

## 平板에 붙은 Stiffener 속에서의 剪斷應力の 分布

任 尙 鎡\*

## The Maximum Shear Stress Distribution in a Stiffener attached to a Plate

Sahng Jun Yim

## Abstract

The maximum shear stress distribution in a stiffening flat bar attached to a plate undergoing a single tensile force has been investigated by photoelastic method.

In the experiments a photoelastic model, as shown in Fig. 1, has been studied in the fields of a polariscope, as shown in Fig. 2. Fig. 3 shows the isoclinics, and Fig. 4 and 5 are stress trajectories of the principal stresses and maximum shear stresses, respectively. Fig. 6 is the isochromatics in light field. The maximum shear stresses at each point in the stiffener were determined from the isochromatics in both of light field and dark field. Then the maximum shear stresses were divided by the average shear stress in the model, to obtain the ratio  $\tau_{\max}/\tau_{\text{av}}$  at each point. Finally the variations of the ratio  $\tau_{\max}/\tau_{\text{av}}$  along the horizontal and vertical lines in the stiffener have been plotted, as shown in Fig. 7 and 8.

The conclusions reached in this investigation are as follows:

- (1) The shear stresses transmitted to the stiffener through the juncture are concentrated on the end portions.
- (2) The maximum shear stress at the ends of the stiffener reaches to about 4 times of average shear stress.
- (3) The irregularities in the stress distribution are restricted in the end portions of the stiffener.

## 1. 總 論

平板이 그 平面內에서 作用하는 壓縮力(또는 引張力)을 받거나 그 平面에 垂直한 方向으로의 굽힘 作用을 받는 경우에 그 板을 補強하기 爲하여 stiffener 를 붙이는 일이 많다. stiffener 로서는 L-型材, T-型材 等과 같은 壓延材를 쓰는 경우도 있고, flat bar 를 쓰는 경우도 있다. 그러나 熔接이 널리 使用되는 近年에 이르러서는 flat bar 를 쓰는 일이 많아져 가고 있다.

그러므로 著者は 이와 같은 平板이 그 平面內에서 引張力을 받을 때 그 平板에 垂直하게 붙은 stiffener 에 어떤 힘이 傳達되며 그 stiffener 속에서 最大剪斷應力이 어떤 모양으로 分布하는가를 光彈性學의 方法으로

調査하기로 하였다.

여기서 얻어지는 결과들은 그 平板이 그 平面內에서 壓縮力을 받는 경우에 대해서도 挫屈이 일어나기 直前까지는 適用될 것이다. 또 船體나 其他 工學構造物에 흔히 쓰이는 軟鋼과 같은 延性材料에서는 그 破壞가 剪斷에 基因하므로 最大剪斷應力의 分布에 關한 資料는 充分한 價値를 가질 것이다.

2. 光彈性 模型

두께 1/4 in 의 CR-39 板材로 부터 Fig.1에 보인 것과 같은 模型을 製作하였다. 이 模型은 幅 2in, 길이 約 12in, 두께 1/4 in 의 平板部分과 幅 1in, 길이 5 in, 두께 1/4 in 의 stiffener 部分으로 이루어져 있다.

이 두 部分은 正確한 尺寸로 個別的으로 切削加工되었고, 初期 應力의 潛入을 最大限으로 防止하도록 細密한 注意를 傾注하였다. 이 두 部分을 epoxy base의 接着劑 Homalite 1,100 (美國 The Homalite Corp.

製品)으로 接着 하여 上記의 模型을 完成하였다. 接着에 있어서는 接着液을 Fig. 1의 B B'線에 沿하여 stiffener쪽에 칠하고, 平板上의 接着位置에 正確하게 맞추어 놓고 約 5lb로 均一하게 加壓하여 室溫에서 約 24時間 放置하였다가 除壓하고 約 5時間 經過한 後에 實驗에 使用하였다.

平板의 兩端에는 各各 4個의 3/16 in 구멍

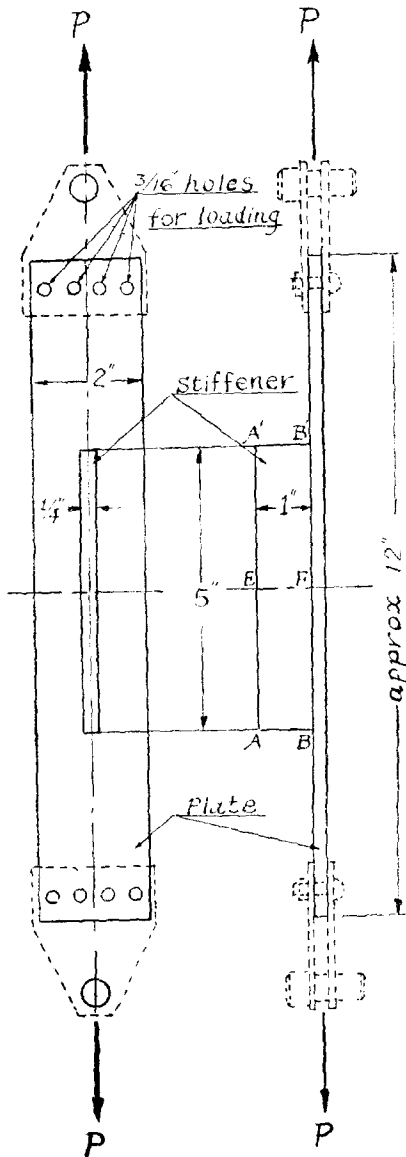


Fig. 1 Photoclastic model

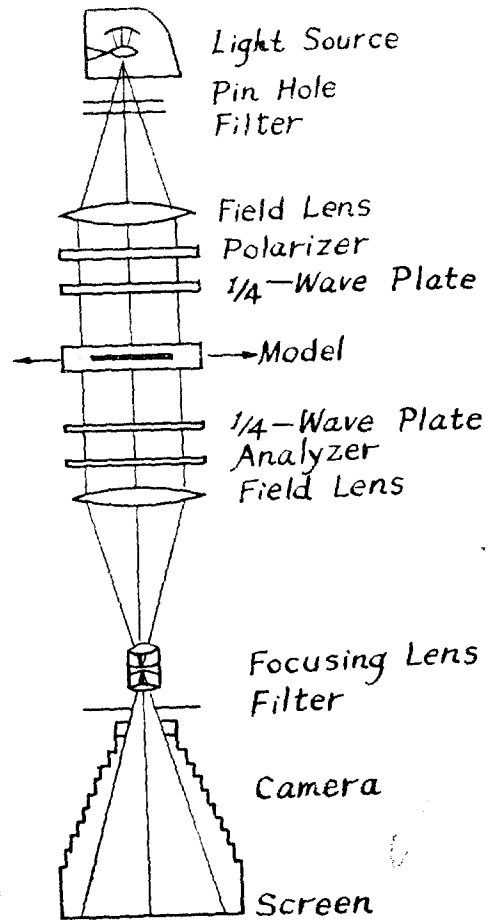


Fig. 2 Polariscopes

을 뚫어 loading 用 鋼板製 부레킷을 보울트 너트로 固着하였다. 이 구멍에는 模型의 破斷을 防止하기 위하여 外徑 3/16 in, 內徑 1/8 in의 鋼製부싱을 넣었다.

이 模型의 剪斷應力에 대한 fringe value 는 62°F에서 168 psi shear/fringe이다.

### 3. 實驗, 結果 및 檢討

Fig. 2와 같은 配列의 polariscope을 使用하였다. 前記의 模型을 loading frame에 걸어 그 平板部分에 440 lb의 引張荷重을 作用시켰다. 荷重은 SR-4 load cell과 strain indicator로 計測하였다. 光源은 300 W 白色燈이며, 必要時에는 2個의 filter를 挿入하여 單色光을 얻을 수 있다.

#### (a) Isoclinics

두 quarter wave plate와 두 filter를 除去하여 白色光下의 plane polariscope으로 配列한 뒤에 polarizer와 analyzer를 直交한 채로 反時針方向으로 回轉시키면서 isoclinics를 記錄하였다.

이 isoclinics는 Fig. 3에 보인 바와 같이 中央橫斷線 EF 위와 아래 關於하여 對稱位置에 놓인 5個의 isotropic point  $O_1, O_2, O_2', O_3, O_3'$ 를 갖고 있다.

여기서  $O_2$  및  $O_2'$ 는 positive isotropic point이고,  $O_3, O_3$ , 및  $O_3'$ 는 negative isotropic point이다. free corner A 및 A'는 singular point이고, 接着端 B 및 B'는 source이다.

이 isoclinic를 토대로 하여 作成된 主應力線 및 最大剪斷應力線은 各各 Fig. 4 및 5와 같다.

Fig. 4에서 接着線 BB'에 沿한 主應力線의 傾斜의 變化를 살펴보면 接着端近處에서는 主應力線이 接着線에 대하여 多少傾斜하고 있으나 그곳으로부터 조금 멀어지면 主應力線이 接着線과 거의 平行 및 直交하고 있다. 이것은 平板으로 부터 接着面을 通하여 stiffener에 傳達되는 剪斷力이 接着端近處의 極히 짧은 區間內에 集中의으로 分布되어 있고, 接着端近處를 除外한 中央部分에서는 接着面에 剪斷力이 걸리지 않는다는 것을 意味한다. 따라서 接着面의 中央部分은 自由境界面과 같은 狀態이다.

이와 같은 事實은 Fig. 5에서 最大剪斷應力線의 傾斜의 變化를 보아도 알 수 있다.

따라서 stiffener는 corner point B와 B'에 作用하는 集中引張荷重을 받는 것과 비슷한 狀態에 놓이게 된다.

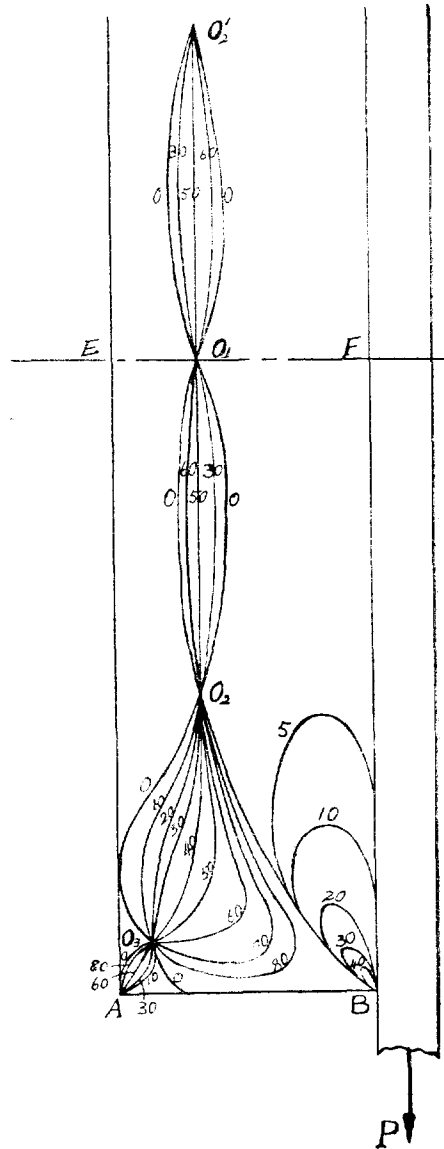


Fig. 3 Isoclinics

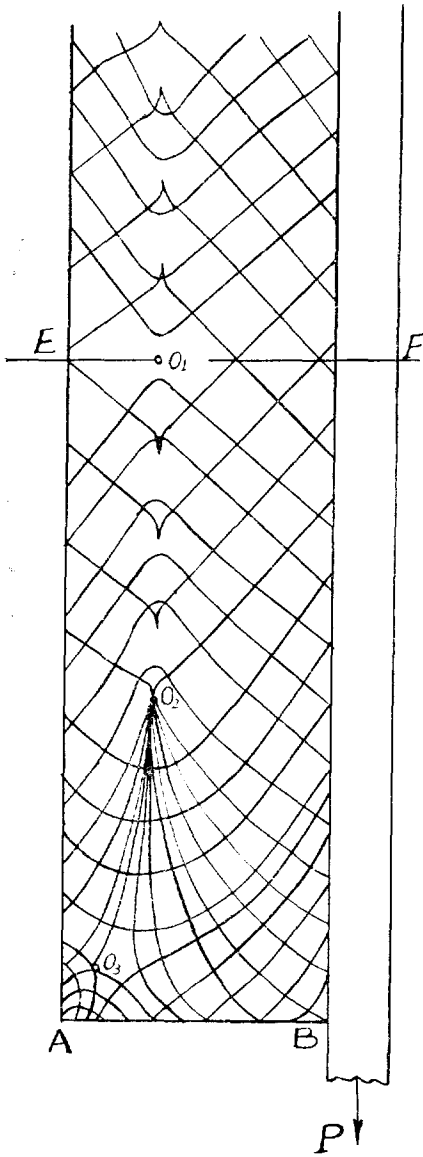


Fig. 4 Principal stress lines

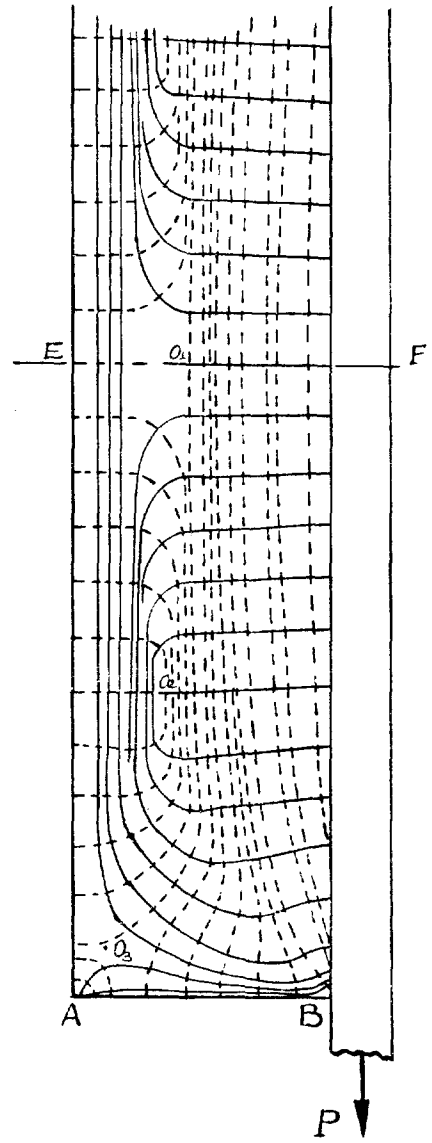


Fig. 5 Max. shear stress lines

(b) Isochromatics

두 quarter wave plate와 두 filter를 定位置에 挿入하여 單色光(5461A°) 下의 circular polariscope로 配列한 뒤에 analyzer를 0° 및 90°에 놓아 dark field 및 light field에서의 isochromatics를 撮影하였다.

Fig. 6은 light field에서의 isochromatics이며, 그 위에 isotropic point의 位置와 fringe order를 記入한 것이다. 이 寫眞에 依하면 接着端 B에 6-th order의 fringe가 明白히 나타나 있으며, 그 點에 最大의 剪斷應力이 걸린다는 것을 알 수 있다.

이 isochromatics로 부터 다음의 方法으로 stiffener 속에서의 最大剪斷應力의 分布를 求하였다. 卽 上記 寫

眞을 다시 數十倍 擴大하여 各 fringe의 位置를 正確히 判定하고 stiffener의 下端線 BA로부터 各各 1/32", 1/16", 1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 11/2"만큼 떨어진 橫斷線(x-軸에 平行한 線)에 沿한 fringe\_order의 變化를 曲線으로 그려보면서 修正하고, 또 接着線 BB'로부터 各各 0", 1/16", 1/8", 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16", 3/4", 13/16", 7/8", 15/16", 1"만큼 떨어진 縱斷線(y-軸에 平行한 線)에 沿한 fringe\_order의 變化를 曲線으로 그려보면서 修正하여 stiffener의 内部各點에서의 fringe\_order를 決定하였다. 各點에서의 fringe\_order에 이 模型의 fringe\_value(168 psi shear/fringe)를 곱하여 그 點에서의 最大剪斷應力  $T_{max}$ 을 算出하고, 그 값을 이 模型의 中央部에서의 平均剪斷應力  $\tau_{av}$  ( $= \frac{1}{2} \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \frac{440}{314} = 293$  psi)로 나눔으로써 그 點에서의  $\tau_{max}/\tau_{av}$ 의 값을 求하였다.

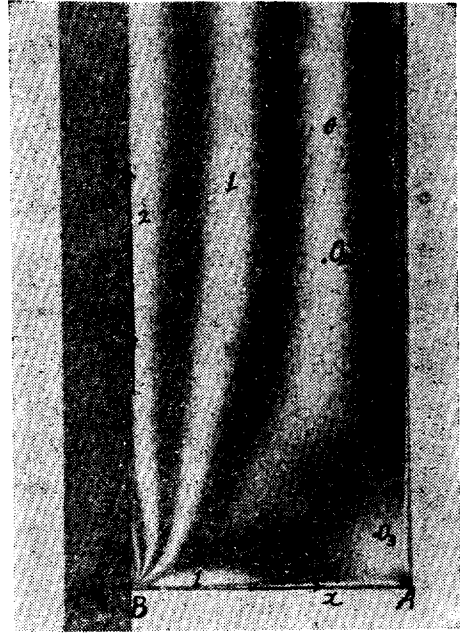


Fig. 6 Isochromatics

Fig. 7 및 8은 stiffener의 橫斷線들 및 縱斷線들에 沿한

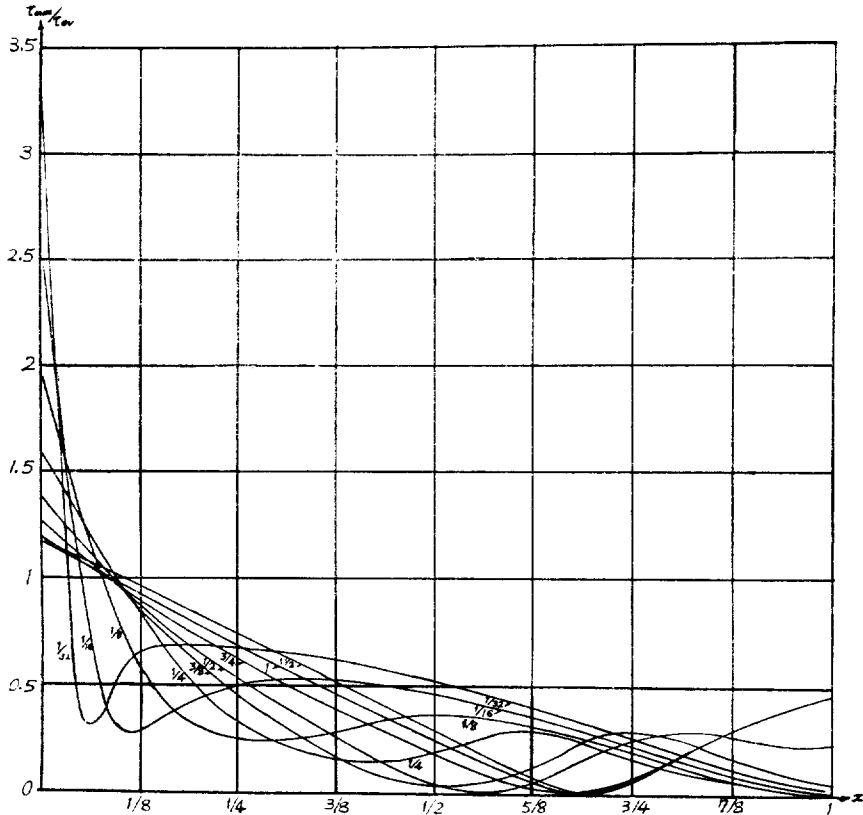


Fig. 7 Max. shear stress distributions along the horizontal lines.  
( $y=1/32", 1/16", 1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 1/2", 3/4", 1", 11/2",$ )

$\tau_{max}/\tau_{av}$ 의 變化를 曲線으로 나타낸 것이다.

Fig. 7에 依하면 最大剪斷應力은 stiffener의 橫斷線에 沿하여 均一하게 分布하지 않고 接着線에서 最大値가 나타나며, 이런 傾向은 stiffener의 上下端線에 接近할수록 더욱 甚하다.

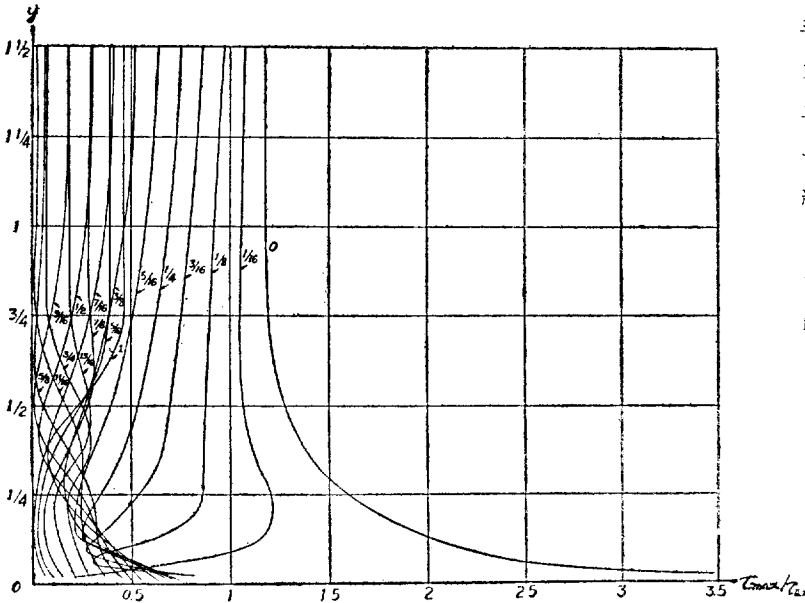


Fig. 8 Max. shear stress distributions along the vertical lines

( $x=0, 1/16'', 1/8'', 3/16'', 1/4'', 5/16'', 3/8'', 7/16'', 1/2'', 9/16'', 5/8'', 11/16'', 3/4'', 13/16'', 7/8'', 15/16'', 1''$ )

4. 結 論

- (1) 平板으로 부터 接着面을 通하여 stiffener에 傳達되는 剪斷力은 거의 接着端近處에 集中的으로 分布하고, 接着端으로 부터 stiffener의 幅의 1倍以上 떨어진 곳에는 거의 絶되지 않는다.
- (2) 平板과 stiffener의 接着端近處에서의 最大剪斷應力은 平均剪斷應力の 約 4倍에 達한다.
- (3) stiffener 속에서의 應力分布의 不規則性은 上下端으로 부터 그 幅의 1倍 以內의 區域에서만 顯著하다.

參 考 文 獻

- [1] E.G. Coker and R. Levi; "The Stress Distribution in Fusion Joints", Proc. Inst. Mech. Eng., 1931.
- [2] E. Mönch; "Similarity and Model Laws in Photoelastic Experiments", J. of SESA, May 1964.
- [3] M. Hetenyi; "Handbook of Experimental Stress Analysis", John Wiley and Sons, Inc., 1957.
- [4] H.M. Frocht; "Photoelasticity", Vol 1 & II, John Wiley and Sons, Inc., 1949.
- [5] G.H.Lee; "An Introduction to Experimental Stress Analysis", John Wiley and Sons, Inc., 1950.

Fig. 8에 의하면 平板과 stiffener의 接着線에서는 最大剪斷應力이 크게 變化하며 接着端에 大端히 큰 값이 나타나고 있지만, 接着線으로부터 조금 떨어진 縱斷線上에서는 最大剪斷應力의 큰 값이 나타나지 않으며 그 變化도 stiffener의 上下端에서 그 幅의 1倍以內의 區域에서 볼 수 있고 그 區域을 넘어서면 最大剪斷應力은 거의 一定한 값을 維持한다.