คำนำ

โปรแกรม A. Frame เป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง เฟรม 3 มิติ ที่ใช้วิธี Stiffness Method ในการตั้งสมการเพื่อวิเคราะห์โครงสร้าง และใช้วิธีการแก้สมการด้วยวิธี Matrix การใช้งานโปรแกรม A. Frame ผู้ใช้ควรมีความเข้าใจในวิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง และข้อจำกัดต่างของวิธี Stiffness นี้พอสมควร จึงจะสามารถใช้งานโปรแกรมนี้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างแต่ละวิธีจะมีข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกันไปบ้าง

นอกเหนือจากหลักการวิเคราะห์โครงสร้าง การโมเดลโครงสร้างจากรูปแบบของอาคารเพื่อให้โมเดลของ Frame Structure ที่เหมาะสมถูกต้องก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน เพราะลักษณะบางอย่างของอาคาร เช่น จุดต่อระหว่างชิ้นส่วน หรือแรงกระทำต่าง ๆ หากผู้ใช้กำหนดได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริงของโครงสร้าง ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เมื่อนำไปออกแบบชิ้นส่วนก็จะได้ชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงและประหยัดที่แสดงถึงคุณภาพของการออกแบบงานโครงสร้างของผู้ใช้โปรแกรม

โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างทั้งหลาย คือ เครื่องมือที่สำคัญสำหรับวิศวกรที่ช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ไม่มีโปรแกรมใดที่จะมาแทนที่วิจารณญาณของวิศวกร (Sense of Engineer) ได้ โปรแกรม A. Frame ก็เช่นกันที่ต้องการให้วิศวกรใช้งานโปรแกรมควบคู่ไปกับการใช้วิจารณญาณไปด้วยเสมอ

สารบัญ

บทที่ 1	ภาพรวมของโปรแกรม	1-1
	ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรม	1-2
	ระยะพิกัด	1-4
	หน่วยแรง	1-6
บทที่ 2	การป้อนข้อมูลโครงสร้าง	2-1
	การกำหนดค่าเบื้องต้น	2-2
	การกำหนดคุณสมบัตรหน้าตัดชิ้นส่วน	2-6
	การกำหนดรายละเอียดของ Grid Line	2-11
	การกำหนด P-Grid	2-12
	การนสร้าง M-Grid	2-16
	การปิด-เปิด M-Grid	2-20
	การลบ M-Grid	2-21
	การ Copy และ Paste M-Grid	2-24
	การกำหนด Node	2-24
	การกำหนดตำแหน่งของ Member	2-28
	การกำหนดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อ Node หรือชิ้นส่วน	2-29
	การกำหนดแรงกระทำแบบ Moment ที่กระทำต่อ Node	2-39
บทที่ 3	การวิเคราะห์และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์	3-1
	การวิเคราะห์โครงสร้าง	3-1
	ผลลัพธ์จากการคำนวณ	3-2
	ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาทางตาราง	3-4
	ผลลัพธ์บาง Node หรือบางจุดในชิ้นส่วน	3-10
	ภาพแสดงการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง	3-20
	ภาพแผนภูมิผลลัพธ์ต่าง ๆ ของโครงสร้าง	3-21

บทที่ 4	การพิมพ์ข้อมูลและผลลัพธ์	4-1
	การพิมพ์ตารางข้อมูล	4-1
	การพิมพ์ตารางผลลัพธ์	4-17
	ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์	4-23
	การพิมพ์ภาพโครงสร้างและ Diagram ผลลัพธ์ต่าง ๆ	4-28
	ตัวอย่างการพิมพ์ภาพ Bending Moment Y Diagram	4-32
บทที่ 5	การลบข้อมูลและการแก้ไขข้อมูล	5-1
	การลบข้อมูล	5-1
	การแก้ไขข้อมูล	5-4
	การแก้ไขข้อมูลโครงสร้างด้วยตารางข้อมูล	5-12
บทที่ 6	คำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรม	6-1
	กลุ่มคำสั่ง File	6-1
	กลุ่มคำสั่ง Edit	6-3
	กลุ่มคำสั่ง View	6-7
	กลุ่มคำสั่ง Tool	6-11
	กลุ่มคำสั่ง Execute	6-13
	คำสั่งใน Tool Bar	6-15

บทที่ 1
ภาพรวมของโปรแกรม

โปรแกรม A. Frame เป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง (Structure Analysis) ทางด้านวิศวกรรมโยธาที่ใช้สำหรับวิเคราะห์โครงสร้าง Frame ชนิด 3 มิติ (พิกัด X Y Z ตามหลักมือขวา นิ้วหัวแม่มือชี้ แกน X นิ้วชี้ ชี้แกน Y นิ้วกลางชี้ แกน Z โดยกำหนดให้นิ้วชี้ หรือ แกน Y ชี้ขึ้นบน หรือ แกน Y เป็นแกนแนวดิ่ง) ใช้วิธีการวิเคราะห์ แบบ Stiffness Method ด้วยวิธี Matrix Analysis ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างที่เหมาะสมกับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางด้านวิศวกรรมโยธาโดยทั่วไป โปรแกรม A. Frame เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลโครงสร้างด้วยวิธีกราฟิก โดยใช้อุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง (Mouse) แทนที่การป้อนข้อมูลในลักษณะที่ต้องพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์ (Text Keying) ด้วยวิธีป้อนข้อมูลแบบนี้จะทำให้ผู้ป้อนข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องกว่าการป้อนข้อมูลด้วยวิธีการพิมพ์ และระหว่างการป้อนข้อมูล โปรแกรมจะแสดงภาพส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างให้ผู้ใช้งานเห็นในทันที

ระบบการทำงานของโปรแกรม ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ได้ในระบบ Metric หรือระบบ SI

ขั้นตอนหลัก ๆ ในการใช้โปรแกรม A. Frame คือ

1. ขั้นตอนการป้อนข้อมูล มีขั้นตอนหลัก ๆ คือ
   - การกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของโปรแกรม
   - การกำหนดคุณสมบัติหน้าตัด Member
   - การกำหนด Grid Line
   - การป้อนข้อมูล Node
   - การป้อนข้อมูล Member
   - การป้อนข้อมูล แรงกระทำต่อ Node
   - การป้อนข้อมูล แรงกระทำต่อ Member
2. การวิเคราะห์โครงสร้าง
3. การแสดงผลลัพธ์ จะประกอบด้วยการแสดงผลลัพธ์ 2 ลักษณะ คือ
   - การแสดงผลลัพธ์ทางจอภาพ
   - การแสดงผลลัพธ์ทางเครื่องพิมพ์

ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรม

โปรแกรม A. Frame มีขอบเขตและข้อจำกัด ดังนี้

1. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้าง สามารถวิเคราะห์โครงสร้าง Frame ที่กำหนดให้การเคลื่อนที่ของรอยต่อ ได้ไม่เกิน 6 ทิศทาง / Node (Degree of Freedom <=6/Node) Translation ในทิศทาง แกน X แกน Y และ แกน Z และ Rotation แกน X แกน Y และ แกน Z
2. จำนวนจุดต่อจุดสูงสุด (Maximum Node) 1,000 Node
3. จำนวนชิ้นส่วนสูงสุด (Maximum Member) 2,000 Member

4. จำนวนแรงกระทำประเภท Point Load ที่กระทำต่อจุดต่อทั้งหมดไม่เกิน 2,000 แรงกระทำ

5. จำนวนแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อจุดต่อทั้งหมด ไม่เกิน 2,000 แรงกระทำ

6. จำนวนแรงกระทำประเภท Point Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนทั้งหมด ไม่เกิน 4,000 แรงกระทำ

7. จำนวนแรงกระทำประเภท Uniform Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนทั้งหมด ไม่เกิน 4,000 แรงกระทำ

8. จำนวนแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อชิ้นส่วนทั้งหมด ไม่เกิน 4,000 แรงกระทำ

9. ปริมาณแรงกระทำประเภท Point Load ที่กระทำต่อจุดต่อสูงสุดไม่เกิน 100,000 Kg หรือ 100,000 KN

10. ปริมาณแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อจุดต่อสูงสุดไม่เกิน 100,000 Kg-m หรือ 100,000 KN-m

11. ปริมาณแรงกระทำประเภท Point Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนสูงสุดไม่เกิน 100,000 Kg หรือ 100,000 KN

12. ปริมาณแรงกระทำประเภท Uniform Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนสูงสุด ไม่เกิน 100,000 Kg หรือ 100,000 KN

13. ปริมาณแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อชิ้นส่วนสูงสุดไม่เกิน 100,000 Kg-mm หรือ 100,000 KN-m

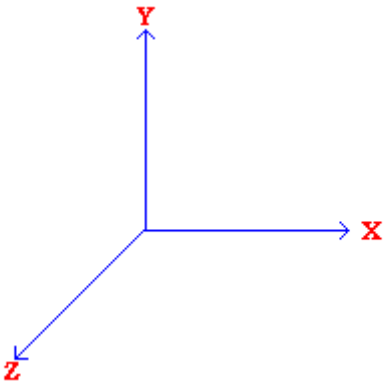
14. กำหนดให้วิเคราะห์โครงสร้างได้ 2 ระบบ (Metric or SI Unit)

ระยะพิกัด

ระยะพิกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรมทั้งในระบบ SI และ Metric หากไม่แสดงเป็นอย่างอื่นจะเป็น ดังนี้

1. พิกัดของ Node จะเป็นระยะที่มีหน่วยเป็นเมตร ทั้งในระบบ SI และ Metric

2. พิกัดแสดงตำแหน่งของ Node จะอยู่ในรูป Co-Ordinate ตามแนวแกน X, Y และ Z



โดยที่ X และ Z เป็นระยะตามแนวราบ Y เป็นระยะตามแนวดิ่ง

3. ระยะการเคลื่อนตัวของ Node จะมีหน่วยเป็น **ซม.** ไปตามแนวแกน X-Y-Z ตามข้อ 2

4. ระยะการเคลื่อนตัวแบบหมุนของจุดต่อ Nodal Rotation มีหน่วยเป็น **เรเดียน**

5. พื้นที่หน้าตัดของ Member จะต้องมีหน่วยเป็น **ตร.ซม.**

6. แรงกระทำต่อจุดต่อ จะกำหนดทิศทางด้วย **มุมในแนวระนาบ** (Horizontal Angle หรือ ระนาบ XZ) และ **มุมในแนวดิ่ง** (Vertical Angle) ในระบบพิกัด Global Coordinate หน่วยของมุมของแรงกระทำที่กระทำต่อจุดต่อจะเป็น **องศา** (Degree)

6.1 Horizontal Angle จะเริ่มต้นจากแกน X หมุนมาทาง แกน Z เป็น ค่าบวก

6.2 Vertical Angle จะเริ่มต้นจากมุมในระนาบ Horizontal มุมเงยเป็นค่าบวก และมุมกดลงเป็นค่าลบ

7. แรงกระทำต่อ Member จะกำหนดทิศทางด้วย **มุมในแนวระนาบ** (Horizontal Angle หรือ ระนาบ XZ) และ**มุมในแนวดิ่ง** (Vertical Angle) ในระบบพิกัด Global Coordinate และ Local Coordinate หน่วยของมุมของแรงกระทำที่กระทำต่อจุดต่อจะเป็น **องศา** (Degree)

7.1 Horizontal Angle จะเริ่มต้นจากแกน X หมุนมาทาง แกน Z เป็น ค่าบวก

7.2 Vertical Angle จะเริ่มต้นจากมุมในระนาบ Horizontal มุมเงยเป็นค่าบวก และมุมกดลงเป็นค่าลบ

8. โมเมนต์กระทำต่อ Node จะมี 3 ชนิด คือ MX (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน X) MY (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน Y) และ MZ (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน Z) ในระบบ Global Coordinate มีทิศทางตามกฎมือขวา (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เป็นบวก)

9. โมเมนต์กระทำต่อ Member จะมี 3 ชนิด คือ

- MX (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน X)
- MY (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน Y) และ
- MZ (Moment ที่มีทิศทางการหมุนรอบแกน Z) ในระบบ Global Coordinate หรือ ระบบ Local Coordinate มีทิศทางตามกฎมือขวา (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เป็นบวก)

10. ทิศทางของแรงลัพธ์ จะมีค่าเป็น + เมื่อมีทิศทางไปตามแนวแกน X หรือ Y หรือ Z ในทางกลับกันจะมีค่าเป็น –

11. ทิศทางของแรงลัพธ์ ประเภท Moment จะเป็นไปตามข้อ 8 จะมีค่าเป็น + เมื่อมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ในทางกลับกันจะมีค่าเป็น –

12. ระยะการโก่งตัวของชิ้นส่วน จะมีหน่วยเป็น ซม. ไปตามแนวแกน Z, Y ในระบบ Local Coordinate ของชิ้นส่วนนั้น ๆ

หน่วยแรง

หน่วยแรงที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมจะต้องเป็น

1. Kilo Newton (KN) ในระบบ SI
2. Kilogram (Kg) ในระบบ Metric

บทที่ 2
ภาพรวมของโปรแกรม

ขั้นตอนการป้อนข้อมูลประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การกำหนดค่าเบื้องต้น เป็นการกำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นต่าง ๆ เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2. การกำหนดคุณสมบัติของหน้าตัดชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับโครงสร้าง

3. การกำหนดรายละเอียดของ Grid Line เป็นการอำนวยความสะดวกสำหรับป้อนข้อมูล Node ในขั้นตอนนี้ หากผู้ใช้ไม่ประสงค์จะกำหนด Grid Line สามารถป้อนข้อมูลตำแหน่งของ Node ได้ แต่อาจจะไม่สะดวกเท่ากับการกำหนด Grid Line เอาไว้ก่อน

4. การกำหนด Node คือ กำหนดตำแหน่งของจุดรองรับ (Support) ได้แก่ Pin Support, Roller Support หรือ Rigid Joint Support และกำหนดจุดต่อ (Joint) ได้แก่ Pin และ Rigid Joint

5. การกำหนดตำแหน่งของ Member โดยใช้เมาส์ช่วยลากจาก Node ต้นทาง ไปยัง Node ปลายทาง

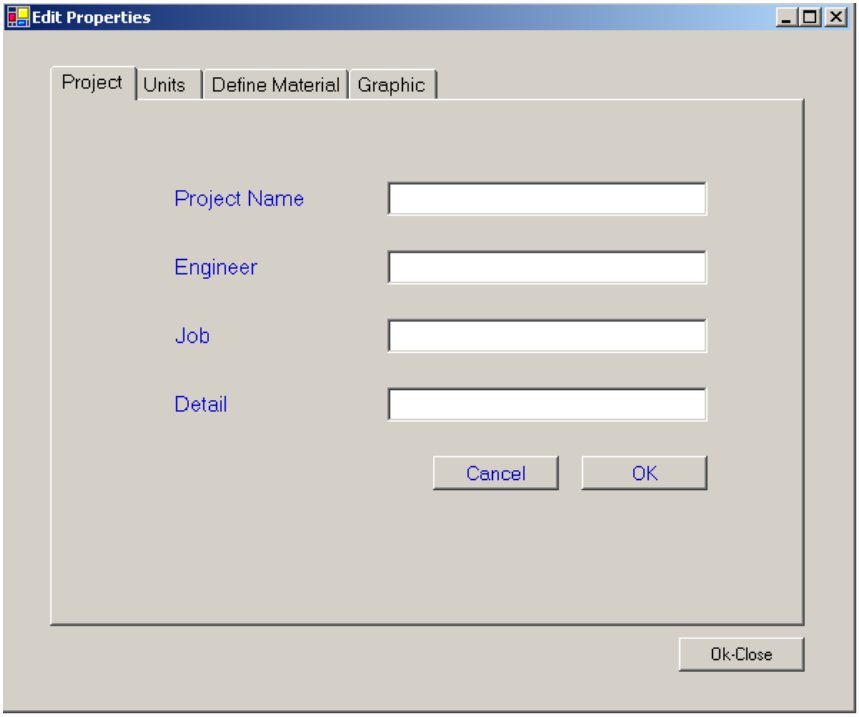
6. การกำหนดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อ Node หรือชิ้นส่วน โดยใช้เมาส์ไปคลิก ณ Node หรือ Member ที่รับแรงกระทำภายนอก

7. การกำหนดแรงกระทำแบบ Moment ที่กระทำต่อ Node หรือชิ้นส่วน โดยใช้เมาส์ไปคลิก ณ Node หรือ Member ที่รับแรงกระทำแบบ Moment ภายนอก

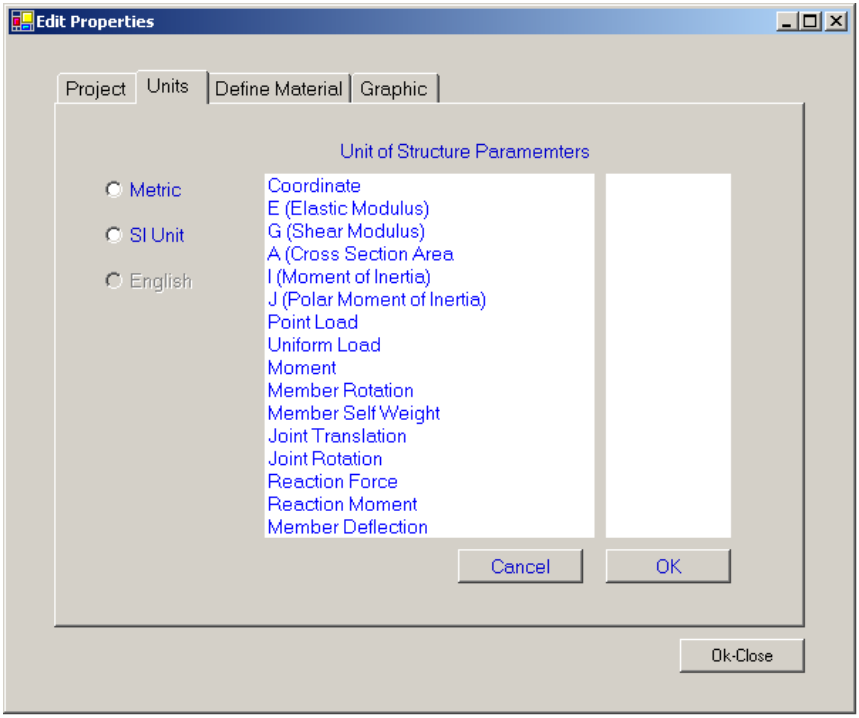
2.1 การกำหนดค่าเบื้องต้น

การกำหนดค่าเริ่มต้นของงาน เพื่อเลือกระบบระหว่าง มาตรา Metric และมาตรา SI และกำหนดค่าเริ่มต้นของขนาด Member และรายละเอียดอื่น ๆ ที่จำเป็นด้วยคำสั่ง Edit-->General Property จะปรากฏฟอร์ม Property ซึ่งมีจำนวน 4 Tab Page

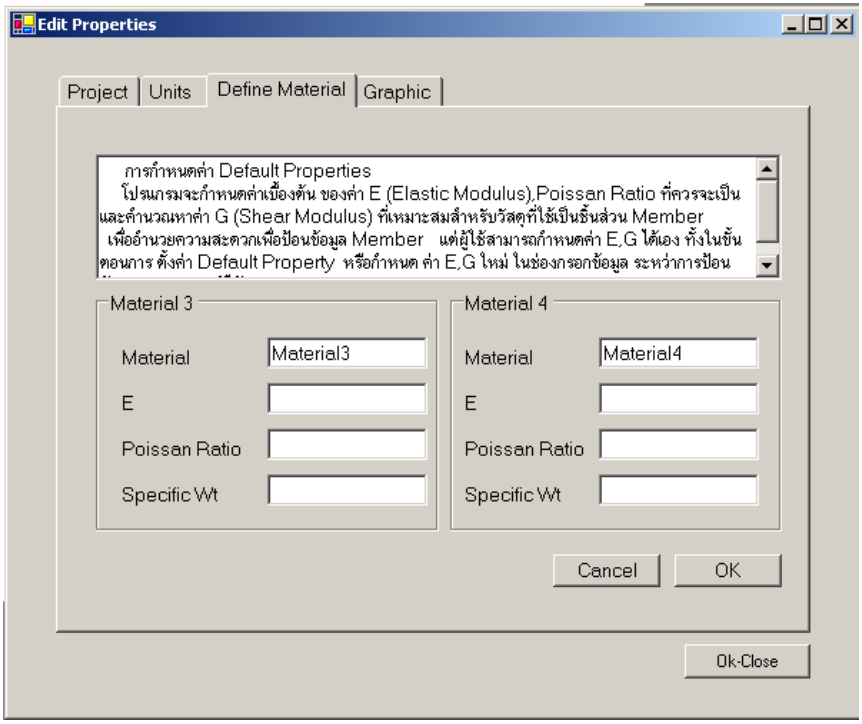
หน้าแรก จะเป็นเรื่องรายละเอียดของโปรเจคงาน รายละเอียดในส่วนนี้จะไปปรากฏเมื่อพิมพ์ผลลัพธ์ออกทางเครื่องพิมพ์



หน้าที่ 2 จะเป็นการกำหนดระบบการคำนวณว่าจะเป็นระบบใดระหว่าง Metric และ SI Unit ซึ่งโปรแกรมจะระบุหน่วยแรงต่าง ๆ เช่น Elasticity, Moment of Inertia และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

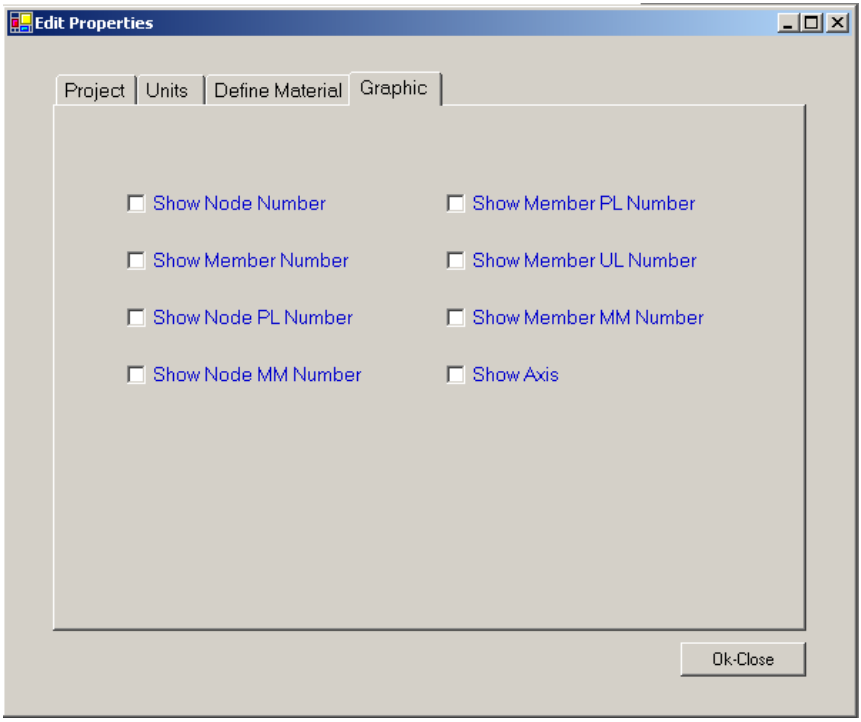


หน้าที่ 3 เป็นการกำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นของ Material ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดคุณสมบัติของ Material ชนิดที่ 1 และ Material ชนิดที่ 2 ให้เป็น Concrete และ Steel เอาไว้แล้ว ในกรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุนอกเหนือจาก Concrete และ Steel แล้วจะสามารถกำหนดคุณสมบัติเป็น Material ชนิดที่ 3 และชนิดที่ 4 ได้ โดยกำหนดค่า Elasticity หรือ Young Modulus (E), ค่า Poissan Ratio และค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดใหม่เอาไว้



เมื่อกำหนดเสร็จแล้วจะสามารถเรียกใช้คุณสมบัติของ Material ชนิดที่ 3 และชนิดที่ 4 ในขณะกำหนดคุณสมบัติของหน้าตัดได้ โดยคุณลักษณะของ Material ชนิดที่ 3 และ 4 ที่กำหนดค่าต่าง ๆ ที่ระบุไว้ครบถ้วนแล้วจะไปปรากฏชื่อ Material 3 หรือ Material 4 ในช่องลำดับ Material ของหน้าต่างการกำหนด Section Property

หน้าที่ 4 จะเป็นการกำหนดค่าการเปิด หรือ ปิดการแสดงตัวเลขรายละเอียดต่าง ๆ เช่น หมายเลขลำดับจุดต่อ (Node Number) หมายเลขลำดับชิ้นส่วน (Member Number) และอื่น ๆ ในการแสดงภาพโครงสร้าง ทั้งในหน้าจอมอนิเตอร์ และการแสดงผลทางเครื่องพิมพ์



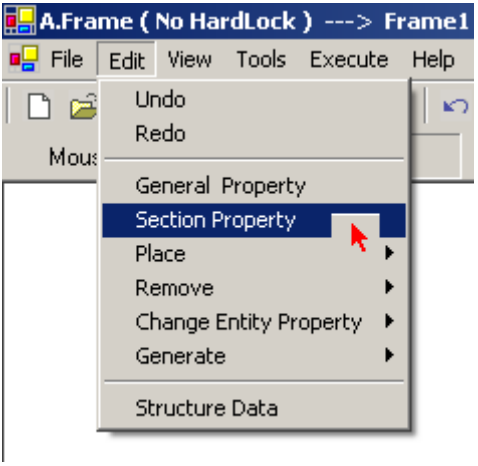
2.2 การกำหนดคุณสมบัติหน้าตัดชิ้นส่วน

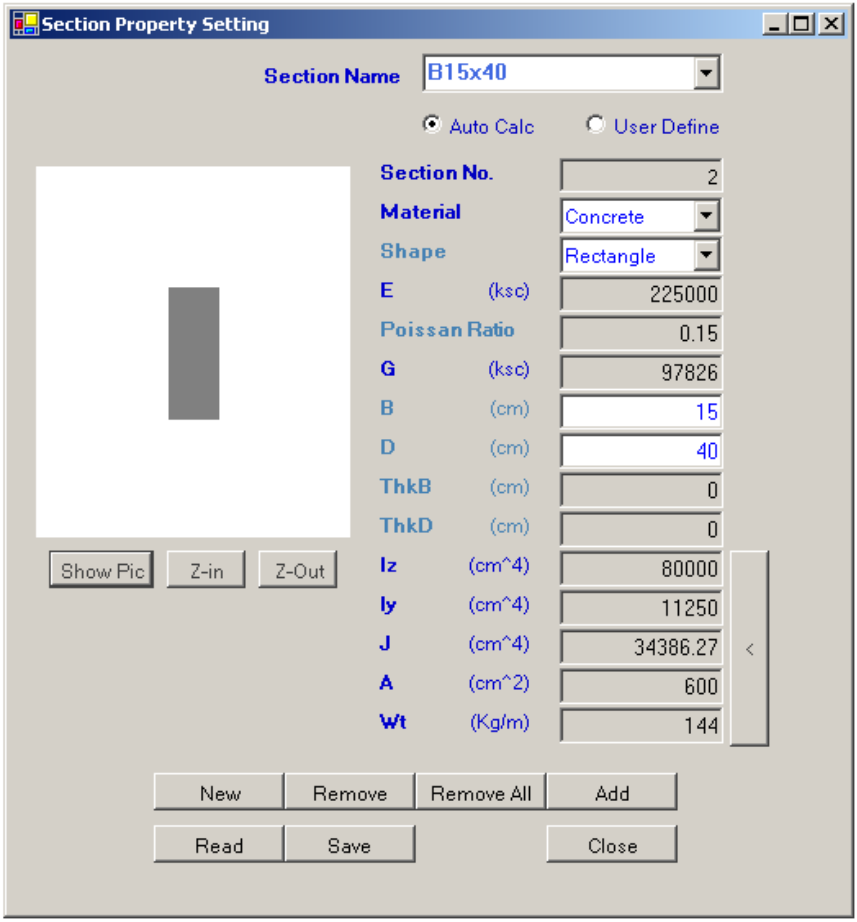
การใช้งานโปรแกรม A.Frame หรือ โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง 3 Dimension Frame ด้วยวิธี Stiffness Method ทั่ว ๆ ไป สิ่งที่สำคัญเบื้องต้นอย่างหนึ่ง คือ จำเป็นจะต้องกำหนดคุณสมบัติเชิงกล Mechanic Property ของชิ้นส่วน เช่น ค่า E G Iz Iy J เป็นต้น ค่าคุณสมบัติเฉพาะเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับชนิดของวัสดุและลักษณะทางเรขาคณิตของหน้าตัดนั้น

การป้อนข้อมูลสำหรับโปรแกรม A.Frame จึงกำหนดให้ผู้ใช้กำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของหน้าตัด กำหนดชื่อเฉพาะสำหรับหน้าตัดนั้น ๆ แล้วเก็บข้อมูลส่วนนี้ไว้เสียก่อน จากนั้นในขั้นตอนการป้อนข้อมูลรายละเอียดชิ้นส่วนก็เพียงแต่อ้างอิงชื่อหน้าตัดสำหรับชิ้นส่วนเท่านั้น คุณสมบัติต่าง ๆ ก็จะถ่ายเทไปหาชิ้นส่วนนั้นผ่านทางชื่อของหน้าตัด

การกำหนดคุณสมบัติของหน้าตัดจะมีขั้นตอน ดังนี้

1) เรียกคำสั่ง Edit Section Property

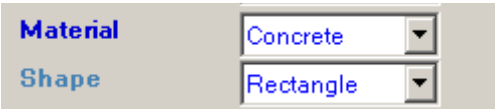




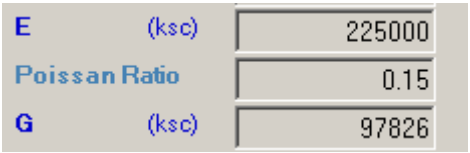
2) กำหนดทางเลือกการทำงานว่า จะให้โปรแกรมเลือกคุณสมบัติและคำนวณค่าต่าง ๆ ของวัสดุให้หรือผู้ใช้จะกำหนดคุณสมบัติ และค่าต่าง ๆ เองทั้งหมดด้วยตัวเอง ด้วยการ Click Auto Calc หรือ User Define

3) กำหนดชื่อ (Section Name) ในช่องข้อความ Section Name

4) เลือกชนิด Material จากรายการที่มีอยู่ หรือ กำหนด ชื่อ Material ใหม่ ในกรณีที่ไม่มีในรายการ เลือกชนิด Shape จากรายการที่มีอยู่ หรือกำหนดชื่อ Shape ใหม่ในกรณีที่ไม่มีในรายการ

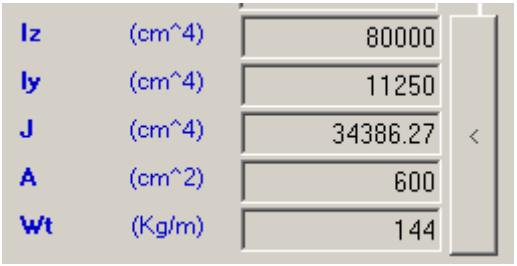


5) ในกรณีที่เลือก AutoCalc โปรแกรมจะกำหนด ค่า Elasticity (E), Poissan Ratio (IP) และคำนวณค่า Shear Modulus (G) และจะแสดงผลออกมาทางกรอบข้อความ แต่ถ้าหากกำหนดทางเลือกเป็น User Define ผู้ใช้จะต้องกำหนดตัวเลข E, Poissan Ratio และ G เอง



6) กำหนดความกว้าง B ความลึก D ของหน้าตัดและความหนาของ Web (ThkB) ความหนาของ Stem (ThkD) ในกรณีที่หน้าตัดมีรูปร่างเป็น I-Shape, C-Shape, L-Shape, T-Shape

7) โปรแกรมจะคำนวณหาค่า Moment of Inertia รอบแกน Z (Iz), Moment of Inertia รอบแกน Y (Iy), Torsional Constant (J) พื้นที่หน้าตัด (A) และน้ำหนักตัวเอง (Wt) ซึ่งผู้ใช้สามารถสั่งให้โปรแกรมคำนวณค่าต่าง ๆ เหล่านี้ได้



8) เมื่อกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Add เพื่อเป็นการบันทึกรายละเอียดหน้าตัดนั้นเข้าสู่หน่วยความจำภายในของโปรแกรม หากต้องการเพิ่มรายละเอียดของหน้าตัดใหม่อีก กดปุ่ม New แล้วเริ่มต้นขั้นตอน 1-7 อีกครั้ง ผู้ใช้สามารถเพิ่มจำนวนหน้าตัดได้ตามต้องการ ทุกครั้งที่กดปุ่ม Add จะเป็นการเพิ่มรายละเอียดหน้าตัดใหม่เข้าสู่หน่วยความจำภายในโปรแกรม

9) ในกรณีต้องการแก้ไขข้อมูลหน้าตัดเดิม ให้เลือกหน้าตัดจากรายชื่อ (Name List) จากช่องข้อความ Section Name แล้วแก้ไขคุณสมบัติต่าง เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลใหม่ลงไปในชื่อเดิม กดปุ่ม Add

10) ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลหน้าตัดใดออกจากหน่วยความจำภายในโปรแกรม จะต้องเลือกหน้าตัดจากรายชื่อ (Name List) จากช่องข้อความ Section Name แล้วกดปุ่ม Remove ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลหน้าตัดทั้งหมดออกจากหน่วยความจำภายใน ให้กดปุ่ม Remove All

11) ในกรณีที่กำหนดหน้าตัดต่าง ๆ แล้วเสร็จ สามารถเก็บข้อมูลเฉพาะรายละเอียดบันทึกลงไฟล์ในดิสเก็ต หรือ Hard Disk หรือหน่วยบันทึกข้อมูลภายนอกอื่น ๆ เพื่อนำคุณสมบัติหน้าตัดเหล่านี้กลับมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างอื่น ๆ ที่อาจใช้คุณสมบัติหน้าตัดเหล่านี้ได้ ด้วยปุ่ม Save โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลลงไฟล์ในนามสกุล ESF

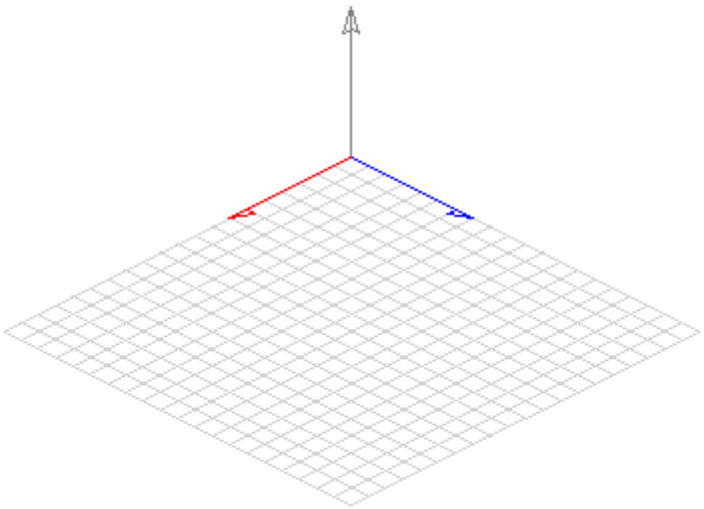
12) ในกรณีที่ต้องการเรียกรายละเอียดของหน้าตัดที่บันทึกไว้ในหน่วยบันทึกข้อมูลภายนอกเข้ามาไว้ในหน่วยความจำของโปรแกรม กดปุ่ม Read

13) ชื่อของหน้าตัด (Section Name) จะเป็นตัวแทนคุณสมบัติต่าง ๆ ของหน้าตัด เพื่อไปปรากฏในระหว่างการป้อนข้อมูล Member เมื่อผู้ใช้กำหนดให้ Member มีชื่อ Section Name ใด คุณสมบัติของหน้าตัดนั้นจะเป็นคุณสมบัติของ Member นั้นด้วย

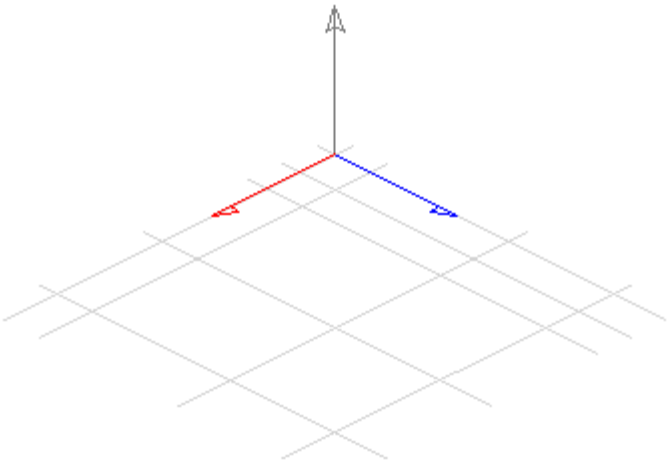
3.3 การกำหนดรายละเอียดของ Grid Line

เนื่องจากระบบพิกัดของโปรแกรม A. Frame เป็นระบบ 3 มิติ การระบุตำแหน่งของจุดต่าง ๆ เช่น Node จะต้องระบุ ค่าพิกัด X Y Z เพื่อความสะดวกในการป้อนข้อมูลพิกัดเหล่านี้ ผู้ใช้สามารถกำหนด Grid Line ต่าง ๆ ขึ้นมาได้เองเพื่อให้จุดตัดของ Grid Line เกิดค่าพิกัดที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงด้วยเมาส์ได้ง่ายกว่า การอ่านค่าตำแหน่ง Mouse Location หรือ การระบุตำแหน่งด้วยการป้อนตัวเลขผ่านทางคีย์บอร์ด Grid Line ใน A. Frame จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1) P-Grid คือ Grid ที่โปรแกรมได้จัดเตรียมไว้โดยระยะห่างระหว่าง Grid Line จะคงที่ ผู้ใช้ไม่สามารถกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของ P-Grid ได้มากนัก แต่ P-Grid จะเป็น Grid ที่สามารถสั่งให้โปรแกรมแสดงออกมาได้อย่างรวดเร็ว



2) M-Grid คือ Grid ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ตามความต้องการ M-Grid จะเป็น Grid ที่อยู่ในระนาบ Horizontal (XZ) เท่านั้น แต่จะมีกี่ชั้นตามระดับความสูง (แกน Y) ก็ได้ ผู้ใช้สามารถกำหนดตำแหน่งเส้น Grid Line เฉพาะค่าพิกัดที่ต้องการได้อย่างอิสระ M-Grid จึงเป็น Grid Line ที่มีเฉพาะตำแหน่งพิกัดที่ต้องการเท่านั้น M-Grid ที่ยืดหยุ่นเหมาะสมกับการใช้งานมากกว่า P-Grid



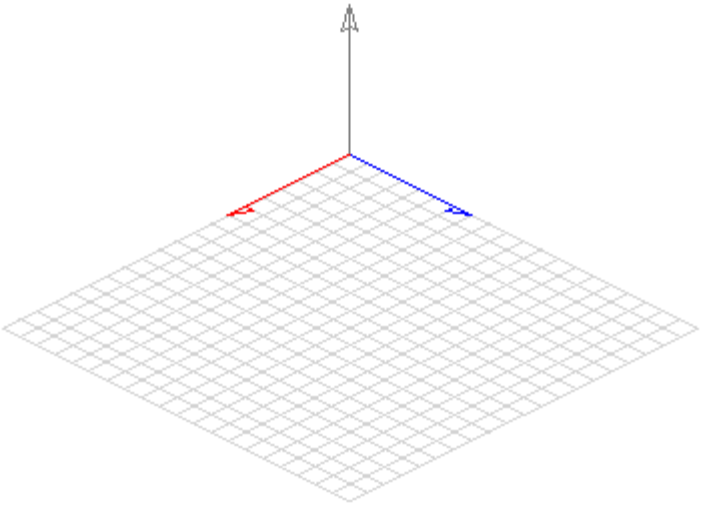
3.3.1 การกำหนด P-Grid

P-Grid

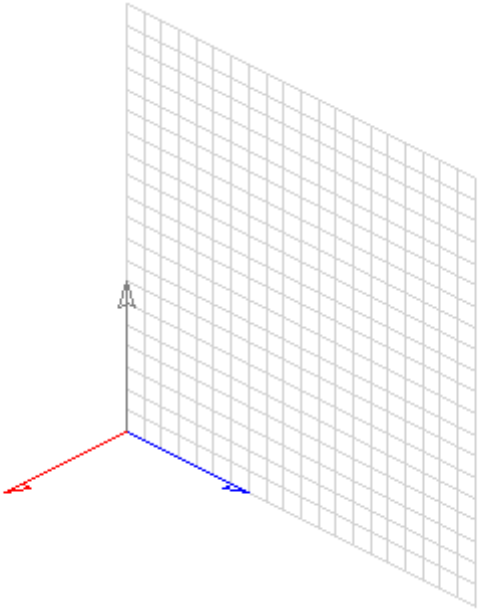
P-Grid (Program Grid) คือ Grid Line ที่โปรแกรมเตรียมไว้ จะมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมที่มีระยะห่าง (Grid Interval) ทั้ง 2 แกนเท่ากันโดยตลอด โดยระยะพิกัดในระนาบของ Grid เช่น P-Grid ในระนาบ XZ ค่าพิกัด X และ พิกัด Z จะแปรเปลี่ยนไปตาม Grid ส่วนพิกัด Y จะคงที่ตลอดเวลา

P-Grid จะมี 3 ชุด คือ ในระนาบ XY ระนาบ ZY และ ระนาบ XZ

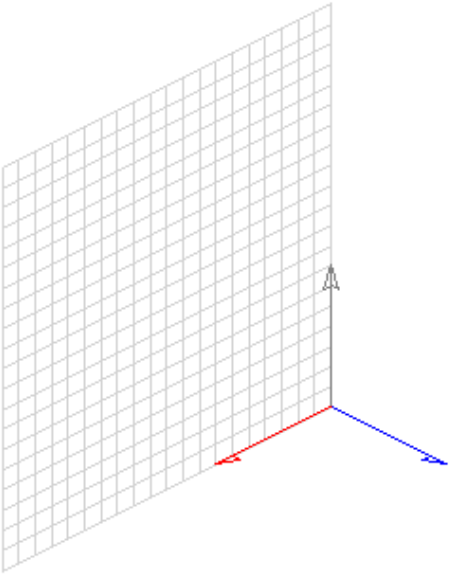
1) P-Grid ในระนาบ X-Z ที่ค่าพิกัด Y = 0



2) P-Grid ในระนาบ X-Y ที่ค่าพิกัด Z = 0

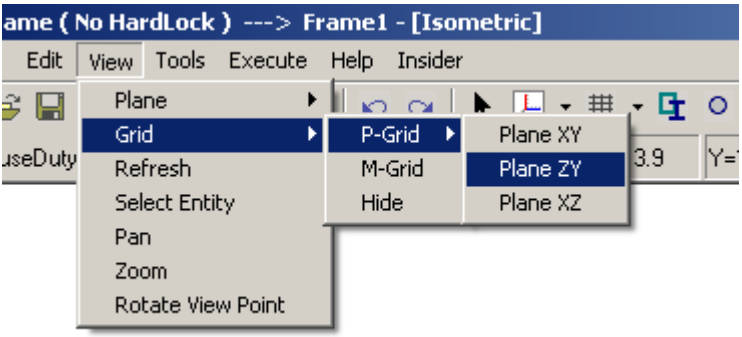


3) P-Grid ในระนาบ Z-Y ที่ค่าพิกัด X = 0



การเรียก Grid Line ทั้ง 3 ชนิด เรียกได้จากคำสั่ง

View --> Grid --> P-Grid --> Plane XY or Plane ZY or Plane XZ



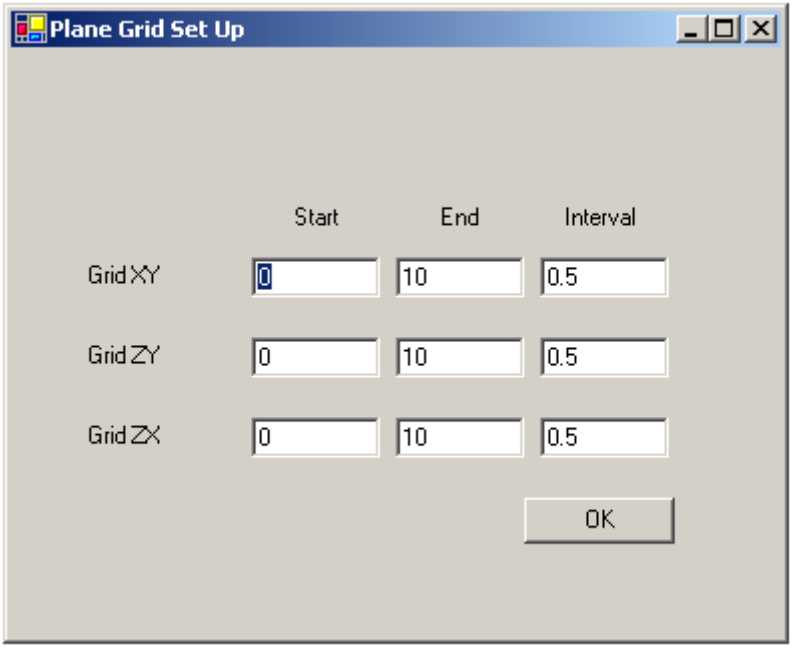
การปิด P-Grid ในกรณีที่ไม่ต้องการแสดงเส้น Grid แล้ว ใช้คำสั่ง

View --> Grid --> Hide

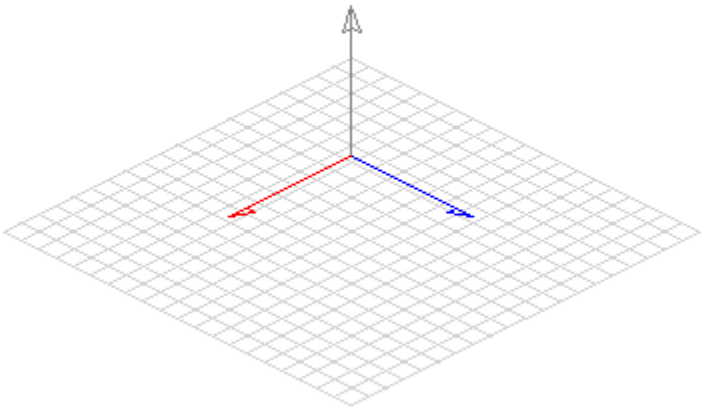
การปรับแต่ง P-Grid ผู้ใช้สามารถปรับแต่ง P-Grid ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ คือ สามารถกำหนดจุดเริ่มต้น กำหนดจุดสิ้นสุด กำหนดช่วงระยะห่างของ P-Grid ในแต่ระนาบ Grid ได้ด้วยคำสั่ง

Tool --> P-Grid --> Set Grid

จะปรากฏหน้าต่างที่มีช่องค่าเริ่มต้น ค่าสิ้นสุด และ ความห่างระหว่าง Grid Line เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าเหล่านั้นแล้ว การแสดงภาพ P-Grid จะเป็นไปตามค่าที่อยู่ในกรอบข้อความเหล่านั้น



เฉพาะ P-Grid X Z ซึ่งเป็น Grid ในระนาบ Horizontal สามารถปรับขึ้นลงตามแกนดิ่ง หรือ แกน Y ดังตัวอย่าง



การเลื่อน P-Grid เมื่อเปิดให้โปรแกรมแสดง P-Grid ระนาบ XZ แล้วใช้คำสั่ง

Tool --> P-Grid --> Move P-Grid

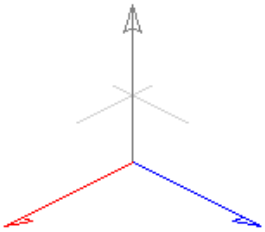
จากนั้นเลื่อนมาที่เมาส์ไปบริเวณ แกน Y บริเวณตำแหน่งค่า Y ที่ต้องการ (สังเกตจากค่า Mouse Location ที่ปรากฏ) แล้วคลิกเมาส์ที่ตำแหน่งนั้น P-Grid จะเลื่อนขึ้นไปตำแหน่งค่า Y นั้น

3.3.2 การสร้าง M-Grid

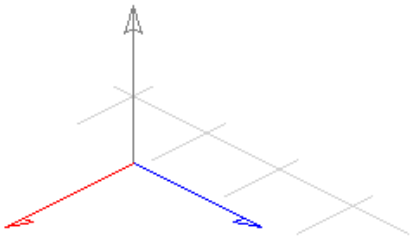
M-Grid คือ Grid ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองตามความต้องการ M-Grid จะเป็น Grid ที่อยู่ในระนาบ Horizontal (XZ) เท่านั้น แต่จะมีกี่ชั้นตามระดับความสูง (แกน Y) ก็ได้ คำสั่งต่าง ๆ และขั้นตอนในการสร้างและเรียกใช้งาน M-Grid มีดังนี้

ขั้นตอนการสร้าง M-Grid

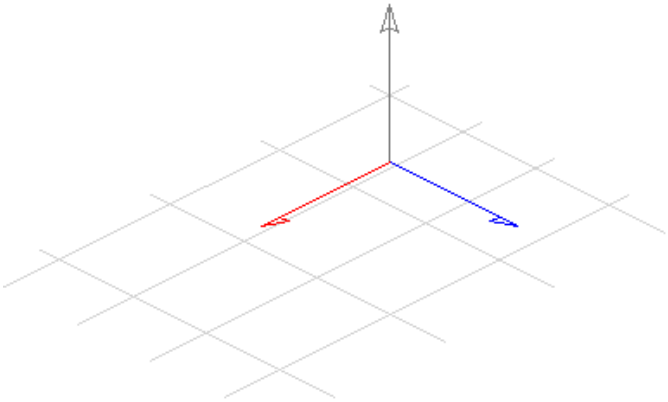
1) ใช้คำสั่ง Tools --> M-Grid --> Add M-Grid จะปรากฏกรอบเพื่อกำหนดค่าพิกัด Y X Z ที่มุมขวาบนของจอภาพ จากนั้นไปป้อนตัวเลขค่าระดับ Y ที่ต้องการในช่อง Y-Ordinate หรือ เคลื่อนที่เมาส์ไปตามแกน Y แล้วคลิกเมาส์ในตำแหน่งที่ต้องการ จะปรากฏเส้น Grid เริ่มต้นสีเทา 2 เส้น คือ X-Grid และ Y-Grid ตรงตำแหน่งแกน Y นั้น ในกรณีนี้ ตำแหน่ง Grid Line คือ ตำแหน่งที่ Y=1.5



2) กำหนด X-Grid ด้วยการ กรอกตัวเลขค่าพิกัด X ที่ต้องการให้มี Grid Line แล้วกด Enter ไปเรื่อย ๆ เช่น ถ้าต้องการให้มี Grid Line ที่พิกัด X=2, X=4 และ X=6 ให้ป้อนค่าในช่อง X-Grid ด้วยตัวเลข 2 (แล้ว Enter), 4 (แล้ว Enter), 6 (แล้ว Enter) จะปรากฏเส้น Grid ตามพิกัด X ที่ต้องการ หรือ อีกวิธี ด้วยการเคลื่อนที่เมาส์ไปตามเส้น X-Grid เริ่มต้นตรงตำแหน่งที่ X=2 (ด้วยการสังเกตตำแหน่ง Mouse Location) แล้ว คลิกเมาส์ เลื่อนเมาส์ต่อไปที่ตำแหน่ง X=4 คลิกเมาส์ เลื่อนเมาส์ต่อไปที่ตำแหน่ง X=6 คลิกเมาส์ จะเป็นการกำหนดตำแหน่ง X-Grid เช่นเดียวกับการป้อนตัวเลขในช่อง X-Grid



3) กำหนด Z-Grid ด้วยวิธีเดียวกับการกำหนด X-Grid แต่เปลี่ยนการกรอกตัวเลขแล้ว Enter ให้มากรอกในช่อง Z-Grid หรือ หากจะป้อนด้วยเมาส์ให้เคลื่อนที่เมาส์ไปตามเส้น Z-Grid เริ่มต้น ตัวอย่างทดลองป้อนค่า Z-Grid ที่พิกัด Z=3, Z=6, Z=9



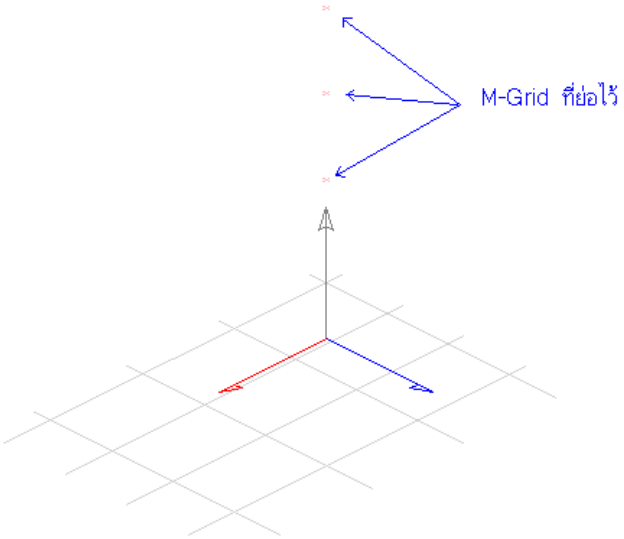
การปิด-เปิด M-Grid

การเรียกใช้ P-Grid และ M-Grid เพื่อสะดวกในการกำหนดพิกัดสำหรับ Node การสร้าง M-Grid สามารถสร้างได้หลายระดับข้อมูล M-Grid จะไม่มีผลต่อโครงสร้าง เพราะทุกครั้งที่ป้อนข้อมูล Node ด้วยเมาส์ โปรแกรมจะตรวจสอบค่าพิกัดจาก Grid แล้วเรียกค่าพิกัดจาก Grid มาใช้เป็นค่าพิกัดประจำตัว Node นั้น ๆ โดยที่มิได้อ้างอิงอะไรกับ Grid Line นั้นอีกต่อไป ดังนั้น Grid Line จึงเหมือนกับเป็นส่วนช่วยเหลือให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงระบบพิกัดเท่านั้น เมื่อใช้งาน M-Grid ไปแล้วจะสามารถลบ Grid Line นั้นออกไปได้ M-Grid แต่ละชุดจะมี 3 สถานะ คือ

- แสดงภาพ Grid คือ การแสดงภาพตารางสี่เหลี่ยมของ Grid Line ตามตำแหน่งที่กำหนดด้วยเส้นตรงสีเทาอ่อน
- ย่อภาพ Grid คือ การแสดงเฉพาะตำแหน่งตามแกน Y ที่มี M-Grid กำหนดไว้เป็นเครื่องหมายด้วยกากบาทสีแดง เพื่อเป็นการไม่รบกวนการแสดงภาพโครงสร้างหรืออื่น ๆ
- ซ่อนภาพ คือ การไม่แสดงภาพ หรือ ตำแหน่งของ M-Grid เลย

การซ่อนภาพ M-Grid ใช้คำสั่ง View --> Grid --> Hide
การแสดงภาพ M-Grid ใช้คำสั่ง View --> Grid --> M-Grid

การแสดง M-Grid จะแสดงได้ครั้งละ 1 ชุด ในกรณีที่ M-Grid มีหลายชุด (หลายระดับความสูง ตามแกน Y) M-Grid ชุดที่ได้แสดงจะถูกย่อส่วนเป็นเครื่องหมายกากบาทสีแดงตามแนวแกน Y การเรียกใช้ M-Grid ที่ย่อไว้จะต้องใช้เมาส์ไปคลิกที่ตรงกากบาทสีแดงนั้น



การลบ M-Grid

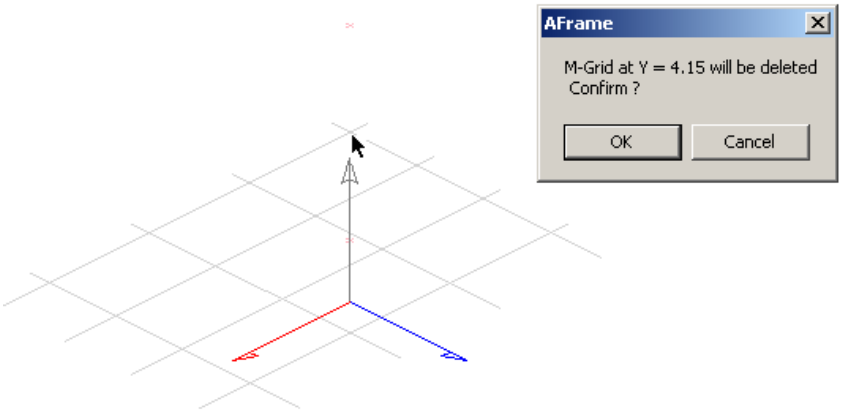
การแก้ไข M-Grid ทำได้ด้วยการเพิ่ม ลบเส้น Grid Line หรืออาจจะลบ M-Grid ทั้งชุดที่ระดับความสูงใด ๆ ได้ การลบ M-Grid มีขั้นตอน ดังนี้

1) ในกรณีที่ปิดการแสดงภาพ M-Grid จะต้องเปิดการแสดง M-Grid ก่อน

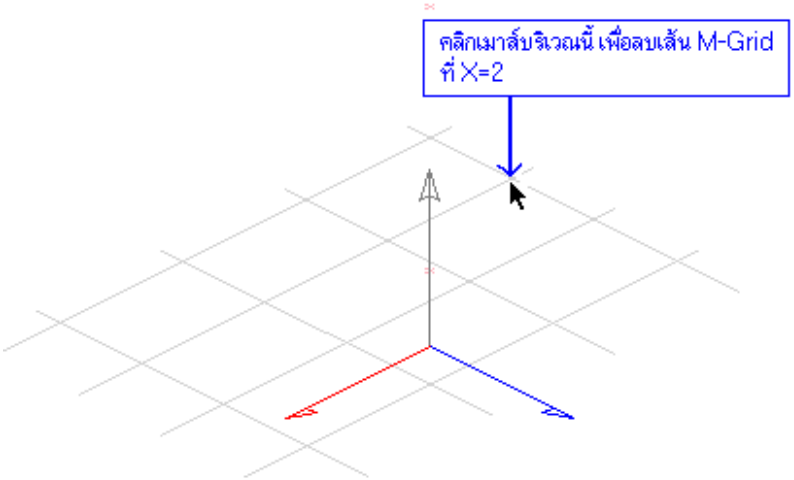
2) ใช้คำสั่ง Tools --> M-Grid --> Remove M-Grid

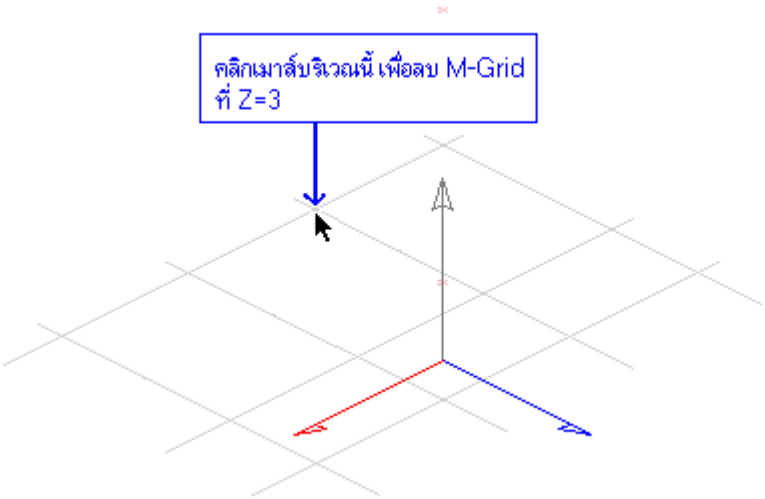
3) เคลื่อนเมาส์ไปตามแกน Y เลือก M-Grid ชุดที่ต้องการลบเส้น Grid Line แล้วคลิกเมาส์

4) ในกรณีที่ต้องการลบ M-Grid ออกทั้งชุด จะต้องเลื่อนเมาส์ไปจุดเริ่มของ M-Grid ชุดนั้นแล้วคลิกเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความเพื่อยืนยันการลบ M-Grid ออกทั้งชุด



5) ถ้าต้องการลบ X-Grid Line หรือ Z-Grid จะต้องเลื่อนเมาส์ไปตามเส้น Grid นั้น แล้วคลิกเมาส์ เส้น Grid นั้นจะถูกลบทิ้งไป





การ Copy และ Paste M-Grid

การ Copy M-Grid เป็นวิธีอำนวยความสะดวกและลดความสับสนในการสร้าง M-Grid เพราะโครงสร้างโดยทั่วไปมักจะมี Grid Line ที่ซ้อนกันเป็นส่วนใหญ่ การ Copy และ Paste จะมีขั้นตอน ดังนี้

1) ในกรณีที่ปิดการแสดงภาพ M-Grid จะต้องเปิดการแสดง M-Grid ก่อน

2) ใช้คำสั่ง Tools --> M-Grid --> Copy M-Grid

3) เคลื่อนที่เมาส์ไปตามแกน Y เลือก M-Grid ชุดที่ต้องการให้เป็นต้นแบบ แล้วคลิกเมาส์ เป็นการเก็บข้อมูลทั้งหมดของ M-Grid ชุดนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้าง M-Grid ในระดับอื่น ๆ

4) ใช้คำสั่ง Tools --> M-Grid --> Paste M-Grid แล้วเคลื่อนที่เมาส์ไปตามแกน Y แล้วคลิกเมาส์ตรงตำแหน่งค่า Y ที่จะสร้าง M-Grid (สังเกตค่า Y ในช่อง Mouse Location) โปรแกรมจะสร้าง M-Grid ที่มีจำนวนและระยะของ X-Grid และ Z-Grid เช่นเดียวกับ M-Grid ต้นแบบ

3.4 การกำหนด Node

3.4.1 การป้อนข้อมูล Node

หมายถึง การป้อนข้อมูลจุดต่อของโครงสร้าง Truss ซึ่งจะประกอบด้วย 5 ชนิดของ Node ได้แก่

Pin Support

Fix Support

Roller XZ Support

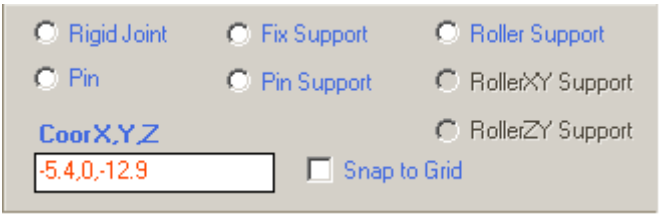
Pin Joint

Rigid Joint

การป้อนข้อมูล Node ใช้คำสั่ง Edit --> Place --> Node

หรือ กดปุ่ม

จะปรากฏกรอบช่วยการป้อนข้อมูล Node ที่มุมขวาบน



ซึ่งจะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ก่อนการป้อนข้อมูล Node ดังนี้

- เลือกประเภทของ Node ด้วยการเลือกกด Option ว่าจะเป็น Joint ประเภทอะไร Pin Support หรือ Fix Support หรือ Roller XZ Support หรือ Pin Joint หรือ Rigid Joint

- ถ้าต้องการป้อนข้อมูลโดยอาศัย Grid ให้เลือกค่า Snap to Grid แต่ถ้าต้องการกำหนดค่าพิกัดของ Node อย่างอิสระให้ยกเลิกการเลือกค่า Snap to Grid

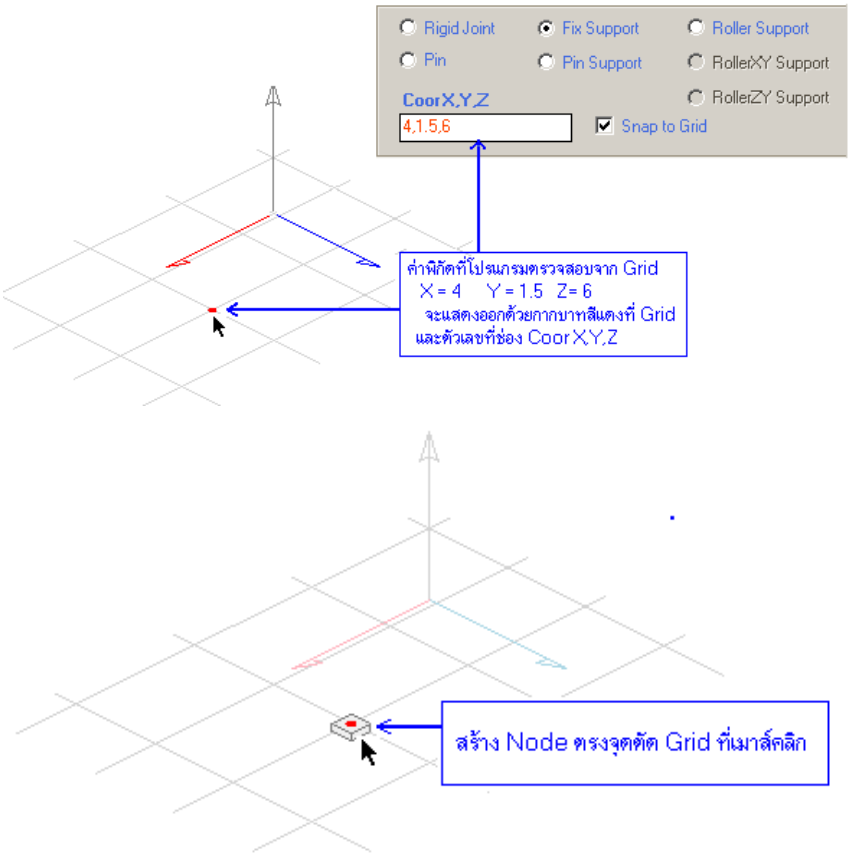
การป้อนค่าพิกัด Node ทำได้ 2 วิธี คือ

- ป้อนข้อมูลตัวเลขพิกัด Node ในช่อง Coor X,Y,Z ในลักษณะค่าพิกัด X ค่าพิกัด Y ค่าพิกัด Z ตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการป้อน Node ในตำแหน่ง X=1.5 Y=2.7 Z=3.14 จะต้องป้อน 1.5, 2.7, 3.14 ในช่อง Coor X,Y,Z

- ป้อนข้อมูล Node ด้วย Mouse จะมี 2 กรณี ได้แก่

1. ป้อนโดยไม่อาศัย Grid ให้เคลื่อนที่เมาส์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยการอ่านค่าพิกัดที่ช่อง Mouse Location หรือ อ่านค่าพิกัดที่ปรากฏในช่อง Coor X,Y,Z เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้วคลิกเมาส์

- ป้อนโดยอาศัย Grid (P-Grid หรือ M-Grid) จะต้องเรียก Grid ที่ต้องการให้แสดงเสียก่อน จากนั้นจึงเคลื่อนที่เมาส์ไปยังจุดตัดของ Grid ที่ต้องการโปรแกรมจะตรวจจับค่าพิกัดของ Grid ถ้าใกล้เคียง Grid ใด จะแสดงภาพกากบาทเล็ก ๆ สีแดงที่จุดตัดนั้น และจะแสดงค่าพิกัดตำแหน่งนั้นออกมาทางช่อง Coor X,Y,Z เมื่อได้จุดพิกัดที่ต้องการให้คลิกเมาส์ โปรแกรมจะป้อนข้อมูล Node เข้าหน่วยความจำภายใน พร้อมทั้งแสดงภาพ Node ออกมา



3.4.2 ภาพแสดง Joint ชนิดต่าง ๆ

Graphic Editor ของ A. Frame จะแสดงภาพ Joint ชนิดต่าง ๆ ดังนี้

Rijid Joint Support หรือ
Fix Support

Pin Support หรือ
Hinge Support

Roller Support (XZ Plane)

Rigid Joint

Pin

3.5 การกำหนดตำแหน่งของ Member

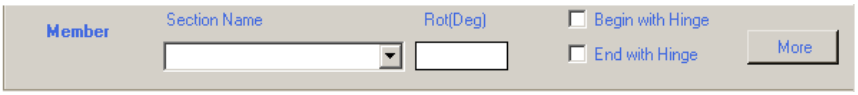
การป้อนข้อมูล Member

คือ การป้อนข้อมูลตำแหน่งของ Member โดยผู้ใช้จะสามารถกำหนดตำแหน่งของ Member ได้ โดยแต่ละชิ้นจะมีตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุด ณ Node ใด ๆ เท่านั้น ไม่สามารถกำหนดให้ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของ Member อยู่ภายนอก Node ที่ได้กำหนดไว้แล้วได้ การป้อนข้อมูล Member สามารถใช้คำสั่ง

Edit --> Place --> Member

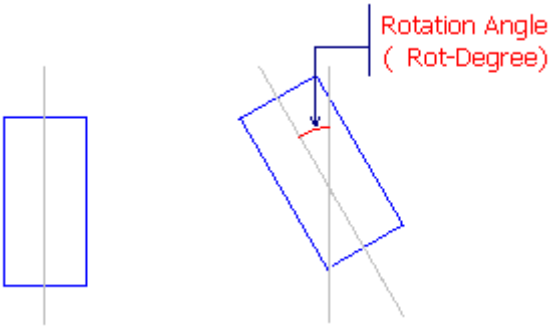
หรือ กดปุ่ม

จะปรากฏช่องเติมข้อความคุณสมบัติของชิ้นส่วนเพื่อให้ผู้ใช้กำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วนที่จะนำไปวางในตำแหน่งต่าง ๆ



กรอบข้อความ Section Name จะเป็น List รายชื่อ Section ที่สร้างไว้หรือเรียกจากไฟล์ Section ในขั้นตอนการป้อนข้อมูล คุณสมบัติหน้าตัดชิ้นส่วนให้ปรากฏ Section Name ในกรอบข้อความซึ่ง Member ที่กำลังจะวางในโครงสร้างจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ Section Name ที่ปรากฏนั้น

กรอบข้อความ Rot (Deg) คือ กรอบรับข้อมูลการบิดตัวหรือการหมุนตัวของหน้าตัดของ Member ในกรณีที่ต้องการวางให้หน้าตัดของ Member แกน Y (ของหน้าตัด) หมุนตัวออกจากแนวดิ่ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หน่วยเป็นองศา ในกรณีที่เป็นการวาง Member ตามปกติ (Rot=0) ไม่จำเป็นต้องกรอกตัวเลข



ตัวเลือก Begin with Hinge และ End with Hinge คือ ตัวเลือกในกรณีที่ต้องการบังคับให้คุณสมบัติตรงรอยต่อเฉพาะ Member นั้นที่จุดเริ่มต้น (Begin) และ/หรือจุดสิ้นสุด (End) มีคุณสมบัติเป็น Hinge หรือ Pin ตัวเลือกนี้จะมีผลเฉพาะ Member ที่วางเท่านั้น โปรแกรมจะวาดรูปวงกลมสีแดงตรงจุดเริ่มหรือจุดสิ้นสุดเฉพาะ Member ให้สังเกตเห็น

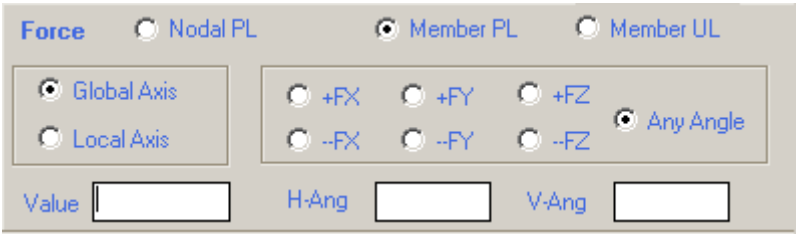
3.6 การกำหนดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อ Node หรือชิ้นส่วน

การป้อนข้อมูลแรงกระทำต่อโครงสร้าง

หลังจากการป้อนข้อมูลรายละเอียดของโครงสร้าง (ข้อมูล Node และ Member) เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลแรงกระทำต่อโครงสร้างได้ด้วยคำสั่ง

Edit --> Place --> Force

จะปรากฏกรอบสำหรับเตรียมข้อมูลทางด้านมุมขวาบนของหน้าต่าง A. Frame เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลในลำดับต่อไป ดังภาพ



การป้อนข้อมูลแรงกระทำจะมี 3 ลักษณะ คือ

1) **Point Load ที่กระทำต่อจุดต่อ** (Node Point Load : N-PL) มีขั้นตอนดังนี้

- เลือก Node PL ในกรอบข้อความซึ่ง Node PL จะอยู่ภายใต้ระบบ Global Coordinate เท่านั้น (โปรแกรมจะตั้งค่าระบบ Coordinate ให้เป็น Global Coordinate โดยอัตโนมัติ

- ป้อนตัวเลขค่าแรงกระทำ (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

- เลือกมุมกระทำของแรง ในกรณีที่เป็นแรงตามแนวแกน กรณีนี้โปรแกรมจะกำหนดค่ามุมตามแนวราบและแนวดิ่งให้เอง

+ FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง +

- FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง –

+ FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง +

- FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง –

+ FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง +

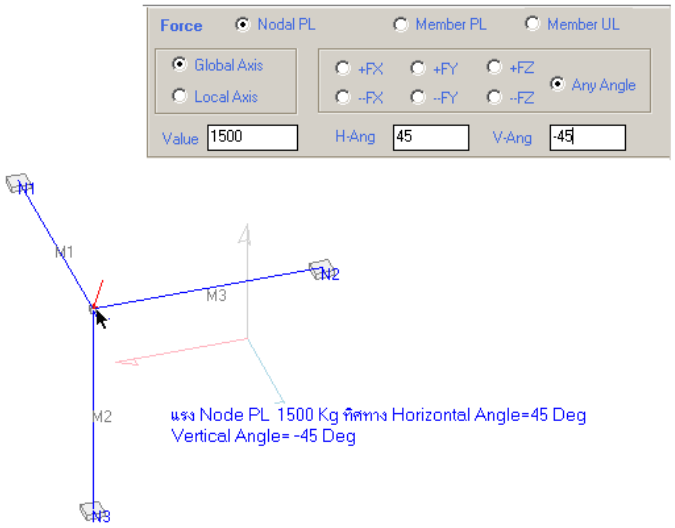
- FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง –

- ในกรณีที่แรงกระทำไม่อยู่ตามแนวแกน จะต้องเลือก Any Angle และป้อนข้อมูลมุม ดังนี้

ป้อนค่ามุมตามแนวราบ (Horizontal Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากแนวแกน X เวียนตามเข็มนาฬิกามาทางแกน Z

ป้อนค่ามุมตามแนวดิ่ง (Vertical Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากระนาบ XZ Plane (Horizontal) เวียนขึ้นบน (มุมเงย) เป็นค่าบวก และเวียนลงล่างเป็นค่าลบ

- เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Node ที่ต้องการแล้วคลิกเมาส์ จะเป็นการป้อนแรงกระทำ Node PL โดยมีค่ารายละเอียดของแรงตามค่าที่ตั้งไว้



2) Point Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วน (Member Point Load : M-PL) มีขั้นตอน ดังนี้

- เลือก Member PL ในกรอบข้อความ

- เลือกระบบ Coordinate ว่าแรงกระทำจะเป็นอยู่ในระบบ Global หรือ Local Coordinate

- ป้อนตัวเลขค่าแรงกระทำ (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI)

- เลือกมุมกระทำของแรง ในกรณีที่เป็นแรงตามแนวแกน กรณีนี้โปรแกรมจะกำหนดค่ามุมตามแนวราบและแนวดิ่งให้เอง

+ FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง +

- FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง –

+ FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง +

- FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง –

+ FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง +

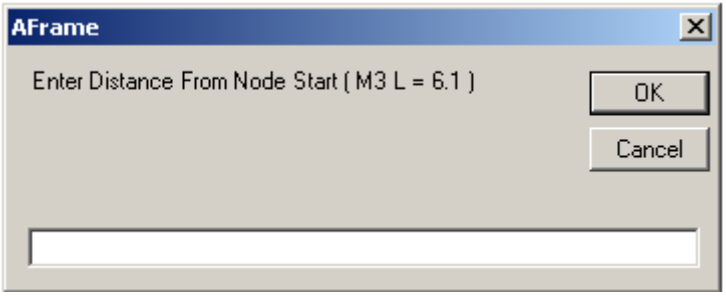
- FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง –

- ในกรณีที่แรงกระทำไม่อยู่ตามแนวแกน จะต้องเลือก Any Angle และป้อนข้อมูลมุม ดังนี้

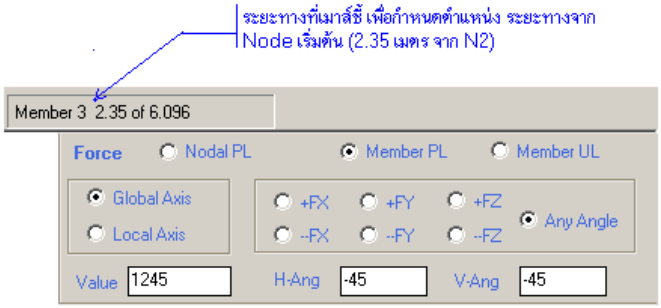
ป้อนค่ามุมตามแนวราบ (Horizontal Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากแนวแกน X เวียนตามเข็มนาฬิกามาทางแกน Z

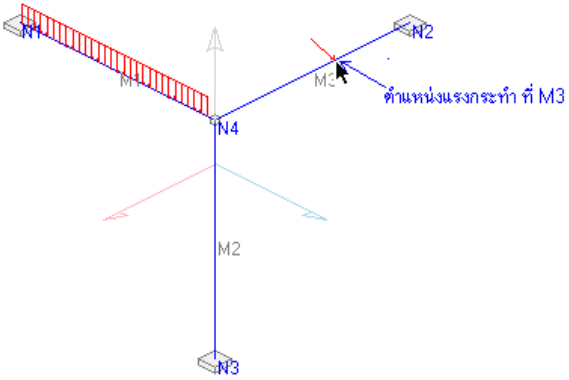
ป้อนค่ามุมตามแนวดิ่ง (Vertical Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากระนาบ XZ Plane (Horizontal) เวียนขึ้นบน (มุมเงย) เป็นค่าบวก และเวียนลงล่างเป็นค่าลบ

- เคลื่อนเมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการแล้วคลิกเมาส์ปุ่มขวา จะปรากฏกรอบรับข้อความ (Input Box) จะต้องป้อนตัวเลขตำแหน่งของแรงกระทำ (ระยะห่างจาก Start Node ของ Member หน่วยเป็นเมตร) แล้วกดปุ่ม OK



- กรณีที่ต้องการป้อนด้วยเมาส์ทั้งหมด ให้เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการ เคลื่อนที่เมาส์ไปยังจุดที่ต้องการบน Member โดยอ่านระยะห่างจาก Node ต้นทางของ Member ที่ช่อง Entity คลิกเมาส์จุดที่ต้องการ จะเป็นการป้อนแรงกระทำ Member PL โดยมีค่ารายละเอียดของแรงตามค่าที่ตั้งไว้





3) **Uniform t Load ที่กระทำต่อชิ้นส่วน** (Member Uniform Load : M-UL) มีขั้นตอน ดังนี้

- เลือก Member UL ในกรอบข้อความ

- เลือกระบบ Coordinate ว่าแรงกระทำจะเป็นอยู่ในระบบ Global หรือ Local Coordinate

- เลือกมุมกระทำของแรงในกรณีที่เป็นแรงตามแนวแกน กรณีนี้โปรแกรมจะกำหนดค่ามุมตามแนวราบและแนวดิ่งให้เอง

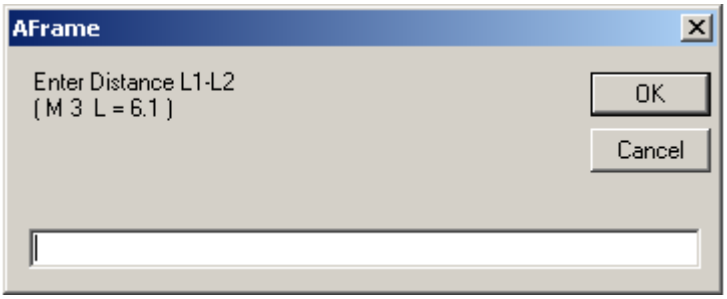
+ FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง +
- FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง –
+ FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง +
- FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง –
+ FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง +
- FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง –

- ในกรณีที่แรงกระทำไม่อยู่ตามแนวแกน จะต้องเลือก Any Angle และป้อนข้อมูลมุม ดังนี้

ป้อนค่ามุมตามแนวราบ (Horizontal Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากแนวแกน X เวียนตามเข็มนาฬิกามาทางแกน Z

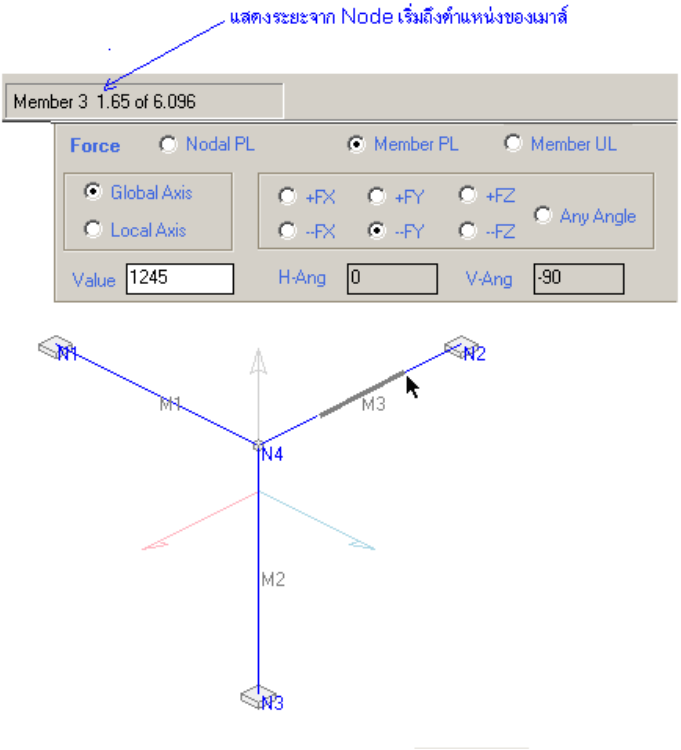
ป้อนค่ามุมตามแนวดิ่ง (Vertical Angle) ของแรงกระทำเป็นองศา เริ่มต้นจากระนาบ XZ Plane (Horizontal) เวียนขึ้นบน (มุมเงย) เป็นค่าบวก และเวียนลงล่างเป็นค่าลบ

- เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการแล้วคลิกเมาส์ปุ่มขวา จะปรากฏกรอบรับข้อความ (Input Box) จะต้องป้อนตัวเลขเริ่มต้นของแรงกระทำ (ระยะห่างจาก Start Node ของ Member หน่วยเป็นเมตร) แล้วตามด้วยเครื่องหมาย Comma แล้วตามด้วย ตัวเลขสิ้นสุดของแรงกระทำ (ระยะห่างจาก Start Node ของ Member หน่วยเป็นเมตร)

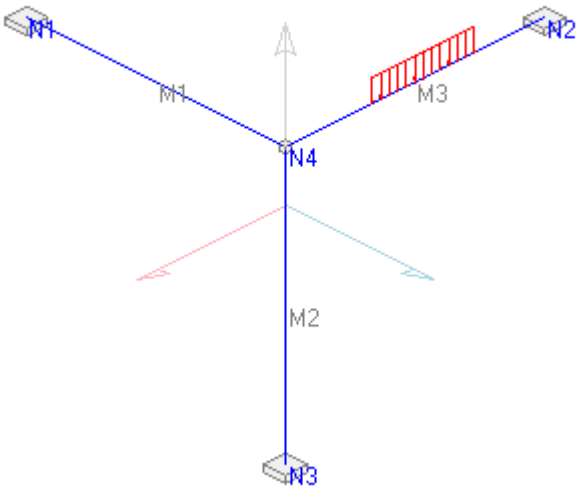


- กรณีที่ต้องการป้อนด้วยเมาส์ทั้งหมด ให้เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการ เคลื่อนที่เมาส์ไปยังจุดที่ต้องการบน Member โดยอ่านระยะห่างจาก Node ต้นทางของ Member ที่ช่อง Entity คลิกเมาส์จุดที่ต้องการครั้งแรก จะเป็นการกำหนดจุดเริ่มแรงกระทำ Member UL จากนั้นให้เคลื่อนที่เมาส์โดยไม่ต้องกดปุ่มเมาส์ค้างไว้ไปยังจุดสิ้นสุดของแรงกระทำ โดยสังเกตตำแหน่งของเมาส์ในกรอบข้อความ Mouse Location แล้วคลิกเมาส์อีกครั้ง แรงที่ป้อนโดยมีค่ารายละเอียดของแรงตามค่าที่ตั้งไว้

- กรณีที่ต้องการป้อนแรงเต็มระยะความยาว Member ให้คลิกเมาส์ 2 ครั้ง (Double Click) ตรง Member ที่ต้องการ จะเป็นการป้อนข้อมูลแรงกระทำแบบ Uniform Load เต็มความยาว Member



- โปรแกรมจะรับข้อมูลการป้อนข้อมูลแรง และแสดงภาพออกมา



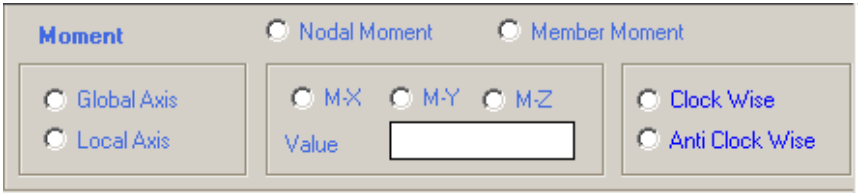
3.7 การกำหนดแรงกระทำแบบ Moment ที่กระทำต่อ Node หรือชิ้นส่วน

การป้อนข้อมูลโมเมนต์กระทำต่อโครงสร้าง

การป้อนข้อมูลโมเมนต์กระทำต่อโครงสร้างทั้งในส่วนที่กระทำต่อจุดต่อ หรือชิ้นส่วนทำได้ด้วยคำสั่ง

Edit --> Place --> Moment

จะปรากฏกรอบสำหรับเตรียมข้อมูลทางด้านมุมขวาบนของหน้าต่าง A. Frame เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลในลำดับต่อไป ดังภาพ



การป้อนข้อมูลโมเมนต์กระทำจะมี 2 ลักษณะ คือ

1) **Moment ที่กระทำต่อจุดต่อ** (Node Moment : N-MM) มีขั้นตอน ดังนี้

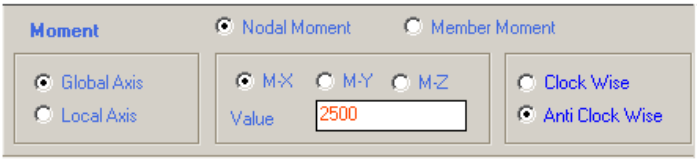
- เลือก Node Moment ในกรอบข้อความซึ่ง Node Moment จะอยู่ภายใต้ระบบ Global Coordinate เท่านั้น (โปรแกรมจะตั้งค่าระบบ Coordinate ให้เป็น Global Coordinate โดยอัตโนมัติ

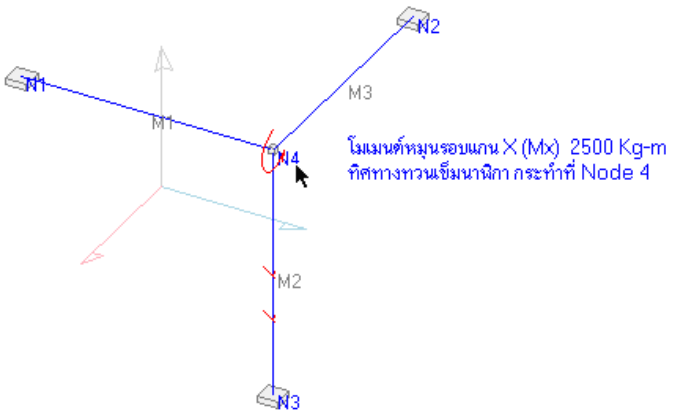
- ป้อนตัวเลขค่าโมเมนต์กระทำ (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

- เลือกระนาบของโมเมนต์ว่าเป็น Mx (โมเมนต์หมุนรอบ แกน X) หรือ My (โมเมนต์หมุนรอบ แกน Y) หรือ Mz (โมเมนต์หมุนรอบ แกน Z)

- เลือกทิศทางการหมุนของโมเมนต์ว่าเป็นทิศทางหมุนทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา Anti Clockwise หรือ Clockwise

- เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Node ที่ต้องการแล้ว คลิกเมาส์ จะเป็นการป้อนแรงกระทำ Node MM โดยมีค่ารายละเอียดของแรงตามค่าที่ตั้งไว้





2) **โมเมนต์ที่กระทำต่อชิ้นส่วน** (Member Moment : M-MM มีขั้นตอน ดังนี้

- เลือก Member Moment ในกรอบข้อความ
- เลือกระบบ Coordinate ว่าแรงกระทำจะเป็นอยู่ในระบบ Global หรือ Local Coordinate
- ป้อนตัวเลขค่าแรงกระทำ (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI)
- เลือกระนาบของโมเมนต์ว่าเป็น Mx (โมเมนต์หมุนรอบ แกน X) หรือ My (โมเมนต์หมุนรอบ แกน Y) หรือ Mz (โมเมนต์หมุนรอบ แกน Z)
- เลือกทิศทางการหมุนของโมเมนต์ว่าเป็นทิศทางหมุนทวนเข็ม หรือตามเข็มนาฬิกา Anti Clockwise หรือ Clockwise
- เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการเคลื่อนที่เมาส์ไปยังจุดที่ต้องการบน Member โดยอ่านระยะห่างจาก Node ต้นทางของ Member ที่ช่อง Entity คลิกเมาส์จุดที่ต้องการจะเป็นการป้อนแรงกระทำ Member Moment โดยมีค่ารายละเอียดตามค่าที่ตั้งไว้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์

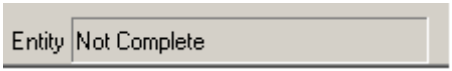
3.1 การวิเคราะห์โครงสร้าง

เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถสั่งให้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเมนูคำสั่ง

Execute --> Analysis

ถ้าข้อมูลโครงสร้างถูกต้องและอยู่ในสภาพที่สมดุล โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ไปตามลำดับขั้นตอนด้วยวิธี Stiffness Method การคำนวณจะอาศัยการแก้สมการด้วยวิธี Matrix Analysis ในระหว่างการคำนวณช่องข้อความ Entity จะปรากฏข้อความตามขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจนเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ พร้อมทั้งการ Cross Check ผลลัพธ์การวิเคราะห์ด้วย เมื่อโปรแกรมคำนวณแล้วเสร็จและถูกต้องจะปรากฏข้อความ Complete ในช่องข้อความ Entity

ในกรณีที่โครงสร้างอยู่ในภาวะไม่สมดุลหรือข้อมูลบางอย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งโปรแกรมไม่สามารถวิเคราะห์ได้ โปรแกรมจะหยุดการทำงานและจะปรากฏข้อความ Incomplete ในช่องข้อความ Entity



ผู้ใช้จะต้องตรวจสอบลักษณะความสมดุล (โครงสร้างจะต้องไม่เลื่อนไถล จะต้องไม่หมุน และชิ้นส่วนจะต้องไม่เคลื่อนที่ภายใต้แรงกระทำภายนอก) ของโครงสร้าง และข้อมูลของ Member Property ต่าง ๆ ให้เหมาะสม (ค่า E และ A จะต้องไม่มีค่าเป็น ศูนย์) และแก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสมก่อนให้โปรแกรมวิเคราะห์อีกครั้ง

3.2 ผลลัพธ์จากการคำนวณ

เมื่อโปรแกรมคำนวณแล้วเสร็จ ผู้ใช้สามารถเรียกดูผลลัพธ์การคำนวณได้ดังนี้

1) ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาทางตาราง ซึ่งจะเป็นสรุปรวมของ

- Node Displacement เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ของ Node Displacement ในทิศทางต่าง ๆ คือ Translation X,Y,Z และ Rotation X,Y,Z
- Member Force เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ของ Axial Force Shear Y, Shear Z, Torsion X, Bending Moment Y และ Bending Moment Z
- Reaction เป็นตารางแสดงแรงลัพธ์ของ Node ที่เป็น Support

2) ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาเฉพาะแต่ละ Node จะเป็นการแสดงผลลัพธ์แบบ Real Time เฉพาะ Node ที่ต้องการทราบหรือ Node ที่สำคัญโดยการเคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Node ที่ต้องการแล้วกดปุ่มซ้ายของเมาส์

3) ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาเฉพาะแต่ละ Member จะเป็นการแสดงผลลัพธ์แบบ Real Time เฉพาะ Member ที่ต้องการทราบหรือ Member ที่สำคัญ โดยการเคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการ แล้วเคลื่อนที่เมาส์ไปตามความยาวของ Member จนได้ระยะที่ต้องการแล้ว กดปุ่มซ้ายของเมาส์ ซึ่งผลลัพธ์ในลักษณะนี้จะแบ่งออกเป็นแต่ละชนิดของแรงและการโก่งตัวของ Member ดังนี้

- Moment รอบแกน X (M-X) ของชิ้นส่วน
- Bending Moment รอบแกน Y (BM-Y) ของชิ้นส่วน
- Bending Moment รอบแกน Z (BM-Z) ของชิ้นส่วน
- แรงตามแนวแกน X (Axial FX) ของชิ้นส่วน
- แรงตามแนวแกน Y (Axial FY) ของชิ้นส่วน
- แรงตามแนวแกน Z (Axial FZ) ของชิ้นส่วน
- การโก่งตัวตามแนวแกน Y (Deflection Y) ของชิ้นส่วน
- การโก่งตัวตามแนวแกน Z (Deflection Z) ของชิ้นส่วน

4) ผลลัพธ์ที่แสดงเป็นภาพ คือ การแสดง Graph และ Graphic ต่าง ๆ ของโครงสร้าง ได้แก่

- ภาพการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง Deformed Structure
- ภาพแผนภูมิแสดง Moment รอบแกน X (Torsion) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง
- ภาพแผนภูมิแสดง Moment รอบแกน Y (Bending Moment Y) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง
- ภาพแผนภูมิแสดง Moment รอบแกน Z (Bending Moment Z) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง
- ภาพแผนภูมิแสดง แรงตามแนวแกน X (Axial-X) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง
- ภาพแผนภูมิแสดง แรงตามแนวแกน Y (Shear Y) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง
- ภาพแผนภูมิแสดง แรงตามแนวแกน Z (Shear Z) ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

3.3 ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาทางตาราง

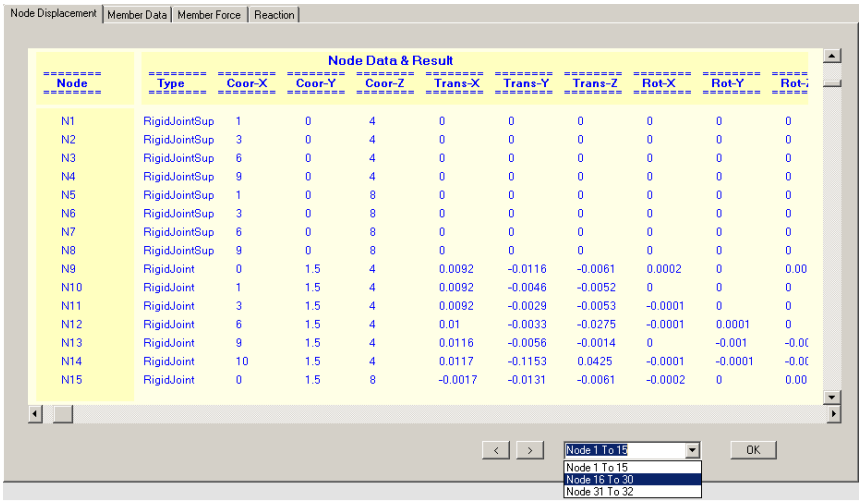
1) ผลลัพธ์การเคลื่อนที่ของ Node

ใช้เมนูคำสั่ง

Execute --> Result --> Table

จะปรากฏตารางแสดงผลลัพธ์ที่มีหลายตารางซ้อนกันอยู่ แล้วเลือก Tab Node Displacement

จะปรากฏตารางที่แสดงผลลัพธ์ระยะเคลื่อนที่ของ Node ทั้งหมดของโครงสร้างในรูปของตาราง ซึ่งจะแสดงครั้งละ 15 Node โดยสามารถเลือกให้แสดงด้วยการเลือกช่วงใน List Box ที่ปรากฏด้านล่างของตาราง



ซึ่งในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

Node หมายเลขประจำ Node

Type เป็นประเภทของ Node นั้น

Coor-X ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของ Node มีหน่วยเป็นเมตร

Coor-Y ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของ Node มีหน่วยเป็นเมตร

Coor-Z ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของ Node มีหน่วยเป็นเมตร

Trans-X ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน X มีหน่วยเป็น ซม.

Trans-Y ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน Y มีหน่วยเป็น ซม.

Trans-Z ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน Z มีหน่วยเป็น ซม.

Rot-X ค่าการหมุนตัว (Rotation) ของ Node รอบแกน X มีหน่วยเป็น เรเดียน

Rot-Y ค่าการหมุนตัว (Rotation) ของ Node รอบแกน Y มีหน่วยเป็น เรเดียน

Rot-Z ค่าการหมุนตัว (Rotation) ของ Node รอบแกน Z มีหน่วยเป็น เรเดียน

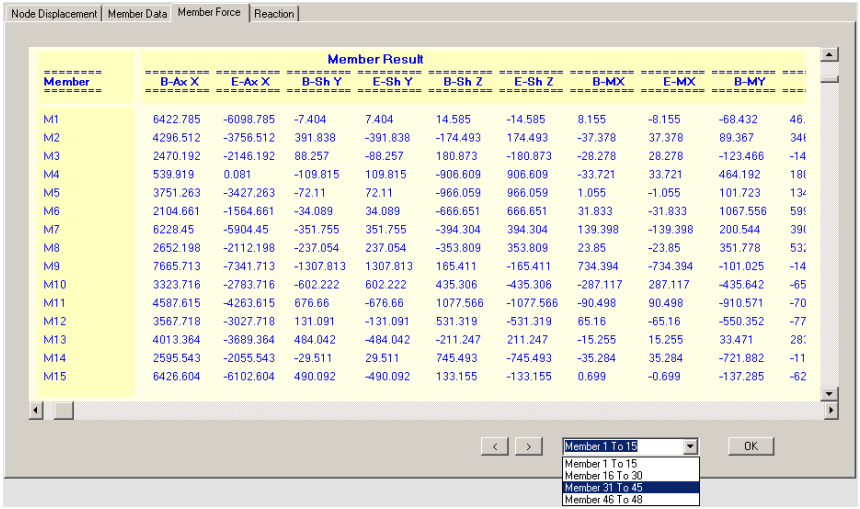
2) **ผลลัพธ์แรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วน** Member

ใช้เมนูคำสั่ง

Execute --> Result --> Table

จะปรากฏ ตารางแสดงผลลัพธ์ที่มีหลายตารางซ้อนกันอยู่ แล้วเลือก Tab Member Force

จะปรากฏตารางที่แสดงผลลัพธ์แรงที่เกิดขึ้นภายใน Member ทั้งหมดของโครงสร้างในรูปของตาราง ซึ่งจะแสดงครั้งละ 15 Member โดยสามารถเลือกให้แสดงด้วย การเลือกช่วงใน List Box ที่ปรากฏด้านล่างของตาราง



Member	B-Ax X	E-Ax X	B-Sh Y	E-Sh Y	B-Sh Z	E-Sh Z	B-MX	E-MX	B-MY	
M1	6422.785	-6098.785	-7.404	7.404	14.585	-14.585	8.155	-8.155	-68.432	46.
M2	4296.512	-3756.512	391.838	-391.838	-174.493	174.493	-37.378	37.378	89.367	34(
M3	2470.192	-2146.192	88.257	-88.257	180.873	-180.873	-28.278	28.278	-123.466	-14
M4	539.919	0.081	-109.815	109.815	-906.609	906.609	-33.721	33.721	464.192	18(
M5	3751.263	-3427.263	-72.11	72.11	-966.059	966.059	1.055	-1.055	101.723	13-
M6	2104.661	-1564.661	-34.089	34.089	-666.651	666.651	31.833	-31.833	1067.556	59(
M7	6228.45	-5904.45	-351.755	351.755	-394.304	394.304	139.398	-139.398	200.544	39(
M8	2652.198	-2112.198	-237.054	237.054	-353.809	353.809	23.85	-23.85	351.778	53:
M9	7665.713	-7341.713	-1307.813	1307.813	165.411	-165.411	734.394	-734.394	-101.025	-14
M10	3323.716	-2783.716	-602.222	602.222	435.306	-435.306	-287.117	287.117	-435.642	-65
M11	4587.615	-4263.615	676.66	-676.66	1077.566	-1077.566	-90.498	90.498	-910.571	-70
M12	3567.718	-3027.718	131.091	-131.091	531.319	-531.319	65.16	-65.16	-550.352	-77
M13	4013.364	-3689.364	484.042	-484.042	-211.247	211.247	-15.255	15.255	33.471	28:
M14	2595.543	-2055.543	-29.511	29.511	745.493	-745.493	-35.284	35.284	-721.882	-11
M15	6426.604	-6102.604	490.092	-490.092	133.155	-133.155	0.699	-0.699	-137.285	-62

ในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

Member ลำดับหมายเลขชิ้นส่วน

B-Ax X แรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

E-Ax X แรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นตรงจุดสิ้นสุดของชิ้นส่วนมีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

B-Sh Y แรง Shear ตามแนวแกน Y ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

E-Sh Y แรง Shear ตามแนวแกน Y ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

B-Sh Z แรง Shear ตามแนวแกน Z ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

B-Sh Z แรง Shear ตามแนวแกน Y ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

B-Mx Torsion Moment (โมเมนต์รอบแกน X) ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

E-Mx Torsion Moment (โมเมนต์รอบแกน X) ที่เกิดขึ้นตรงจุดสิ้นสุดของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

B-My Bending Moment Y (โมเมนต์รอบแกน Y) ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

E-My Bending Moment Y (โมเมนต์รอบแกน Y) ที่เกิดขึ้นตรงจุดสิ้นสุดของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

B-Mz Bending Moment Z (โมเมนต์รอบแกน Z) ที่เกิดขึ้นตรงจุดเริ่มของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

E-Mz Bending Moment Y (โมเมนต์รอบแกน Z) ที่เกิดขึ้นตรงจุดสิ้นสุดของชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

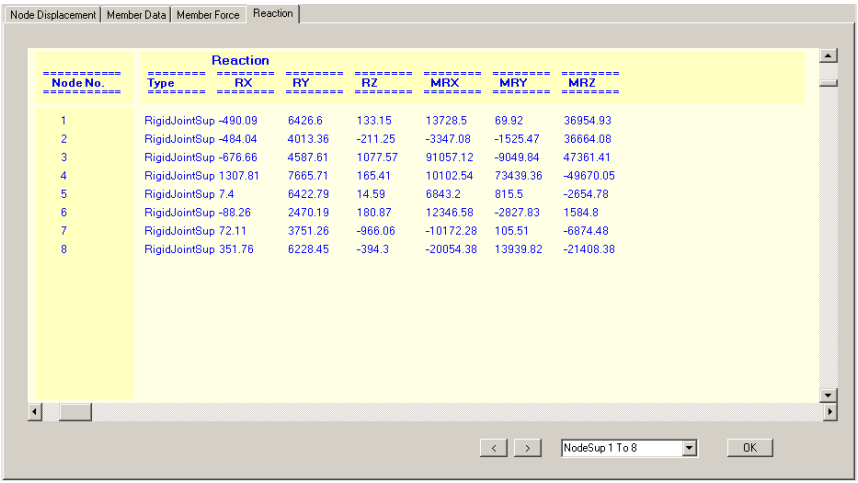
3) **ผลลัพธ์แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ**

ใช้เมนูคำสั่ง

Execute --> Result --> Table

จะปรากฏตารางแสดงผลลัพธ์ที่มีหลายตารางซ้อนกันอยู่ แล้วเลือก Tab Reaction

จะปรากฏตารางที่แสดงผลลัพธ์แรงปฏิกิริยาของ Node ที่เป็น Support ทั้งหมดของโครงสร้างในรูปของตาราง ซึ่งจะแสดงครั้งละ 15 Node โดยสามารถเลือกให้แสดงด้วย การเลือกช่วงใน List Box ที่ปรากฏด้านล่างของตาราง



โดยที่แต่ละ Column จะมีความหมาย ดังนี้

Node No. หมายเลขประจำ Node

Type ชนิดของ Support

Rt-X ปริมาณแรงลัพธ์ทิศทางแกน X ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบเมตริค หรือ KN ในระบบ SI

R-Y ปริมาณแรงลัพธ์ทิศทางแกน Y ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบเมตริค หรือ KN ในระบบ SI

R-Z ปริมาณแรงลัพธ์ทิศทางแกน Z ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบเมตริค หรือ KN ในระบบ SI

MRX ปริมาณแรงลัพธ์ที่เป็น Moment ในทิศทางที่หมุนรอบแกน X ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับแบบ Rigid Joint Support หรือ Fix Support มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบเมตริค หรือ KN-m ในระบบ SI

MRY ปริมาณแรงลัพธ์ที่เป็น Moment ในทิศทางที่หมุนรอบแกน Y ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับแบบ Rigid Joint Support หรือ Fix Support มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบเมตริค หรือ KN-m ในระบบ SI

MRZ ปริมาณแรงลัพธ์ที่เป็น Moment ในทิศทางที่หมุนรอบแกน Z ที่กระทำต่อ Node นั้น ในกรณีที่ Node นั้นเป็นจุดรองรับแบบ Rigid Joint Support หรือ Fix Support มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบเมตริค หรือ KN-m ในระบบ SI

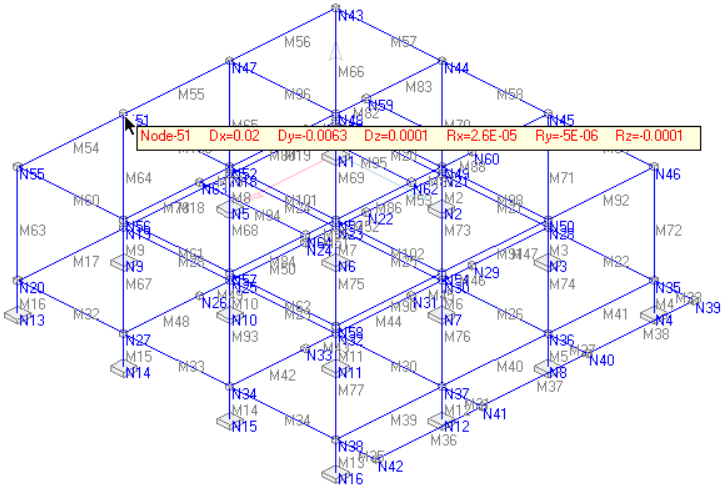
3.4 ผลลัพธ์บาง Node หรือ บางจุดในชิ้นส่วน

1) ผลลัพธ์เฉพาะบาง Node ที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการทราบรายละเอียดเฉพาะ Node สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Node

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Node ที่ต้องการแสดงผลลัพธ์เฉพาะด้วยการเคลื่อนที่เมาส์ไปชี้ Node ที่ต้องการแล้วกดปุ่มซ้ายค้างไว้ โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ



Node หมายเลขประจำ Node

Dx ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน X มีหน่วยเป็น ซม.

Dy ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน Y มีหน่วยเป็น ซม.

Dz ค่าการเคลื่อนตัว (Translation) ของ Node ไปตามแกน Z มีหน่วยเป็น ซม.

Rx ค่าการหมุนตัว (Rotation) รอบแกน X ของ Node มีหน่วยเป็น เรเดียน

Ry ค่าการหมุนตัว (Rotation) รอบแกน Y ของ Node มีหน่วยเป็น เรเดียน

Rz ค่าการหมุนตัว (Rotation) รอบแกน Z ของ Node มีหน่วยเป็น เรเดียน

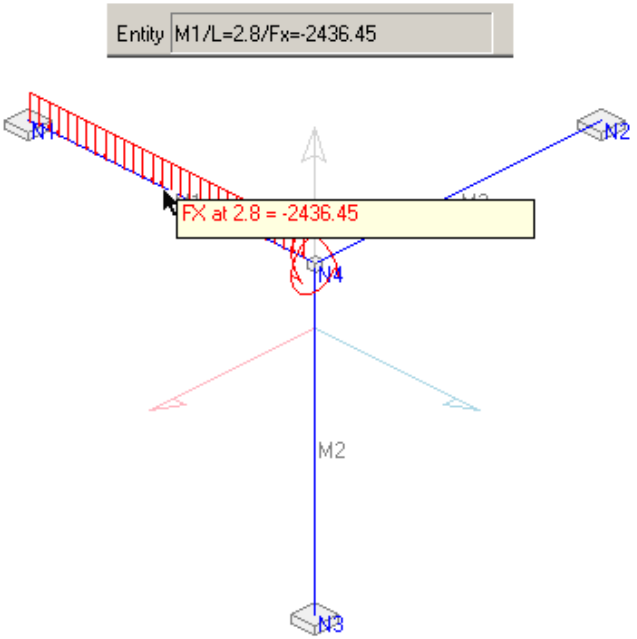
2) ผลลัพธ์ค่า Axial Force ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

ในกรณีที่ต้องการค่า Axial Force ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Member --> Axial FX

จากนั้น ผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Axial Force ตรงจุดนั้น หรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ



3) ผลลัพธ์ค่า Shear Force ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

ในกรณีที่ต้องการค่า Shear Force ตามแนวแกน Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

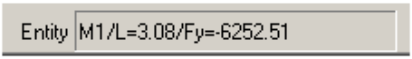
สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

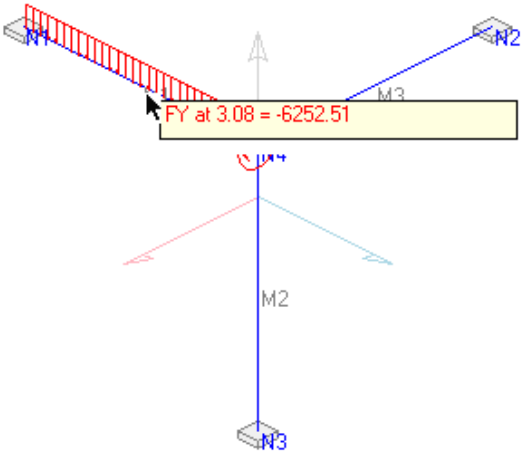
Execute --> Result --> Selected Member --> Shear FY

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Shear Force FY ตรงจุด

นั้นหรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ





4) ผลลัพธ์ค่า Shear Force Z ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

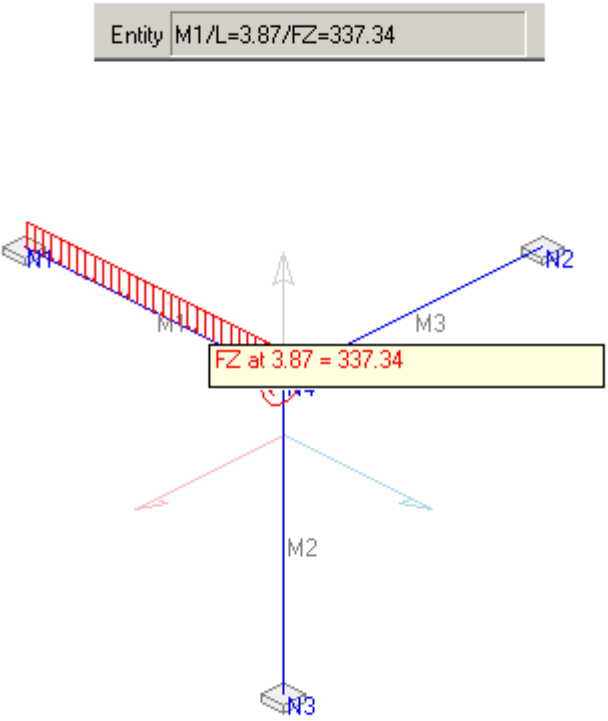
ในกรณีที่ต้องการค่า Shear Force ตามแนวแกน Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Member --> Shear FZ

จากนั้น ผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Shear Force FZ ตรงจุดนั้น หรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ



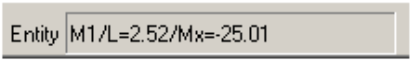
5) ผลลัพธ์ค่า Moment X (Moment รอบแกน X หรือ Torsion) ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

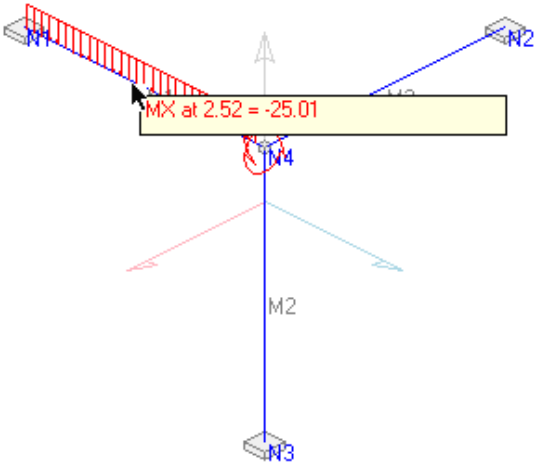
ในกรณีที่ต้องการค่า Moment X ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Member --> Shear M-X

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Moment X ตรงจุดนั้นหรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ





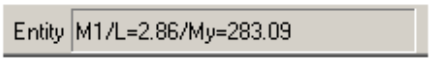
6) ผลลัพธ์ค่า Bending Moment Y (Moment รอบแกน Y) ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

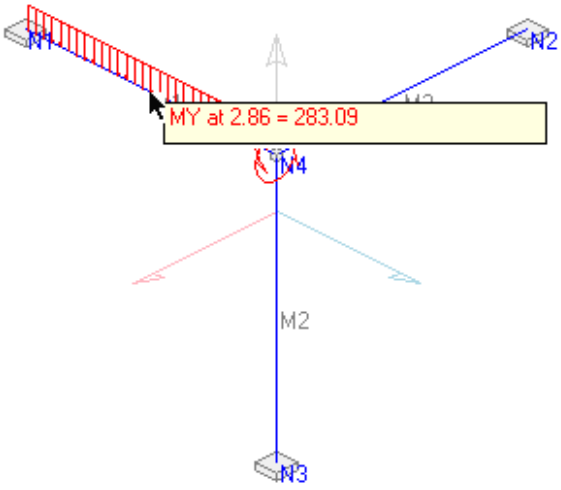
ในกรณีที่ต้องการค่า Bending Moment Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Member --> BM-Y

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Bending Moment Y ตรงจุดนั้นหรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ





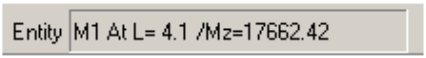
7) ผลลัพธ์ค่า Bending Moment Z (Moment รอบแกน Z) ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

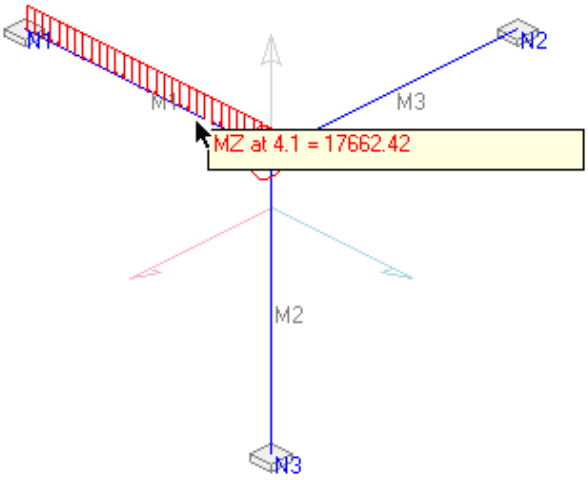
ในกรณีที่ต้องการค่า Bending Moment Z ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result --> Selected Member --> BM-Z

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้นที่ช่องข้อความ Entity จะแสดงหมายเลข Member ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่า Bending Moment Z ตรงจุดนั้นหรือกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงข้อมูลทำนองเดียวกับที่แสดงในกรอบข้อความ Entity

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ





8) ผลลัพธ์ค่า Deflection ที่จุดต่าง ๆ บนชิ้นส่วน

ในกรณีที่ต้องการค่า Deflection ที่โก่งไปในทิศทาง Y (Deflection Y) หรือ Deflection ที่โก่งไปในทิศทาง Z (Deflection Z) ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

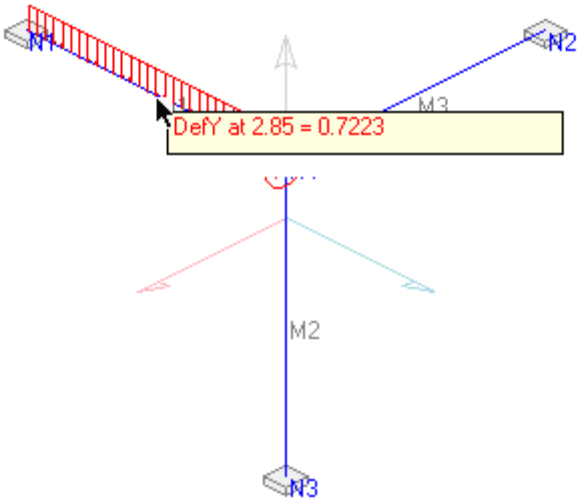
สามารถสั่งให้โปรแกรมตอบสนองความต้องการได้ด้วยการใช้คำสั่ง

Execute --> Result -->Selected Member -->Deflection Y หรือ

Execute --> Result -->Selected Member -->Deflection Z

จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือก Member และตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าด้วยการใช้ Mouse เคลื่อนที่ไปชี้ยังจุดนั้น แล้วกดปุ่มซ้ายของเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความแสดงระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของ Member และค่าการโก่งตัวตามทิศทาง Y หรือ ทิศทาง Z ของจุดนั้น มีหน่วยเป็น ซม.

โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพ

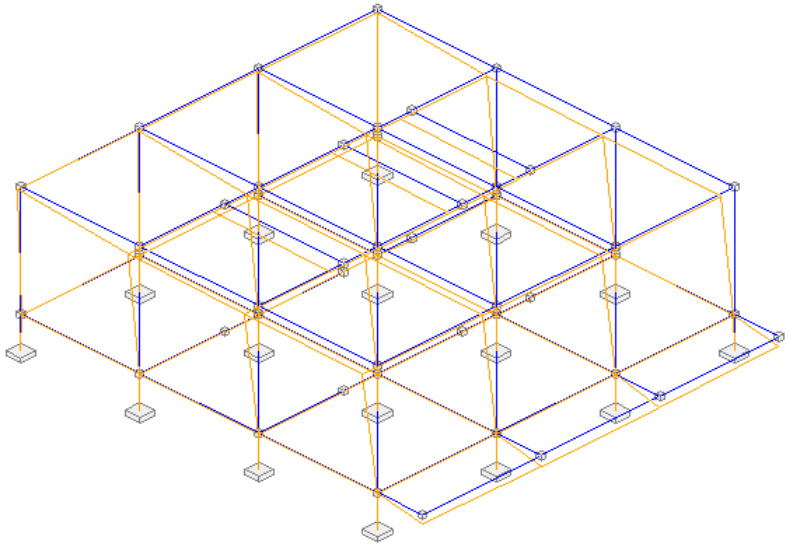


3.5 ภาพแสดงการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง

หลังจากการป้อนข้อมูลและวิเคราะห์ได้ผลลัพธ์แล้ว สามารถเรียกดูภาพการเคลื่อนตัวของโครงสร้างได้ด้วยคำสั่ง

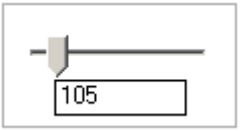
Execute --> Result --> Graphics -->Deformed Structure

โปรแกรมจะแสดงภาพแนวโครงสร้างที่เคลื่อนตัวซ้อนทับกับภาพโครงสร้างปกติดังภาพ



โดยแนวเส้น **สีส้ม** จะเป็นแนว Member ที่ลากไปตามการเคลื่อนตัวระหว่าง Node

ผู้ใช้สามารถกำหนดให้โปรแกรมสร้างภาพที่เกินจริง ได้ด้วยการคลิกที่ปุ่มขวาของเมาส์จะปรากฏปุ่มควบคุมแบบ Slider เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดอัตราส่วนการสร้างภาพเกินจริงด้วยการเลื่อนปุ่ม Slider ไปยังค่าเกินจริงที่ต้องการ ดังภาพ



เมื่อเลื่อน Slider ไปยังค่าที่ต้องการ โปรแกรมจะสร้างภาพการเคลื่อนที่ของโครงสร้างที่เกินจริงตามจำนวนเท่าที่ปรากฏใน Slider สามารถซ่อนภาพ Slider ด้วยการกดปุ่มขวาของเมาส์ซ้ำอีกครั้ง

3.6 ภาพแผนภูมิ ผลลัพธ์ต่าง ๆ ของโครงสร้าง

เมื่อโปรแกรมได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถเรียกดูภาพ Diagram ต่าง ๆ ที่เป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

- Torsion Moment Diagram (Moment รอบแกน X) ของชิ้นส่วนด้วยคำสั่ง

  Execute --> Result --> Graphics -->Torsion-X

- Bending Moment Y Diagram (moment รอบแกน Y) ของชิ้นส่วน ด้วยคำสั่ง

  Execute --> Result --> Graphics --> Bending Moment Y

- Bending Moment Z Diagram (moment รอบแกน Y) ของชิ้นส่วน ด้วยคำสั่ง

  Execute --> Result --> Graphics --> Bending Moment Y

- Axial Force Diagram (แรงภายในตามแนวแกน X) ของชิ้นส่วน ด้วยคำสั่ง

Execute --> Result --> Graphics --> Graphics -->Axial-X

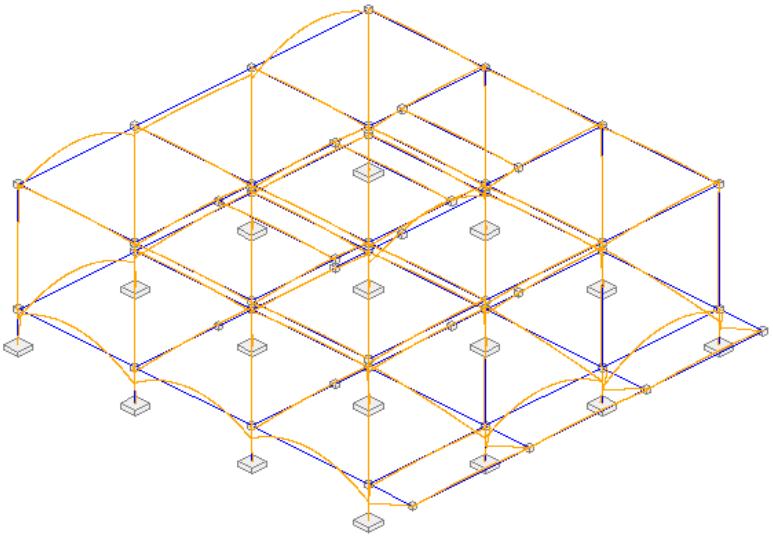
- Shear Force Diagram Y (แรงเฉือนตามแนวแกน Y) ของชิ้นส่วน ด้วยคำสั่ง

Execute --> Result --> Graphics --> Graphics -->Shear-Y

- Shear Force Diagram Z (แรงเฉือนตามแนวแกน Z) ของชิ้นส่วน ด้วยคำสั่ง

Execute --> Result --> Graphics --> Graphics -->Shear-Z

หลังจากเรียกคำสั่งแล้ว โปรแกรมจะแสดงภาพแผนภูมิ (Diagram) ตามที่สั่ง ดังตัวอย่างภาพ



แผนภูมิ แสดง Bending Moment Z ของชิ้นส่วนในโครงสร้าง

บทที่ 4
การพิมพ์ข้อมูลและผลลัพธ์

การพิมพ์ข้อมูลโครงสร้างและผลลัพธ์การวิเคราะห์ออกทางเครื่องพิมพ์มี 3 ลักษณะ คือ

1. การพิมพ์ตารางข้อมูล
2. การพิมพ์ตารางผลลัพธ์
3. การพิมพ์ภาพโครงสร้างในลักษณะต่าง ๆ และ Diagram ต่าง ๆ ของผลลัพธ์

4.1 การพิมพ์ตารางข้อมูล

4.1.1 การพิมพ์ตารางข้อมูล Node

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Node ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4-Portrait หรือ A4-ตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Node

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No	ลำดับหมายเลขประจำ Node
Coor-X	พิกัด X ของตำแหน่ง Node มีหน่วยเป็น เมตร
Coor-Y	พิกัด Y ของตำแหน่ง Node มีหน่วยเป็น เมตร
Coor-Z	พิกัด Z ของตำแหน่ง Node มีหน่วยเป็น เมตร
Type	ชนิดของจุดต่อประจำ Node นั้น

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Node Data

No	Coor-X	Coor-Y	Coor-Z	Type	Remark
Node 1	0	0	0	RigidJointSup	
Node 2	4	0	0	RigidJointSup	
Node 3	8	0	0	RigidJointSup	
Node 4	12	0	0	RigidJointSup	
Node 5	0	0	4	RigidJointSup	
Node 6	4	0	4	RigidJointSup	
Node 7	8	0	4	RigidJointSup	
Node 8	12	0	4	RigidJointSup	
Node 9	0	0	8	RigidJointSup	
Node 10	4	0	8	RigidJointSup	
Node 11	8	0	8	RigidJointSup	
Node 12	12	0	8	RigidJointSup	
Node 13	0	0	12	RigidJointSup	
Node 14	4	0	12	RigidJointSup	
Node 15	8	0	12	RigidJointSup	
Node 16	12	0	12	RigidJointSup	
Node 17	0	1	0	RigidJoint	
Node 18	0	1	4	RigidJoint	
Node 19	0	1	8	RigidJoint	
Node 20	0	1	12	RigidJoint	
Node 21	4	1	0	RigidJoint	
Node 22	4	1	2.85	RigidJoint	
Node 23	4	1	4	RigidJoint	
Node 24	4	1	5.15	RigidJoint	
Node 25	4	1	8	RigidJoint	
Node 26	4	1	9.15	RigidJoint	
Node 27	4	1	12	RigidJoint	
Node 28	8	1	0	RigidJoint	
Node 29	8	1	2.85	RigidJoint	

4.1.2 การพิมพ์ตารางข้อมูล Member

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Member ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4-Portrait หรือ A-4 ทางตั้ง ข้อมูลของ Member จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Member Geometry และ Member Property ขนาดจำนวนข้อมูล Member จะเป็น 20 ข้อมูล/หน้า

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Member Geometry หรือ

File --> Print --> Data --> Member Property

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์หน้า Member Geometry จะมีความหมาย ดังนี้

No	ลำดับหมายเลขประจำ Member
Ns	หมายเลข Node เริ่มต้นของ Member
Ne	หมายเลข Node สิ้นสุดของ Member
A	พื้นที่หน้าตัดของ Member มีหน่วยเป็น cm^2
L	ความยาวของ Member มีหน่วยเป็น m
Y	Moment of Inertia รอบแกน Y ของ Member มีหน่วยเป็น cm^4
Iz	Moment of Inertia รอบแกน Z ของ Member มีหน่วยเป็น cm^4
J	Torsional Constant ของ Member มีหน่วยเป็น cm^4
Rot	มุม Rotation ของ Member มีหน่วยเป็น องศา

ตัวอย่างการพิมพ์ หน้า Member Geometry

A.Frame

Project
Engineer
Date

Job
Detail
Page

Member Data 1

No.	Ns	Ne	A	L	Iy	Iz	J	Rot
M 1	1	17	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 2	2	21	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 3	3	28	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 4	4	35	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 5	8	36	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 6	7	30	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 7	6	23	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 8	5	18	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 9	9	19	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 10	10	25	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 11	11	32	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 12	12	37	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 13	16	38	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 14	15	34	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 15	14	27	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 16	13	20	400	1	13333.33	13333.33	22533.33	0
M 17	20	19	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 18	19	18	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 19	18	17	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 20	17	21	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 21	21	28	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 22	28	35	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 23	35	39	600	1.5	11250	80000	34386.27	0
M 24	18	23	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 25	23	30	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 26	30	36	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 27	36	40	600	1.5	11250	80000	34386.27	0
M 28	19	25	600	4	11250	80000	34386.27	0
M 29	25	32	600	4	11250	80000	34386.27	0

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์หน้า Member Property จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Member

Name ชื่อ Section Name ที่ Member นั้นใช้อยู่

Detail รายละเอียดโดยย่อของ Section ที่หน้าตัดนั้นใช้อยู่

E ค่า Elastic Modulus ของวัสดุที่ใช้เป็น Member

G ค่า Shear Modulus ของวัสดุที่ใช้เป็น Member

Wt น้ำหนัก Member ที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ Kg/m ในระบบ Metric และ KN/m ในระบบ SI

H-B แสดงสถานะของจุดเริ่มต้น Member ว่าเป็น Hinge หรือไม่ (--แสดงว่าไม่ใช่ OK แสดงว่าเป็น Hinge)

H-E แสดงสถานะของจุดเริ่มปลาย Member ว่าเป็น Hinge หรือไม่ (--แสดงว่าไม่ใช่ OK แสดงว่าเป็น Hinge)

ตัวอย่างการพิมพ์ หน้า Member Property

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Member Data 1

No.	Name	Detail	E	G	Wt	H-B	H-E
M 1	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 2	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 3	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 4	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 5	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 6	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 7	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 8	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 9	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 10	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 11	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 12	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 13	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 14	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 15	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 16	B20x20	Conc/Rect	225000	97826	96	--	--
M 17	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 18	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 19	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 20	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 21	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 22	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 23	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 24	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 25	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 26	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 27	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 28	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--
M 29	B15x40	Conc/Rect	225000	97826	144	--	--

4.1.3 **การพิมพ์ตารางข้อมูล** Node PL

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Node PL หรือแรงกระทำ ประเภท Point Load ที่กระทำต่อจุดต่อ ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4-Portrait หรือ A4- ทางตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Node Point Load

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Node PL

On Node หมายเลข Node ที่ Node PL นี้กระทำ

Val ปริมาณแรงกระทำ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

H-Angle มุมตามระนาบ Horizontal ของแรงกระทำ

V-Angle มุมตามระนาบ Vertical ของแรงกระทำ

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Node Point Loads

No.	On Node	Val	H-Angle	V-Angle	Rem
N-PL 1	28	1234	0	-90	
N-PL 2	29	1234	0	-90	
N-PL 3	10	1234	0	-90	
N-PL 4	15	1234	0	-90	
N-PL 5	20	2345	0	-90	
N-PL 6	14	2345	0	-90	

4.1.4 การพิมพ์ตารางข้อมูล Node Moment

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Node Moment หรือแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อจุดต่อ ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4-Portrait หรือ A4- ทางตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Node Moment

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Node Moment

On Node หมายเลข Node ที่ Node Moment นี้กระทำ

Val ปริมาณแรงกระทำ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

Direction ทิศทางการหมุนของ Moment ว่าเป็นการหมุนตาม หรือทวนเข็มนาฬิกา

Plane ระนาบของ Moment เช่น MX จะเป็นโมเมนต์ที่ระนาบการหมุนตั้งฉากกับแกน X หรือ ทิศทางการหมุนไปตามแนวแกน X หรือ หมุนรอบแกน X นั่นเอง

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Node Moments

No.	On Node	Val	Direction	Plane	Rem
N-MM 1	43	2500	AntiClk	MX	
N-MM 2	51	2500	AntiClk	MX	
N-MM 3	44	3210	AntiClk	MY	
N-MM 4	46	3210	AntiClk	MY	
N-MM 5	56	3210	ClkWise	MY	
N-MM 6	52	3210	ClkWise	MY	
N-MM 7	50	1800	AntiClk	MY	
N-MM 8	35	1800	AntiClk	MY	
N-MM 9	47	1800	AntiClk	MZ	
N-MM 10	48	1800	AntiClk	MZ	
N-MM 11	55	1800	AntiClk	MZ	

4.1.5 การพิมพ์ตารางข้อมูล Member PL

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Member PL หรือแรงกระทำประเภท Point Load ที่กระทำต่อจุดต่อออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4- Portrait หรือ A4-ทางตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Member Point Load

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Node PL

On Member หมายเลข Member ที่ Node PL นี้กระทำ

Val ปริมาณแรงกระทำ มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

At Length ระยะห่างจาก Node เริ่มต้นของ Member ถึงตำแหน่งของแรง

H-Angle มุมระนาบ Horizontal ของแรงกระทำ

V-Angle มุมระนาบ Vertical ของแรงกระทำ

Coor Sys ระบบ Coordinate ของแรงกระทำว่าเป็นระบบ Global System หรือ Local System

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project
Engineer
Date

Job
Detail
Page

Member Point Loads

No.	On Mem	Val	At legth	H-Angle	V-Angle	Coor Sys
M-PL 1	55	1500	1.7	0	-90	Global
M-PL 2	80	1500	2.15	0	-90	Global
M-PL 3	58	1800	2.35	90	0	Global
M-PL 4	57	1800	1.65	90	0	Global
M-PL 5	59	1800	1.15	90	0	Global
M-PL 6	92	1800	1.9	90	0	Local
M-PL 7	89	1800	1.45	90	0	Local
M-PL 8	48	1800	2.15	90	0	Local

4.1.6 การพิมพ์ตารางข้อมูล Member UL

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Member UL หรือแรงกระทำประเภท Uniform Load ที่กระทำต่อจุดต่อ ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4- Portrait หรือ A4- ทางตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Member Uniform Load

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Node PL

On Member หมายเลข Member ที่ Node PL นี้กระทำ

Val ปริมาณแรงกระทำ มีหน่วยเป็น Kg/m ในระบบ Metric หรือ KN/m ในระบบ SI

From ระยะห่างจาก Node เริ่มต้นของ Member ถึงตำแหน่งเริ่มต้นของแรง

To ระยะห่างจาก Node เริ่มต้นของ Member ถึงตำแหน่งสิ้นสุดของแรง

H-Angle มุมระนาบ Horizontal ของแรงกระทำ

V-Angle มุมระนาบ Vertical ของแรงกระทำ

Coor Sys ระบบ Coordinate ของแรงกระทำว่าเป็นระบบ Global System หรือ Local System

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project
Engineer
Date

Job
Detail
Page

Member Uniform Loads

No.	On Mem	Val	From	To	H-Angle	V-Angle	Coor Sys
M-PL 1	54	1350	0	4	0	-90	Local
M-PL 2	56	1350	0	4	0	-90	Local
M-PL 3	17	1350	0	4	0	-90	Local
M-PL 4	32	1350	0	4	0	-90	Global
M-PL 5	33	1350	0	4	0	-90	Global
M-PL 6	34	1350	0	4	0	-90	Global
M-PL 7	41	1350	0	4	0	-90	Global
M-PL 8	40	1350	0	4	0	-90	Global
M-PL 9	53	1350	0	2.85	0	-90	Global

4.1.7 การพิมพ์ตารางข้อมูล Member Moment

การสั่งพิมพ์ตารางข้อมูล Member Moment หรือแรงกระทำประเภท Moment ที่กระทำต่อจุดต่อ ออกทางเครื่องพิมพ์ จะต้องกำหนดให้ขนาดกระดาษเป็น A4- Portrait หรือ A4- ทางตั้ง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Data --> Member Moment

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะมีความหมาย ดังนี้

No ลำดับหมายเลขประจำ Member Moment

On Mem หมายเลข Member ที่ Moment นี้กระทำ

Val ปริมาณแรงกระทำ มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

At ระยะห่างจาก Node เริ่มต้นของ Member ถึงตำแหน่งที่ Moment กระทำ

Dir ทิศทางการหมุนของ Moment ว่าเป็นการหมุนตาม หรือทวนเข็มนาฬิกา

Plane ระนาบของ Moment เช่น MX จะเป็นโมเมนต์ที่ระนาบการหมุน ตั้งฉากกับแกน X หรือ ทิศทางการหมุนไปตามแนวแกน X หรือ หมุนรอบแกน X นั่นเอง

Coor Sys ระบบ Coordinate ของแรงกระทำว่าเป็นระบบ Global System หรือ Local System

ตัวอย่างการพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

	Member Moment					
No.	**On Mem**	**Val**	**At**	**Dir**	**Plane**	**Coor Sys**
M-MM 1	58	1800	1.65	AntiClk	MZ	Global
M-MM 2	78	1800	1.75	AntiClk	MZ	Global
M-MM 3	55	1800	1.2	AntiClk	MY	Global
M-MM 4	59	1800	2.05	AntiClk	MY	Local
M-MM 5	57	1800	1.15	AntiClk	MX	Local
M-MM 6	83	1800	1.3	AntiClk	MX	Local
M-MM 7	93	1800	1.25	AntiClk	MZ	Local
M-MM 8	80	2415	1.35	AntiClk	MZ	Local
M-MM 9	55	2415	3.05	AntiClk	MZ	Local
M-MM 10	42	3254	2.25	AntiClk	MZ	Local
M-MM 11	39	3254	2.55	AntiClk	MZ	Local
M-MM 12	60	1478	1.8	ClkWise	MY	Global
M-MM 13	29	1478	2.7	ClkWise	MY	Global
M-MM 14	47	1478	1.2	ClkWise	MX	Global

4.2 การพิมพ์ตารางผลลัพธ์

4.2.1 การพิมพ์ผลลัพธ์ Node Displacement

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Result --> Node Displacement

รายละเอียดในแต่ละคอลัมน์จะประกอบไปด้วย

Node คือ หมายเลขลำดับของ Node และชนิดของ Node ดังนี้

Trans-X ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวตามแนวแกน X ของ Node (หน่วยเป็น ซม.)

Trans-Y ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวตามแนวแกน Y ของ Node (หน่วยเป็น ซม.)

Trans-Z ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวตามแนวแกน Z ของ Node (หน่วยเป็น ซม.)

Rot-X ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวแบบหมุนรอบแกน X ของ Node (หน่วยเป็น เรเดียน)

Rot-Y ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวแบบหมุนรอบแกน X ของ Node (หน่วยเป็น เรเดียน)

Rot-Z ผลลัพธ์การเคลื่อนตัวแบบหมุนรอบแกน X ของ Node (หน่วยเป็น เรเดียน)

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Node Displacements

No.	Trans-X	Trans-Y	Trans-Z	Rot-X	Rot-Y	Rot-X
Node 1	0	0	0	0	0	0
Node 2	0	0	0	0	0	0
Node 3	0	0	0	0	0	0
Node 4	0	0	0	0	0	0
Node 5	0	0	0	0	0	0
Node 6	0	0	0	0	0	0
Node 7	0	0	0	0	0	0
Node 8	0	0	0	0	0	0
Node 9	0	0	0	0	0	0
Node 10	0	0	0	0	0	0
Node 11	0	0	0	0	0	0
Node 12	0	0	0	0	0	0
Node 13	0	0	0	0	0	0
Node 14	0	0	0	0	0	0
Node 15	0	0	0	0	0	0
Node 16	0	0	0	0	0	0
Node 17	0.0113	-0.0041	0.0018	0.0001	0	-0.0001
Node 18	0.0118	-0.0051	0.002	0	0	-0.0001
Node 19	0.0106	-0.0087	0.0018	0.0005	0	-0.0001
Node 20	0.0117	-0.01	-0.0003	-0.0006	0	-0.0007
Node 21	0.0117	-0.0048	0.0216	0.0009	0	-0.0001
Node 22	0.0126	-0.0699	0.0197	-0.0007	0	-0.0001
Node 23	0.0123	-0.0057	0.0189	-0.0002	0	-0.0001
Node 24	0.0115	0.0095	0.0188	-0.0001	0	-0.0001
Node 25	0.0111	-0.0033	0.0185	0.0002	0	0
Node 26	0.0104	-0.0158	0.0184	0	0	0
Node 27	0.0098	-0.0093	0.0182	0.0002	0	0.0001
Node 28	0.0129	-0.0013	0.0196	0.0003	0	0.0001
Node 29	0.0139	-0.0083	0.0192	-0.0001	0	0.0001

4.2.2 การพิมพ์ผลลัพธ์ Reaction ที่ Support

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Result --> Reaction

รายละเอียดที่พิมพ์ในแต่ละคอลัมน์จะประกอบไปด้วย

No คือ หมายเลขลำดับของ Node

Type ประเภทของจุดต่อว่าเป็นจุด Support ชนิดใด

RX แรง Reaction ในแนวแกน X ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

RY แรง Reaction ในแนวแกน Y ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

RZ แรง Reaction ในแนวแกน Z ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric หรือ KN ในระบบ SI

MX โมเมนต์ Reaction ที่มีทิศทางตามแนวแกน X (หมุนรอบแกน X) ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

MY โมเมนต์ Reaction ที่มีทิศทางตามแนวแกน Y (หมุนรอบแกน Y) ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

MZ โมเมนต์ Reaction ที่มีทิศทางตามแนวแกน Z (หมุนรอบแกน Z) ของ Support นั้น มีหน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric หรือ KN-m ในระบบ SI

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

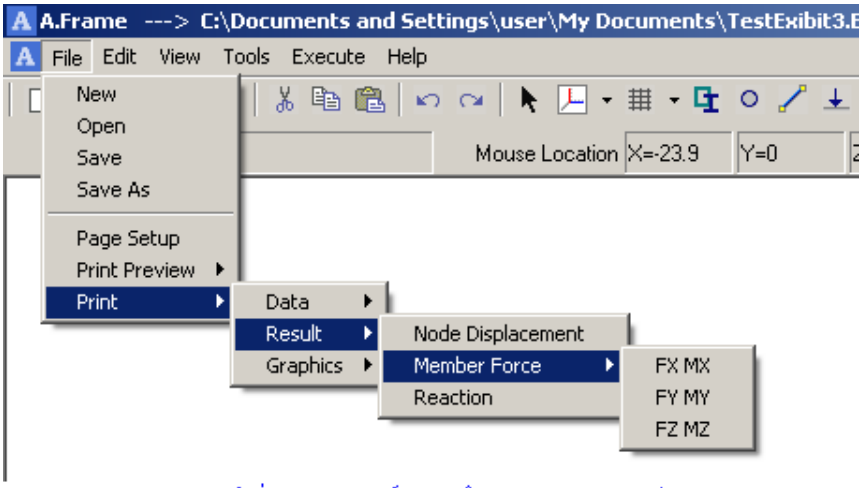
A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Reaction

No.	Type	RX	RY	RZ	MRX	MRY	MRZ
Node 1	RigidJointSup	167.05	3758.33	64.6	1065.44	1085	12353.68
Node 2	RigidJointSup	324.29	4344.01	763.85	12505.67	617.19	17828.52
Node 3	RigidJointSup	633.48	1204.02	-86.73	-14672.44	21.64	28826.37
Node 4	RigidJointSup	997.98	5638.25	656.96	6971.01	-4.62	-23863.49
Node 5	RigidJointSup	198.61	4678.75	-115.85	-5047.44	459.82	13671.28
Node 6	RigidJointSup	345.28	5205.09	-1105.87	-48212.3	384.73	18901.55
Node 7	RigidJointSup	717.71	2957.61	-493.56	-27889.65	112.31	32210.86
Node 8	RigidJointSup	1262.16	11092.06	-628.69	-34333.43	94.62	-31707.58
Node 9	RigidJointSup	166.09	7890.12	772.4	24662.24	450.6	11892.56
Node 10	RigidJointSup	327.27	3042.76	-319.3	-21730.51	417.56	17548.55
Node 11	RigidJointSup	653.4	2447.53	-433.4	-25773.4	98.67	29231.4
Node 12	RigidJointSup	1163.73	7285.93	-1112.74	-49365.18	275.21	-29435.89
Node 13	RigidJointSup	775.03	9013.2	-1061.86	-35208.83	1021.27	-18794.13
Node 14	RigidJointSup	493	8426.15	-383.84	-23717.75	694.11	22283.55
Node 15	RigidJointSup	346.43	7820.78	-300.7	-21407.8	54.93	17061
Node 16	RigidJointSup	173.82	6522.9	-264.5	-21222.5	306.4	-6.42

4.2.3 **การพิมพ์ผลลัพธ์ค่า Axial Force, Shear Force และ Moment ที่เกิดขึ้นใน Member**



การเรียกคำสั่ง Print ผลลัพธ์แรงภายใน Member จะมี 3 ส่วน
คือ FX MX , F Y MY และ FZ MZ

โปรแกรมจะแยกส่วนของการพิมพ์ออกเป็น 3 ส่วน

1) การพิมพ์ Axial Force (แรงตามแนวแกน X) และ Torsion (Moment รอบแกน X) ของชิ้นส่วน

ใช้คำสั่ง File --> Print --> Result --> Member Force --> FX MX

รายละเอียดที่พิมพ์ในแต่ละคอลัมน์จะประกอบไปด้วย

No คือ หมายเลขลำดับของ Member

FX-S คือ ค่า Axial Force (FX) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FX-E คือ ค่า Axial Force (FX) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FX-Max คือ ค่า Axial Force (FX) สูงสุดใน Member นั้น

L คือ ระยะห่างจากจุดเริ่มของ Member ถึงจุดที่ค่า Axial Force (FX) สูงสุด (มีหน่วยเป็นเมตร)

MX-S คือ ค่า Torsion (MX) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MX-E คือ ค่า Torsion (MX) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MX-Max คือ ค่า Torsion (MX) สูงสุดใน Member นั้น (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Member FX & MX

No.	FX-S	FX-E	FX-Max	L	MX-S	MX-E	MX-Max	L
M 1	3758.33	-3662.33	-3758.33	0	10.85	-10.85	-10.85	0
M 2	4344.01	-4248.01	-4344.01	0	6.17	-6.17	-6.17	0
M 3	1204.02	-1108.02	-1204.02	0	0.22	-0.22	-0.22	0
M 4	5638.25	-5542.25	-5638.25	0	-0.05	0.05	0.05	0
M 5	11092.06	-10996.06	-11092.06	0	0.95	-0.95	-0.95	0
M 6	2957.61	-2861.61	-2957.61	0	1.12	-1.12	-1.12	0
M 7	5205.09	-5109.09	-5205.09	0	3.85	-3.85	-3.85	0
M 8	4678.75	-4582.75	-4678.75	0	4.6	-4.6	-4.6	0
M 9	7890.12	-7794.12	-7890.12	0	4.51	-4.51	-4.51	0
M 10	3042.76	-2946.76	-3042.76	0	4.18	-4.18	-4.18	0
M 11	2447.53	-2351.53	-2447.53	0	0.99	-0.99	-0.99	0
M 12	7285.93	-7189.93	-7285.93	0	2.75	-2.75	-2.75	0
M 13	6522.9	-6426.9	-6522.9	0	3.06	-3.06	-3.06	0
M 14	7820.78	-7724.78	-7820.78	0	0.55	-0.55	-0.55	0
M 15	8426.15	-8330.15	-8426.15	0	6.94	-6.94	-6.94	0
M 16	9013.2	-8917.2	-9013.2	0	10.21	-10.21	-10.21	0
M 17	714.83	-714.83	-714.83	3.9	45.89	-45.89	-45.89	0
M 18	57.03	-57.03	-57.03	0	-0.43	0.43	0.43	0
M 19	-55.04	55.04	55.04	0	-0.73	0.73	0.73	0
M 20	-131.32	131.32	131.32	0	-65.94	65.94	65.94	0
M 21	-389.01	389.01	389.01	0	43.03	-43.03	-43.03	0
M 22	-951.84	951.84	951.84	0	-43.57	43.57	43.57	0
M 23	0.45	-0.45	-0.45	1.5	110.11	-110.11	-110.11	0
M 24	-191.83	191.83	191.83	0	17.76	-17.76	-17.76	0
M 25	-503.53	503.53	503.53	0	-28.85	28.85	28.85	0
M 26	-1168.41	1168.41	1168.41	0	0.88	-0.88	-0.88	0
M 27	-1.33	1.33	1.33	0	18.98	-18.98	-18.98	0
M 28	-159.2	159.2	159.2	0	22.96	-22.96	-22.96	0
M 29	-456.8	456.8	456.8	0	4.66	-4.66	-4.66	0

2) การพิมพ์ Shear Force Y (แรงตามแนวแกน Y) และ Bending Moment Y (Moment รอบแกน Y) ของชิ้นส่วน

ใช้คำสั่ง File --> Print --> Result --> Member Force --> FY MY

No คือ หมายเลขลำดับของ Member

FY-S คือ ค่า Shear Force Y (FY) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FY-E คือ ค่า Axial Force Y (FY) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FY-Max คือ ค่า Shear Force Y (FY) สูงสุดใน Member นั้น

L คือ ระยะห่างจากจุดเริ่มของ Member ถึงจุดที่ค่า Shear Force Y (FY) สูงสุด (มีหน่วยเป็นเมตร)

MY-S คือ ค่า Bending Moment Y (MY) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MY-E คือ ค่า Bending Moment Y (MY) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MY-Max คือ ค่า Bending Moment Y (MY) สูงสุดใน Member นั้น (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Member FY & MY

No.	FY-S	FY-E	FY-Max	L	MY-S	MY-E	MY-Max	L
M 1	167.05	-167.05	-167.05	0	-10.65	-53.95	-53.95	1
M 2	324.29	-324.29	-324.29	0	-125.06	-638.79	-638.79	1
M 3	633.48	-633.48	-633.48	0	146.72	-59.99	-146.72	0
M 4	-997.98	997.98	997.98	0	-69.71	-587.25	-587.25	1
M 5	-1262.16	1262.16	1262.16	0	343.33	285.36	-343.33	0
M 6	717.71	-717.71	-717.71	0	278.9	214.66	-278.9	0
M 7	345.28	-345.28	-345.28	0	482.12	623.75	623.75	1
M 8	198.61	-198.61	-198.61	0	50.47	65.38	65.38	1
M 9	166.09	-166.09	-166.09	0	-246.62	-525.77	-525.77	1
M 10	327.27	-327.27	-327.27	0	217.31	101.99	-217.31	0
M 11	653.4	-653.4	-653.4	0	257.73	175.66	-257.73	0
M 12	-1163.73	1163.73	1163.73	0	493.65	619.09	619.09	1
M 13	-173.82	173.82	173.82	0	212.22	52.28	-212.22	0
M 14	346.43	-346.43	-346.43	0	214.08	86.62	-214.08	0
M 15	493	-493	-493	0	237.18	146.67	-237.18	0
M 16	-775.03	775.03	775.03	0	352.09	709.77	709.77	1
M 17	2895.44	3080.56	3080.56	4	-15.4	-12.12	15.4	0
M 18	573.24	2.76	-573.24	0	-6.72	-6.77	-6.77	4
M 19	316.49	259.51	-316.49	0	-11.93	-15.52	-15.52	4
M 20	163.85	412.15	412.15	4	2.77	5.46	5.46	4
M 21	303.98	272.02	-303.98	0	-9.07	-5.65	9.07	0
M 22	-217.11	793.11	793.11	4	4.76	4.91	4.91	4
M 23	1783.86	-1567.86	-1783.86	0	-7.25	-2.06	7.25	0
M 24	168.96	407.04	407.04	4	8.59	9.02	9.02	4
M 25	325.41	250.59	-325.41	0	-4.92	-3.36	4.92	0
M 26	-305.33	881.33	881.33	4	1.24	1.34	1.34	4
M 27	2232.68	-2016.68	-2232.68	0	0.81	1.29	1.29	1.5
M 28	162.43	413.57	413.57	4	8.25	8.44	8.44	4
M 29	336.47	239.53	-336.47	0	-4.98	-3.15	4.98	0

2) การพิมพ์ Shear Force Z (แรงตามแนวแกน Z) และ Bending Moment Z (Moment รอบแกน Z) ของชิ้นส่วน

ใช้คำสั่ง File --> Print --> Result --> Member Force --> FZ MZ

No คือ หมายเลขลำดับของ Member

FZ-S คือ ค่า Shear Force Z (FZ) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FZ-E คือ ค่า Axial Force Z (FZ) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg ในระบบ Metric KN ในระบบ SI)

FZ-Max คือ ค่า Shear Force Z (FZ) สูงสุดใน Member นั้น

L คือ ระยะห่างจากจุดเริ่มของ Member ถึงจุดที่ค่า Shear Force Z (FZ) สูงสุด (มีหน่วยเป็นเมตร)

MZ-S คือ ค่า Bending Moment Z (MZ) ที่จุดเริ่มของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MZ-E คือ ค่า Bending Moment Z (MZ) ที่จุดสิ้นสุดของ Member (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

MZ-Max คือ ค่า Bending Moment Z (MZ) สูงสุดใน Member นั้น (หน่วยเป็น Kg-m ในระบบ Metric KN-m ในระบบ SI)

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

A.Frame

Project **Job**
Engineer **Detail**
Date **Page**

Member FY & MY

No.	FZ-S	FZ-E	FZ-Max	L	MZ-S	MZ-E	MZ-Max	L
M 1	64.6	-64.6	-64.6	0	123.54	43.51	-123.54	0
M 2	763.85	-763.85	-763.85	0	178.29	146	-178.29	0
M 3	-86.73	86.73	86.73	0	288.26	345.21	345.21	1
M 4	656.96	-656.96	-656.96	0	-238.63	-759.35	-759.35	1
M 5	-628.69	628.69	628.69	0	-317.08	-945.09	-945.09	1
M 6	-493.56	493.56	493.56	0	322.11	395.6	395.6	1
M 7	-1105.87	1105.87	1105.87	0	189.02	156.27	-189.02	0
M 8	-115.85	115.85	115.85	0	136.71	61.89	-136.71	0
M 9	772.4	-772.4	-772.4	0	118.93	47.16	-118.93	0
M 10	-319.3	319.3	319.3	0	175.49	151.79	-175.49	0
M 11	-433.4	433.4	433.4	0	292.31	361.08	361.08	1
M 12	-1112.74	1112.74	1112.74	0	-294.36	-869.37	-869.37	1
M 13	-264.5	264.5	264.5	0	-0.06	-173.76	-173.76	1
M 14	-300.7	300.7	300.7	0	170.61	175.82	175.82	1
M 15	-383.84	383.84	383.84	0	222.84	270.16	270.16	1
M 16	-1061.86	1061.86	1061.86	0	-187.94	-587.09	-587.09	1
M 17	6.88	-6.88	-6.88	4	1329.26	-1699.49	-1699.49	4
M 18	3.37	-3.37	-3.37	4	983.02	157.94	-983.02	0
M 19	6.86	-6.86	-6.86	4	205.33	-91.38	-205.33	0
M 20	-2.06	2.06	2.06	0	-92.11	-404.49	-404.49	4
M 21	3.68	-3.68	-3.68	0	157.03	-93.12	163.8	2.1
M 22	-2.42	2.42	2.42	0	-384.96	-1635.46	-1635.46	4
M 23	6.21	-6.21	-6.21	0	2546.8	-33.01	-2546.8	0
M 24	-4.4	4.4	4.4	0	-77.64	-398.53	-398.53	4
M 25	2.07	-2.07	-2.07	0	187.13	-37.51	-187.13	0
M 26	-0.64	0.64	0.64	0	-468.54	-1904.79	-1904.79	4
M 27	-1.4	1.4	1.4	0	3139.93	47.09	-3139.93	0
M 28	-4.17	4.17	4.17	0	-95.2	-407.09	-407.09	4
M 29	2.03	-2.03	-2.03	0	219.6	-25.7	-219.6	0

4.3 การพิมพ์ภาพโครงสร้างและ Diagram ผลลัพธ์ต่าง ๆ

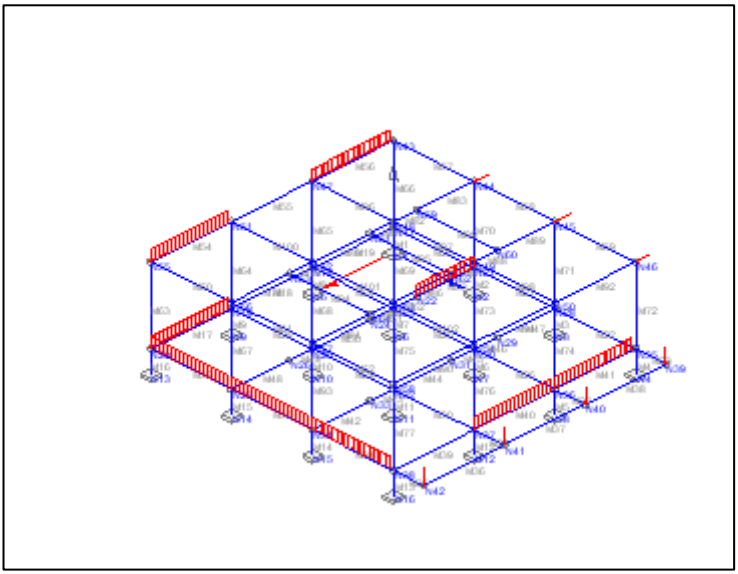
4.3.1 การพิมพ์ภาพ Diagram ของโครงสร้าง

สามารถพิมพ์ภาพ Diagram ของโครงสร้าง ออกทางเครื่องพิมพ์ได้ โดยภาพที่พิมพ์ออกจะมีขนาดและมุมมองเดียวกับภาพที่แสดงทาง Monitor ทุกประการ ดังนั้นก่อนที่จะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ ควรตรวจสอบภาพจากคำสั่ง Preview ซึ่งคำสั่ง preview จะมีคำสั่งย่อยเช่นเดียวกับคำสั่ง Print

เมื่อตรวจสอบด้วยคำสั่ง Preview เรียบร้อยแล้ว จะสั่งพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ด้วยคำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Normal Structure

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

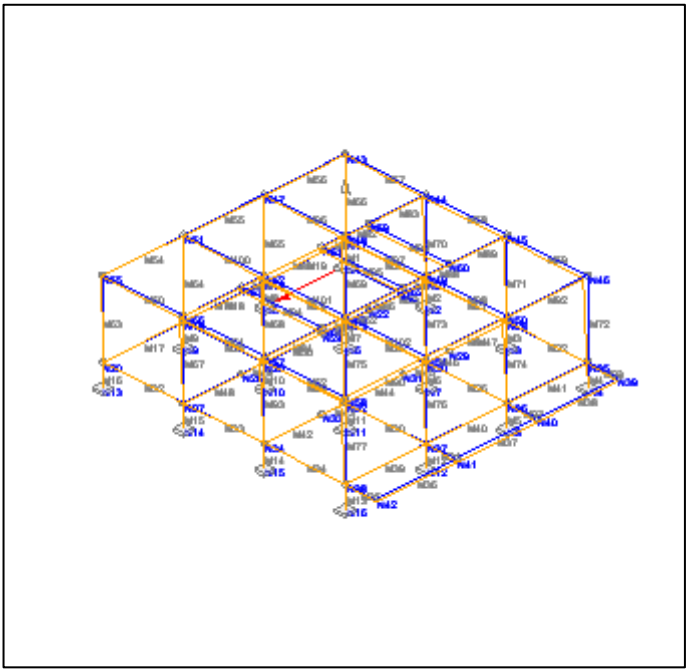


4.3.2 การพิมพ์ภาพ Deformation ของโครงสร้าง

การสั่งพิมพ์จะต้องใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Normal Structure

ตัวอย่างผลการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์



4.3.3 การพิมพ์ภาพ Moment Diagram และ Force Diagram ของโครงสร้าง

สามารถสั่งพิมพ์ Diagram ต่าง ๆ เหล่านี้ได้ 6 ลักษณะ ได้แก่

1) การพิมพ์ภาพ Torsion Moment Diagram หรือ Moment รอบแกน X ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Torsion-X

2) การพิมพ์ภาพ Bending Moment Diagram รอบแกน Y ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Bending Moment-Y

3) การพิมพ์ภาพ Bending Moment Diagram รอบแกน Z ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Bending Moment-Z

4) การพิมพ์ภาพ Axial Force Diagram ตามแนวแกน X ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Axial Force-X

5) การพิมพ์ภาพ Shear Force Diagram ตามแนวแกน Y ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Shear Force-Y

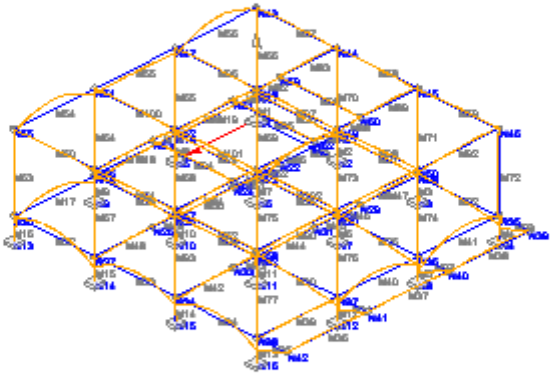
6) การพิมพ์ภาพ Shear Force Diagram ตามแนวแกน Z ของ Member ใช้คำสั่ง

File --> Print --> Graphics --> Shear Force-Z

โปรแกรมจะพิมพ์ภาพ Diagram ต่าง ๆ ตามที่เลือกคำสั่ง โดยขนาดภาพ มุมมองของภาพ และตำแหน่งของภาพ จะเป็นไปตามที่แสดงทางจอมอนิเตอร์ ผู้ใช้สามารถตรวจสอบตำแหน่งก่อนพิมพ์ได้จาก คำสั่ง Print Preview ซึ่งจะมีคำสั่งย่อยเช่นเดียวกับคำสั่งพิมพ์

ข้อควรระวังการพิมพ์ภาพใน Mode เหล่านี้ ส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการพิมพ์ค่อนข้างนาน

ตัวอย่างการพิมพ์ภาพ Bending Moment Y Diagram



บทที่ 5
การลบข้อมูลและการแก้ไขข้อมูล

ในระหว่างการใช้งานโปรแกรมไม่ว่าจะอยู่ระหว่างการป้อนข้อมูล หรือหลังจากการวิเคราะห์ไปแล้ว สามารถแก้ไขข้อมูลหรือลบข้อมูลเพื่อปรับปรุงโครงสร้างได้ตลอดเวลา

5.1 การลบข้อมูล

5.1.1 การลบข้อมูล Node

เมื่อป้อนข้อมูลโครงสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออยู่ระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง สามารถลบข้อมูล Node ออกจากหน่วยความจำของโครงสร้างได้ตลอดเวลาด้วยคำสั่ง

Edit --> Remove --> Node

จากนั้นเคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Node ที่ต้องการลบ เมื่อพบโปรแกรมจับ Node นั้นได้แล้วจะตอบสนองด้วยการแสดงรายละเอียดของ Node นั้น ในช่อง Entity เมื่อคลิกเมาส์ Node นั้นจะถูกลบทิ้งไป โครงสร้างอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Node นั้น เช่น Node, PL, Node MM และ Member ที่เชื่อมต่อไว้จะถูกลบทิ้งตามไป (รวมทั้ง Member PL, Member UL และ Member MM จะถูกลงทิ้งตาม Member ตามไปด้วยเช่นกัน)

5.1.2 การลบข้อมูล Member

เมื่อป้อนข้อมูลโครงสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออยู่ระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง สามารถลบข้อมูล Member ออกจากหน่วยความจำของโครงสร้างได้ตลอดเวลา ด้วยคำสั่ง

Edit --> Remove --> Member

จากนั้นเคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการลบ แล้วคลิกเมาส์ Member นั้นจะถูกลบทิ้งไป โครงสร้างอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Member นั้น เช่น Member PL, Member UL และ Member MM จะถูกลบทิ้งตามไปด้วย

5.1.3 การลบข้อมูล Force

เมื่อป้อนข้อมูลโครงสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออยู่ระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง สามารถลบข้อมูลแรงกระทำต่าง ๆ เช่น Node PL, Member PL หรือ Member UL ออกจากหน่วยความจำของโครงสร้างได้ตลอดเวลา ด้วยคำสั่ง

Edit --> Remove --> Force --> All Type

สำหรับการลบข้อมูลแรงทุกชนิด ไม่เจาะจงลักษณะของแรงไม่ว่าจะเป็น Node PL, Member PL หรือ Member UL โดยการเคลื่อนเมาส์ไปยังภาพของแรงนั้น เมื่อโปรแกรมจับ แรงกระทำนั้นจะได้แสดงรายละเอียดในช่องข้อความ Entity เมื่อคลิกเมาส์ แรงกระทำนั้นจะถูกลบทิ้งไป

หากต้องการเจาะจงการลบข้อมูลเฉพาะแรงกระทำประเภท Node PL โดยไม่ต้องการลบแรงกระทำประเภทอื่น ใช้คำสั่ง

Edit --> Remove --> Force --> Node PL

หากต้องการเจาะจงการลบข้อมูลเฉพาะแรงกระทำประเภท Member PL โดยไม่ต้องการลบแรงกระทำประเภทอื่น ใช้คำสั่ง

Edit --> Remove --> Force --> Member UL

5.1.4 การลบข้อมูล Moment

เมื่อป้อนข้อมูลโครงสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรืออยู่ระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง สามารถลบข้อมูลโมเมนต์กระทำต่าง ๆ เช่น Node MM, Member MM ออกจากหน่วยความจำของโครงสร้างได้ตลอดเวลา ด้วยคำสั่ง

Edit --> Remove --> Moment --> All Type

สำหรับการลบข้อมูลแรงทุกชนิด ไม่เจาะจงลักษณะของแรงไม่ว่าจะเป็น Node MM, Member MM โดยการเคลื่อนเมาส์ไปยังภาพของแรงนั้น เมื่อโปรแกรมจับโมเมนต์นั้นจะได้แสดงรายละเอียดในช่องข้อความ Entity เมื่อคลิกเมาส์ โมเมนต์นั้นจะถูกลบทิ้งไป

หากต้องการเจาะจงการลบข้อมูลเฉพาะแรงกระทำประเภท Node MM โดยไม่ต้องการลบแรงกระทำประเภทอื่น ใช้คำสั่ง

Edit --> Remove --> Force --> Node MM

หากต้องการเจาะจงการลบข้อมูลเฉพาะแรงกระทำประเภท Member PL โดยไม่ต้องการลบแรงกระทำประเภทอื่น ใช้คำสั่ง

Edit --> Remove --> Force --> Member MM

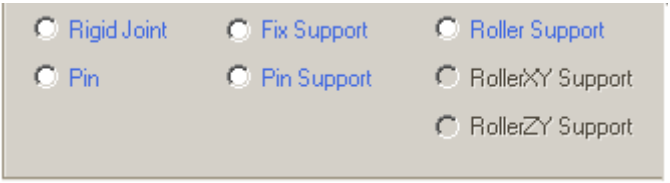
5.2 การลบข้อมูล

5.2.1 การแก้ไขข้อมูล Node

ในระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง หรือเมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลชนิดของจุดต่อตรง Node ใด ๆ สามารถกระทำได้ด้วยคำสั่ง

Edit --> Change Entity Property --> Node

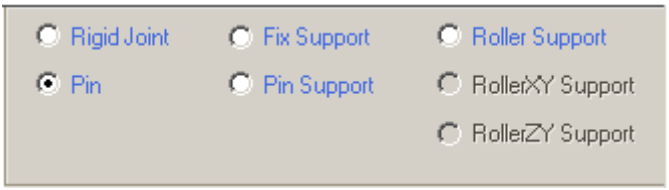
จะปรากฏกรอบช่วยการแก้ไขข้อมูล Node ที่มุมขวาบน



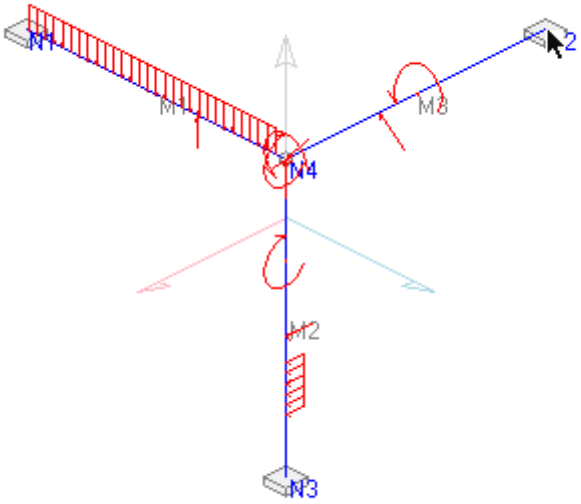
จะต้องเลือกชนิดของ Node ที่จะไปแทนที่ Node ที่ต้องการแก้

ตัวอย่าง การแก้ไข Node 2 จากเดิมที่เป็น Rigid Joint Support ไปเป็น Pin จะมีขั้นตอน ดังนี้

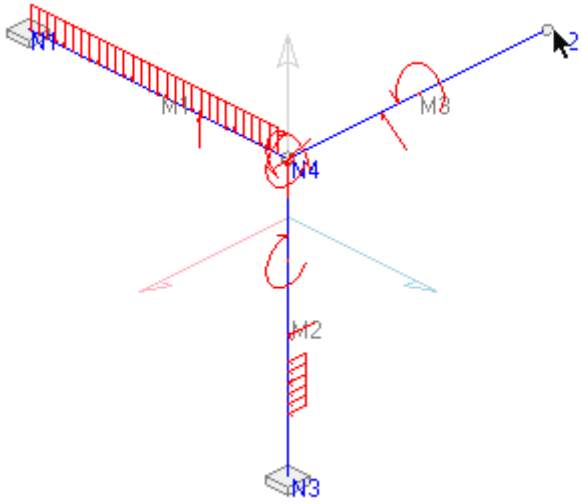
1) เลือก Option Pin ในกรอบช่วยการแก้ไขข้อมูล Node



2) เคลื่อนเมาส์ไปยัง Node 2



3) คลิกเมาส์ที่ Node 2 จะเป็นการเปลี่ยนคุณสมบัติของ Node 2 เดิมจาก Rigid Joint Support ไปเป็น Pin



5.2.2 การแก้ไขข้อมูล Member

ในระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง หรือเมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลชนิดของ Member ใด ๆ สามารถกระทำได้ ด้วยคำสั่ง

Edit --> Change Entity Property --> Member

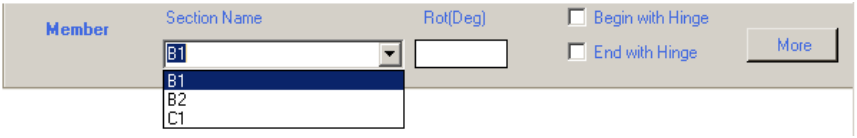
จะปรากฏกรอบช่วยการแก้ไขข้อมูล Member ที่มุมขวาบน

จะต้องเลือกชื่อใหม่จากช่องข้อความ Section Name เพื่อที่จะไปแทนที่ Section Name เดิมของ Member ที่ต้องการแก้ไข (การเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของ Member ด้วยคำสั่งนี้จะทำได้เฉพาะการเปลี่ยนแปลงชื่อ Section Name ประจำ Member ได้เท่านั้น)

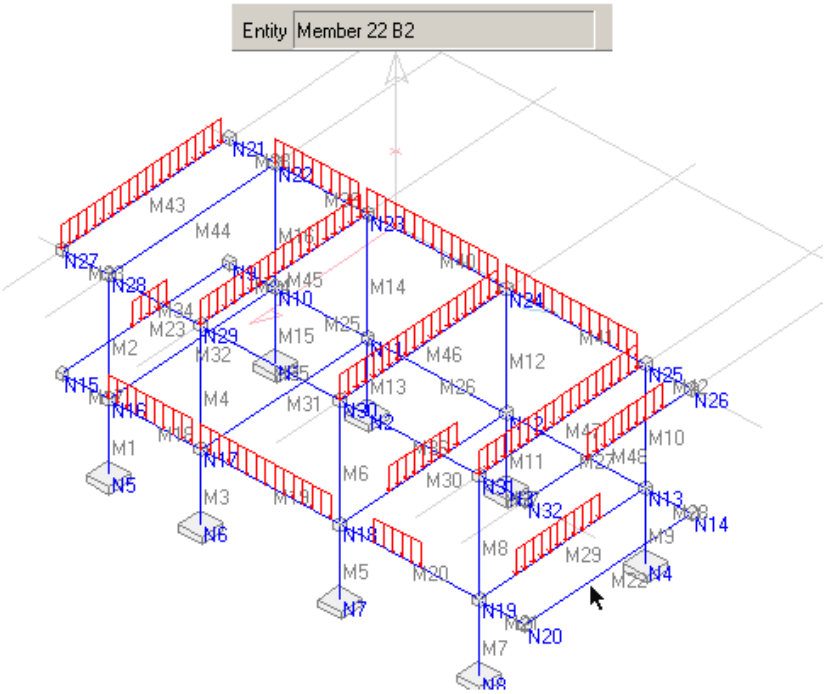
จากนั้นจึงเคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Member ที่ต้องการเปลี่ยน Section Name แล้วคลิก จากนั้น Member นั้นก็จะมี Section Name ตามที่ปรากฏในช่องข้อความ Section Name

ตัวอย่าง M22 ในโครงสร้างหน้าตัดเป็น B2 ต้องการเปลี่ยนให้เป็น B1 มีขั้นตอน ดังนี้

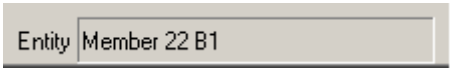
1) เลือก B1 ในช่องข้อความ Section Name



2) เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง M22 สังเกตที่ช่องข้อความ Entity จะปรากฏข้อความ Member 22 B2



3) คลิกเมาส์ที่ Member 22 Section Name ของ M22 จากเดิม B2 จะเปลี่ยนเป็น B1 เมื่อสังเกตที่ช่องข้อความ Entity จะปรากฏข้อความ Member 22 B1



5.2.3 การแก้ไขข้อมูล Force

ในระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง หรือเมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลชนิดของ Force ใด ๆ สามารถกระทำได้ ด้วยคำสั่ง

Edit --> Change Entity Property --> Force

จะปรากฏกรอบช่วยการแก้ไขข้อมูล Force ที่มุมขวาบน

มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1) เลือก Option ว่าจะแก้ไขแรงกระทำประเภทใด ระหว่าง Node PL หรือ Member PL หรือ Member UL

2) เลือกระบบ Coordinate ระหว่าง Global หรือ Local (Node PL จะระบุได้เฉพาะ Global)

3) เลือกทิศทางแรงกระทำ

+FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง +

- FX คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน X ในทิศทาง –

+FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง +

- FY คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Y ในทิศทาง –

+FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง +

- FZ คือ แรงที่มีทิศทางตามแนวแกน Z ในทิศทาง –

Any Angle แรงกระทำที่ไม่อยู่ตามแนวแกน

4) ในกรณีที่เลือก Any Angle ให้ป้อนตัวเลขมุมของแรงในแนวราบในกรอบ H-Ang และมุมในแนวดิ่ง ในกรอบ V-Ang

5) ให้ป้อนตัวเลข ปริมาณแรงในกรอบ Value

6) เคลื่อนที่เมาส์ไปยังแรงที่ต้องการแก้ไข โดยประเภทแรงจะต้องตรงกับ Option ที่เลือกไว้ในข้อ 1

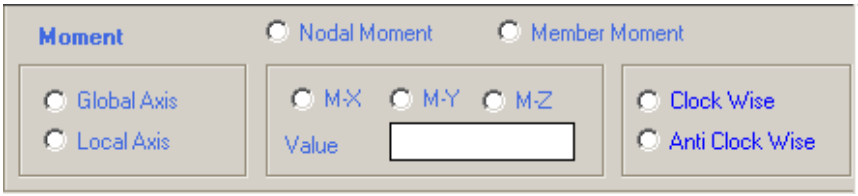
7) คลิกเมาส์ แรงที่ถูกเลือกจะมีคุณสมบัติใหม่ตามที่ตั้งค่าไว้ในข้อ 2.3

5.2.3 การแก้ไขข้อมูล Moment

ในระหว่างการป้อนข้อมูลโครงสร้าง หรือเมื่อป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลชนิดของ Moment ใด ๆ สามารถกระทำได้ ด้วยคำสั่ง

Edit --> Change Entity Property --> Moment

จะปรากฏกรอบช่วยการแก้ไขข้อมูล Moment ที่มุมขวาบน



มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1) เลือก Option ว่าจะแก้ไขแรงกระทำประเภทใด ระหว่าง Node Moment หรือ Member Moment

2) เลือกระบบ Coordinate ระหว่าง Global หรือ Local (Node MM จะระบุได้เฉพาะ Global)

3) ให้ป้อนตัวเลข ปริมาณแรงในกรอบ Value

4) เลือก Option ว่าจะเป็น Mx หรือ My หรือ Mz และเลือกทิศทางว่าจะเป็น Clock Wise หรือ Anti Clock Wise

6) เคลื่อนที่เมาส์ไปยัง Moment ที่ต้องการแก้ไข โดยประเภท Moment จะต้องตรงกับ Option ที่เลือกไว้ในข้อ 1

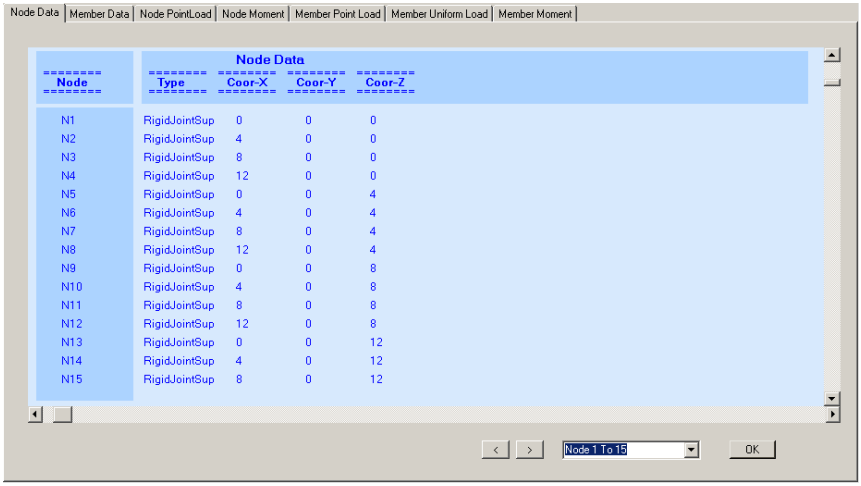
7) คลิกเมาส์ Moment ที่ถูกเลือกจะมีคุณสมบัติใหม่ตามที่ตั้งค่าไว้ในข้อ 2.3 และ 4

5.3 การแก้ไขข้อมูลโครงสร้างด้วยตารางข้อมูล

ข้อมูลโครงสร้าง ได้แก่ ข้อมูล Node, Member, Node PL, Node MM, Member PL, Member UL และ Member MM นอกจากจะสามารถแก้ไขด้วยคำสั่งแก้ไข Change Entity Property แล้ว ยังสามารถแก้ไขในตารางข้อมูลได้โดยตรงอีกวิธีหนึ่ง แต่การแก้ไขโดยตรงในตารางนั้น จะมองไม่เห็นภาพของโครงสร้าง ใช้คำสั่ง

Edit --> Structure Data

จะปรากฏตารางข้อมูลดังภาพ

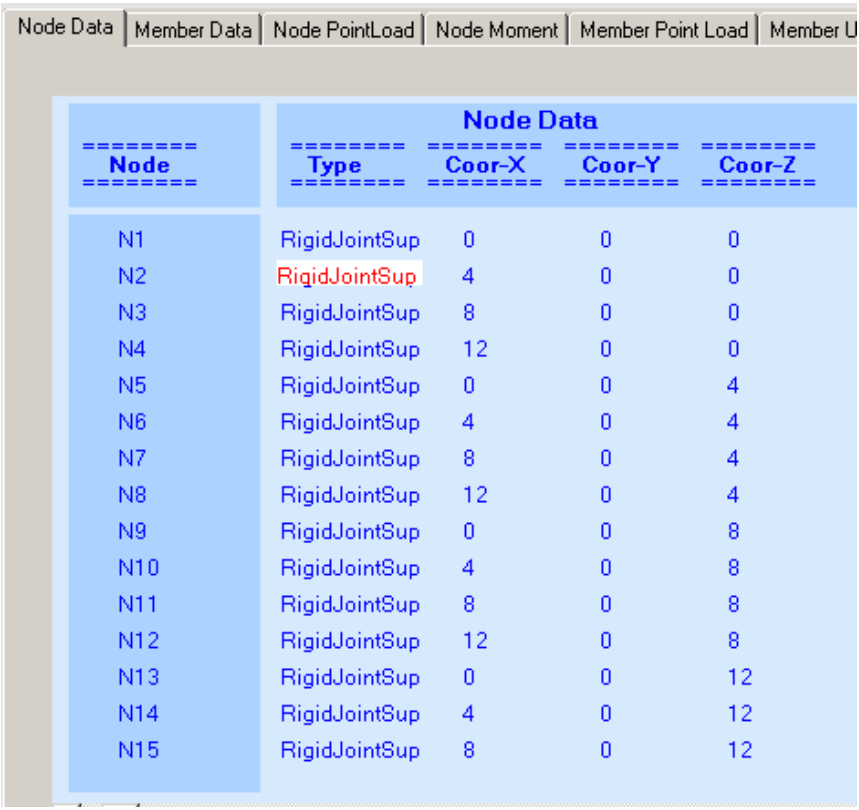


ในตารางข้อมูลโครงสร้างจะประกอบด้วยตารางย่อย 7 ตาราง การแสดงผลตารางจะแสดงหน้าละ 15 แถว ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. การเลือกแสดงข้อมูลตามตารางย่อยด้วยการกด Tab ที่อยู่ด้านบนของตารางว่าจะเป็น Node Data, Member Data, Node PL, Node MM, Member PL, Member UL หรือ Member MM

2. การเลื่อนหน้าเพื่อแสดง ใช้ปุ่มคำสั่ง < หรือ > เพื่อเดินหน้า/ถอยหลังการแสดงตารางทีละหน้า หรือใช้ลิสต์รายการเพื่อเปิดหน้าตารางได้โดยตรง

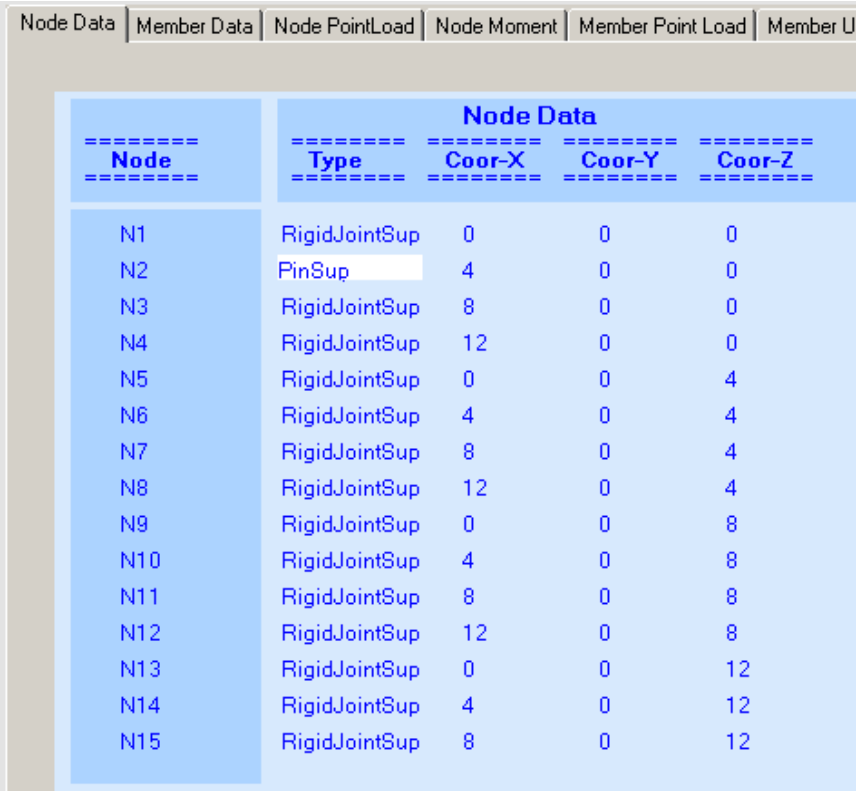
3. เคลื่อนที่เมาส์ไปที่ข้อมูลนั้น แล้วคลิกเมาส์ จะปรากฏกรอบข้อความพื้นขาว แล้วกดเมาส์ซ้ำอีกครั้ง จะปรากฏ**ตัวอักษรแดง**แสดงข้อความในกรอบนั้น



Node Data

Node	Type	Coor-X	Coor-Y	Coor-Z
N1	RigidJointSup	0	0	0
N2	RigidJointSup	4	0	0
N3	RigidJointSup	8	0	0
N4	RigidJointSup	12	0	0
N5	RigidJointSup	0	0	4
N6	RigidJointSup	4	0	4
N7	RigidJointSup	8	0	4
N8	RigidJointSup	12	0	4
N9	RigidJointSup	0	0	8
N10	RigidJointSup	4	0	8
N11	RigidJointSup	8	0	8
N12	RigidJointSup	12	0	8
N13	RigidJointSup	0	0	12
N14	RigidJointSup	4	0	12
N15	RigidJointSup	8	0	12

4. แก้ข้อมูลในช่องข้อมูลนั้น แล้วกด Enter ข้อมูลในช่องข้อมูลนั้นจะ**เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน** หมายความว่า ข้อมูลได้แก้ไขเป็นข้อมูลใหม่แล้ว การแก้ไขข้อมูลจะทำได้เฉพาะเมื่อตัวอักษรของข้อมูลตรงนั้นเป็นสีแดง



Node Data | Member Data | Node PointLoad | Node Moment | Member Point Load | Member U

Node Data

Node	Type	Coor-X	Coor-Y	Coor-Z
N1	RigidJointSup	0	0	0
N2	PinSup	4	0	0
N3	RigidJointSup	8	0	0
N4	RigidJointSup	12	0	0
N5	RigidJointSup	0	0	4
N6	RigidJointSup	4	0	4
N7	RigidJointSup	8	0	4
N8	RigidJointSup	12	0	4
N9	RigidJointSup	0	0	8
N10	RigidJointSup	4	0	8
N11	RigidJointSup	8	0	8
N12	RigidJointSup	12	0	8
N13	RigidJointSup	0	0	12
N14	RigidJointSup	4	0	12
N15	RigidJointSup	8	0	12

5. กรณีที่แก้ไขข้อมูลไปแล้ว ตัวอักษรเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแล้วต้องการแก้ไขข้อมูลอีก จะต้องกดปุ่ม Enter ตัวอักษรในกรอบข้อความจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เมื่อแก้ไขแล้วกดปุ่ม Enter ซ้ำตัวอักษรจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน หมายถึงการรับข้อมูลโครงสร้างใหม่

6. เมื่อปรากฏกรอบข้อความพื้นหลังสีขาวสำหรับแก้ไขข้อมูลแล้ว และตัวอักษรในกรอบข้อความเป็นสีน้ำเงิน สามารถเคลื่อนที่กรอบข้อความไปยังข้อมูลที่ต้องการแก้ไขด้วย ปุ่ม คีย์บอร์ด ลูกศรซ้าย (Left Arrow) ลูกศรขวา (Right Arrow)

ลูกศรบน (Up Arrow) หรือ ลูกศรล่าง (Down Arrow) เพื่อเคลื่อนที่กรอบข้อความไปยังข้อมูลที่ต้องการแก้ไข

7. การแก้ไขข้อมูลจะกระทำได้ 2 ลักษณะ เมื่อตัวอักษรในกรอบแสดงข้อความเป็นสีแดง คือ

7.1 ข้อมูลในคอลัมน์ทั่วไป จะต้องป้อนตัวเลขค่าใหม่ เช่น ข้อมูลในคอลัมน์ Coor X, Coor Y และ Coor Z ของตารางย่อย Node Data เข้าไปแทนที่ค่าตัวเลขเก่า แล้วคีย์ Enter

7.2 ข้อมูลในคอลัมน์ดังต่อไปนี้ จะเป็นข้อมูลที่มีตัวเลือกอย่างชัดเจน

- คอลัมน์ Type ในตาราง Node Data
- คอลัมน์ Name, B-Hinge, E-Hinge ในตารางย่อย Member Data
- คอลัมน์ Angle ในตารางย่อย Node Point Load
- คอลัมน์ Type, Dir ในตาราง Node Moment
- คอลัมน์ Axis, Angle ในตารางย่อย Member Point Load
- คอลัมน์ Axis, Angle ในตารางย่อย Member Uniform Load
- คอลัมน์ Type, Axis, Dir ในตารางย่อย Member Moment

ข้อมูลเหล่านี้ จะเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเจาะจงชัดเจนที่สามารถเลือกได้ เมื่อตัวอักษรในกรอบข้อความเป็นสีแดงจะสามารถใช้คีย์บอร์ด Apace Bar เคาะเปลี่ยนตัวเลือกเวียนไปเรื่อย ๆ ได้ เมื่อข้อความในกรอบแสดงเป็นค่าหรือตัวเลือกที่ต้องการ จึงกดคีย์ Enter เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้

บทที่ 6
คำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรม

โปรแกรม A. Frame ก็เช่นเดียวกับโปรแกรม หรือ Software ที่พัฒนาเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ลักษณะการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) จะมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรมอื่นที่พัฒนาเพื่อใช้กับ Microsoft Windows ทั้งในกลุ่มของคำสั่ง และลักษณะปุ่มคำสั่งลัดที่ปรากฏบน Tool Bar คำสั่งต่าง ๆ ที่ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานได้จะมีเท่าที่จำเป็นเพื่อมิให้ผู้ใช้เกิดความสับสนในการใช้งานโปรแกรม กลุ่มคำสั่งต่าง ๆ ของ A. Frame มีดังนี้

6.1 กลุ่มคำสั่ง File

เป็นกลุ่มคำสั่งในการจัดการกับการไฟล์ข้อมูล การพิมพ์ผลลัพธ์ออกทางเครื่องพิมพ์เช่นเดียวกับโปรแกรมประยุกต์ทั่วไปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ซึ่งจะประกอบด้วยคำสั่งย่อย ดังนี้

New สำหรับการสร้างงานวิเคราะห์โครงสร้างหรือใหม่ โดยโปรแกรมจะลบข้อมูลโครงสร้างเดิมที่อยู่ภายในหน่วยความจำออกหมดเพื่อรอรับการป้อนข้อมูลใหม่

Open เป็นคำสั่งที่ให้โปรแกรมเปิด File ข้อมูลโครงสร้างที่บันทึกเก็บไว้แล้วในหน่วยความจำสำรอง เช่น Disk ต่าง ๆ

Save เป็นคำสั่งสำหรับบันทึกไฟล์ข้อมูลโครงสร้างที่ผู้ใช้สร้างไว้บนโปรแกรม Plane Truss เก็บเอาไว้ในหน่วยความจำสำรอง

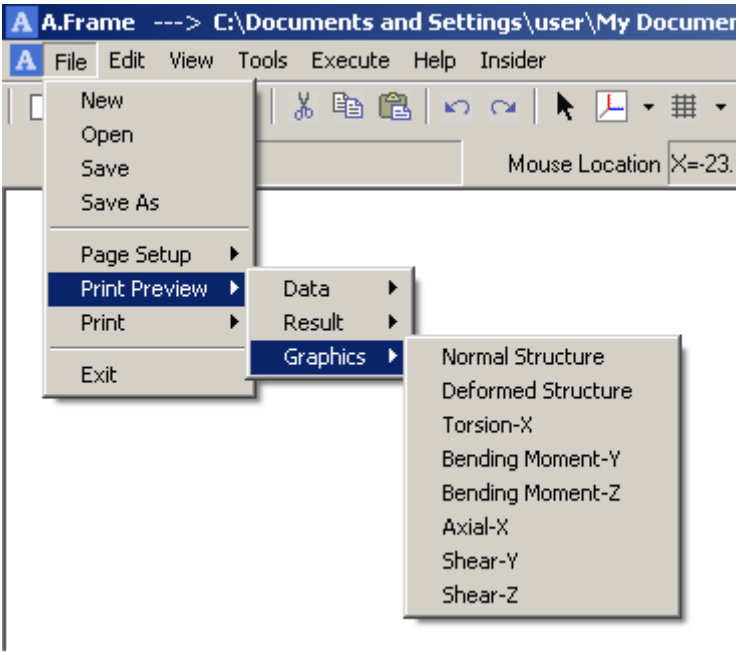
Save As เป็นคำสั่งสำหรับบันทึกไฟล์ข้อมูลโครงสร้างลงในหน่วยความจำสำรอง ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการบันทึกลงในชื่อ File Name อื่นนอกเหนือไปจากชื่อ File Name เดิม

Page Set up เป็นคำสั่งเพื่อตั้งค่าขนาดของกระดาษพิมพ์ และลักษณะการพิมพ์ออกว่าจะพิมพ์ทางด้านขวาง (Landscape) หรือ ทางด้านตามยาวของกระดาษ (Portrait)

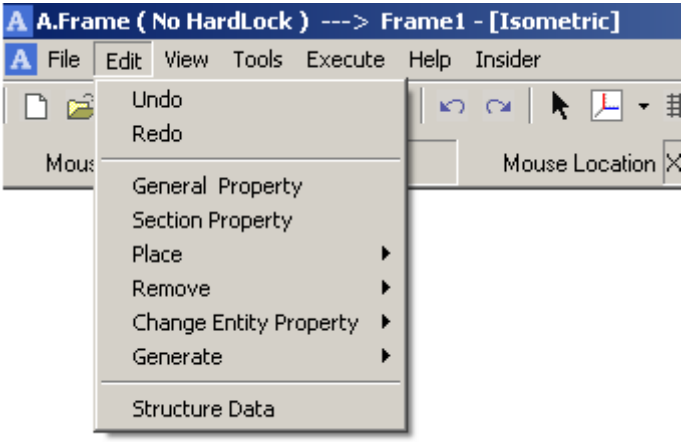
Print Preview เป็นคำสั่งเพื่อให้แสดงภาพเหมือนพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ เพื่อให้ผู้ใช้มองเห็นภาพก่อนการตัดสินใจพิมพ์ คำสั่ง Print Preview จะมีคำสั่งย่อยต่าง ๆ เช่นเดียวกับคำสั่ง Print

Print เป็นคำสั่งที่ให้โปรแกรมพิมพ์ตารางข้อมูล ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ และ Graphic ของโครงสร้างต่าง ๆ ออกทางเครื่องพิมพ์

Exit เป็นคำสั่งให้ปิดโปรแกรม A. Frame เมื่อเสร็จสิ้นการใช้งาน



6.2 กลุ่มคำสั่ง Edit



เป็นกลุ่มคำสั่งในการจัดการกับการป้อนข้อมูล และแก้ไขข้อมูล ซึ่งลักษณะการป้อนข้อมูลของคำสั่งต่าง ๆ จะเป็นการป้อนข้อมูลโดยอาศัยเมาส์เป็นหลัก จะประกอบด้วยคำสั่งย่อย ดังนี้

Undo คำสั่ง Undo คือ การถอยหลังการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ของโครงสร้างกลับไป 1 Step

Redo คำสั่ง Redo คือ การเดินหน้าป้อนข้อมูลต่าง ๆ ของโครงสร้าง 1 Step กรณีที่มีการ Undo มาบ้างแล้ว

General Properties เป็นคำสั่งที่เรียก Property Form เพื่อผู้ใช้กำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นของงานวิเคราะห์ ซึ่งเป็นความจำเป็นสำหรับผู้ใช้ที่จะต้องเรียกคำสั่ง Properties เป็นคำสั่งแรกสำหรับการทำงาน

Section Property เป็นการเรียกหน้าต่างคุณสมบัติหน้าตัด เพื่อการป้อนข้อมูล ลบข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลหน้าตัด

Place เป็นคำสั่ง สำหรับการป้อนข้อมูลในลักษณะ **การวางส่วนประกอบ**ของโครงสร้าง ซึ่งมุมมองของโปรแกรมจะมององค์ประกอบของโครงสร้าง Frame ออกเป็น 4 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ Node, Member, Force และ Moment ซึ่งการป้อนข้อมูลโครงสร้าง คือ การนำองค์ประกอบทั้ง 4 ชนิดหลัก มาประกอบเป็นภาพโครงสร้างด้วยการวางองค์ประกอบแต่ละชนิดลงบนพื้นที่ทำงานของโปรแกรม (Working Area) ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีระยะพิกัดเป็นนัยสำคัญ เมื่อผู้ใช้งานวางชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างแล้วเสร็จ มีความหมายว่าการป้อนข้อมูลแล้วเสร็จด้วยเช่นกัน คำสั่งย่อยภายใต้คำสั่ง Place จึงมี 4 คำสั่งเพื่อการวางองค์ประกอบ 4 ชนิดหลัก ดังนี้

Node เป็นคำสั่งย่อย เพื่อวาง จุดเชื่อมต่อ มี 5 ชนิด (Pin, Rigid Joint, Pin Support, Rigid Joint Support, Roller Support)

Member เป็นคำสั่งย่อย เพื่อวาง Member

Force เป็นคำสั่งย่อย เพื่อวางแรงกระทำที่จุดต่อ และชิ้นส่วน (Node PL, Member PL และ Member UL)

Moment เป็นคำสั่งย่อย เพื่อวางแรงคู่ควบ Moment ที่จุดต่อ (Node MM, Member MM)

Remove เป็นคำสั่งสำหรับการลบข้อมูล (Entity) ซึ่งจะเป็นคำสั่งที่ตรงข้ามกับคำสั่ง Place มี 4 คำสั่งย่อย คือ

- **Node** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อลบข้อมูลจุดเชื่อมต่อมี 5 ชนิด (Pin, Rigid Joint, Pin Support, Rigid Joint Support, Roller Support)

- **Member** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อลบข้อมูล Member

- **Force** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อลบข้อมูลแรงกระทำที่จุดต่อ และชิ้นส่วน (Node PL, Member PL และ Member UL)

- **Moment** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อลบข้อมูลแรงคู่ควบ Moment ที่จุดต่อ (Node MM, Member MM)

Change Property เป็นคำสั่งเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของ Node และ Member มี 4 คำสั่งย่อย คือ

- **Node** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อแก้ไขข้อมูลจุดเชื่อมต่อมี 5 ชนิด (Pin, Rigid Joint, Pin Support, Rigid Joint Support, Roller Support)

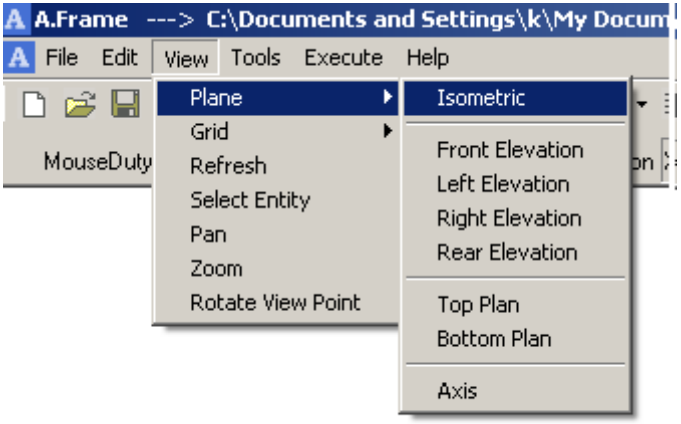
- **Member** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อแก้ไขข้อมูล Member

- **Force** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อแก้ไขข้อมูลแรงกระทำที่จุดต่อ และชิ้นส่วน (Node PL, Member PL และ Member UL)

- **Moment** เป็นคำสั่งย่อย เพื่อแก้ไขข้อมูลแรงคู่ควบ Moment ที่จุดต่อ (Node MM, Member MM)

Structure Data เป็นคำสั่งสำหรับแก้ไขข้อมูลที่สามารถมองเห็นข้อมูลในลักษณะเป็นตารางทุกชนิดของข้อมูล (Node, Member, Node PL, Node Moment, Member PL, Member UL, Member Moment) ตารางข้อมูลโครงสร้างทั้งหมดจะแสดงอยู่ในหน้าต่างเดียวกัน แต่ละชนิดข้อมูลจะอยู่คนละ Tap Page

6.3 กลุ่มคำสั่ง View



เป็นกลุ่มคำสั่งที่แสดงภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในโปรแกรม (ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นภาพของโครงสร้าง) มาแสดง ประกอบด้วยคำสั่งย่อย ดังนี้

Plane เป็นคำสั่งเพื่อปรับมุมมองการแสดงภาพ มีอยู่ 6 มุมมอง คือ

- Isometric เป็นมุมมอง 3 มิติของโครงสร้าง
- Front Elevation แสดงภาพด้านหน้าของโครงสร้าง
- Left Elevation แสดงภาพด้านซ้ายของโครงสร้าง
- Right Elevation แสดงภาพด้านขวาของโครงสร้าง
- Rear Elevation แสดงภาพด้านหลังของโครงสร้าง
- Top Plan แสดงภาพด้านบนของโครงสร้าง
- Bottom Plan แสดงภาพด้านใต้ของโครงสร้าง

Grid เป็นคำสั่งเพื่อเรียก Grid ขึ้นมาแสดงเพื่อช่วยในการป้อนข้อมูล Node มี 3 คำสั่งย่อย คือ

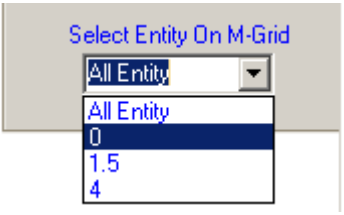
- **P-Grid** เป็นคำสั่งเรียก P-Grid ขึ้นมาแสดง มีคำสั่งย่อยอีก 3 คำสั่ง คือ Plane XY, Plane ZY, Plane XZ เพื่อให้ P-Grid แสดงในระนาบ XY, ZY และ XZ ตามลำดับ

- **M-Grid** เป็นคำสั่งเรียก M-Grid ขึ้นมาแสดง สามารถเรียกคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับ M-Grid ด้วยการคลิกปุ่มขวาของเมาส์

- **Hide Grid** เป็นคำสั่งเพื่อซ่อนการแสดง Grid ทั้งหมด

Refresh เป็นคำสั่งเพื่อเคลียร์หน้าจอภาพและสร้างภาพโครงสร้างขึ้นมาใหม่

Select Entity เป็นการกำหนดให้แสดงภาพที่ระดับ M-Grid เพียงระดับเดียว เมื่อเรียกคำสั่งนี้แล้วจะปรากฏกรอบข้อความ

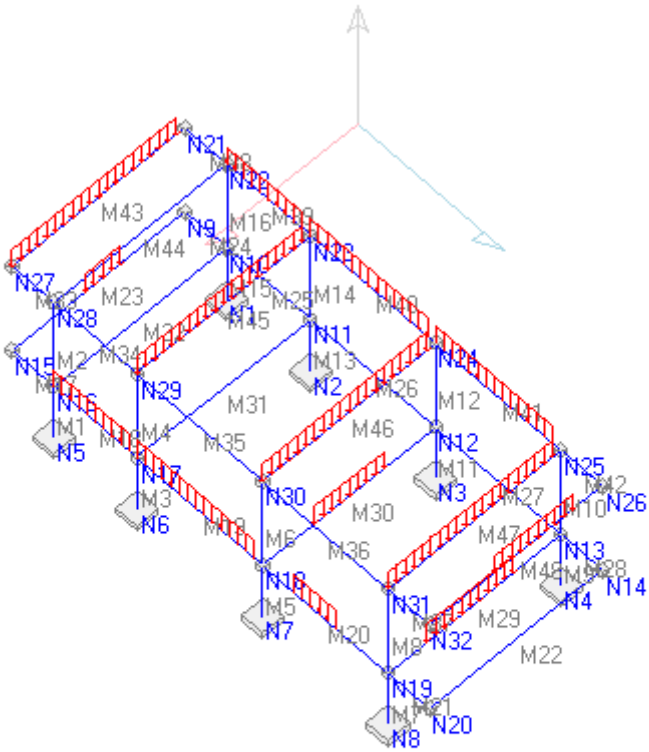


เพื่อให้เลือกระดับการแสดงภาพขององค์ประกอบโครงสร้างเฉพาะในระดับของ M-Grid ใด หรือถ้าต้องการให้แสดงภาพทั้งหมด ให้เลือก All Entity

Pan เป็นคำสั่งเพื่อเลื่อนภาพไปมาในลักษณะ Real Time เมื่อเลือกคำสั่งนี้แล้วผู้ใช้สามารถเลื่อนเมาส์ไปบนจอภาพ ณ ตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นกดปุ่มซ้ายของเมาส์ค้างไว้ แล้วเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่มองเห็นภาพได้ตามต้องการ (ภาพจะเคลื่อนไปตามการลากเมาส์) จึงปล่อยปุ่มซ้ายของเมาส์

Zoom เป็นคำสั่งเพื่อใช้ย่อหรือขยายภาพโครงสร้าง ประกอบด้วยคำสั่งย่อยอีกในลักษณะการตอบสนองทันที (Real Time) โดยที่ผู้ใช้สามารถ เลื่อนเมาส์ไปบริเวณกลางจอภาพ กดปุ่มซ้ายค้างไว้ แล้วเลื่อนเมาส์ขึ้นด้านบน ภาพโครงสร้างจะขยายใหญ่ขึ้น ถ้ากดปุ่มซ้ายค้างไว้แล้วเลื่อนเมาส์ลงด้านล่าง ภาพโครงสร้างจะเล็กลง

Rotate View Point เป็นคำสั่งเพื่อหมุนภาพโครงสร้างในลักษณะ Real Time การหมุนภาพ คือ การเปลี่ยนมุมมองของภาพในลักษณะที่ผู้มองภาพเดินรอบโครงสร้างในแนวราบ หรือ เคลื่อนที่ตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง ดังนั้นมุมมองภาพจึงเป็นการเปลี่ยนมุมของผู้สังเกต การหมุนภาพทำได้ด้วยการเคลื่อนที่เมาส์ไปบริเวณกลางภาพโครงสร้าง แล้วกดปุ่มซ้ายของเมาส์ค้างไว้แล้วลากเมาส์ไปในทิศทางขึ้นลงเพื่อปรับมุมมองในแนวดิ่ง การลากเมาส์ไปในทิศทางซ้ายขวา คือ การปรับมุมมองในแนวระดับ ซึ่งจะแสดงอยู่ที่ด้านล่างของจอภาพ ดังภาพตัวอย่าง

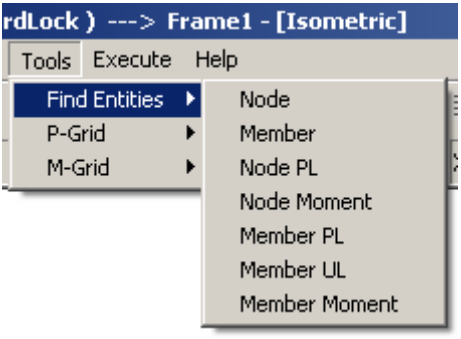


แสดงมุมมองว่า มุมในแนวระดับ = 44 องศา และ
มุมในแนวดิ่ง = 56 องศา

Isometric Hor Ang = 44 Ver Ang = 56

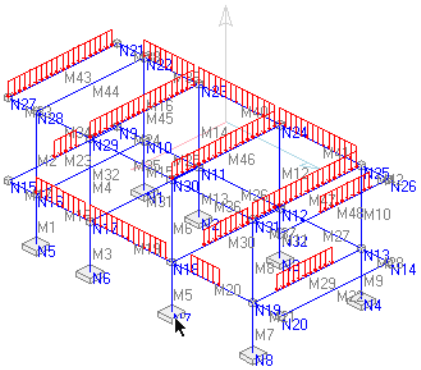
แสดงภาพโครงสร้าง 3 มิติโดยมุมมองในแนวระดับ =44 องศา
มุมมองในแนวดิ่ง = 56 องศา

6.4 กลุ่มคำสั่ง Tool



เป็นกลุ่มคำสั่งที่เรียกเครื่องมือหรือตัวช่วยเหลือต่าง ๆ ของโปรแกรม ประกอบด้วยคำสั่งย่อย ดังนี้

Find Entities เป็นคำสั่งเพื่อหารายละเอียดต่าง ๆ ขององค์ประกอบโครงสร้าง โดยการเลือกคำสั่งย่อยแล้วเคลื่อนที่เมาส์ไปจี้ตรงองค์ประกอบของโครงสร้างนั้น โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดของโครงสร้างมาที่กรอบข้อความด้านล่างของจอภาพดังตัวอย่าง เมื่อจี้เมาส์ไปที่ Node 7 ของโครงสร้าง



คำสั่งย่อยของ Find Entities จะมี 7 คำสั่งย่อยเพื่อเลือกการค้นหาข้อมูลองค์ประกอบโครงสร้าง คือ

Node	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Node
Member	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Member
Node PL	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Node Point Load
Node Moment	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Node Moment
Member PL	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Member Point Load
Member UL	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Member Uniform Load
Member Moment	เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับ Member Moment

P-Grid เป็นคำสั่งสำหรับปรับการแสดงภาพ P-Grid มีคำสั่งย่อย คือ

Set Grid คือ การตั้งค่า P-Grid ซึ่งสามารถตั้งให้ P-Grid เริ่มต้นแสดง เส้นกริด และสิ้นสุดการแสดงเส้นกริดที่พิกัดใด และช่องห่างของกริดจะเป็นเท่าไรในแต่ละระนาบของ P-Grid

Move P-Grid คือ การเรียกคำสั่งเพื่อเลื่อน P-Grid

M-Grid เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ M-Grid ได้แก่ การ Add, Copy, Paste และ Remove M-Grid มี 4 คำสั่งย่อย คือ

Add คำสั่งเพื่อเพิ่ม M-Grid

Copy คำสั่งเพื่อ Copy ค่าต่าง ๆ ของ M-Grid เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับไปสร้าง M-Grid ในระนาบอื่น ๆ

Paste คำสั่งเพื่อ Paste M-Grid

Remove คำสั่งเพื่อลบ M-Grid

6.5 กลุ่มคำสั่ง Execute

เป็นกลุ่มคำสั่งเพื่อสั่งให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์โครงสร้าง และแสดงผลลัพธ์ออกมา มีคำสั่งย่อย คือ

Analyse เป็นคำสั่งให้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง

Result เป็นคำสั่งดูผลลัพธ์ หลังจากการวิเคราะห์เสร็จเรียบร้อยแล้ว มีคำสั่งย่อย คือ

Table คือ คำสั่งเพื่อดูผลลัพธ์การวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่แสดงในรูปของตารางผลลัพธ์

Select Node คือ คำสั่งที่เรียกดูผลลัพธ์เฉพาะ Node ที่ต้องการ

Select Member คือ คำสั่งเพื่อดูผลลัพธ์เฉพาะ Member ที่ต้องการซึ่งจะมีคำสั่งย่อยลงไปอีก

M-X เพื่อเรียกดูค่า Moment รอบแกน X ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

BM-Y เพื่อเรียกดูค่า Bending Moment รอบแกน Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

BM-Z เพื่อเรียกดูค่า Bending Moment รอบแกน Z ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Axial-FX เพื่อเรียกดูค่า แรงตามแนวแกน X ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Shear-FY เพื่อเรียกดูค่าแรง Shear ตามแนวแกน Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Shear-FZ เพื่อเรียกดูค่าแรง Shear ตามแนวแกน Z ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Deflection-Y เพื่อเรียกดูค่า การโก่งตัวตามแนวแกน Y ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Deflection-Z เพื่อเรียกดูค่า การโก่งตัวตามแนวแกน Z ที่จุดใดจุดหนึ่งของ Member

Graphic คือ คำสั่งที่ให้โปรแกรมแสดงแผนผัง หรือ ภาพโครงสร้างต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการวิเคราะห์ มีคำสั่งย่อย คือ

Normal Structure คือ การแสดงภาพโครงสร้างปกติ

Deformed Structure การแสดงภาพการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง

Torsion-X การแสดงแผนผัง Moment รอบแกน X ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

Bending Moment Y แสดงแผนผัง Bending Moment รอบแกน Y ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

Bending Moment Z แสดงแผนผัง Bending Moment รอบแกน Z ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

Axial –X แสดงแผนผังแรงตามแนวแกน X ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

Shear Y แสดงแผนผังแรง Shear ตามแนวแกน Y ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

Shear Z แสดงแผนผังแรง Shear ตามแนวแกน Z ของชิ้นส่วนทั้งโครงสร้าง

6.6 คำสั่งใน Tool Bar

นอกเหนือจากคำสั่งใน Menu Command โปรแกรมได้จัดเตรียมคำสั่งที่ต้องใช้งานบ่อย เพื่อเพิ่มความสะดวกสำหรับผู้ใช้เป็นลักษณะปุ่มคำสั่งในแถบ Tool Bar โดยแต่ละปุ่มคำสั่งเทียบเคียงกับ Menu Command ได้ดังนี้

File --> New

File --> Open

File --> Save

File --> Print

File --> Print Preview

Edit --> Undo

Edit --> Redo

การยกเลิกคำสั่งทั้งหมดของ เมาส์

View --> Plane

View --> Grid

Edit --> Place --> Node

Edit --> Place --> Member

Edit --> Place --> Force

Edit --> Place --> Moment

View --> Pan

View --> Zoom

View --> Rotate

Execute --> Analyse