

การศีก์ค้ังในชว่งเกินขอบเขตควมยัดหย่นของควนที่ปรอยบวก



นายบัญญัติ คังตระกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๖

ISBN 974-561-992-2

011095

I 16005077

BENDING BEYOND THE ELASTIC LIMIT OF THE NOTCHED BEAMS

Mr. Bancha Kongtragool

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตัดโค้งในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของของคานาที่มีรอยบาก

โดย

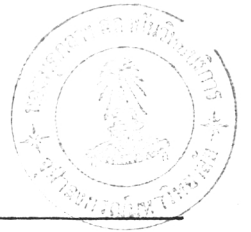
นายบัญชา กังตระกุล

ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ก่อเกียรติ บุญชูกุล



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... *สุประดิษฐ์ บุณาค* อนุมัติบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุณาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *วรินทร์ อิงภากรณ์* ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. วรินทร์ อิงภากรณ์)

..... *อิทธิพล ปานงาม* กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิพล ปานงาม)

..... *วิทยา ยงเจริญ* กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

..... *ก่อเกียรติ บุญชูกุล* กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ก่อเกียรติ บุญชูกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดัดโค้งในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของคานที่มีรอยบาก
 ชื่อนิสิต นายบัญชา คังตระกูล
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ก่อเกียรติ บุญชูกุล
 ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา ๒๕๒๕



บทคัดย่อ

คานเหล็กเหนียวที่มีรอยบากแบบต่าง ๆ ถูกนำมาทดสอบแบบ four-point loading เพื่อศึกษาพฤติกรรมในช่วงพลาสติก โดยใช้ strain gage เป็นเครื่องวัดความเครียดที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุและยึดสมมติฐานของ simple plastic theory เป็นหลักในการวิเคราะห์

ผลการวิจัยพบว่า ผลของ stress concentration จะทำให้การแผ่กระจายความเค้นและความเครียดตรงรอยบากเป็นเส้นโค้ง แกรูปร่างของรอยบากมีผลต่อโมเมนต์จุดกลางและโมเมนต์พลาสติกสูงสุดเล็กน้อย จนถึงได้ว่าค่าโมเมนต์ของคานที่มีรอยบากแบบต่าง ๆ มีค่าเท่ากันและสามารถหาโดยประมาณได้จากสูตร

$$M_y = 1.42 \frac{bh^2}{6} \sigma_y$$

และ

$$M_p = 1.44 \frac{bh^2}{4} \sigma_y$$

เมื่อเปรียบเทียบกับหน้าตัดสี่เหลี่ยมตรงรอยบาก และสามารถหาได้จากสูตร

$$M_y = 0.91 \frac{bH^2}{6} \sigma_y$$

และ

$$M_p = 0.92 \frac{bH^2}{4} \sigma_y$$

เมื่อเปรียบเทียบกับหน้าตัดที่ไม่มีรอยบาก

Thesis Title Bending beyond the elastic limit of the notched beams.

Name Mr. Bancha Kongtragool

Thesis Adviser Assistant Professor Kaukeart Boonchukesol, Dr.Ing.

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1982

ABSTRACT

The mild steel beams with various types of notch were tested by four - point bedding test to investigated their plastic behavior. The strain were measured by using strain gages and the simple plastic theory is used as the basis of analysis.

The result indicated that the effects of stress concentration influenced the stress and strain distribution curves at the notches but shapes of the notch have only a little effect to the yeilding moments and the full plastic moments. The moments of various types of beam may be assumed to be equal and can be calculated approximatly by the formulas

$$M_y = 1.42 \frac{bh}{6} \sigma_y^2$$

and

$$M_p = 1.44 \frac{bh^2}{4} \sigma_y$$

when compared with the net section at the notches. When compared with the unnotched cross section, the moments of various types of beams can be calculated approximeately by the formulas

$$M_y = 0.91 \frac{bH}{6} \sigma_y^2$$

and

$$M_p = 0.92 \frac{bH}{4} \sigma_y^2$$



กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำวิจัยจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ปานงาม ในความช่วยเหลือและคำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยนี้หลายประการ.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ.....	ช
รายการรูปประกอบ	ฎ
รายการอักษรย่อ	ท
บทที่	
๑. บทนำ	๑
๒. การวิเคราะห์ทางทฤษฎี	๖
๓. การทดลอง	๒๕
๔. ผลการทดลอง	๓๔
๕. การวิเคราะห์ผลการทดลอง	๖๕
๖. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	๗๖
เอกสารอ้างอิง	๗๘
ภาคผนวก	
ก. ผลการวิจัย	๘๓
ข. การติด strain gage และการต่อวงจรไฟฟ้า	๑๓๘
ค. รายละเอียดของเครื่องทดสอบและเครื่องวัด	๑๔๔
ประวัติผู้เขียน	๑๔๘

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
๑. คุณสมบัติเชิงกลของเหล็กเหนียวที่ใช้ในการทดลอง.....	๓๔
๒. โมเมนต์อินลัสติคสูงสุด, โมเมนต์จุกคกลางและโมเมนต์พลาสติกสูงสุดของคานที่ไม่มีรอยบาก.....	๓๑
๓. โมเมนต์อินลัสติคสูงสุด, โมเมนต์จุกคกลางและโมเมนต์พลาสติกสูงสุดของคานที่มีรอยบาก.....	๓๑
ก-๑. ข้อมูลและผลลัพธ์จากการทดสอบการดึง.....	๔๔
ก-๒. การโก่งตรงจุกคกลางและโมเมนต์ค้คของคานที่ไม่มีรอยบาก.....	๔๖
ก-๓. การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์ค้คของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	๕๐
ก-๔. การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์ค้คของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	๕๔
ก-๕. การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์ค้คของคานที่มีรอยบากข้างเดียวและ สองข้าง $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$	๕๘
ก-๖. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด $8.8 \times 50 \text{ mm}$	๑๐๒
ก-๗. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด $8.8 \times 40 \text{ mm}$	๑๐๓
ก-๘. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ$, $r = 0$	๑๐๔
ก-๙. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$	๑๐๕
ก-๑๐. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ$, $r = 5 \text{ mm}$	๑๐๖

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ก-๑๑. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$ ๑๐๓

ก-๑๒. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$ ๑๐๔

ก-๑๓. ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 60^\circ$ ๑๐๔

ก-๑๔. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด $8.8 \times 50 \text{ mm.}$ ๑๑๐

ก-๑๕. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด $8.8 \times 40 \text{ mm.}$ ๑๑๑

ก-๑๖. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 0$ ๑๑๒

ก-๑๗. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm.}$ ๑๑๓

ก-๑๘. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 5 \text{ mm.}$ ๑๑๔

ก-๑๙. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$ ๑๑๕

ก-๒๐. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$ ๑๑๖

ก-๒๑. ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 60^\circ$ ๑๑๗

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ก-๒๒.	ความเค้นสูงสุดและ nominal stress ของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8 x 50 mm.	๑๒๖
ก-๒๓.	ความเค้นสูงสุดและ nominal stress ของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8 x 40 mm.	๑๒๗
ก-๒๔.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ, r = 0$	๑๒๘
ก-๒๕.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ, r = 2.5$ mm.	๑๒๘
ก-๒๖.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ, r = 5$ mm.	๑๓๐
ก-๒๗.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $r = 2.5$ mm., $\theta = 0$	๑๓๑
ก-๒๘.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $r = 2.5$ mm., $\theta = 120^\circ$	๑๓๒
ก-๒๘.	ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากสองข้าง $\theta = 60^\circ, r = 2.5$ mm.	๑๓๓
ก-๓๐.	ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8 x 50 mm. (ได้จากการคำนวณ).....	๑๓๔
ก-๓๑.	ความแตกต่างระหว่างความเครียดที่ได้จากการทดลองกับความเครียดที่ ได้จากการคำนวณของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8 x 50 mm.	๑๓๕
ก-๓๒.	ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8 x 40 mm. (ได้จากการคำนวณ).....	๑๓๖

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

- ก-๓๓. ความแตกต่างระหว่างความเครียดที่ได้จากการทดลองกับความเครียดที่ได้จากการคำนวณของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8×40 mm.

๑๓๗

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

๑. การค้ำโค้งภายในขอบเขตความยืดหยุ่นของคานที่ไม่มีรอยบาก..... ๑
๒. แผนภาพความเค้นกับความเครียดของ structural steel ๘
๓. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่วัสดุมีแผนภาพความเค้นกับความเครียดตามรูปที่ ๒ (ข)..... ๘
๔. Ideal stress-strain diagram แบบ elastic-perfectly plastic-linear strain hardening ๑๑
๕. Ideal stress-strain diagram แบบ elastic-linear strain hardening ๑๑
๖. Ideal stress-strain diagram แบบ elastic perfectly plastic ที่มีจุดคานกลางบนและจุดคานกลางล่าง..... ๑๒
๗. Ideal stress-strain diagram แบบ elastic-perfectly plastic สำหรับ simple plastic theory ๑๒
๘. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่นตาม simple plastic theory..... ๑๓
๙. แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับความโค้งของคานตาม simple plastic theory ๑๔
๑๐. แผนภาพความเค้นกับความเครียดของเหล็กเหนียว..... ๑๕
๑๑. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานตามความเป็นจริง..... ๑๖
๑๒. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้างเมื่อถูกค้ำโค้งภายในขอบเขตความยืดหยุ่น..... ๑๗

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

๑๓.	การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้างเมื่อถูกค้ำค้ำในช่องเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของวัสดุแบบ elastic perfectly plastic	๑๘
๑๔.	การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้างเมื่อถูกค้ำค้ำในช่องเกินขอบเขตความยืดหยุ่นตามความเป็นจริง.....	๑๘
๑๕.	การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียวเมื่อถูกค้ำค้ำภายในขอบเขตความยืดหยุ่น.....	๒๐
๑๖.	การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียวเมื่อถูกค้ำค้ำในช่องเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของวัสดุแบบ elastic perfectly plastic	๒๑
๑๗.	การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียวเมื่อถูกค้ำค้ำในช่องเกินขอบเขตความยืดหยุ่นตามความเป็นจริง.....	๒๓
๑๘.	เครื่องทดสอบการค้ำ.....	๒๕
๑๙.	เครื่องทดสอบการค้ำค้ำของคาน.....	๒๖
๒๐.	ตำแหน่งที่แรงกระทำกับขึ้นทดสอบและตำแหน่งของ dial gage .	๒๖
๒๑.	E 31 Digital Strain Bridge	๒๗
๒๒.	ขึ้นทดสอบการค้ำ.....	๒๘
๒๓.	ขึ้นทดสอบการค้ำที่ติด strain gage เสร็จแล้ว.....	๒๘
๒๔.	ตำแหน่งของ strain gage ที่ติดบนขึ้นทดสอบการค้ำค้ำที่ไม่มีรอยบาก๓๐	
๒๕.	รูปร่างรอยบากของขึ้นทดสอบการค้ำค้ำที่มีรอยบาก.....	๓๑
๒๖.	ตำแหน่งของ strain gage ที่ติดบนขึ้นทดสอบการค้ำค้ำที่มีรอยบาก	๓๒

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

๒๓.	Nominal stress-strain diagram	ของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	๓๕
๒๔.	Ideal stress-strain diagram	ของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	๓๕
๒๕.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงจุดกึ่งกลางของคานที่ไม่มีรอยบาก	หน้าตัด 8.8 x 50 mm.	๓๖
๓๐.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงจุดกึ่งกลางของคานที่ไม่มีรอยบาก	หน้าตัด 8.8 x 40 mm.	๓๘
๓๑.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$\theta = 60^\circ, r = 0$	๓๙
๓๒.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm}$	๔๐
๓๓.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$\theta = 60^\circ, r = 5 \text{ mm}$	๔๑
๓๔.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$r = 2.5 \text{ mm}, \theta = 0$	๔๒
๓๕.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$r = 2.5 \text{ mm}, \theta = 120^\circ$	๔๓
๓๖.	แผนภาพโมเมนต์ค้ำกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากสองข้าง	$\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm}$	๔๔
๓๗.	รอยฉีกตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$\theta = 60^\circ, r = 0$..	๔๕
๓๘.	รอยบวมที่เกิดขึ้นตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว	$\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm}$	๔๖

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

๓๙. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทรงรอยบากของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$ ๔๖
๔๐. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงจุดกึ่งกลางของคานที่ไม่มีรอยบาก
 หน้าที่ค 8.8 x 50 mm. ๔๘
๔๑. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงจุดกึ่งกลางของคานที่ไม่มีรอยบาก
 หน้าที่ค 8.8 x 40 mm. ๔๘
๔๒. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 0$ ๕๐
๔๓. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$ ๕๑
๔๔. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 5 \text{ mm}$ ๕๒
๔๕. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm}$., $\theta = 0$ ๕๓
๔๖. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm}$., $\theta = 120^\circ$ ๕๔
๔๗. แผนภาพความเครียดกับการโก่งตรงรอยบากของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$ ๕๕
๔๘. โมเมนต์ค้ำคและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
 หน้าที่ค 8.8 x 50 mm. ๕๗
๔๙. โมเมนต์ค้ำคและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
 หน้าที่ค 8.8 x 40 mm. ๕๘

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

- ๕๐. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 0$ ๕๘
- ๕๑. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm.}$ ๖๐
- ๕๒. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 5 \text{ mm.}$ ๖๑
- ๕๓. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0.$ ๖๒
- ๕๔. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ.$ ๖๓
- ๕๕. โม่เมนต์ค้ำและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm.}$ ๖๔
- ๕๖. การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคาน..... ๖๖
- ๕๗. แผนภาพความเค้นสูงสุดกับโม่เมนต์ค้ำของคาน..... ๖๘
- ๕๘. แผนภาพโม่เมนต์ค้ำกับการโก่งของคานแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง.... ๗๒
- ก-๑. การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่ไม่มี
 รอยบาก หน้าตัด $8.8 \times 50 \text{ mm.}$ ๑๑๘
- ก-๒. การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่ไม่มี
 รอยบาก หน้าตัด $8.8 \times 40 \text{ mm.}$ ๑๑๘
- ก-๓. การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบาก
 ข้างเดียว $\theta = 60^\circ, r = 0$ ๑๒๐

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

ก-๔.	การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$	๑๒๑
ก-๕.	การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $\theta = 60^\circ$, $r = 5 \text{ mm}$	๑๒๒
ก-๖.	การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $r = 2.5 \text{ mm}$., $\theta = 0$	๑๒๓
ก-๗.	การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว $r = 2.5 \text{ mm}$., $\theta = 120^\circ$	๑๒๔
ก-๘.	การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$	๑๒๕
ข-๑.	แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนในการติด strain gage และการต่อวงจรไฟฟ้า	๑๓๘
ข-๒.	Block diagram ของ strain gage	๑๔๒
ข-๓.	Block diagram ของ strain indicator.....	๑๔๓
ค-๑.	พิมพ์เขียวเครื่องทดสอบการค้ำโค้งของคาน.....	๑๔๘



รายการอักษรย่อ

A.C.	ไฟฟ้ากระแสสลับ
b	ความกว้างของคาน
c	ครึ่งหนึ่งของความลึกของคาน, ระยะจากแกนสะเทินถึงจุดที่มีความเค้นสูงสุด
c	เซ็นติ (10^2)
D.C.	ไฟฟ้ากระแสตรง
E	โมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ
e	ครึ่งหนึ่งของความลึกของ elastic core
F	Strain hardening modulus
H, h	ความลึกของคาน
Hz	Hertz
I	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดของคาน
K	stress concentration factor
k, k'	ตัวประกอบการลดลงของ elastic core ของคานที่ไม่มีรอยบากในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่น
k	กิโล (10^3)
M	เมกะ (10^6)
M	โมเมนต์คัต
Me	โมเมนต์อีลาสติคสูงสุด
Mp	โมเมนต์พลาสติกสูงสุด
My	โมเมนต์จุดคดง
m	เมตร
m	มิลลิ (10^{-3})
N	นิวตัน

รายการอักษรย่อ (ต่อ)

P	ระยะจากแกนสะเทินถึงจุดที่เริ่มเกิด strain hardening
R	รัศมีความโค้งของคาน
r	รัศมีตรงรากของรอยบาก
s	วินาที
V	โวลท์
Y	ระยะความลึกตรงตำแหน่งใด ๆ ของคาน
E	ความเครียดตรงตำแหน่งใด ๆ
E_p	ความเครียดตรงจุดที่เริ่มเกิด strain hardening
E_y	ความเครียดตรงจุดกลาง
η	อัตราส่วนระหว่างจุดกลางบนกับจุดกลางล่าง
ϵ	มุมบากของรอยบาก
λ	อัตราส่วนระหว่างความเครียดตรงจุดที่เริ่มเกิด strain hardening กับความเครียดตรงจุดกลาง
μ	อัตราส่วนระหว่าง strain hardening modulus กับโมดูลัสความยืดหยุ่น
$\mu\epsilon$	microstrain (10^{-6} mm/mm)
ν	อัตราส่วนระหว่างครึ่งหนึ่งของความลึกของ elastic core กับครึ่งหนึ่งของความลึกของคาน
σ	ความเค้นตรงตำแหน่งใด ๆ
σ_e	ขอบเขตความยืดหยุ่น
σ_{ly}	จุดกลาง
σ_{max}	ความเค้นสูงสุด
σ_{nom}	nominal stress
σ_{uy}	จุดกลางบน
σ_y	จุดกลาง
Ω	ohm