

การวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางโดยวิธีไฟไนท์เอลเมนต์



นาย ปรีดา ศิริศรีโร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๓

001689

1652791A

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF SHELL-TYPE STRUCTURES

Mr. Prida Sirisriro

A Thesis Submitted in Partail Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

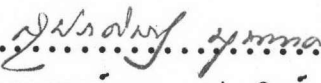
Graduate School

Chulalongkorn University

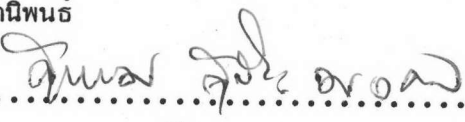
1980

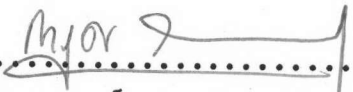
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางโดยวิธีไฟไนท์เอลเมนต์  
โดย นาย ปรีดา ศิริศรีโร  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....  ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สุประติษฐ์ บุณนาค )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล )

.....  ..... กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญ์ จันทรางศุ )

.....  ..... กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี )

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางโดยวิธีไฟไนท์เอลเมนต์
ชื่อนิสิต	นาย ปรีดา ศิริศรีโร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาติ
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	๒๕๒๒



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางโดยวิธีไฟไนท์เอลเมนต์และได้นำ Fictitious Rotation Stiffness มาใช้ในการปรับปรุงค่าสตีฟเนสของชิ้นส่วนที่แต่ละขั้วมี 6 ดีกรีของความอิสระ (การเคลื่อนที่ตามแกนที่ตั้งฉากกัน  $x, y, z$  3 ค่าและการหมุนรอบ  $x, y, z$  อีก 3 ค่า) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์อันเนื่องมาจากสมการ  $Q = Q$  ที่เกิดขึ้นในกรณีที่ชิ้นส่วนย่อยมาเชื่อมต่อกันในระนาบเดียวกันและ Local Coordinate มีทิศทางเดียวกับ Global Coordinate และสมการ Singular ที่เกิดจากการเปลี่ยนค่าสตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อยที่อยู่ในระนาบเดียวกันใน Local Coordinate ไปเป็นสตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อยใน Global Coordinate ในงานวิจัยได้คำนวณหาค่าสตีฟเนสของส่วนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในระนาบ (In-Plane Stiffness) จากชิ้นส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า QM5 (Quadrilateral Element with 5 Nodes) ซึ่งมีขั้วที่มุม 4 ขั้วและที่กึ่งกลาง 1 ขั้ว แต่ละขั้วมีดีกรีของความอิสระ 2 ค่าคือ การเคลื่อนที่ตามแกน  $x$  และ  $y$  สตีฟเนสส่วนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมนอกระนาบ (Out-of-Plane Stiffness) คำนวณหาจากชิ้นส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ACM (Rectangular Element with 4 Nodes) ซึ่งมีขั้วที่มุม 4 ขั้ว แต่ละขั้วมีดีกรีของความอิสระ 3 ค่าคือ การเคลื่อนที่ตามแกน  $z$  การหมุนรอบแกน  $x$  และ  $y$  สำหรับสตีฟเนสที่สอดคล้องกับการหมุนรอบแกน  $Z$  (Fictitious Rotation Stiffness) ที่เพิ่มเข้าไป หาได้โดยอาศัยหลักการที่ว่า ค่าสตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อยจะขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ความหนาและพื้นที่ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีนี้กับโครงสร้าง 3 ชนิด ปรากฏว่า ค่าระยะ-ทรุดตัว ค่าแรงดึงหรืออัดและค่าแรงดัด ดิพอที่จะใช้เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเปลือกบางได้

Thesis Title            Finite Element Analysis of Shell-Type Structures  
Name                    Mr. Prida Sirisriro  
Thesis Advisor        Assistant Professor Thaksin Thepchatri, Ph.D.  
Department            Civil Engineering  
Academic Year        1979

#### ABSTRACT

This research presents a finite element method for analyzing shell-type structures. Fictitious rotation stiffness is used in computing element stiffness which has 6 degrees of freedom at each node (translations in X,Y,Z axes and rotations about X,Y,Z axes). The proposed method eliminates problem of, firstly, the numerical computation due to the existing equations  $0=0$  which arise when directions of local and global coordinates are coincided, and secondly, the singular equations which arise when adjacent elements of the structural model are coplanar. In computing element stiffness, QM5 (Quadrilateral Element with 5 Nodes) which has four corner nodes and one interior node is used to obtain quadrilateral membrane stiffness. The element has two degrees of freedom at each node, i.e., translations in X and Y directions. ACM (Rectangular Element with 4 Nodes), on the other hand, is used to obtain rectangular bending stiffness. The element has three degrees of freedom at each node, i.e., translation in Z direction and rotations about X and Y directions. The sixth degree of freedom is the fictitious rotation about Z direction. Its stiffness is functions of the elastic constant, thickness and area of the element. Results from the analysis of 3 structures using the proposed method reveal that deflections, forces and moments are reasonably good for analysis and design of shell-type structures.



### กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติศรี ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติและได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศู ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนสำหรับการวิจัยเรื่องนี้ และขอขอบคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่แผนกวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องคำนวณคอมพิวเตอร์



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . .	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . .	จ
กิตติกรรมประกาศ . . . . .	ฉ
สารบัญ . . . . .	ช
รายการตารางประกอบ . . . . .	ฅ
รายการรูปประกอบ . . . . .	ญ
สัญลักษณ์ . . . . .	ฎ
ศัพท์วิทยาการ . . . . .	ฏ
บทที่	



๑. บทนำ . . . . .	๑
๑. บททั่วไปและความ เป็นมาของปัญหา . . . . .	๑
๒. บทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง . . . . .	๔
๓. วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย . . . . .	๖
๒. ภูมิหลังของทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ . . . . .	๗
๑. บทนำ . . . . .	๗
๒. สมมุติฐาน . . . . .	๗
๓. การหาค่าพลังงานเนื่องจากความเครียด . . . . .	๘
๓. การหาค่าสตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อย . . . . .	๑๑
๑. สตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อยส่วนที่เกี่ยวกับพฤติกรรมในแนวระนาบ . . . . .	๑๑
๒. สตีฟเนสของชิ้นส่วนย่อยส่วนที่เกี่ยวกับพฤติกรรมนอกระนาบ . . . . .	๑๖
๔. วิธีการไฟไนท์เอลเมนต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ . . . . .	๒๔
๑. การหาค่าสตีฟเนสที่สอดคล้องกับการหมุนรอบแกน Z . . . . .	๒๔

๒.	การหาค่าแมทริกซ์แปรเปลี่ยน . . . . .	๒๖
๓.	การวิเคราะห์หาค่าแรงในแนวระนาบและแรงตัด . . . . .	๓๔
๔.	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ . . . . .	๓๕
๕.	ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ . . . . .	๓๘
๑.	โครงสร้างแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส . . . . .	๓๘
๒.	โครงสร้างเปลือกบางรูปทรงกระบอกขอบด้านข้างอิสระ . . . . .	๔๐
๓.	โครงสร้างเปลือกบางรูปทรงกระบอกตัวใน . . . . .	๔๒
๖.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ . . . . .	๗๑
๑.	สรุปผลการวิจัย . . . . .	๗๑
๒.	ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป . . . . .	๗๒
เอกสารอ้างอิง . . . . .		๗๓
ภาคผนวก . . . . .		๗๔
ประวัติ . . . . .		๑๑๒



## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
๓.๑ พจน์ต่างๆสำหรับแมทริกซ์ B ในสมการ ๓.๑๒	๑๗
๓.๒ พจน์ต่างๆสำหรับแมทริกซ์ A และ $A^{-1}$	๒๒
๕.๑ ค่าระยะทรุดตัวตามแนวสมมาตร X และ Y ของแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส	๕๕
๕.๒ ค่าโมเมนต์ตามแนวสมมาตร X ของแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส	๕๖
๕.๓ ค่าโมเมนต์ตามแนวสมมาตร Y ของแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส	๕๖
๕.๔ ค่าระยะทรุดตัวที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบาง ขอบด้านข้างอิสระ	๕๓
๕.๕ ค่าระยะเคลื่อนที่ในทิศทาง y บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือก บางขอบด้านข้างอิสระ	๕๓
๕.๖ ค่าโมเมนต์ $M_Y$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือก บางขอบด้านข้างอิสระ	๕๔
๕.๗ ค่าแรง $F_X$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางขอบ ด้านข้างอิสระ	๕๔
๕.๘ ค่าแรง $F_Y$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบาง ขอบด้านข้างอิสระ	๕๕
๕.๙ ค่าแรง $F_{xy}$ บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ	๕๕
๕.๑๐ ค่าแรง $F_Y$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน	๖๓
๕.๑๑ ค่าแรง $F_{xy}$ บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน	๖๓
๕.๑๒ ค่าแรง $F_X$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน	๖๔
๕.๑๓ ค่าโมเมนต์ $M_Y$ ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน	๖๔
๕.๑๔ ค่าระยะทรุดตัวในแนวแกน Z ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้าง เปลือกบางตัวใน	๖๕

## รายการรูปประกอบ

รูปที่

หน้า

๓.๑	แสดงรูปร่างลักษณะของชิ้นส่วนย่อย QM5	๑๓
๓.๒	แสดงดีกรีของความอิสระสำหรับชิ้นส่วนย่อย QM5	๑๓
๓.๓	แสดงรูปร่างลักษณะของชิ้นส่วนย่อย ACM	๑๔
๓.๔	แสดงดีกรีของความอิสระสำหรับชิ้นส่วนย่อย ACM	๑๔
๔.๑	แสดงดีกรีของความอิสระสำหรับชิ้นส่วนของโครงสร้างเปลือกบาง	๒๕
๔.๒	แสดงการวางตัวของเวกเตอร์ $i$ ในระบบแกนอ้างอิง $X, Y, Z$	๓๑
๔.๓	แสดงการหมุนรอบแกน $Y$ จากระบบ $X, Y, Z$ เป็น $X_\alpha, Y_\alpha, Z_\alpha$	๓๑
๔.๔	แสดงการหมุนรอบแกน $Z$ จากระบบ $X_\alpha, Y_\alpha, Z_\alpha$ เป็น $X_\beta, Y_\beta, Z_\beta$	๓๒
๔.๕	แสดงการหมุนรอบแกน $X_\beta$ จากระบบ $X_\beta, Y_\beta, Z_\beta$ เป็น $X_m, Y_m, Z_m$	๓๒
๔.๖	แสดงมุม $\psi$ ของระบบการหมุน $Y - Z - X$	๓๓
๕.๑	แสดงทิศทางที่เป็นบวกของแรงในระนาบและแรงดัด	๔๓
๕.๒	แสดงแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนที่รองรับปรกติ	๔๔
๕.๓	แสดงการแบ่งชิ้นส่วนย่อยการจัดหมาย เลขชี้กำลังและชิ้นส่วนย่อยของ แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	๔๔
๕.๔	แสดงการเปรียบเทียบระยะทรุดตัว ( $w$ ) ในแนวแกน $X$ และ $Y$ ของแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	๔๗
๕.๕	แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_x$ ) ในแนวแกน $X$ ของแผ่น พื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	๔๘
๕.๖	แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_y$ ) ในแนวแกน $y$ ของแผ่น พื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	๔๘
๕.๗	แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_x$ ) ในแนวแกน $y$ ของแผ่นพื้น สี่เหลี่ยมจัตุรัส	๕๐

- ๕.๘ แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_y$ ) ในแนวแกน Y ของแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ๕๑
- ๕.๙ แสดงชิ้นส่วนของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระที่พิจารณา ๕๒
- ๕.๑๐ แสดงการแบ่งชิ้นส่วนย่อย การจัดหมายเลขชิ้นและชิ้นส่วนย่อยของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๕๒
- ๕.๑๑ แสดงการเปรียบเทียบระยะทรุดตัว ( $w$ ) ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๕๖
- ๕.๑๒ แสดงการเปรียบเทียบระยะเคลื่อนที่ในทิศทาง Y บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๕๗
- ๕.๑๓ แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_y$ ) ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๕๘
- ๕.๑๔ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_x$  ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๕๙
- ๕.๑๕ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_y$  ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๖๐
- ๕.๑๖ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_{xy}$  บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือกบางขอบด้านข้างอิสระ ๖๑
- ๕.๑๗ แสดงโครงสร้างเปลือกบางรูปทรงกระบอกตัวใน ๖๒
- ๕.๑๘ แสดงการแบ่งชิ้นส่วนย่อยออกเป็นขนาด 4x5 และ 8x10 ๖๒
- ๕.๑๙ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_y$  ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน ๖๖
- ๕.๒๐ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_{xy}$  บริเวณที่รองรับของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน ๖๗
- ๕.๒๑ แสดงการเปรียบเทียบค่า  $F_x$  ที่ส่วนตัดกึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน ๖๘

- ๕.๒๒ แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ ( $M_y$ ) ที่ส่วนตัดกึ่งกลาง  
ตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน ๖๕
- ๕.๒๓ แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทรุดตัวตามแกน  $Z$  ที่ส่วนตัด  
กึ่งกลางตามขวางของโครงสร้างเปลือกบางตัวใน ๗๐

### สัญลักษณ์

- 'x = อนุพันธ์เทียบกับ x
- = ปริมาณที่อยู่ใต้เครื่องหมายนี้จะอยู่ใน Global Coordinate System
- ~ = ปริมาณแวกเตอร์
- [ ] = แมททริกซ์
- a, b = ขนาดของชิ้นส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- A = พื้นที่ของชิ้นส่วนย่อย
- [B'] = แมททริกซ์เชื่อมระหว่างตัวแปร เคลื่อนที่ที่ขึ้นกับความเครียดในระนาบ
- [B''] = แมททริกซ์เชื่อมระหว่างตัวแปร เคลื่อนที่ที่ขึ้นกับความเครียดเนื่องจากแรงตัด
- [D] = แมททริกซ์เชื่อมระหว่างความเครียดกับความเค้น
- E = โมดูลัสยืดหยุ่น
- h<sub>i</sub> = ฟังก์ชันแห่งการประมาณสำหรับชิ้นส่วนย่อย QM5
- J = Jacobian determinant
- [K<sub>B</sub>] = แมททริกซ์สติเฟเนสส่วนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมนอกระนาบใน Global Coordinate
- [K<sub>u</sub>] = แมททริกซ์สติเฟเนสส่วนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในระนาบใน Global Coordinate
- [K<sub>c</sub>] = แมททริกซ์สติเฟเนสของโครงสร้าง
- U = พลังงาน เนื่องจากความเครียดทั้งหมดของชิ้นส่วนย่อย
- T = ความหนาของชิ้นส่วนย่อย
- s, t = ระบบพิกัดของชิ้นส่วนย่อย QM5
- x, y, z = ระบบพิกัดอ้างอิง
- x', y', z' = ระบบพิกัดที่แกนทั้ง ๓ ตั้งฉากกันของชิ้นส่วนย่อย
- u, v = ตัวแปรการเคลื่อนที่ในระนาบ
- z = ระยะทาง วัดตั้งฉากจากผิวกลาง (MIDDLE SURFACE) ถึงผิวมีค่า เป็นครึ่งหนึ่งของความหนา



$u, v, w$	=	ตัวแปรการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนย่อย ตามแกน $x', y', z'$ ตามลำดับ
$W(x, y)$	=	ตัวแปรการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงดัดของชิ้นส่วนย่อย
$\epsilon'_x, \epsilon'_y, \epsilon'_{xy}$	=	ความเครียดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแนวระนาบ
$\epsilon''_x, \epsilon''_y, \epsilon''_{xy}$	=	ความเครียดเนื่องจากแรงดัด
$\sigma$	=	ความเค้นเนื่องจากแรงดัด
$P$	=	แรงกระทำที่ผิวของชิ้นส่วนย่อย
$\tilde{r}$	=	ตัวแปรการเคลื่อนที่และตัวแปรการหมุนที่ผิวของชิ้นส่วนย่อย
$\theta_x, \theta_y, \theta_z$	=	ตัวแปรการหมุนของชิ้นส่วนย่อยรอบแกน $x', y', z'$ ตามลำดับ
$\Phi$ $\tilde{B}$	=	ฟังก์ชันการประมาณเนื่องจากแรงดัด
$\alpha$ $\tilde{\alpha}$	=	สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันโพลีโนเมียล
$\alpha$	=	สัมประสิทธิ์ของ Fictitious Rotation Stiffness
$\nu$	=	อัตราส่วนยืดหด
$F$ $\tilde{F}$	=	แรงในระนาบ
$M$ $\tilde{M}$	=	แรงดัด
QM5	=	Quadrilateral Element with 5 Nodes.
ACM	=	Rectangular Element with 4 Nodes (used by Adini and Clough)
PROPOSED METHOD	=	Finite Element Method (using QM5+ACM)

## ศัพท์วิทยาการ

การรวมส่วนย่อยโดยตรง	Direct Stiffness
การหมุน	Rotation
ข้อ	Nodal Point
ความเครียด	Strain
ความเค้น	Stress
ความประสานเข้ากันได้	Compatibility
โครงสร้างเปลือกบาง	Shell
ชิ้นส่วนย่อย	Element
นิพจน์	Expression
โพลีโนเมียล	Polynomial
ไฟไนต์เอลเมนต์	Finite Element
ฟังก์ชันการเคลื่อนที่	Displacement Model
ฟังก์ชันแห่งการประมาณ	Interpolation Functions
ภาวะเงื่อนไขขอบบนพื้นผิว	Boundary Condition
โมดูลัสยืดหยุ่น	Modulus of Elasticity
เมทริกซ์แปรเปลี่ยน	Transformation Matrix
ระบบพิกัด	Coordinate System
ระยะเคลื่อน	Displacement
เวกเตอร์	Vector
สติฟเนส	Stiffness
สมการเชิงเส้น	Linear Equation
สัมประสิทธิ์	Coefficient
สมมาตร	Symmetry
อัตราส่วนยืดหยุ่น	Poisson's Ratio
อินทิเกรต	Integrate