

# 디젤機關 大端部와 下部幹의 應力集中率과 形狀에 關한 研究

權 麒 麟

A study on the shape and stress concentration factor between  
lower shank and big end of connecting rod in diesel engine

Ki-rin Kwon

## Summary

In this paper, various test pieces were made, giving the variation in size to the thickness of the transverse section in the lower shank and were given the centering angle from both connect-ion points in the lower shank as a parameter. The stress concentration factors were investigated by means of two dimensional photoelastic experiment, the results obtained are as follows;

1. The stress concentration factor  $\alpha_1$  is more graeter than  $\alpha_2$  when changing  $H_2$ .
2. Regardless of the values of  $\phi$ , the larger the values of  $\frac{H_2}{H_1}$ ,  $\alpha_1$  increased and it increased more rapidly from  $\frac{H_2}{H_1} \geq 1.4$  Also the larger the values of  $\frac{H_2}{R_1}$ ,  $\alpha_2$  decreased and it decreased more rapidly between  $1 \leq \frac{H_2}{R_1} \leq 1.25$
3. By changing both  $H_2$  and  $\phi$ , the larger the values of  $\phi$ ,  $\alpha_1$  decreased and  $\alpha_2$  increased, whereas the larger the values of  $H_2$ ,  $\alpha_1$  increased and  $\alpha_2$  decreased.

## 序 論

Diesel 機關의 Connectig rod의 大端部와 下部幹에  
는 運轉中 荷重과 振動 爆發壓力에 依해서 壓縮作用과  
함께 buckling作用이 일어남과 同時에 往復質量的 慣  
性力이 크게 作用하여 上死點 附近에 到達했을 때는  
引張作用도 크게 받게 된다.

따라서, 이제까지 大端部와 下部幹의 強度의 正確한  
應力計算은 複雜하고 그 應力을 計算한다는것은 困難하  
여, 設計에 있어 細部の 形狀 決定과 寸法은 從來의  
製品을 比較 參考로 그 值數를 주는데 不過했고 特히  
大端部와 連結되는 下部幹의 橫方向幅은 上部幹 橫方

向幅의 1.3~1.5倍 程度로, 下部幹의 兩端開角은 40~  
50°程度로 주는 등(曾田熊谷 1966, 1974) 극히 概略의  
인 處理로 그쳤다.

Connecting rod와 이와 類似한 形狀에 關한 研究로  
는 河田(1974), 西田(1975) 등이 있고, 小端部形狀의  
應力 分布에 關한 研究로는 金(1978), 權(1980)이 있  
으나 大端部 및 下部幹의 形狀에 關한 것은 아직 報告  
되어 있지 않다.

따라서 本 論文에서는 大端部 및 下部幹의 正確한  
應力을 計算하고 보다 더 合理的인 이의 形狀을 決定  
하기 위해 進一, 4JDM型(進一工業, 1975) Connecting  
rod部를 基準으로 寸數變化를 주어 多數의 試驗片을

製作實驗하였으며, 下部幹橫方向幅이 應力集中에 미치는 影響 등을 調查 糾明하기 爲해 下部幹 兩端開角  $\phi$  를 Parameter로 하여 應力集中係數를 求하였고, 아울러 Connecting rod의 實設計 내지는 形狀決定 그리고 運用에 有益한 參考資料가 되도록 檢討하였다.

記 號

- $H_1$ : 小端부에 連結되는 上部幹의 두께
- $H_2$ : 大端부에 連結되는 下部幹의 두께
- $\phi$ : 下部幹의 兩端開角
- $R_1$ : Crank pin 半徑
- $\alpha_1$ : 下部幹 外周彎曲連結點의 應力集中係數
- $\alpha_2$ : Cap bolt seat 位置點의 應力集中係數
- $\sigma_0$ : 基準應力
- $E$ : 彈性係數
- $\alpha_p$ : 光彈性感度

材料 및 方法

1. 試驗片

本 研究에 使用된 試驗片은 大概 光彈性實驗用으로 쓰이고 있는 透明, 等質等方性體의 epoxy resin板을 使用하였고, 이 epoxy 板의 物理的 特性値는  $\alpha_p = 0.59\text{mm/kg}$ ,  $E = 302\text{kg/mm}^2$ , 두께  $t = 6\text{mm}$ 이었다.

이와같은 epoxy板으로 單動 4 cycle, Trunk piston 型 Diesel(進-4JDM)機關의 Con' rod를 基準으로 下部幹의 橫方向幅( $H_2$ )과 兩端開角( $\phi$ )에 值數變化를 주어 各種試驗片을 製作하였으며 Fig.1은 그 斷面圖이며, 製作된 各種試驗片의 種類와 그 值數는 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of test pieces.

|   | $\phi$ (°) | $H_1$ (mm) | $H_2$ (mm) | $R_1$ (mm) | $H_2/H_1$ | $H_2/R_1$ |
|---|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 1 | 35         | 20         | 22         | 24         | 1.1       | 0.916     |
| 2 | 35         | 20         | 24         | 24         | 1.2       | 1         |
| 3 | 35         | 20         | 26         | 24         | 1.3       | 1.083     |
| 4 | 35         | 20         | 28         | 24         | 1.4       | 1.166     |
| 5 | 35         | 20         | 30         | 24         | 1.5       | 1.250     |
| 6 | 35         | 20         | 32         | 24         | 1.6       | 1.333     |
| 7 | 35         | 20         | —          | 24         | —         | —         |
| 8 | 40         | 20         | 22         | 24         | 1.1       | 0.916     |
| 9 | 40         | 20         | 24         | 24         | 1.2       | 1         |

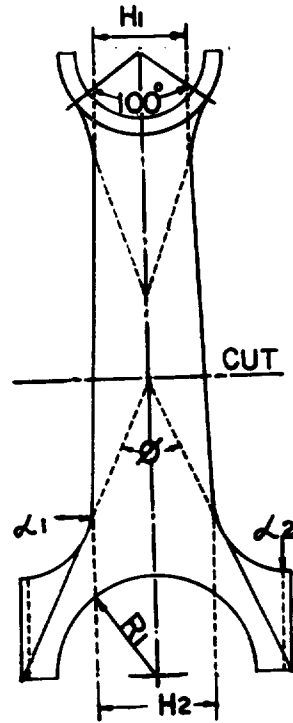


Fig.1. A cross section of test piece

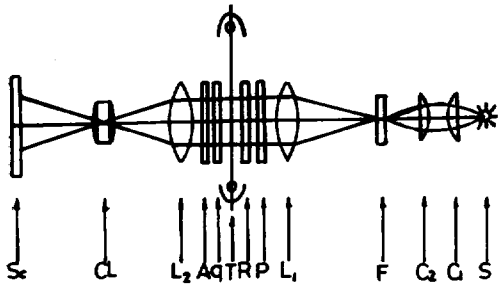
|    |    |    |    |    |     |       |
|----|----|----|----|----|-----|-------|
| 10 | 40 | 20 | 26 | 24 | 1.3 | 1.083 |
| 11 | 40 | 20 | 28 | 24 | 1.4 | 1.166 |
| 12 | 40 | 20 | 30 | 24 | 1.5 | 1.250 |
| 13 | 40 | 20 | 32 | 24 | 1.6 | 1.333 |
| 14 | 40 | 20 | 34 | 24 | 1.7 | 1.416 |
| 15 | 45 | 20 | 22 | 24 | 1.1 | 0.916 |
| 16 | 45 | 20 | 24 | 24 | 1.2 | 1     |
| 17 | 45 | 20 | 26 | 24 | 1.3 | 1.083 |
| 18 | 45 | 20 | 28 | 24 | 1.4 | 1.166 |
| 19 | 45 | 20 | 30 | 24 | 1.5 | 1.250 |
| 20 | 45 | 20 | 32 | 24 | 1.6 | 1.333 |
| 21 | 45 | 20 | 34 | 24 | 1.7 | 1.416 |
| 22 | 50 | 20 | 22 | 24 | 1.1 | 0.916 |
| 23 | 50 | 20 | 24 | 24 | 1.2 | 1     |
| 24 | 50 | 20 | 26 | 24 | 1.3 | 1.083 |
| 25 | 50 | 20 | 28 | 24 | 1.4 | 1.166 |
| 26 | 50 | 20 | 30 | 24 | 1.5 | 1.250 |
| 27 | 50 | 20 | 32 | 24 | 1.6 | 1.333 |
| 28 | 50 | 20 | 34 | 24 | 1.7 | 1.416 |

|    |    |    |    |    |     |       |
|----|----|----|----|----|-----|-------|
| 29 | 55 | 20 | 22 | 24 | 1.1 | 0.916 |
| 30 | 55 | 20 | 24 | 24 | 1.2 | 1     |
| 31 | 55 | 20 | 26 | 24 | 1.3 | 1.083 |
| 32 | 55 | 20 | 28 | 24 | 1.4 | 1.166 |
| 33 | 55 | 20 | 30 | 24 | 1.5 | 1.250 |
| 34 | 55 | 20 | 32 | 24 | 1.6 | 1.333 |
| 35 | 55 | 20 | 34 | 24 | 1.7 | 1.416 |

2. 實驗裝置 및 方法

2-1. Polariscopes

製作된 各種試驗片은 그 測定裝置配列이 Fig. 2와 같은 光彈性 實驗裝置에서 光源으로부터 빛 方向에 垂直으로 세운 偏光子板과 檢光子板 사이에 荷重臺를 세워 놓고, 一定荷重  $W=60\text{kg}$ 을 주어 나타나는 fringe pattern을 撮影現像하여 最大應力點과 그 應力 Peak  $\sigma_{max}$ 를 等色曲線에서 찾아내어  $\sigma_{max}/\sigma_n$ 의 값을 計算하였다.



S: light source R, q: quarter wave plate  
 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>: condensing lens A: analyzer  
 F: monochromatic filter T: loading frame  
 L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>: field lens C. L: photographic lens  
 P: polarizer Sc: screen

Fig. 2. Schematic Diagram of Polariscopes

<Table 2>

Calculation results for  $\sigma_{max1}$ ,  $\sigma_{max2}$  and  $\alpha_1, \alpha_2$

( $\sigma_n=0.42\text{kgmm}^{-2}$ ,  $S=1.69\text{kgmm}^{-1}$ ,  $R_1=24\text{mm}$ )

|   | $\phi$ | $H_2$ | $H_2/H_1$ | $H_2/R_1$ | $N_1$ | $N_2$ | $\sigma_{max1}$ | $\sigma_{max2}$ | $\alpha_1 = \frac{\sigma_{max1}}{\sigma_n}$ | $\alpha_2 = \frac{\sigma_{max2}}{\sigma_n}$ |
|---|--------|-------|-----------|-----------|-------|-------|-----------------|-----------------|---|---|
| 1 | 35     | 22    | 1.1       | 0.916     | 3.1   | 1.7   | 0.874           | 0.479           | 2.08  | 1.14  |
| 2 | 35     | 24    | 1.2       | 1         | 3.2   | 1.6   | 0.930           | 0.451           | 2.15  | 1.07  |
| 3 | 35     | 26    | 1.3       | 1.083     | 3.4   | 1.5   | 0.958           | 0.423           | 2.28  | 1.01  |
| 4 | 35     | 28    | 1.4       | 1.166     | 3.5   | 1.4   | 0.987           | 0.394           | 2.35  | 0.94  |
| 5 | 35     | 30    | 1.5       | 1.250     | 3.7   | 1.3   | 1.043           | 0.366           | 2.48  | 0.87  |

2-2. Fringe order의 測定

最大燃燒爆發壓力에 依한 굽힘應力과 T. D. C에서 Piston과 Con' rod의 慣性力에 依한 引張應力을 最大로 받는 點은 大端部와 下部幹의 外周連結點과 Cap bolt seat 附近에 位置하므로 그곳에 있어서의 Fringe order를 測定, 原形의 應力을 計算하였다.

2-3 感度の 檢定

兩端支持 beam의 純粹 bending法에 따랐는데, Fringe  $N = \alpha \rho t (\sigma_1 - \sigma_2) = 3Wa/ib^2$ 로부터 光彈性感度  $\alpha \rho$ 는 式  $\alpha \rho = N/(\sigma_1 - \sigma_2) t = 2Nb^2/6Wa = N \text{ total} \cdot l^2/6Wa$  ( $W=60, a=15, b=20, N \text{ total}=8$ )에 의해 0.59로 計算(益田 1975)되어졌고, 프린지 常數(fringe constant)는  $S=1.69$ 로 計算하였다.

實驗結果 및 考察

1. 應力集中係數의 計算

實驗結果로부터 應力集中係數를 計算하기 爲해서 基準應力  $\sigma_n$ 는 荷重과 試驗片의 幅 및 두께가 全試驗에 同一하게 주어져, 따라서  $W=60\text{kg}$ ,  $b=12\text{mm}$ ,  $t=6\text{mm}$ 에서 式  $\sigma_n = W/2bt$ 에 依해  $0.42\text{kg/mm}^2$ 로 計算되었다. 또한 下部幹 橫方向 外周連結點과 大端部 Cap bolt seat部の 最大應力  $\sigma_{max1}$ 과  $\sigma_{max2}$ 는 應力集中部의 Fringe order(等色曲線에서 計數)를  $N_1, N_2$ , 光彈性感度を  $\alpha \rho$ , 試驗片의 두께를  $t$ 라 하면 式  $\sigma_{max1} = N_1/\alpha \rho \cdot t$ 과  $\sigma_{max2} = N_2/\alpha \rho \cdot t$ 에 代入하여 求할 수 있으며, 그 값은 Table 2와 같다.

따라서 應力集中係數  $\alpha_1$ 과  $\alpha_2$ 는 式  $\alpha_1 = \sigma_{max1}/\sigma_n$ 과  $\alpha_2 = \sigma_{max2}/\sigma_n$ 로 計算되어지며 그 結果도 亦是 Table 2에 表示하였다.

4 논문집

|    |    |    |     |       |     |     |       |       |      |      |
|----|----|----|-----|-------|-----|-----|-------|-------|------|------|
| 6  | 35 | 32 | 1.6 | 1.333 | 3.8 | 1.3 | 1.071 | 0.366 | 2.55 | 0.87 |
| 7  | 35 | —  | —   | —     | —   | —   | —     | —     | —    | —    |
| 8  | 40 | 22 | 1.1 | 0.916 | 2.9 | 1.8 | 0.817 | 0.507 | 1.95 | 1.20 |
| 9  | 40 | 24 | 1.2 | 1     | 3.0 | 1.7 | 0.846 | 0.479 | 2.01 | 1.14 |
| 10 | 40 | 26 | 1.3 | 1.083 | 3.1 | 1.6 | 0.874 | 0.451 | 2.08 | 1.07 |
| 11 | 40 | 28 | 1.4 | 1.166 | 3.2 | 1.6 | 0.902 | 0.451 | 2.15 | 1.07 |
| 12 | 40 | 30 | 1.5 | 1.250 | 3.4 | 1.5 | 0.930 | 0.423 | 2.28 | 1.01 |
| 13 | 40 | 32 | 1.6 | 1.333 | 3.5 | 1.4 | 0.987 | 0.394 | 2.35 | 0.94 |
| 14 | 40 | 34 | 1.7 | 1.416 | 3.6 | 1.4 | 1.015 | 0.394 | 2.41 | 0.94 |
| 15 | 45 | 22 | 1.1 | 0.916 | 2.7 | 2.0 | 0.761 | 0.564 | 1.81 | 1.34 |
| 16 | 45 | 24 | 1.2 | 1     | 2.8 | 2.0 | 0.789 | 0.564 | 1.88 | 1.34 |
| 17 | 45 | 26 | 1.3 | 1.083 | 2.9 | 1.8 | 0.817 | 0.507 | 1.95 | 1.27 |
| 18 | 45 | 28 | 1.4 | 1.166 | 3.0 | 1.7 | 0.846 | 0.479 | 2.01 | 1.27 |
| 19 | 45 | 30 | 1.5 | 1.250 | 3.2 | 1.6 | 0.902 | 0.451 | 2.15 | 1.20 |
| 20 | 45 | 32 | 1.6 | 1.333 | 3.2 | 1.5 | 0.902 | 0.423 | 2.15 | 1.20 |
| 21 | 45 | 34 | 1.7 | 1.416 | 3.3 | 1.5 | 0.930 | 0.423 | 2.22 | 1.14 |
| 22 | 50 | 22 | 1.1 | 0.916 | 2.5 | 2.3 | 0.705 | 0.648 | 1.67 | 1.54 |
| 23 | 50 | 24 | 1.2 | 1     | 2.6 | 2.3 | 0.733 | 0.648 | 1.75 | 1.54 |
| 24 | 50 | 26 | 1.3 | 1.083 | 2.7 | 2.2 | 0.761 | 0.620 | 1.81 | 1.48 |
| 25 | 50 | 28 | 1.4 | 1.166 | 2.8 | 2.1 | 0.789 | 0.592 | 1.88 | 1.41 |
| 26 | 50 | 30 | 1.5 | 1.250 | 2.9 | 2.0 | 0.817 | 0.564 | 1.95 | 1.34 |
| 27 | 50 | 32 | 1.6 | 1.333 | 3.0 | 1.9 | 0.846 | 0.535 | 2.01 | 1.27 |
| 28 | 50 | 34 | 1.7 | 1.416 | 3.0 | 1.9 | 0.486 | 0.535 | 2.01 | 1.27 |
| 29 | 55 | 22 | 1.1 | 0.916 | 2.4 | 2.4 | 0.676 | 0.676 | 1.61 | 1.61 |
| 30 | 55 | 24 | 1.2 | 1     | 2.5 | 2.4 | 0.705 | 0.76  | 1.67 | 1.61 |
| 31 | 55 | 26 | 1.3 | 1.083 | 2.6 | 2.3 | 0.733 | 0.648 | 1.75 | 1.54 |
| 32 | 55 | 28 | 1.4 | 1.166 | 2.7 | 2.2 | 0.761 | 0.620 | 1.81 | 1.48 |
| 33 | 55 | 30 | 1.5 | 1.250 | 2.8 | 2.1 | 0.789 | 0.592 | 1.88 | 1.41 |
| 34 | 55 | 32 | 1.6 | 1.333 | 2.9 | 2.1 | 0.817 | 0.592 | 1.95 | 1.41 |
| 35 | 55 | 34 | 1.7 | 1.416 | 2.9 | 2.0 | 0.817 | 0.564 | 1.95 | 1.34 |

2. 下部幹 橫方向 두께 變化에 따르는 應力集中 効果

大端部와 下部幹의 外周連結點에 있어서, 下部幹 橫方向 두께가 應力集中에 미치는 影響을 考察하기 爲하여  $H_1=20\text{mm}$ 로 一定狀態에 두고,  $\phi$ 를 parameter로 하여  $H_2$ 를 22mm, 24mm, 26mm, 28mm, 30mm, 32mm, 34mm로 變化시켜 가면서 光彈性 實驗을 통해

얻어낸 實驗結果 및 計算에 따른 Table 2에 依해  $\alpha_1$ 에 對한 5個 曲線群을 直角座標에 나타내면 Fig. 3과 같다.

이 그래프를 考察해 보면,  $H_1=20\text{mm}$ 로 一定하게 하고 漸次  $H_2$ 값을 增加시켜  $H_2/H_1$ 의 比를 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7로 變化하였을 때  $\alpha_1$ 의 값은 全般的으로 下部幹의 橫方向 두께 값이 커짐에 따라  $\phi$ 의 값에 關係하지 않고, 增加狀態에 있음을 알 수 있으

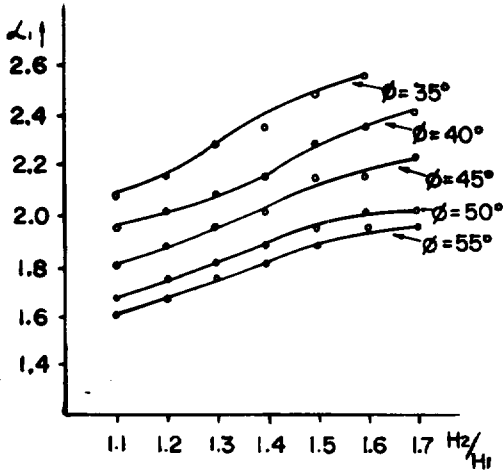


Fig. 3. Relation between  $\frac{H_2}{H_1}$  and  $\alpha_1$

며, 同一한  $H_2/H_1$ 의 값에 對해서는  $\phi$ 의 값이 커짐에 따라 下降狀態에 있음도 알 수 있다.

특히 應力集中係數는  $H_2/H_1$ 의 값이 1.6程度까지는 서서히 增加現象을 보이고 있으나 그 以上 부터는  $\phi$ 의 大小에 不拘하고 急激히 增加하기 始作한다.

따라서 위와같은 諸現象은 大端部와 下部幹의 形狀이 材料의 切減上 荷重에 依하여 變形되지 않도록 強度를 補强하고, 應力集中을 받지 않기 爲한 觀點에서 考察해 본다면  $H_2/H_1$ 의 값을 1.3~1.5程度로 주고 있는 現實情은 應力集中緩和現象에도 큰 效果를 가져온다고 여겨진다.

마찬가지 方法으로 Fig.1에서 表示한 大端部 Cap bolt seat 位置點에 있어서, 下部幹 橫方向 두께가 應力集中에 미치는 影響을 調査하기 爲하여  $R_1=24\text{mm}$ 로 一定狀態에 두고  $\phi$ 를 Parameter로 하여  $H_2/R_1$ 값을 0.916, 1, 1.083, 1.250, 1.333, 1.416으로 變化시켰을 때 實驗을 通하여 얻은 Table 2에 依해  $\alpha_2$ 의 값을 graph에 나타내면 Fig.4와 같다.

이 graph를 考察해 보면  $R_1=24\text{mm}$ 로 固定시키고 漸次로  $H_2$ 값을 增加시켜  $H_2/R_1$ 의 比를 0.916으로부터 1.416까지 變化하였을 때  $\alpha_2$ 의 값은 全般的으로  $\alpha_1$ 에 와는 正反對로  $\phi$ 의 값에 關係없이 減少狀態에 있음을 알 수 있으며 反面 同一한  $H_2/R_1$ 의 값에 對해서는  $\phi$ 의 값이 커짐에 따라 增加狀態에 있음도 아울러 알 수

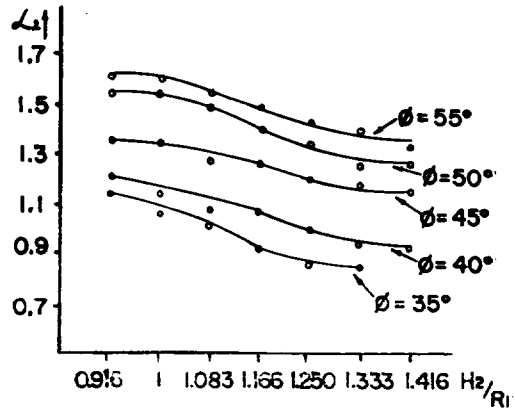


Fig. 4. Relation between  $\frac{H_2}{R_1}$  and  $\alpha_2$

있다.

특히,  $H_2=0.916 R_1$ 에서  $H_2=1.250 R_1$ 으로 그 값이 커질 때 應力集中係數는  $\phi$ 값의 大小에 無關係하게 急激히 緩和됨으로 보아 이는 材料의 安全性問題에도 도움이 됨을 알 수 있다. 그러나  $\alpha_2$ 의 값은 同一한 條件에서  $\alpha_1$ 의 값과 比較하여 볼 때 全體的으로 그 값이 훨씬 적기 때문에 應力集中緩和問題面에 있어서는 커다란 影響을 끼치지 않는다고 볼 수 있으며 但只 實際 Cap bolt seat位置點가 危險한 斷面이 되고 있음은 Rod部와 大端部의 形狀에 따르는 應力集中문제 보다는 Cap bolt seat 附近에 깊은 notch現象이 存在하거나 Cap bolt나 사부에 反復應力을 받는 連續的인 notch의 現象原因에 起因된다고 思料된다.

### 3. 大端部와 連結되는 下部幹의 兩端開角( $\phi$ )이 應力集中에 미치는 影響

下部幹의 兩端開角  $\phi$ 가 應力集中係數  $\alpha_1, \alpha_2$ 와의 相關關係를 考慮하기 爲하여  $\phi$ 를 35°, 40°, 45°, 50°, 55°로 變化시켰을 때 그의 影響은 Fig. 3, Fig. 4에서 보는 바와같이 開角  $\phi$ 의 Parameter들은 角度가 커질수록 應力集中係數  $\alpha_1$ 의 變動은 상당히 낮아지고 있는 反面에  $\alpha_2$ 의 變動은 서서히 增加함을 나타내고 있다.

따라서 應力集中緩和를 爲해서는 開角  $\phi$ 는  $\alpha_1$ 에 對하여는 크게 주어져야 하고 反對로  $\alpha_2$ 에 對하여는 적게 주어져야 할 것이다. 그렇지만 前項에서와 같이  $\alpha_2$

의 값이  $\alpha_1$ 에 비해 훨씬 적은 값일 뿐더러  $\phi$ 값은  $\alpha_2$ 에 크게 영향을 미치지 않는다고 볼 때,  $\alpha_1$ 에 대한 영향을 고려하면 될 것으로 본다.

또한 Fig. 3에서 똑같은  $H_2/H_1$ 변동에 대하여  $\phi$ 는 커질수록 응력 집중 계수  $\alpha_1$ 은 상당히 적어지고 있는데 이같은 현상은  $H_2/H_1$ 의 비율을 고려하여 실제적인 설계 값을 줄 경우 모멘트 크기를 좀더 크게 줄여서 응력 집중 완화 에 도움이 됨을 뜻한다.

그리고  $H_2$ 와  $\phi$ 를 함께 변동하는 것으로 하여  $\alpha_1$ 와  $\alpha_2$ 를 생각하면  $H_2$ 는 커질수록  $\alpha_1$ 은 증가하고,  $\alpha_2$ 는 서서히 감소하며,  $\phi$ 는 커질수록  $\alpha_1$ 은 감소하고  $\alpha_2$ 는 서서히 증가하고 있는데, 이 모두 안전성 문제를 위한 재료의 강도 계산과 절단 문제 기타 응력 집중 완화 법 등에 큰有益성을 가져온다고 생각된다.

## 摘 要

以上の實驗結果와 考察을 통하여, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1)  $H_2$ 가 增加함에 따라  $\alpha_1$ 이  $\alpha_2$ 보다 훨씬 크게 나타났다.

2)  $\phi$ 의 값에 關係없이,  $\alpha_1$ 은  $H_2/H_1$ 의 비가 커질수록 增加하며  $H_2/H_1 \geq 1.4$ 일 때부터 급격히 增加하고  $\alpha_2$ 는  $H_2/R_1$ 의 비가 커질수록 減少하며  $1 \leq H_2/R_1 \leq 1.25$ 에서 급격히 減少한다.

3)  $H_2$ 와  $\phi$ 를 함께 變動하는 것으로 하여 應力集中係數를 생각하면  $\phi$ 는 커질수록  $\alpha_1$ 은 減少하고  $\alpha_2$ 는 增加하는데,  $H_2$ 는 커질수록  $\alpha_1$ 은 增加하고  $\alpha_2$ 는 減少한다.

## 引 用 文 獻

Boyer G. C. (1943): Diesel and Gas engine Power Plants, McGraw-Hill, p. 109~115.

金圭憲(1978): 連接棒小端部の 形狀과 應力集中率에 關한 研究, 韓水誌11(3), p. 177~182.

河田幸三・西田正孝・辻二郎(1974): 光彈性實驗法, 日刊工業新聞社, p. 215~217.

權麒麟(1980): 連接棒의 小端部와 SHANK間의 應力 分布에 關한 研究, 釜山水產大大學院 碩士學位論文

益田義治(1975): 入門光彈性實驗, 日刊工業新聞社, p. 114~116.

長尾不二夫(1974): 內燃機關講義, 養賢堂, p. 347~353.

西田正孝(1975): 應力集中, 森北出版, p. 137, 632~639, 688~689.

大道寺達(1973): ディーゼル機關設計法, 工學圖書, p. 109, 114~119.

進一工業(1975): Cataloge設計圖面(4JDM), 仕様書 曾田範宗・熊谷清一郎(1966): 內燃機關ハンドブック, 養賢堂, p. 232~243.

時末光(1975): 內燃機關設計法, 朝倉書店, p. 50~54.