5 2 4 単一爆発加振による四気筒ディーゼルエンジンの振動・騒音放射特性に関する研究

A Study on noise generation characteristic of 4cylinder diesel engine using single explosion excitation experiment

○学 世良啓太(山口大学院)

正 森上修(山口大学工)

正 三上真人(山口大学工)

正 小嶋直哉(山口大学工)

Keita SERA, Osamu MORIUE, Masato MIKAMI and Naoya KOJIMA, Yamaguchi University

Key Words: Deisel Engine, Combustion Noise, Noise, Noise Generation Model

1. 緒言

現在、社会問題の一つとして自動車の騒音問題が挙げられる。自動車の騒音は、都市部やその近郊において大きな問題となっている。そこで、私達は、自動車のエンジンが発生する騒音に着目し、研究を行っている。

ディーゼルエンジンは、高効率で耐久性があることから船舶やトラックのエンジンに多く用いられている。しかし、ディーゼルエンジンは、燃料を自着火させる燃焼方式のため、燃焼室内の圧力上昇が非常に高く、ガソリンエンジンより騒音が大きいといえる。そのため、ディーゼルエンジンの騒音の低減が必要とされている。

騒音を低減するためには、その騒音の放射特性や振動伝達特性を把握する必要がある。そのため、私達は、過渡騒音発生モデルを定義してそれらを把握することを目的とした。

2. 実験装置および方法

供試エンジンとして、4気筒4サイクルディーゼルエンジン(ボア 114mm, ストローク 113mm, 5307cc, 110.3kW/2900rpm)を用いた。

実験装置の概要図を図 1 に示す。圧力ピックアップによりシリンダ内圧力を検出した。騒音計は、半径 1.7m の半球面上に 5 個配置した。測定した圧力、騒音の応答波形は DAT レコーダで記録した。そして、A/D 変換器によりデジタル信号に変換され、マイクロコンピュータに取り込んだ。その後、MATLAB wavelet toolbox を用いてウェーブレット変換を行った。

本研究では、燃焼衝撃のみを発生させるために単一爆発加振実験という手法を用いた。単一爆発加振実験とは、燃焼室内をシリコンボンドで密閉し、外部から LPG と酸素を供給してスパークプラグで着火することで燃焼衝撃を発生させる手法である。単一爆発加振実験の概略図を図 2 に示す。

Fig.1 Measuring apparatus

Fig.2 Apparatus of single explosion excitation experiment

3. 過渡騒音発生モデル

過去、燃焼室内から発生した燃焼衝撃力とエンジンから放射された音が線形の関係であるという定常騒音発生モデルを用いての解析が行われてきた。しかし、図 3 に示すとおり、燃焼衝撃力と放射された音のパワーである燃焼衝撃音パワーには、時間遅れがあることがわかる。この結果より燃焼衝撃音の過渡特性を知る必要がある。また、この時間遅れは、エンジン構造内の振動の蓄積と減衰が原因と考えられる。それらのことを考慮したモデルを過渡騒音発生モデルと呼ぶ。

過渡騒音発生モデルにおける騒音の発生過程について述べる。燃焼室内の燃焼衝撃力により発生した振動エネルギーは、燃焼衝撃力を与えられた時間だけエンジン構造内に蓄積される。その蓄積されたエネルギーは減衰しながら、エンジン外壁面へと伝搬する。そして、音響エネルギーに変換され燃焼衝撃音として放射される。

気筒番号を j 、時間を $t[s]$ 、周波数を $f[Hz]$ 、燃焼衝撃パワーを $W_{cij}[W]$ 、燃焼衝撃音パワーを $W_{cnj}[W]$ 、減衰係数を $c_j[1/s]$ 、伝達放射係数を $b_j\eta_j[1/s]$ とする。

過渡騒音発生モデルの概要図を図 4 に示す。そして、燃焼衝撃力が燃焼衝撃音として放射されるまでの過程は、次式で示される。

$$\frac{dW_{cnj}(f,t)}{dt} = b_j(f)\eta_j(f)W_{cij}(f,t) - c_j(f)W_{cnj}(f,t) \quad (1)$$

上式を過渡騒音発生モデル式と呼ぶ。

また、燃焼衝撃が終了した場合は次式の関係で成立する。

$$\frac{d \log W_{cnj}(f,t)}{dt} = -c_j(f) \quad (2)$$

過渡騒音発生モデルの概要図を図 4 に示す。

これより減衰係数 c_j は、燃焼衝撃音パワー W_{cnj} の対数を取り、その減衰時の傾きより求められる。減衰係数 c_j が求めることができる。伝達放射係数 $b_j\eta_j$ も求めることができる。

Fig.3 Comparison of the combustion impact power with the combustion noise power

Fig.4 Diagrammatic illustration of transient noise generation model

4. 結果・考察および今後の展望

各気筒で単一爆発加振実験を 10 回行い、各気筒の減衰係数 c_j 、伝達放射係数 $b\eta_j$ を算出した。その結果を図 5、6 に示す。図 5、6 よりそれぞれの気筒の減衰係数と伝達放射係数のグラフは、同じような概形をとっていることがわかる。そして、 $b\eta_j/c_j$ という時間平均伝達放射係数と呼ばれる無次元数を定義し、考察をした。この時間平均伝達放射係数は、定常騒音発生モデルと同様、過渡騒音発生モデルにおいても燃焼衝撃力と燃焼衝撃音パワーは、線形関係であることを表し、その変換割合を考察する手段である。その結果を図 7 に示す。図 7 から各気筒すべて高周波域に近づくにつれて音が放射されやすくなっていることがわかる。そして、グラフの概形を見ると、図 6 の伝達放射係数のグラフに強く依存していることがわかる。これらの結果から減衰係数よりも伝達放射係数を小さくすることが騒音の低減につながると考えられる。

今後は、エンジンをシリンダヘッド、シリンダブロック、オイルパンの 3 つの構造体に分割して考え、それぞれの構造体の壁面での振動を計測して放射効率を算出し、どの部位で一番音が放射されているのかを把握することを検討している。

Fig.5 Damping coefficient for each cylinder

Fig.6 Transmission radiation coefficient level for each cylinder

Fig.7 Time averaged transmission radiation coefficient level for each cylinder

5. 参考文献

- (1). 三浦康夫他[過渡騒音騒音発生モデルを用いた燃焼衝撃騒音の分離に関する研究], 機論 B, 70-692, (2004-4) 1106-1111
- (2). 小嶋直哉他[単一爆発加振による内燃機関の燃焼衝撃音(第 1 報, 静止機関における燃焼衝撃音について)]機論 B 編 Vol. 51 No. 471, (1985-11), 3623-3630
- (3). 小嶋直哉他[ディーゼルエンジンの燃焼衝撃音に関する実験的研究]自技会論文集, No. 37, (1988), 107-113