บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

คอมพิวเตอร์มีประโยชน์มากในงานด้านวิศวกรรม เช่น งานออกแบบและงานวิเคราะห์โครงสร้าง เป็นต้น ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้ได้มีการพัฒนาปรับปรุงไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์โดยให้มีราคาถูกลงแต่ประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น โดยเฉพาะไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีใช้ในปัจจุบันนี้มีความสะดวกในการใช้งาน ราคาไม่แพงและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเมนเฟรม

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เขียนขึ้นโดยใช้ภาษาแอปเปิ้ลซอฟท์เบสิค (Applesoft BASIC) ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายในการศึกษาและเขียนโปรแกรม โดยใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II ที่มีหน่วยความจำหลัก 48 กิโลไบท์ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีความเร็วในการประมวลผล 1 MHz โดยที่ข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกป้อนเข้าไปจะถูกนำไปเก็บไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก (Diskette) เพื่อนำไปใช้ภายหลัง

อนึ่งในขณะที่เริ่มทำงานวิจัยนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบ 8 บิท (เบอร์ 6502) เป็นเครื่องที่ได้รับความนิยมและมีราคาไม่แพง จึงได้เลือกใช้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบนี้ แต่ในปัจจุบันเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิทกำลังเป็นที่นิยม เพราะมีหน่วยความจำหลัก หน่วยความจำสำรองและความเร็วในการประมวลผลมากกว่า กล่าวคือ หน่วยความจำหลักขยายได้สูงสุดถึง 1024 กิโลไบท์ โดยทั่วไปใช้หน่วยความจำหลักประมาณ 256 กิโลไบท์ หน่วยประมวลผลกลางมีความเร็วในการประมวลผล 4 MHz (สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088) แต่การทำงานในภาษาเบสิคนั้น เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิทถูกจำกัด โดยโปรแกรมที่ใช้แปลภาษา ให้ใช้หน่วยความจำหลักได้ไม่เกิน 64 กิโลไบท์ (ในขณะนี้) ซึ่งมากกว่าเครื่อง Apple II เพียงเล็กน้อย ดังนั้นข้อได้เปรียบของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิทก็คือ สามารถประมวลผลได้เร็วกว่าและมีหน่วยความจำสำรองมากกว่าเท่านั้น ข้อเสียก็คือ มีราคาแพงกว่าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ 8 บิท สำหรับโปรแกรมในงานวิจัยนี้สามารถ

นำไปใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิทได้ โดยการเปลี่ยนแปลงคำสั่งบางคำสั่งให้เหมาะสมกับเครื่องชนิดนั้น ๆ

1.2 ความเป็นมาของปัญหา

ในการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนของโครงอาคารหลายชั้นซึ่งรับแรงกระทำด้านข้าง ในการวิเคราะห์โดยประมาณจะสมมุติว่าผนังต้านแรงเฉือนมีพฤติกรรมแบบคานลึก แต่ถ้าผนังต้านแรงเฉือนมีช่องเปิดก็จะมีพฤติกรรมที่แตกต่างไปจากคานลึก ดังนั้นการโก่งตัว (Deflection) และความเค้นที่เกิดขึ้นจึงมีค่าแตกต่างออกไป ทำให้มีผู้เสนอวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ โดยใช้วิธีสมมุติให้จุดต่ออยู่ในภาวะต่อเนื่อง (Continuum Connection Technique) คือการแทนแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อมแต่ละตัวที่เชื่อมระหว่างผนังต้านแรงเฉือนทั้งสอง ด้วยแรงเฉือนที่กระจายสม่ำเสมอในช่วงความสูงของชั้น แต่วิธีวิเคราะห์โดยประมาณแบบนี้ไม่ได้พิจารณาในจุดสำคัญ ๆ เช่น ความเค้นที่เกิดขึ้นตรงรอยต่อระหว่างคานเชื่อมกับผนังต้านแรงเฉือนและการบิดเบี้ยวที่รอยต่อของผนังต้านแรงเฉือนกับคานเชื่อมอันเนื่องมาจากโมเมนต์และแรงของคานเชื่อม

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้นำเอาวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ (Finite Element) มาเป็นวิธีวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนโดยใช้ร่วมกับวิธีสติฟเนสโดยตรง (Direct Stiffness Method) เพราะเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องในการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ มีความสะดวกและรวดเร็วในการแก้ไขปัญหาเนื่องจากมีไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์อย่างลึกซึ้ง และเหตุผลอีกประการหนึ่งก็คือ ในการวิเคราะห์จะต้องมีการแก้สมการ จำนวนสมการขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วของชิ้นส่วนย่อยของผนังต้านแรงเฉือน ถ้าขั้วของชิ้นส่วนย่อยมีจำนวนมาก จำนวนสมการก็มากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงได้นำเอาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ช่วยในการวิเคราะห์ แต่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มีขอบเขตจำกัดที่หน่วยความจำของเครื่อง ดังนั้นเมื่อผนังต้านแรงเฉือนมีขั้วของชิ้นส่วนย่อยจำนวนมากขึ้น จำนวนสมการจะมากเกินความสามารถของเครื่องจึงได้นำเอาวิธีฟรอนทัล (Frontal Method)(6) มาช่วยในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ผนังต้านแรงเฉือนส่วนใหญ่จะมีลักษณะรูปร่างในแต่ละชั้นเหมือนกันตลอดความยาวของผนังต้านแรงเฉือน จึงสามารถนำเอาวิธีโครงสร้างย่อย (Substructure Method)(12) มาประยุกต์ในการวิเคราะห์ ทำให้เนื้อที่ความจำที่จะต้องใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ลดลงได้มาก จึงสามารถวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนที่มีจำนวนขั้วของชิ้นส่วนย่อยได้มากขึ้น

1.3 ภูมิหลังงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์หาความเค้นและการโก่งตัวที่เกิดขึ้นในผนังต้านแรงเฉือนโดยวิธีประมาณ มีผู้วิจัยหลายคน เช่น Beck (1) Rosman (2) ได้ใช้วิธีให้จุดต่ออยู่ในภาวะต่อเนื่อง โดยมีสมมุติฐานในการโก่งตัวว่า จุดดัดกลับอยู่ที่กึ่งกลางของคานเชื่อมเหมือนกัน Coull และ Puri (3) ได้ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกันโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนรูปไปเนื่องจากแรงเฉือนในผนังต้านแรงเฉือนด้วย

Sensmeier (4) ได้นำเอาวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Technique) มาวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนที่รับแรงกระทำเป็นจุดที่จุดยอดของผนังต้านแรงเฉือนเพียงกรณีเดียว

Girijavallabkan (5) ได้นำเอาวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์มาวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนโดยการแบ่งโครงสร้างออกเป็นชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมและเปรียบเทียบผลที่ได้

วิธีฟรอนทัล ผู้ที่เสนอวิธีนี้ได้แก่ Irons (6) เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์โครงสร้างชนิดไฟไนต์เอเลเมนต์ เขียนโปรแกรมเป็นภาษาฟอร์แทรน ใช้แก้ปัญหาของเมตริกซ์สมมาตรและเป็นชนิดบวกแน่นอน (Positive Definite) ต่อมา Johnson (7) ได้ทำการศึกษาแบ่งฟรอนต์เมตริกซ์ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดหน่วยความจำของเครื่องเมนเฟรม โดยเก็บข้อมูลแต่ละเมตริกซ์ย่อยลงในหน่วยความจำสำรอง

Beer และ Haas (8) ได้ทำการแบ่งฟรอนต์เมตริกซ์ให้มีขนาดพอเหมาะเพื่อจะได้ลดจำนวนครั้งในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างหน่วยความจำหลักกับหน่วยความจำสำรอง ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องมินิคอมพิวเตอร์และไมโครคอมพิวเตอร์

นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยนำเอาวิธีฟรอนทัลไปประยุกต์กับการวิเคราะห์โครงสร้างชนิดต่าง ๆ เช่น Natarajan (9) ได้นำไปวิเคราะห์เสาสายส่ง และเริงเดชา รัชตโพธิ์ (22) ได้ใช้วิธีฟรอนทัลวิเคราะห์ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติของ ปตท. โดยทำโปรแกรมภาษาเบสิคสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ NEC

Przemieniecki (12) เป็นผู้เสนอวิธีโครงสร้างย่อยไว้โดยแบ่งโครงสร้างออกเป็นโครงสร้างย่อย ซึ่งแต่ละโครงสร้างย่อยจะมีหมายเลขขั้วและหมายเลขชิ้นส่วนย่อยเอง และหาผลเฉลยทีละโครงสร้างย่อย จากนั้นจะนำมารวมกันแล้วหาผลเฉลยอีกครั้งหนึ่ง วิธีนี้ช่วยลด

ขนาดของหน่วยความจำ ทำให้แก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ และมีผู้นำเสนออีกหลายคน เช่น Peterson และ Popov (15) ได้นำมาใช้กับโครงสร้างย่อยหลายระดับ (Multi-Level Substructuring) เพื่อช่วยลดจำนวนตัวแปรที่จะต้องรวมและกำจัดในโครงสร้างย่อยแต่ละระดับ Pekau และ Huttelmaier (16) ได้นำมาวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนโดยการแบ่งโครงสร้างออกเป็นโครงสร้างย่อยหลายชนิด และโครงสร้างย่อยหลายระดับ

เมื่อนำเอาวิธีฟรอนทัลและโครงสร้างย่อยมาประยุกต์รวมกัน ได้มีผู้นำไปใช้วิเคราะห์โครงสร้างชนิดต่าง ๆ เช่น Tiong (17) ได้นำมาวิเคราะห์โครงสร้าง 3 มิติที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดความยาวโครงสร้าง

สำหรับการนำเอาไฟไนต์เอเลเมนต์มาประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ได้มีผู้วิจัย เช่น Udomlurgchai (19) ได้นำเอาโปรแกรม FEAP ของ Taylor (13) มาประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์สามารถนำมาวิเคราะห์โครงข้อหมุน โครงข้อแข็ง 2 มิติและ 3 มิติ ปัญหาความเค้นระนาบและความเครียดระนาบ Plane Stress & Plane Strain Problems) และโครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนย่อยแบบแผ่น (Plate Element)

เริงเดชา รัชตโพธิ์ (21) ได้พัฒนาโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับระบบไฟไนต์เอเลเมนต์ โดยอาศัยวิธีฟรอนทัลร่วมกับวิธีโครงสร้างย่อยหลายระดับ

1.4 สมมุติฐานในการวิจัย

สมมุติฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

1. วัสดุมีพฤติกรรมเชิงเส้น ไอโซทรอปิก (Isotropic) และอีลาสติก (Elastic)
2. ให้แรงกระทำกระทำที่ขั้วของชิ้นส่วนย่อย
3. ความหนาของชิ้นส่วนย่อยแต่ละชิ้นมีค่าคงที่

1.5 วิธีไฟไนต์เอเลเม้นต์ (Finite Element Method)

การวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนโดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์นั้น ลำดับแรกจะแบ่งผนังต้านแรงเฉือนออกเป็นชิ้นส่วนย่อยรูปสี่เหลี่ยมที่เชื่อมต่อกันด้วยข้อ (Nodes) และกำหนดฟังก์ชั่นการเคลื่อนที่ (Displacement Functions) ของจุดต่าง ๆ ในชิ้นส่วนย่อยเพื่อใช้แสดงพฤติกรรมของโครงสร้างสมมุติ ฟังก์ชั่นการเคลื่อนที่ที่เลือกใช้จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1.5.1 เป็นฟังก์ชั่นที่มีความต่อเนื่องระหว่างชิ้นส่วนย่อยข้างเคียง (Continuity with Adjacent Elements)

1.5.2 ประกอบด้วยความเครียดคงที่ตลอดทั้งชิ้นส่วนย่อย (Constant Strain)

1.5.3 ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็ง (Rigid Body Displacement)

การเคลื่อนที่ ณ จุดใด ๆ ภายในชิ้นส่วนย่อยสามารถหาได้ในเทอมของการเคลื่อนที่ที่ข้อ ในรูปของสมการจะได้

$$u = \underset{\sim}{N}\,\underset{\sim}{r} \qquad (1.1)$$

โดยที่ u = การเคลื่อนที่ที่จุดใด ๆ ภายในชิ้นส่วนย่อย

$\underset{\sim}{r}$ = เวกเตอร์ของการเคลื่อนที่ที่ข้อ

$\underset{\sim}{N}$ = เวกเตอร์ของฟังก์ชั่นสัณฐาน (Shape Function)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริก (Isoparametric Elements) ในการวิเคราะห์โดยมีอยู่ 2 แบบคือ ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้นและชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ฟังก์ชั่นสัณฐานแต่ละข้อสามารถเขียนได้ดังนี้

สำหรับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้น (Q4)

$$
\left.\begin{aligned}
N_1 &= \tfrac{1}{4}(1-s)(1-t) \\
N_2 &= \tfrac{1}{4}(1+s)(1+t) \\
N_3 &= \tfrac{1}{4}(1+s)(1+t) \\
N_4 &= \tfrac{1}{4}(1-s)(1+t)
\end{aligned}\right\} \quad (1.2)
$$

สำหรับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง (Q8)

$$
\left.\begin{aligned}
N_1 &= \tfrac{1}{4}(1-s)(1-t)(1+s+t) \\
N_2 &= \tfrac{1}{4}(1+s)(1-t)(s-t-1) \\
N_3 &= \tfrac{1}{4}(1+s)(1+t)(s+t-1) \\
N_4 &= \tfrac{1}{4}(1-s)(1+t)(-s+t-1) \\
N_5 &= \tfrac{1}{2}(1-s^2)(1-t) \\
N_6 &= \tfrac{1}{2}(1+s)(1-t^2) \\
N_7 &= \tfrac{1}{2}(1-s^2)(1+t) \\
N_8 &= \tfrac{1}{2}(1-s)(1-t^2)
\end{aligned}\right\} \quad (1.3)
$$

โดยที่ s,t = พิกัดของชิ้นส่วนย่อย

x,y = พิกัดของโครงสร้าง

เมื่อทราบค่าการเคลื่อนที่ที่ขั้วแล้ว สามารถหาความเครียดที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนย่อยได้ ในรูปของสมการจะได้

$$\underset{\sim}{\varepsilon} = \underset{\sim}{B}\,\underset{\sim}{r} \quad (1.4)$$

โดยที่ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ = เวกเตอร์ของความเครียด ณ จุดใด ๆ ในชิ้นส่วนย่อย

$\underset{\sim}{B}$ = เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการเคลื่อนที่

จากทฤษฎีความยืดหยุ่น จะได้

$$\underset{\sim}{\sigma} = \underset{\sim}{D}\,\underset{\sim}{\varepsilon} \quad (1.5)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ $\underset{\sim}{\sigma}$ = เวกเตอร์ของความเค้น ณ จุดใด ๆ ในชิ้นส่วนย่อย

$\underset{\sim}{D}$ = เมตริกซ์ความยืดหยุ่น (Elasticity Matrix)

สำหรับปัญหาความเค้นระนาบ

$$\underset{\sim}{D} = \frac{E}{1-\nu^2}\begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

สำหรับปัญหาความเครียดระนาบ

$$\underset{\sim}{D} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}\begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}$$

โดยที่ E = โมดูลัสความยืดหยุ่น

ν = อัตราส่วนพอยซอง

โดยทั่วไปการใช้ฟังก์ชั่นการเคลื่อนที่ร่วมกับทฤษฎีความยืดหยุ่นและหลักการของพลังงานศักย์รวมต่ำสุด (Minimization of the Total Potential Energy) จะสามารถหาสติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยได้ดังนี้

พลังงานศักย์รวมของชิ้นส่วนย่อย (U_e) สามารถเขียนในรูปสมการได้

$$U_e = \tfrac{1}{2}\int_v \underset{\sim}{\sigma}^T \underset{\sim}{\varepsilon}\, dv - \int_v u^T p\, dv - \int_s u^T q\, d\, s \qquad (1.6)$$

โดยที่ p = น้ำหนักของวัตถุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

q = แรงกระทำที่ผิว (Surface Traction)

แทนค่า (1.1), (1.4) และ (1.5) ลงใน (1.6) จะได้

$$U_e = \tfrac{1}{2}\int_v \underset{\sim}{r}^T \underset{\sim}{B}^T \underset{\sim}{D}\, \underset{\sim}{B}\, \underset{\sim}{r}\, dv - \int_v \underset{\sim}{r}^T \underset{\sim}{N}^T p\, dv - \int_s \underset{\sim}{r}^T \underset{\sim}{N}^T q\, ds \quad (1.7)$$

พลังงานศักย์รวมต่ำสุดของชิ้นส่วนย่อยเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่ที่ขั้วของชิ้นส่วนย่อย จะได้

$$\frac{\partial U_e}{\partial \underset{\sim}{r}} = \int_v (\underset{\sim}{B}^T \underset{\sim}{D}\, \underset{\sim}{B})\, \underset{\sim}{r}\, dv - \int_v \underset{\sim}{N}^T p\, dv - \int_s \underset{\sim}{N}^T q\, ds$$

$$= \underset{\sim}{K}_e \underset{\sim}{r} - \underset{\sim}{F}_e \quad (1.8)$$

โดยที่

$$\underset{\sim}{K}_e = \int_v \underset{\sim}{B}^T \underset{\sim}{D}\, \underset{\sim}{B}\, dv \quad (1.9)$$

$$\underset{\sim}{F}_e = \int_v \underset{\sim}{N}^T p\, dv + \int_s \underset{\sim}{N}^T q\, ds \quad (1.10)$$

$\underset{\sim}{B}^T$ = เมตริกซ์สลับเปลี่ยนของ $\underset{\sim}{B}$

$\underset{\sim}{K}_e$ = สติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนย่อย

$\underset{\sim}{F}_e$ = เวกเตอร์ของแรงของชิ้นส่วนย่อย

เมื่อนำเทอมต่าง ๆ ในสมการ (1.8) ของทุกชิ้นส่วนย่อยมารวมกันและมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าโครงสร้างนั้นอยู่ในสมดุลย์

สาเหตุที่เลือกชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเป็นชิ้นส่วนย่อยของโครงสร้างสมมุตินั้น ทั้งนี้เพราะชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกให้ผลลัพธ์ถูกต้องและมีความสะดวกในการใช้มากกว่าชิ้นส่วนย่อยสามเหลี่ยมเมื่อใช้จำนวนของระดับขั้นความเสรีเท่ากัน (11, 13) และการเลือกใช้ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสองมาเทียบกับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้น เพราะชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสองมีพฤติกรรมในการรับแรงดัดที่ดีกว่า ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้เปรียบเทียบความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ระหว่างชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้นกับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า วิธีไฟไนต์เอเลเมนต์จะให้ผลลัพธ์ถูกต้องมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การสมมุติลักษณะการเคลื่อนที่ของจุดต่าง ๆ ภายในชิ้นส่วนย่อยว่าจะใกล้เคียง

กับลักษณะการเคลื่อนที่จริงหรือไม่ และขึ้นอยู่กับจำนวนของชิ้นส่วนย่อยที่ประกอบรวมกันเป็นโครงสร้าง โดยชิ้นส่วนย่อยมีจำนวนมากเท่าไรพฤติกรรมของโครงสร้างสมมุติก็จะใกล้เคียงกับโครงสร้างจริงมากยิ่งขึ้นเท่านั้น

1.6 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

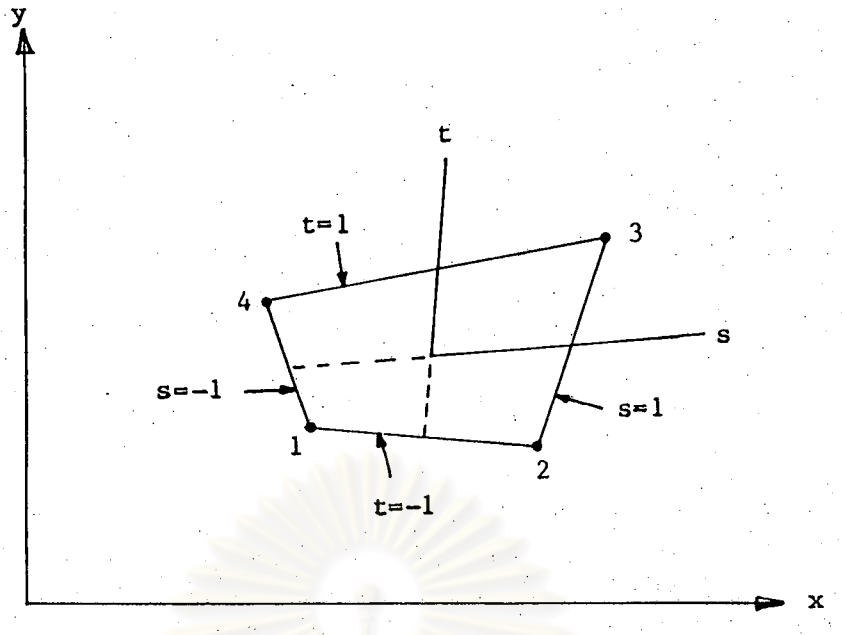
1.6.1 ศึกษาวิธีวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือน

1.6.2 ศึกษานำเอาวิธีฟรอนทัลและวิธีโครงสร้างย่อยมาประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์

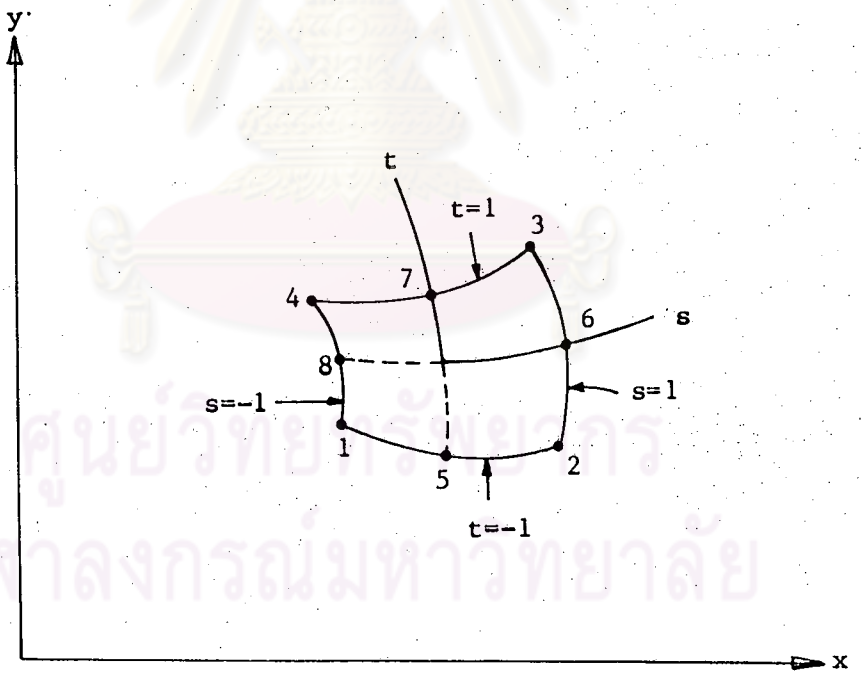
1.6.3 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ เช่น ทางด้านเวลาจำนวนหน่วยความจำที่ใช้ ระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัลธรรมดา

1.6.4 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดของชิ้นส่วนย่อยระหว่างชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้นกับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก. ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้น (Q4)



ข. ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง (Q8)

รูปที่ 1.1 แสดงรูปร่างชิ้นส่วนย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย