

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

การศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต (Surveying) การทำการทดลอง (Experiment) และการทดสอบโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1 เครื่องทดสอบแบบ Quasi static Compressive & Tensile test Machine

เครื่องทดสอบการกดแบบแรงกระทำต่อเนื่อง (Quasi static) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีชื่อว่า ESH Testing Limited ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบวัสดุที่สามารถทำการทดสอบโดยการดึง (Tensile test) หรือการกด (Compressive test) พร้อมอุปกรณ์วิเคราะห์ผล ซึ่งมีความสามารถทำงานได้ถึง 2,000 kN และมีระยะกดมากที่สุด 200 mm. โดยมีระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมผสมกับระบบ Hydraulic และสามารถบันทึกผลการทดลองเป็นแรง (Load) และระยะกด/ดึง (Displacement) ได้อย่างละเอียดถึงทุกๆ 0.04 mm ของระยะกด ซึ่งถือว่าเป็นความละเอียดที่เพียงพอสำหรับการศึกษาการเสียหายแบบแรงกระทำช้าๆ (Quasi static) พร้อมทั้งแสดงผลเป็นตัวเลขและเขียนเป็นกราฟได้ทันที นอกจากนี้หากต้องการทำการทดลองโดยควบคุมด้านแรงกระทำ ก็สามารถทำได้โดยสามารถปรับระดับการเปลี่ยนแปลงของแรงกระทำได้ละเอียดถึง 0.1 kN อีกด้วย



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องทดสอบแบบ Quasi static Compressive & Tensile test Machine

โดยเครื่องทดสอบนี้จะสามารถทำการทดสอบทั้งการดึงและการกดโดยมีรายละเอียดส่วนต่างๆ ของโปรแกรมในเครื่องทดสอบ ดังต่อไปนี้

3.1.1 ESH Block Run Program

เป็นโหมดการทำงานในการทดสอบการกดอัดชิ้นงาน โดยจะทำหน้าที่สั่งให้เครื่องทำงานตามที่ได้ตั้งโปรแกรมเอาไว้ และจะทำการบันทึกผลการทดสอบไว้ด้วยในลักษณะของข้อมูลเชิงตัวเลข (Data) และข้อมูลกราฟ

3.1.2 ESH Block Editor

เป็นโหมดที่จะป้อนค่าต่างๆ หรือตั้งโปรแกรมการทดสอบการกดชิ้นงาน เช่น การใส่ค่าความเร็วในการกด ระยะยุบตัวของชิ้นงาน เป็นต้น และเป็นตัวกำหนดค่าของข้อมูลที่ทำให้การทดสอบว่าจะให้บันทึกหรือไม่

3.1.3 ESH Tensile Program

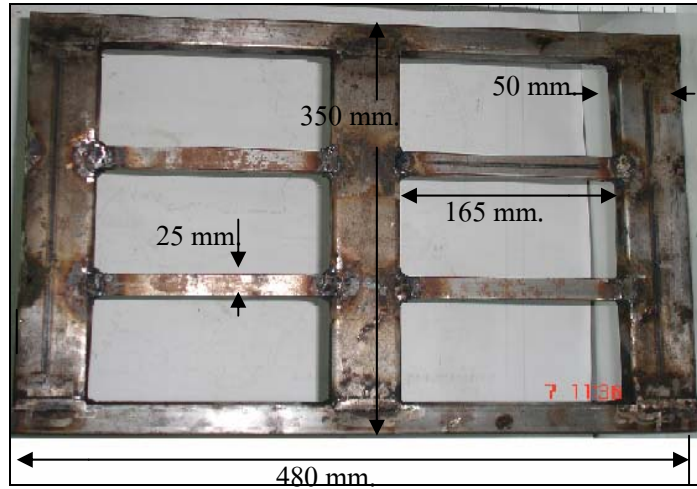
เป็นโหมดการทดสอบการดึงชิ้นงาน โดยเฉพาะซึ่งจะมีการตั้งค่าโปรแกรมในการทดสอบด้วย โดยหัวจับชิ้นงานจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นทดสอบ (Specimen) ว่ามีขนาดเท่าใดหลังจากนั้นเมื่อสั่งให้เครื่องทำงาน โปรแกรมก็จะบันทึกผลที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลตัวเลข และ กราฟโดยอัตโนมัติ

3.1.4 ESH Digital Control Systems

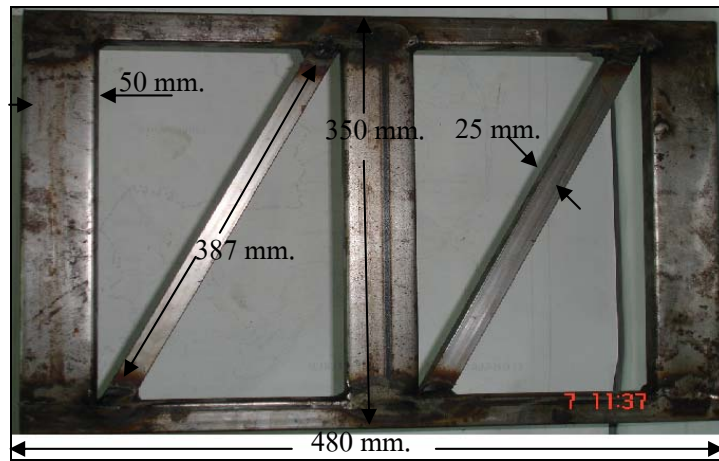
เป็นโหมดที่ทำหน้าที่ตั้งค่าให้เครื่องทดสอบอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการก่อนการทดสอบ และเป็นตัวกำหนดค่าของ ภาระที่ใช้สูงสุด (Load) และระยะเคลื่อนที่ (Displacement) สูงสุดเพื่อความปลอดภัย โดยถ้าหากในขณะที่ทำการทดสอบการดึงหรือการกด ที่มีการใช้แรงเกินกว่าที่ตั้งไว้ เครื่องก็จะตัดการทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อตั้งค่าต่างๆ แล้วก็จะทำการทดสอบต่อไป

3.2 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

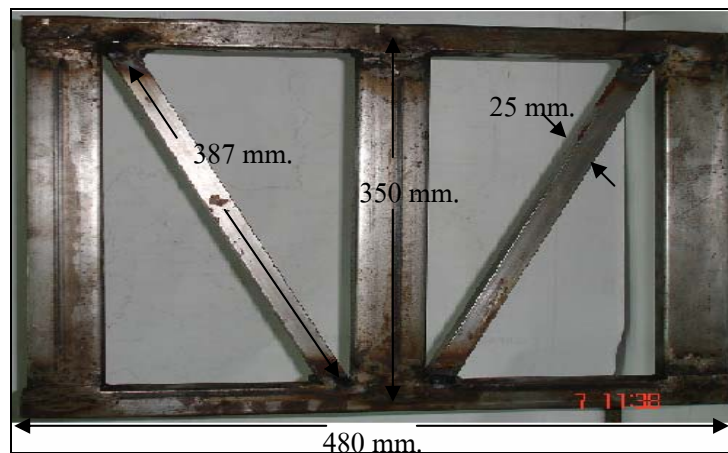
ในการทดสอบนั้นลักษณะชิ้นงานที่ใช้จะเป็นเหล็กกล่องหนา 1 mm. ซึ่งนำมาประกอบเป็นโครงสร้าง 3 แบบ คือ การต่อแบบตรง การต่อแบบทแยงมุม และ การต่อแบบสลักฟันปลา แต่ละแบบมีขนาดความกว้าง 350 mm. ยาว 480 mm. หนา 25 mm. ดังรูปที่ 3.2 ,3.3 และ รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดของการต่อแบบตรง



รูปที่ 3.3 แสดงขนาดของการต่อแบบทแยงมุม



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของการต่อแบบสลับฟันปลา

3.3 รูปแบบของการทดสอบ

ในการทดสอบนี้จะทำการทดสอบ 3 ลักษณะของภาระ คือ การชนในแนวแกน (Axial load) การชนด้านข้างแบบคด (Bending load) และการเสียหายแบบบิด (Twisting load)

3.2.1 รูปแบบของภาระการชนในแนวแกน (Axial load)

การทดสอบจะใช้เครื่องทดสอบในการกดกระทำชิ้นงานอย่างช้าๆ (Quasi static) ซึ่งได้มีการออกแบบตัวจับยึด (Jig) ทดสอบให้รองรับกับชิ้นงานทดสอบ ดังรูปที่ 3.5 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน คือ ชิ้นงานที่ต่อแบบตรงจะมีน้ำหนัก 1.7 กิโลกรัม ชิ้นงานที่ต่อแบบทแยงมุมมีน้ำหนัก 1.65 กิโลกรัม และชิ้นงานที่ต่อแบบสลักฟันปลาจะมีน้ำหนัก 1.65 กิโลกรัม ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบจะมีขนาดความกว้าง 250 mm, ยาว 480 mm, และหนา 25 mm.



รูปที่ 3.5 การออกแบบตัวจับยึดทดสอบให้รองรับกับชิ้นงานทดสอบ

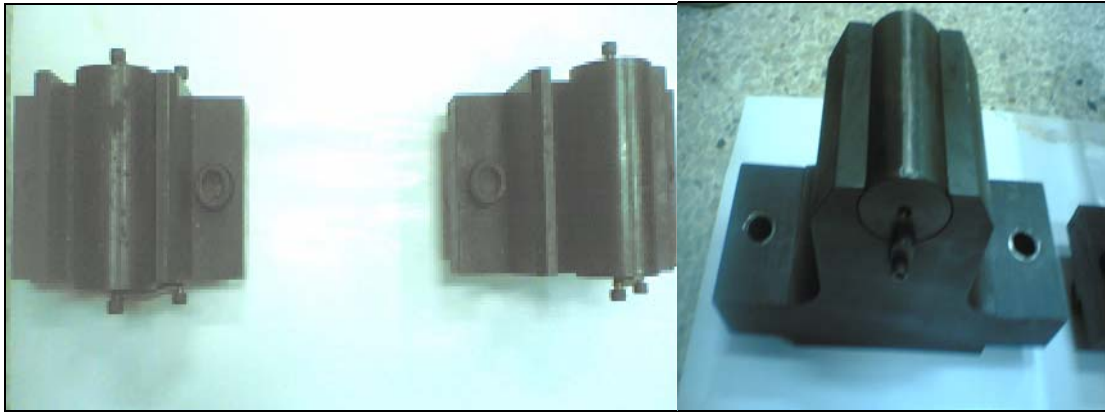
ในการทดสอบกดแรงกระทำอย่างช้าๆ (Quasi static) ได้ทำการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 แบบ คือ การต่อแบบตรง การต่อแบบทแยงมุม และการต่อแบบสลักฟันปลา ในการทดสอบครั้งแรกใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 1 มิลลิเมตรต่อวินาทีและการทดสอบครั้งที่ 2 ใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะของการกดกระทำต่อชิ้นงาน 90 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบจะเก็บค่าเป็นระยะขยับตัว (Stroke) กับภาระ (Load) ดังรูปที่ 3.6 ค่าที่ได้นำไปสร้างกราฟเพื่อหาค่าการดูดซับพลังงานต่อไป

Prog No.	Times thro	Block No.	Program	NTime	Date
1	1	1	TEST11.BI	9:07:34	21/6/2002
No. of Readings: 100					
Time (s),Stroke (mm),Strain (mm),Load (kN)					
0	93.115	0.001	0		
0.11	89.795	0.001	1.953		
0.33	89.795	0.001	1.953		
0.38	89.795	0.001	1.953		
0.44	88.916	0.001	1.953		
0.49	88.916	0.001	1.953		
0.66	87.939	0	1.953		
0.71	87.939	0	1.953		
0.77	87.939	0	1.953		
0.93	87.207	0	0.977		
0.99	87.207	0	0.977		
1.04	87.207	0	0.977		
1.26	86.133	0	0.977		
1.32	86.133	0	0.977		
1.37	86.133	0	0.977		
1.43	85.742	0	0		
1.48	85.742	0	0		
1.65	84.912	0	1.953		
1.7	84.912	0	1.953		
1.76	84.912	0	1.953		
1.92	83.984	0	0.977		
1.97	83.984	0	0.977		
2.03	83.984	0	0.977		
2.25	83.252	0	0.977		
2.3	83.252	0	0.977		
2.36	83.252	0	0.977		
2.52	82.031	0	1.953		

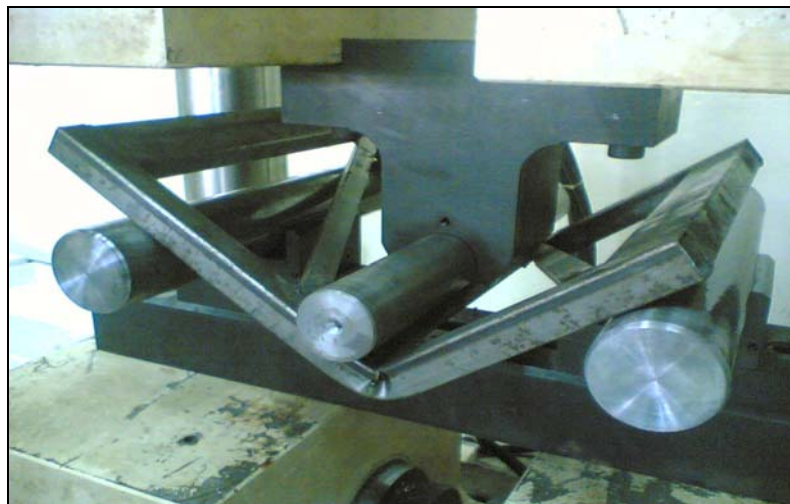
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการแสดงผลข้อมูลจากเครื่องทดสอบ EHS

3.2.2 รูปแบบของภาระการชนด้านข้างแบบดัด (Bending load)

การทดสอบเครื่องทดสอบโดยหัวทดสอบการดัด (Bending test Jig) ที่มีอยู่เดิมมีความกว้างประมาณ 150 mm. ดังรูปที่ 3.7 แต่ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีความกว้าง 350 mm. ยาว 480 mm. หนา 25 mm. จะเห็นว่าชิ้นงานมีความกว้างกว่าหัวทดสอบเดิมจึงต้องมีการปรับปรุงหัวทดสอบการดัดใหม่ให้มีความกว้าง 500 mm. ให้รองรับกับชิ้นงานได้ ดังรูปที่ 3.8 ในการทดสอบกด ทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 แบบ คือ การต่อแบบตรง การต่อแบบทแยงมุม และการต่อแบบสลับพื้นปลา ในการทดสอบครั้งแรกใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และการทดสอบครั้งที่ 2 ใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 10 มิลลิเมตรต่อนาที และระยะของการกดกระทำต่อชิ้นงาน 90 มิลลิเมตร ค่าออกมาจากเครื่องทดสอบจะเก็บค่าเป็นระยะยุบตัว (Stroke) กับภาระ (Load) เมื่อได้ค่าแล้วทำการเปลี่ยนค่าให้เป็นมุม (Radian) กับโมเมนต์ดัด (Bending moment) แล้วนำค่าไปสร้างกราฟ เพื่อหาค่าการดูดซับพลังงานต่อไป



รูปที่ 3.7 หัวทดสอบการดัด (Bending test Jig) ตัวเดิม



รูปที่ 3.8 หัวทดสอบการดัด (Bending test Jig) ที่ทำการปรับปรุงแล้ว

3.2.3 รูปแบบของการรับภาระแบบบิด (Twisting load)

ในการทดสอบการบิดนั้นผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบหัวทดสอบใหม่ โดยประกอบด้วยหัวยึดซึ่งยึดติดอยู่กับที่อยู่ทางด้านหนึ่งส่วนอีกด้านหนึ่งออกแบบให้หมุนได้เพื่อบิดชิ้นงาน โดยอาศัยแรงที่ดึงผ่าน पुलेंดั่งแสดงในรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 ซึ่งทำการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 แบบ คือ การต่อแบบตรงการต่อแบบทแยงมุม และการต่อแบบสลัฟพื้นปลา ในการทดสอบครั้งแรกใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 10 มิลลิเมตรต่ออนาทีและการทดสอบครั้งที่ 2 ใช้ความเร็วในการกดชิ้นงาน 10 มิลลิเมตรต่ออนาทีเช่นกัน และระยะของการดึงกระทำต่อเส้นลวดสลึง 90 มิลลิเมตร ค่าออกมาจากเครื่องทดสอบจะเก็บค่าเป็น Stroke กับ Load ดังรูปที่ 3.3 เมื่อได้ค่าแล้วทำการเปลี่ยนค่าให้เป็นมุมบิด (Radian) กับแรงบิด (Torque) แล้วนำค่าไปสร้างกราฟ เพื่อหาค่าการดูดซับพลังงาน

3.4 โปรแกรมวิเคราะห์เชิง Finite Element Analysis (FEA)

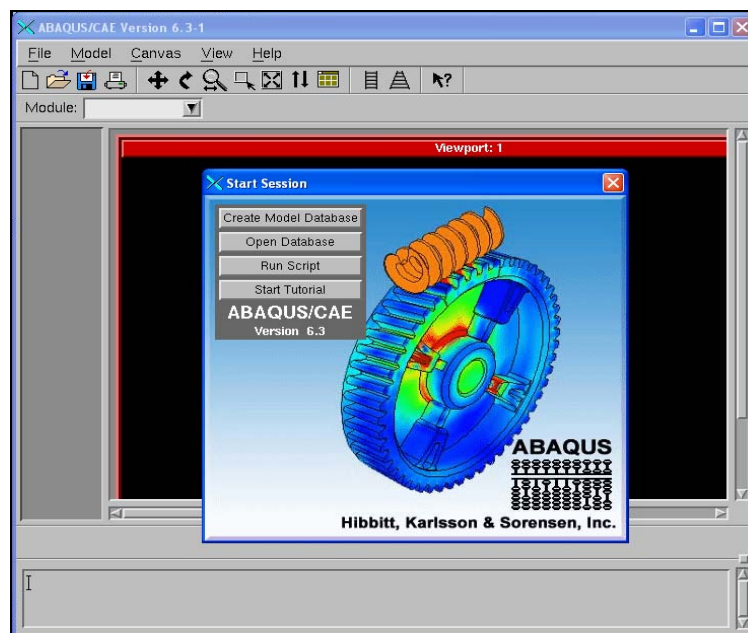
โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ทาง Finite Element Analysis (FEA) ชื่อว่า ABAQUS มีใช้ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีจำนวน 5 Licenses มีรายละเอียดของโปรแกรมและการใช้งานดังต่อไปนี้

3.4.1 การคำนวณและวิเคราะห์ในโปรแกรม

โปรแกรม ABAQUS เป็นโปรแกรมที่วิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2D และ 3D จะประกอบไปด้วยส่วนหลักของโปรแกรม 3 ส่วนสำคัญคือ

3.4.1.1 ส่วนการสร้างแบบจำลอง

ในส่วนนี้เป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อเตรียมการทดสอบโดยสามารถทำได้ 2 แบบ แบบแรกโดยการใช้ CAE หรืออาจจะเขียนจากโปรแกรมที่เกี่ยวกับทางด้าน CAD ก็ได้แล้วจึงเข้ามาใช้ใน CAE แบบที่สองเขียนโดยใช้คำสั่งในภาษาของโปรแกรม ABAQUS โดยจะเขียนในลักษณะเป็น Text file format หรือเรียกว่า Input file ตัวอย่างของ ABAQUS CAE แสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงโปรแกรม ABAQUS CAE

3.4.1.2 ส่วนของการคำนวณ

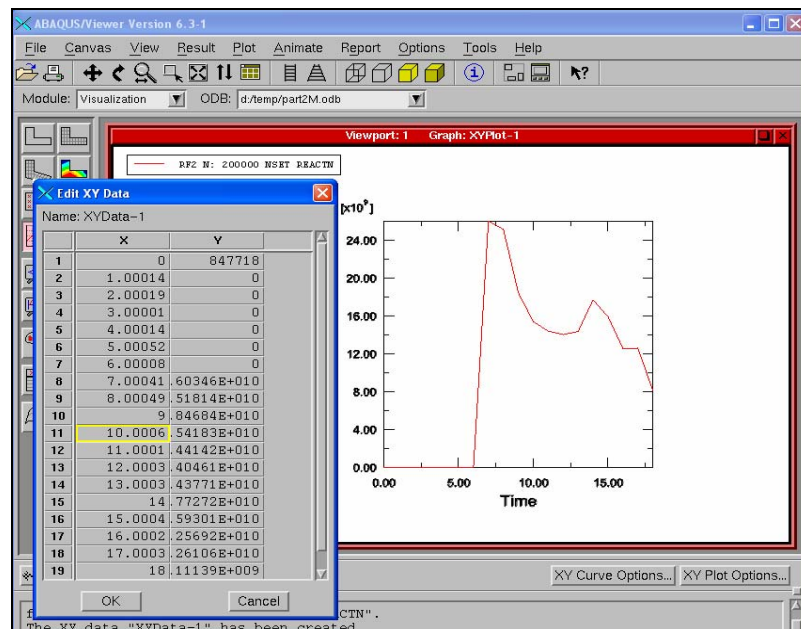
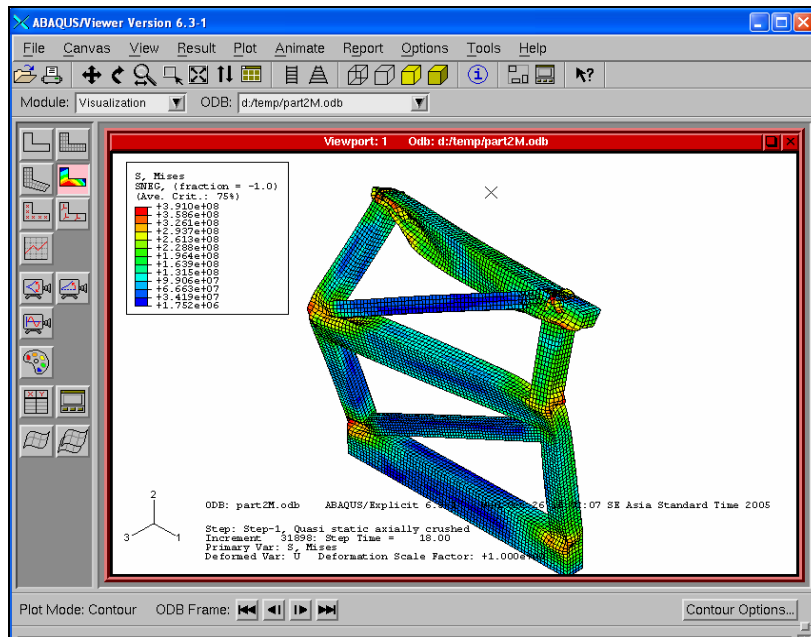
ในส่วนนี้สามารถทำได้สองวิธีเช่นกัน คือ โดยการใช้ CAE และ ABAQUS Command โดยโปรแกรมจะคำนวณตามที่เราได้กำหนดเงื่อนไขและตัวแปรต่างๆ ใน Input file ที่สร้างขึ้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.12

```
*HEADING
ALUNINUM TRUNCATED CONE WITH THE THICKNESS VARIES AS X, SUBJECTED TO
AXIAL COMPRESSION.
**
**THE GEOMETRY OF CONE
**
*PREPRINT, CONTACT=NO, ECHO=NO, HISTORY=NO, MODEL=NO
**MODEL DEFINITION
**CONICAL SHELL: CONNUMBER 2
**TOP DIAMETER 40.8 MM.
**BASE DIAMETER 68.0 MM.
**HEIGHT 85.0 MM.
**SEMI ANGLE 13.4 DEGREE
**NON-UNIFORM THICKNESS
**NODE 40X23 = 920 NODES
**ELEMENT 40X19 = 760 ELEMENTS
**
*NODE
1,      20.4E-3,      0.,      0.,      0.
20,     -20.14884E-3, 0.,     -3.191E-3
21,     -20.4E-3,    0.,      0.,      0.
40,     20.14884E-3, 0.,      3.191E-3
**
2301,   34.0E-3,     -85.0E-3,      0.
2320,   -33.5814E-3, -85.0E-3,     -5.32E-3
2321,   -34.0E-3,     -85.0E-3,      0.
2340,   33.5814E-3,     -85.0E-3,      5.32E-3
**
*NGEN,   LINE=C,   NSET=TOPN
1,      20,      1,      ,      0.,      0.,      0.
21,     40,      1,      ,      0.,      0.,      0.
*NGEN,   LINE=C,   NSET=BASEN
2301,   2320,   1,      ,      0.,     -85.0E-3,      0.
2321,   2340,   1,      ,      0.,     -85.0E-3,      0.
*NFILL,   NSET=ALLN
TOPN,   BASEN, 23,      100
**
**ELEMENT
**
*ELEMENT,   TYPE=S4R
1,      1,      101,   102,   2
*ELGEN,   ELSET=ELSA
1,      39,      1,      1,      23,      100,      100
*ELEMENT,   TYPE=S4R
40,     40,     140,   101,   1
*ELGEN,   ELSET=ELSB
40,     1,      1,      1,      23,      100,      100
*ELSET,   ELSET=ALLEM
ELSA,   ELSB
**
*ELSET, ELSET=HALF-SECTION,      GENERATE
```

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่าง Input File ที่ใช้วิเคราะห์ในโปรแกรม ABAQUS Command

3.4.1.3 ส่วนของการแสดงผลในโปรแกรม ABAQUS

มีส่วนแสดงผลคือ ABAQUS Viewer โดยจะนำข้อมูลหรือผลการคำนวณที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.4.1.2 เรียกว่า ODB File มาแสดงผลซึ่งในส่วนนี้สามารถแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ที่เรากำหนดไว้ออกมาได้เพื่อนำค่าไปใช้ต่อไปดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงผลการวิเคราะห์ในโปรแกรม ABAQUS Viewer

จากรูปที่ 3.13 คือ ตัวอย่างการแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ABAQUS Viewer ซึ่ง
จะแสดงค่าของแรงและระยะยุบตัวที่เกิดขึ้น รวมทั้งยังแสดงรูปแบบการเสียหายที่เกิดขึ้นอีกด้วย
ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ผลต่างๆ เราสามารถกำหนดได้ว่าต้องการทราบตัวแปรใดจากการทดสอบ