การโก่งงอของแผ่นวงแหวนบาง

นายวิวัฒน์ คล่องพานิช

004839

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๙

i 1739305x

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 จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณบดี

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ไวกูณฐ์ ชลิตพันธุ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา–

(ดร. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์) วิทยานิพนธ์

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิทธิพล ปานงาม)

..... กรรมการ

(ดร. สุธรรม สุริยะมงคล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เรื่อง การโก่งงอของแผ่นวงแหวนบาง

โดย นายวิวัฒน์ กล่องพานิช

แผนกวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การโก่งงอของแผ่นวงแหวนบาง
ชื่อ นายวิวัฒน์ คล่องพานิช แผนกวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา ๒๕๑๙

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการหาแรงวิกฤตของแผ่นวงแหวนบาง ที่ถูกแรงกดกระจายไปอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมีตามเส้นรอบวงของขอบนอก : สำหรับกรณีที่ ๑ เป็นกรณีที่ขอบนอกและขอบใน ต่างก็ถูกยึดแน่นกับกรณีที่ ๒ ขอบนอกถูกยึดแน่น ขอบในถูกรองรับแบบธรรมดา โดยใช้วิธีของกาเลอกิน (Galerkin) สมการของ deflection ของแผ่นวงแหวนบางถูกเลือกให้อยู่ในรูป $w = F(r)\cos n\theta$, $n = 0, ๑, ๒, \ldots\ldots$, ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกรณีการโก่งงอไม่ได้เกิดที่รูปร่างของแผ่นวงแหวนเป็นรูปสมมาตรตามแนวรัศมีเลย ค่า n และแรงวิกฤตสำหรับแต่ละขนาดของรูจะเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของรูใหญ่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลของวิชายะกุมาร (Vijayakumar) ได้ทำไว้โดยสมมุติให้การโก่งงอเป็นแบบสมมาตร ที่อัตราส่วนของรัศมีขอบในต่อขอบนอกเท่ากับ ๐.๕ ปรากฏว่าผลที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้มีค่าต่ำกว่าการโก่งงอแบบมีสมมาตรถึง ๔๒ และ ๔๔ เปอร์เซนต์ สำหรับกรณีที่ ๑ และ ๒ ตามลำดับ.

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 $w = F(r)COSn\theta$, $n = 0, 1, 2, \ldots\ldots$. 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 comparision 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.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละเวลาและความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจอย่างยิ่งแก่ผู้เขียน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำสิ่งที่เป็น ประโยชน์แก่ผู้เขียน และขอขอบพระคุณบูรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนมาแต่ต้น รวมทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยให้การคำนวณของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเร็วยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณต่อคุณแม่, พี่ ๆ, อาจารย์สุพจน์ ตียาภรณ์, อาจารย์สมคิด สลัดยะนันท์ อาจารย์ ดร.พินัย สุขวรรณ, อาจารย์รัตน์ และอาจารย์สมบูรณ์ อโศกวัฒนะ ที่ช่วยผลักดันและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เขียนเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณสุเทพ นิ่มนวล, คุณสุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ ที่ได้ช่วยกรุณาจัดหาเอกสารอ้างอิง ตลอดจนคุณสุรศักดิ์ บำรุงวงศ์, อาจารย์ และ เจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือบางประการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเขียนวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณต่ออาจารย์แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย และจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัยที่ช่วยให้ผลงานนี้สำเร็จลงได้.

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

รายการภาพประกอบ ..... ช

รายการสัญลักษณ์ ..... ซ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วิธีที่ทำการวิจัย 7
3. ผลของการวิจัย 17
4. สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ 22

บรรณานุกรม 25

ภาคผนวก 27

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.	Classical Buckling	2
2.	Finite - Disturbance Buckling	2
3.	Snap - Through Buckling	4
4.	แผ่นวงแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอก	8
5.	แรงสมดุลย์ใน Polar Coordinate	9
6.	พิจารณาชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของ Plate ที่ถูกกระทำทั้งแรงในแนวขวางและแรงในแนวระนาบพร้อมกัน	9
7.	แผ่นวงแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอกสำหรับกรณีที่ 1 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : ยึดแน่น)	18
8.	แผ่นวงแหวนรับแรงกดสม่ำเสมอตามขอบนอก สำหรับกรณีที่ 2 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : รองรับแบบธรรมดา).....	18
9.	Buckling Parameter (λ) ที่จำนวน wave (n) ต่างๆ สำหรับกรณีที่ 1 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : ยึดแน่น)....	19
10.	Buckling Parameter (λ) ที่จำนวน wave (n) ต่าง ๆ สำหรับกรณีที่ 2 (ขอบนอก : ยึดแน่น, ขอบใน : รองรับแบบธรรมดา)	20
11.	Flow Chart	35

สัญญลักษณ์

A	.....	$= a^2b^2/(b^2 - a^2)$
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
$N_{r\theta}$	.....	แรงเฉือนภายใน
a	.....	รัศมีขอบในของแผ่นวงแหวน
b	.....	รัศมีขอบนอกของแผ่นวงแหวน
h	.....	ความหนาของแผ่นวงแหวน
n	.....	จำนวนคลื่นตามแนวเส้นรอบวง
r,θ	.....	polar coordinate
w	.....	transverse displacement
α_1	.....	$= BN$
α_2	.....	$= 1 + 2n^2 + AN$
α_3	.....	$= n^2(n^2 - AN - 4)$
λ	.....	buckling parameter $= \bar{N}_{cr}(b^2/D)$
ν	.....	poisson's ratio
ϕ	.....	stress function
,	.....	หมายถึง partial differentiation