

Effect of heat release rate shape on combustion noise in PCCI diesel engine

学 ○桑原 洋樹 (京大院) 平山 一輝 (京大院)

正 堀部 直人 (京大) 正 川那辺 洋(京大) 正 石山 拓二(京大)

Hiroki KUWABARA, Kazuki HIRAYAMA, Naoto HORIBE, Hiroshi KAWANABE and Takuji ISHIYAMA
Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501

1 緒 言

ディーゼル PCCI 燃焼は低 NOx・低 Smoke での運転が可能であるが、急激な燃焼による燃焼騒音の増加が課題である。本研究では燃焼制御による騒音低減を目指し、熱発生率形状を変化させた際の燃焼騒音への影響をシミュレーションと実験を用いて調査した。

2 解析方法および実験装置・方法

2.1 Wiebe 関数を用いたシミュレーション

3 つの Wiebe 関数を重ねて作成した熱発生率形状から筒内圧力を算出し、柴田ら⁽¹⁾と同様の解析方法を用いて筒内圧力のスペクトルと構造減衰から燃焼騒音を算出した。

2.2 エンジン実験

実験には外部過給単気筒ディーゼル機関(口径 85mm, 行程 96.9 mm, 圧縮比 16.3)を使用した。燃料噴射には二系統のコモンレール式燃料噴射装置を用い、8 噴孔 0.115 mm の噴射ノズルを使用した。回転速度を 1500rpm, 図示平均有効圧力(吸排気行程を除く)を 390kPa, 吸排気圧力を 102kPa とし、吸気酸素濃度が 13%一定となるように EGR 率を設定した。計測した筒内圧力から、前項と同様の方法で燃焼騒音を算出した。

3 結果および考察

3.1 シミュレーションによる検討結果

初めに Wiebe 関数を用いたシミュレーションにより、熱発生率形状が燃焼騒音に与える影響を検討した。図 1 に示すように、PCCI 運転の熱発生率形状を基準とし、熱発生率の初期に緩やかに立ち上がる部分を加えることで燃焼騒音の低減を試みた。ここで基準(base)としたのは、エンジン実験にて単段噴射による PCCI 運転を行った際の熱発生率形状を Wiebe 関数を用いて再現したものである。熱発生量は 475 J 一定とした。図 2 にこのときの燃焼騒音の周波数特性とオーバーオール(O.A)値を示す。

図 1 のように熱発生率の初期に緩やかに立ち上がる部分を加え、メインの熱発生率の高さを小さくすることで、最大圧力上昇率を抑制できる。このとき、図 2 に示すように 500Hz 以上の中・高周波領域で燃焼騒音が低減し、O.A 値にすると最大約 3dBA 低下した。

3.2 エンジン実験による燃焼騒音低減効果の確認

次に前節で求めた熱発生率形状を実験で再現しその効果を確認した。噴射時期-10°ATDC, 噴射圧力 135MPa で単段噴射を行った際の熱発生率形状を基準とし、パイロット噴射を加えることで熱発生率の立ち上がりを緩やかにすることを試みた。熱発生率と噴射パターンを図 3 に、そのときの性能・排気を表 1 に示す。

図 3 に示すように、メイン噴射圧力は 135MPa のまま、

噴射圧力 90MPa で 2mm³/cycle ずつ 3 段のパイロット噴射を加えることで、熱発生率の立ち上がりが比較的緩やかになった。パイロット噴射の燃焼による緩やかな熱発生にメイン噴射の熱発生が重なったためと考えられる。なお、このときメイン噴射の熱発生時期を合わせるためにメイン噴射時期を-3°ATDC に遅角している。表 1 より、パイロット噴射を加えることで等容度 DCV を低下させることなく、燃焼騒音を O.A 値で約 3dBA 低減できた。CO や THC の濃度は低下したが、Smoke の増加が問題である。これはパイロット燃料の発熱によりメイン噴射燃料の混合時間が短くなるためである。

4 おわりに

多段噴射を用いて熱発生率の立ち上がりを緩やかにすることで、PCCI 燃焼の燃焼騒音を低減できる可能性を示したが、なお Smoke の抑制が課題として残る。本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション総合プログラム)「革新的燃焼技術」(管理法人: JST)によって実施された。ここで燃焼騒音解析プログラムを提供くださった北海道大学 小川・柴田研究室の皆様感謝する。最後に実験にご協力いただいた、本学学生、横山卓司氏に感謝する。

参考文献

- (1) Shibata, G., et al., SAE Technical Paper, 2014-01-1293 (2014)

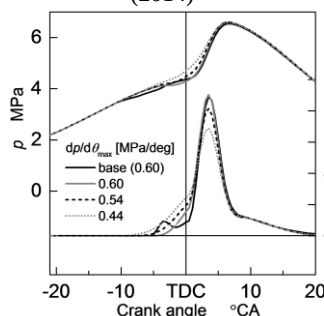


Fig.1 Heat release rate and in-cylinder pressure (simulation)

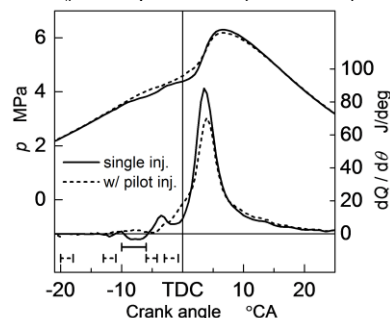


Fig.3 In-cylinder pressure, heat release rate and injection timings (engine experiment)

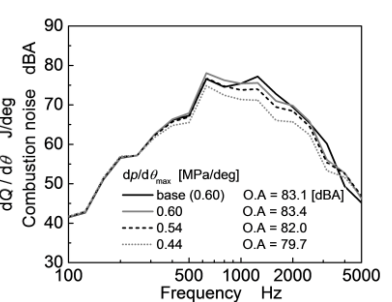


Fig.2 Effects of heat release rate shape on combustion noise (simulation)

Table.1 Effects of heat release rate shape on performance and emissions (engine experiment)

	single inj.	w/ pilot inj.
Combustion noise (O.A) [dBA]	83.0	80.2
dp/dθ _{max} [MPa/deg]	0.57	0.42
NOx [ppm]	29	35
Smoke [FSN]	0.035	0.266
THC [ppmC]	1164	903
CO [%]	0.46	0.24
DCV	0.986	0.987