

การโงงงอของแผนวงแหวนบาง

นายวิวัฒน์ คดองพานิช



004839

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๔

BUCKLING OF THIN ANNULAR PLATES

Mr. Wiwat Klongpanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

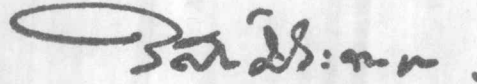
Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

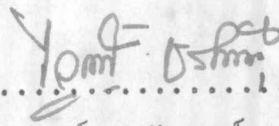
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



.....  
(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณบดี

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ .....



ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ไวกฤษณ์ ชลิตพันธ์)

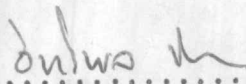


อาจารย์ที่ปรึกษา-

(ดร. วรวิทย์ อิงภากรณ์)

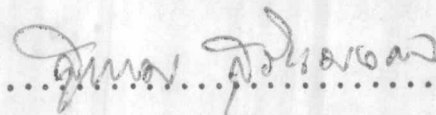
วิทยานิพนธ์





กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิพิล ปานงาม)



กรรมการ

(ดร. สุตธรรม สุริยะมงคล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. วรวิทย์ อิงภากรณ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การโค้งงอของแผ่นวงแหวนบาง

โดย

นายวิวัฒน์ กลองพานิช

แผนกวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อวิทยานิพนธ์  
ชื่อ  
ปีการศึกษา

การโก่งงอของแผ่นวงแหวนบาง  
นายวิวัฒน์ คล่องพานิช แผนกวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
๒๕๑๘

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการหาแรงวิกฤตของแผ่นวงแหวนบาง ที่ถูกแรงกคกระจาย ไปอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมีตามเส้นรอบวงของขอบนอก : สำหรับกรณีที่ ๑ เป็นกรณีที่ขอบนอกและขอบใน ต่างก็ถูกยึดแน่นกับกรณีที่ ๒ ขอบนอกถูกยึดแน่น ขอบในถูกรองรับแบบธรรมชาติ โดยใช้วิธีของกาเลอกิน (Galerkin) สมการของ deflection ของแผ่นวงแหวนบาง ถูกเลือกให้อยู่ในรูป  $w = F(r)\cos n\theta$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ , ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ทั้งสองกรณีการโก่งงอไม่ได้เกิดที่รูปร่างของแผ่นวงแหวนเป็นรูปสมมาตรตามแนวรัศมีเลย ค่า  $n$  และแรงวิกฤตสำหรับแต่ละขนาดของรูจะเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของรูใหญ่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลของวิชาเยกุมาร (Vijayakumar) ได้ทำไว้โดยสมมุติให้การโก่งงอเป็นแบบสมมาตร ที่อัตราส่วนของรัศมีขอบในต่อขอบนอกเท่ากับ ๐.๕ ปรากฏว่าผลที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้มีค่าต่ำกว่าการโก่งงอแบบมีสมมาตรถึง ๘๒ และ ๘๘ เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรณีที่ ๑ และ ๒ ตามลำดับ.

3

Thesis Title      Buckling of Thin Annular Plates  
Name                Mr. Wiwat Klongpanich Department Mechanical Engineering  
Academic Year    1976

#### ABSTRACT

The buckling of a thin annular plate under uniform radial compressive force along outer edge: for case 1, the outer and inner edges fixed, and case 2, the outer edge fixed and the inner edge simply supported, has been studied by using Galerkin's method. Solution to the differential equation for buckling has been sought in the form  $w = F(r)\cos n\theta$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ . The results indicate that both cases the radially symmetric buckling does not correspond to the lowest buckling load at all. The lowest buckling load and the number of waves increase with the increasing of the ratio of the inner to outer radius. In comparison with the results of Vijayakumar who studied the radially symmetric buckling mode at the ratio of the inner to outer radius equal to 0.5, shows that the non-symmetric buckling modes yield the lower buckling load. The buckling loads are 42 and 44 per cents lower than those of Vijayakumar for case 1 and case 2 respectively.

## กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร. วริทธิ์ อิงภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละเวลาและความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจอย่างยิ่งแก่ผู้เขียน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำสิ่งที่เป็น ประโยชน์แก่ผู้เขียน และขอขอบพระคุณบรรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนมาแต่ต้น รวมทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยให้การคำนวณของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเร็วยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณต่อกุณแม่, พี่ ๆ, อาจารย์สุพจน์ ศิยาภรณ์, อาจารย์สมคิด สลัดยะนันท์ อาจารย์ ดร.พินัย สุขวรรณ, อาจารย์รัตน และอาจารย์สมบูรณ์ อโศกวัฒน์ ที่ช่วยผลักดันและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เขียนเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณสุเทพ นิมนวล, คุณสุเทพ สิริวิทยาปกรณ ที่ได้ช่วยกรุณาจัดหาเอกสารอ้างอิง ตลอดจนคุณสุรศักดิ์ บำรุงวงศ์, อาจารย์ และ เจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือบางประการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเขียนวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณต่ออาจารย์แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ช่วยให้ผลงานนี้สำเร็จลงได้.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	๘
กิตติกรรมประกาศ .....	๙
รายการภาพประกอบ .....	๑๑
รายการสัญลักษณ์ .....	๑๒

บทที่

1. บทนำ .....	1
2. วิธีที่ทำการวิจัย .....	7
3. ผลของการวิจัย .....	17
4. สรุป วิจาร์ณ และข้อเสนอแนะ .....	22
บรรณานุกรม .....	25
ภาคผนวก .....	27

รายการภาพประกอบ

ภาพที่

หน้า

1.	Classical Buckling .....	2
2.	Finite - Disturbance Buckling .....	2
3.	Snap - Through Buckling .....	4
4.	แผนผังแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอก .....	8
5.	แรงสมมูลย์ใน Polar Coordinate .....	9
6.	พิจารณาชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของ Plate ที่ถูกกระทำทั้งแรงในแนว ขวางและแรงในแนวระนาบพร้อมกัน .....	9
7.	แผนผังแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอกสำหรับกรณีที่ 1 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : ยึดแน่น).....	18
8.	แผนผังแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอก สำหรับกรณีที่ 2 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : รองรับแบบธรรมดา).....	18
9.	Buckling Parameter ( $\lambda$ ) ที่จำนวน wave (n) ต่างๆ สำหรับกรณีที่ 1 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : ยึดแน่น)....	19
10.	Buckling Parameter ( $\lambda$ ) ที่จำนวน wave (n) ต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 2 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : รองรับแบบ ธรรมดา) .....	20
11.	Flow Chart .....	35



สัญลักษณ์

A	.....	=	$a^2 b^2 / (b^2 - a^2)$
B	.....	=	$-b^2 / (b^2 - a^2)$
D	.....	bending stiffness	= $Eh^3 / 12(1 - \nu^2)$
E	.....	modulus of elasticity	
GDE	.....	governing differential equation	
k	.....	=	$a/b$
$\bar{N}$	.....	แรงกดที่กระจายอย่างสม่ำเสมอตามขอบนอกของแผ่นวงแหวน	
$\bar{N}_{cr}$	.....	แรงวิกฤต	
N	.....	อัตราส่วนของ $\bar{N}_{cr}/D$	
$N_{rr}$	.....	แรงภายในตามแนวรัศมี	
$N_{\theta\theta}$	.....	แรงภายในตามแนวเส้นสัมผัสกับรัศมี	
$N_{re}$	.....	แรงเฉือนภายใน	
a	.....	รัศมีขอบในของแผ่นวงแหวน	
b	.....	รัศมีขอบนอกของแผ่นวงแหวน	
h	.....	ความหนาของแผ่นวงแหวน	
n	.....	จำนวนคลื่นตามแนวเส้นรอบวง	
r, $\theta$	.....	polar coordinate	
w	.....	transverse displacement	
$\alpha_1$	.....	=	BN
$\alpha_2$	.....	=	$1 + 2n^2 + AN$
$\alpha_3$	.....	=	$n^2(n^2 - AN - 4)$
$\lambda$	.....	buckling parameter	= $\bar{N}_{cr}(b^2/D)$
$\nu$	.....	poisson's ratio	
$\phi$	.....	stress function	
,	.....	หมายถึง	partial differentiation