

การโถงงอของเปลือกบางแบบตีรูปไฮปาร์



นายธน จุยกาย

004082

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

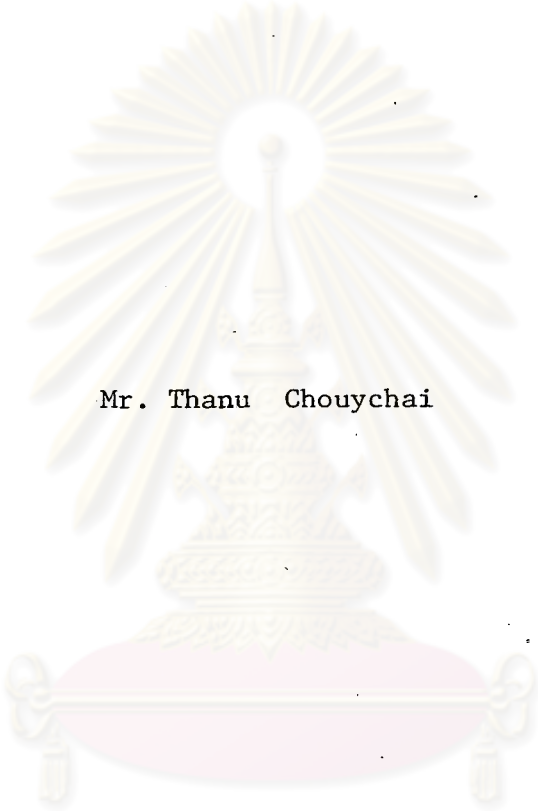
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

I158237AX

BUCKLING OF SHALLOW HYPAR SHELL



Mr. Thanu Chouychai

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การโค้งงอของเปลือกบางแบบตี้นรูปไฮปาร์

โดย

นายธนุ จุ้ยฉาย

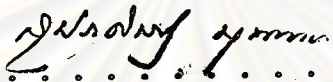
ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

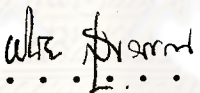
อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุณนาม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พินัย สุวารณ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อธิพิล ปานงาม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ก่อเกียรติ นุญชุกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การโก่งงอของ เปลือกบางแบบตันรูปไฮปาร์
ชื่อ	นายธนุ จุยกาย
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2523



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แสดงถึงวิธีการหาแรงวิกฤตที่จะทำให้เกิดการโก่งงอของเปลือกบางแบบตันรูปไฮปาร์ ที่ตั้งอยู่บนแปลนสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีด้านทั้งสองยาว a และ b ถูกกระทำด้วยแรงที่กระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอต่อพื้นที่ภาพฉาย และมีสภาพการรองรับแบบธรรมดา (simply support) วิธีการวิเคราะห์ทำโดยการหาสมการของการโก่งงอให้อยู่ในรูปของดีเฟลคชันและสมมติฟังก์ชันของดีเฟลคชันให้อยู่ในรูปของอนุกรมฟูเรียร์คูณ ที่สอดคล้องกับสภาพของขอบ ของเปลือกบางทั้งหมดแล้วทำการแก้สมการโดยใช้วิธีของกาเลอกิน

ผลของการคำนวณแสดงเป็นกราฟอยู่ในเทอมไร้มิติ โดยมีอัตราส่วน a/b จาก 0.2 ถึง 1.0 และ c/h มีค่าถึง 100 ผลทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกับผลทางทฤษฎีที่มีอยู่แล้วดี แต่ผลที่ได้มีความแตกต่างกับค่าทางการทดลองมากซึ่งสรุปได้ว่าเปลือกบางชนิดนี้มีความไวต่อความไม่สมบูรณ์ตามที่ สัท⁶ ได้บอกเอาไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Buckling of Shallow Hypar Shell
Name Mr. Thanu Chouychai
Thesis Advisor Associate Professor Variddhi Ungbhakorn, Ph.D
Department Mechanical Engineering
Academic Year 1980

ABSTRACT

A method for the determination of the buckling load of the simply supported shallow hypar shell on rectangular plans of sides a and b subject to uniformly distributed load per projected area is presented. The buckling load is solved by assuming a deflection function in term of double Fourier series which satisfies all boundary conditions exactly. The Galerkin's method was employed in solving the differential equation.

The results are presented in term of non-dimensional quantities with the ratios of sides from 0.2 to 1.0 and rise to thickness up to 100. Comparison with other theoretical results shows good agreement but the results differ from the experimental results⁶ substantially. This indicates that the hypar shell is imperfection sensitive as concluded by Leet⁶.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนอย่างดียิ่งแก่ผู้เขียนตลอดมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนมาตั้งแต่ต้นจนกระทั่งทำให้ผู้เขียนได้มีโอกาสเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณสมพล แสงชลิน ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคคอมพิวเตอร์ และคุณศรีสมร พนาศิลป์ ที่ช่วยตรวจทาน, คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตพระนครเหนือ และคณะอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนด้วยดีตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการภาพประกอบ	ช
รายการสัญลักษณ์	ญ



บทที่

1. บทนำ	1
2. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4
3. การแก้ปัญหา	11
4. ผลการวิเคราะห์	14
5. การอภิปรายผลการวิจัย	19
6. ข้อเสนอแนะและข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	25
ประวัติการศึกษา	53

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.	ลักษณะของเปลือกบางแบบตันรูปไฮปาร์	1
2.	แรงบนเอลลิเมนต์ของเปลือกบางในระนาบ xz	5
3.	แรงบนเอลลิเมนต์ของเปลือกบางในระนาบ yz	6
4.	แรงบนเอลลิเมนต์ของเปลือกบางในระนาบ xy	7
5.	การรองรับแบบธรรมดาที่ขอบของเปลือกบาง	11
6.	ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับผลของทิโม เซนโกและ เซาท์เวล และสแกน ของแผ่นแบนรองรับแบบธรรมดา	14
7.	ผลการเปรียบเทียบทางทฤษฎี	15
8.	ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับผลจากการทดลองของลีท	16
9.	แรงวิกฤติของเปลือกบางไฮปาร์	17
10.	แรงวิกฤติของเปลือกบางไฮปาร์	18
11.	แสดงหลังคาเปลือกบางที่คำนวณ	30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการสัญลักษณ์

- a ... ความยาวของเปลือกบางในแกน x
- b ... ความกว้างของเปลือกบางในแกน y
- c ... ส่วนที่โก่งขึ้นหรือลงของเปลือกบาง
- D ... $\frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$ เฟล็กซ์รัลริจิดิตี้ (Flexural Rigidity)
- E ... โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)
- F_z ... ผลรวมของแรงในแนวตั้ง
- G ... โมดูลัสของการเฉือน (Shear Modulus)
- h ... ความหนาของเปลือกบาง
- i, j ... ตัวดัชนีแสดงการรวม
- k ... z, xy , ตัวดัชนีแสดงการรวม
- K ... $Eh(1 - \nu^2)$
- m, n ... ตัวดัชนีแสดงการรวม
- M ... สเตรสคัปเปิล
- N ... สเตรสรีซัลแตนต์
- q ... แรงในแนวตั้ง
- q_{cr} ... แรงวิกฤติ
- q^* ... ตัวไร้มิติของแรงวิกฤติ (buckling parameter)
- Q ... เชียร์สเตรสรีซัลแตนต์
- u ... ดิสเพลซเมนต์ในแกน x
- v ... ดิสเพลซเมนต์ในแกน y
- w ... ดิสเพลซเมนต์ในแกน z, ดีเฟล็กชัน
- x ... ระบบแกน

$y \dots$ ระบบแกน

$z \dots$ ระบบแกน

$\alpha \dots \gamma a^4 = 48(1 - \nu^2) \left(\frac{c}{h}\right)^2 \beta^2$

$\beta \dots a/b$

$\gamma \dots \frac{4k^2 E h}{D}$ พารามิเตอร์ของเปลือกบาง (shell parameter)

$\delta \dots$ พังกัชนีของค่าผิดพลาด

$\epsilon \dots$ ความเครียด

$\lambda_m \dots m\pi/a$

$\lambda_n \dots n\pi/b$

$\lambda_i \dots i\pi/a$

$\lambda_j \dots j\pi/b$

$\nu \dots$ ค่าของเรโซ (Poisson's ratio)

$\phi \dots$ พังกัชนีใด ๆ

$(\)_{,x} \dots \partial(\)/\partial x$

$(\)_{,y} \dots \partial(\)/\partial y$

$\nabla^2(\) \dots (\)_{,xx} + (\)_{,yy}$

$\nabla^4(\) \dots \nabla^2 \nabla^2(\)$

$\nabla^8(\) \dots \nabla^4 \nabla^4(\)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย