

## EGR시스템 디젤機關의 실린더 및 피스톤 磨耗에 미치는 再循環 排氣의 影響에 關한 研究

裴 明 煥\* · 河 正 鎬\*\*

### A Study on the Influences of Recirculated Exhaust Gas upon Wear of Cylinder and Piston in Diesel Engines with EGR System

M. W. BAE\* · J. H. Ha\*\*

**Key words** : Exhaust Gas Recirculation(EGR : 排氣 再循環), Cylinder Liner(실린더 라이너), Piston Ring(피스톤 링), Diesel Engine(디젤機關), Wear Rate(磨耗率), Soot Adhesion(煤煙附着)

#### Abstract

The effects of recirculated exhaust gas on the wear of cylinder liner, piston and piston rings have been investigated by the experiment with a two-cylinder, four cycle, indirect injection diesel engine operating at 75% load and 1600 rpm speed. For the purpose of comparison between the wear rates of two cylinders with and without EGR, the recirculated exhaust gas is sucked into one of two cylinders after the soot among exhaust emissions is removed by an intentionally designed cylinder-type scrubber equipped with 6 water injectors(A water injector has 144 nozzles of 1.0 mm diameter), while only the fresh air into another cylinder. These experiments are carried out on the fuel injection at a fixed 15.3° BTDC timing. It is found that firstly the mean wear amount of cylinder liner with EGR is more increased in the measurement positions of the second half than of the first half and the mean wear amount without EGR is almost uniform regardless of measurement positions, secondly the wear rates of the first and second piston ring(compression ring) thickness with EGR are more than twice, but the wear rate of oil ring thickness without EGR is more increased than that with EGR, and finally the wear rate of piston skirt with EGR is a little bit increased, but the piston head diameter is rather increased owing to soot adhesion and corrosion wear, and especially larger with EGR.

\* 慶尙大學校 工科學 機械設計學科, 生産技術研究所 (원고접수일 : 98년 5월)

\*\* 慶尙大學校 大學院

### 1. 緒 論

最近 大氣環境의 汚染이 나날이 深刻해져 가고 있는데, 特히 디젤機關에서 排出되는 有害排氣가 많은 部分을 차지하고 있기 때문에, 이의 改善에 대한 社會的 要求가 강하게 提起되고 있어, 關聯業體나 機關에서 많은 研究를 遂行해 오고 있다<sup>1)</sup>. 이 중 디젤機關에서 排出되는 NOx 濃度에 대한 低減對策의 하나로서 排氣 再循環(EGR)의 方法이 있는데, 이 方法은 NOx 濃度의 低減效果는 顯著하지만, 其他 다른 排氣 排出物의 增加, 燃料消費率 增加 以外에도, 再循環 排氣에 의해 機關內部的 磨耗가 增大되기 때문에, 아직도 實用化에 어려움이 따르고 있다. 그러나 NOx 低減에 대한 有效한 對策이 아직까지는 많지 않기 때문에, 現在 많은 研究者들<sup>2)</sup>에 의해 EGR의 再檢討가 이루어지고 있다.

著者들은 디젤機關에 EGR을 適用하였을 境遇, 排氣 排出物 및 燃料消費率에 미치는 影響을 實驗에 의하여 調査해 보았는데, EGR率을 增加시키면 高負荷 및 高機關回轉速度에서는 煤煙의 過多生成으로 機關을 稼動시킬 수 없는 狀態에 到達함을 알았다<sup>3,4)</sup>. 同著者들은 再循環 排氣중에서 煤煙을 除去한 후에 機關에 流入시키는 스크러버型 排氣 再循環 方式을 考案하여 實驗을 한 結果, 煤煙 低減效果가 크를 報告하였다<sup>5,6)</sup>.

EGR 採用時, 磨耗增加에 미치는 影響에 관한 研究의 主要對象은 油膜에 附着된 煤煙量의 增加<sup>7)</sup>, 燃料중에 含有된 硫黃成分<sup>8-10)</sup> 등이 있다. 初期에는 煤煙에 의한 研磨磨耗<sup>9)</sup>가 研究의 主를 이루었는데, 最近에는 EGR가스중의 SOx에 의한 潤滑油劣化<sup>11)</sup>, SOx로부터 生成된 黃酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)에 의한 油膜破斷<sup>12)</sup> 등 SOx에 의한 磨耗의 研究가 많이 이루어지고 있다. 燃料중에는 硫黃成分이 들어 있는데, 이 硫黃成分의 97~98%가 燃燒중 酸素와 反應하여 SO<sub>2</sub>가 되고, 生成된 SO<sub>2</sub>가 排氣중에 排出된다. 排氣의 一部를 再循環시켜 실린더內에 吸入시키는 EGR의 境遇는 이러한 SO<sub>2</sub>가 酸化되어 SO<sub>3</sub>가 되고, 물과 反應하여 黃酸이 된다. 比較的 낮은 溫度(400~420 K)에서 黃酸은 煤煙粒子를 核으로 하여 그 周圍에 結霧하고, 再循環 가스가 通過되는

실린더 라이너, 피스톤, 피스톤 링 등의 部品 및 管에 附着하여 그 面을 腐蝕시키게 된다(腐蝕磨耗). 거칠어진 腐蝕面은 磨耗가루, 潤滑油의 酸化物, 煤煙 등의 微粒子가 接觸되어 運動하는 境遇에 研磨劑가 되어 磨耗를 增大시키게 된다(研磨磨耗)<sup>13)</sup>.

本 研究에서는 磨耗增大의 原因糾明보다는 EGR의 本質을 把握하기 위한 研究의 하나로써 디젤機關에 EGR을 適用한 境遇, 煤煙, SOx 등 排出物의 再流入이 실린더 라이너, 피스톤 및 피스톤 링의 磨耗에 미치는 影響을 實驗에 의해 調査하고, 이를 土臺로 하여 디젤機關에의 EGR시스템 制御 機構를 開發하여 裝着하는데 基礎資料로 使用하는 것이 目的이다.

### 2. 實驗 裝置 및 方法

#### 2.1 實驗裝置

Fig. 1은 本 研究의 實驗裝置에 대한 概略圖를 보여주고 있는데, 實驗에 使用된 機關은 國內에서 生産되고 있는 船用 水冷 2氣筒의 間接噴射式 4行程 디젤機關이며, 主要 諸元은 Table 1과 같다.

本 研究에서는 EGR時 再循環되는 排氣가 機關 內部 피스톤 및 실린더의 磨耗에 미치는 影響을 調

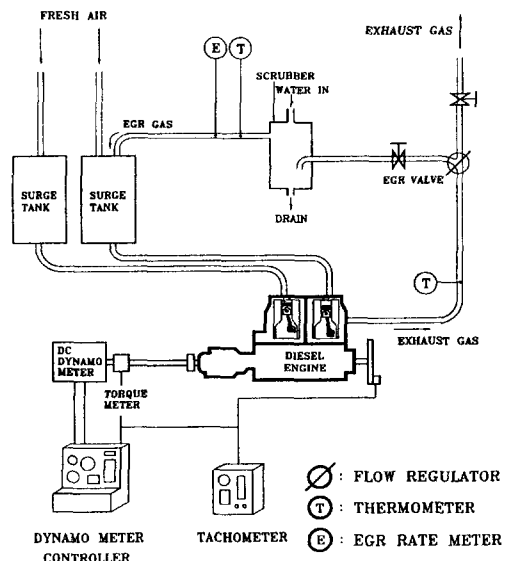


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1. Specifications of Test Engine

Items	Specifications
Type	2 Cylinder, Water-Cooled, 4 Cycle, Indirect Injection, Natural Aspiration
Piston Displacement(cc)	1630
Bore(mm)×Stroke(mm)	96×115
Maximum Power	14.71 kW/1800 rpm
Fuel Injection Timing	BTDC 15.3°
Compression Ratio	19.96 : 1

査하기 위하여, 2氣筒 디젤機關의 第 1番 실린더 에는 서지탱크를 通過한 大氣만이 吸入되었고, 第 2番 실린더에는 EGR率 20%인 再循環 排氣가 물 噴射式 煤煙除去裝置를 通過한 후, 脈動現象을 줄 이고 新氣와 잘 混合되도록 서지탱크에 流入되어 燃燒室內로 吸入되었다.

2.2 물噴射式 煤煙除去裝置

再循環되는 排氣중의 煤煙을 除去할 目的으로 設計하여 製作된 물噴射式 煤煙除去裝置는 Fig. 2 와 같다. 機關에서 排出되는 排氣가 스크러버 側面 下端에 設置된 入口管(Gin)으로 들어와서, 攪亂用 의 링(ring)과 부딪치며 通過된 후, 지름 1 mm를 갖는 114個의 노즐구멍에서 噴射되는 물에 의해 煤煙이 씻겨 除去된다. 이 때 噴射되는 流量은 슬 레노이드밸브 流量計에 의하여 EGR率에 따라 自

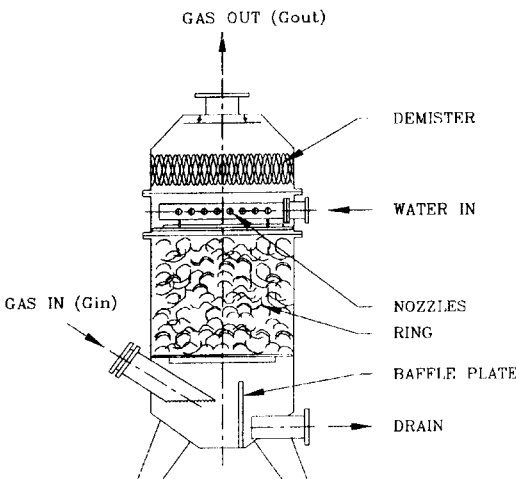


Fig. 2 Cross-section of Scrubber

動的으로 調節할 수 있도록 되어 있으나, 本 研究 에서는 EGR率 20%만을 適用해서 實驗을 하기 때 문에, 流量은 一定量이 흐르고 있다. 이렇게 煤煙 이 除去된 排氣는 水分分離裝置(demister)를 通過 하면서 水分이 除去되고, 스크러버 上部의 出口管 (Gout)을 통하여 서지탱크內로 들어가 吸入된 新空 氣와 混合된다. 噴射된 물이 入口管을 넘지 않도록 스크러버 下端에 排出관이 設置되어 있고, 入口管 을 통하여 들어온 排氣가 바로 排出管으로 빠져나 가는 것을 防止하기 위하여 阻止板(baffle plate)을 스크러버 밑바닥에 設置하였다.

물분사式 煤煙除去裝置의 性能에 대해서는 이 미 著者들의 研究에 의해 밝힌 바 있는데, 負荷에 따라서 다르기는 하지만, 30~50%의 높은 煤煙 除去效率를 나타내고 있다<sup>5,6)</sup>. 따라서 디젤機關에 있어서 EGR을 採用하는 境遇에는 煤煙除去의 한 方法으로 講究될 수 있다.

2.3 實驗方法

實驗條件은 負荷 75% 및 機關回轉速度 1600 rpm인 狀態에서, 再循環 排氣를 流入시키는 EGR 率 20%인 境遇와 EGR을 하지 않고 新氣만을 吸 入시키는 境遇에 대하여, 400時間 運轉한 다음, 실 린더 라이너, 피스톤 및 피스톤 링의 磨耗量을 測定하였다. 本 研究의 實驗에서는 負荷, 機關回轉速 度 및 EGR率을 固定한 1條件의 境遇이지만, 400 時間을 運轉하는 동안 負荷는 ± 5%, 機關回轉速 度は ± 1%, EGR率은 ± 10% 程度 變動되었다.

實驗을 하는 동안 水冷式 熱交換器를 使用하여 潤滑油의 溫度는 333~343 K이 되도록 調節하였 고, 冷却水는 溫度센서에 의해 入·出口溫度를 313~323 K 程度로 一定하게 維持되도록 하여 機關의 作動狀態를 隨時로 點檢하였는데, 이 때 溫度는 K型 熱電對를 設置하여 測定하였다. 排氣管 에도 K型 熱電對를 設置하여 排氣溫度를 測定했 는데, 實驗중 排氣溫度는 553~573 K가 되어 이 溫度로 燃燒狀態의 良否를 判斷했다. 噴射時期는 BTDC 15.3°로 固定했다. 實驗에 있어서의 EGR 率은 吸氣管과 排氣管에서 CO<sub>2</sub>濃度를 測定하여 計算하기도 하지만<sup>3,4)</sup>, 本 研究에서는 全體 吸入空 氣量에 대한 EGR밸브를 통해 再循環되는 排氣量

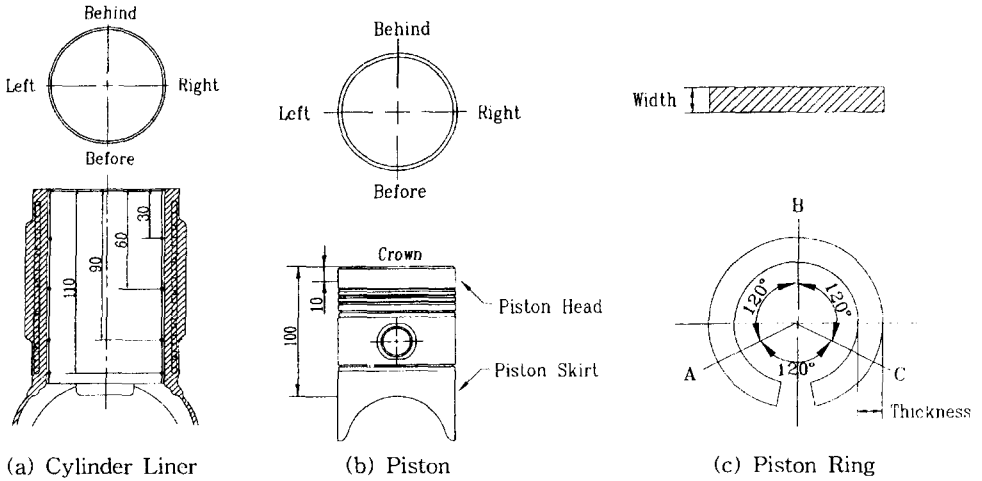


Fig. 3 Measurement positions of cylinder liner, piston and piston ring

의 百分率로서 EGR率을 구하였다.

實驗後 실린더 라이너 內徑의 磨耗量을 計算하기 위하여, 實驗前에 機關을 分解하여 라이너의 上部로부터 30, 60, 90 및 110 mm 떨어진 곳의 內徑을 Fig. 3 (a)와 같이 90° 間隔으로 前後左右에 대하여 보여 게이지를 使用해서 測定하였다. 이 測定器는 測定範圍가 50 ~ 100 mm이고, 最小 눈금은 1 μm이다. 피스톤의 境遇는 피스톤 頂面(crown)으로부터 10 mm 떨어진 헤드部와 100 mm 떨어진 스커트(skirt)部에 대하여 Fig. 3 (b)와 같이 外徑을 90° 間隔으로 前後左右에 대하여 디지털 마이크로미터를 使用해서 測定하였다. 이 測定器는 最小 눈금이 1 μm인 75 ~ 100 mm 測定範圍의 것을 使用하였다. 測定位置의 前後左右에 대한 區分은 피스톤핀 구멍이 있는 方向의 正面을 前後로 하고, 90° 回轉시킨 位置를 左右로 하였다. 피스톤링의 境遇는 第 1番 링에서 5番 링까지를 切斷部 틈새를 基準으로 Fig. 3 (c)와 같이 120° 間隔으로 3個所의 幅과 두께를 디지털 마이크로미터를 使用해서 測定하였다.

### 3. 實驗 結果 및 考察

#### 3.1 실린더 라이너 磨耗量

실린더 라이너는 實驗後의 內徑을 1番 실린더 (新氣만 吸入) 및 2番 실린더(EGR率 20%)의 境遇

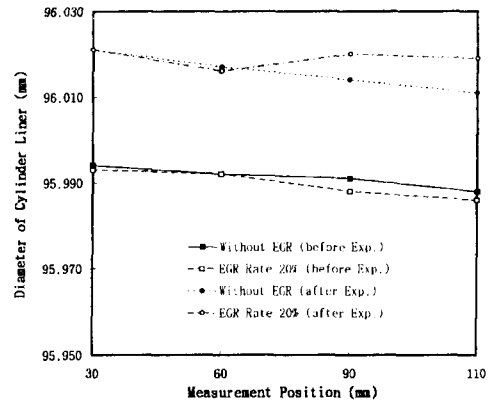


Fig. 4 Inner diameter of cylinder liner for a point of before and behind at the respective positions measured from the top

에 대해서, 上記와 같은 測定位置의 前後左右 두점 에서 測定하였다. Fig. 4는 實驗前後의 라이너 內徑을 前後位置에서 1番 및 2番 실린더의 境遇에 대해 計測한 값을 보여주고 있다. 實驗後의 라이너는 實驗前에 비하여 EGR率에 關係없이 磨耗되었음을 알 수 있는데, EGR時의 磨耗量이 많다. 特히, 꼭대기에서 60 mm을 지나서부터 磨耗量은 EGR을 하지 않은 境遇보다 많아짐을 알 수 있다. Fig. 4의 데이터를 基準으로 하여 磨耗量이 가장 적은 位置의 磨耗率을 100%로 잡아 각 測定位置에 대한 磨耗率으로 나타낸 것이 Fig. 5이다. 그림에서 EGR을 하지 않은 境遇에는 꼭대기에 가까울수록, EGR

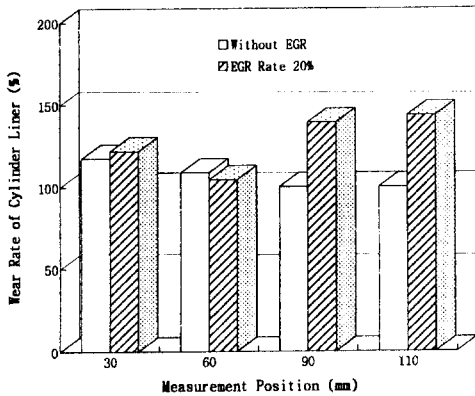


Fig. 5 Wear rate of cylinder liner for a point of before and behind at the respective positions measured from the top

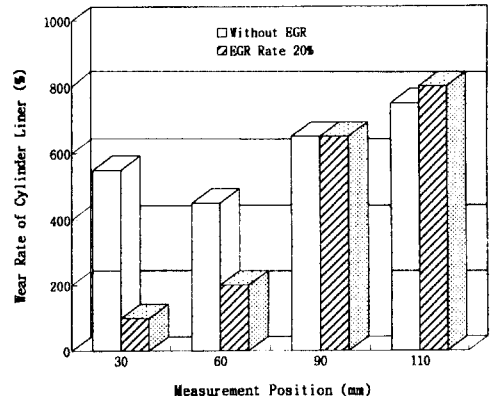


Fig. 7 Wear rate of cylinder liner for a point of right and left at the respective positions measured from the top

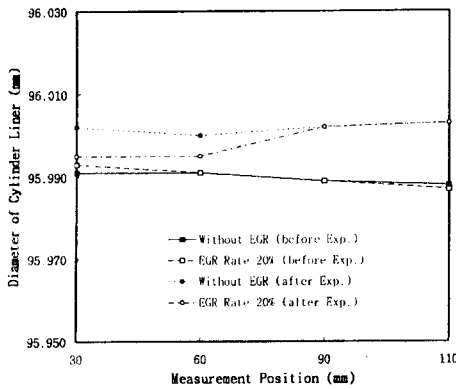


Fig. 6 Inner diameter of cylinder liner for a point of right and left at the respective positions measured from the top

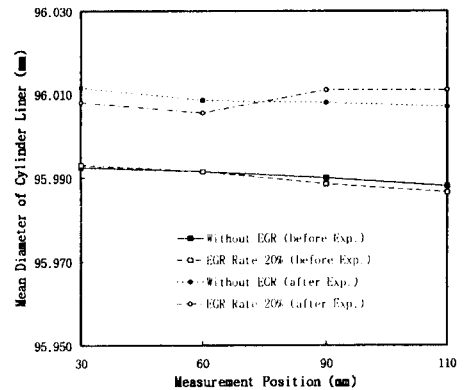


Fig. 8 Mean inner diameter of cylinder liner for two points of before and behind, right and left at the respective positions measured from the top

時에는 꼭대기로부터 60 mm 떨어진 곳을 中心으로 兩端으로 갈수록 磨耗率이 커지는데, 特히 EGR 時에는 스킨部의 磨耗率이 큼을 알 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 라이너의 左右 測定位置에 있어서 上記와 같은 方法으로 나타낸 것이다. 그림에서 EGR 時의 磨耗率은 꼭대기로부터 60 mm 떨어진 곳까지는 오히려 EGR을 하지 않을 境遇보다 적고, EGR에 의한 라이너의 磨耗率은 스킨部에 가까울수록 큼을 알 수 있다.

Fig. 8은 前後左右에 대한 平均 磨耗量값을 나타내고 있는데, 꼭대기에서 75 mm 程度 떨어진 位置까지는 EGR을 하지 않았을 境遇가 오히려 磨耗量이 많아지고 있다. 그러나 그 以後부터는 EGR

率이 20%인 境遇가 더 많이 磨耗되었다. 이러한 關係를 上記와 같은 方法으로 각 測定位置에 대한 磨耗率로 나타내면 Fig. 9와 같이 된다. 그림에서 실린더 꼭대기로부터 上半部는 EGR을 하지 않았을 境遇가 EGR 時보다도 磨耗率이 더 크고, 下半部에는 EGR 時의 磨耗率이 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 特히 EGR가스가 吸入되지 않은 1番 실린더의 磨耗率은 약간 差異는 있지만, 位置에 關係없이 거의 비슷하고, EGR을 實施한 2番 실린더는 上半部보다는 下半部の 磨耗率이 훨씬 더 크게 나타나고 있다.

塩崎 등은 直列 6氣筒(13.3 l)의 大型車用 直接 噴射式 機關에 JIS 2號 輕油를 使用하여 EGR率

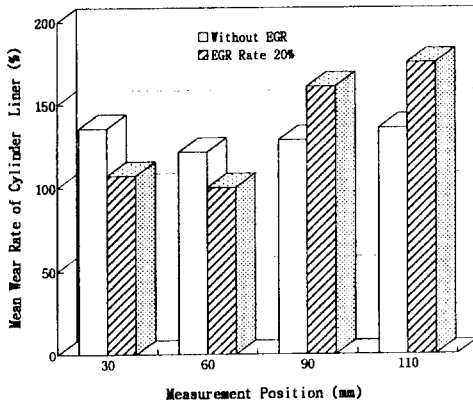


Fig. 9 Mean wear rate of cylinder liner for two points of before and behind, right and left at the respective positions measured from the top

20%의 特殊 시뮬레이션 모드 運轉을 한 境遇에 대하여 실린더 라이너의 磨耗를 調査한 結果, EGR에 의해 4倍 程度 磨耗가 增加되었는데, 이러한 磨耗의 增加 理由로서 黃酸에 의한 腐蝕과 磨耗粉, 煤煙 등의 微粒子에 의한 研磨를 들고 있다.

3.2 피스톤 磨耗量

Fig. 10은 피스톤 頂面에서 10 mm 떨어진 헤드部の 磨耗量과 100 mm 떨어진 스킨트部的 磨耗量を 알아보기 위하여, 피스톤 핀 구멍이 있는 方向의 前後를 實驗前後에 測定한 피스톤徑의 差에 대한 磨耗率로 나타낸 것이다. 磨耗率은 磨耗量이 가장 적은 값을 100%로 하여 EGR率 20%와 0%인 境遇에 대해서 보여주고 있는데, 스킨트部는 EGR을 實施하는 境遇가 磨耗率이 더 크게 나타났지만, 헤드部の 境遇에는 EGR의 實施 與否에 關係없이 피스톤徑이 오히려 增加하고 있음을 알 수 있다. 이것은 피스톤 헤드部에도 磨耗가 많이 發生되었으리라 豫想되지만, 煤煙 등이 피스톤에 附着되거나, 黃酸 등에 의한 腐蝕이 發生되어 피스톤徑이 오히려 거칠어져서 測定上에 피스톤徑이 增加되는 것처럼 보인 現象이라고 생각된다. 피스톤 表面을 스크레이퍼(scraper) 등을 使用하여 一部 除去시켜 보았지만, 完全하게 除去를 시키면 오히려 피스톤에 損傷을 주어 正確한 測定을 할 수 없기 때문에, 그 狀態에서 計測한 값중 減少量을 +로 하

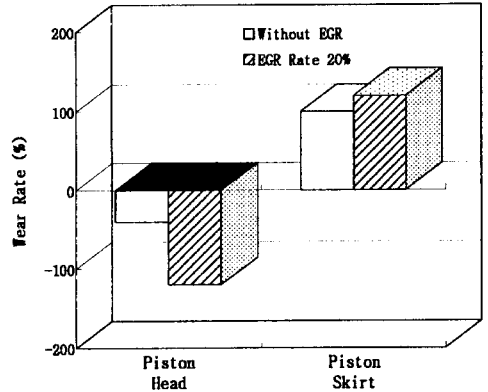


Fig. 10 Wear rate of piston head at a position of 10 mm away from crown, and of piston skirt at a position of 100 mm away from crown for a point of before and behind, the same direction with piston pinhole as a datum line

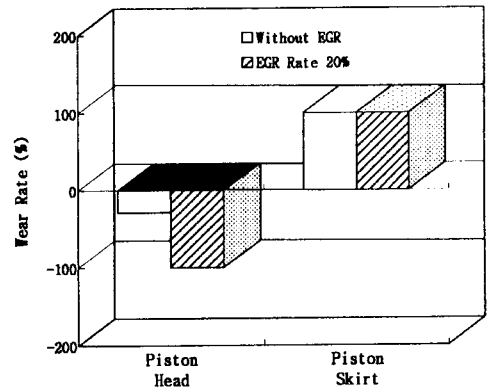


Fig. 11 Wear rate of piston head at a position of 10 mm away from crown, and of piston skirt at a position of 100 mm away from crown for a point of right and left, the rotating direction of 90° to piston pinhole

고, 增加量을 -로 하여 百分率로 나타내었다.

Fig. 11은 上記의 境遇를 90° 回轉시켜 左右의 位置에서 實驗前後에 測定한 피스톤徑의 差에 대한 磨耗率을 磨耗量이 가장 적은 값을 基準으로 하여 百分率로 나타낸 값이다. 스킨트部에는 EGR에 關係없이 磨耗率이 같게 나타났고, 헤드部에는 EGR時의 피스톤徑 增加現象이 더 큼을 알 수 있다.

Fig. 12는 上記 Fig. 10과 Fig. 11의 平均 磨耗率을 表示해 보았는데, 스킨트部에는 EGR時의 磨耗

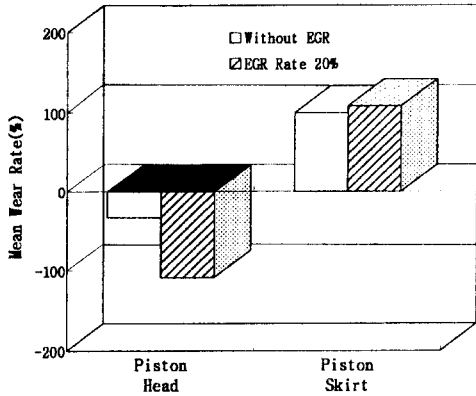


Fig. 12 Mean wear rate of piston head at a position of 10 mm away from crown, and of piston skirt at a position of 100 mm away from crown for two points of before and behind, right and left, centering around a piston pinhole as a datum line

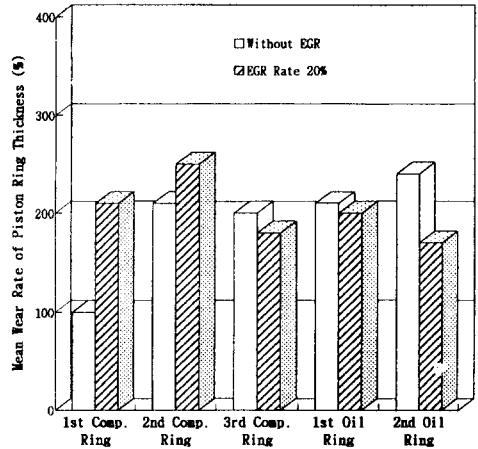


Fig. 13 Mean wear rate of piston ring thickness at 3 positions of 120° intervals from ring free clearance

률이 약간 더 크게 나타났고, 헤드部에는 EGR時 피스톤徑의 增加現象이 顯著함을 보여주고 있다. 從來의 研究<sup>13,14)</sup>에 의하면, 피스톤 頂面으로부터 가까운 헤드部나 吸排氣밸브 등 피스톤의 頂面部에 煤煙 등이 많이 堆積되고 있음을 알 수 있는데, 本 研究에서 나타난 增加現象도 EGR을 하는 境遇에 헤드部가 相對的으로 燃燒가스와 接觸이 많기 때문에, 煤煙의 堆積이 많아지고, 앞에서 說明한 黃酸의 生成에 의하여 煤煙周圍에 結霧現象이 생겨 腐蝕磨耗 등이 增加될 뿐만 아니라, 거칠어진 腐蝕面에 磨耗粉 등에 의해 研磨磨耗도 發生될 것으로 豫測된다.

### 3.3 피스톤 링 磨耗量

實驗前 피스톤 링의 두께는 第 1番에서 3番까지 壓縮링의 境遇에는 2.5 mm, 第 4番과 5番 오일링의 境遇에는 4.0 mm이고, 幅은 모두 4.15 mm이다. 實驗後의 各 피스톤 링에 대한 平均 두께와 幅은 第 1番에서 5番 링까지, 各 링의 切斷部 樣態를 基準으로 하여 120° 間隔으로 3個所의 測定位置에 대해서 計測한 값을 平均으로 나타내고 있다. 實驗前의 값을 基準으로 삼고, 實驗後에 測定한 값과의 差에 대한 磨耗量중, 磨耗量이 가장 적은 값을 100%로 하여 百分率로 나타낸 것 중, Fig. 13은 두께에 관한 磨耗率을, Fig. 14는 幅에 관한 磨耗

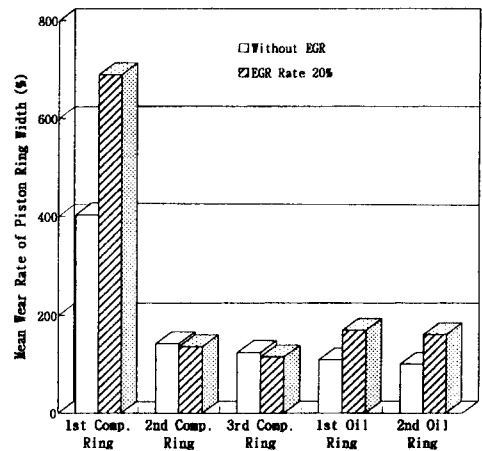


Fig. 14 Mean wear rate of piston ring width at 3 positions of 120° intervals from ring free clearance

率을 보여주고 있다.

그림에 의하면 EGR率이 20%인 境遇, 링두께는 第 1番과 2番 링에서 2倍以上의 磨耗率을 보여주고 있으나, 第 3番 링과 오일링인 第 4番, 5番은 오히려 EGR時에 磨耗가 더 적음을 알 수 있다. 링幅의 境遇에는 다른 링에 비하여 壓縮링인 第 1番의 磨耗가 顯著하게 큼을 볼 수 있는데, 특히 EGR時에 磨耗率이 더 增加하고 있다. 그러나 第 2番과 3番 링은 EGR時에 오히려 磨耗率이 약간 減少하지

만, 오일링인 第 4番과 5番은 링두께의境遇와는 다르게 EGR時에 磨耗率이 增加되고 있음을 알 수 있다.

塩崎 등<sup>7)</sup>은 上記의 실린더 라이너의 磨耗實驗과 同時에 피스톤 링의 磨耗實驗도 遂行한 結果, 링의 磨耗에 미치는 因子가 아주 複雜하고, 특히 EGR의 境遇에는 더욱 複雜하게 된다고 했다. 그는 實驗에 의하여 機關負荷를 增加시키면 磨耗가 急激하게 增加되고, EGR率을 增加시키는 境遇에도 磨耗가 急激히 增加되지만, 機關回轉速度의 影響은 明確하지 않다고 했다. 특히, EGR을 實施하지 않은 境遇에 비하여 EGR率이 20%인 境遇, 第 1番 링은 摺動面에서 磨耗率이 5배, 第 2番 링은 摺動面에서 4배, 上下面에서 2배 程度 增加함을 밝히고 있다.

潤滑油중의  $Ca(OH)_2$ 은 中和作用을 일으켜 腐蝕을 抑制한다. 디젤機關에 있어서 EGR을 實施하는 境遇, 潤滑油의 劣化가 심해지는데, 이는 EGR에 의해 潤滑油중 알칼리 指數의 低下가 빨라지고, 正헵탄(normal heptane) 不溶解分 및 樹脂(resin)分의 增加가 빨라지기 때문이다. EGR率이 增加되면 煤煙生成量도 增加되는데, 이 煤煙이 潤滑油에 混入되어 正헵탄 不溶解分을 增加시키고, 실린더 라이너, 피스톤, 피스톤 링 등의 腐蝕面이 潤滑油의 酸化物 및 煤煙을 研磨劑로 作用하여 研磨되어 링, 라이너 등의 磨耗를 促進시킨다. 이러한 磨耗가루는 潤滑油에 混入되어 劣化되고, 이것이 正헵탄 不溶解分 및 樹脂分을 增加시키게 된다. 앞에서 피스톤 링의 磨耗量이 各各 다른 理由는 링에 따라 部分的으로 黃酸濃도가 다르기 때문에, 濃도가 많은 곳에서는 潤滑油에 의한 中和作用이 미쳐 이루어지지 않기 때문이라고 생각된다.<sup>15) 16)</sup>

#### 4. 結 論

EGR을 디젤機關에 適用하는 境遇에 排氣, 燃費, 耐久性 등 많은 問題點이 發生한다. 그러나 NOx 排出物을 有效하게 低減시킬 수 있는 對策이 많지 않은, 現在로서는 EGR은 最適의 NOx 排出物 低減對策의 하나로 考慮될 수 있기 때문에, EGR 採用의 問題點을 最小化하는 研究도 必要하

다. 本 研究에서는 EGR에 의한 디젤機關에 있어서 실린더 라이너, 피스톤 및 피스톤 링의 磨耗가 어느 程度 發生하는지를 물噴射式 煤煙除去裝置를 使用하여 2氣筒의 各各에 新氣만을 그리고 新氣와 再循環 排氣 20%를 吸入시켜 調査한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 실린더 라이너는 EGR을 實施하지 않은 境遇에는 測定位置에 關係없이 磨耗量이 均一하고, EGR時에는 上半部보다는 下半部에서 磨耗量이 크다.
- 2) 피스톤의 스킴트部에서는 EGR時의 磨耗率이 약간 增加하고, 헤드部에서는 煤煙附着 및 腐蝕磨耗에 의해 헤드부의 피스톤徑이 增加되는 現象을 보이고 있는데, 특히 EGR時에 顯著하다.
- 3) 피스톤 링은 두께의 境遇에 EGR時 第 1番 및 2番 링에서 2배 以上の 磨耗率을 보여주고, 幅의 境遇에는 第 1番 링의 磨耗가 顯著한데, 특히 EGR時의 磨耗率이 더 增加한다. 오일링의 두께는 EGR을 하지 않은 境遇에, 幅은 EGR時에 磨耗率이 增加한다.

本 研究에서는 磨耗量을 實驗前後의 길이차로 나타내고 있는데, 今後의 研究에서 簡單하지는 않겠지만, 磨耗量을 質量差로 나타내는 試圖을 推進할 必要가 있다고 思料된다. 또한, 損傷部位의 寫眞 및 腐蝕에 關한 研究도 同時에 遂行하여 檢討하여야 할 것이다.

#### 後 記

本 研究는 1995年度 韓國學術振興財團 大學附設研究所 研究課題 研究費에 의해 遂行되었으며, 도움을 주신 財團 關係者 여러분께 感謝드리며, 實驗 裝備를 提供해 주신 KIMM 動力시스템 研究部 朴泰仁 博士와 많은 資料를 提供해 주신 TIT의 神本武征 教授께도 感謝드립니다.

#### 參考文獻

- 1) 裴明煥, “高壓下の豫混合氣燃焼におけるすす生成に關する研究,” 東京工業大學大學院 博士學位論文,



- 1989.
- 2) Arcoumanis, C., Bae, C., Nagwaney, A. and Whitelaw J. H., "Effect of EGR on Combustion Development in a 1.9L DI Diesel Optical Engine," SAE 950850, pp. 169 ~ 193, 1995.
  - 3) 林載根, 裴明煥, 金鐘一, "小型 高速 디젤機關의 排氣 排出物에 미치는 排氣 再循環率의 影響에 關한 實驗的 研究," 韓國舶用機關學會誌, 第 16卷, 第 4號, pp. 252 ~ 269, 1992.
  - 4) 裴明煥, 林載根, "디젤機關의 燃料消費率 및 窒素酸 化物 排出物에 미치는 EGR의 影響에 關한 研究," 韓國自動車工學會 論文集, 第 3卷, 第 1號, pp. 76 ~ 88, 1995.
  - 5) 朴泰仁, 金兌權, 裴明煥, 崔在星, "舶用 디젤機關의 排氣 排出物에 미치는 스크러버型 排氣再循環器의 影響," 韓國舶用機關學會 春季共同學術講演會 抄錄集, pp. 42 ~ 47, 1994.
  - 6) 朴泰仁, 朴權夏, 裴明煥, 河正鎬, "EGR과 水分效果에 의한 디젤엔진의 NOx · Soot 同時低減 技術," 韓國自動車工學會 96' 春季學術大會 論文集, pp. 58 ~ 63, 1996.
  - 7) 鹽崎忠一, 鈴木孝幸, 大谷哲也, "ディーゼルエンジンにおけるEGRとその問題点について," 日野技報, No. 38, pp.3 ~ 15, 1989.
  - 8) 長岐裕之, 是松孝治, "再循環排ガス中のSO<sub>2</sub>がディーゼルエンジンの磨耗に与える影響について(SO<sub>2</sub>の潤滑油膜への溶解過程と磨耗量の關係)," 日本機械學會論文集(B編), Vol. 59, No. 560, pp. 412 ~ 418, 1993.
  - 9) 長岐裕之, 是松孝治, "再循環排中のSO<sub>2</sub>がディーゼルエンジンの磨耗に与える影響について(吸氣に混入したSO<sub>2</sub>の效果)," 日本機械學會論文集(B編), Vol. 60, No. 572, pp. 402 ~ 408, 1994.
  - 10) 谷 雅志, 砂田 聰, "ディーゼルエンジン用シリンダライナ材の耐食性向上," 自動車技術, Vol. 48, No. 5, pp. 41 ~ 46, 1994.
  - 11) Furuhashi, S., Suzuki, M., Ishikawa, H. and Watanabe, T., "The Primary Cause for Abnormal Wear in Diesel Engines with EGR Systems," STLE Tribology Transactions, Vol. 34, No. 1, pp. 86 ~ 92, 1991.
  - 12) 村上靖宏, "ディーゼルエンジンの硫酸腐食磨耗の解析-オイル中硫酸イオンとエンジン磨耗の關係-, " 自動車技術會論文集, Vol. 24, No. 1, pp. 119 ~ 125, 1993.
  - 13) 鹽崎忠一, 鈴木孝幸, "直噴ディーゼルエンジンのEGRが性能及び排ガスに与える影響," 自動車技術會論文集, No. 46, pp. 18 ~ 23, 1989.
  - 14) 加納 眞, 谷本一郎, 中村清隆, 藤木 章, "ディーゼルエンジンのカムのフォロワーの磨耗に及ぼすEGRの影響," 潤滑, Vol. 32, No. 12, pp. 900 ~ 907, 1987.
  - 15) 折井 望, "低硫黃輕油の潤滑特性について," 自動車技術, Vol. 49, No. 5, pp. 79 ~ 83, 1995.
  - 16) 岩澤勝三, 矢口敬一, 武鹿正興, "低質油使用中速ディーゼル機關の性質改善と磨耗實績," 日本舶用機關學會誌, Vol. 25, No. 6, pp. 376 ~ 385, 1990.
  - 17) 荒川貞雄, 外 4名, "中速ディーゼル機關における重質燃料油使用に關する研究 - 短時間磨耗評價法の活用例 -, " 日本舶用機關學會誌, Vol. 24, No. 9, pp. 423 ~ 429, 1989.
  - 18) 小林伸治, 中島 徹, 堀 政彦, "輕油中の硫黃及び芳香族分が粒子狀物質及び排氣ガスに及ぼす影響," 自動車技術會論文集, Vol. 24, No. 3, pp. 56 ~ 60, 1993.

## 저 자 소 개



### 裴明煥(裴明煥)

1954년 10월 24일생. 1977년 한국해양대학교 졸업. 1989년 일본동경공업대학교 대학원 박사과정 수료(공학박사). 현재 경상대학교 공과대학 기계설계학과 교수



### 河正鎬(河正鎬)

1971년 10월 19일생. 1995년 진주산업대학교 졸업. 현재 경상대학교 대학원 박사과정 재학중.