

Pure Bending Moment 下에 있는 Notched Strip 에서의 Notch Angle 의非對稱的 變化에 依한 應力集中係數의 變化

文 章 出*

A Photoelastic Study on Change of Stress Concentration Factor Due to Unsymmetrical Change of Notch Angle

Jangchule Mun

ABSTRACT

It is investigated that in what shape the stress concentration factor of a notched strip under pure bending changes due to unsymmetrically varying notch angle.

Four models made of CR-39, having parameters of $r/d=0.225, h/r=4$; $r/d=0.225, h/r=2$; $r/d=0.4, h/r=4$ and $r/d=0.4, h/r=2$ respectively as shown in Fig. 1, Fig. 2 and Table are tested with the use of polariscope. For each model, notch angle is unsymmetrically varied from 0° to 180° at intervals of 15° as shown in Fig. 1 and Fig. 2.

The results of this experiment are Fig. 7 and Fig. 8 and the followings are deduced.

As notch angle increases

- 1) from 0° to 50° , the decrement of concentration factor is slight.
- 2) from 50° to 90° , the decrement of concentration factor is a little steeper.
- 3) from 90° to 140° , the decrement of concentration factor is slight
- 4) from 140° to 180° , the decrement is very steep with an abrupt change in the neighborhood of 140° .

1. 緒 論

우리는 船舶에서나 혹은 一般 機械 및 構造物에서 흔히 예기치 못한 破壞, 常識 밖의 現象, 通常의 材料力學으로는 糾明할 수 없는 力學的 破綻을 經驗하며 이러한 意外의 力學的 失敗가 때때로 얼마나 致命的 結果를 招來하는 가를 잘 알고 있다. 特히 一般機械나 船舶 등에서 反復荷重을 받고 있는 部材의 破損이 主로 疲勞에 基因하며 또한 大部分의 疲勞龜裂이 應力集中點에서 發生한다는 事實로 부터 應力集中의 問題가 더욱 強調되어 오래전 부터 이런 境遇에 대한 應力集中의 問題가 많이 취급되어 왔다 [1][2][3][9]**. 應力集中의 數學的 解析은 대체로 難解한 微分方程式에 귀착되며, 圓, 橢圓孔 및 雙曲線 notch 等 몇몇 간단한 경우를 除外하고는 그 大部分의 해결이 實驗的 方法에 힘입고 있다.

主로 쓰이는 實驗的 方法으로는

原稿接受日字 1967年 5月 15日

* 正會員 서울大學校 工科大学

** []안의 數字는 本論文의 末尾에 紹介된 文獻의 番號임

- 1) Photoelastic(Polarized Light) 2) Elastic Membrane(Soap Film) 3) Brittle Coating 4) Electrical Analogy
 5) Elastic Strain(Strain Gage) 6) Brittle Material(Plaster Model) 7) Ductile Material(Luder's Line) 8) Rubber Model 9) Repeated Stress 등이 있다.

今番 筆者는 Pure Bending 下에 있는 Notched Strip에서 Notch Angle 을 非對稱的으로 變化시키면서 그에 따른 應力集中係數의 變化를 光彈性學的 方法으로 考察하였다.

2. 實驗計劃 및 模型

變數는 模型의 製作可能性과 實驗結果의 一般性 및 包括性을 考慮하여 擇하였다.

Notch 의 曲率半徑과 最小幅의 比는 0.225 및 0.4 로 잡고 그 各 값에 대하여 Notch 의 깊이와 曲率半徑의 比를 2.4 로 주었다.

이렇게 해서 취한 네개의 模型은 各各 Fig. 1 과 같이 15° 간격으로 Notch Angle 을 變化시켜 나가고 드디어 90°에 이르면 Fig. 2 와 같이 亦是 15° 간격으로 180°까지 變化시켜 나갔다.

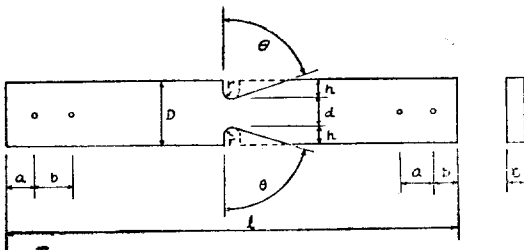


Fig. 1 Model

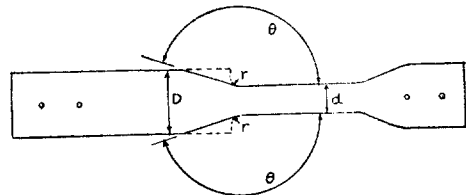


Fig. 2 Model

模型의 主要寸수는 Table 1 과 같다.

Table 1

Model No	r/d	h/r	r(in)	(d/in)	h(in)	D(in)	l(in)	a(in)	b(in)	t(in)
A	0.225	4	1/8	0.555	1/2	1.555	6	1	1	1/4
B	"	2	"	"	1/4	1.055	"	"	"	"
C	0.400	4	"	0.312	1/2	0.312	"	"	"	"
D	"	2	"	"	1/4	0.812	"	"	"	"

模型의 材料로는 두께 1/4", model fringe constant 168 lb/in²-shear 인 CR-39 平板을 썼다.

製作은 美國 Precise 社의 milling machine type 40 을 써서 誤差限界 1/200"로 하고, 初期應力 浸透의 防止에 特히 留意했다.

3. 實驗 및 그 結果

製作된 各 模型은 aging effect 에 依한 初期應力 生成을 避하기 爲해 제작 後 8時間 以內에 實驗 完了했다.

模型은 서울大學校 工科大學의 Polariscopes 를 써서 Fig. 3 과 같은 荷重狀態에서 觀察했다.

먼저 模型의 兩端에 있는 3/16" 直徑의 네개 구멍에는 模型의 破斷을 막기 爲한 外徑 3/16", 內徑 1/8"인

銅製 bushing 을 넣고 bolt 와 nut 로써 loading device 에 附着시켰다.

荷重은 SR-4 load cell 과 strain indicator 로 測定하고 光源으로는 300W의 白色燈을 쓰되 두개의 filter 를 挿入하여 파장 5461 Å 인 單色光을 얻었다.

模型은 미리 算定된 適當한 荷重下에 두고 analyzer 와 polarizer 를 平行 및 直交시킨 狀態에서 screen 에 나타난 像을 撮影, 擴大, 分析했다.

像에 나타나는 fringe 와 應力間의 關係는 다음 式으로 주어진다[7].

$$\tau_{max} = \frac{p-q}{2} = nF \quad (1)$$

여기서 p, q : 主應力

τ_{max} : 最大剪斷應力

n : 그 點에서의 fringe 數

F : model fringe constant boundary 에서는

$$q=0$$

따라서 $\frac{p}{2} = nF$

한편 應力集中係數 k 는 [10]

$$k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_0}$$

여기서 σ_{max} : 最大集中應力

σ : 應力集中이 없다고 假定했을 때의 그 點의 應力

이 實驗의 境遇 σ_{max} 은 Fig. 5 에 나타낸 것과 같다.

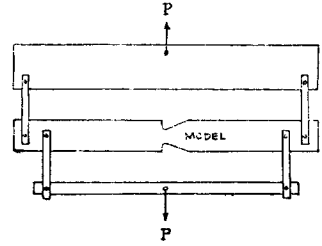


Fig. 3 Loading

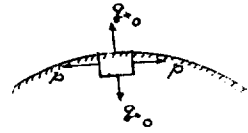


Fig. 4. Boundary에서의 主應力

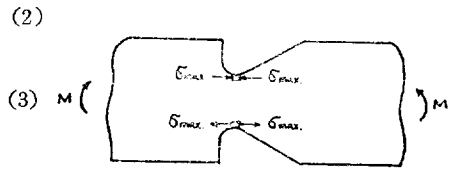


Fig. 5

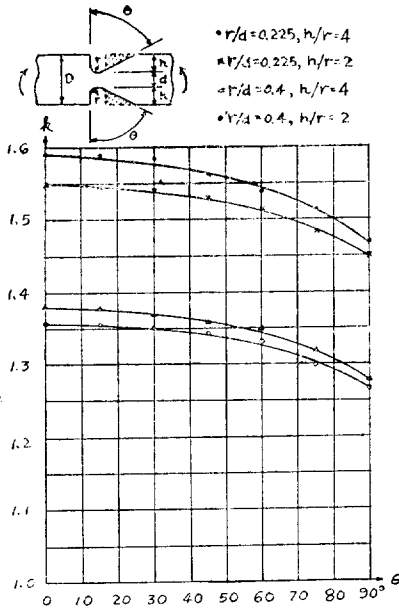


Fig. 6

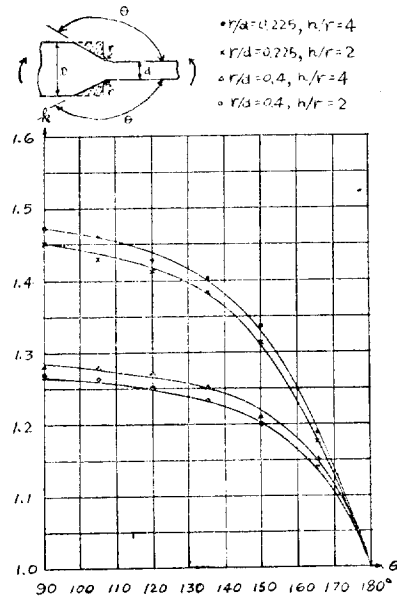


Fig. 7

Fig. 4 와 Fig. 5 및 式 (2)와 式 (3)으로 부터

$$k = \frac{\sigma_{\max}/2}{\sigma_0/2} = \frac{nF}{n_0F} = \frac{n}{n_0} \quad (4)$$

여기서 n : 實驗에서 測定해 낸 最高 fringe 數

n_0 : σ_0 에 相當하는 fringe 數

結果는 Fig. 6 및 Fig. 7 과 같다.

4. 結 論

θ 의 增加에 대해서

- 1) $0^\circ \sim 50^\circ$ 에서는 k 의 減少率이 緩慢하다.
- 2) $50^\circ \sim 90^\circ$ 에서는 k 의 減少率이 약간 急해진다.
- 3) $90^\circ \sim 140^\circ$ 에서는 k 의 減少率이 다시 緩慢하다.
- 4) 140° 부근에서 k 의 減少率이 急激해져서 180° 까지 계속 급변하다.

後 記

筆者는 本 論文을 이 특함에 있어서 서울大學校 工科大學의 任尙鎮 助教授에게 크게 힘입었음을 밝히며 아울러 많은 助言을 해 주신 黃宗屹 副教授께 感謝드린다.

參 考 文 獻

- [1] M.M. Frocht; "Factors of stress concentration photoelastically determined," J. App. Mech., Vol. 57, 1935.
- [2] 中澤一; "應力集中係數에 관한 設計資料(I)." 日本機械學會誌; Vol. 64, p. 1504, 1961.
- [3] 中澤一; "應力集中係數에 관한 設計資料(II)." 日本機械學會誌; Vol. 68, p. 1635, 1965.
- [4] Timoshenko and Goodier; "Theory of elasticity," McGraw-Hill Book Company, 1951.
- [5] Timoshenko; "Strength of materials, part II," D. Van Nostrand Co. Inc., 1963.
- [6] Chih-Bing Ling; "Stresses in a notched strip under tension," J. App. Mech., Vol. 14. A-275.
- [7] M.M. Forcht; "Photoelasticity, Vol. I," John Wiley & Sons, Inc., 1957.
- [8] Seely and Smith; "Advanced mechanics of materials," John Wiley & Sons, Inc., 1952.
- [9] Timoshenko; "History of strenth of materials," McGraw-Hill Book Company, Inc., 1963.
- [10] M. Hetenyi; "Hand book of experimental stress analysis," John Wiley & Sons, Inc., 1957.