

<論 文>

# 디젤 엔진에서 排氣管 屈曲이 엔진 性能에 미치는 影響

文 秉 秀\* · 徐 正 閔\*\*

(1986年 6月 24日 接受)

## Effects of Exhaust Pipe Curvature on the Performance of a 4 Cycle Diesel Engine

Byung Soo Moon and Jeong Yun Seo

**Key Words;** Exhaust Pipe Curvature(排氣管 屈曲), Circular Arc Bent Pipe(圓弧形 曲管), Rectangular Bent Pipe(直角形 曲管), Shaft Output(軸出力), Shaft Torque(軸토크), Specific Fuel Consumption(燃料消費率)

### Abstract

An experimental Study on the effects of exhaust pipe curvature on the performance of a diesel engine is presented. The experiments were carried out on a 4-cycle, 2164 c.c diesel engine and two types of pipe curvature, circular arc and rectangle, were tested.

The shaft output, shaft torque and specific fuel consumption were obtained by inserting bent pipes of different dimensions into the exhaust pipe at various engine operation conditions.

It was found that the engine performance was decreased by the circular arc bent pipe and the effects were dominated by its arc angle. The decrease of engine performance was minimized by the arc angle of 180°. By the rectangle pipes the performance was more decreased and the effects were little influenced by its dimensions.

### 1. 緒 論

디젤 엔진은 各 産業分野에서 널리 使用되고 있는 主要 動力源으로 이에 관한 많은 研究가 활발히 進行되고 있다.

이들의 研究內容은 크게 代替燃料<sup>(1,2)</sup>, 燃料噴霧 및 噴射<sup>(3,4)</sup>, 燃焼効率등<sup>(5-7)</sup> 엔진性能에 관한 것과 머물

러<sup>(8-10)</sup> 및 排氣騒音등<sup>(11-13)</sup> 엔진의 騒音 振動에 관한 것으로 區別되며 이들은 大部分 엔진 몸체에 관한 研究가 된다.

그런데 實際의 엔진 使用時 設置 空間의 制約으로 인해 엔진排氣管은 直線으로 設置하지 못하고 中間에 曲管部를 갖게 되며, 특히 車輛의 경우 排氣管은 後尾部의 뒷차축(rear axle)을 피하기 위하여 大部分 曲管部를 갖게 된다. 따라서 이와같은 엔진의 排氣管의 屈曲이 엔진性能에 어떤 影響을 미치는가에 대한 究明은 중요한 研究果題라고 생각된다.

本 論文은 參考文獻 (13)의 “디젤 엔진에서 排氣管

\* 正會員, 忠北大學校 工科大學 機械工學科

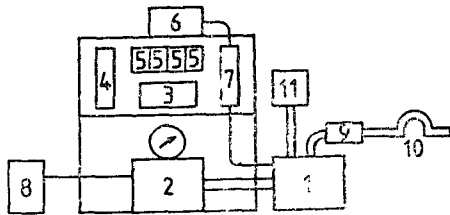
\*\* 正會員, 仁荷大學校 工科大學 機械工學科

의 屈曲度가 排氣騒音에 미치는 影響”에 대한 研究에 있어서 排氣管의 屈曲性이 엔진性能에 미치는 影響에 대해서 實驗的 方法을 통하여 究明하는데 있다. 따라서 4氣筒, 排氣量 2,164cc의 디젤 엔진을 使用하였으며, 屈曲의 形態는 圓弧形과 直角形의 두 경우에 대해서 實驗하였다. 엔진의 運轉條件은 一般的 使用 範圍인 回轉速度 1,200~3,200rpm 드로틀 벨브 開度 25~100% 區間으로 잡고 曲管部의 形狀치수를 變化시키며 負荷, 吸氣壓力, 燃料消費量, 排氣溫度 및 壓力等を 測定하고 이것으로부터 軸出力, 軸토크, 燃料消費率을 計算하여 이를 相互比較 檢討함으로써 曲管部의 形狀치수가 엔진性能에 미치는 影響을 考察하였다.

2. 實驗裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

Fig. 1은 本 實驗裝置의 概略圖이며, 主要實驗裝置의 諸元은 Table 1과 같다.



- 1. Diesel engine
- 2. Dynamometer
- 3. Dynamometer controller
- 4. Pressure gauge
- 5. Temperature meter
- 6. Fuel tank
- 7. Fuel gauge
- 8. Oscilloscope
- 9. Muffler
- 10. Bent pipe
- 11. Surge tank

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 Specifications of instruments for experiments

Name	Specifications
Diesel engine	Model : SD 2204
	Cylinder No. : 4 Cylinders
	Cycle : 4 Cycle
	Bore × Stroke : 83 × 100mm
	Capacity : 2164 C.C
	Compression ratio : 20.8 : 1
	Cont. Out-put : 40PS/3200rpm
	Nisan Motor Co., LTD

Dynamometer	Model	: EW-100
	Type	: Eddy-current electro brake dynamometer
	Absorption power	: 100PS
	Rev. of shaft	: 7,000rpm
	Torque indicator	: Spring balance
	Tokyo Meter Co., LTD	

2.2 實驗方法

엔진의 試驗方法은 KS<sup>(14)</sup>, JIS<sup>(15)</sup>의 “自動車用 디젤 機關 性能 試驗方法”에 준하였다.

Table 2 Experimental conditions

Variables	Conditions
Throttle valve open (%)	25, 50, 75, 100
Engine speed (rpm)	1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200
Circular arc bent pipe arc radius, R (mm)	100, 200
arc angle, φ (degree)	90, 180, 270
Rectangle bent pipe side length, a (mm)	200, 400

本 實驗條件은 Table 2에 提示하였으며 엔진 드로틀 벨브 開度는 처음에 25%에서 50%, 75%, 100%의 순으로 各各 固定하고 드로틀 벨브 開度에 따라 Dynamometer Controller로 負荷를 加하여 回轉速度 1,200, 1,600, 2,000, 2,400, 2,800, 3,200rpm에 따라 各各 實驗하였다.

實驗用 曲管은 Fig. 1에서와 같이 디젤 엔진 後方 머플러와 直管 사이에 挿入 連結하였으며, 이때 使用된 曲管의 形狀은 Fig. 2와 같이 圓弧形과 直角形인데 圓弧形의 경우 圓弧半徑 R, 中心角 φ를 主要 設計變數로 하였으며, 直角形의 경우는 邊의 길이 a를 變數로 하였다.

이와같은 管들을 排氣管에 各各 組立하여 드로틀 벨브 開度 및 回轉速度를 變化시킨다. 특히 交換裝着 때 마다 排氣管의 總길이 一定하도록 排氣管의 直線部分의 길이를 調節하였다.

排氣管은 內徑 40mm, 管두께 3mm의 鋼파이프를 使用하였으며, 排氣管의 總길이는(머플러 포함) 普通 乘用車用 排氣管길이 정도가 되도록 5,700mm로 하였다.

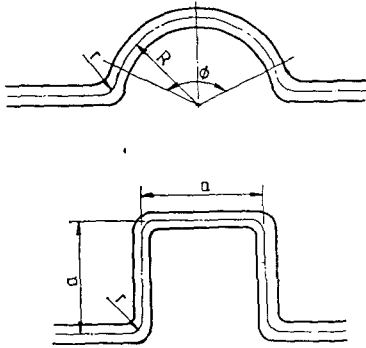


Fig. 2 Circular arc and rectangle bent pipes

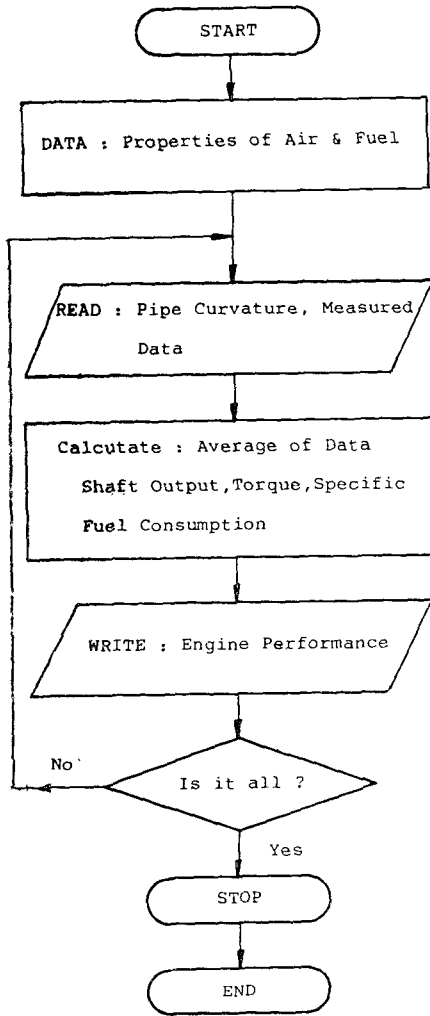


Fig. 3 Flow chart

엔진의 性能計算은 KS<sup>(14)</sup>, JIS<sup>(15)</sup>의 “自動車用 디젤 機關 性能 試驗方法” 計算式을 使用하였다.

Fig. 3은 엔진性能 計算프로그램의 흐름도를 圖示한 것이다.

### 3. 實驗結果 및 考察

드로틀 밸브의 開度 및 回轉數를 變化시켰을 때의 出力, 토크 및 燃料消費率의 變化를 Figs. 4~9와 같다.

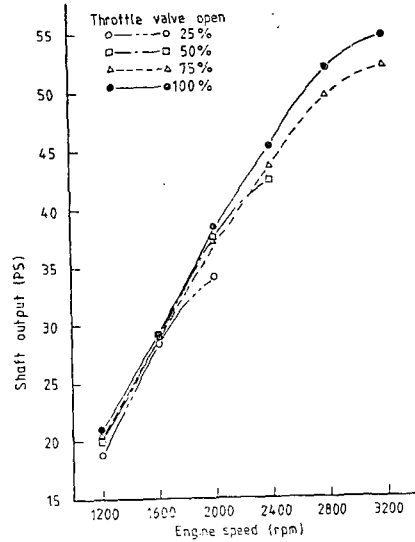


Fig. 4 Shaft output with a straight pipe

Figs. 4~5는 엔진의 運轉條件에 따른 性能을 파악하기 위하여, 性能의 比較基準이 되는 直管인 경우, 即 中間에 曲管部가 없는 경우의 엔진 回轉速度와 드로틀 밸브 開度에 따른 軸出力, 軸토크 및 燃料消費率의 相關關係를 나타낸다.

Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 드로틀 밸브 開度 25%일 때는 2,000rpm 50%일 때는 2,400rpm 까지만 運轉이 可能하며, 各 엔진 回轉速度에서의 軸出力은 드로틀 밸브의 開度の 增加에 따라 2,000rpm까지는 그 增大의 傾向은 거의 同一하며, 그 以上の 回轉速度에서는 75%와 100% 開도에 2,400rpm에서 3.4%, 2,800rpm에서는 4.8%, 3,200rpm에서는 5.1% 增加되었다.

Fig. 5에 의하면 軸토크는 드로틀 밸브의 開도와 엔진 回轉速度에 의해 影響을 받으며 開도가 增加할

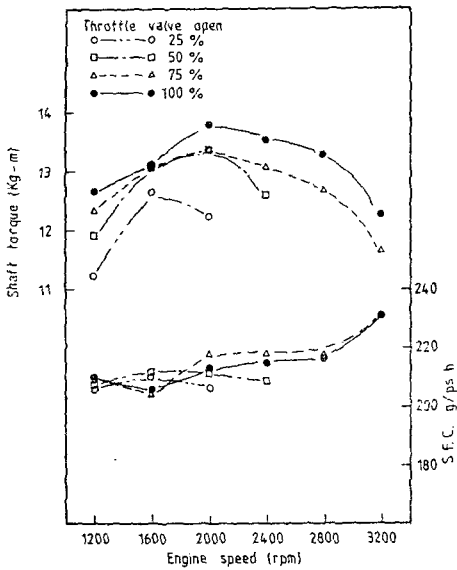


Fig. 5 Shaft torque and specific fuel consumption with a straight pipe

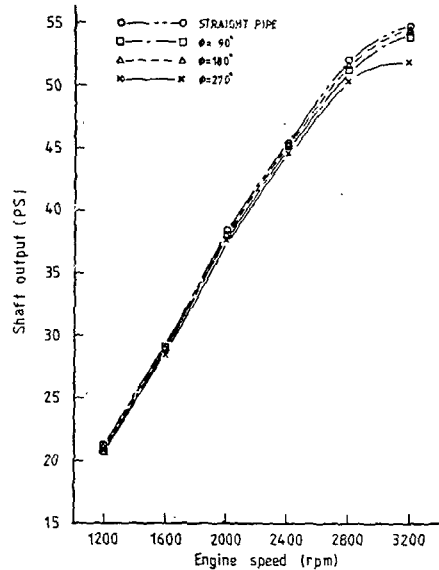
수록 軸토크는 增加하며, 엔진 回轉數에 의해서는 2,000rpm에서 軸토크가 가장 크게 나타났다.

또한 燃料消費率(specific fuel consumption)은 엔진의 回轉速度가 增加함에 따라 다소 增加하는 傾向이 있지만 드로틀 밸브 開度가 25%, 50%에서 거의 變化가 없고, 그 以上の 開度에서는 2,000rpm 以上에 약간 增加하는 傾向이다.

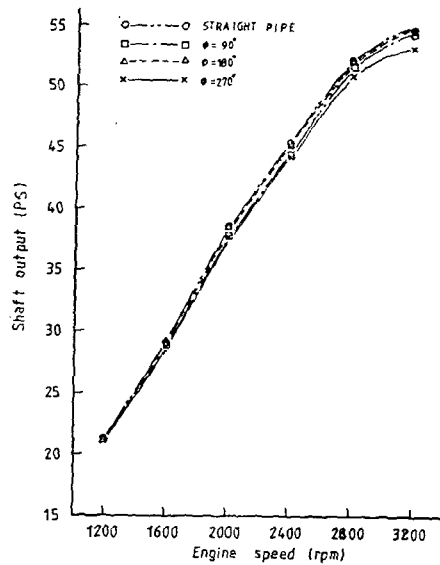
曲管形狀 치수에 의한 軸出力의 影響을 直管과 比較한바 그 結果는 Figs. 6~7과 같다.

Fig. 6에서 알수 있는 바와 같이 圓弧形 曲管에서 圓弧半徑에 의한 變化는 2,400rpm까지는 별로 差가 없으며 그 以後의 回轉速度, 即 2,800rpm에서  $R=100mm$ ,  $\phi=90^\circ$ 에서 1.6%,  $\phi=180^\circ$ 에서 1%,  $\phi=270^\circ$ 에서 3.4% 減少되었고, 3,200rpm에서는  $R=100mm$ ,  $\phi=90^\circ$ 에서 1.4%,  $\phi=180^\circ$ 에서 0.8%,  $\phi=270^\circ$ 에서 3.7% 減少되었다. 또한 2,800rpm,  $R=200mm$   $\phi=90^\circ$ 에서 1.9%,  $\phi=180^\circ$ 에서 0.1%,  $\phi=270^\circ$ 에서 2.2%, 3,200rpm에서  $\phi=90^\circ$ 에서 1.3%,  $\phi=180^\circ$ 에서 0.1%,  $\phi=270^\circ$ 에서는 2.5%, 各各 減少되었다. 또한 Fig. 6(a), (b)에서  $\phi=180^\circ$ 에서의 軸出力의 減少가 가장 작게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 7은 直角形 曲管인 경우에 軸出力을 直管의 경우와 比較하여 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 邊의 길이에 의하여 軸出力은 크게 影響을 받지 않음을 알 수 있다. 그러나 直管에 比較하여 軸出力은 2,000rpm



(a)  $R=100mm$ ,  $r=30mm$



(b)  $R=200mm$ ,  $r=30mm$

Fig. 6 Shaft output with circular arc bent pipes (Throttle valve open 100%)

에서 1.5%, 2,400rpm은 3%, 2,800rpm은 2.8%, 3,200rpm은 2%정도 減少하여 圓弧形 曲管과 比較하면  $R=200mm$ 의 경우와 거의 같은 範圍 內에서 變한다. 또한 中心角  $\phi=270^\circ$ 일때의 軸出力과 近似하게 나

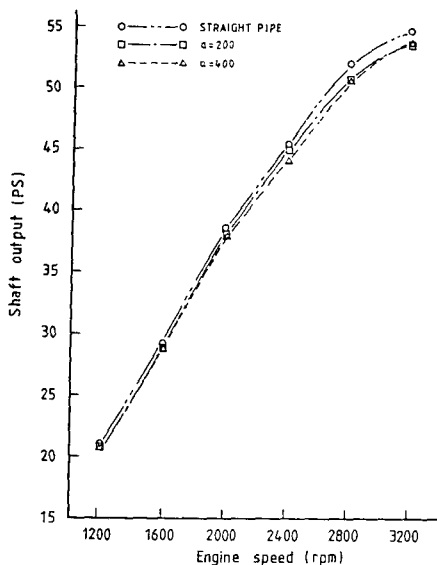


Fig. 7 Shaft output with a square bent pipe (Throttle valve open 100%)

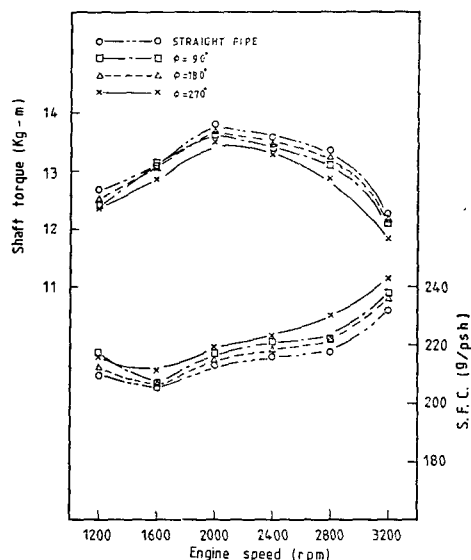
타나며, 대체적으로  $R=100m$ 의 경우가 크게 減少함을 알 수 있다.

Fig. 8 (a), (b)에서는 軸토크와 燃料消費率(S.F.C)도 曲管의 圓弧半徑에 의한 變化 傾向은 같으며 主로 中心角에 의해서 影響받음을 알 수 있다.

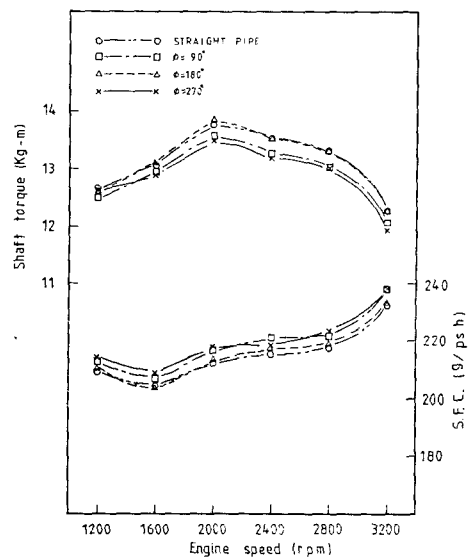
Fig. 8(a)에서 드로틀 밸브 開度 100%,  $R=100mm$ 인 경우 軸토크를 考察하면 엔진의 回轉速度 1,600 rpm 前後에서는 中心角  $\phi=90^\circ$ 일때가 直管 토크에 가까우나 2,000rpm 以上에서는  $\phi=180^\circ$ 일때가 直管에 가장 近接하며, 다음으로는  $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=270^\circ$ 의 순으로 낮아지며 軸토크는 2,400rpm 以下에서는 약 2%, 2,800~3,200rpm 에서는 약 3.5%以上 減少함을 알 수 있다.

Fig. 8(b)에서는 드로틀 밸브 開度 100%  $R=200mm$ 일때 軸토크는 直管과 比較하면 曲管에서  $\phi=180^\circ$ 인 경우, 直管과 거의 같고,  $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=270^\circ$ 인 경우에는 1,600rpm 에서 1%, 그 以上 回轉速度 即 2,000rpm 은 1.5%, 2,400rpm 2.3%, 2,800rpm 2.2%, 3,200 rpm 1.4% 減少 되었다.

다음에 燃料消費率(S.F.C)에 대해서는 Fig. 8(a)에서  $R=100mm$ 의 경우 軸토크와 마찬가지로  $\phi=180^\circ$ 인 경우가 直管에 가장 近接되며, 그 다음이  $\phi=90^\circ$ ,  $\phi=270^\circ$ 인 경우이다.  $\phi=270^\circ$ 인 경우 直管과 比較하면 200rpm 에서 3.3%, 1,600rpm 3.1%, 2,000rpm



(a)  $R=100mm, r=30mm$



(b)  $R=200mm, r=30mm$

Fig. 8 Variation of shaft torque and specific fuel consumption with arc angle of circular arc bent pipes (Throttle valve open 100%)

2.9%, 2,400rpm 에서 3.5%이고 특히 2,800rpm 에서는 5.8%, 3,200rpm 은 4.6%나 增大한다.

Fig. 8(b)  $R=200mm$ 에서는  $R=100mm$ 와 마찬가지로  $\phi=180^\circ$ 인 경우가 가장 直管에 近接하며 나머지는 直管보다 모두 燃料消費率이 增加된다.  $\phi=270^\circ$ 인 경우

1, 200rpm 에서 1.9%, 1, 600rpm 에서 1.8%, 2, 000rpm 2.5%, 2, 400rpm 1.1%, 2, 800rpm 2.1%, 3, 200rpm 에서 2.4% 增加한 것으로 나타났다.

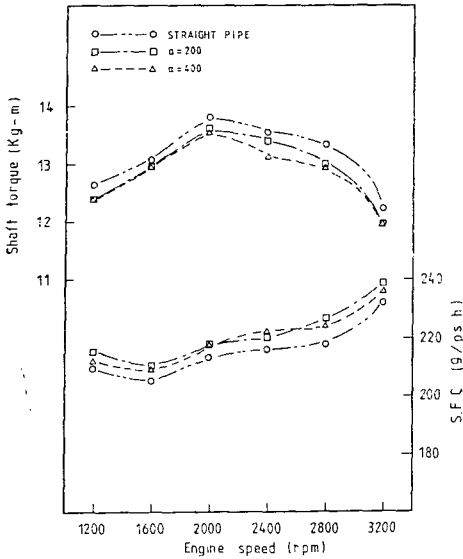


Fig. 9 Variation of shaft torque and specific fuel consumption with side length of square bent pipes (Throttle value open 100%)

Fig. 9에 의하면 直角形 曲管인 경우, 軸토키는 邊의 길이 a=200mm 일때나 a=400mm 일때 모두 直管의 경우 보다 減少된다. a=400mm 인 경우 1, 200 rpm 에서 1.3%, 1, 600rpm 1%, 2, 000rpm 1.6%, 2, 400rpm 3%, 2, 800rpm 2.8%, 3, 200rpm 에서 2% 減少되었다.

燃料消費率(S.F.C) 역시 모두 直管의 경우 보다 높게 나타났다.

또한 Fig. 8, 9를 給合하면, 軸토키나 燃料消費率(S.F.C)은 圓弧形曲管의 中心角  $\phi=270^\circ$  일때 直角形 曲管과 近似하게 나타나며 圓弧形 曲管의 경우보다 比較的크게 減少함을 알 수 있다.

以上에서 考察한 바와같이 排氣管이 曲管일때 軸出力, 軸토키, 燃料消費率等엔진의 主要性能은 直管에 비해 減少되며 曲管의 中心角이  $\phi=180^\circ$  일때 그 性能 減少 效果가 가장 적어 直管의 경우에 가장 近接하는 것으로 나타났다.

排氣管의 屈曲度가 增加할수록 背壓이 增加하며 이로 인해 引擎性能이 減少하게 된다<sup>(11)</sup>. 이와같은 觀點에서는 曲管의 中心角이 클수록 引擎性能이 減少하여야

하나, 實驗結果에 의하면 中心角  $\phi=90^\circ$  의 경우보다  $\phi=180^\circ$  의 경우가 보다 나은 引擎性能을 보이고 있다. 따라서 屈曲度增加에 따른 影響으로 引擎背壓 增加 現象 以外에 따른 現象이 存在하는 것으로 보이며 그 現象으로는 屈曲度增加에 따른 排氣가스의 亂流現象을<sup>(13)</sup> 생각 할 수 있다. 즉 排氣管 屈曲度가 增加할수록 背壓이 增加하여 引擎 性能이 減少되나 이와는 反對效果로 屈曲度 增加에 따라 亂流現象이 增加되어 이로인해 引擎性能이 向上되는 效果가 發生하여 中心角이 約  $180^\circ$  일때 가장 直管에 가까운 性能을 나타내는 것으로 推測할 수 있다. 그러나 이의 明確한 究明은 보다 더 깊은 研究가 必要할 것으로 생각 된다.

#### 4. 結 論

디젤 엔진 排氣管이 屈曲部를 가질때 이 屈曲形狀이 引擎性能에 미치는 影響은, 屈曲形狀이 圓弧形과 直角形일때 드로틀 밸브 開度 25~100%, 回轉速度 1, 200 ~ 3, 200rpm 의 運轉條件에 따라서 實驗을 한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 軸出力은 圓弧形 曲管의 경우 中心角  $\phi=180^\circ$  에서 出力 減少는 가장 적게 나타났으며,  $\phi=90^\circ$  에서 1.3%~1.9%,  $\phi=270^\circ$  에서 2.2%~3.7% 減少되었다.

(2) 直角形 曲管인 경우 軸出力은 邊의 길이에 의한 影響은 적게 받고 軸出力은 1.5%~3% 정도 減少된다. 圓弧形 曲管의  $\phi=270^\circ$  일 때의 軸出力과 近似하게 나타난다.

(3) 軸토키도 圓弧形 曲管에 의해서 약 2%~3.5% 減少하며, 中心角  $\phi=180^\circ$  에서는 減少가 거의 없었다. 直角形 曲管인 경우, 약 1.3%~3%로 減少한다.

(4) 燃料消費率は 圓弧形 曲管에서 약 1.1~5.8%로 增加하며, 그 增加는 中心角  $\phi=180^\circ$  에서 가장 적다. 直角形 曲管에서는 약 1.6%~3%로 增加하여, 모두 直管의 경우 보다 높게 나타났다.

以上과 같은 結論은 排氣管이 曲管일때 軸出力, 軸토키, 燃料消費率等 엔진의 主要性能은 直管에 비해 減少되며 曲管의 中心角이  $\phi=180^\circ$  일때 그 性能 減少 效果가 가장 적어 直管의 경우에 가장 近接한다는 것으로 要約된다. 따라서 이와같은 研究結果는 어떠한 制約으로 인한 排氣管의 屈曲이 要求되는 경우, 引擎性能 減少를 最少로 하기위하여 中心角을 約  $180^\circ$  로 하여 屈曲시키는 것이 바람직 함을 提示하고 있다.

後 記

本 研究는 1986 年度 文敎部 學術研究助成費의 支援  
으로 遂行되었으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 感謝  
의 뜻을 표합니다.

參 考 支 獻

(1) R.T. Johnson and J.O. Stoffer, "Performance of Stabilized Diesel Fuels Containing Alcohols and Water in Single and Multicylinder Direct Injection Engines", Society of Automotive Engineers Paper, 830557, pp. 90~104, 1983

(2) 村山 正, 宮本 登, "アルコール驅動ディーゼル機關に關する研究", 日本機械學會論文集(B編), 第48卷, 第434號, pp. 2134~2142, 1982

(3) B.E. Romig, R.D. Strunk, "Performance Comparison of Unit Injector and Pump-Line-Nozzle Injection Systems", Society of Automotive Engineers Paper, 840274, pp. 1~17, 1984

(4) 山崎信行, 宮本 登, "燃料の加熱ガディーゼル機關の噴霧特性と性能に對して及ぼす影響", 日本機械學會論文集(B編), 第49卷, 第444號, pp. 1810~1818, 1983

(5) 齋師信彦, 高本與志久, "ディーゼル機關の燃焼ガスの不均一ガ燃焼に及ぼす影響について", 日本機械學會論文集(B編), 第47卷, 第419號, pp. 1408~1417, 1981

(6) 吉田正一, 針谷安男, "豫燃焼室式ディーゼル機

關燃焼室各部の熱の流れ", 日本機械學會論文集(B編), 第47卷, 第419號, pp. 1418~1423, 1981

(7) 廣安博之, 角田敏一, "直接噴射式ディーゼル機關の燃焼モデルと性能豫測", 日本機械學會論文集(B編), 第48卷, 第432號, pp. 1606~1613, 1982

(8) M.G. Prasad and M.J. Crocker, "Studies of Acoustical Performance of a Multy-Cylinder Engine Exhaust Muffler System", J. of Sound and Vibration, Vol. 90, No. 4, pp. 491~508, 1983

(9) E.J. Wonnacott, "Lower Exhaust Noise form Better Silencer Design Techniques", J. of Sound and Vibration, Vol. 37, No. 1, pp. 17~26, 1974

(10) 李正權 "反射形 消音器에 있어서 高次모드音波의 影響을 考慮한 性能解析", 韓國科學技術院 博士學位論文, 1984

(11) 田中忠夫, 原良光彦, "乗用車用排氣系に關する考察", 三菱重工技報, Vol. 17, No. 5, pp. 750~756, 1980

(12) 西脇一字, 嶋本 讓, "內燃機關の排氣騒音レベル豫測", 日本機械學會論文集(B編), 第45卷, 第398號, pp. 1587~1598, 1979

(13) 文秉秀, 金玉鉉, 徐正閔, "디젤 엔진에서 排氣管의 屈曲度가 排氣 騒音에 미치는 影響", 大韓機械學會論文集, 第10卷, 第 3 號, pp. 392~398, 1986

(14) 韓國工業規格, "自動車用 디젤기관 性能 試驗方法", 韓國工業標準協會, KS R 1003, pp. 1~16, 1980

(15) 日本工業規格, "自動車用 ディーゼル機關性能 試驗方法", 日本規格協會, JIS D 1004, pp. 1~20, 1976