

แง่มุมเชิงคำนวณของการใช้ชิ้นส่วนย่อยเปลือกบาง 8 ชั้น
ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์

นายอรุณพล แสงธวัช



ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

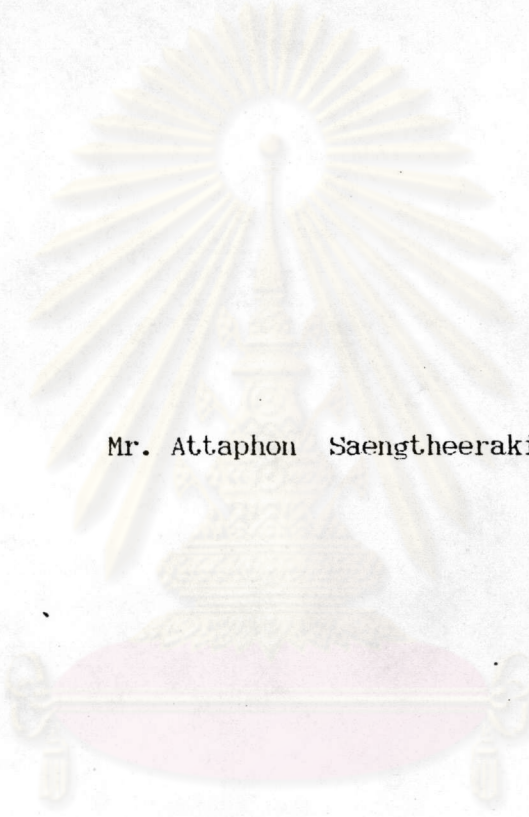
ISBN 974-576-609-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15590

11๑๔๑๔๕๐๓

COMPUTATIONAL ASPECTS OF AN 8-NODE SHELL ELEMENT
IN A FINITE ELEMENT PROGRAM FOR MICROCOMPUTERS



Mr. Attaphon Saengtheerakij

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-609-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แ่งมุมเชิงคำนวณของการใช้ชิ้นส่วนย่อยเปลือกบาง 8 ชั้นใน
โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์

โดย

นาย อรรถพล แสงธีรกิจ

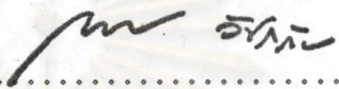
ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

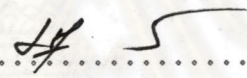
อาจารย์ที่ปรึกษา

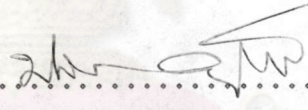
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดชา รัชตโพธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นหน่วยงาน
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประเสริฐ)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ทักษณ เทพชาตรี)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดชา รัชตโพธิ์)



อรรถพล แสงธีรกิจ : แง่มุมเชิงคำนวณของการใช้ชิ้นส่วนย่อยเปลือกบาง 8 ชั้นในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ (COMPUTATIONAL ASPECTS OF AN 8-NODE SHELL ELEMENT IN A FINITE ELEMENT PROGRAM FOR MICROCOMPUTERS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.เวียงเดชา รัชตโพธิ์, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชิ้นส่วนย่อยเปลือกบางชนิด 8 ชั้น ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวชิ้นส่วนย่อย 8 ชั้น กับชิ้นส่วนย่อย 4 ชั้น และทำการศึกษานารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาชิ้นส่วนย่อยเปลือกบาง 8 ชั้น ได้เลือกใช้ชิ้นส่วนย่อยไอโซพารามेटริกกำลังสอง ซึ่งมีจำนวนระดับขั้นความเสรีในแต่ละชั้น 6 ค่า คือการเคลื่อนที่ในทิศทางตั้งฉากกับ 3 ค่า และการหมุนรอบแกนตั้งกล่าวอีก 3 ค่า ในขณะที่ชิ้นส่วนย่อยจะมีค่าสติเฟเนสที่สอดคล้องกับค่าระดับขั้นความเสรี ดังกล่าวเพียง 5 ค่า โดยขาดสติเฟเนสที่สอดคล้องกับการหมุนรอบแกน Z จึงได้ทำการเพิ่มค่าสติเฟเนสที่สอดคล้องกับการหมุนนี้เข้าไป

ผลจากการวิจัยพบว่าชิ้นส่วนย่อยเปลือกบาง 8 ชั้น มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าชนิด 4 ชั้น เพราะสามารถให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ได้ดีกว่า และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อใช้จำนวนชั้นในการจำลองโครงสร้างที่เท่า ๆ กัน โดยเฉพาะเมื่อรูปร่างของชิ้นส่วนย่อยผิดไปจากรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามากๆ ผลจากการใช้ชิ้นส่วนย่อย 4 ชั้นจะให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนมาก ในขณะที่ชิ้นส่วนย่อย 8 ชั้นยังสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดี โดยจำนวน Gauss Point ที่ใช้ในการอินทิเกรตจะต้องเท่ากับ 2×2

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา ๒๕๓๒

ลายมือชื่อนิสิต @พวงทศ 11๒๐๖๖๖
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ธีรเดช รัชตโพธิ์

ATTAPHON SAENGTHEERAKIJ : COMPUTATIONAL ASPECTS OF AN 8-NODE SHELL ELEMENT IN A FINITE ELEMENT PROGRAM FOR MICROCOMPUTERS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ROENGDEJA RAJATABHOTHI, Ph.D. 95 PP.

This study was to develop an 8-node shell element in a finite element program to compare the efficiency between 8-node and 4-node elements and also to study various parameters concerned.

In developing the element, it was decided to use a quadratic isoparametric element with 6 degrees of freedom (DOF) per node : 3 translational DOF in the x-, y- and z- directions and 3 rotational DOF about these axes. The element has only 5 corresponding local stiffness DOF and no stiffness DOF corresponding to the rotation about the z- axis. So this stiffness is added.

From the results of the study, it is found that an 8-node shell element is more efficient than a 4-node element. This is because the former gives more accurate results when using the same number of nodes in modelling a real structure, especially when the shape of the element is much different from a rectangular one. The results indicate that using a 4-node element will have more errors while an 8-node element still gives good results. The numbers of Gauss points used in the integration of the stiffness must be 2 by 2.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

กิติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดช รัชตโน้ต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ศาสตราจารย์ ดร. ปิณฑาน ลักณะประสิทธิ์ และ ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติรี ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

อนึ่ง วิทยานิพนธ์นี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าไม่ได้รับการให้คำปรึกษาแนะนำจากรองศาสตราจารย์ ดร. วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย ซึ่งผู้เขียนได้ใช้รายงานวิจัยของท่านเป็นแนวทางในการศึกษา และพัฒนาเป็นวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สัญลักษณ์	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บททั่วไปและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	5
2. การหาค่าสถิติเฟนสของชั้นส่วนย่อยเปลือกบาง โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ...	7
2.1 นิยามของรูปทรงทางเรขาคณิตของชั้นส่วนย่อย	7
2.2 ฟังก์ชันแห่งการประมาณ	8
2.3 การหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ที่จุดใด ๆ กับการเคลื่อนที่ ที่ผิวของชั้นส่วนย่อย	108
2.4 การหาค่าเมตริกซ์ของการแปรเปลี่ยน	13
2.5 นิยามของความเค้นและความเครียด	14
2.6 การหาค่าสถิติเฟนสของชั้นส่วนย่อยเปลือกบาง	16
2.7 ผลของแรงบิดกับค่าสถิติเฟนส	23
2.8 จำนวน Guass Point ที่เหมาะสมในการอินทิเกรตหาค่าสถิติเฟนส.	29
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์	30
3.1 โปรแกรมหลัก	30
3.2 โปรแกรมย่อยชั้นส่วนย่อยเปลือกบาง	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการวิเคราะห์ และวิจารณ์	32
4.1 โครงสร้างแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	32
4.2 โครงสร้างแผ่นพื้นกลม	33
4.3 โครงสร้างเปลือกบางรูปทรงกระบอกขอบด้านข้างอิสระ	33
4.4 โครงสร้างเปลือกบางรูปทรงกระบอกตัวใน	34
4.5 โครงสร้างแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 45	35
4.6 โครงสร้างแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 60	35
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผลการวิจัย	56
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก	62
ภาคผนวก ข	81
ประวัติ	95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์

$$\begin{bmatrix} \\ \\ \end{bmatrix}$$

= เมตริกซ์

$$\{ \}$$

= เวกเตอร์

$$\begin{bmatrix} A \\ \\ \end{bmatrix}$$

= เมตริกซ์ของการแปรเปลี่ยน (Transformation Matrix)

a_{ij} = โคไซน์แสดงทิศทาง ; สัมประสิทธิ์ของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix} A \\ \\ \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} B \\ \\ \end{bmatrix}$$

= เมตริกซ์เชื่อมระหว่าง การเคลื่อนที่ที่ขึ้นกับความเครียดในระนาบของชั้นส่วนย่อย (Strain - Displacement Matrix)

B_m = ส่วนของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix} B \\ \\ \end{bmatrix}$ ซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในระนาบ

B_v = ส่วนของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix} B \\ \\ \end{bmatrix}$ ซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในทิศทางตั้งฉากกับระนาบ (Transverse-Shear Effect)

$$\begin{bmatrix} D \\ \\ \end{bmatrix}$$

= เมตริกซ์ของความยืดหยุ่น (Elastic Matrix)

D_m = ส่วนของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix} D \\ \\ \end{bmatrix}$ ซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในระนาบ

D_v = ส่วนของเมตริกซ์ $\begin{bmatrix} D \\ \\ \end{bmatrix}$ ซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในทิศทางตั้งฉากกับระนาบ

E = Young's Modulus

$\hat{e}_{z1}, \hat{e}_{z2}, \hat{e}_{z3}$ = หน่วยของเวกเตอร์ที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ในทิศทางที่สัมพันธ์และตั้งฉากกับผิว

กลาง

สัญลักษณ์ (ต่อ)

$\begin{bmatrix} J \end{bmatrix}$ = เมตริกซ์จาโคเบียน

$|J|$ = ตัวกำหนด (determinant) $\begin{bmatrix} J \end{bmatrix}$

$\begin{bmatrix} K \end{bmatrix}$ = สติเฟเนสเมตริกซ์

K_m = ส่วนของสติเฟเนสซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในระนาบ

K_u = ส่วนของสติเฟเนสซึ่งคิดเฉพาะผลของความเครียดในทิศทางตั้งฉากกับระนาบ

M = แรงตัด

N_i = ฟังก์ชันรูปร่าง (Shape Function)

$\{P\}$ = เวกเตอร์ของแรง

R_m, R_u = ส่วนของสติเฟเนสเนื่องจากการบิดของชิ้นส่วนย่อย

r, s, t = พิกัดธรรมชาติ (Natural Coordinate) ของชิ้นส่วนย่อย

T_i = ความหนาของชิ้นส่วนย่อย

μ_i = ค่าการเคลื่อนที่ (Displacement) ในทิศทางของพิกัดในวงกว้าง (Global Coordinate)

w_i = ค่าการเคลื่อนที่ (Displacement) ในทิศทางของพิกัดเฉพาะที่ (Local Coordinate)

X_1, X_2, X_3 = ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนในวงกว้าง (Global Cartesian Coordinate System)

x_1, x_2, x_3 = พิกัดของจุดใด ๆ ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

Z_1, Z_2, Z_3 = ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเฉพาะที่ (Local Cartesian Coordinate System)

$\{\epsilon\}$ = เวกเตอร์ของความเครียด

$\{\sigma\}$ = เวกเตอร์ของความเค้น

สัญลักษณ์ (ต่อ)

- τ = แรงเฉือนในชั้นส่วนย่อย
- ν = อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio)
- μ = ค่าโมดูลัสของแรงเฉือน
- $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$ = การหมุนรอบแกน X_1, X_2, X_3 ตามลำดับ
- $(.)_{,x}$ = อนุพันธ์เทียบกับ x
- K_c = ค่าคงที่ของการบิดของชั้นส่วนย่อย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย