บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญคือ

    1.1 หน่วยประมวลผล (CPU) Intel Pentium III 800 MHz.

    1.2 หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 256 Mb.

    1.3 หน่วยความจำถาวร 30 Gb.

2. กระดาษกราฟสำหรับวาดแบบจำลองรากเทียมที่ต้องการทดสอบเพื่อหาค่าพิกัดของจุดต่างๆบนแบบจำลอง เพื่อนำไปใช้ในการวาดแบบจำลองรากเทียมในคอมพิวเตอร์

3. โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (MSC/Nastran for Windows , MacNeal-Schwendler Corporation, สหรัฐอเมริกา)

การทดสอบ

ทำการวิเคราะห์การกระจายความเค้นจากแรงบดเคี้ยวในกระดูกรอบรากเทียมและภายในรากเทียมจากการออกแบบต่าง ๆ กัน โดยใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในสองมิติ แม้ว่าการใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์แก้ปัญหาในสามมิติจะให้ค่าขนาดของความเค้นได้ใกล้เคียงกับความจริงมากกว่าปัญหาในสองมิติก็ตาม แต่การใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แก้ปัญหาในสองมิติสามารถแสดงการกระจายความเค้นได้อย่างน่าเชื่อถือเพียงพอในระดับที่ต้องการ จึงเลือกวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แก้ปัญหาในสองมิติหาการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมเนื่องจากเป็นวิธีที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือได้และใช้เวลาในการสร้างและวิเคราะห์ไม่มากนักสำหรับการวิจัยนี้

ตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมซึ่งนำมาวิเคราะห์ได้แก่ ความสอบของรากเทียม ชนิดและรูปร่างของเกลียว ความยาวของเกลียว ระยะห่างระหว่างเกลียว

แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบจะทำการจำลองรากเทียมที่ฝังอยู่ในกระดูกขากรรไกรซึ่งมีส่วนกระดูกทึบหนา 2 มิลลิเมตร[38] ขนาดของรากเทียมที่นำมาใช้วิเคราะห์เป็นขนาดมาตรฐานที่มีการใช้ในการฝังรากเทียมปัจจุบัน คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร (วัดจากปลายของเกลียวด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง) และยาว14 มิลลิเมตร กำหนดเงื่อนไขขอบเขตเป็นแบบ support-type constraints คือให้บริเวณส่วนฐานของส่วนกระดูกในแบบจำลองถูกตรึงไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน การกำหนดแบบนี้เหมาะสมที่จะใช้กับการวิเคราะห์แบบ 2 มิติ เนื่องจากอาจให้ผลที่มีความผิดพลาดได้เพียงเล็กน้อยในบริเวณส่วนฐานของแบบจำลอง แต่ไม่ส่งผลถึงบริเวณส่วนที่อยู่รอบรากเทียมซึ่งเป็นบริเวณหลักที่ต้องการวิเคราะห์ [39]

แบบจำลองมีตัวแปรที่ทำการทดสอบต่าง ๆ มีดังนี้

1. **รูปร่างของรากเทียม**

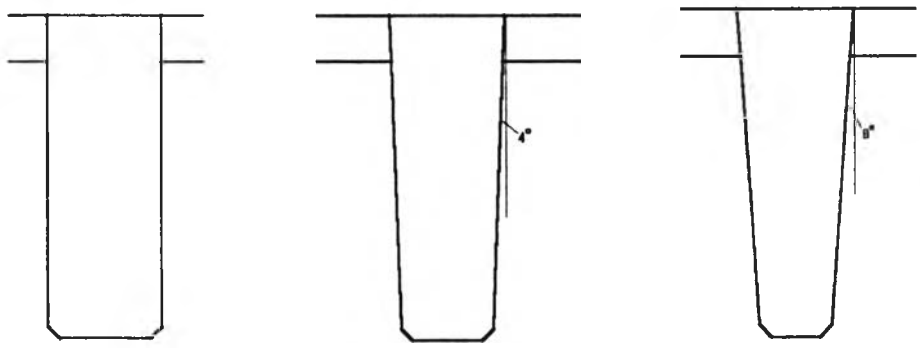
รูปร่างโดยรวมภายนอกของรากเทียมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบหลัก ๆ คือ รากเทียมทรงกระบอก และ รากเทียมที่มีลักษณะเหมือนรากฟันคือมีความสอบ ซึ่งคาดว่าจะมีผลต่อการกระจายของความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาทั้งในรากเทียมทรงกระบอก และ รากเทียมทรงสอบซึ่งใช้ค่าความสอบ 4 องศาเป็นค่ากลางเพื่อเปรียบเทียบกับทรงกระบอก และรูปทรงที่สอบมากกว่าคือ 8 องศา (ค่ามุมของความสอบ 8 องศา มาจากความสอบของรากฟันธรรมชาติรากเดียวคือฟันเขี้ยวบน[40] และเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับรากเทียมทรงสอบที่มีใช้อยู่ (Steri-Oss Replace®) ส่วนค่ามุม 4 องศาเป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเพื่อการเปรียบเทียบ) ดังนั้นรูปร่างของรากเทียมทั้งหมดที่เปรียบเทียบคือ

1.1 รากเทียมรูปร่างทรงกระบอก [รูปที่ 2.1]

1.2 รากเทียมรูปร่างสอบ 4 องศา [รูปที่ 2.2]

1.3 รากเทียมรูปร่างสอบ 8 องศา [รูปที่ 2.3]

รูปที่ 2.1 **รูปที่** 2.2 **รูปที่** 2.3



รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองรากเทียมความสอบแตกต่างกัน 3 ชนิด

2.1 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอก

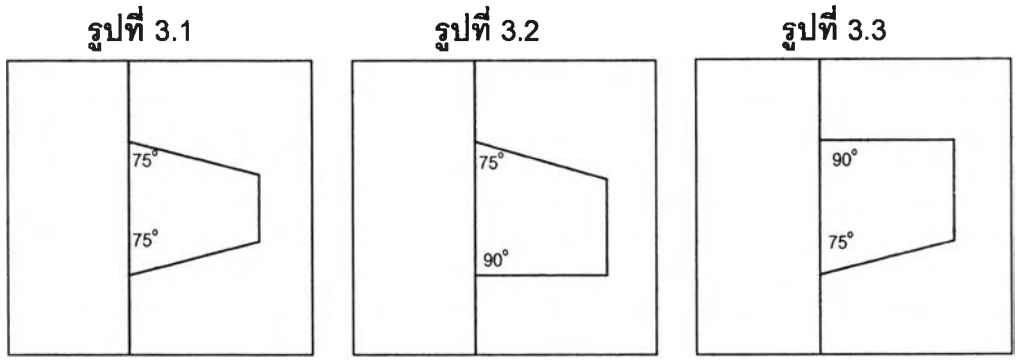
2.2 แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศา

2.3 แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 8 องศา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **ชนิดของเกลียวบนรากเทียมทรงกระบอก**

ในปัจจุบันรากเทียมที่ใช้กันอยู่มีการออกแบบในมีรูปร่างของเกลียวแตกต่างกันออกไปหลายแบบซึ่งความแตกต่างกันของรูปร่างเกลียวนี้ย่อมมีผลการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมด้วย[14,16,27] การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเกลียว 3 ชนิดที่มีใช้เป็นหลักอยู่ในรากเทียมจริง ได้แก่ 2.1 เกลียวรูปตัววีปลายตัด เกลียวชนิดนี้เป็นเกลียวที่มีใช้อยู่ในรากเทียมของ Branemark® (Nobel Biocare, California,สหรัฐอเมริกา) และ BioHorizon® (BioHorizon Implant Systems, Inc. Alabama, สหรัฐอเมริกา) เป็นต้น (รูปที่ 3.1, 4.1) 2.2 เกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส เกลียวชนิดนี้เป็นเกลียวที่ใช้อยู่ในรากเทียมของ Titanodont (Miter Incorporated, Ohio, สหรัฐอเมริกา) เป็นต้น (รูปที่ 3.2, 4.2) 2.3 เกลียวแบบบัทเทรส เกลียวชนิดนี้เป็นเกลียวที่ใช้อยู่ในรากเทียมของ Steri-Oss®(Nobel Biocare, California, สหรัฐอเมริกา) เป็นต้น (รูปที่ 3.3, 4.3)



รูปที่ 3 แสดงเกลียวสามชนิดที่ใช้ศึกษา

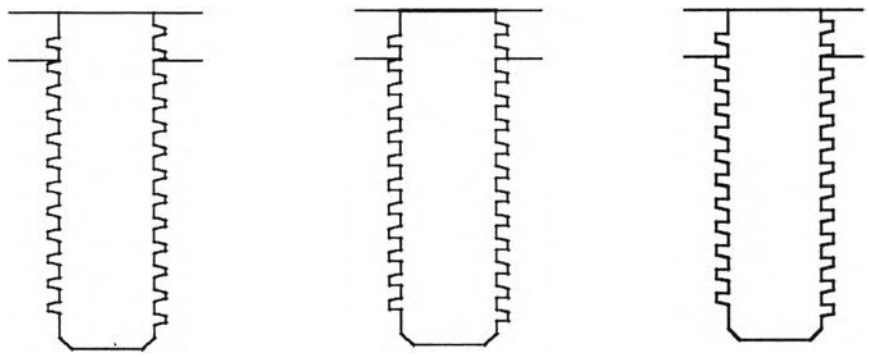
3.1 เกลียวรูปตัววี

3.2 เกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส

3.3 เกลียวแบบบัทเทรส

ในการทดลองนี้นี้จะทำการวิเคราะห์การกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวแตกต่างกันดังนี้คือ

รูปที่ 4.1 **รูปที่** 4.2 **รูปที่** 4.3



รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียว 3 ชนิด

4.1 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวรูปตัววี

4.2 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส

4.3 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวแบบบัทเทรส

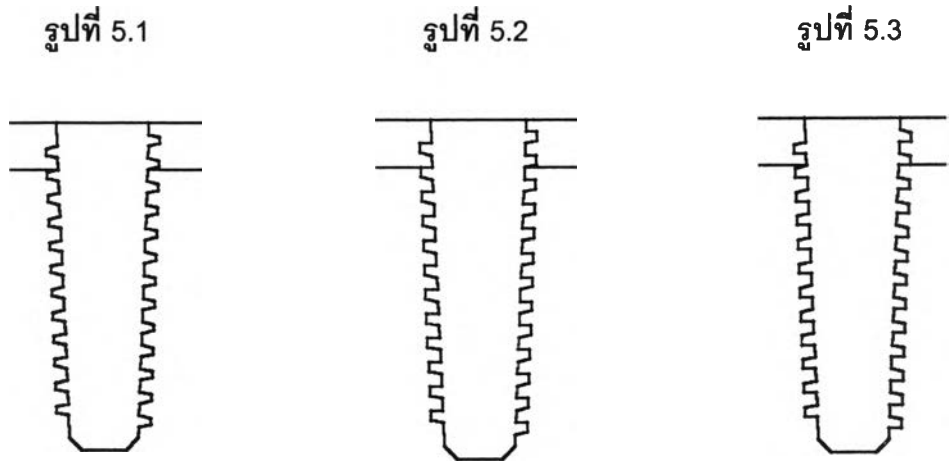
3. **ชนิดของเกลียวบนรากเทียมทรงสอบ**

เพื่อศึกษาผลของรูปร่างเกลียวต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมทรงสอบและเลือกชนิดของเกลียวเหมือนกันคือ

3.1 รากเทียมทรงสอบที่มีเกลียวรูปตัววี (รูปที่ 5.1)

3.2 รากเทียมทรงสอบที่มีเกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส (รูปที่ 5.2)

3.3 รากเทียมทรงสอบที่มีเกลียวแบบบัทเทรส (รูปที่ 5.3)



รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาเกลียว 3 ชนิด

5.1 แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มีเกลียวรูปตัววี

5.2 แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มีเกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส

5.3 แบบจำลองรากเทียมทรงสอบ 4 องศาที่มีเกลียวแบบบัทเทรส

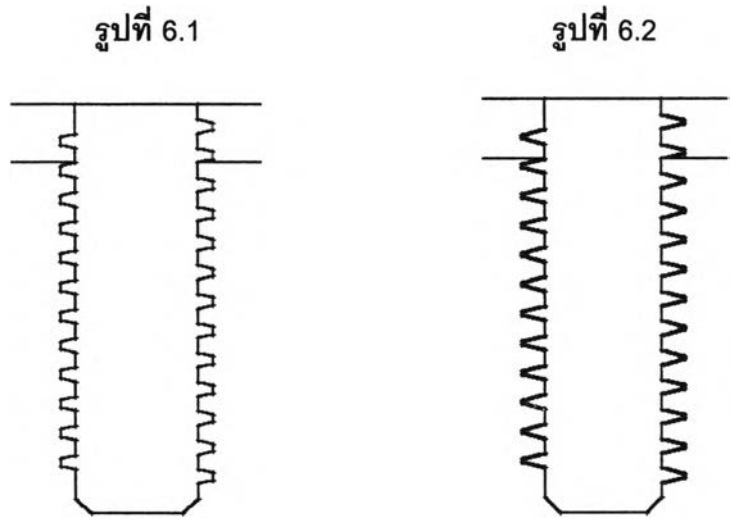
จากนั้นจึงเลือกชนิดเกลียวที่เหมาะสมในการทดสอบขั้นต่อไปดังนี้

4. **ขนาดของเกลียว**

เพื่อศึกษาถึงผลของความยาวของเกลียวต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมจึงเลือกใช้เกลียวที่มีความยาวแตกต่างกันสองขนาดเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมดังนี้

4.1 เกลียวที่มีความยาวปกติ (0.4 มิลลิเมตร) เป็นขนาดเกลียวที่ใกล้เคียงกับขนาดเกลียวในรากเทียมที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน (ตัวอย่างเช่น Steri-Oss®) โดยวัดขนาดจากภาพถ่ายเงา (projection picture) (รูปที่ 6.1)

4.2 เกลียวที่มีความยาวเป็นสองเท่าของขนาดปกติ (0.8 มิลลิเมตร) เป็นขนาดเกลียวที่กำหนดขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับเกลียวขนาดปกติ ซึ่งคาดว่าน่าจะให้ความแตกต่างได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 6.2)



รูปที่ 6 แสดงแบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวรูปตัววีความยาวเกลียวแตกต่างกัน

6.1 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวรูปตัววี ความยาว 0.4 มิลลิเมตร

6.2 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกที่มีเกลียวรูปตัววี ความยาว 0.8 มิลลิเมตร

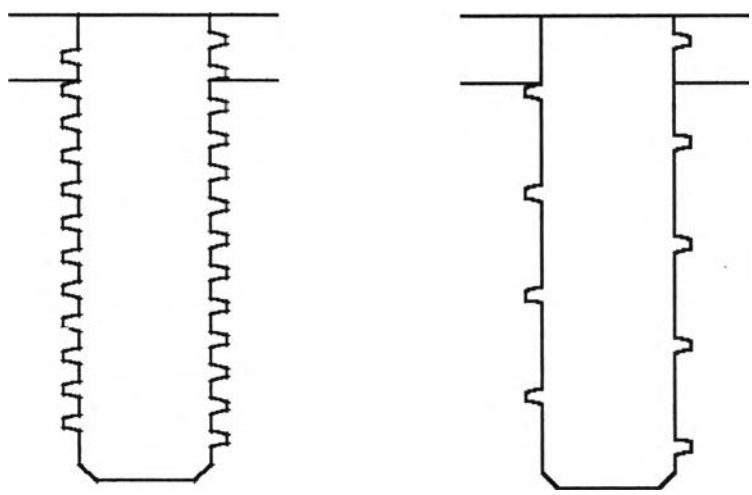
5. **ระยะห่างระหว่างเกลียว** (pitch)

เพื่อศึกษาผลของระยะห่างระหว่างเกลียวต่อการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียม โดยใช้รากเทียมที่มีระยะระหว่างเกลียวที่แตกต่างกันสองระยะดังนี้

5.1 ระยะระหว่างเกลียวแบบปกติ (0.4 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นระยะที่ใกล้เคียงกับในรากเทียมที่ใช้จริง ในรากเทียม (Steri-Oss®) วัดโดยใช้วิธีวัดจากภาพถ่ายเงาเช่นเดียวกัน (รูปที่ 7.1)

5.2 ระยะระหว่างเกลียว 4 เท่าเทียบกับระยะปกติ (1.6 มิลลิเมตร : เกลียวเว้นสองเกลียวเพื่อให้มีระดับเกลียวในแบบจำลองตรงกัน) ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับค่า 0.4 มิลลิเมตร โดยคาดว่าน่าจะให้ความแตกต่างได้ชัดเจน (รูปที่ 7.2)

รูปที่ 7.1 **รูปที่** 7.2



รูปที่ 7 แสดงแบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีที่มีระยะระหว่างเกลียวแตกต่างกัน

7.1 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีที่มีระยะระหว่างเกลียว 0.4 มิลลิเมตร

7.2 แบบจำลองรากเทียมทรงกระบอกเกลียวรูปตัววีที่มีระยะระหว่างเกลียว 1.6 มิลลิเมตร

ในการวิเคราะห์สมมติให้วัสดุทุกชนิดที่ทำการทดสอบมีคุณสมบัติทางเชิงกลที่เป็นเนื้อเดียวกัน มีคุณสมบัติทางเชิงกลที่เหมือนกันในทุกทิศทาง มีคุณสมบัติยืดหยุ่นเชิงเส้น และสมมติให้มีการยึดติดของรากเทียมกับกระดูกโดยรอบอย่างสมบูรณ์โดยมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson ratio) ของวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่า โมดูลัสยืดหยุ่น และ อัตราส่วนปัวซอง ของวัสดุในแบบจำลอง

ชนิดวัสดุ	**โมดูลัสยืดหยุ่น** (E, Pa)	**อัตราส่วนปัวซอง (ν)**
กระดูกทึบ	$13{,}700 \times 10^{6}$*	0.30*
กระดูกพรุน	$1{,}370 \times 10^{6}$**	0.30**
ไททาเนียม	$103{,}400 \times 10^{6}$***	0.33***

* Carter & splenger (1978), Bouchers & Reichart (1983)

** Bouchers & Reichart (1983)

*** Takahashi (1978), Sutter (1983)

โดยมีการนำค่าทั้งสองนี้ไปแทนค่าในสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด[30] เพื่อคำนวณหาค่าความเค้นที่เกิดขึ้น

$$\{\sigma\} = [C]\{\varepsilon\} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

$$\{\sigma\}^T = \lfloor \sigma_x \ \sigma_y \ \tau_{xy} \rfloor \quad \text{.....สมการที่ 2}$$

$$\{\varepsilon\}^T = \lfloor \varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \gamma_{xy} \rfloor \quad \text{.....สมการที่ 3}$$

$$[C] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \quad \text{.....สมการที่ 4}$$

σ = ความเค้น ε = ความเครียด

σ_x = ความเค้นตั้งฉากแกนนอน σ_y = ความเค้นตั้งฉากแกนตั้ง

τ_{xy} = ความเค้นเฉือน ε_x = ความเครียดตั้งฉากแกนนอน

ε_y = ความเครียดตั้งฉากแกนตั้ง γ_{xy} = ความเครียดเฉือน

C = ค่าคงที่

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการทดสอบแรงที่ทำกับรากเทียมในแนวดิ่ง (axial load) ขนาด 140 นิวตันซึ่งเป็นค่าแรงสูงสุดในแนวดิ่งที่กระทำกับรากเทียมในขณะใช้งาน[18]

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการใช้ โปรแกรม MSC/Nastran for windows ในการทำการวิเคราะห์

ในการทำการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง โดยหลักการแล้วขั้นตอนในการใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง สามารถแบ่งเป็นสามขั้นตอนหลักคือ

1. **ขั้นตอน** Pre-Processing คือขั้นตอนที่เริ่มตั้งแต่การสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย หรือ CAD (computer-aided design) การกำหนดค่าของคุณสมบัติสำหรับวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต และการสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

2. **ขั้นตอน** Analysis คือขั้นตอนที่ให้โปรแกรมคำนวณเพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่ได้กำหนดให้ไว้ในขั้นตอนที่ 1

3. **ขั้นตอน** Post-Processing คือขั้นตอนการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแสดงซึ่งอาจแสดงในรูปแบบของกราฟิกหรือเป็นตัวเลขก็ได้

ขั้นตอน Pre-Processing

รายละเอียดประกอบด้วย

1. วาดแบบจำลองลงในกระดาษกราฟ ขนาด 300มิลลิเมตร x 400มิลลิเมตร โดยใช้อัตราส่วน 20:1 เพื่อทำการขยายแบบจำลองให้มีขนาดใหญ่ทำให้สะดวกในการหาพิกัด ณ จุดต่าง ๆ บนแบบจำลอง หลังจากวาดแบบจำลองเสร็จแล้วจึงทำการเขียนค่าของพิกัดของจุดที่เป็นมุมที่เกิดจากเส้นสองเส้นทุกจุดในแบบจำลองเมื่อทราบค่าพิกัดของจุดทุกจุดแล้วจึงนำค่าของพิกัดดังกล่าวมาใช้ในการสร้างจุดในโปรแกรม MSC/Nastran for Windows จนครบทุกจุดแล้วทำการลากเส้นเชื่อมจุดต่าง ๆ นั้นจนได้แบบจำลอง 2 มิติ (2-Dimensional CAD Model) ในหน่วยมิลลิเมตร

2. กำหนดขอบเขตของบริเวณที่เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน (boundary surface) ในที่นี้คือ รากเทียม กระดูกทึบ และ กระดูกพรุน

3. กำหนดค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และ อัตราส่วนปัวซอง (ตารางที่ 1) ของวัสดุแต่ละชนิด โดยใช้คำสั่ง Material

4. กำหนดลักษณะของเอลิเมนต์ที่ใช้วิเคราะห์ว่ามีลักษณะอย่างไรโดยมีให้เลือก 4 ประเภทคือ line elements, plane elements, volume elements และ other elements เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์รากเทียมซึ่งปกติมีรูปร่างเป็นสามมิติแต่จะวิเคราะห์ในสองมิติดังนั้นจึงเลือกใช้เอลิเมนต์ประเภท plane element และเนื่องจากแบบจำลองมีลักษณะของเกลียวทำให้ไม่สามารถเลือกใช้เอลิเมนต์ชนิด axisymmetric ที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ได้จึงเลือกใช้เอลิเมนต์ชนิด plane strain ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์นี้

5. กำหนดค่าและทิศทางของแรงและบริเวณที่แรงกระทำ โดยใช้คำสั่ง load ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แรง 140 นิวตัน กระทำกับส่วนบนของรากเทียมในแนวดิ่ง

6. กำหนดเงื่อนไขขอบเขต โดยใช้คำสั่ง constraint ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้ตรึงบริเวณฐานของส่วนที่เป็นกระดูกพรุนไม่ให้มีการเคลื่อนที่ทั้งในระนาบแกนตั้งและแกนนอน

7. สร้างเอลิเมนต์ ขั้นแรกต้องกำหนดขนาดของเอลิเมนต์ที่จะสร้าง (default size) ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้มีค่า 0.5 มิลลิเมตรและกำหนดขนาดเอลิเมนต์ที่ตำแหน่งผิวรากเทียมให้มีขนาด 0.2 มิลลิเมตร ที่กระดูกพรุน และ 0.1 มิลลิเมตร ที่กระดูกทึบ (size along curve) เพื่อให้ได้รายละเอียดของความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากเป็นบริเวณที่สนใจ หลังจากกำหนดขนาดเอลิเมนต์แล้วจึงทำการสร้างเอลิเมนต์ โดยสร้างที่แต่ละบริเวณ (boundary surface) ที่เป็นวัสดุชนิดเดียวกัน ในการวิจัยนี้เลือกใช้เอลิเมนต์ชนิดสี่เหลี่ยมเนื่องจากให้ค่าของผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงและถูกต้องมากกว่าการใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม เมื่อทำการสร้างเอลิเมนต์เสร็จสมบูรณ์แล้วทำการรวมจุดต่อที่มีการซ้อนทับกันในบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุสองชนิด คือรากเทียมกับกระดูกทึบ รากเทียมกับกระดูกพรุน และกระดูกทึบกับกระดูกพรุน เนื่องจากการมีการสร้างเอลิเมนต์ในตำแหน่งดังกล่าวซ้ำสองครั้ง

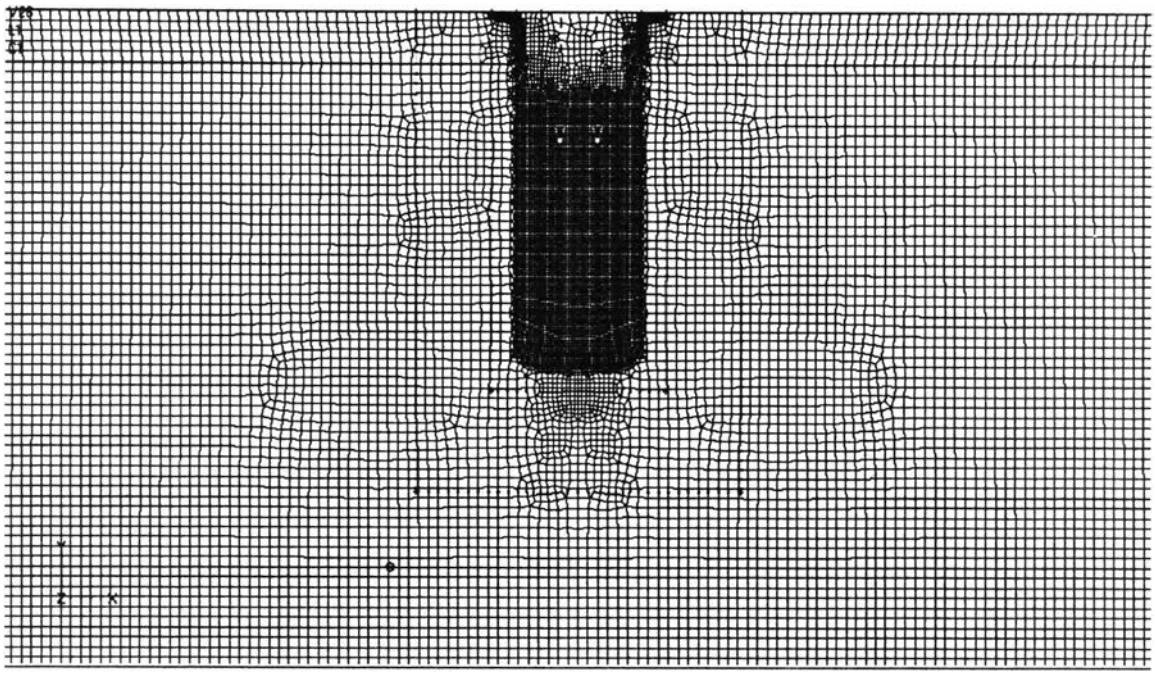
ขั้นตอน Analysis

ขั้นตอนนี้เป็นการสั่งให้โปรแกรมเริ่มทำการวิเคราะห์แบบจำลองตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไปในขั้นตอน Pre-Processing โดยใช้คำสั่ง analyze แล้วรอจนกว่าโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์เสร็จซึ่งใช้เวลาแตกต่างกันไปตามขนาดและความละเอียดในการสร้างเอลิเมนต์

ขั้นตอน Post-Processing

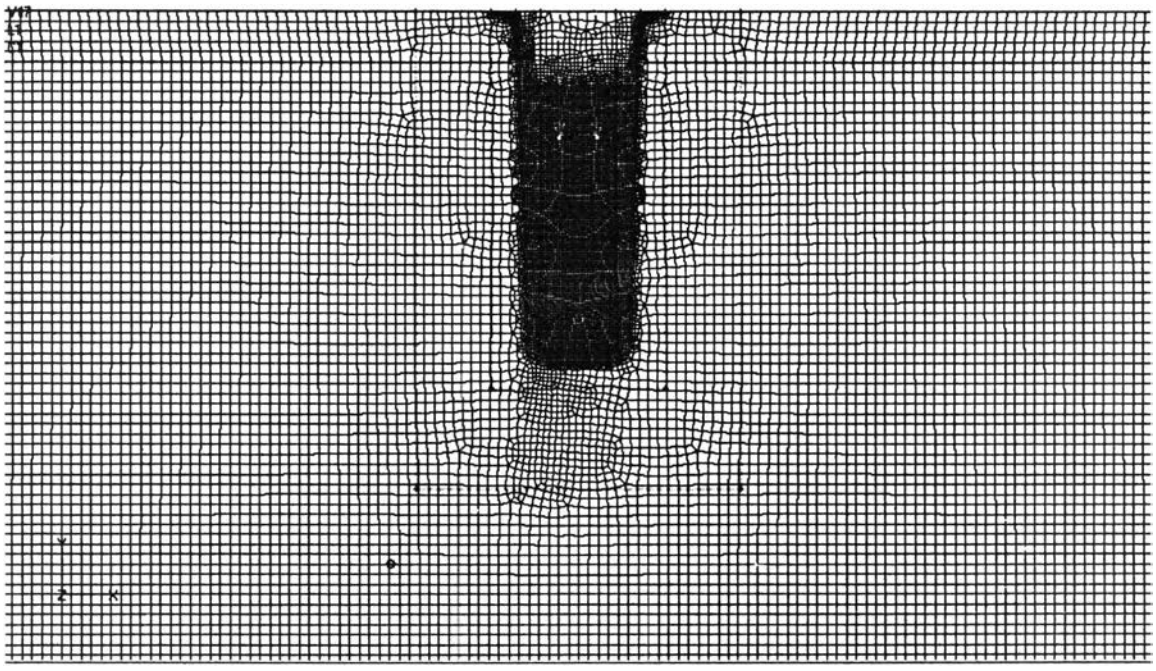
ขั้นตอนนี้เป็นการเรียกดูผลการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถเลือกดูในภาพรวมของการกระจายของความเค้นในแบบจำลองทั้งหมดหรือทำการขยายดูเฉพาะบริเวณที่สนใจก็ได้ โดยมีแถบสีปรากฏอยู่ทางด้านขวาของจอภาพเพื่อกำหนดช่วงค่าความเค้นในการแสดงผล นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่าผลการคำนวณต่าง ๆ เช่นค่าการเคลื่อนตัว ความเค้น และความเครียด เป็นต้น ในแต่ละจุดต่อและเอลิเมนต์

จากแบบจำลองที่ทำการทดสองทั้งหมด เมื่อทำการแบ่งเอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมแล้วจะได้จำนวนของจุดต่อและเอลิเมนต์ดังรูปที่ 8.1 ถึง รูปที่ 8.11



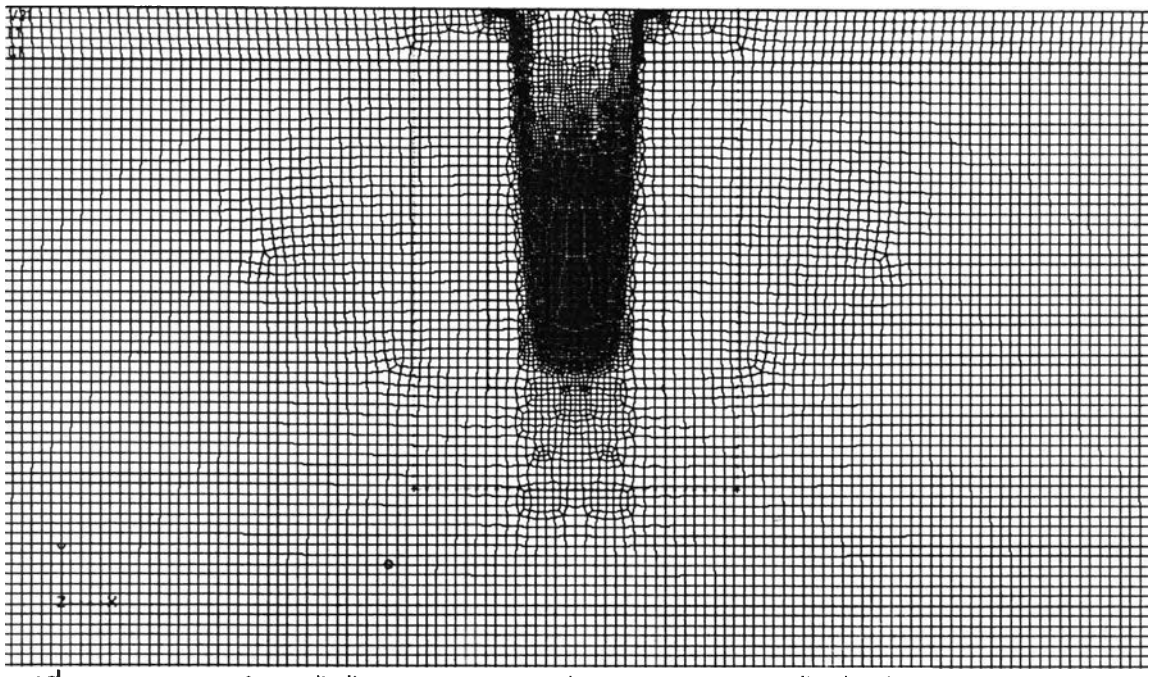
รูปที่ 8.1 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอกไม่มีเกลียว

(62,642 จุดต่อ : 62,167 เอลิเมนต์)



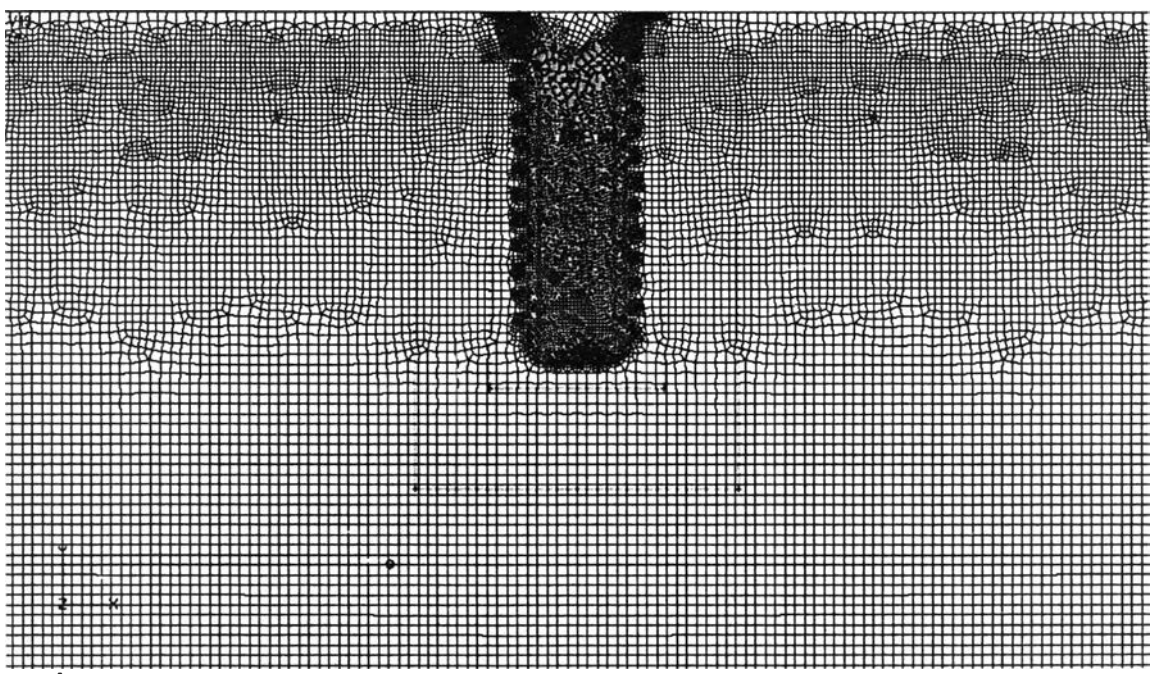
รูปที่ 8.2 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศาไม่มีเกลียว

(62,312 จุดต่อ : 61,857 เอลิเมนต์)



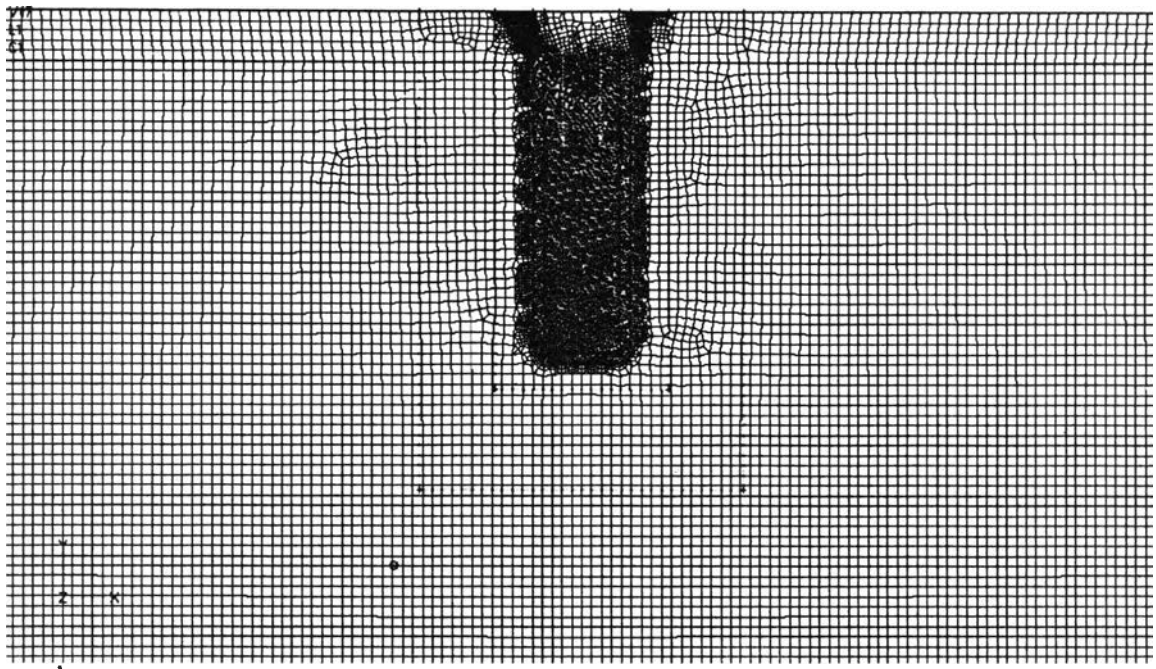
รูปที่ 8.3 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 8 องศาไม่มีเกลียว

(61,058 จุดต่อ : 60,600 เอลิเมนต์)



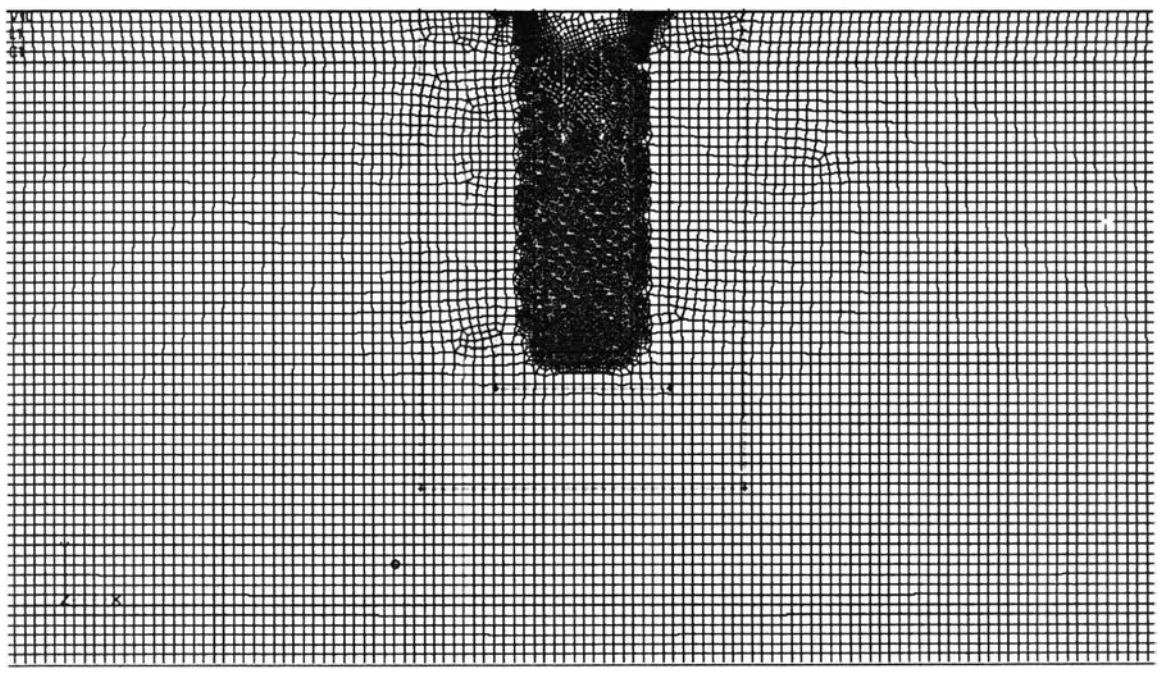
รูปที่ 8.4 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอก-เกลียวรูปตัววี

(74,652 จุดต่อ : 74,197 เอลิเมนต์)



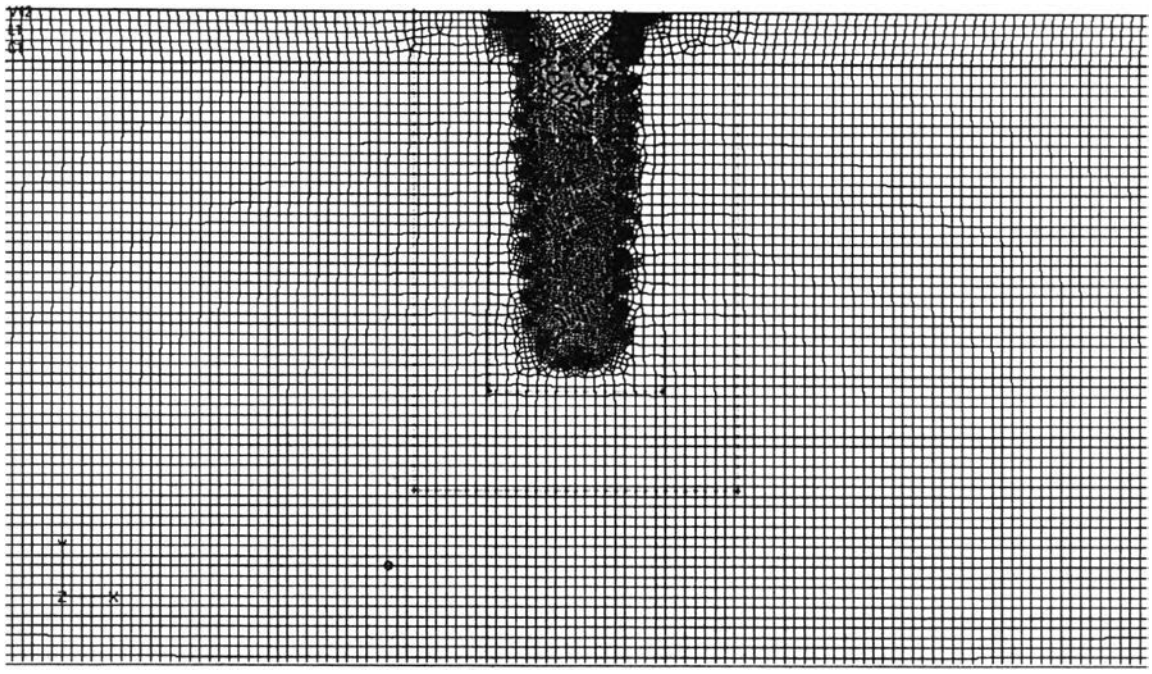
รูปที่ 8.5 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอก-เกลียวแบบรีเวิร์สบัทเทรส

(64,539 จุดต่อ : 64,099 เอลิเมนต์)

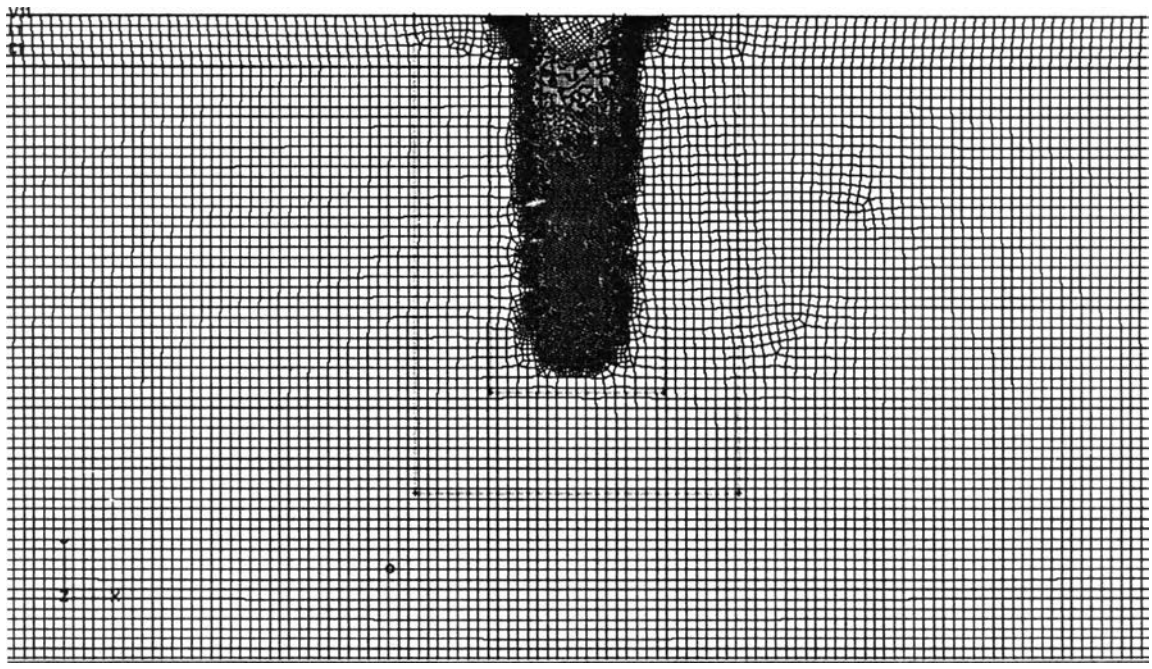


รูปที่ 8.6 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอก-เกลียวแบบบัทเทรส

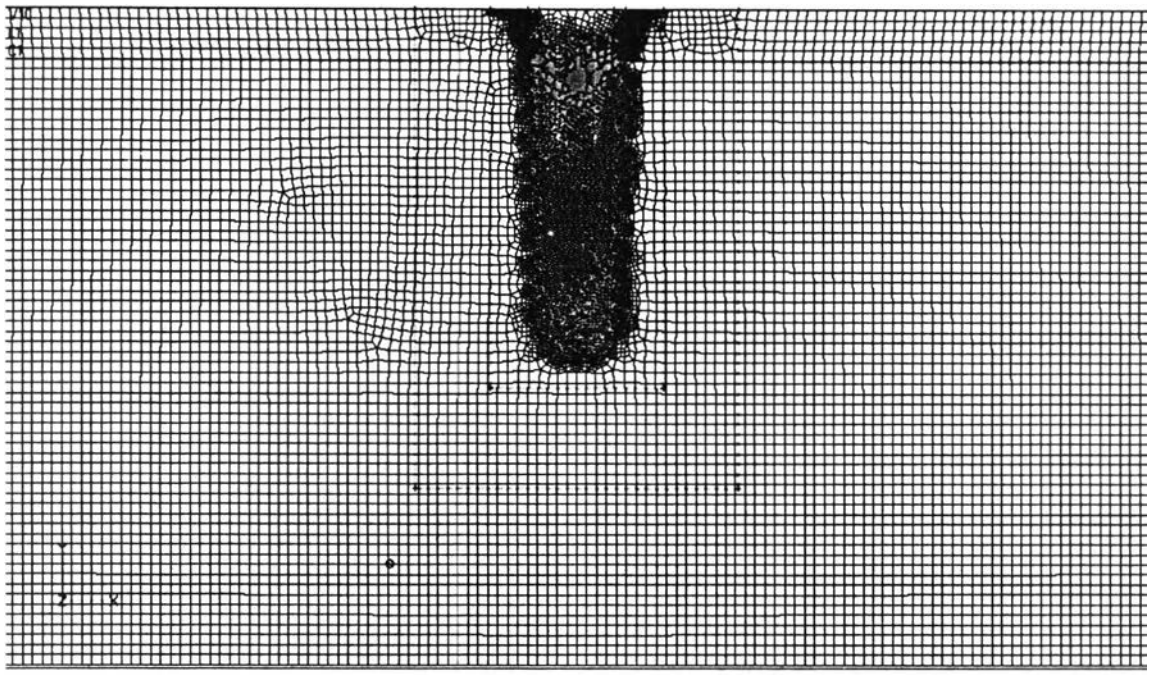
(65,231 จุดต่อ : 63,948 เอลิเมนต์)



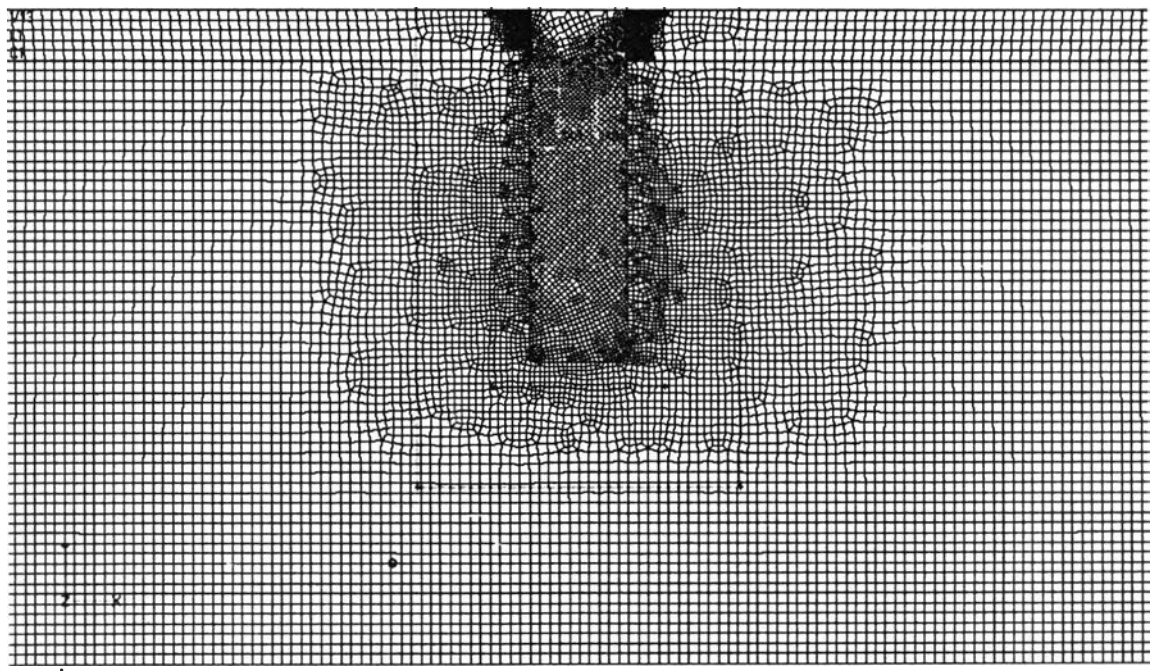
รูปที่ 8.7 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศา-เกลียวรูปตัววี
(64,434 จุดต่อ : 63,996 เอลิเมนต์)



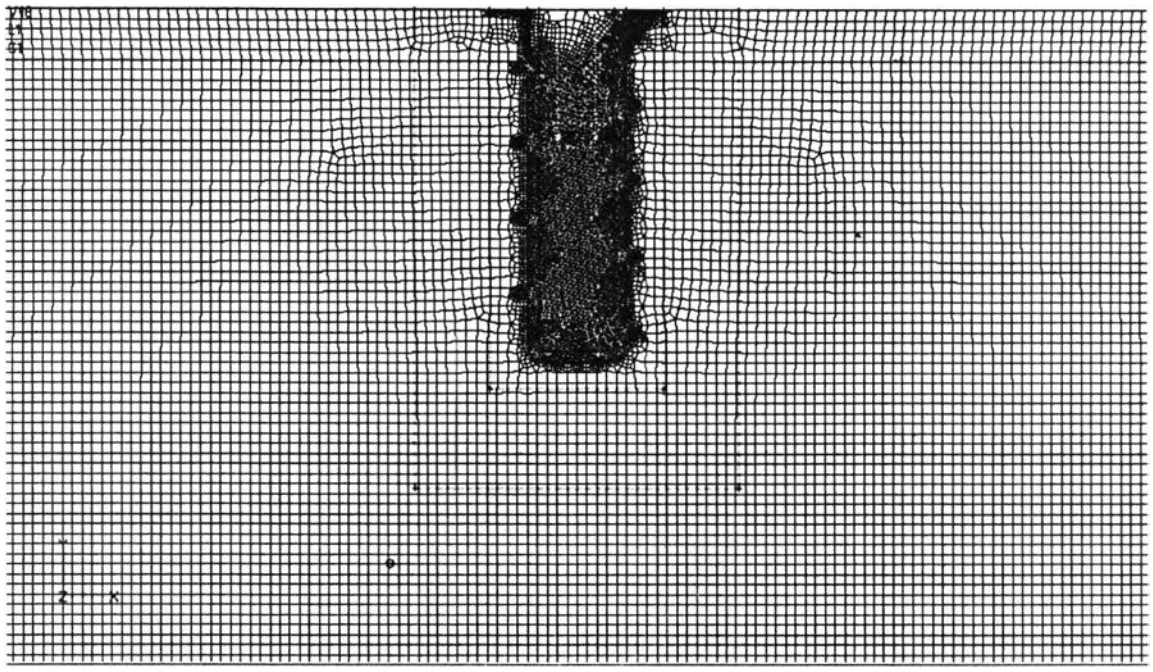
รูปที่ 8.8 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศา-เกลียวแบบ
รีเวิร์สบัทเทรส (64,664 จุดต่อ : 64,219 เอลิเมนต์)



รูปที่ 8.9 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงสอบ 4 องศา-เกลียวแบบบัทเทรส (64,593 จุดต่อ : 64,143 เอลิเมนต์)



รูปที่ 8.10 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอก-เกลียวรูปตัววี ความยาวเกลียว 0.8 มิลลิเมตร (62,165 จุดต่อ : 61,713 เอลิเมนต์)



รูปที่ 8.11 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์รากเทียมทรงกระบอก-เกลียวรูปตัววี ระยะระหว่างเกลียว 1.6 มิลลิเมตร (63,407จุดต่อ : 62,939 เอลิเมนต์)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผลที่ได้จะอยู่ใน 2 รูปแบบคือ

1. ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปของค่าต่าง ๆ ได้แก่

   1.1 ค่าการเคลื่อนตัวของจุดต่อจากตำแหน่งเดิม ณ ตำแหน่งจุดต่อต่าง ๆ ในแบบจำลอง

   1.2 ค่าความเค้นที่เอลิเมนต์ต่าง ๆ ในแบบจำลอง

2. ภาพการกระจายของความเค้นในกระดูกรอบ ๆ รากเทียมแบบต่าง ๆ โดยค่าความเค้นจะถูกนำเสนอด้วยสีที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ทั้งภาพแสดงการกระจายความเค้นและค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในที่เกิดขึ้นในกระดูกรอบรากเทียม โดยทำการเปรียบเทียบการกระจายความเค้นและค่าความเค้นในแบบจำลองรากเทียมแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาจากการกระจายความเค้นฟอนมิสเซสและค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุด (maximum von Mises stress) บริเวณเป้าหมายในการวิเคราะห์คือบริเวณกระดูกทึบรอบรากเทียมซึ่งมักเกิดการละลายตัว แบบจำลองรากเทียมที่ดีคือรากเทียมที่มีการกระจายความเค้นในกระดูกรอบรากเทียมอย่างเหมาะสมและไม่มีการสะสมของความเค้นในบริเวณใดบริเวณหนึ่งมากเกินไป