

'94 モデル「インテグラ」用 1.8ℓ DOHC エンジンについて

The 1.8ℓ DOHC Engine for the 1994-Model "Integra"

矢 田 茂* 大 浦 秀 二*

Shigeru Yada Hideji Ohura

山 本 浩 貴* 有 村 光 典*

Hiroki Yamamoto Mitsunori Arimura

要 旨

'94 モデルインテグラ用 1.8ℓ DOHC VTEC (Variable Valve Timing & Lift Electronic Control System) エンジン、低燃費と高出力を両立する技術として知られている可変バルブタイミング・リフト機構技術を基本にエンジン重量、サイズを最小限に抑えたエンジンとして開発された。このエンジンの特徴は小型軽量とするためにロングストロークとした点にある。

本論文は、(1) ロングストロークとしたことによる利点、(2) 高回転化を可能とした技術、(3) 新たに採用した高出力化技術についてその特徴と効果を述べたものである。

ABSTRACT

The 1.8ℓ DOHC VTEC (Variable Valve Timing & Lift Electronic Control System) engine for the 1994 model "Integra" has been developed as an engine with a minimum weight and size based on variable valve timing and lift mechanism, which is known as a technology that achieves both low fuel consumption and high power output. This engine features a long stroke which helps realize a compact and lightweight engine.

This paper describes the features and effects of technologies incorporated in this engine: (1) advantages of long stroke; (2) technology for achieving high-speed revolution; and (3) newly adopted technology for providing a high power output.

1. まえがき

車への要求も時代とともに変化し、高出力性能指向に加え地球環境の観点から省燃費の車が求められている。これらの背景の中で'94 モデルインテグラ用のパワーユニットとして 1.8ℓ DOHC VTEC エンジン (以下 B18C 型エンジンと称す) を開発した。

出力はトルクと回転数の積に比例し、トルク軸は平均有効圧力 (Pme) と排気量の積に比例する。従って出力向上には高回転化が有効であり、トルク向上には排気量増加が効果的である。このため B18C 型エンジンは 1.6ℓ DOHC VTEC エンジン (B16A 型) を基本として高回転化の確保と排気量増加により高出力化を図った。排気量増加の手段としては次の事を前提に開発を行った。

- (1) エンジンサイズが大きくなならないこと。
- (2) エンジン重量の変化を最小限とすること。

- (3) インテグラ用のパワーユニットとして全回転域高トルクな性能を有すること。

一般に排気量増加にはロングストローク化とボア径拡大がある。高出力化を考えた場合、バルブ径が大きく取れるボア径拡大と高回転での信頼性に有利なショートストローク化が有効である。しかしロングストローク型エンジンでも、高回転域の信頼性確保とフリクション低減が図れればエンジン重量の低減が可能となり、小型軽量な高出力エンジンが実現できる。そこで排気量増加をロングストローク化により行い、高回転化の技術課題に対しては高負荷軸受けメタルや疲労強度を向上させたコネクティングロッド (以下コンロッド) の採用によりこの問題を解決し、ロングストローク型高出力エンジンを実現した。

Fig. 1 に示すようにショートストローク型エンジンに

* 栃木研究所

対し同じ出力性能で約 10kg(当社比)の軽量化を図り、またエンジン幅もショートストローク型に対し小さくでき、その結果車全体の寸法および動力性能に与える影響を少なくできた。

2. エンジン諸元と出力性能

Table 1 に B18C 型エンジンの主要諸元を B16A 型と比較して示す。

B18C 型エンジンは、B16A 型をベースにボア径は同じ 81mm で、ストロークを 9.8mm 延長して排気量増加を行い、直列 4 気筒 1.8ℓ DOHC VTEC エンジンとした。またストロークが 87.2mm で平均ピストン速度はレッドゾーン入口回転数で 23.3m/s と高回転高出力型エンジンに

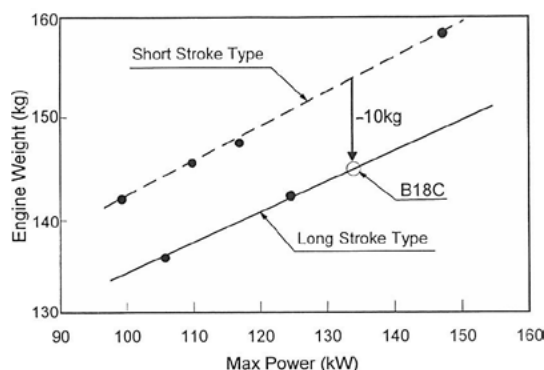


Fig. 1 Comparison of Engine Weight

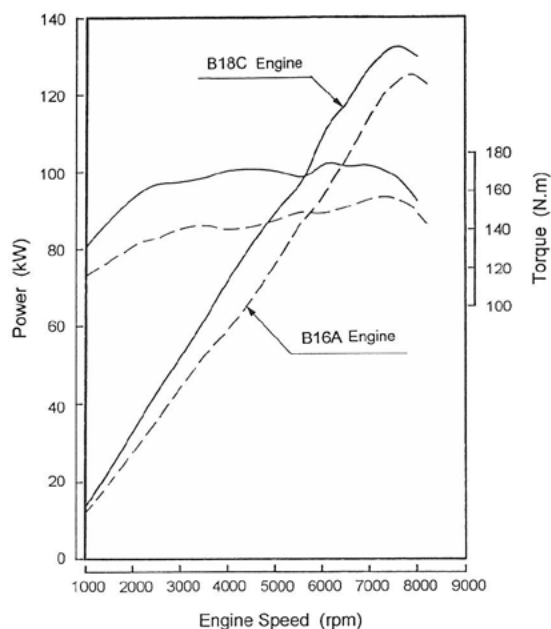


Fig. 2 Engine Performance Curve

Table 1 Comparison of Engine Specification

Engine Type	B18C	B16A
Bore×Stroke (mm)	81×87.2	81×77.4
Displacement (cm³)	1797	1595
Cylinder Layout	In-Line 4	In-Line 4
Compression Ratio	10.6	10.4
Valve train	DOHC VTEC	DOHC VTEC
Valve Diameter×Number/cyl IN EXH	φ33×2 φ29×2	φ33×2 φ29×2
Intake Manifold	Dual Port	Single Port
Lubricant	5W-30	10W-30
Red Zone Ne (rpm)	8000	8200
Max. Power (kW/Ne)	132.4/7600	125/7800
Max. Torque (N·m/Ne)	175 /6200	155/7300
Fuel Economy 10.15 Mode (km/L) 60km/h Cruise	13.8 20.4	13.6 19.5

は不利な条件となるが、エンジン各部品の仕様を見直すことにより高回転化を可能とした。

採用した可変デュアルインテークマニホールドは VTEC 機構と組合せることにより、トルク出力特性の改善ができた。シリンダヘッド、シリンダブロックはアルミニウム (以下アルミ) 合金製とし、エキゾーストマニホールドには排気ポート間の駄肉を減らした C 型構造 (金型で製造する際に不要な部分に砂を入れ、製造後に取り出す構造) を採用し、軽量化を図った。

エンジン性能曲線を Fig. 2 に示す。最大出力は 132.4kW を達成し、トルクは B16A 型に対し排気量増加と可変デュアルインテークマニホールドの採用により最大で 20% 向上している。

3. 高回転化技術

高回転、高出力化で特に問題となるのが回転運動部 (クランクシャフト、各軸受け) や往復運動部 (ピストン、ピストンピン、コンロッド) にまつわる信頼性や振動騒音性能である。B18C 型エンジンは信頼性確保のために各部の負荷荷重を詳細に計測し、細部形状の見直しを行った。その結果、各部の耐荷重性は向上し、従来部品では得られなかった高回転域での信頼性を確保し、ロングストロークでの高回転、高出力を実現した。

以下に各部品について詳細を述べる。

3.1. クランクシャフト

ロングストローク化により、Fig. 3 に示すようにクランクシャフトのピン・ジャーナル間のオーバーラップエリアが減り剛性が低下する。また高回転化によりクラン

クシャフトに加わる荷重も増加する。このためロングストロークで高回転化を達成するには、まずクランクシャフトの剛性を確保し応力を低下させることと、フライホイールまわりの曲げ2次共振回転数を上げる仕様とすることが必要である。クランクシャフトの剛性向上としては、ピン・ジャーナル間のウェブ幅 (Fig. 3) を 1mm 増加し、形状を構造解析により最適化を行った。結果は Fig. 4 に示すように振動低減が図れた。

なお、ボアストロークレシオを変え、同一排気量/同一曲げ剛性としたときのクランクシャフトウェイトをシミュレーションにより検討した結果、ピン幅を 22mm とした場合では $\phi 81 \times 87.2$ が最も軽く、最適なピン幅が 22mm であることが判った。

3.2. 高負荷軸受けメタル

コンロッドメタルに加わる荷重はロングストローク高回転化によって従来機種以上に大きくなり、またクランクシャフト剛性を確保するためにコンロッドメタル

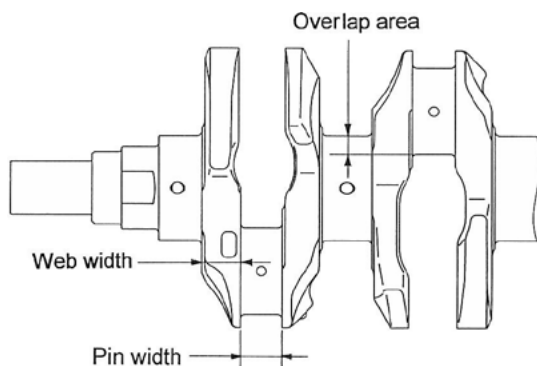


Fig. 3 Layout of Crank Shaft

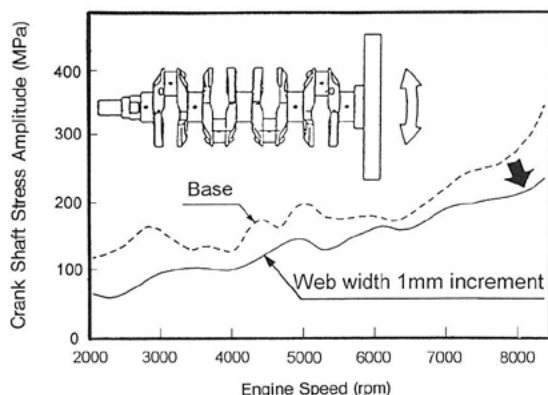


Fig. 4 The Influence of Crank Shaft Toughness to the Web Width

の幅を狭めたことで、Fig. 5 に示すようにメタルの耐焼け付き性を示す指標である PV 値は従来機種のなかでこれまでの最大となった。このため従来のコンロッドメタル材料では耐焼け付き性を保証することができず、対応としてホンダ独自の技術であるオリエンテッドクリスタルベアリングメタル⁽¹⁾を採用した。このメタルはオーバレイの電析条件を変えることにより、Fig. 6 に示すように表面状態がピラミッド状の四角錐が連なった形状を形成し、四角錐間に潤滑油を保持し易くし、従来メタルに対し耐焼け付き性を 35% 向上させたもので F-1 で採用され量産車では'93 モデルレジェンドタイプ II で実用化されたメタルである。更にクランクシャフトのウ

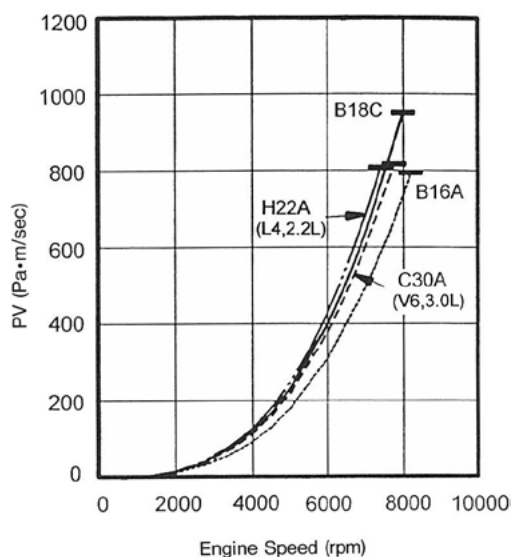


Fig. 5 PV Value of DOHC VTEC Engines

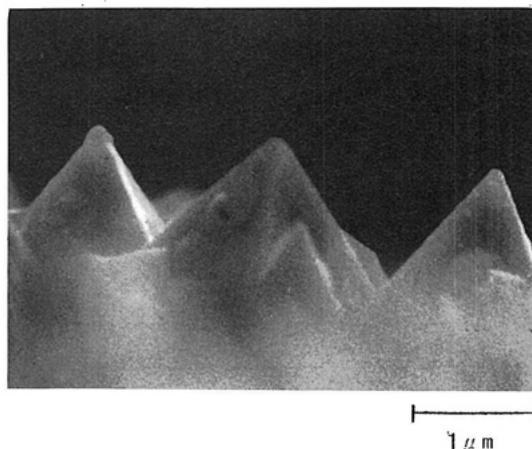


Fig. 6 Electron Microscope Photograph of Oriented Crystal Bearing Material Surface

ルトラフィニッシュ（高精度鏡面仕上げ加工）を併せて行い耐焼け付き性を向上させた結果、エンジン油に低粘度油（5W-30）の使用が可能となり、後述するフリクション低減に貢献した。

3.3. 高疲労強度軽量コンロッド

ウェブ幅を増加することでクランクシャフト剛性は確保されたが、ピン幅を 2mm 狭めたことおよびロングストローク化によりコンロッドに加わる慣性荷重が増加したため、従来材ではコンロッド強度確保とコンロッド自身の慣性力によるメタルの耐焼け付き性が成立せず、対応として新開発の高疲労強度材を採用し軽量化と耐疲労強度確保の両立を行った。採用したコンロッド材は疲労強度を 26% 向上させた高疲労強度快削非調質鋼⁽²⁾で

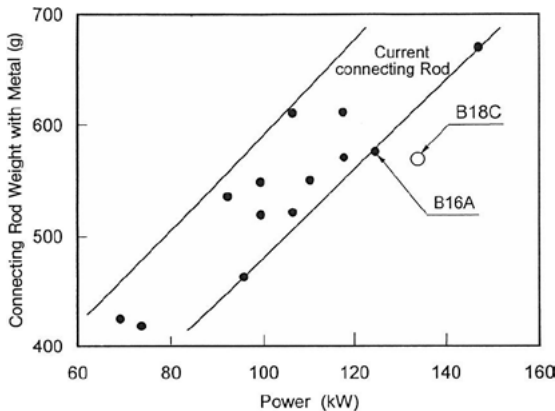
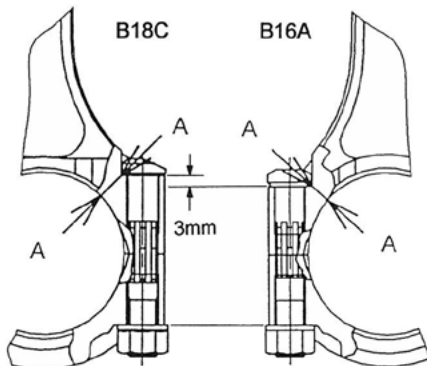


Fig. 7 Power versus Connecting Rod Weight



	B18C	B16A
Max inertia weight (kN)	30.6	27.6
Area section A-A (mm ²)	251	218

Fig. 8 Comparison of Big End Configuration of Connecting Rod

従来材品に対し約 15% の軽量化が図られ、Fig. 7 に示すように B16A 型と同等のコンロッド重量とすることができた。また 2mm 幅狭化による大端部強度確保として、Fig. 8 に示すようにボルト座ぐり部高さを 3mm 高くし A-A 部の強度を確保した。

3.4. 高回転対応ピストン

ピストンスピードの上昇によりピストンピンに加わる荷重も増加し、それによるピストンピンのスカuffing 摩耗が問題となる。対応としては、Fig. 9(a) に示すようにオイルリングでかいた油をピストンピン穴に給油する連通穴を設ける、あるいは Fig. 9(b) に示すようにピストンピンボス部に 4 本の溝を設けることにより潤滑油膜が形成され易い構造とし、併せてピストンピンボス部の面粗度を向上 (3.2 S) することで可能である。B18C 型では加工性の都合から後者を採用した。

3.5. ブリッジ付きベアリングキャップ

ベアリングキャップの構造は、コストや部品点数の観点からブリッジ無しでブロック自体の剛性を確保すべきである。B16A 型ではそれまでの ZC 型 (1.6L DOHC) に対しディープスカート化やオイルパンデッキなどの厚肉化によりそれを実現したが、B18C 型では排気量増加により再検討が必要となった。

(1) クランクシャフト応力

L-4 エンジンでは一般に #1, #4 ピン周りの応力が高いが、Fig. 10(1) に示すようにベアリングキャップを鋳鉄製で構成することにより熱間時のクリアランスが小さくなって最大応力が下がる。この時ブリッジの影響は比較的少ない。

(2) 騒音対応

クランクシャフト周りの打音低減には様々な手法が必要であるが、ベアリングキャップ仕様では鋳鉄製に

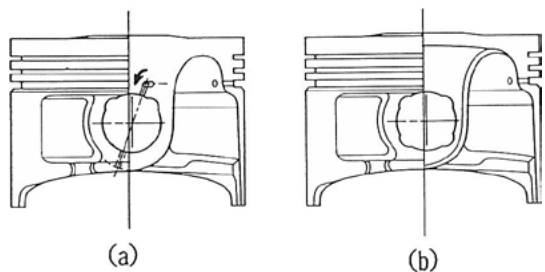
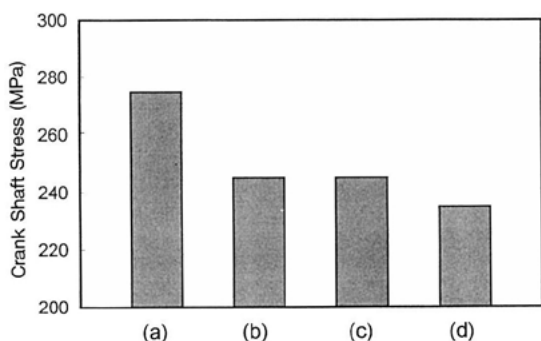


Fig. 9 Comparison of the way how to feed the oil around the piston pin

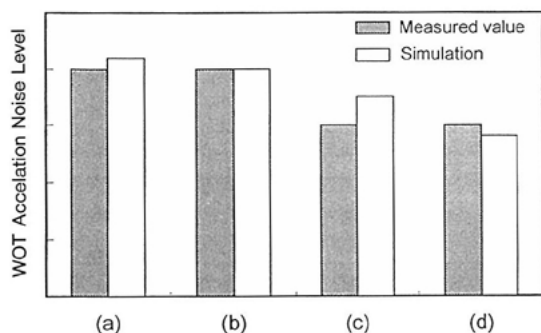
することやブリッジを付けることが有効である。構造解析を含めてブリッジを付ける場所の最適化を検討し、Fig. 10(2)に示す結果や組み立て性、他機種との関連から、#2から#4ジャーナル間に取り付けた。

(3) メタル当たり改善

アルミ合金製一体のベアリングキャップでは低温・高温でのメインジャーナルクリアランスの変化が大きく、低温時のクリアランスで同一のオイルポンプを用いた油圧特性を見ると Fig. 11 に示すように油圧が下がる。その結果、コンロッドメタルの表面は Fig. 12 に示すようにオーバーレイの損傷が発生するが、鋳鉄製ベアリングキャップにより油圧が確保されメタル当たりを改善できた。



(1) Differences of Crank Shaft Stress with Various Bearing Cap Configuration



(2) The WOT Acceleration Noise of Various Bearing Cap Configuration

- (a) Al one piece journal
 (b) FC 5 journals
 (c) FC 5 journals and Al bridge (Combine 3 journal, #2~#4)
 (d) FC 5 journals and Al bridge (Combine all journals)

Fig. 10 Crank Shaft Stress and the WOT Acceleration Noise of Various Bearing Cap Configuration

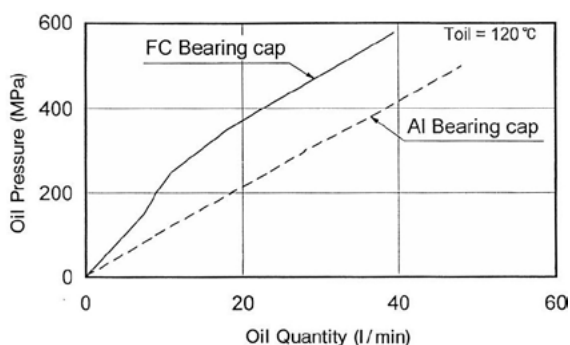


Fig. 11 Oil Pump P-Q Performance

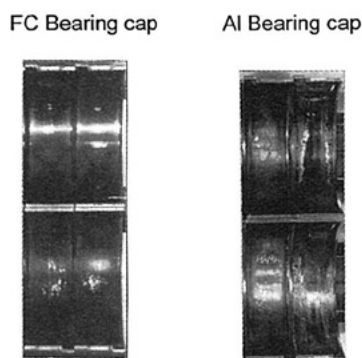
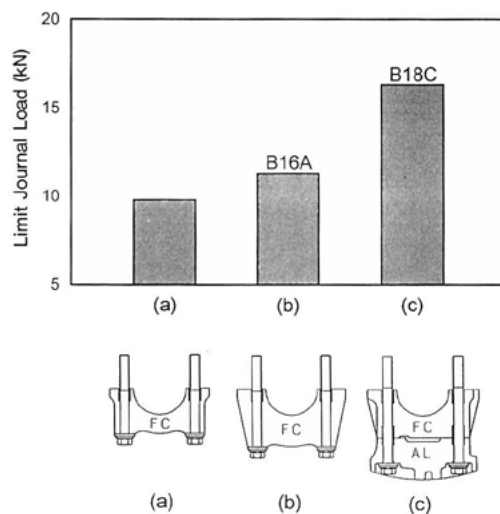


Fig. 12 Connecting Rod Metal Condition after Continuous High-revolution Testing



- (a) FC 5 journals
 (b) FC 5 journals (B16A)
 (c) FC 5 journals and Al bridge (Combine 3 journal, #2~#4) (B18C)

Fig. 13 Bearing Cap Configuration versus Limit Journal Load

(4) ブロック破損対応

ベアリングキャップを鋳鉄製にするとブロックとの合わせ面でフレTTINGが発生し、それを起点としたせん断破損が起きることがある。これにはベアリングキャップの倒れや締め付け変形を防止することが重要で、Fig. 13に示すようにブリッジの採用は両方に効果があり、限界ジャーナル荷重の向上が図れる。

以上より、ベアリングキャップ仕様は鋳鉄製で、 $\#2$ から $\#4$ ジャーナル間をアルミ合金製ブリッジで繋ぐ構造とした。

4. 高出力、高トルク達成技術

前述した技術により高回転化を可能としたが、高出力で高トルクな性能を得るためには体積効率(η_v)の向上と機関損失の低減が必要となる。B18C型エンジンは可変デュアルインテークマニホールドを採用し、VTECシステムと組み合わせることで吸気管内圧力波を利用した慣性効果により広い回転域で η_v を向上させ、その結果シングルポートインテークマニホールドに対し最大で8.6%のトルク向上を図った。またインテークマニホールドのポート形状の最適化により吸入通路抵抗を低減し、さらに前述した高回転化技術によりフリクションを低減し出力向上を図った。

以下にこれらの技術内容について述べる。

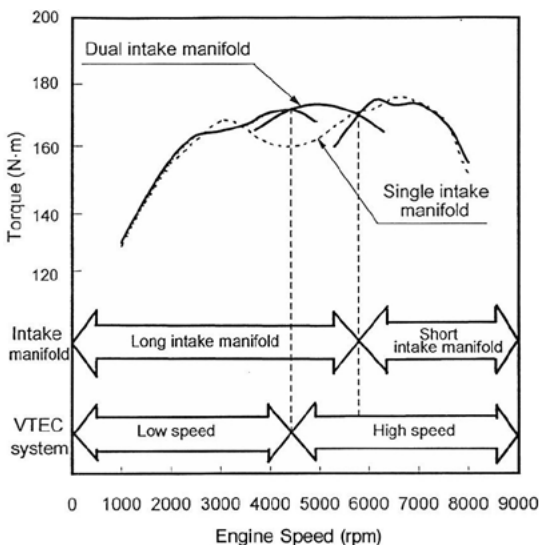


Fig. 14 Effect of Dual Intake System and VTEC System

4.1. 可変デュアルインテークマニホールド

このインテークマニホールドは管径・管長切り換え型で、VTECのパルプタイミング切り換えとインテークマニホールドの管径、管長を操作組み合わせ、吸気慣性効果を低・中・高回転の3つの領域で効かせ、Fig. 14に示すように落ち込みのないトルク特性を得た。Fig. 15に5000rpmでのインテークマニホールド内圧力挙動と吸気弁開角の関係を示す。ロングインテークマニホールドにより、吸気弁閉じ角に一致させた正圧力で吸気慣性効果(a)を高め、 η_v を向上させている。この吸気慣性効果(慣性回転)は吸気弁閉じ角、吸気管管径および管長で略決定され、シミュレーションにより最も高いトルクを得る仕様設定とした。

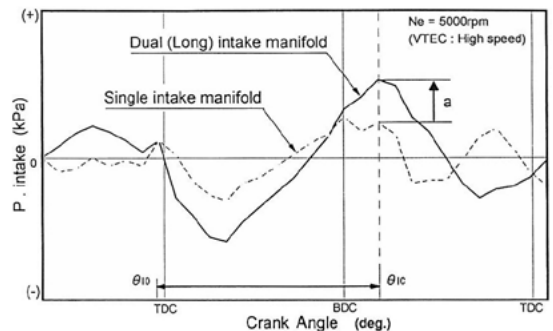


Fig. 15 Characteristics of Intake Pressure

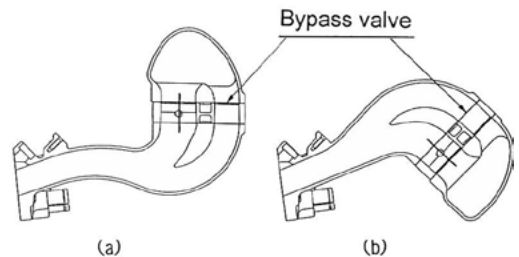


Fig. 16 Layout of Intake Manifold

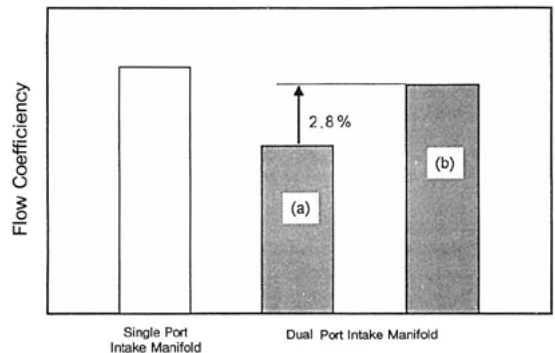


Fig. 17 Flow Coefficient Versus Intake Manifold Configuration

4.2. インテークマニホールド形状

Fig. 16(a) に示す従来型の可変デュアルインテークマニホールドでは、シングルポートインテークマニホールドに対しバイパスバルブが加わり、ポートもプライマリポートとセカンダリポートの2本から構成されるためポート形状が複雑となり、Fig. 17 に示すように流量係数が低下し出力向上には不利であった。そのため B18C 型エンジンではインテークマニホールド形状を Fig. 16(b) のようにレイアウトし、ポート形状のつながりを滑らかにし吸入抵抗を低減し、流量係数を高め出力向上を図った。

4.3. エンジンフリクション

前述した高負荷軸受けメタルの採用で、これまで耐焼け付き性の観点から高出力エンジンには使用不可とされていた低粘度油 (5W-30) の採用や、コンロッドメタル幅狭化によりフリクションの低減を図った。Fig. 18 に示すように同型 L-4 DOHC VTEC エンジンと比較し、フリクションは約 4% 低減している。これにより出力向上と同時に燃費性能の向上にも寄与した。

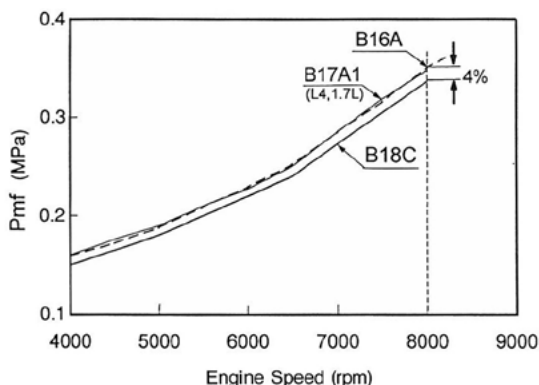


Fig. 18 WOT Frictions of L-4 DOHC VTEC Engine

おわりに

'94 インテグラ用として小型軽量な高出力、高トルクの B18C 型エンジンを開発し以下の結果を得た。

- (1) エンジン各部品の仕様見直しや、高疲労強度軽量コンロッドおよびオリエンテッドクリスタルベアリングメタルなどの耐久性向上技術によりロングストローク型ながら許容回転 8000rpm の高回転化を実現した。
- (2) 排気量増加をロングストローク化により行った結果、同一性能のショートストローク型エンジンに対しエンジン重量を約 10kg 低減し、エンジン幅も小さくできた。
- (3) (1) による高回転化と可変吸気システムに VTEC を組み合わせ、体積効率の向上を図ることにより 132.4kw/175N・m の高出力、高トルクを達成した。

参考文献

- (1) 辻 他: 結晶配合電析鉛合金材料の軸受への応用と軸受メタルの高性能化研究
HONDA R&D Technical Review, Vol.4
- (2) 松原 他: コネクティングロッド用高疲労強度快削非調質高の開発
HONDA R&D Technical Review, Vol.4

■著 者■



矢田 茂



大浦 秀二



山本 浩貴



有村 光典