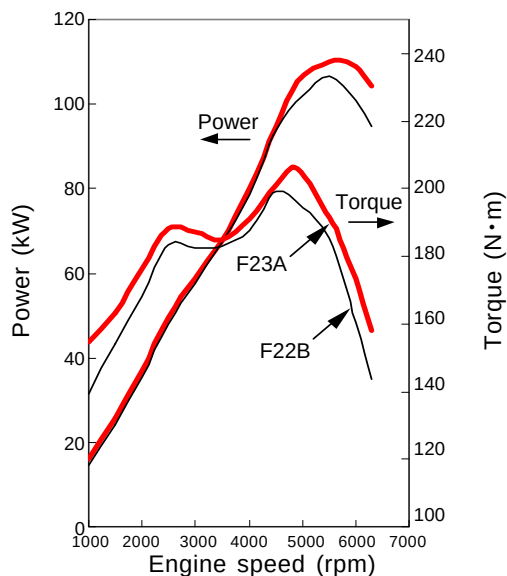


Fig.3 Engine performance

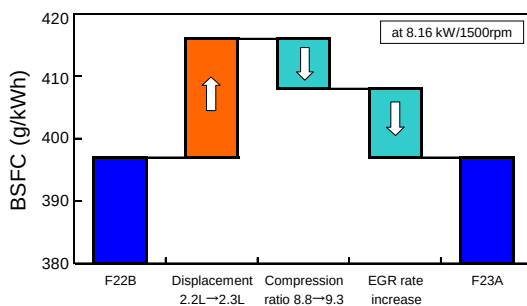


Fig.4 Fuel consumption efficiency comparison

ラロッカアームにより駆動フリクションを低減している。またF22B型エンジンに対し、圧縮比変更による熱効率向上と、さらなるEGRの増量によりポンピングロスを低減し、排気量拡大などによる駆動フリクション増加にも関わらず、燃料消費をF22B型エンジンと同等とした。Fig.4にF22B型エンジンからF23A型エンジンへの上記変更因子による燃料消費率の変化度合いを示す。

EGRの増量については、EGRバルブ駆動方式を負圧式から電磁式に変更して制御を高精度化し、またEGRの気筒配分を均一化することで可能になった。F22B型エンジンではインテイクマニホールドのポート部からEGRガスを導入していたが、F23A型エンジンではFig.5に示すようにチャンバ部からの導入に変更することで、大量EGR導入時のEGRガス気筒配分を向上させた。Fig.6は横軸にEGRガス還

流率、縦軸にEGR配分の気筒ばらつき度合いを示すが、F23A型エンジンではF22B型エンジンに比してEGRガス増加に対する気筒ばらつきが減少している。

4.3. 排気エミッション

F23A型エンジンの米国仕様についてはすべてFig.7に示すカリフォルニア州のLEV(Low Emission Vehicle)に適合した仕様とした。

触媒の浄化効率を良好に保つために排気をできるだけ温度低下させることなく触媒に到達させることができる4-1集合のエキゾーストマニホールドを採用した。また触媒自体は炭化水素成分の浄化に有効で耐熱劣化特性

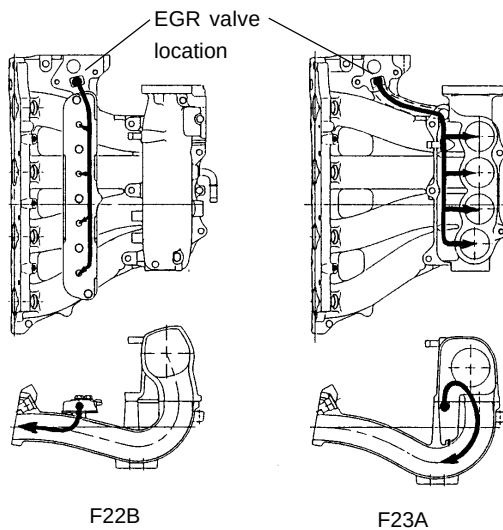


Fig.5 Intake manifold EGR gas passage

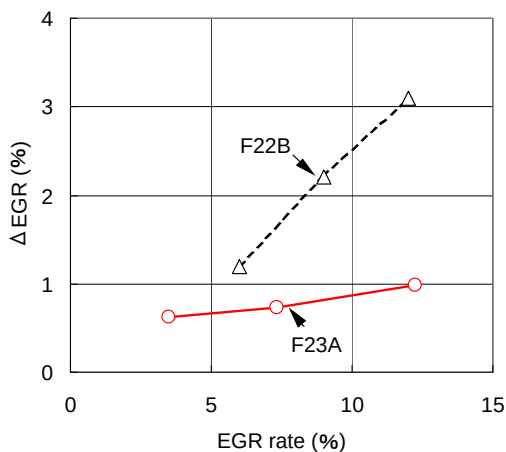


Fig.6 EGR gas distribution

に優れたパラジウムを多く担持させることで、浄化性能を大幅に向上させた。

さらに大流量エアアシストインジェクションシステムを採用し、燃料の霧化促進による燃焼向上を図るとともに、冷機始動後の空燃比リーン化を可能とした。またカリフォルニア州向けの一部仕様については最も厳しい基準であるULEVに適合させるべく、Fig.8に示す超薄肉ステンレスパイプ製の二重断熱構造エキゾーストマニホールドを新規開発した。ULEV基準適合のためには、冷機時の

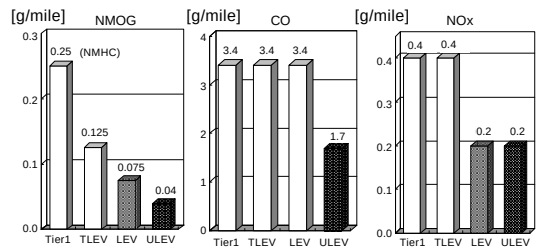


Fig.7 50k mile emission standards of California

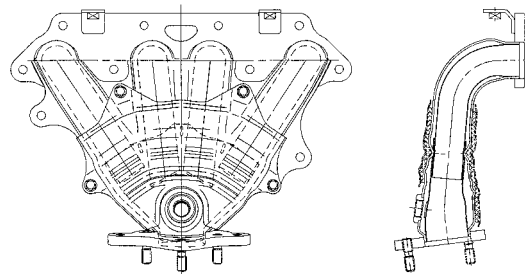


Fig.8 View and section of exhaust manifold for ULEV

Table 2 Comparison of exhaust system specification

Engine type		F22B	F23A	
Emission category		Tier 1	LEV	ULEV
Exhaust manifold		Ferrous casting	Ferrous casting	Stainless steel stamped
Air fuel ratio sensor		Oxygen sensor x2	Oxygen sensor x2	*UEGO sensor, oxygen sensor
Catalytic converter	Volume (L)	1.7	1.7	1.7
	Cell No. (/sq.in.)	300	600	600
	Material	Platinum Paradium Rhodium	Platinum Paradium Rhodium	Paradium (High capacity)

*UEGO=Universal Exhaust Gas Oxygen sensor

排気浄化が重要であり、触媒の早期活性化が必要である。今回開発したエキゾーストマニホールドは熱容量を小さくすることで冷機始動時の排気熱の損失を抑え、触媒の早期活性化を達成することができ、従来技術では到達しえなかったULEV基準の達成が可能となった。Table 2に排気系の主要仕様比較を示す。

エンジンコントロールユニットは32ビットRISC(Reduced Instruction Set Computer)²⁾マイクロコンピュータと専用プログラム言語を使用することで演算処理能力とプログラム開発効率を大幅に向上させた。

これにより、エキゾーストマニホールド集合部にあるUEGO(Universal Exhaust Gas Oxygen)センサにて各気筒毎の空燃比ずれを補正する気筒別空燃比フィードバック制御や、エンジンの動特性をリアルタイムに認識し、最適な空燃比をすばやく決定するためのSTR(Self Tuning

Regulator)²⁾を用いた空燃比フィードバック制御の処理が可能となった。

4. 4. 静粛性

次章で述べるシリンダブロックの剛性向上、ベアリングキャップビーム、スティフナの採用、ピストンピンフルフローティング化、ピストン剛性最適化によりエンジン放射音はFig.9に示すように、低回転から高回転域まで2～4 dB低減した。

吸気系についてもインテイクマニホールドのチャンバ容積を増やし、レゾネータを二室化し8.2Lから10.7Lに容量を上げたことによりFig.10に示すようにF22B型エンジンで付加していた消音デバイスを廃止して、構造簡素化を図りながら消音性能を向上させた結果、Fig.11に示すとおり加速時の室内音はでF22B型エンジンから約2 dB低減す

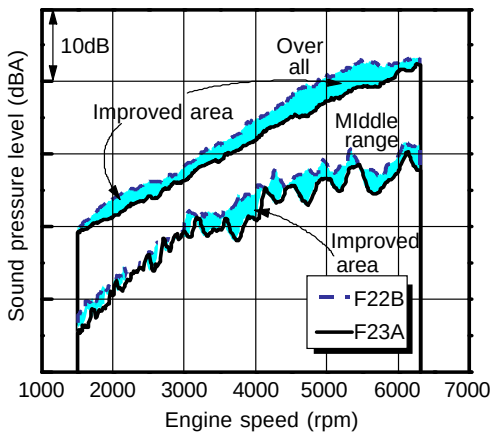


Fig.9 Engine noise radiation comparison

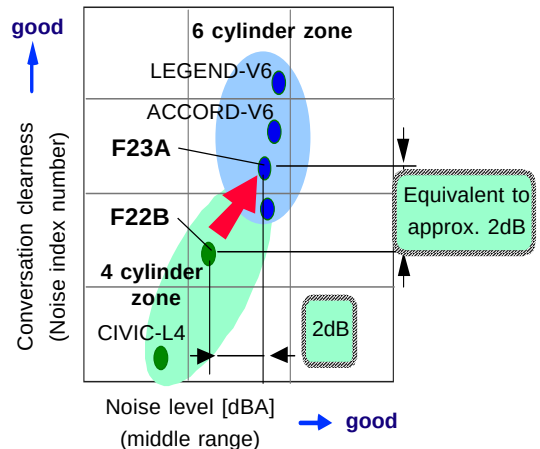


Fig.11 Cabin noise at maximum acceleration

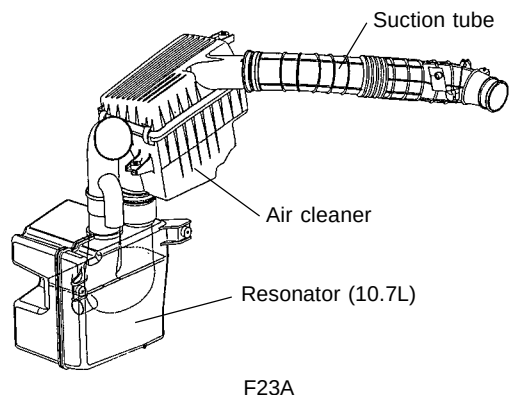
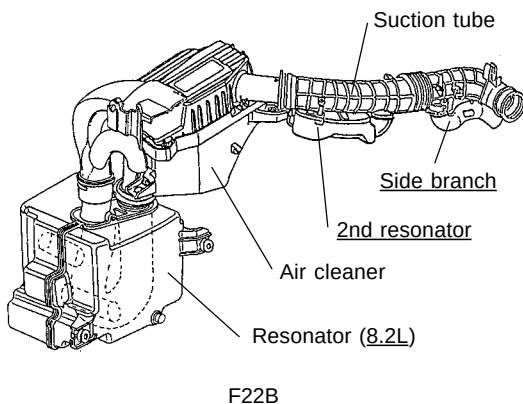


Fig.10 Comparison of air intake system

ることが可能となり、6気筒エンジン並みの静粛性が得られた。

5. 基本構造

5.1. シリンダブロック

ボアピッチを94mmのまま排気量を拡大するため、鋳鉄製の鋳込みライナを薄肉化することでボア径をφ85mmからφ86mmに拡大した。またエンジン振動・騒音低減のためエンジン剛性を向上させることが有効であることが知られているが、F23A型エンジンにおいてはシミュレーションによる固有値解析を行い、シリンダブロック肉厚変更やFig.12■部に示すリブの追加による外壁部の補強、さらにエンジンとトランスミッション間の大型スティフナの構造最適化によって剛性向上を図った。一例としてFig.13に有限要素法によるシミュレーション計算モデルの振り変形モード図を示す。

またF22B型エンジンから採用のベアリングキャップ連結のブリッジ構造部を、Fig.14に示すようにF23A型エンジンではさらに直接シリンダブロックのスカート下端部

と締結するビーム構造を採用した。本構造は各気筒で発生する燃焼圧によるシリンダブロックの壁面振動を低減させる効果のあることがシミュレーション解析で確認さ

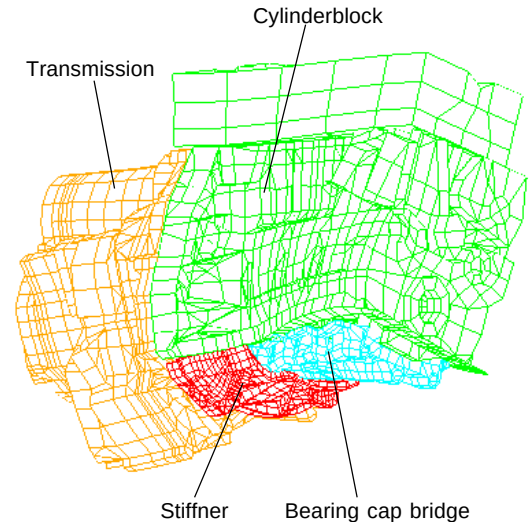


Fig.13 Finite element method calculation model of engine and transmission

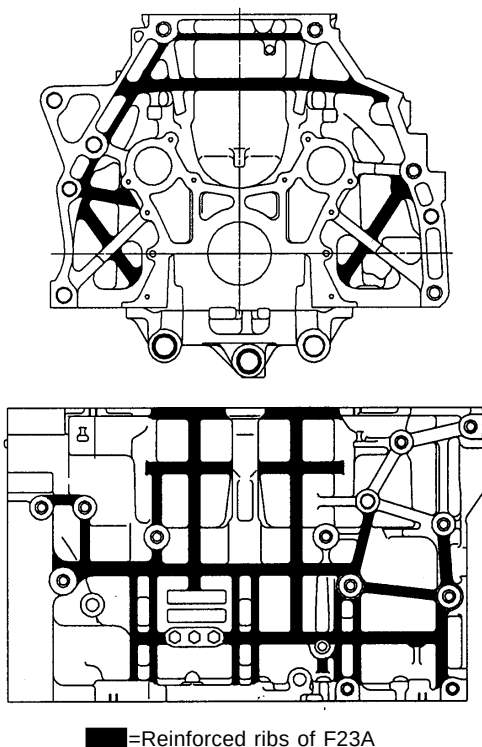


Fig.12 Cylinderblock rib reinforcement

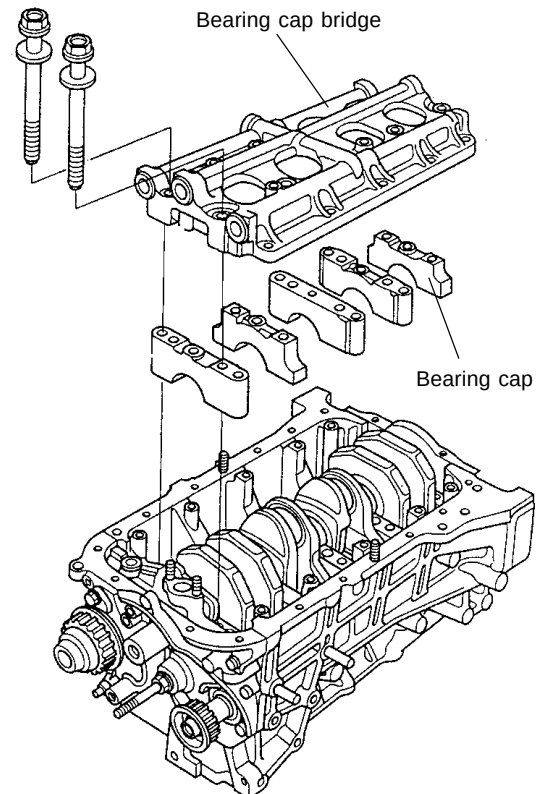


Fig.14 Bearing cap bridge beam construction

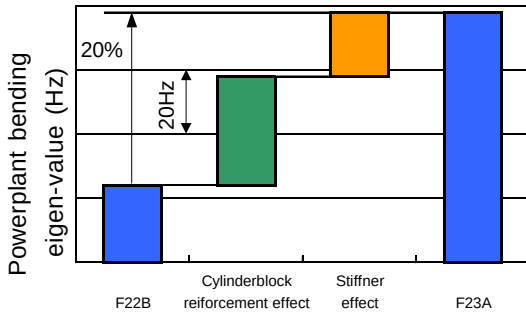


Fig.15 Powerplant bending Eigen-value

れ¹⁾、放射音の低減にも寄与している。

以上の手法により、Fig.15に示すようにF23A型エンジンの固有値はF22B型エンジンに対して曲げ剛性で20%向上した。

5. 2. ピストン

往復部の重量増加は運動部品全体の重量増加に波及するため、F23A型エンジンのピストンはコンプレッション高さ・スカート長さを短縮することでF22B型エンジンよりボア径が大きくなったにもかかわらずTable 3およびFig.16に示すように軽量化が図られている。

またピストンスラップ音低減のため、ピストンピンのフルフローティング構造を採用しピストンフォーム変更

Table 3 Piston specification

Engine type	F22B	F23A
Bore (mm)	85	86
Piston weight (g)	326	310
Piston pin	Semi floating	Full floating

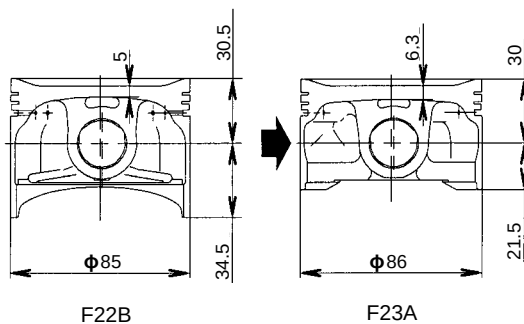


Fig.16 Piston dimensional comparison

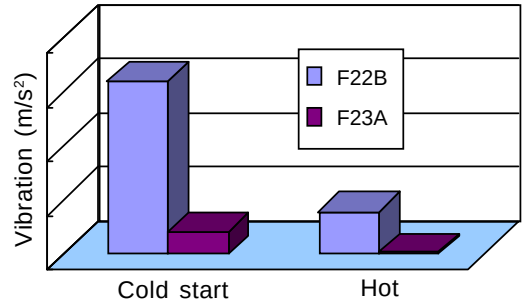


Fig.17 Acceleration level of cylinder liner vibration

によりピストン挙動を安定化させ、スカート部のスラスト側と反スラスト側で形状を非対称化、各部の剛性を最適化しライナ振動はFig.17に示すように冷機始動時から暖機時まで約1/10以下となった。

5. 3. コネクティングロッド

Table 4およびFig.18に示すように、キャップ締結方式としては塑性域締結を採用してボルトサイズをM9からM8

Table 4 Connecting rod specification

Engine type	F22B	F23A
Bolt size	M9	M8
Nut	applied	-
Connecting rod width (mm)	24	20
Crank pin size (mm)	48	45
Tightening method	elastic	plastic
Assy. weight (g)	578	475

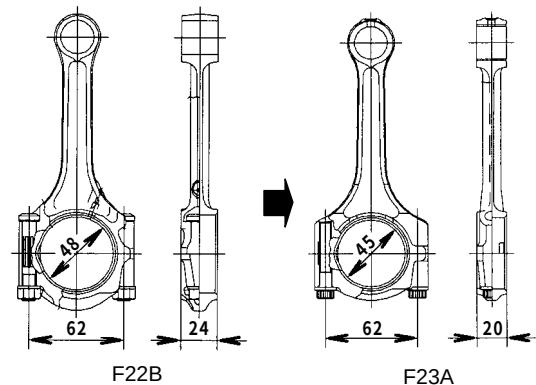


Fig.18 Connecting rod dimensional comparison

に変更するとともにナットを廃止した直締めとし、棹部には高強度材の採用によりコネクティングロッド厚さを従来の24mmから20mmとして軽量化した。また小型化によりコネクティングロッド最大通過軌跡はF22B型エンジン同等以下であり、シリンダブロックの基本寸法を変更することなくストローク拡大を可能とした。

5.4. クランクシャフト

振動・騒音低減のためメインジャーナル径をφ50mmからφ55mmに変更し、コネクティングロッド厚さが薄くなったことでクランクウェブ部を厚くして振り・曲げ剛性の向上を図った。また、Table 5に示すようにバランス率向上のためピン径をφ48mmからφ45mmに変更してクランクピン部質量とコネクティングロッド質量を低減し回転部質量を最小化した。クランクウェブ形状はFig.19に示

Table 5 Crankshaft specification

Engine type	F22B	F23A
Main journal diameter (mm)	50	55
Crank pin width (mm)	24	20
Crank pin size (mm)	48	45
Shoulder web width (mm)	20	22
Rotational mass (g)	478	385

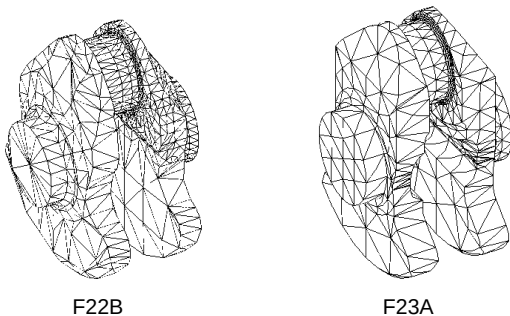


Fig.19 Finite element method calculation model of crankshaft

すようなシミュレーション解析によって剛性・強度のバランスを最適化し、振りダンパ効果も考慮して振動・騒音の低減を図った。

5.5. バランサシャフト

Fig.20に示すとおりのF22B型エンジンで既適用の慣性二次バランサシャフトを従来の鍛造加工品から寸法精度のより高い金型鑄造のQC(Quick Cast)製法を用いて鑄鉄加工品とし省加工化した。コネクティングロッド・ピストンの軽量化による質量変化に合わせてバランサウェイト量を調節し、直列4気筒エンジン特有の二次慣性起振力を相殺し特に高回転領域での静粛性を高めている。

5.6. シリンダヘッド

F23A型エンジンはFig.21に示すVTEC機構を採用した。低回転領域では各気筒2本のインレットバルブをそれぞれ低速用カムと休止用カムで駆動し、低速域での燃焼向上を重視したFig.22-1のようなバルブリフトカーブとしている。高速領域では高速用カムに乗り移り、出力を重視したFig.22-2のバルブリフトカーブとなる。このようにバルブリフトとタイミングを可変とすることで、出力・燃費・排気エミッションそれぞれの高い性能目標値を同時に成立させた。なおバルブを含むVTEC機構部品は'98年モデルアコードに同じく搭載された3.0L V6 J30A型エンジン³⁾と共用化しており、基本構造をモジュール化しているため、開発・生産の合理化が図られている。

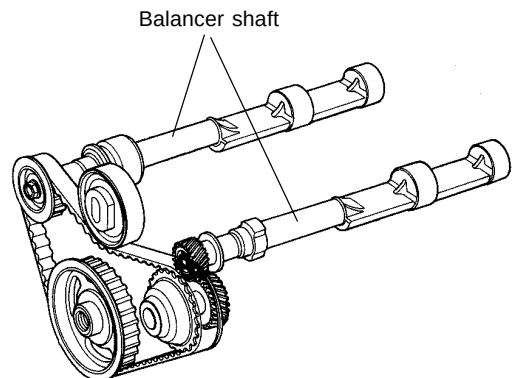


Fig.20 View of balancer system

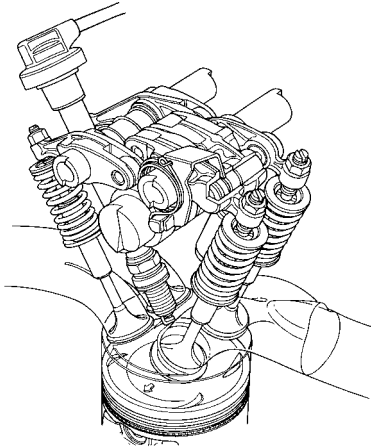


Fig.21 View of VTEC valve train system

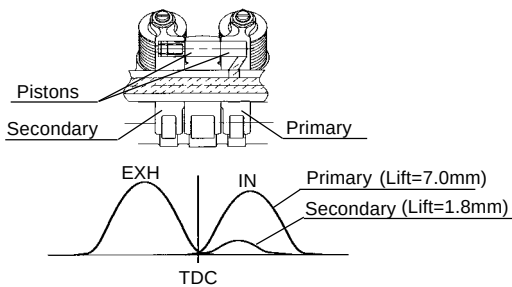


Fig.22-1 Valve operation at low speed range

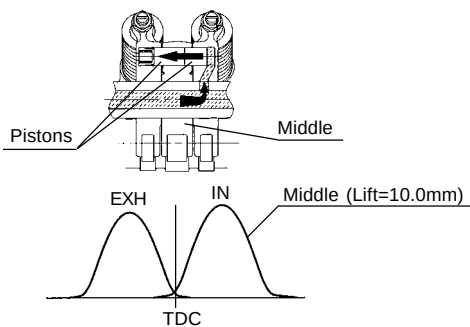


Fig.22-2 Valve operation at high speed range

6. おわりに

F23A型エンジンは従来のF22B型エンジンをベースとしながら、出力・燃費・静粛性の各性能を向上させ、なおかつ大幅な構造変更なしに市販ガソリン車として世界で初めてULEV基準を達成した。この結果として、米国の中型クラスの次世代基準を目指した'98年モデルアコードの基本エンジンとして高い性能を有することができた。

参考文献

- 1) 斉藤秀樹 他、「'98モデル「アコード」用2.3L L4エンジンの振動・騒音低減技術」Honda R&D Technical Review Vol.10, pp.67-77, 1998
- 2) 川合誠 他、「Ultra Low Emission Vehicleのための高精度空燃比制御ECU」Honda R&D Technical Review Vol.9, pp.100-110, 1997
- 3) 大津啓司 他、「'97モデル「アキュラ」用3.0L V6エンジンの開発」Honda R&D Technical Review Vol.9, pp.51-60, 1997

■著 者■



柴田 光 弘



岩崎 浩 昭



太田 徹



根本 昭 一



宮澤 宏 志