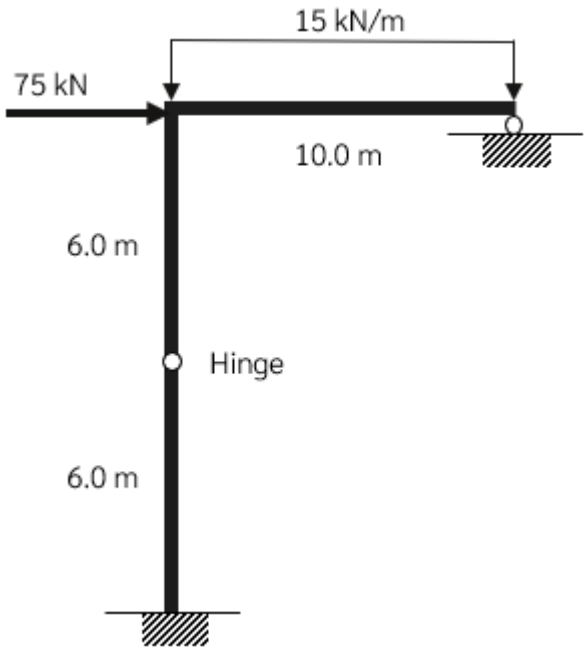
ปฏิบัติการที่ 1 การสร้างแบบจำลองโครงข้อแข็งเกร็ง 2 มิติ

วัตถุประสงค์

ในปฏิบัติการนี้ผู้ใช้จะได้เรียนรู้การสร้างแบบจำลองโครงสร้างโครงข้อแข็งเกร็ง ชนิด 2 มิติโดยใช้โปรแกรม Robot structural analysis โดยมีรายละเอียดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

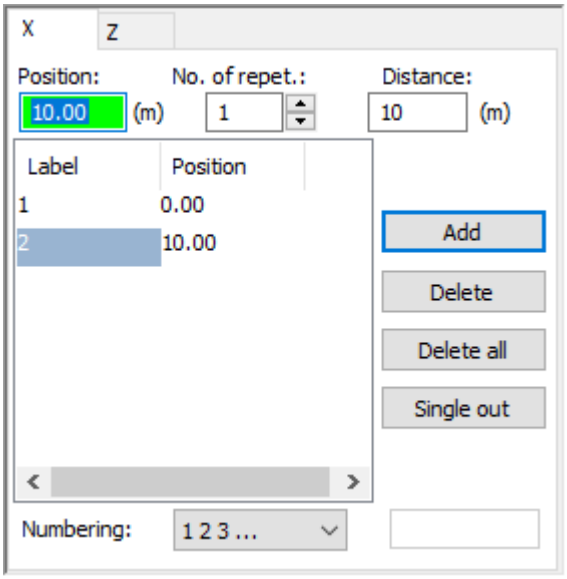
1. การสร้างและการตั้งค่าระบบ พิกัดการก่อสร้าง
2. การกำหนดหน้าตัดของชิ้นส่วนโครงสร้าง
3. การสร้างข้อมูลทางเรขาคณิตของชิ้นส่วนโครงสร้าง
4. การกำหนดพฤติกรรมการเชื่อมต่อและการถ่ายแรงระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้าง
5. การสร้างกรณีของน้ำหนักบรรทุก ชนิดตายตัวและชนิดจร
6. การสร้างแบบจำลองของแรงกระทำ ชนิดแรงกระทำแบบจุดและแรงกระทำแบบสม่ำเสมอ
7. กระบวนการวิเคราะห์โครงสร้าง
8. การตั้งค่าแสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์โครงสร้าง

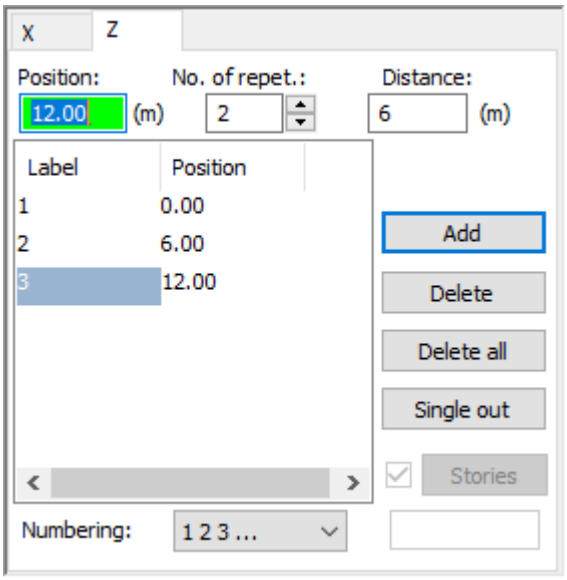
โดยโครงสร้างที่ใช้เป็นโครงสร้างโครงข้อแข็งชนิด 2 มิติ



1. ให้ทำการกำหนดขนาดของระบบพิกัด โดยใช้ตัวเลือก ซึ่งอยู่ด้านขวามือ จากนั้นจึงกรอกรายละเอียด ของระบบพิกัดตามแกน X และแกน Z ตามลำดับดังต่อไปนี้

 Copyright 2019-2020

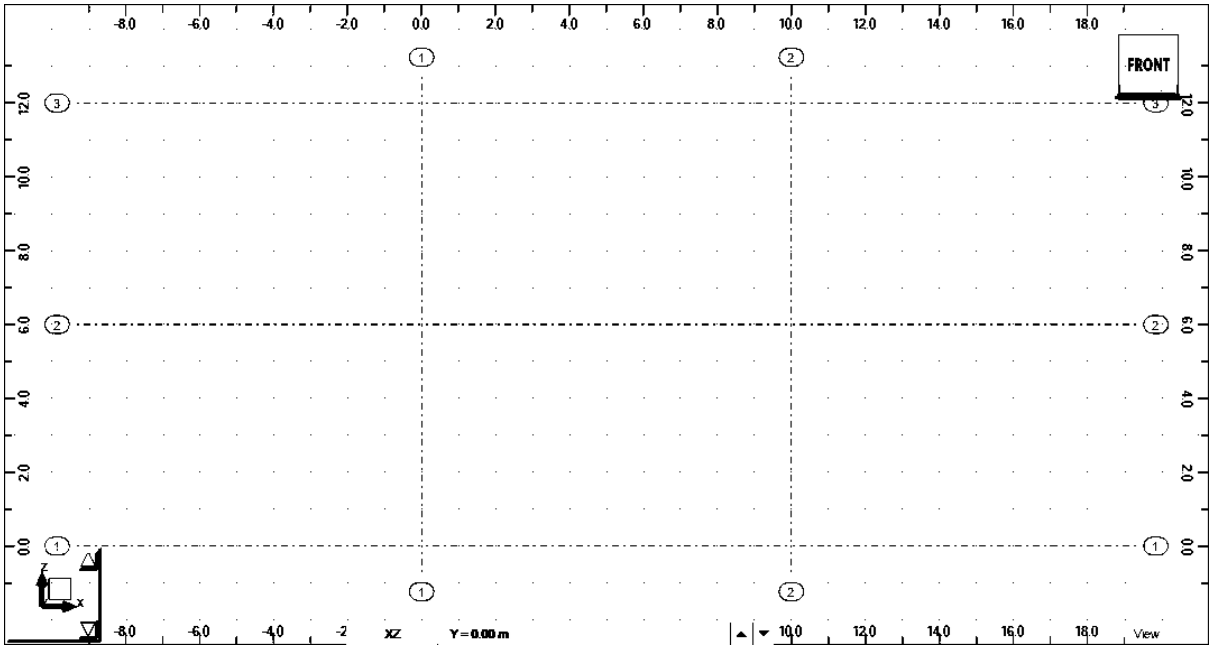




ภาพที่ 68 ค่า Parameter สำหรับการสร้าง เส้น Grid ของระบบโครงสร้าง

เมื่อกดปุ่ม Apply หน้าจอพื้นที่ทำงานจะแสดงเส้น Grid ตามภาพดังต่อไปนี้

Copyright 2019-2020



ภาพที่ 69 ระบบ Grid ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

1. เริ่มทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้แถบเครื่องมือด้านขวา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

เครื่องมือสร้างจุดต่อ

เครื่องมือสร้างชิ้นส่วนของโครงสร้าง

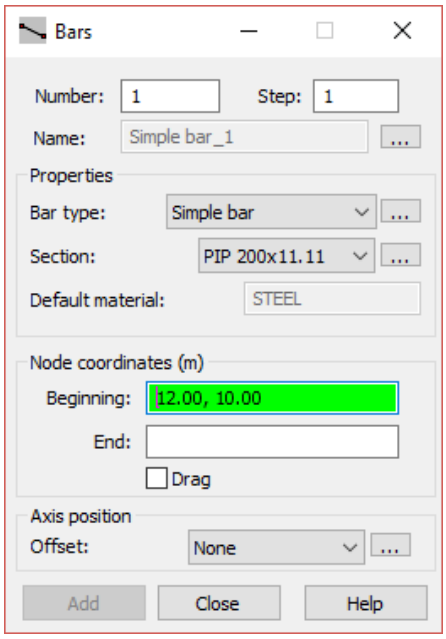
เครื่องมือกำหนดขนาดของ section

เครื่องมือกำหนดชนิดของวัสดุ

เครื่องมือกำหนดชนิดของฐานรองรับ

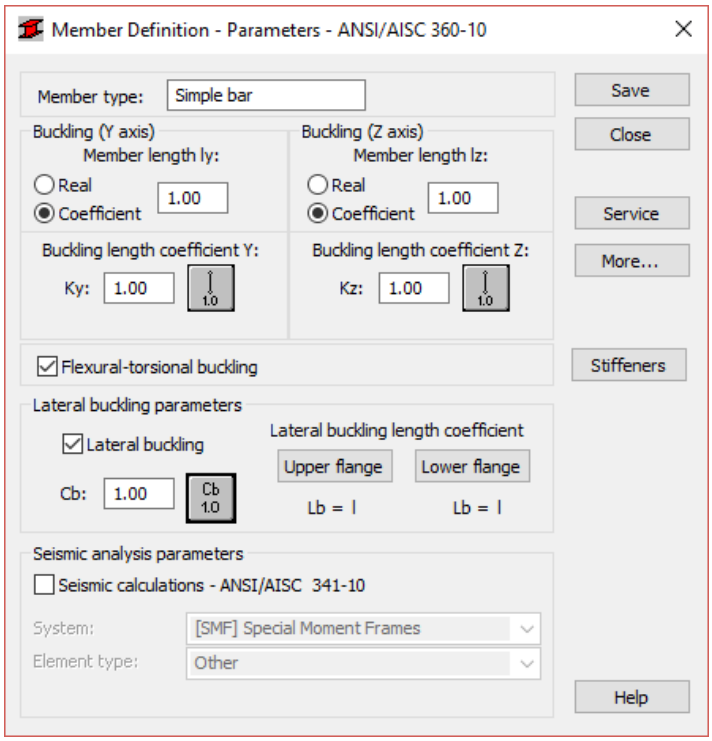
Copyright 2019-2020

2. ให้ผู้ใช้กดไปที่เครื่องมือสร้างชิ้นส่วนของโครงสร้าง



ภาพที่ 70 การกำหนดพิกัดของชิ้นส่วนโครงสร้าง

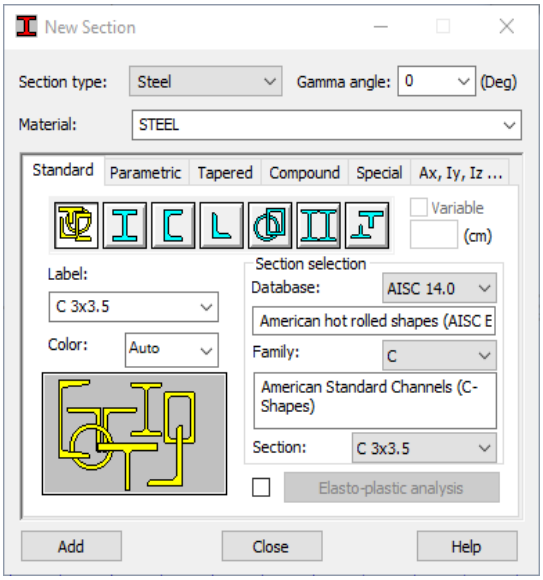
Bar type เป็นการกำหนดรายละเอียดสมมุติฐานของการออกแบบโครงสร้าง เช่นการกำหนดวิธีการตั้งค่าสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะของชิ้นส่วน กรณีเงื่อนไขของสภาพการยึดรั้งของโครงสร้างการกำหนดสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะด้านข้างของโครงสร้าง



 Copyright 2019-2020

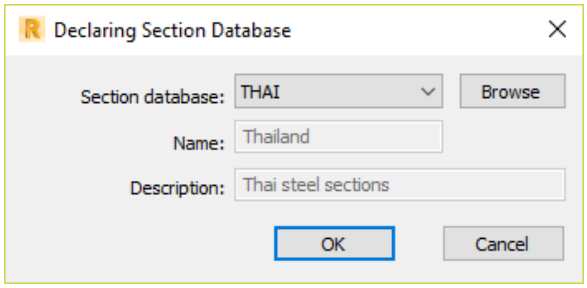
ภาพที่ 71 การกำหนดนิยามของชิ้นส่วน

3. ให้ผู้ใช้กดไปที่เครื่องหมาย “...” (More Action) ซึ่งอยู่ด้านหลัง ของตัวเลือก section จะปรากฏหน้าต่าง New session ขึ้นมา ให้ทำการกำหนด Database เป็น Thailand เพื่อใช้ตารางเหล็กโครงสร้างของฐานข้อมูลประเทศไทย



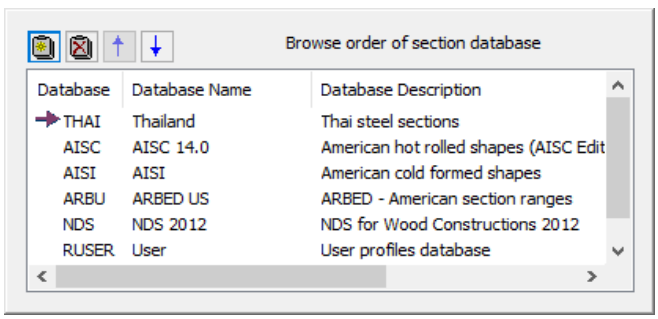
ภาพที่ 72 การเพิ่มข้อมูลของหน้าตัดโครงสร้าง

4. หากไม่มีฐานข้อมูลของประเทศไทยผู้ใช้สามารถทำการเพิ่มฐานข้อมูลหน้าตัดเหล็กรูปพรรณของประเทศไทยผ่าน Job Preference โดยเข้าไปที่ section database และทำการเพิ่ม section ประเทศไทย



ภาพที่ 73 การเพิ่มฐานข้อมูลของ section

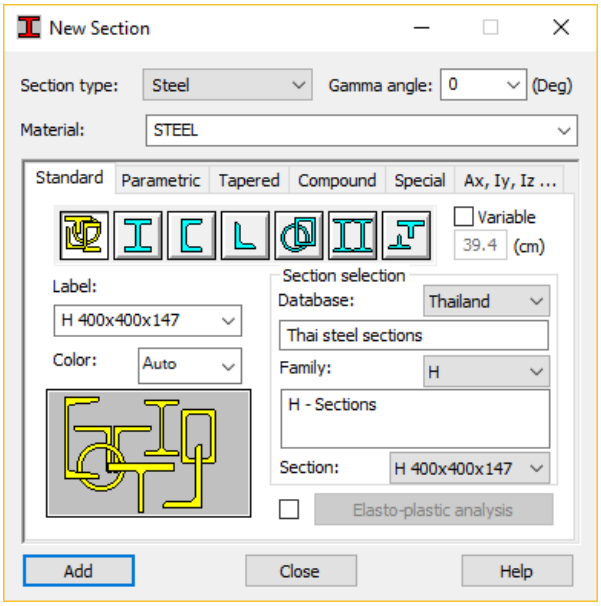
เมื่อทำการเพิ่ม section ของเหล็กรูปพรรณที่ใช้ในประเทศไทยแล้ว ผู้ใช้สามารถแก้ไขลำดับโดยการกด ที่ลูกศรขึ้นหรือลง เพื่อเปลี่ยนลำดับของตารางฐานข้อมูลตามความเหมาะสม



 Copyright 2019-2020

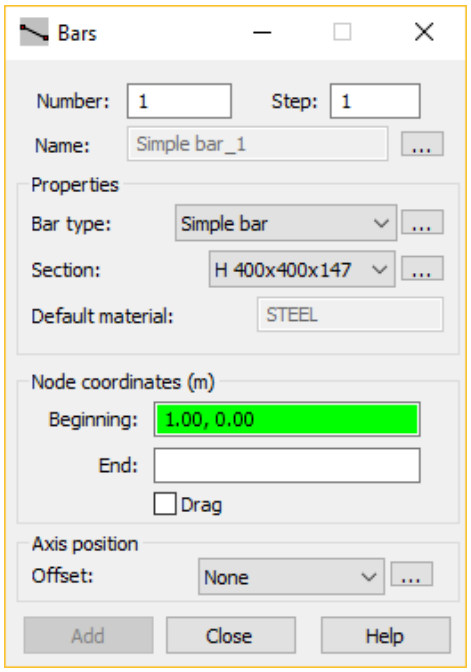
ภาพที่ 74 การปรับลำดับของฐานข้อมูล section ตามลำดับความบ่อยในการใช้งาน

5. ให้ทำการเลือกเหล็กตระกูล H-Sections ซึ่งมีขนาด section เป็น 400 x 400 x 147 จากนั้นกดที่ปุ่ม Add เพื่อเพิ่มรายละเอียดของ section เข้าไปในโปรเจค



ภาพที่ 75 การเพิ่ม section ไปในโปรเจค

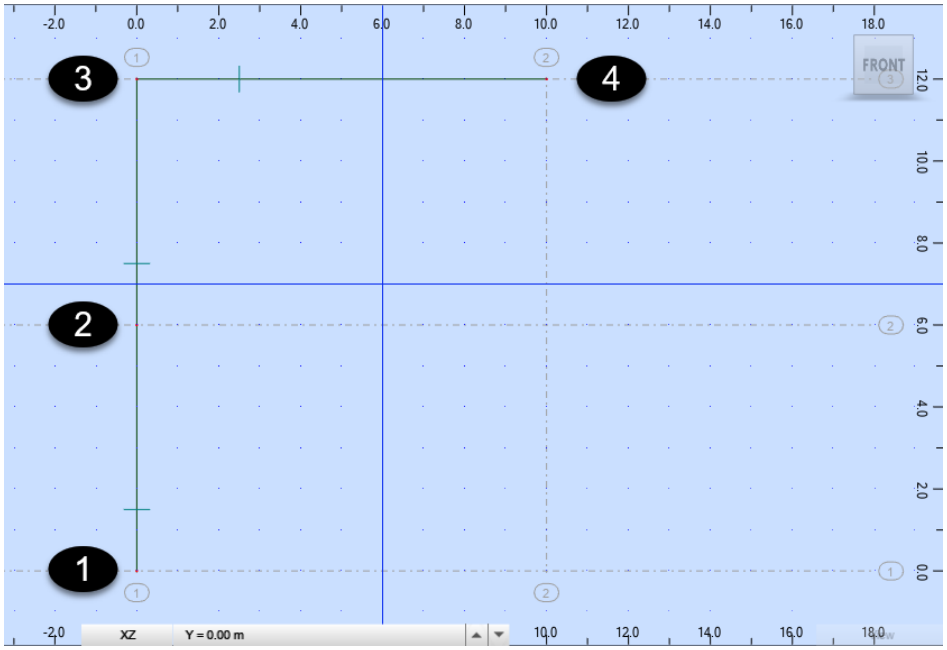
ให้ผู้ใช้สังเกตว่าเมื่อกดปุ่ม Add แล้ว หน้าตัดเหล็กดังกล่าวจะเข้าไปอยู่ในหน้าต่าง Bars โดยอัตโนมัติ



Copyright 2019-2020

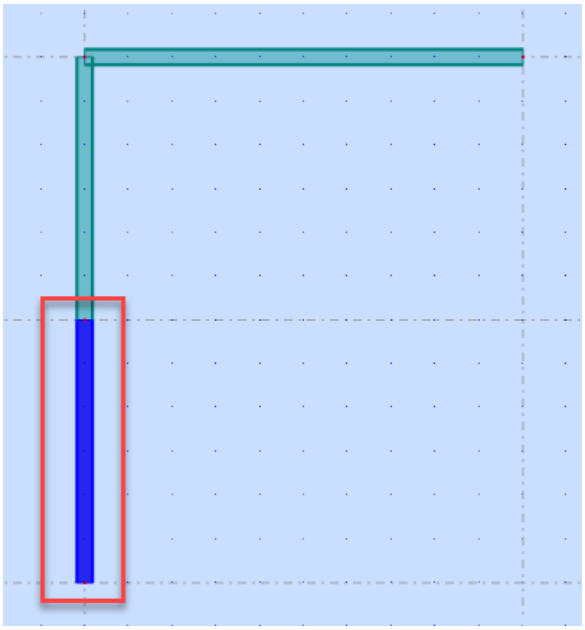
ภาพที่ 76 การสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างในแบบจำลอง

6. ให้ผู้ใช้ทำการวาดชิ้นส่วนโครงสร้างโดยมีจุดต่อ 4 จุดตามภาพ



ภาพที่ 77 การสร้างแบบจำลองโครงสร้าง

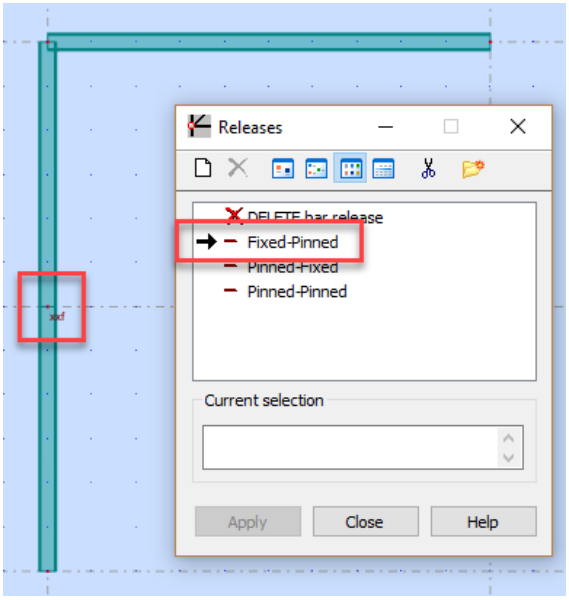
7. ให้ผู้ใช้ทำการเลือกชิ้นส่วนเสาชั้นล่างตามภาพ เพื่อกำการเปลี่ยนสภาพการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วน



ภาพที่ 78 การแก้ไขสภาพการเชื่อมต่อชิ้นส่วน

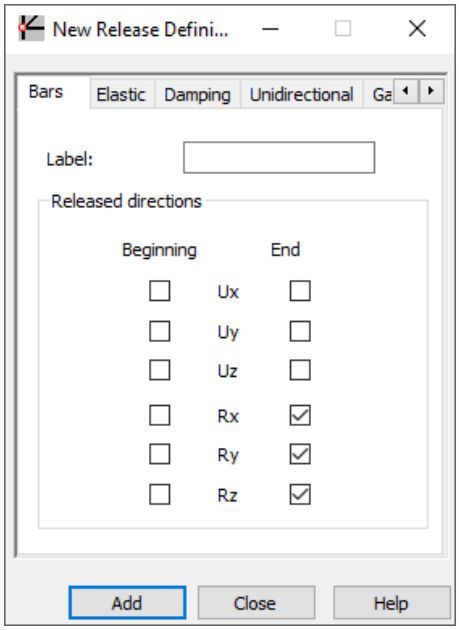
Copyright 2019-2020

8. ให้ผู้ใช้เลือกตัวเลือก **Geometric** และเลือก **Release** เพื่อกำหนดสภาพการถ่ายแรงระหว่างโครงสร้าง โดยกำหนดตัวเลือกเป็นชนิด **Fixed-Pinned** ตามภาพ



ภาพที่ 79 การกำหนดสภาพการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้าง

การกำหนดการเชื่อมติอระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้างมีผลกับการถ่ายแรงในทิศทางที่กำหนด โดย การกำหนด **Release Definition** สามารถกำหนดได้ทั้งในส่วนของ **Released directions** ไปจนถึง สภาพไร้เชิงเส้นของจุดเชื่อมต่อ

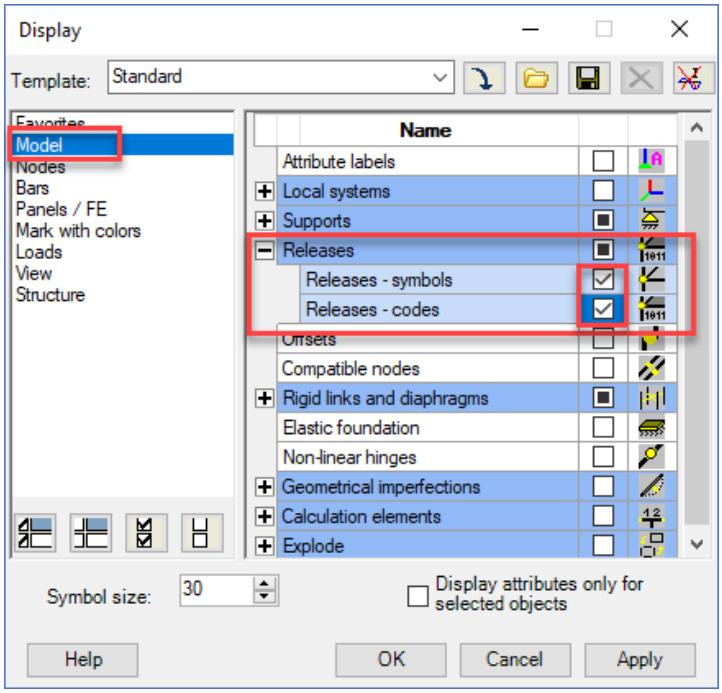


ภาพที่ 80 ตัวเลือกการกำหนดสภาพการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้าง

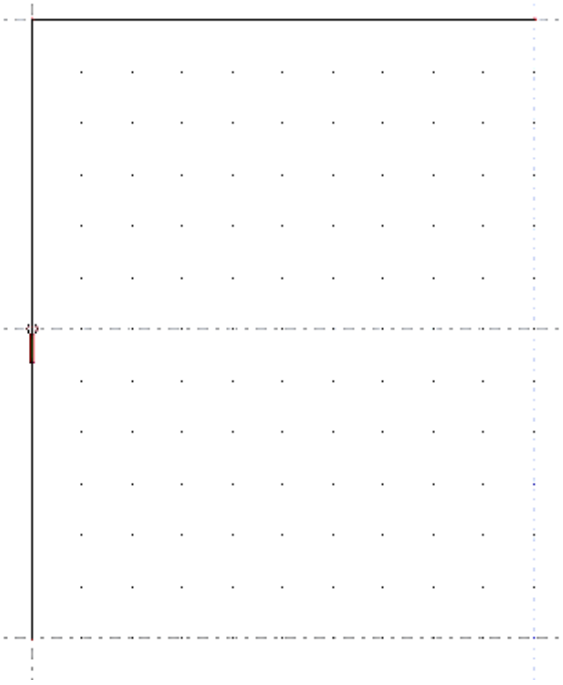
Copyright 2019-2020

หมายเหตุ

เมื่อผู้ใช้กด Apply โปรแกรมไม่แสดงรายละเอียดของการ release ผู้ใช้สามารถตั้งค่าผ่าน Display options



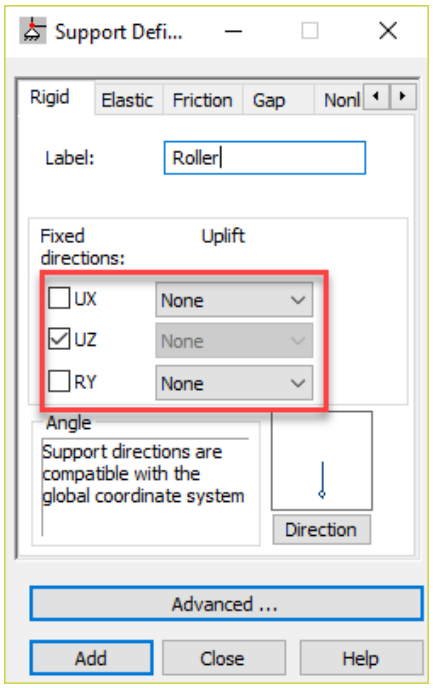
ภาพที่ 81 การกำหนด Display Option เพื่อการแสดงสัญลักษณ์ของ การ Releases connection



Copyright 2019-2020

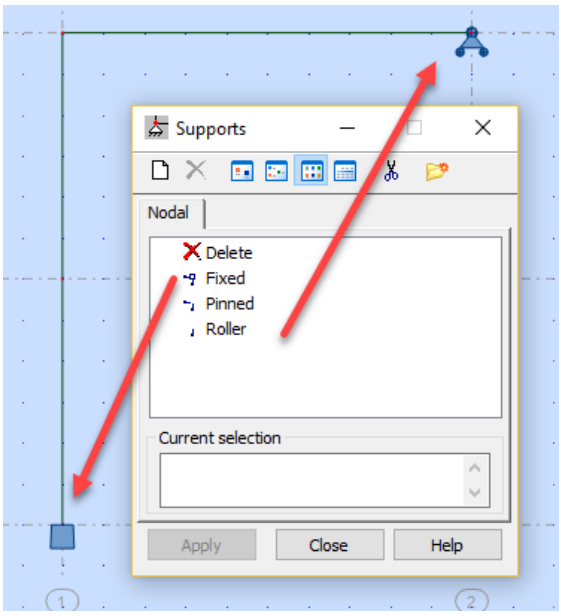
ภาพที่ 82 รูปแบบของโครงสร้างที่ผ่านกระบวนการ release connection แล้ว

9. ให้ผู้ใช้ไปที่ตัวเลือกสร้างฐานรองรับ (Support) โดยให้ทำการสร้างฐานรองรับในกลุ่ม Rigid โดยการกำหนดสภาพการยึดรั้งของโครงสร้างตามแกน x y และ Z ตามลำดับ ให้ทำการสร้างฐานรองรับ ชนิด Roller โดยกำหนดสภาพการยึดเฉพาะแกน Z ตามที่แสดงในภาพที่ 83



ภาพที่ 83 การกำหนดเงื่อนไขสภาพของฐานรองรับ

จากนั้นจึงกำหนดค่าเงื่อนไขฐานรองรับให้จุดต่อตามภาพที่ 84

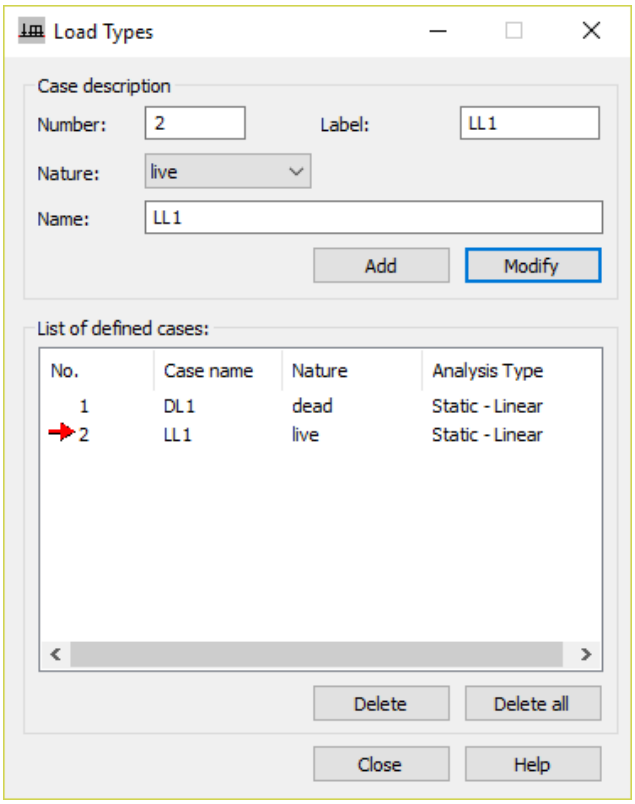


Copyright 2019-2020

ภาพที่ 84 การกำหนดเงื่อนไขสภาพฐานรองรับ

10. ให้ผู้ใช้ทำการสร้างกรณีของน้ำหนักบรรทุก 2 กรณีคือ

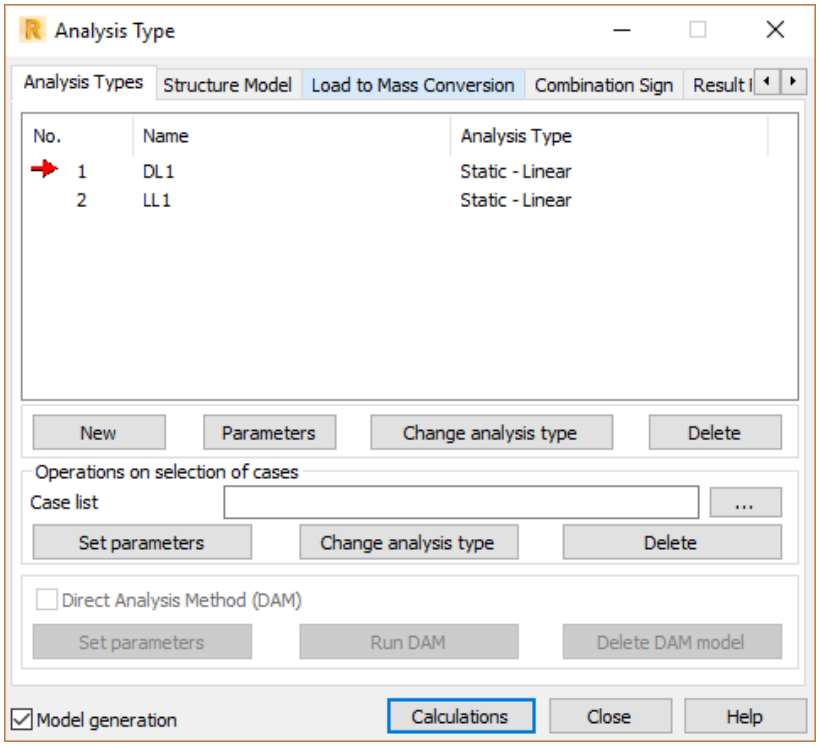
- น้ำหนักบรรทุกชนิดตายตัว โดยกำหนด Nature เป็น Dead
- น้ำหนักบรรทุกจร โดยกำหนด Nature เป็น Live



ภาพที่ 85 การกำหนด ชนิดของน้ำหนักบรรทุก

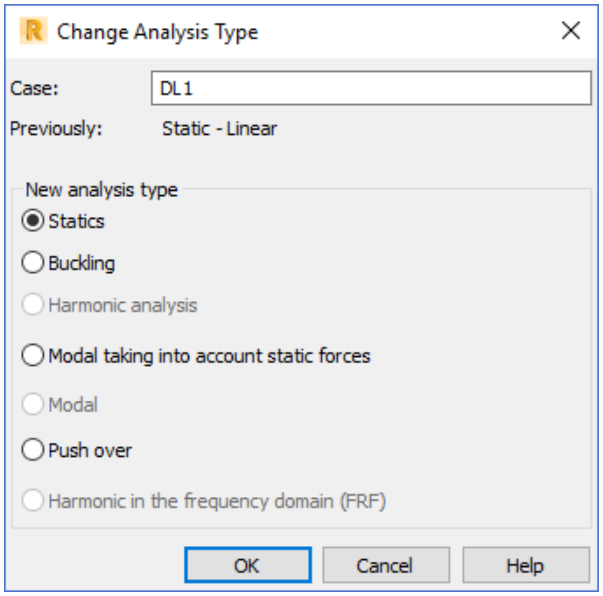
หมายเหตุ ผู้ใช้อาจสังเกตเห็น รายละเอียดของน้ำหนักบรรทุกซึ่งกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์โครงสร้างเป็น Static - Linear ซึ่งเป็นการกำหนดรายละเอียดสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างโดยในโปรแกรม Robot structural analysis ผู้ใช้สามารถตั้งค่ารูปแบบการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ตัวเลือก **Analysis type**

Copyright 2019-2020



ภาพที่ 86 ชนิดของการวิเคราะห์โครงสร้าง

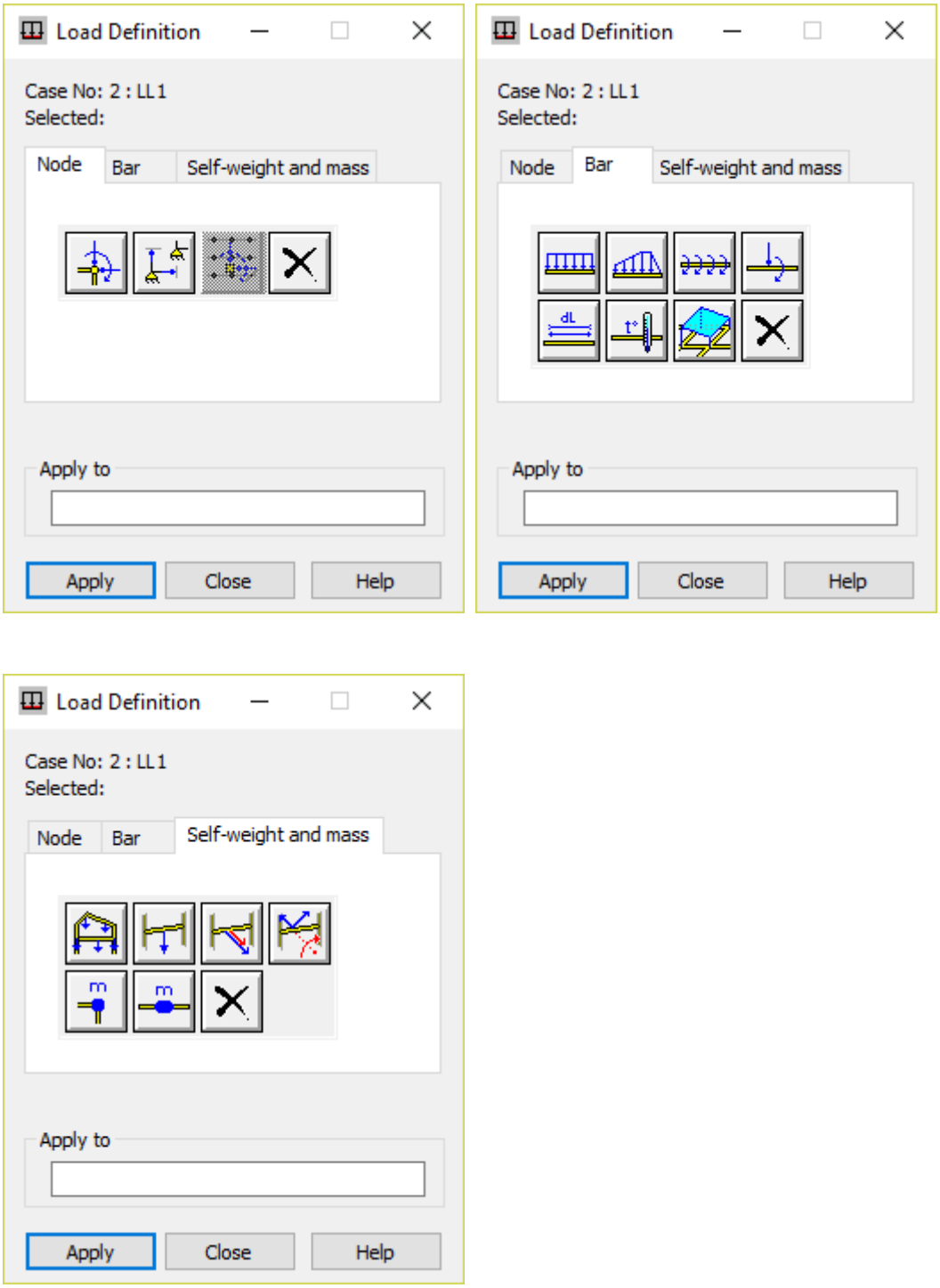
จากนั้นจึงสามารถสร้างหรือเปลี่ยนแปลงชนิดของการวิเคราะห์โครงสร้างได้ตามภาพดังต่อไปนี้ โดยรายละเอียดจะมีการกล่าวถึงในลำดับต่อไป



ภาพที่ 87 การเปลี่ยนประเภทการวิเคราะห์โครงสร้าง

Copyright 2019-2020

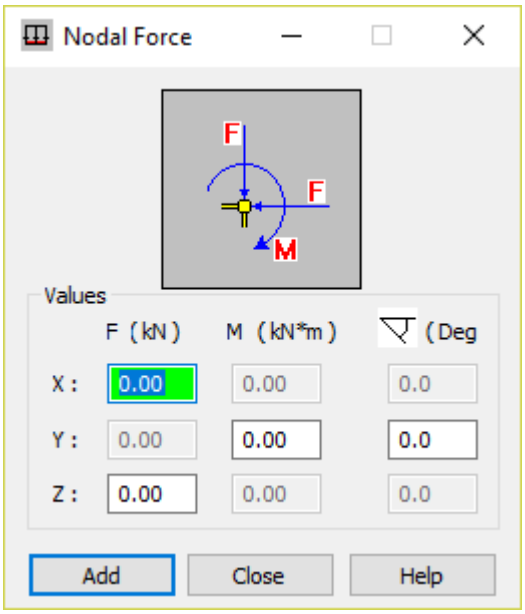
11. เมื่อผู้ใช้ทำการกำหนดกรณีของน้ำหนักบรรทุกแล้ว ปุ่มตั้งค่าการกำหนดรายละเอียดของน้ำหนักบรรทุกจะปรากฏขึ้นมา โดยผู้ใช้สามารถสร้างน้ำหนักบรรทุกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันตามพฤติกรรมของแรงกระทำได้แก่
    a. แรงกระทำแบบจุด
    b. แรงกระทำต่อชิ้นส่วน
    c. น้ำหนักของโครงสร้างและมวล



ภาพที่ 88 รูปแบบพฤติกรรมของน้ำหนักบรรทุก / แรงกระทำกับโครงสร้าง

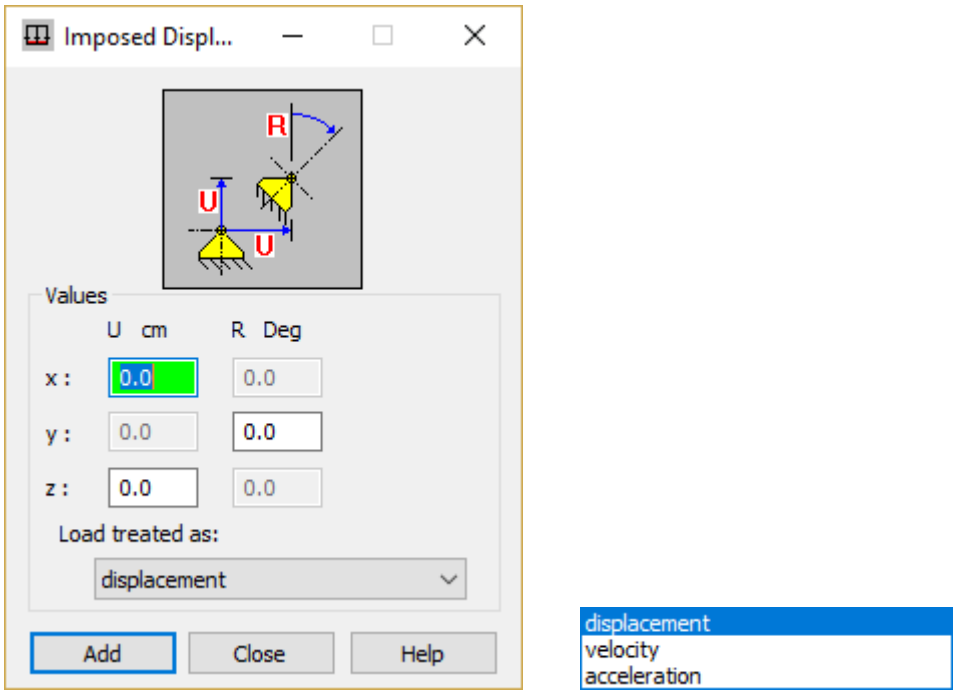
Copyright 2019-2020

แรงกระทำในกลุ่มแรงกระทำแบบจุด เป็นแรงกระทำชนิดที่กระทำต่อจุดต่อของโครงสร้างโดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าองค์ประกอบของแรงกระทำ และแรงดันตามแกน x y และ Z รวมถึงสามารถกำหนดค่าของมุมที่กระทำต่อโครงสร้างได้



ภาพที่ 89 การกำหนดแรงกระทำที่จุดต่อ

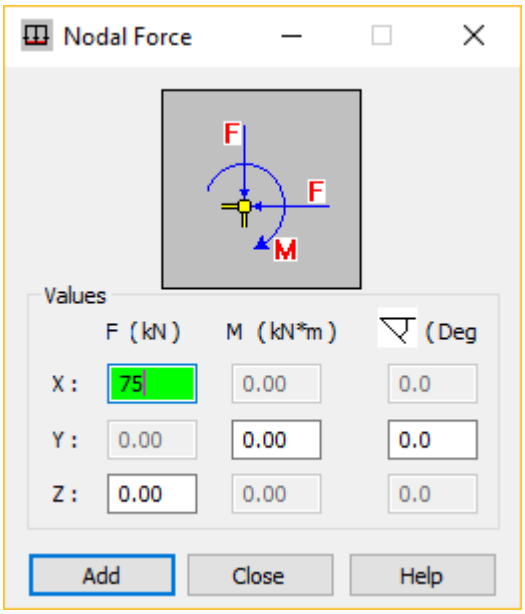
การกำหนดค่ารายละเอียดของเงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition) เป็นการกำหนดค่าสำหรับการวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันคือการกำหนดค่าการเคลื่อนตัวของจุดรองรับการกำหนดเงื่อนไขความเร็วและการกำหนดเงื่อนไขความเร่ง



ภาพที่ 90 การกำหนดค่ารายละเอียดของเงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition)

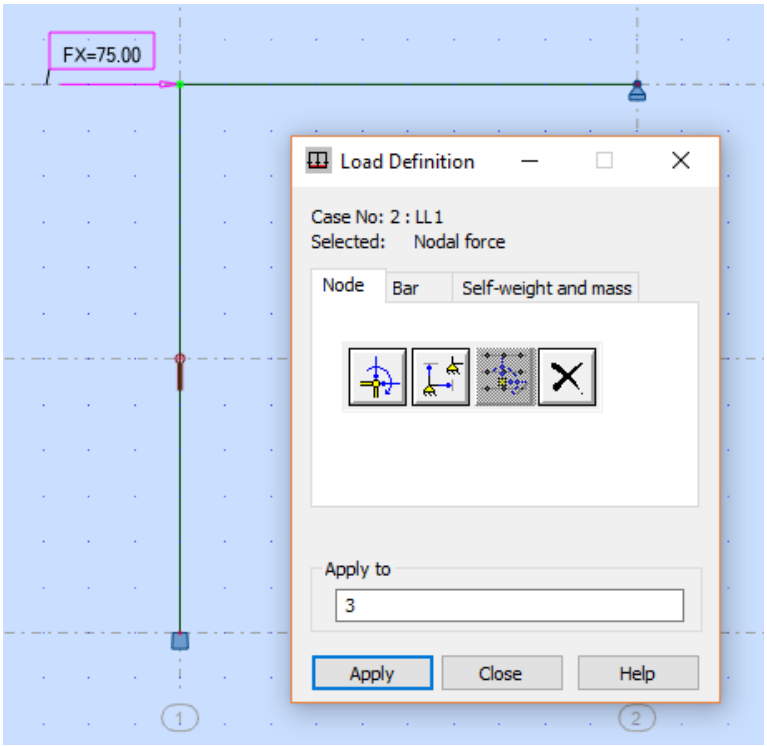
Copyright 2019-2020

ให้ทำการกำหนดค่าของแรงกระทำแบบจุดโดยให้มีแรงกระทำตามแกน X เท่ากับ 75 กิโลนิวตัน



ภาพที่ 91 การกำหนดค่าของแรงกระทำแบบจุด (Point load)

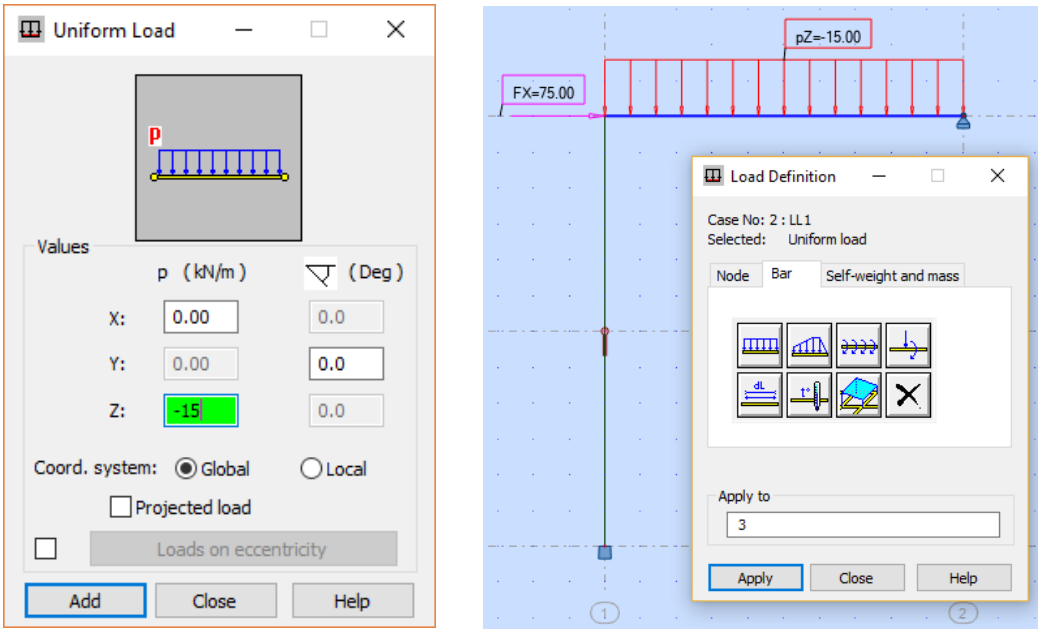
เมื่อกำหนดค่าเรียบร้อยแล้วให้กด add จากนั้นจึงนำเมาส์ไปคลิกที่จุดต่อหมายเลข 3 และกด Apply เพื่อสร้างน้ำหนักบรรทุกดังกล่าว



ภาพที่ 92 การ Assign น้ำหนักบรรทุก

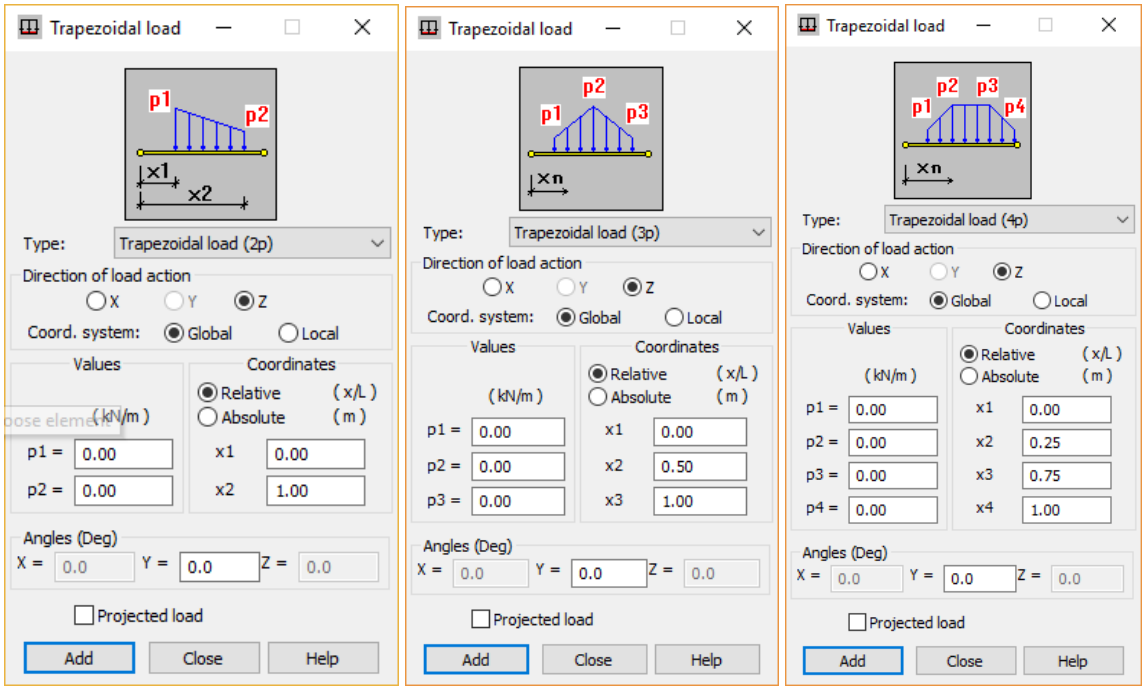
 Copyright 2019-2020

แล้วจึงใช้การสร้างน้ำหนักในชิ้นส่วนโดยเลือกที่ตัวเลือกน้ำหนักบรรทุกชนิดสม่ำเสมอ จากนั้นจึงกำหนดค่าแรงกระทำตามแกน Z เป็น -15 กิโลนิวตันต่อเมตร เนื่องจากแรงกระทำเป็นแหล่งที่อยู่ในทิศลงด้านล่างตรงข้ามกับเวกเตอร์ทิศทางของแกน Z จึงต้องใส่เครื่องหมายเป็นลบ



ภาพที่ 93 การกำหนดค่าของแรงกระทำแบบกระจาย (Distributed load)

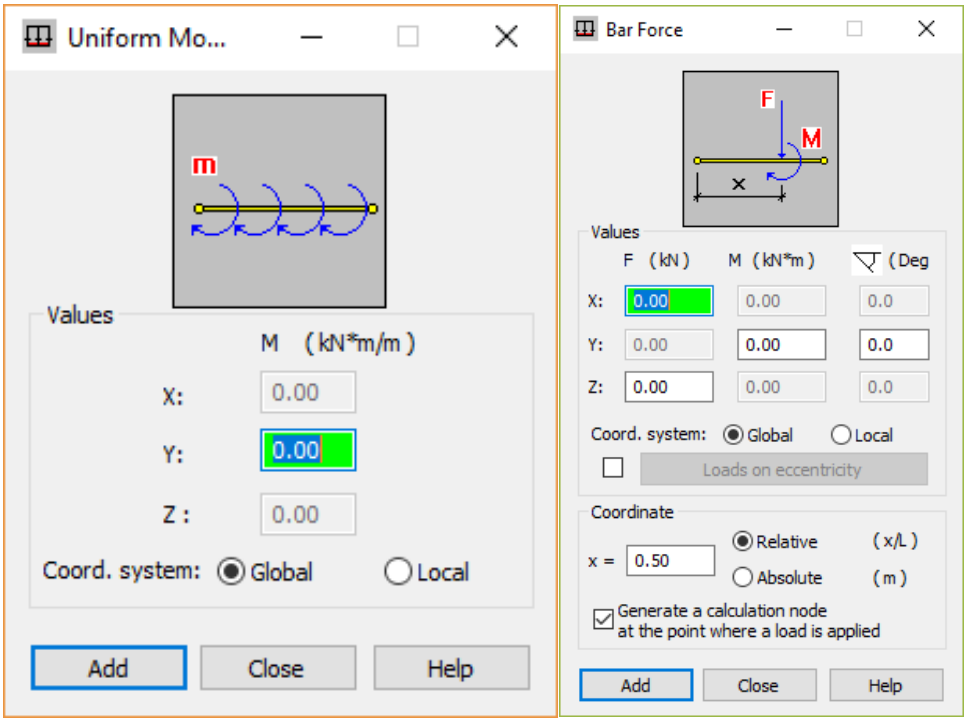
กรณีของการสร้างแรงกระทำอื่นๆเช่นแรงกระทำรูปสี่เหลี่ยมคางหมูมีรายละเอียดดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 94 การกำหนดค่าของแรงกระทำแบบกระจาย (Trapezoidal load)

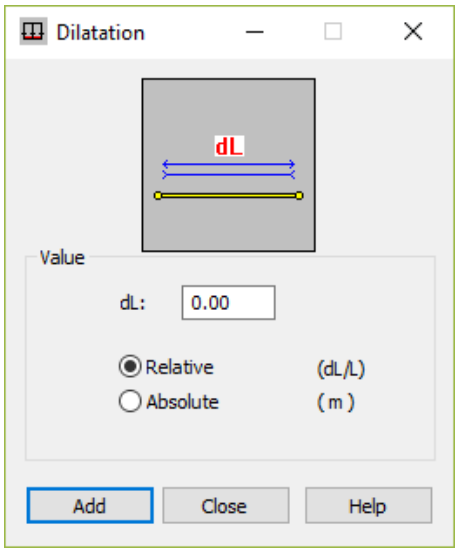
นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดน้ำหนักบรรทุกซึ่งเป็นแรงบิดและน้ำหนักบรรทุกที่กระทำอยู่ระหว่างชิ้นส่วน

 Copyright 2019-2020



ภาพที่ 95 การ Assign แรงดัด

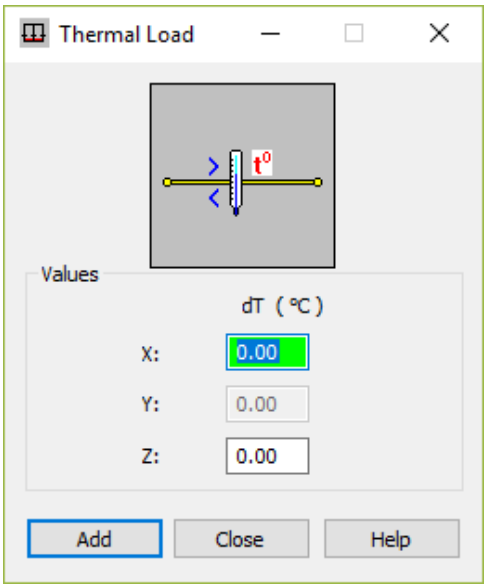
สำหรับเงื่อนไขความคลาดเคลื่อนด้านขนาด (Dilatation) ของชิ้นส่วน เช่นชิ้นงานมีความยาวไม่เท่ากับระยะที่ทำการออกแบบผู้ใช้อาจทำการกำหนดค่าส่วนต่างความยาว ในลักษณะเป็น ระยะสัมพันธ์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับความยาว หรือ ระยะสัมบูรณ์ซึ่งเป็นส่วนต่างจริงที่เกิดขึ้น โดยโปรแกรมจะนำไปคำนวณเป็นค่าของความเครียดของชิ้นส่วนในลำดับต่อไป



ภาพที่ 96 การกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วน

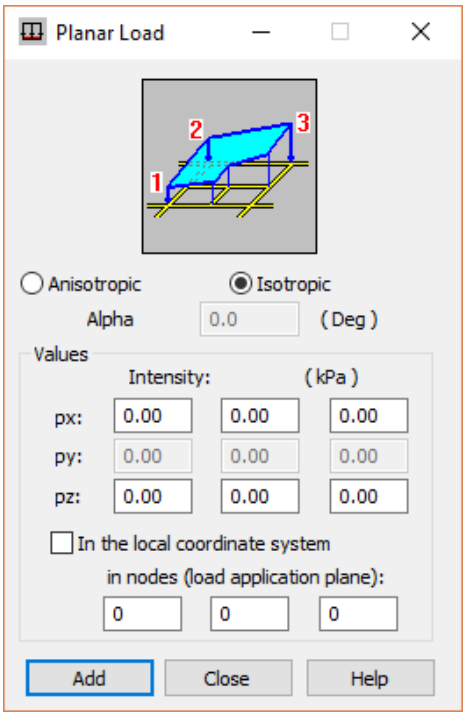
Copyright 2019-2020

หรือการตั้งค่าการเกิด Thermal load ซึ่งทำให้โครงสร้างเกิดการหดตัวหรือขยายตัวจากอุณหภูมิ



ภาพที่ 97 การกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นส่วน

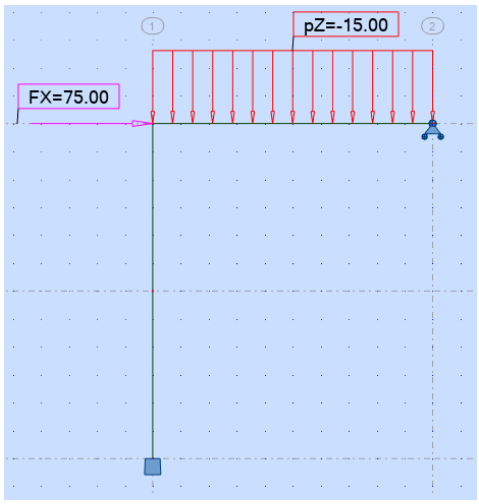
นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการชั่งน้ำหนักบรรทุกในลักษณะที่แรงกระทำเป็นระนาบโดยการกำหนดจุดผ่านของระนาบ 3 จุดจากนั้นจึงกำหนดค่าแรงกระทำที่สอดคล้องกับจุดผ่านนั้น ๆ



ภาพที่ 98 การกำหนดแรงกระทำแบบระนาบ

Copyright 2019-2020

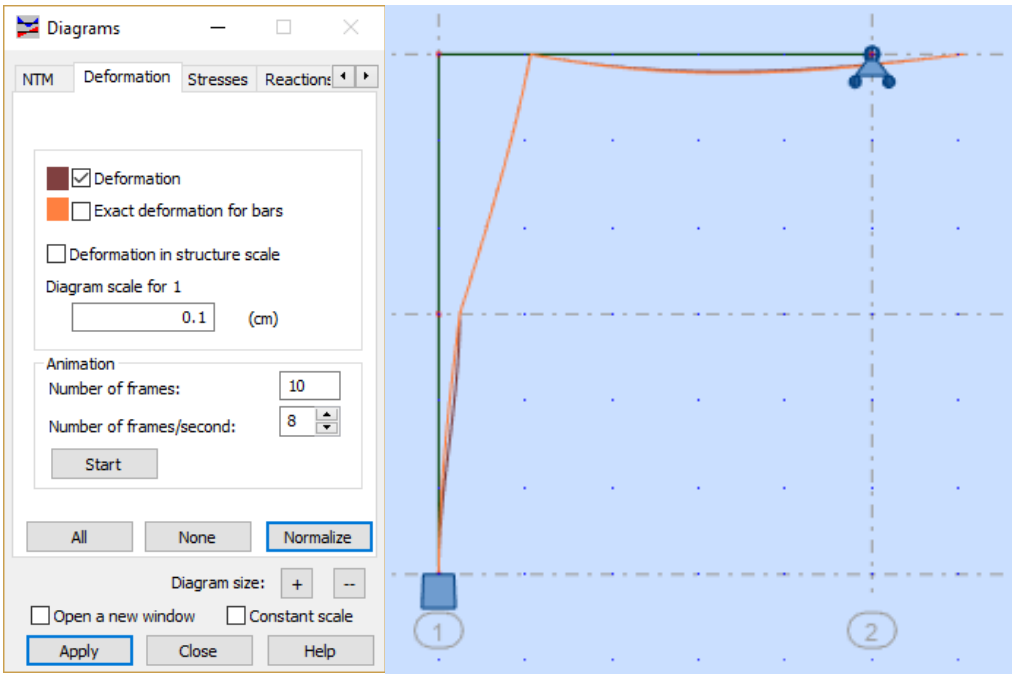
เมื่อทำการสร้างน้ำหนักบรรทุก และฐานรองรับเสร็จสิ้นแล้วแบบจำลองของโครงสร้างควรมีลักษณะดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 99 แบบจำลองโครงสร้างที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์

ให้ผู้ใช้ทำการเปลี่ยน Layout ของโปรแกรมไปยังหมวด Results เพื่อศึกษารายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยการตั้งค่าผ่านหน้าต่าง diagram เพื่อศึกษารายละเอียดเบื้องต้น

การศึกษาการเปลี่ยนรูปของโครงสร้าง



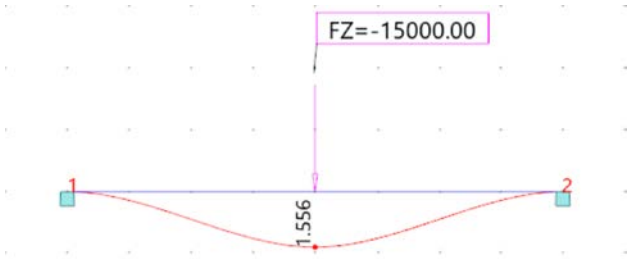
ภาพที่ 100 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูป (Deformation) ของโครงสร้าง

Copyright 2019-2020

ตัวเลือก Exact Deformation แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปของโครงสร้างโดยพิจารณาถึงการกระจัดและการหมุนของจุดต่อของโครงสร้างรวมถึงการเปลี่ยนรูปจากแรงตามแนวแกนของโครงสร้างและการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างในกรณีที่โครงสร้างมีขนาดหน้าตัด (Section) ไม่สม่ำเสมอ

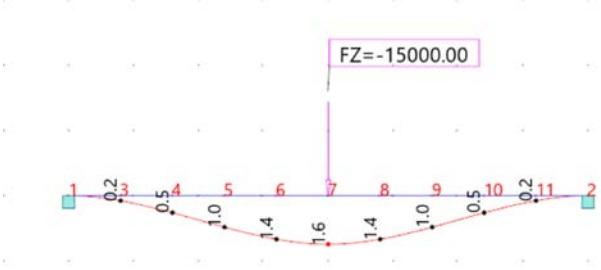
ทำในโปรแกรม Robot structural การวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปของโครงสร้างมีความจำเป็นต้องใช้ Integration Point เช่น จุดต่อของโครงสร้างเพื่อช่วยให้โปรแกรมสามารถสร้างการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างได้ตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น ในกรณีเฉพาะเช่นคานซึ่งมีการยึดปลายทั้งสองข้างโดยสารรองรับชนิด Fixed โปรแกรมอาจแสดงผลว่าคานนั้นไม่เกิด Deformation

ภาพที่ 101 โจทย์ปัญหาเริ่มต้น



Node/Case	UX (cm)	UZ (cm)	RY (Rad)
1/ 1	0.0	0.0	0.0
2/ 1	0.0	0.0	0.0

ภาพที่ 102 ค่าการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างเมื่อไม่มีการแบ่งจุดต่อ



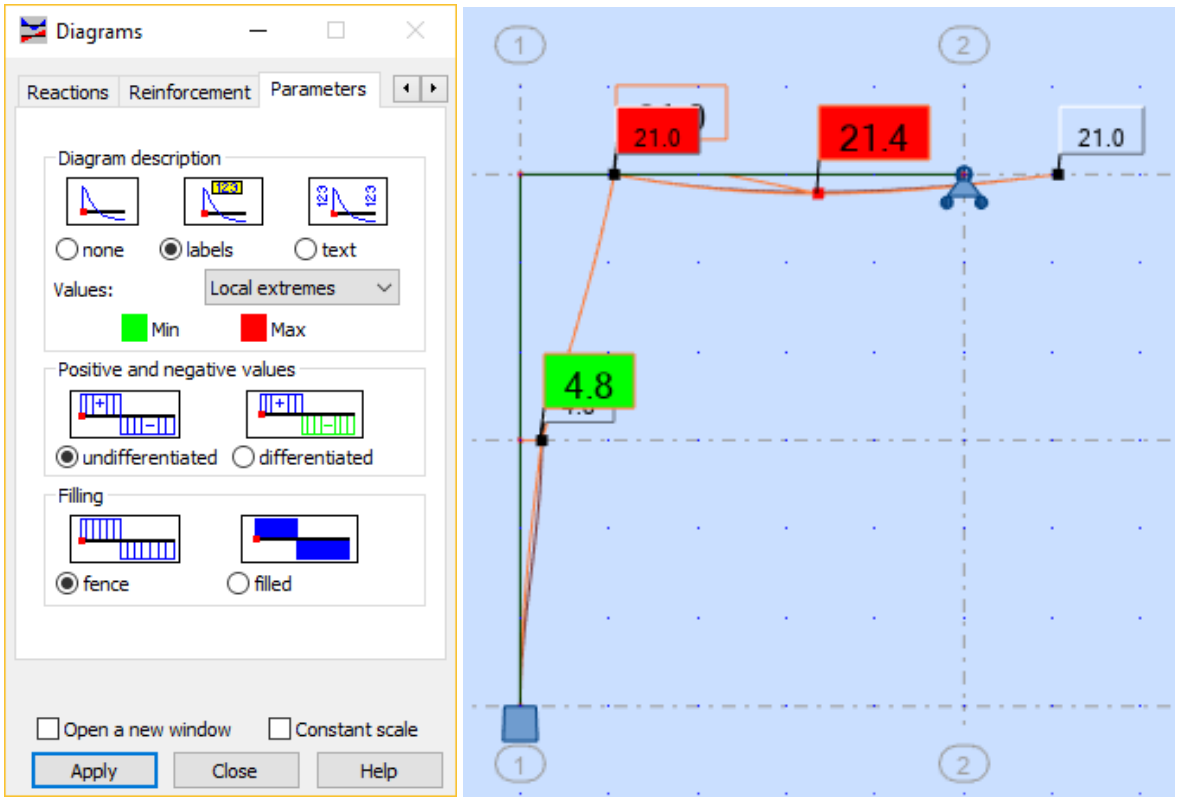
ภาพที่ 103 แผนผังแสดงการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างเมื่อมีการแบ่งจุดต่อ

Copyright 2019-2020

Node/Case	UX (cm)	UZ (cm)	RY (Rad)
1/ 1	0.0	0.0	0.0
2/ 1	0.0	0.0	0.0
3/ 1	0.0	-0.162	0.007
4/ 1	0.0	-0.548	0.011
5/ 1	0.0	-1.008	0.011
6/ 1	0.0	-1.394	0.007
7/ 1	0.0	-1.556	-0.000
8/ 1	0.0	-1.394	-0.007
9/ 1	0.0	-1.008	-0.011
10/ 1	0.0	-0.548	-0.011
11/ 1	0.0	-0.162	-0.007

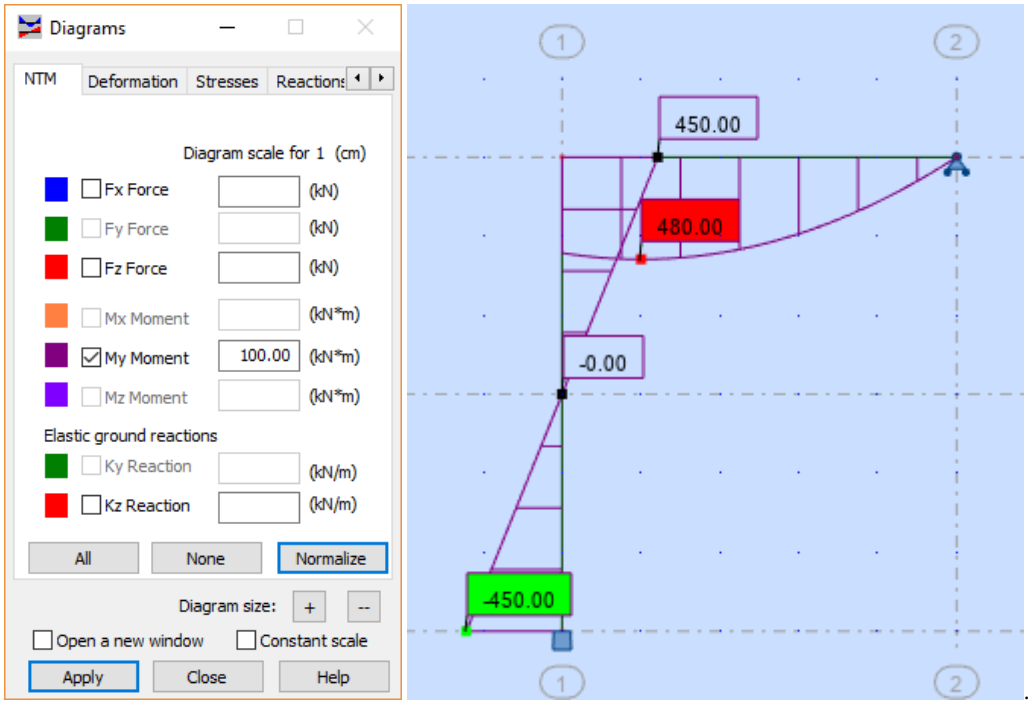
ภาพที่ 104 ค่าการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างเมื่อมีการแบ่งจุดต่อ

การกำหนดตัวเลือกการแสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้าง ให้แสดงผลค่ากำกับแผนภูมิสามารถใช้ตัวเลือกในหน้าต่างพารามิเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

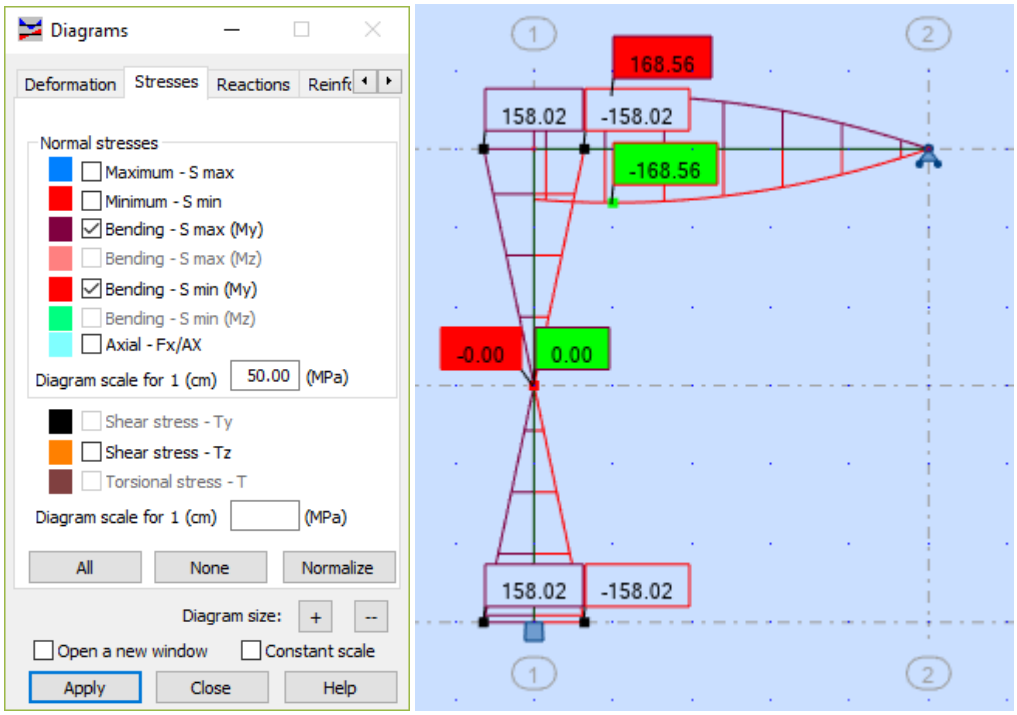


ภาพที่ 105 ตัวเลือกการแสดงผลแผนภูมิการวิเคราะห์โครงสร้างให้แสดง labels ของค่าการวิเคราะห์

Copyright 2019-2020

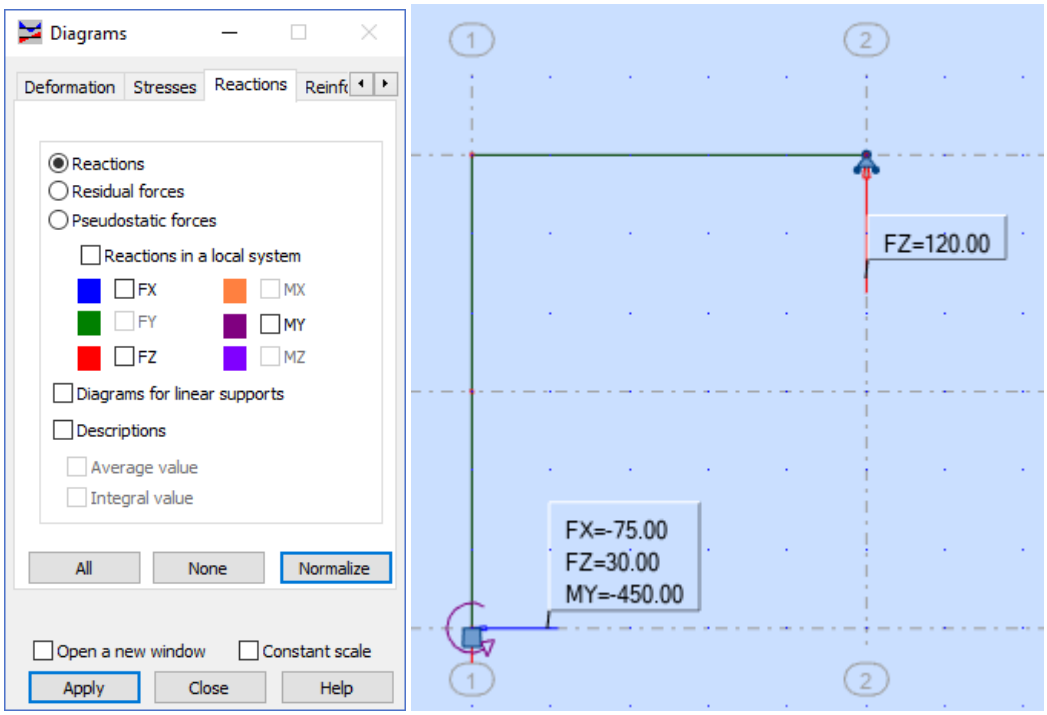


ภาพที่ 106 การแสดงผลค่าแรงภายในของโครงสร้าง



ภาพที่ 107 การแสดงผลค่าหน่วยแรงเกิดขึ้นในโครงสร้าง

Copyright 2019-2020



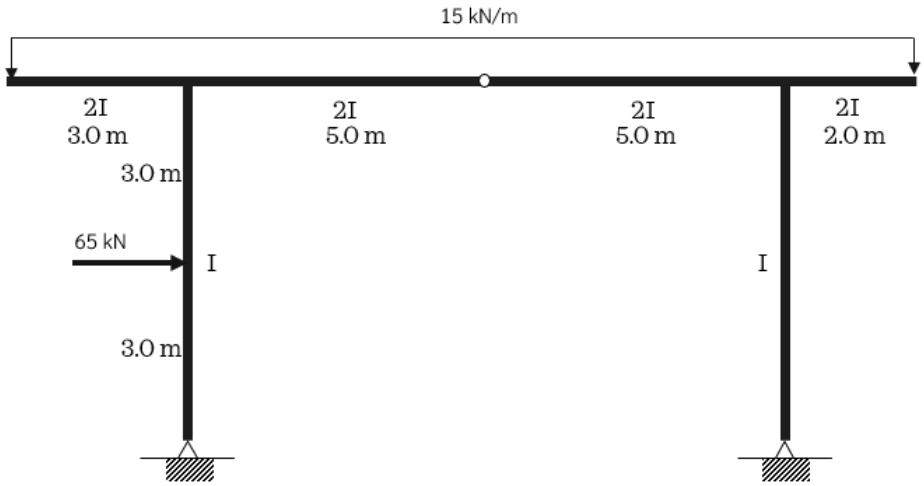
ภาพที่ 108 การแสดงผลแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ

หมายเหตุ

- Reaction ใช้สำหรับการแสดงผลแรงปฏิกิริยาฐานรองรับสำหรับการวิเคราะห์ทาง static
- Residual Force ใช้สำหรับการแสดงผลแรงปฏิกิริยาในการวิเคราะห์แบบ Non-Linear
- Pseudostatic Force ใช้สำหรับการแสดงผลแรงในการวิเคราะห์ seismic

แบบฝึกหัด

ให้ทำการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างดังต่อไปนี้รวมถึงแสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางสถิตยศาสตร์ เช่นการวิเคราะห์สมดุลของโครงสร้างเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ



 Copyright 2019-2020