音響解析による船用ディーゼル機関の排気弁吹き抜け異常診断*

片木 威**・橋本 武**
新田 啓一***・森山 功治***

Diagnosis for Gas Leakage from Exhaust Valve of Marine Diesel Engine
by Acoustic Sound

By Takeshi Katagi, Takeshi Hashimoto, Keiichi Nitta, Koji Moriyama

This research aims at establishing a new diagnostic system based on the acoustic sound for marine diesel engine in order to reinforce or substitute for the engineer's diagnosis.

This paper discusses to discriminate the different sounds caused by the different sizes of the cut on the exhaust valve of the two-stroke diesel engine. The acoustic sounds are transformed into the visible signals through various analyses.

The distinctive signals are found at the times of the combustion and the opening and closing the exhaust valve, while the power level at the former time becomes higher as the size of the cut on the exhaust valve is increased. The analytical system proposed here is, therefore, effective to diagnose the gas leakage from the exhaust valve of the diesel engine and can be developed into a more general diagnostic system in the future.

1. ま え が き

従来から排気弁を有する船用ディーゼル機関においては、排気弁の異常が機関停止の大きな要因となっている¹⁾。そして、排気弁異常の一つに吹き抜け異常があり、その診断方法としては、排気ガス中のNO_x濃度によるもの²⁾や、高度感の温度計を使用したもの³⁾などが研究されている。しかし、排気弁吹き抜け異常の大部分は乗組員の五感により診断されているのが現状である。

今、船舶における省エネルギー化のため大形ディーゼル機関は低速化が進み、排気弁を有するユニフロー掃気形が主流をなしてきている。また、省人化のため経験豊富な乗組員による異常診断が期待できなくなりつつある。このような背景から、排気弁吹き抜け異常の早期診断方法の開発が急務と考えている。

著者らは、音響解析による船用ディーゼル機関の異常診断システムを開発・研究中であり^{4)~6)}、本稿はその研究の一環として、大形ディーゼル・テスト機関⁷⁾での模

擬吹き抜け異常の診断を行い、その結果をまとめたものである。

2. 実験方法

テスト機関の主要目を表1に示す。また、テスト機関の断面図と音響検出箇所(排気管)を図1に示す。音響検出には単一指向性コンデンサマイクロホン⁴⁾を使用した。

排気弁の吹き抜け異常を模擬するため、テスト機関の排気弁に図2のように人工的に切り欠きを設けた。切り欠きの大きさは、住友重工業Z A40形中速機関の実績に基づき決定し、正常(レベル0)、極微細損傷(レベル1)、微細損傷(レベル2)の三段階(表2)とし

表1 テスト機関主要目

形 式	2サイクル・ユニフロー掃気式 ディーゼル機関 1 RTA56X
シリンダ径	560 mm
ストローク	1150 mm
シリンダ数	1
機 関 出 力	1500 PS
機関回転数	170 rpm

* 原稿受付 昭和62年7月10日

昭和62年春季学術講演(昭和62年5月27日)

** 正会員 神戸商船大学(神戸市東灘区深江南町5-1-1)

*** 正会員 住友重機械工業(株)玉島製造所(倉敷市玉島乙島8230番地)

図1⁷⁾ テスト機関の断面と音響検出箇所

図2 排気弁の切り欠き

表2 切り欠きの大きさ

損傷レベル	深さ [mm]	幅 [mm]	面積 [mm ²]	ポート比 [%]
0	0	0	0	0
1	1	1	5	0.01
2	3	15	45	0.10

た. 図3にレベル2の排気弁を示す. そして, このレベル2が船内修復可能な損傷限度であり, 切り欠きの大きさがレベル2に比べポート比で1/10であるレベル1を早

図3 損傷レベル2の排気弁

期診断の基準とした. そして各々運転負荷50, 75, 100%時の音響を検出した.

3. 実験結果

図4に各負荷時各損傷レベルでの原波形を示す. 内燃サイクルと照合するため, 弁線図を付記した. 各図とも排気弁が閉じる時期, 燃焼爆発時期および排気弁が開く時期に突出した音響を認識できる. 各損傷レベルで比較すると, レベル0とレベル2では内燃サイクルの燃焼爆発時期から排気弁が閉じる時期までの音響が少し異なっていることがわかる. しかし, レベル0と1では上述と同じ期間における音響でも差を認識することは難しい.

次に, スペクトル解析を行った結果を図5に示す. 各負荷時とも, 周波数5 kHz以上の帯域でレベル0, 1, 2による差を認識できる. 損傷レベルが大きくなる程, 5 kHz以上の周波数帯域の音圧レベルが高くなっている. なお, 他の周波数帯域においても損傷レベルの違いによる差はみられるが, 5 kHz以上の帯域程明確でないため本稿では, 5 kHz以上の周波数帯域のみ注目した.

この5 kHz以上の周波数帯域の音響が内燃サイクルのどの時期で生じているかを知るため, 遮断周波数5 kHz, ゲイン68 dBのハイパスフィルタを通すフィルタ解析を行った. 使用したフィルタの特性を図6に示す. 図7に各負荷時損傷レベルでのフィルタ解析結果を示す. 各負荷時とも正常時(レベル0)の波形から, 周波数5 kHz以上の音響は排気弁が開く時期に生じていることがわかる. 各損傷レベルで比較すると, 内燃サイクルの燃焼爆発が終わって, 排気弁が開くまでの時期および排気弁の開く時期の音響が異なっていることがわかる. 損傷レベルが大きくなる程, それらの時期の音響が大きくなっている. これらの結果から, シリンダ内圧力の高い時期に排気弁の切り欠きからシリンダ内ガスが放出するいわゆる吹き抜け異常が発生していることがわかる.

この結果を監視者によりわかりやすくするため, フィルタ+部分抽出回路⁶⁾+包絡線処理回路⁶⁾を組み合わせた解析を行った. 燃焼爆発時期から排気弁が開く時期ま

図4 原 波 形

図5 スペクトル解析結果

図6 フィルタ特性

図7 フィルタ解析結果

(a) 50%負荷率

(b) 75%負荷率

(c) 100%負荷時

図8 部分抽出包絡波形

での音響をフィルタ解析波形から抽出し、その波形の包絡線をあらわしたものである。その結果を図8に示す。各負荷時において、損傷レベルが大きくなるにしたがい波形レベルが大きくなっていることがより明確になった。特に、レベル1の損傷で吹き抜け異常が発生していることが明らかになった。

5. あとがき

本稿は、大形テスト・ディーゼル機関の模擬排気弁吹き抜け異常を、これまで開発した音響解析方法を用いて診断したものである。排気弁吹き抜け音響そのものが検知でき、診断に音響解析を用いる方法が有効であることが明らかになった。特にレベル1のような極微細損傷で診断が可能になったことは、音響解析方法の有意性を示すものである。

今回は単気筒機関における模擬異常の診断にとどまったが、今後、多気筒機関における実際の異常診断を行い、

本診断システムの実用化を目指して行きたい。また音響のみならず他の物理量である圧力や温度を組み合わせた総合的な診断システムの開発を考えて行きたい。

終わりにあたり、実験にご協力戴いた住友重機械工業(株)玉島製造所の皆様、および解析にご助力戴いた神戸商船大学井口晃、稲本研二郎両学生に謝意を表します。

文 献

- 1) 大橋, 山田, 石田: 舶機誌, 19-4, (昭59-4), 22
- 2) 中山, 高橋: 舶機講 32回前刷, (昭57-10), 67
- 3) 新田, 森山: 住友重機械技報, 34-102, (昭61-12), 50
- 4) 片木, 橋本, 横田, 小山: 舶機誌, 21-6, (昭61-6), 20
- 5) 片木: 日本造船学会誌, 第691号, (昭62-1), 73
- 6) 片木, 橋本: 舶機誌 22-4, (昭62-4), 12
- 7) 今橋, 渡辺, 井上, 菅: 内燃機関, 23-300, (昭59-11), 73

〔質 疑 応 答〕

質問者 三菱重工(株)長崎研究所 高石武夫

〔質問〕 (1) 本試験において、排気弁の切り欠き度合

が、表2の損傷レベル1の段階でも深さ1mmである。

船内において、排気弁シートのすり合せ作業で、補修を済ませるには、これ以下の微少の損傷度合で故障が予知診断できることが望ましい。

この音響解析法を使って、その可能性は、如何がですか？

(2) 本試験は、単筒機関を使用しての試験であるが、多気筒機関での他気筒の影響、過給機のノイズなどの影響は、この異常診断システムにとって、どうですか？

〔回答〕 (1) 本文で述べましたように、本解析により吹き抜け音響そのものが検知できており、深さ1mm以下の損傷レベルにおいても、本解析法は診断可能であると考えています。

(2) 著者が以前行った実験によりますと、大形^(付1)、小形ディーゼル機関共^(付2)、他気筒の影響および過給機のノイズの影響は顕著にあらわれておりません。しかし、本システムの実用化に際してはご指摘のような考慮が必要と考え、現在、本システムを用いた船舶上実機での異常診断実験を計画中です。

(付1) 片木ほか: 舶機誌, 21-6, (昭61-6), 20

(付2) 片木ほか: 舶機誌, 22-4, (昭62-4), 12