

Bosch法과 Zeuch法에 의한 噴射率 測定の 比較研究

라진홍 · 김준효 · 안수길

부산수산대학

(1989년 12월 25일 접수)

A Study on the Comparison of Injection Rate Measurement by the Bosch's Method and the Zeuch's Method

Jin-Hong RA, Jun-Hyo KIM and Soo-Kil AHN

National Fisheries University of Pusan

(Received December 25, 1989)

There have been many methods for measuring the injection rate of diesel engines, but the results of them are not always identical and the reason for the discordance is not clear.

Besides, a single shot injection equipment has been used for the fuel spray and the combustion research of diesel engines, but the results of experiment using the equipment don't apply to a volleyed shot injection of real engines.

This paper investigates the merits and faults of the Bosch's method and the Zeuch's method, at the same, this paper also compares the injection rates of single shot injection rates of single shot injection and a volleyed shot injection by the Bosch's method.

The results are summarized as follows :

- (1) The measurement error of the Bosch's method is about $\pm 1\%$, therefore, its accuracy is reliable.
- (2) By the Bosch's method, as the speed and the load of fuel pump increase, the injection rate becomes higher, on the contrary, the injection period (ms) shortens as the speed increases and the load decreases.
- (3) In this experiment, the injection rate of a single shot injection is lower than that of a volleyed shot injection under the same conditions.
- (4) The bulk modulus of elasticity using the Zeuch's method increases in proportion to the back pressure.
- (5) The Zeuch's method is less accurate than the Bosch's method.

記號說明

F_t : 測定管의 斷面積	k : 斷熱指數
K : 기름의 體積彈性係數	L : 測定管의 길이
K' : 氣泡가 混入된 기름의 겉보기 體積彈性係數	n : 燃料펌프의 回轉數
	P : 壓力, 絕對壓力
	P_b : 背壓

- P_i : 噴射壓力
- P_0 : 大氣壓
- Q : 機關의 1cycle當 噴射量
- q'_m : 크랭크 角度當 平均噴射量
- t_b : 噴射 始作時間
- t_e : 噴射 終了時間
- V_{ao} : 大氣壓에서의 氣泡의 總體積
- V_{fo} : 大氣壓에서의 기름의 體積
- ρ : 該當 流體의 密度
- φ : 噴射角
- φ_F : 噴射期間
- γ : 該當 流體의 比重量

序 論

최근 디젤 機關의 出力과 熱效率의 向上 및 NOx와 Soot 排出을 低減시키기 위해 많은 研究가 進行되고 있다¹⁻³⁾.

특히 高壓噴射와 噴射時期 變化에 의한 低質油의 燃燒와 機關의 性能向上이 試圖되고 있으므로⁴⁾ 이에 따라 새로운 噴射系의 開發이 要求되고 있다. 噴射系는 디젤 機關의 裝置中 가장 精密度를 要하는 部分으로 크랭크 角度當 噴射되는 燃料의 量, 卽 噴射率을 左右한다. 따라서 噴射率의 測定은, 새로운 噴射系의 開發에 必要한 噴射系의 性能點檢 및 디젤 機關의 性能豫測을 위한 시뮬레이션의 入力資料로서 重要한 測定項目이므로 正確하게 測定할 必要가 있다⁵⁻¹⁰⁾.

從來의 噴射率 測定方法으로는, 噴射된 燃料를 回收하는 方法(Blaum, Zulzer, 松岡 信), 噴流의 運動量變化로 부터 求하는 方法(Huber), 噴霧粒 帶電法(Straubel), 壓力容器속에 噴射하는 方法(Zeuch), 파이프속에 噴射하여 壓力變化로 부터 求하는 方法(Bosch), 噴射壓力·噴孔面積의 瞬間值로 부터 計算에 의해 求하는 方法 등이 있지만⁷⁾, 이들의 測定結果는 一致한다고 말할 수 없을 뿐만 아니라 그 理由도 明白하지 않다³⁾⁸⁾. 또한 從來의 디젤 機關의 噴霧와 燃燒의 研究에는 單發噴射裝置가 많이 利用되었으나, 이는 實際 機關의 連發噴射와는 一致되지 않는 點도 있다.

따라서 본 論文에서는, 測定裝置의 製作과 實驗이 比較的 容易한 Bosch法과 Zeuch法을 選定하여 測定裝置를 設計, 製作하고 實驗을 行한 후, 兩 測定法의 長知點을 糾明함과 동시에 Bosch法에 의한 連發噴射와 單發噴射의 噴射率을 比較檢討하였다.

測定原理 및 測定裝置의 諸元 決定

1. Bosch法

1.1 測定原理

파이프내의 媒質에 傳播되는 1次元 單一 壓力 進行波의 原理를 利用하는 方法으로, 노즐로 파이프속에 燃料를 噴射시키면 噴射率은

$$dq/dt = F_i \cdot u \quad (1)$$

이고 非定常流內에서 單一 壓力波에 의한 壓力과 流速의 關係는 다음과 같다.

$$P = a \cdot \rho \cdot u \quad (2)$$

(1)式에 (2)式을 代入하면 噴射率 dq/dt 는

$$dq/dt = (F_i/a \cdot \rho) \cdot P \quad (cm^3/sec) \quad (3)$$

혹은

$$dp/d\varphi = (1000/6n) (F_i/a \cdot \rho) \cdot P \quad (mm^3/^\circ CA) \quad (4)$$

로 된다.

한편, 1 cycle中에 噴射된 燃料의 量은

$$Q = (F_i/a \cdot \rho) \cdot \int_{t_b}^{t_e} P dt \quad (cm^3) \quad (5)$$

로 된다.

1.2 測定管의 內徑 決定

(4)式에서 파이프의 斷面積 F_i 는,

$$F_i = a \cdot \rho \cdot q' \cdot n / 167P \quad (cm^2) \quad (6)$$

q' 는 크랭크 角度當 噴射量이나 噴射하기 전에는 未知數이므로 平均噴射量을 使用한다.

平均噴射量 q'_m 은

$$q'_m = Q/\varphi \quad (mm^3/^\circ CA)$$

이므로

$$F_i = a \cdot \rho \cdot n \cdot Q / 1,67P \cdot \varphi \quad (mm^2)$$

이 된다. 또 文獻⁸⁾에 의해 $a = 1400m/sec$, $\rho = 840,2kg/m^3$ 을 代入하면

$$F_i = 7,2 \cdot 10^{-2} (n \cdot Q / P \cdot \varphi) \quad (7)$$

로 된다.

여기서 P의 값은 파이프내의 平均壓力, 즉 壓力值를 代入하여 F_i 를 算定한다.

例로서 $n = 850rpm$, $P = 3MPa$, $Q = 100mm^3$, $\varphi = 16^\circ CA$ 로 하면 $F_i = 12,75mm^2$ 가 된다. 따라서 파이프의 內徑은 약 $4mm$ 로 算定된다. 그러나 實際로 Q는 使用되는 nozzle과 燃料펌프에 따라 다르며 n 또한 여러가지로 變化하므로 파이프의 內徑은 恒常 一定하게 決定되지는 않는다.

1.3 測定管의 決定

測定管內에서 噴射에 의한 壓力基本波에 1次 反射波가 重疊되지 않기 위해서는

$$(60/n) (\varphi_F/360) < 2L/a \quad (sec) \quad (8)$$

하지 않으면 안된다.

基本波와 反射波의 사이에 φ_F 의 33%의 間隔을 두면 管의 길이는 最少限

$$L_{min} = (a/12n) \cdot 1,33\varphi_F \quad (m) \quad (9)$$

로 되어 管의 길이는 噴射角에 比例하고 回轉數에 反比例하므로 最大 負荷, 最低 速度에서 決定하는 것이 좋다.

또한, Fig.1에서와 같이 最終 反射波가 다음

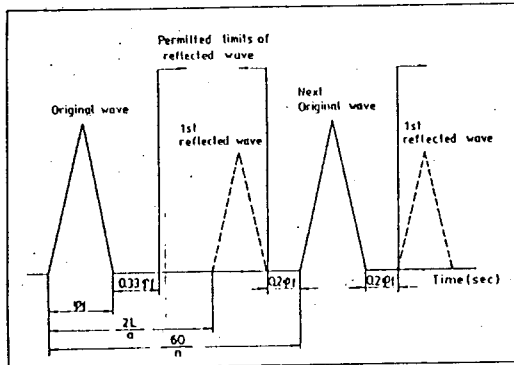


Fig. 1. Determination of pipe length.

回的 基本波와 重疊되지 않도록 φ_F 의 20% 間隔을 取하고 音速을 $1400m/sec$ 로 하면

$$2L/a = (60/n) \pm (1,2 \cdot \varphi_F/360) \cdot (60/n) \quad (10)$$

따라서 管의 길이는

$$\begin{aligned} L &= (30a \pm 0,1a \cdot \varphi_F) / n \\ &= (42000 \pm 140\varphi_F) / n \quad (m) \end{aligned} \quad (11)$$

로 된다.

2. Zeuch法

2.1 測定原理

燃料를 가득 채운 密閉容器속에 燃料를 噴射하면 그 噴射量에 比例하여 容器內의 壓力이 上昇하는 것을 利用하는 方法으로 密閉容器의 體積 V에 ΔV 의 體積變化가 있을 때의 壓力上昇을 ΔP 라 하면 體積彈性係數 K는

$$K = \Delta P / (\Delta V / V) \quad (12)$$

로 된다.

(12)식에서 微小時間 Δt 에 대한 變化를 考慮하면,

$$(1/K) \cdot (dp/dt) \cdot \Delta t = (1/V) \cdot (dV/dt) \cdot \Delta t \quad (13)$$

그러므로 噴射率은

$$dV/dt = (V/K) \cdot (dp/dt) \quad (cm^3/sec) \quad (14)$$

로 된다.

2.2 密閉容器의 體積 測定

體積彈性係數 K가 $3MPa$ 까지 一定($K = 1,33 \times 10^3 MPa$)이라 하면 密閉容器의 體積 V는

$$\Delta V_{max} = V \cdot (1/K) \cdot \Delta P_{max} \quad (mm^3) \quad (15)$$

로써 求해진다.

例로서 ΔV_{max} 를 $100mm^3$ 이라 하고 ΔP_{max} 을 $2,5MPa$ 이라 할 때 指定된 限界領域에 의하면 密閉容器의 體積 V는 $53,2cm^3$ 程度이다.

實驗裝置 및 方法

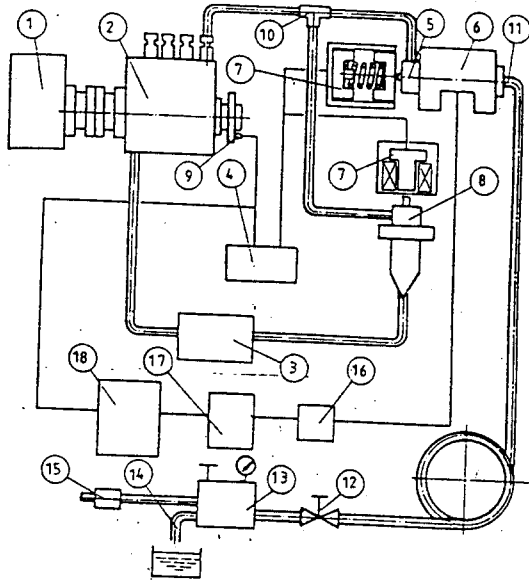
1. 實驗裝置

1.1 Bosch法の 實驗裝置

Fig. 2는 Bosch法の 實驗裝置의 概略圖를 나타낸다.

裝置의 構成은 燃料펌프를 驅動하기 위한 變速 直流電動機, 單發噴射를 시키기 위한 單發噴射制御器, 電磁石 및 補助噴射밸브, 噴射率測定用 試驗噴射밸브를 Bosch法 測定器에 固定하기 위한 아답터(Adapter), 아답터에 附着된 스트레인 게이지의 出力을 檢出하기 위한 記憶 오실로스코프, 單發噴射 制御信號와 트리거(Trigger) 信號를 發生시키는 포토 셀(Photo cell) 및 測定管內의 反射波를 調節하기 위한 드로틀 밸브, 背壓을 調節하기 위한 壓力室, 測定管內의 安全을 위해 開放壓力를 7MPa로, 固定시킨 安全밸브 등으로 構成되어 있다.

實驗에 使用된 노즐은 Fig. 3과 같은 單孔노즐로서 니들밸브의 最大揚程은 1mm이다.



1. V-S motor 2. Fuel pump 3. Oil tank 4. Single shot injection controller 5. Testing injector 6. Adapter 7. Electromagnet 8. Auxiliary injector 9. Photo cell 10. Three-side jointer 11. Measuring tube 12. Throttle valve 13. Accumulator 14. Air vent 15. Relief valve 16. Bridge box 17. Dynamic strain meter 18. Memory oscilloscope.

Fig. 2. Schematic diagram of the Bosch's experimental apparatus.

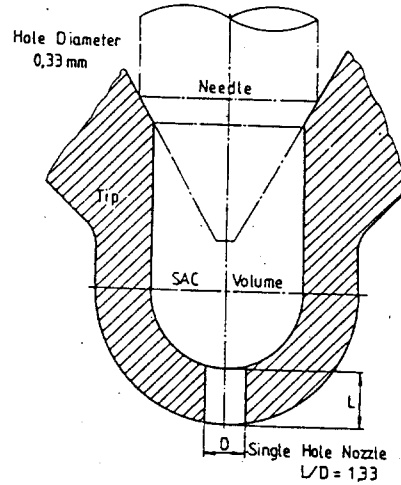


Fig. 3. Cross section of the nozzle.

Fig. 4는 Bosch噴射率 測定器의 斷面圖로서 測定管의 內徑은 4mm이고 스트레인 게이지가 附着된 곳에서 드로틀 밸브까지의 길이는 7m이다. 노즐과 아답터 사이에는 漏泄을 防止하기 위하여 루미라(Lumirror)를 使用하여 完全히 密着시켰고 아답터와 管 連結部 사이에 段이 있으면 反射波의 發生要因이 되므로 段이 생기지 않도록 注意하였다.

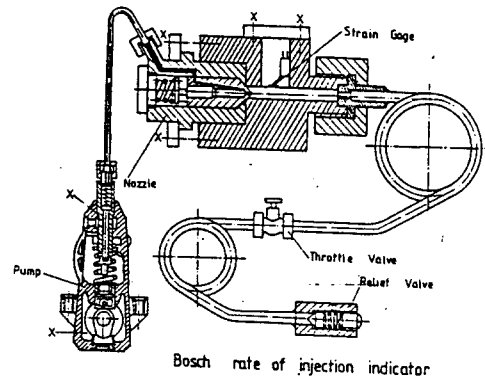


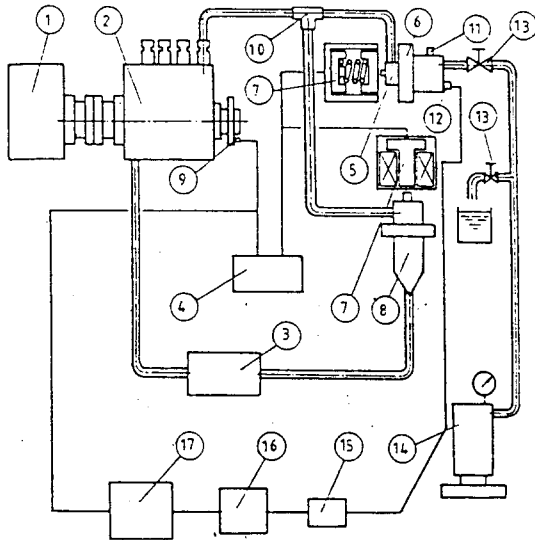
Fig. 4. Cross section of the Bosch's measuring instrument.

1.2 Zeuch法の 實驗裝置

Fig. 5는 Zeuch法の 實驗裝置의 概略圖이다.

裝置의 構成은 變速 直流電動機, 燃料펌프, 單發噴射制御器, 試驗噴射밸브, 電磁石, 補助噴射

밸브, 포토 셀(Photo cell)과 壓力容器속의 壓力變化를 求하기 위한 스트레인 게이지式 壓力檢出器, 容器內 壓力의 微分값(dp/dt)를 求하기 위한 壓力微分器, 容器內的 氣泡를 除去하기 위한 에어 벤트(Air vent), 背壓을 調節하기 위한 노즐 테스터 및 壓力檢出器와 壓力微分器의 出力을 檢出하기 위한 記憶 오실로스코프 등으로 構成된다.



1. V-S motor
2. Fuel pump
3. Oil tank
4. Single shot injection controller
5. Testing injector
6. Adapter
7. Electromagnet
8. Auxiliary injector
9. Photo cell
10. Three-side jointer
11. Measuring tube
12. Throttle valve
13. Accumulator
14. Air vent
15. Relief valve
16. Bridge box
17. Dynamic strain meter
18. Memory oscilloscope.

Fig. 5. Schematic diagram of the Zeuch's experimental apparatus.

Fig. 6은 Zeuch噴射率 測定器의 斷面圖로서 노즐과 壓力容器 사이에는 루미라(Lumirror)를 使用하여 漏泄을 防止하였고, 體積이 65cm³인 壓力容器에는 體積彈性係數를 測定하기 위해 피치 1.5mm, 直徑이 10mm인 나사를 設置하였다. 이 나사의 1회轉에 의한 壓力容器的 最適減少 ΔV는

$$\Delta V = (\pi/4) \cdot 10^2 \cdot 1.5 = 117.8(\text{mm}^3)$$

이다.

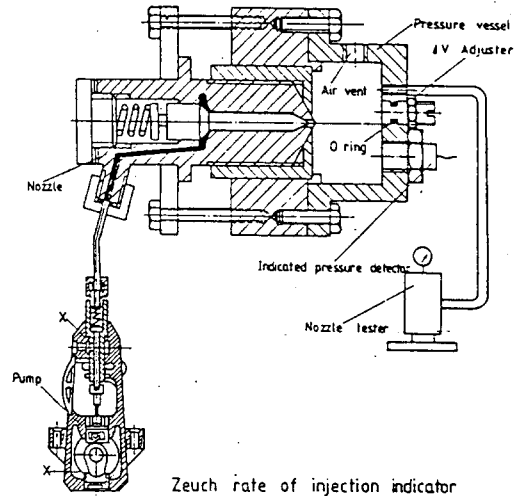


Fig. 6. Cross section of the Zeuch's measuring instrument.

2. 實驗方法

Bosch法으로 噴射率 測定實驗을 行할 境遇에는, 먼저 燃料펌프의 락크(rack)를 測定하여 펌프의 1行程當 吐出量을 固定시키고, 變速直流通電機로 燃料펌프의 回轉數를 一定하게 해둔다. 또한 壓力室의 背壓固定用 밸브로 測定管內의 背壓을 一定히 維持시키고 記憶 오실로스코프에 나타나는 壓力波形을 보면서 드로틀 밸브를 測定하여 反射波의 影響을 最小化시킨다.

한편, Zeuch法에서는 燃料펌프의 1行程當 吐出量과 回轉數를 固定시키고, 노즐 테스터로 容器內의 背壓을 一定히 維持시킨 후 스톱밸브를 잠근다.

이와 같이 測定된 狀態에서, 單發噴射의 境遇에는 單發噴射制御器가 作動하기 前에는 燃料가 전부 補助噴射밸브로 噴射되나 포토 셀(Photo cell)에 의해 單發噴射裝置가 作動되면 電磁石에 의해 補助噴射밸브가 닫힘과 同時에 試驗噴射밸브가 열려 單發噴射하게 된다.

반면에, 連發噴射을 할 때에는 單發噴射制御器, 3方 조인터 및 補助噴射밸브와 試驗噴射밸브에 設置된 電磁石을 除去하면 連發噴射이 行해진다.

出力은 記憶 오실로스코프에 記憶시켜 50mm 카메라의 1/60 秒로 攝影하였다.

Table 1. Specification of experimental apparatus

Item	Type	Maker
Strain gauge	KFC-1-C1-11	Kyowa
Indicated pressure detector	PE-200KJ	Kyowa
Dynamic strain meter	DS-6005-F	Shinkoh
Memory oscilloscope	OS-4020-4K-Digital	Gould

Table 2. Experimental conditions

Method	Injection type	Item	Parameter
Bosch's	Volleyed shot injection	RPM	350, 400, 450, 500
		Pressure of of injection	20MPa
		Back pressure	3, 5MPa
		Position of rack	10, 13, 16 (mm)
	Single shot injection	RPM	500, 600
		Pressure of injection	20MPa ³
		Back pressure	2, 3, 5MPa
Zeuch's	Single shot injection	Position of rack	13, 16 (mm)
		RPM	500, 600
		Pressure of injection	20MPa
		Back pressure	2MPa
		position of rack	13, 16 (mm)

實驗에 使用한 計器의 諸元은 Table 1과 같고 Table 2는 實驗條件을 나타낸다.

實驗에 使用한 스트레인 게이지式 壓力檢出器와 壓力計는 分銅式標準壓力計로 檢正하였으며, 壓力檢出器의 矯正定數는 $0.1554 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} / \mu \cdot \text{st}$ 이다. 또한 實驗에 使用된 燃料油는 디젤 機關用 輕油로서 $15/4^{\circ}\text{C}$ 比重이 0.841이다.

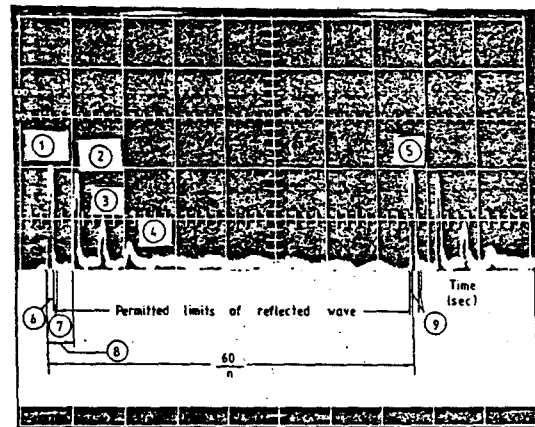
實驗結果 및 考察

1. Bosch法에 依한 噴射率 測定の 精度

Fig. 7은 噴射壓力 20MPa, 背壓 3.5MPa, 450 rpm일 때의 實驗에 의한 壓力의 基本波와 反射波를 나타낸다.

그림에서 壓力의 基本波와 1次 反射波 사이의 時間間隔을 Δt 라 하고 測定管의 長이를 L이라 하면 $\Delta t = 2L/a \text{ (sec)}$ 이므로 音速 a는, $a = 2L/\Delta t \text{ (m/sec)}$ 로 된다.

본 實驗에 使用한 測定管의 長이는 7m이고 Fig. 7과 같은 實驗條件에서는 Δt 가 10.2m/sec이



1. Original wave 2. 1st reflected wave 3. 2nd reflected wave 4. 3rd reflected wave 5. Next original wave 6. ϕ_i (Injection period) 7. $0.33\phi_i$ 8. $2L/a$ 9. $0.2\phi_i$

Fig. 7. Typical trace of oscilloscope(Pi: 20MPa Pb: 3.5MPa, 450RPM).

므로 音速 a 는 1372m/sec로 算定된다.

一般的으로 背壓, 溫度 等的 變化에 따른 音速의 變化는 無視할 수 있는 程度이지만 보다 正確한 噴射率을 計算하기 위해서는 各 實驗條件에 맞는 音速值를 代入하는 것이 바람직하다.⁸⁾¹⁰⁾

한편 液體의 比重 s 는 $s = \gamma / \gamma_{water} = \rho / \rho_{water}$ 이므로 密度 ρ 는 $\rho = s \cdot \rho_{water}$ 로 計算된다.

따라서 常溫에서의 물의 密度는 $999.1 kg/m^3$ 이므로 比重이 0.841인 燃料油의 密度는 $840.2 kg/m^3$ 이 된다.

嚴密히 말해서 密度는 流速의 變化에 따라 變하지만 그것은 無視할 수 있는 程度이다. 例컨대 流速變化 $u=5000 cm/sec$ 는 60MPa의 壓力變化를 招來하지만 密度의 變化는 0.5%에 지나지 않는다⁷⁾.

Fig. 8은 Bosch法으로 噴射率 測定實驗을 行할 境遇 오실로스코프의 브라운 管에 나타나는 噴射率 特性曲線으로서, 波形에 의한 噴射量의 計算

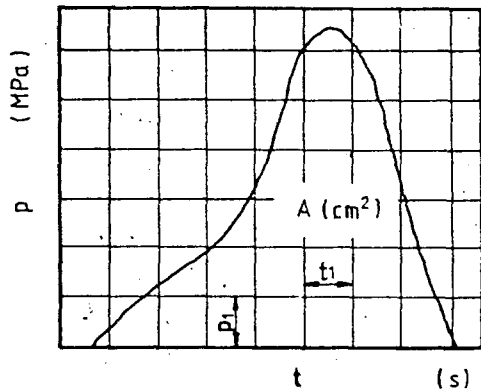


Fig. 8. Trace of oscilloscope.

은 Fig. 8에서 X축은 時間을, Y축은 壓力으로 하여 X축의 1cm가 $t_1 sec$, Y축의 1cm가 $P_1 MPa$ ($P_1' kgf/cm^2$)에 相當한다면 X축의 1눈금과 Y축의 1눈금이 이루는 單位 面積當 燃料量은 다음과 같이 計算된다.

$$q = (F_t / a \cdot \rho) \cdot P_1' \cdot t \quad (cm^3)$$

따라서 曲線下의 面積 A 는 機關의 1 cycle當 噴射量과 같다.

즉,

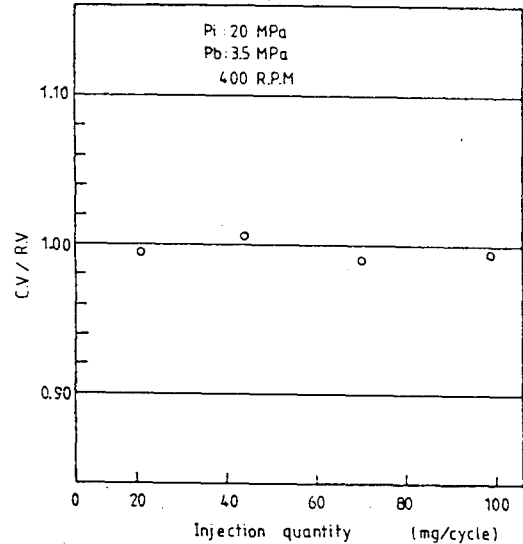


Fig. 9. Comparison of injection quantities by the Bosch's method(C.V) and received values(R.V).

$$Q = (F_t / a \cdot \rho) \cdot P_1' \cdot t_1 \cdot A \quad (cm^3)$$

이다.

Fig. 9는 噴射壓力을 20MPa, 背壓을 3.5MPa, 回轉數를 400rpm으로 固定하고 負荷를 變化(Position of rack : 16, 13, 10, 7mm)시켰을 때 Bosch法의 計算에 의해 求한 噴射量과, 實際로 噴射한 量을 回收하여 測定한 機關의 1cycle當 噴射量을 比較한 것으로 噴射量은 負荷에 따라 약간의 差異는 있으나 約 $\pm 1\%$ 의 誤差가 發生한다. 이것은 오실로스코프에 나타나는 波形의 面積計算時 發生하는 誤差에 의한 것으로 思料되며 噴射率 測定法으로서 精密도와 信賴性이 높다고 할 수 있다.

2. Bosch法에 依한 連發噴射의 噴射率 測定과, 連發噴射와 單發噴射의 噴射率의 比較

2.1 連發噴射의 噴射率 測定

Fig. 10은 噴射量을 98mg/cycle(Position of rack : 16mm), 噴射壓力을 20MPa, 背壓을 3.5 MPa로 固定하고 燃料펌프의 回轉數를 350, 400 및 450rpm으로 變化시켰을 때의 噴射率特性曲線

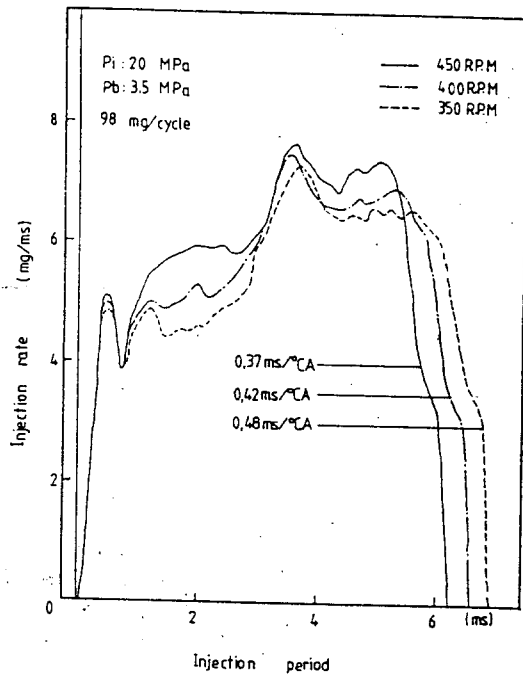


Fig. 10. Comparison of injection rate with change of speed on volleyed shot injection by the Bosch's method.

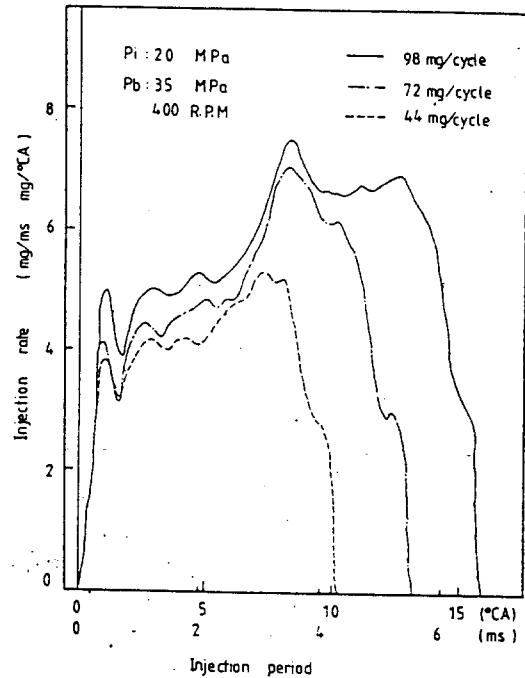


Fig. 11. Comparison of injection rate with change of load on volleyed shot injection by the Bosch's method.

을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 噴射率의 形狀은 回轉數에 關係없이 비슷한 形狀을 보이지만, 回轉數가 增加할수록 噴射期間(ms)은 짧아지는 반면 噴射率은 全般的으로 커짐을 알 수 있다.

이러한 現象은 回轉數가 增加할수록 燃料펌프의 플란저 上昇速度가 빨라져 燃料의 噴出壓力이 높아지기 때문이라고 생각된다.

Fig. 11은 回轉數가 400rpm, 噴射壓力가 20 MPa, 背壓力가 3.5MPa일 때 負荷의 變化(Position of rack : 16, 13, 10mm에 의한 噴射率特性曲線을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 噴射量이 적을수록 初期 噴射率이 낮아지고, 噴射率 最高點 직후의 噴射率이 급격히 떨어진다. 이는 噴射量이 적어질수록 高壓管內의 殘留壓力가 낮아지며, 또한 燃料펌프의 캠 回轉角의 變化에 따른 플란저의 移動距離가 다르기 때문이라고 생각된다.

2.2 連發噴射와 單發噴射의 噴射率의 比較

Fig. 12는 噴射量을 98mg/cycle, 噴射壓力를 20MPa, 背壓力를 3.5MPa, 回轉數를 500rpm으로 하여 連發噴射와 單發噴射를 行하였을 때의 噴射率特性曲線을 比較한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 噴射率의 形狀은 비슷한 傾向을 보이지만 單發噴射가 連發噴射에 비해 全體的으로 噴射率이 낮고 噴射期間도 짧아져 噴射量이 顯著하게 적어지는 것을 알 수 있다.

이러한 現象은 單發噴射를 할 때가 連發噴射를 할 때보다 高壓管內의 殘留電壓이 낮아지기 때문이라고 생각된다.

本 實驗裝置中의 試驗噴射밸브와 補助噴射밸브는 그 種類와 噴射特性이 다르므로 連發噴射時의 噴射特性과 同一한 單發噴射가 이루어졌다고는 볼 수 없다.

따라서 單發噴射裝置에 依해 機關의 噴霧·蒸發 및 燃燒現象을 糾明하고자할 때에는 이러한

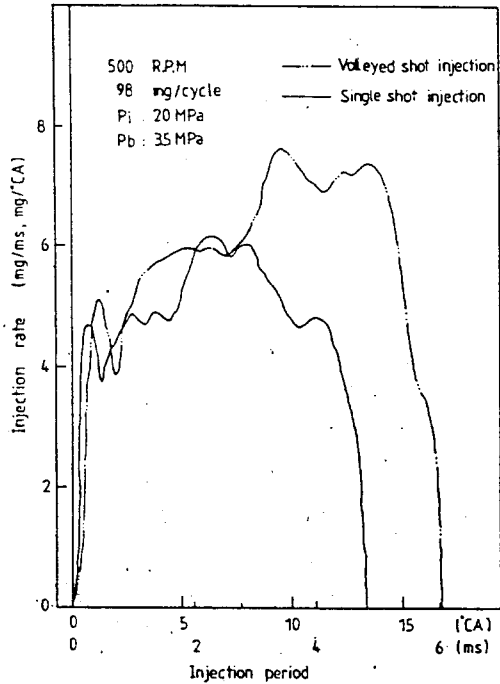


Fig. 12. Comparison of volleyed shot injection and single shot injection by the Bosch's method.

點을 考慮하여 實際 噴射에 가까운 條件에서 噴射될 수 있도록, 卽 噴射率 特性이 實際 機關의 境遇와 一致하도록 補助噴射밸브 및 試驗噴射밸브의 性能을 噴射率計에 依해 調査해 볼 必要가 있다고 思料된다.

3. 體積彈性係數의 測定과 單發噴射에 依한 Bosch法과 Zeuch法의 比較

3.1 體積彈性係數의 測定

Zeuch法에 의한 噴射率 計算時 必要한 體積彈性係數는, 壓力容器的 體積減少에 따른 壓力增加를 利用하여¹²⁾¹⁵⁾ 噴射率 測定實驗의 前後로 測定하는데, 그 例를 Fig. 13에 나타낸다.

Fig. 13에서, Zeuch法 噴射率 測定器로 求한 體積彈性係數와 從來文獻¹¹⁾의 體積彈性係數($K = 1.33 \times 10^3 \text{ MPa}$)의 값을 比較해 보면 容器內의 壓力이 2MPa일 때 10%정도 적은 값을 나타내지만, 容器內의 壓力이 增加함에 따라 從來 文獻의 境遇와 거의 一致하였다. 이는 容器的 燃料油속

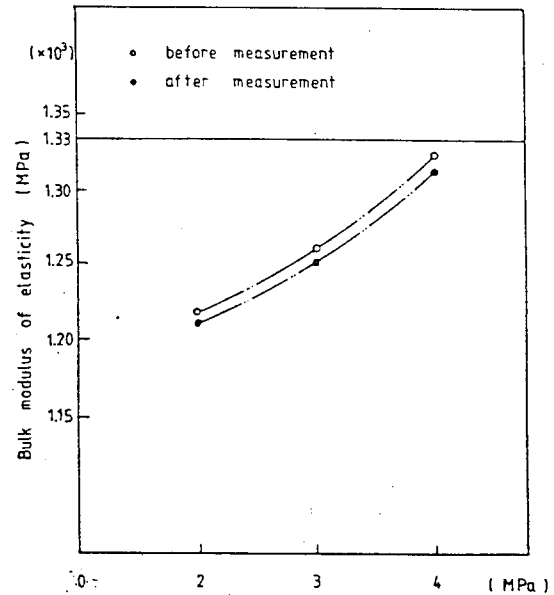


Fig. 13. Relation of bulk modulus of elasticity and back pressure by the Zeuch's method.

에 混入되어 있는 氣泡의 影響에 의한 것으로 생각된다.

여기서 斷熱變化일 때의 氣泡의 混入에 의한 結果로 體積彈性係數 K' 는, 混入率 x_0 를

$$x_0 = V_{a0} / (V_{f0} + V_{a0})$$

라 두면

$$K = K' \cdot \frac{1 + (V_{a0}/V_{f0})(P_0/P)^{21k}}{1 + (V_{a0}/V_{f0})(P_0/P)^{21k}(K/kP)}$$

로 된다.¹⁴⁾

그러므로 壓力이 2MPa일 때, 氣泡의 混入에 의한 結果로 體積彈性係數의 값은,

$$x = 0.1\% \text{ 이면 } K'_{0.1} = 1.265 \times 10^3 \text{ MPa}$$

$$x = 0.25\% \text{ 이면 } K'_{0.25} = 1.178 \times 10^3 \text{ MPa}$$

$$x = 0.4\% \text{ 이면 } K'_{0.4} = 1.103 \times 10^3 \text{ MPa}$$

로 된다.

이와 같이 氣泡의 影響은 크지만 混入된 氣泡가 溶解하여 버리면 참 K 값에 가까워 진다.

一般的으로 氣泡의 溶解에 必要한 時間은 氣泡나 液體의 狀態에 따라 一定하지 않으나¹⁴⁾ 本實驗에 使用한 容器와 같이 密閉하여 靜止된 狀態

에서는, 氣泡의 溶解가 分子의 擴散에 의해서만 이루어진다고 생각되므로 氣泡의 溶解에는 상당히 오랜 時間이 걸릴 것으로 思料된다.

3.2 單發噴射에 의한 Bosch法과 Zeuch法の 噴射率의 比較

Fig. 14와 Fig. 15는 噴射壓力 20MPa, 背壓을 2MPa로 固定하고 回轉數와 噴射量을 變化시켰을 때의 單發噴射에 의한 Bosch法과 Zeuch法の 噴射率特性曲線을 比較한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 同一 條件下에서 Zeuch法으로 求한 噴射率曲線이 Bosch法の 噴射率曲線보다 높은 값을 보인다.

이러한 現象은 Zeuch法の 噴射率 計算要素中 體積彈性係數 K의 값이 混入된 氣泡의 影響으로 實際의 體積彈性係數보다 작게 나타났기 때문이며, 또한 變數인 壓力微分값(dp/dt 혹은 dp/dφ)에서 時間 또는 角度的 增分을 크게 잡아 正確한 壓力微分값을 求하지 못했기 때문이라고 생각된다.

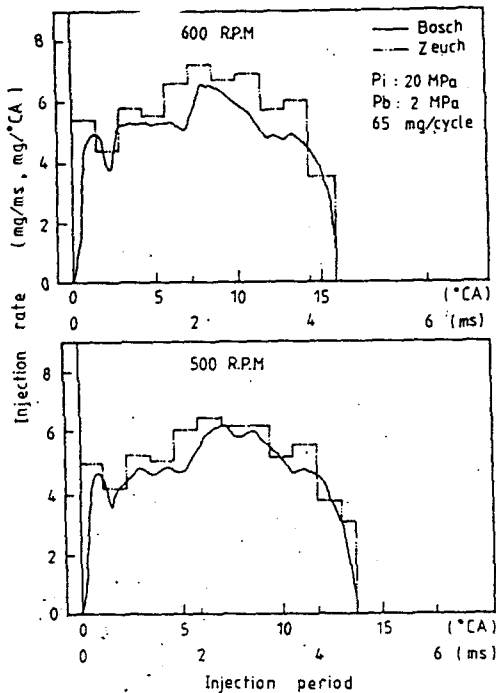


Fig. 14. Comparison of the Bosch's method and the Zeuch's method with change of speed by single shot injection.

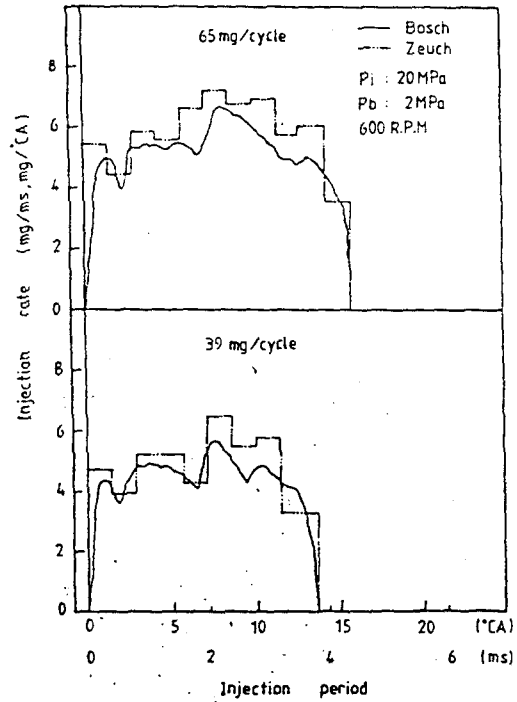


Fig. 15. Comparison of the Bosch's method and the Zeuch's method with change of load by single shot injection.

그러므로 Zeuch法으로 噴射率을 測定할 때에는 體積彈性係數와 壓力微分값을 正確히 測定해야만이 精密度와 信賴性이 높은 噴射率值를 얻을 수 있을 것으로 思料된다.

結 論

Bosch法과 Zeuch法の 噴射率 測定器를 直接 設計, 製作하여 噴射率 測定實驗을 行한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. Bosch法 噴射率 測定器는 噴射量의 참 값에 대한 測定誤差가 약 $\pm 1\%$ 로 精密度와 信賴性이 높았다.
2. Bosch法 噴射率 測定器에서, 噴射率은 燃料 펌프의 回轉數와 負荷가 增加할수록 높아지는 反面, 噴射期間(ms)은 回轉數가 增加할수록 짧아짐을 알 수 있었다.
3. 本 實驗에서는, 同一 條件下의 單發噴射가 連

發噴射에 비해 全體的으로 噴射率이 낮고 機關의 1cycle當 噴射量도 約 30% 程度 적었다.

4. Zeuch法 噴射率 測定器로 求한 體積彈性係數의 값은 背壓이 增加할수록 增加함을 알 수 있었다.

5. Zeuch法 噴射率 測定器는 Bosch法 噴射率 測定器에 비해 精密度가 낮았다.

參考文獻

- 1) 松岡 信(1972) : 壓縮差火機關における 噴射と 燃燒に 關する 相關概說. 內燃機關, 山海堂 1, 197~210.
- 2) 松岡 信外(1973) : 디젤機關의 燃料噴射率의 測定에 關する 研究. 內燃機關, 12(133), 11~18.
- 3) Matsuoka, S., K. Yokota and T. Kamimoto(1969) : The Measurement of Injection Rate. 184, 87-94.
- 4) 田中規稔・駒田秀朗(1987) : 中大形ディーゼルエンジン用 燃料噴射裝置의 高壓化への 對應. 內燃機關, 26(337), 48-57, 1987.
- 5) Wilhelm Bosch(1964) : Der Einspritzgesetz-Indikator: Ein neues Messgerat zur Direkten Bestimmung des Einspritzgesetzes von Einzeleinspritz ingen. MTZ, Jahrg 25, Heft 7, 268-282.
- 6) Whlhelm Bosch(1966) : The Fuel Rate Indicator: A new Measuring Instrument for Display of the Characteristics of Individual Injection. SAE, No. 660749.
- 7) 林 羊(1968) : ボッシュ式 噴射率計. 內燃機關 7(78), 58-64.
- 8) 松岡 信(1972) : 디젤機關의 燃料噴射率의 測定. 內燃機關, 山海堂, 94-104.
- 9) 松岡 信外(1974) : 디젤機關의 燃料噴射計에 關する 研究. 日本機械學會 論文集, 40. (332), 1124-1133.
- 10) 松岡 信外(1966) : 디젤機關의 噴射率 絕對值의 測定에 關する 研究. 日本機械學會 前刷集. 156, 21-37.
- 11) Werner Zeuch(1961) : Neue Verfahren zur Hessung des Einspritzgesetzes und der Einspritz - Regelmassigkeit von Diesel - Einspritzpumpen. MTZ, Jahrg 22, Heft 9, 334-349.
- 12) A. J. Hayward(1970) : How to estimate the Bulk Modulus of Hydraulic Fluids. HPP.
- 13) 大倉 征(1981) : ひすみ ゲージと れの應用. 日本船舶機關學會誌 16(6), 465-473.
- 14) 竹中・浦田 : 油力學. 養賢堂, 211-213.
- 15) 石原 智男 編 : 油壓工學 핸드ブック. 朝倉書店, 9-10.
- 16) 韓應教(1983) : 스트레인 게이지 — 理論과 應用 —. 普成文化社, 36-54, 88-100.