

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ไม่เชิงเส้น
ของการติดตั้งท่อแบบตัวเอส ABAQUS Version 6.12

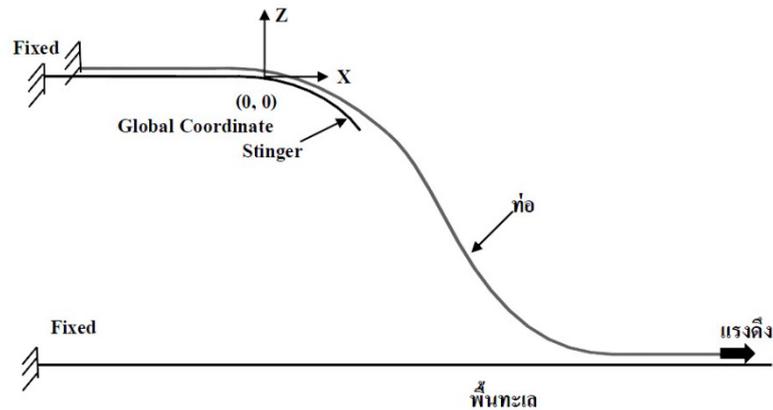
ก. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของการติดตั้งท่อแบบตัวเอส

ในโปรแกรม ABAQUS Version 6.12

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองการติดตั้งท่อแบบตัวเอสสำหรับการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น ที่จะแสดงต่อไปนี้จะใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ที่ความลึกน้ำ 60 เมตร เป็นโจทย์ (คูตารางที่ 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 และรูปที่ 3.2 ประกอบ)

ก.1 ข้อมูลของโมเดล

เปิดหน้าโปรแกรมไปที่ Option ที่ 1 เลือก Create Model Database – สร้างโมเดลใหม่ทำการสร้างและวิเคราะห์ปัญหาแสดงดังรูป ก.1 โมเดลประกอบด้วยโครงเหล็กวางท่อ (Stinger) ท่อ และพื้นทะเล

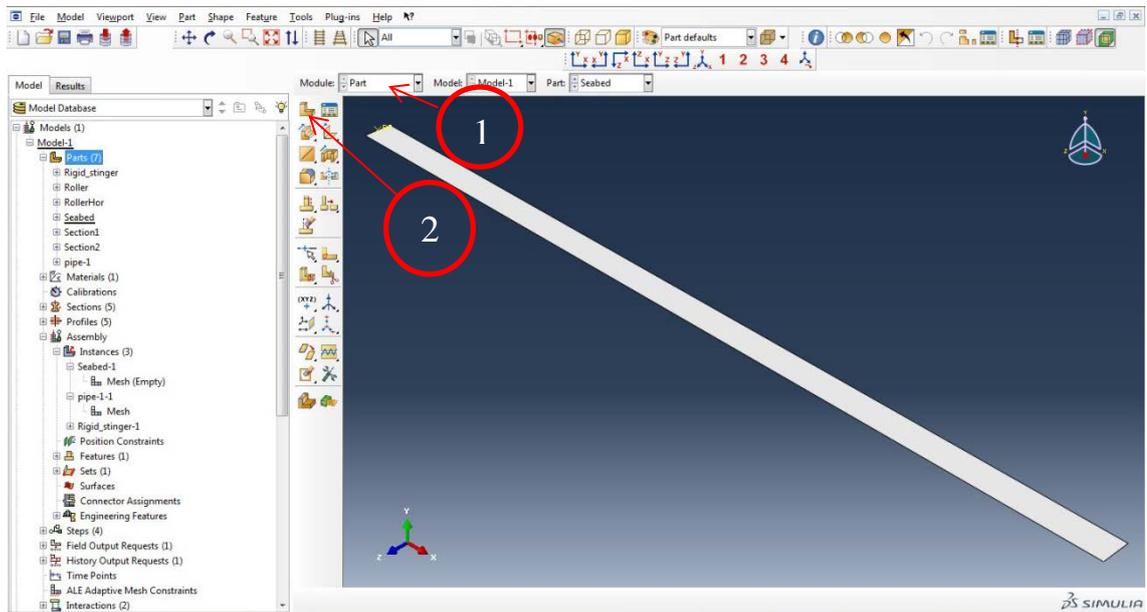


รูปที่ ก.1 การสร้างและวิเคราะห์โมเดล

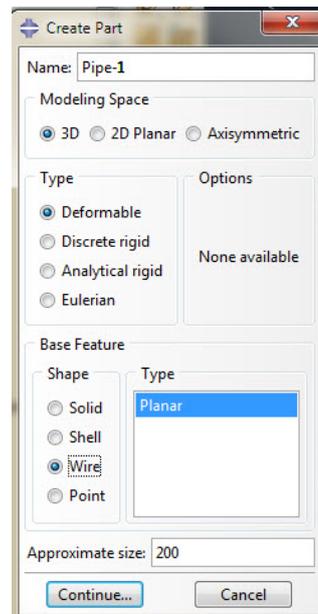
ก.2 การสร้างโมเดล

ขั้นตอนที่ 1. วิธีการสร้าง Part: Pipeline

- 1.) เลือก Module คลิกเลือก Part
- 2.) กดปุ่ม Create Part ดังแสดงในรูปที่ ก.2 เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่ Part dialog box ก็จะปรากฏขึ้นมาดังรูปที่ ก.3
- 3.) คลิก ช่อง Name: ให้พิมพ์คำว่า Pipeline-1
- 4.) เลือก 3D Deformable และ wire เพื่อให้เป็น 3D Beam element
- 5.) ส่วนในช่อง Approximate size พิมพ์ 200 เพื่อกำหนดขนาดเบื้องต้นของหน้าจอกที่จะใช้วาดขึ้นต่อ คลิก Continue

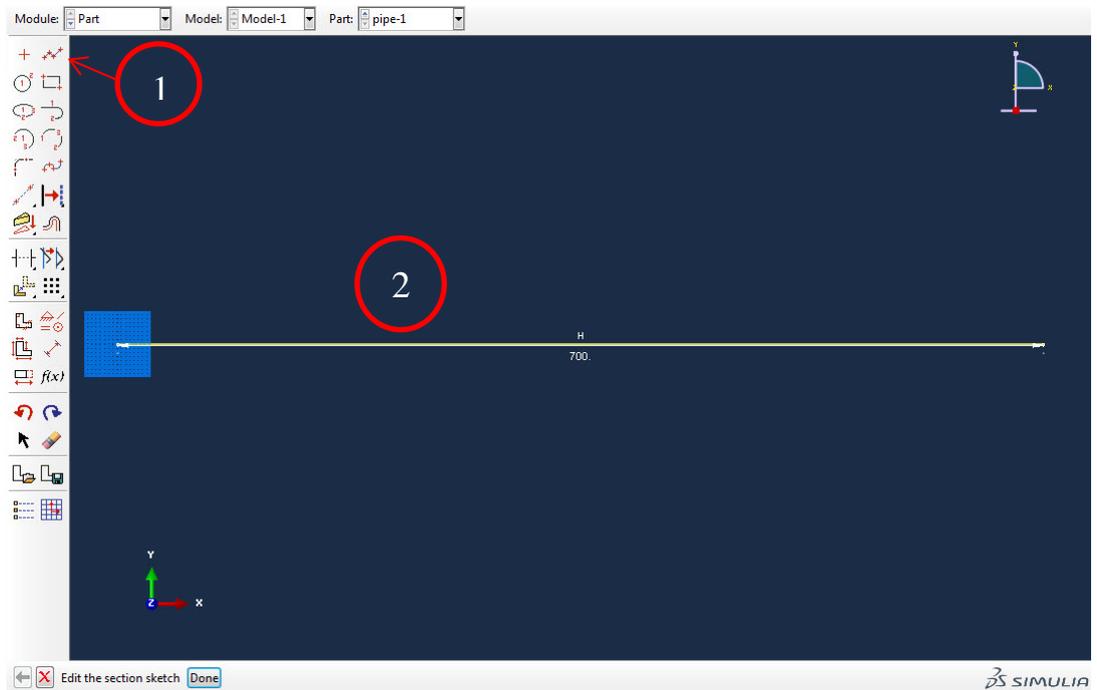


รูปที่ ก.2 ผังการประกอบโมเดลของโปรแกรม ABAQUS

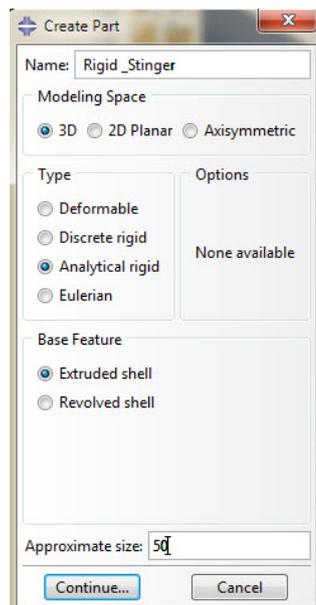


รูปที่ ก.3 Dialog box สำหรับการสร้างชิ้นต่อ

6.) กดปุ่มเขียนเส้นดังแสดงในรูปที่ ก.4 วาดเส้นที่ยาว 700 คลิก Done

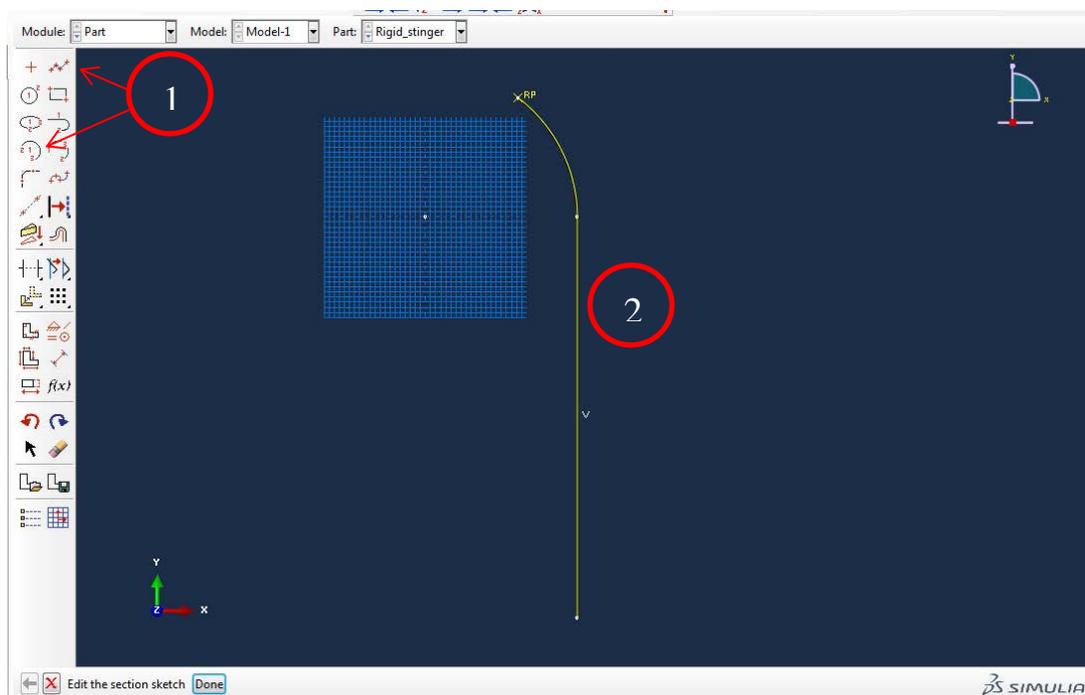


รูปที่ ก.4 การวาดชิ้นท่อ



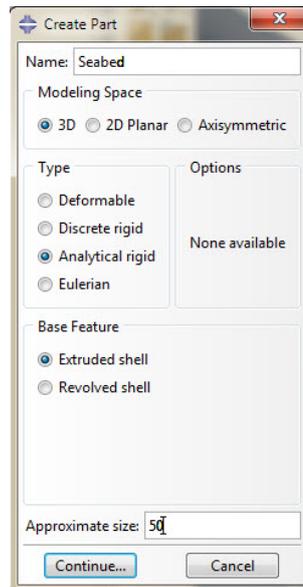
รูปที่ ก.5 Dialog box สำหรับการสร้างชิ้น โคลงเหล็กวางท่อ

- 7.) เลือก Module: Part กดปุ่ม Create Part ดังแสดงในรูปที่ ก.2 เพื่อสร้างชิ้นงานใหม่ Part dialog box ก็จะปรากฏขึ้นมาดังรูปที่ ก.5
- 8.) คลิก ช่อง Name: ให้พิมพ์คำว่า Rigid Stinger
- 9.) เลือก 3D Analytical rigid และ Shell เพื่อสร้างโคลงเหล็กวางทอเป็นแบบแข็งเกรง
- 10.) ส่วนในช่อง Approximate size พิมพ์ 50 เพื่อกำหนดขนาดเบื้องต้นของหน้าจอกที่จะใช้วาด โคลงเหล็กวางทอ คลิก Continue
- 11.) กดปุ่มเขียนเส้นดังแสดงในรูปที่ ก.6 วาดโคลงเหล็กวางทอ คลิก Done

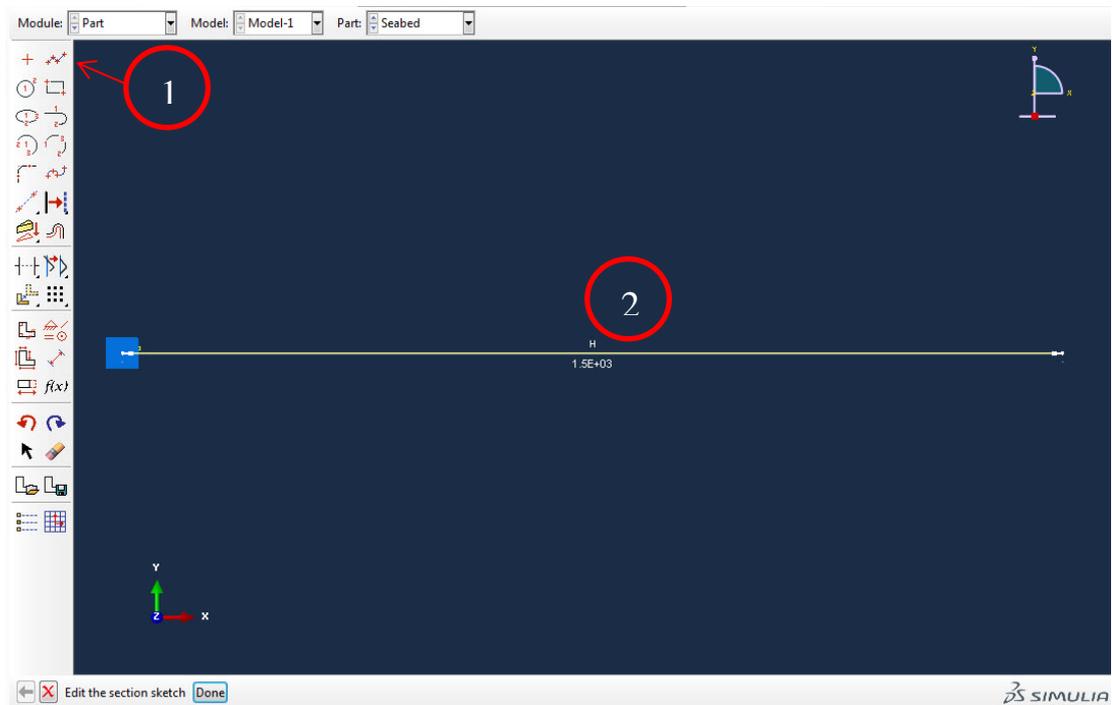


รูปที่ ก.6 การวาดโคลงเหล็กวางทอ

- 12.) เลือก Module: Part กดปุ่ม Create Part ดังแสดงในรูปที่ ก.2 Part dialog box ก็จะปรากฏขึ้นมาดังรูปที่ ก.7
- 13.) คลิก ช่อง Name: ให้พิมพ์คำว่า Seabed
- 14.) เลือก 3D Analytical rigid และ Shell เพื่อสร้างพื้นทะเลแบบแข็งเกรง
- 15.) ส่วนในช่อง Approximate size พิมพ์ 50 เพื่อกำหนดขนาดเบื้องต้นของหน้าจอกที่จะใช้วาดพื้นทะเล คลิก Continue
- 16.) กดปุ่มเขียนเส้นดังแสดงในรูปที่ ก.6 วาดพื้นทะเลเป็นเส้นตรง คลิก Done



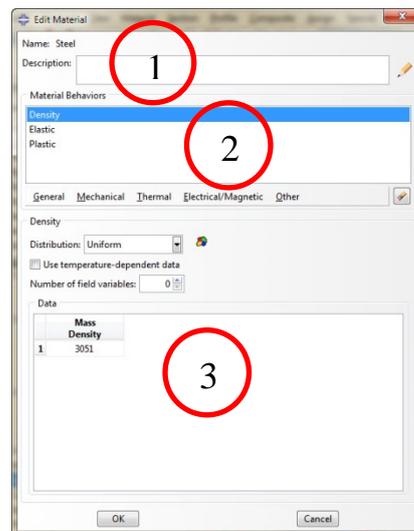
รูปที่ ก.7 Dialog box สำหรับการสร้างพื้นทะเล



รูปที่ ก.8 การวาดพื้นทะเล

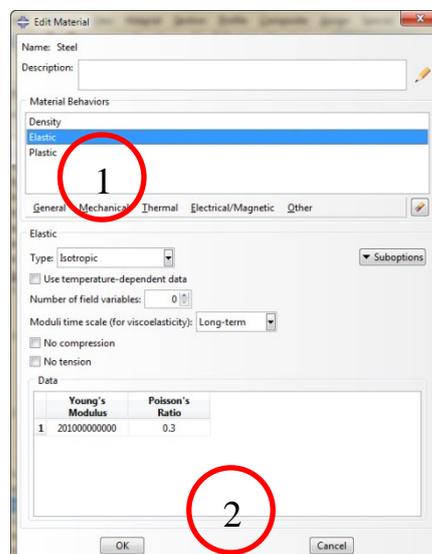
ขั้นตอนที่ 2. การสร้างและกำหนดชนิดวัสดุ

- 1.) เลือก Module คลิกเลือก Property
- 2.) คลิก Create Material
- 3.) คลิก Name เพื่อตั้งชื่อให้กับวัสดุ ชื่อเป็น Steel แล้วก็คลิก Continue...
- 4.) คลิก Material editor จะปรากฏขึ้นมา ให้คลิก Sub-menu bar เลือก Density ดังรูปที่ ก.9
- 5.) คลิกป้อนค่า density ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ Mathcad



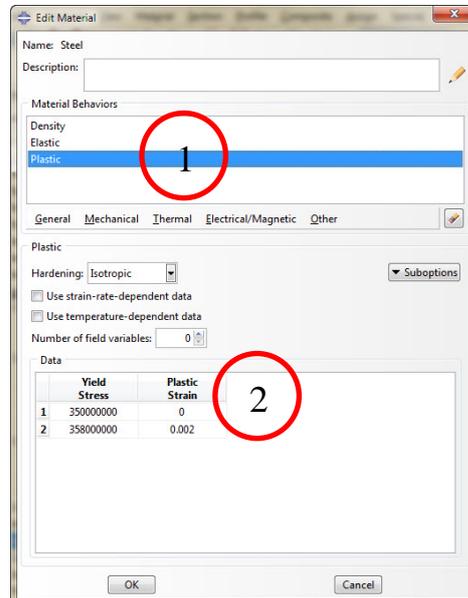
รูปที่ ก.9 การกำหนดความหนาแน่น (Density) ของวัสดุต่อ

- 6.) คลิก Material editor จะปรากฏขึ้นมา ให้คลิก Sub-menu bar เลือก Elastic ดังรูปที่ ก.10
- 7.) คลิกป้อนค่า Elastic ที่กำหนดจากตารางที่ 3.2 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3



รูปที่ ก.10 การกำหนดค่าคุณสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุต่อ

- 8.) คลิก Material editor จะปรากฏขึ้นมา ให้คลิก Sub-menu bar เลือก Plastic ดังรูปที่ ก.11
- 9.) คลิกปุ่มค่า Plastic ที่กำหนดจากตารางที่ 3.2 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

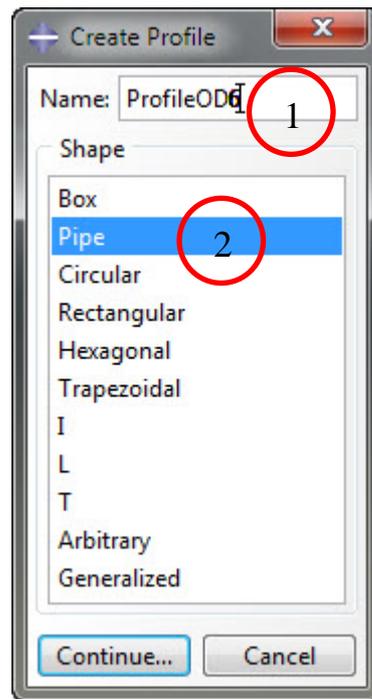


รูปที่ ก.11 การกำหนดค่าความเค้นและความเครียดที่จุดคลาก

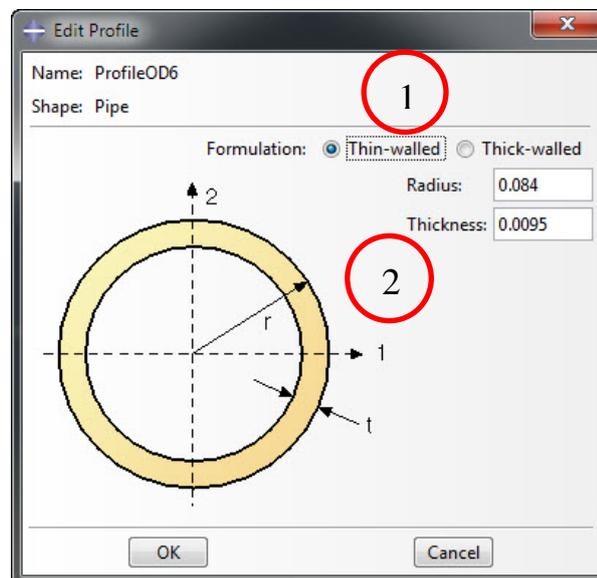
- 10.) ป้อนค่า Young's modulus เป็น 207000000000
- 11.) ป้อนค่า Poisson's ratio เป็น 0.3 ในช่อง Data ดังรูป
- 12.) คลิก OK เพื่อออกจาก Editor menu

ขั้นตอนที่ 3. การสร้างและกำหนดคุณสมบัติวัสดุท่อเหล็ก

- 1.) เลือก Module คลิกเลือก Property
- 2.) คลิกปุ่ม Create Profile จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.12
- 3.) คลิก Name พิมพ์ชื่อหน้าตัดท่อ ProfileOD6
- 4.) คลิก Pipe จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.13
- 5.) คลิก Thin wall
- 6.) ป้อนค่า Radius 0.084
- 7.) ป้อนค่า Thickness 0.0085



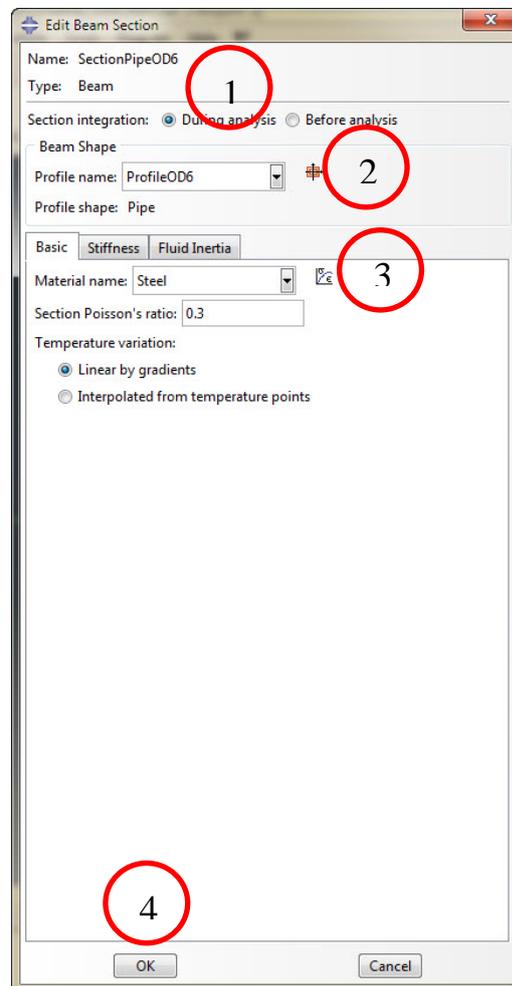
รูปที่ ก.12 การกำหนดชนิดหน้าตัดท่อ



รูปที่ ก.13 การกำหนดขนาดหน้าตัดท่อ

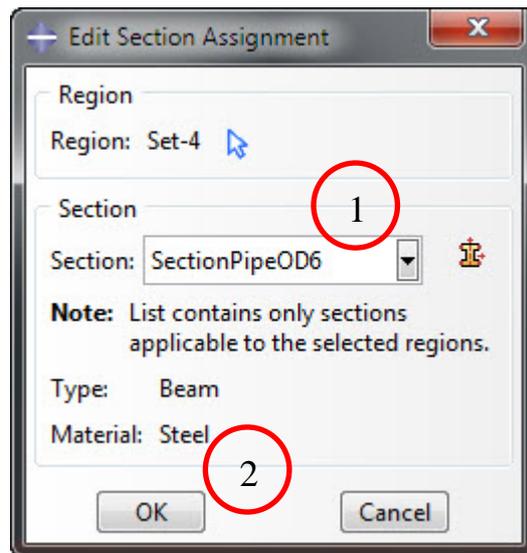
- 8.) คลิกปุ่ม Create Section จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.14
- 9.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ SectionPipeOD6
- 10.) คลิกเลือก Profile เป็น ProfileOD6

- 11.) คลิกเลือก Material เป็น Steel
- 12.) ป้อนค่า Poisson's ratio เป็น 0.3 คลิก OK



รูปที่ ก.14 การกำหนดคุณสมบัติของหน้าตัดท่อ

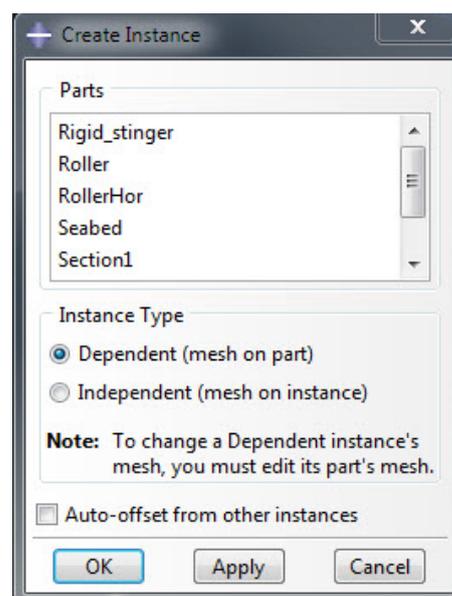
- 13.) คลิกปุ่ม Section Assignment
- 14.) คลิกรูปท่อที่วาดไว้แล้ว จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.15
- 15.) คลิกเลือก Section เป็น SectionPipeOD6



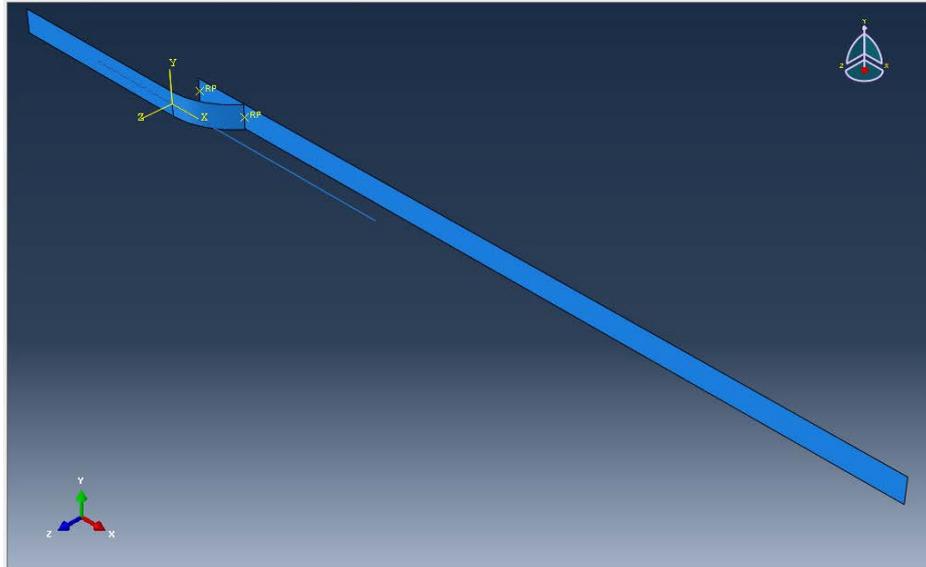
รูปที่ ก.15 การกำหนดคุณสมบัติของหน้าตัดท่อ

ขั้นตอนที่ 4. การประกอบโมเดล (Assembly)

- 1.) เลือก Module คลิกเลือก Assembly
- 2.) คลิกปุ่ม Create Instance จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.16
- 3.) เลือก Part ที่ชื่อ Seabed, Rigid Stinger และ Pipe-1
- 4.) คลิก OK ผลการประกอบโมเดลแสดงในรูปที่ ก.17



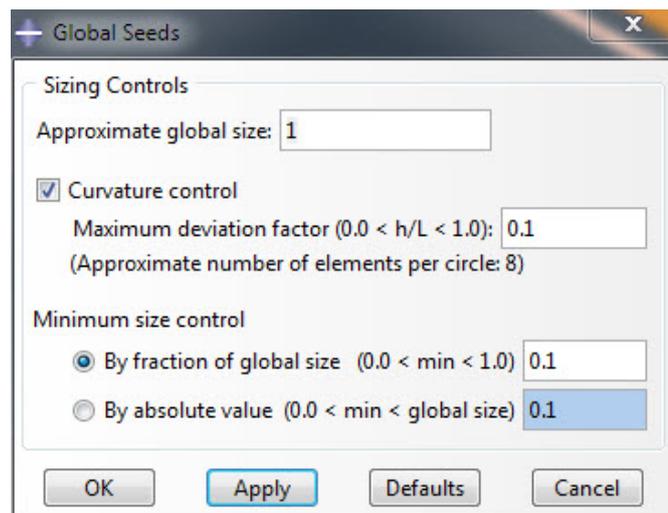
รูปที่ ก.16 การเลือก Part เพื่อประกอบโมเดล



รูปที่ ก.17 ผลการประกอบโมเดล

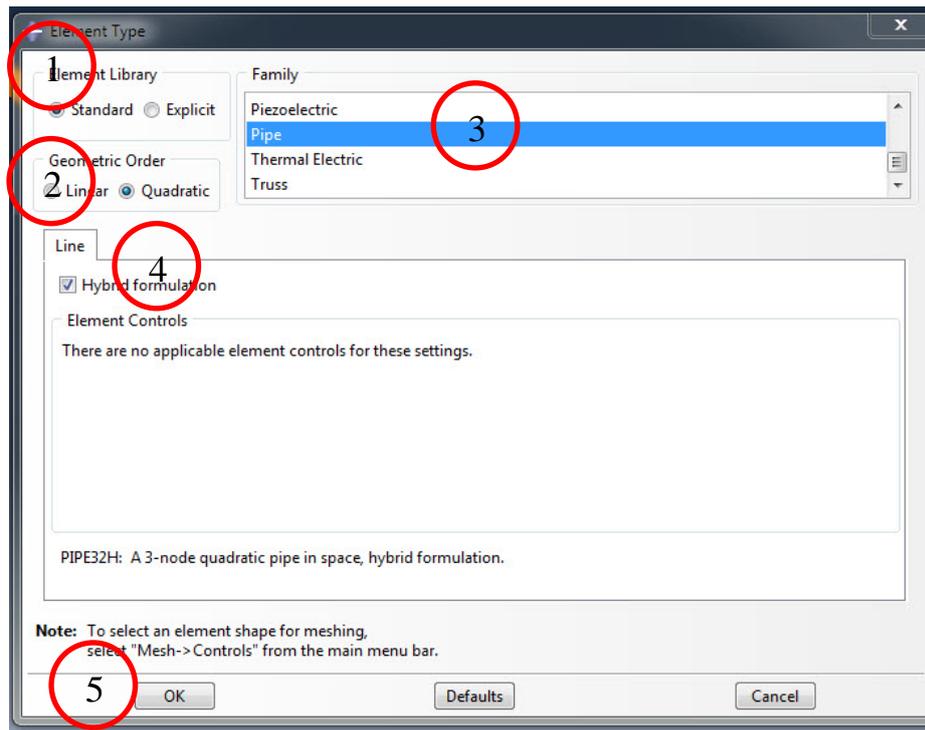
ขั้นตอนที่ 5. สร้าง Mesh

- 1.) เลือก Module เป็น Mesh คลิกปุ่ม Create Seed เพื่อกำหนดขนาดเอลิเมนต์จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.18



รูปที่ ก.18 การกำหนดขนาดเอลิเมนต์

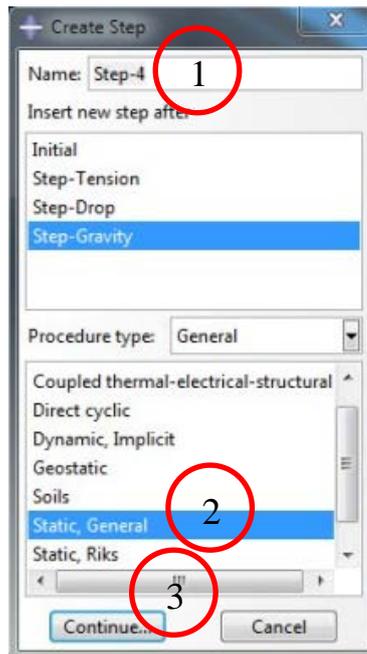
- 2.) พิมพ์ 1 ที่ช่อง Approximate global size เพื่อกำหนดค่าให้เอลิเมนต์ยาว 1 เมตร กด OK
- 3.) คลิกปุ่ม Element Type เพื่อกำหนดชนิดของเอลิเมนต์ จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.19
- 4.) เลือก Element Library เป็น Standard, เลือก Geometric Order เป็น Quadratic
- 5.) เลือก Family เป็น Pipe และ คลิก Hybrid formulation จะปรากฏเอลิเมนต์เป็น PIPE32H
- 6.) คลิก OK



รูปที่ ก.19 การเลือกชนิดเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 6. สร้างขั้นตอนการวิเคราะห์ (Step)

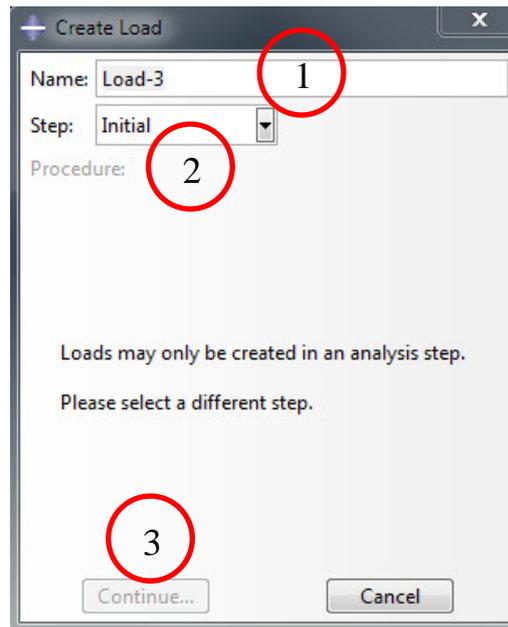
- 1.) เลือก Module เป็น Step คลิกปุ่ม Create Step จะขึ้นหน้าจอดังรูปที่ ก.20
- 2.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Step-Tension
- 3.) เลือก General Static คลิก Continue
- 4.) คลิกปุ่ม Create Step จะขึ้นหน้าจอดังรูปที่ ก.20
- 5.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Step-Drop
- 6.) เลือก General Static คลิก Continue
- 7.) คลิกปุ่ม Create Step จะขึ้นหน้าจอดังรูปที่ ก.20
- 8.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Step-Gravity
- 9.) เลือก General Static คลิก Continue



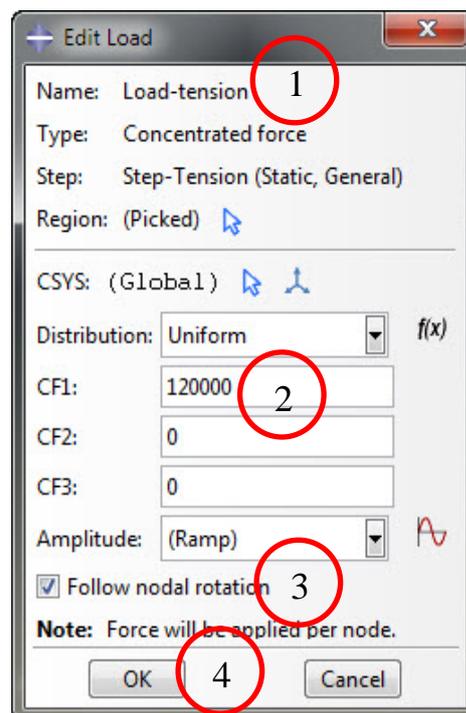
รูปที่ ก.20 การสร้างขั้นตอนการวิเคราะห์ (Step)

ขั้นตอนที่ 7. กำหนดแรงกระทำ (Load)

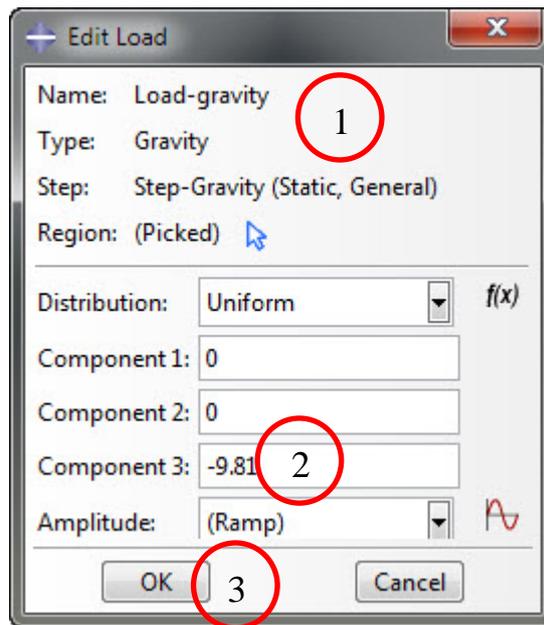
- 1.) เลือก Module เป็น Load คลิกปุ่ม Create Load จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.21
- 2.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Load-Tension
- 3.) เลือก Step เป็น Step-Tension กดปุ่ม Continue จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.22
- 4.) เลือก Type เป็น Concentrated force คลิกที่ปลายท่อด้านบวก X
- 5.) ป้อนค่าแรงดึง CF1 เป็น 120000 และเลือก Follow nodal rotation
- 6.) คลิก OK
- 7.) คลิกปุ่ม Create Load จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.21
- 8.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Load-Gravity
- 9.) เลือก Step เป็น Step-Gravity กดปุ่ม Continue จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.23
- 10.) เลือก Type เป็น Gravity ลากเมาส์ครอบบริเวณท่อ
- 11.) ป้อนค่า Component3 เป็น -9.81
- 12.) คลิก OK



รูปที่ ก.21 การกำหนดแรงกระทำ (Load) ในแต่ละขั้นตอนวิเคราะห์ (Step)



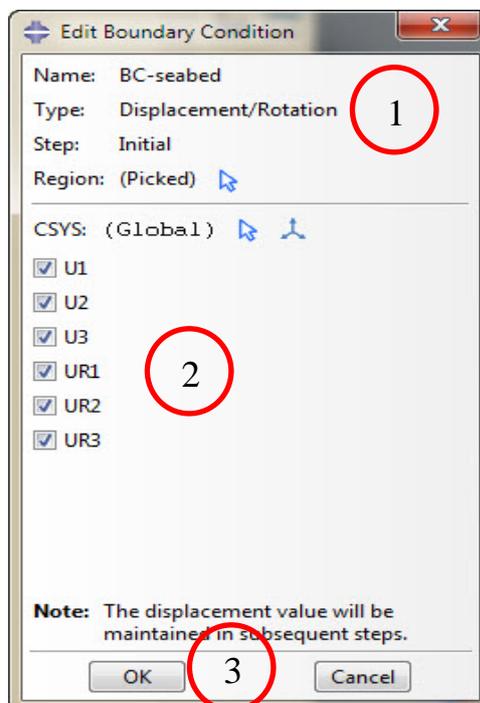
รูปที่ ก.22 การกำหนดแรงดึงที่ปลายท่อ



รูปที่ ก.23 การกำหนดค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity)

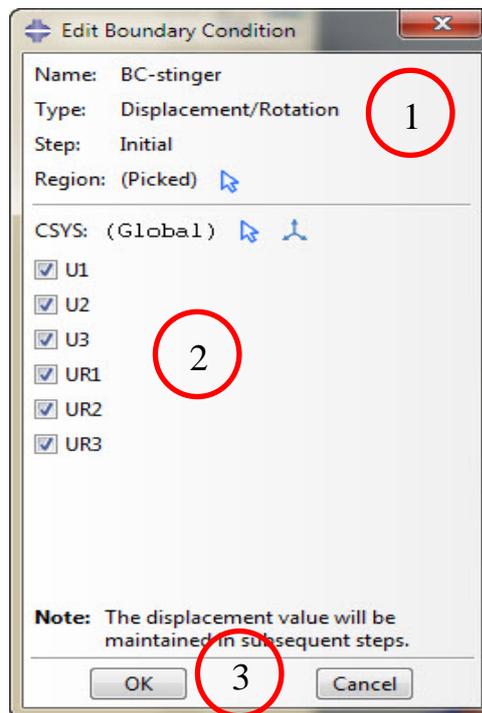
ขั้นตอนที่ 8. กำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

- 1.) เลือก Module เป็น Load คลิก Create Boundary จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.24

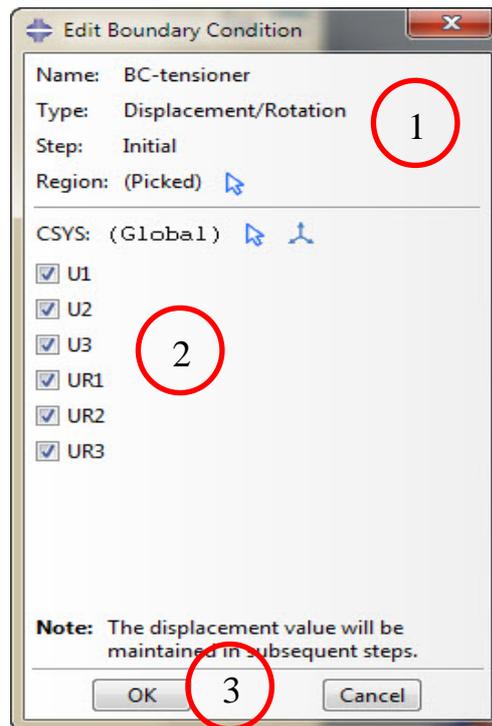


รูปที่ ก.24 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตเบื้องต้นที่พื้นทะเล (Seabed)

- 2.) คลิกที่ Name ป้อนชื่อเป็น BC-Seabed
- 3.) คลิกเลือก Type เป็น Displacement/Rotation
- 4.) คลิกเลือก Step เป็น Initial
- 5.) คลิกที่จุดอ้างอิง (RF) ของ Seabed
- 6.) คลิกเลือก U1, U2, U3, UR1, UR2 และ UR3 เพื่อทำขอบเขตเป็นแบบยึดแน่น
- 7.) คลิก OK
- 8.) คลิก Create Boundary จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.25
- 9.) คลิกที่ Name ป้อนชื่อเป็น BC-Stinger
- 10.) คลิกเลือก Type เป็น Displacement/Rotation
- 11.) คลิกเลือก Step เป็น Initial
- 12.) คลิกที่จุดอ้างอิง (RF) ของ Stinger
- 13.) คลิกเลือก U1, U2, U3, UR1, UR2 และ UR3 เพื่อทำขอบเขตเป็นแบบยึดแน่น
- 14.) คลิก OK

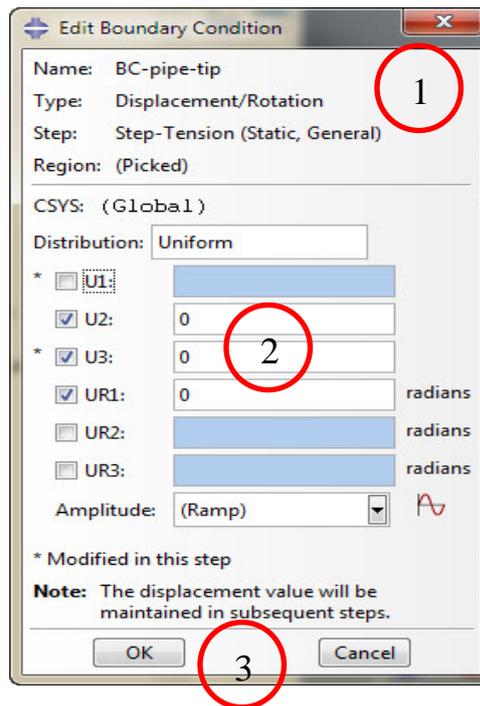


รูปที่ ก.25 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตเบื้องต้นที่โคลงเหล็กวางท่อ (Stinger)



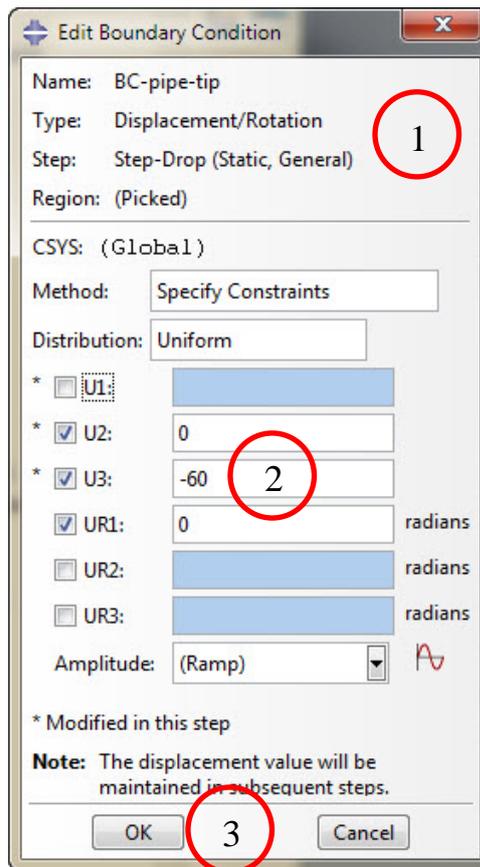
รูปที่ ก.26 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตเบื้องต้นที่ปลายท่อด้านเครื่องปรับแรงดึง

- 15.) คลิก Create Boundary จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.26
- 16.) คลิกที่ Name ป้อนชื่อเป็น BC-Tensioner
- 17.) คลิกเลือก Type เป็น Displacement/Rotation
- 18.) คลิกเลือก Step เป็น Initial
- 19.) คลิกที่จุดปลายด้านลบ X ของท่อ
- 20.) คลิกเลือก U1, U2, U3, UR1, UR2 และ UR3 เพื่อทำขอบเขตเป็นแบบยึดแน่น
- 21.) คลิก OK
- 22.) คลิก Create Boundary จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.27
- 23.) คลิกที่ Name ป้อนชื่อเป็น BC-pipe-tip
- 24.) คลิกเลือก Type เป็น Displacement/Rotation
- 25.) คลิกเลือก Step เป็น Step-Tension
- 26.) คลิกที่จุดปลายด้านบวก X ของท่อ
- 27.) คลิกเลือก U2, U3, และ UR1
- 28.) คลิก OK



รูปที่ ก.27 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่ปลายท่อด้านเครื่องปรับแรงดึง (Tensioner)

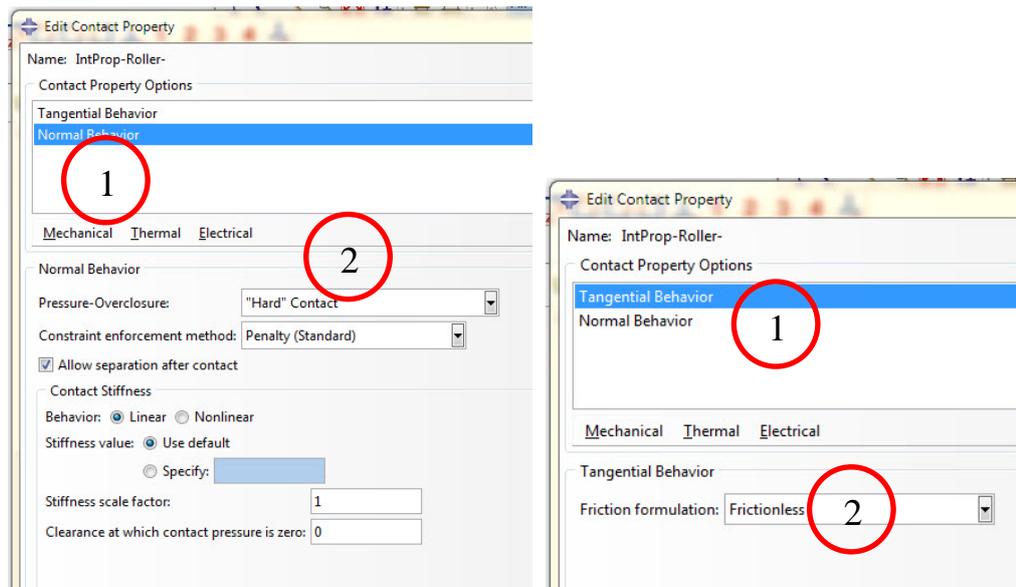
- 29.) คลิก Edit Boundary จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.28
- 30.) คลิกที่ปลายท่อด้านบวก X
- 31.) คลิกเลือก Step เป็น Step-Drop
- 32.) พิมพ์ -60 ที่ค่า U3
- 33.) คลิก OK



รูปที่ ก.28 การกำหนดการเริ่มต้นสัมผัสของปลายท่อกับพื้นทะเล

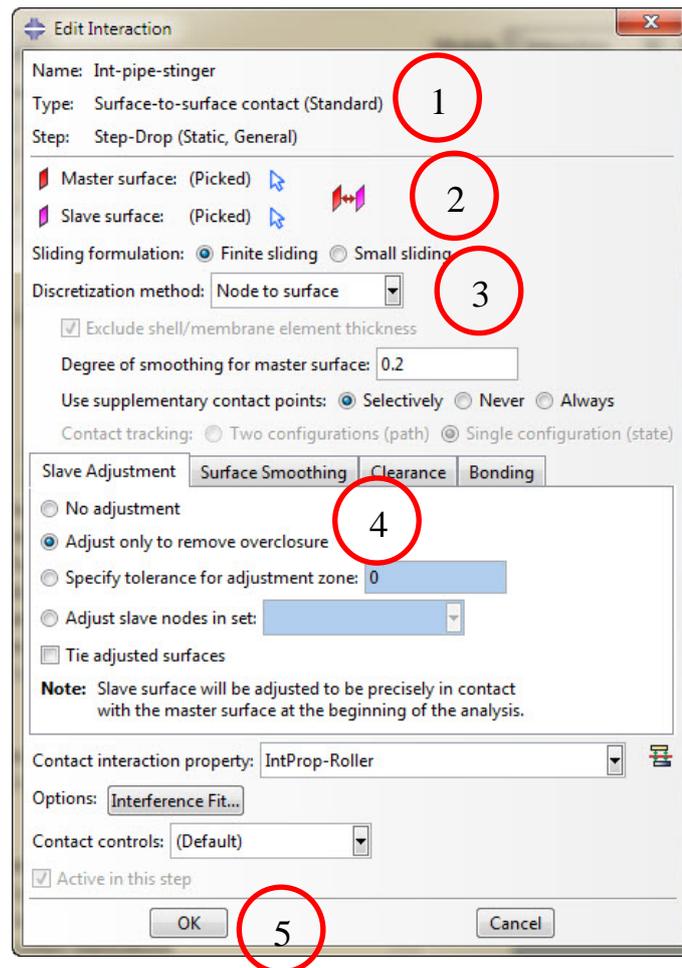
ขั้นตอนที่ 9. กำหนดคุณสมบัติการสัมผัส (Contact Property)

- 1.) คลิกเลือก Module เป็น Interaction คลิก Create Contact Property จะปรากฏเมนูดังแสดงในรูปที่ ก.29
- 2.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ IntProp-Roller เพื่อสร้างคุณสมบัติการสัมผัสระหว่างท่อกับโครงเหล็กวางท่อ
- 3.) คลิก Mechanical แล้วคลิก Tangential Behavior
- 4.) คลิก Frictionless
- 5.) คลิก Mechanical แล้วคลิก Normal Behavior
- 6.) คลิก Hard contact
- 7.) คลิก OK



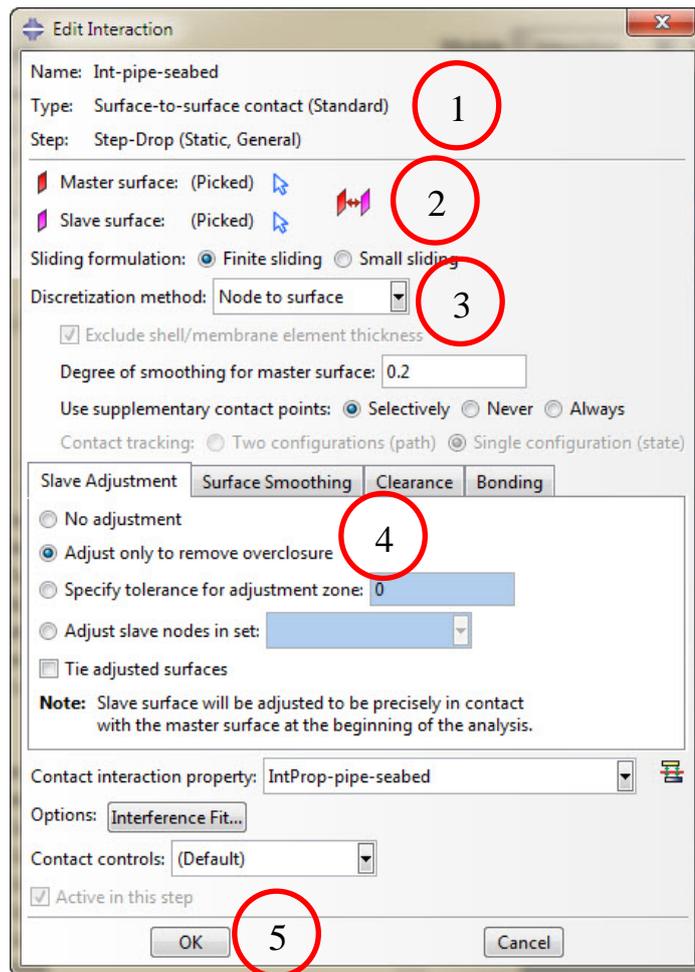
รูปที่ ก.29 การกำหนดคุณสมบัติการสัมผัสระหว่างท่อกับโครงเหล็กวางท่อ

- 8.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ IntProp-Pipe-Seabed เพื่อสร้างคุณสมบัติการสัมผัสระหว่างท่อกับพื้นทะเล
- 9.) คลิก Mechanical แล้วคลิก Tangential Behavior
- 10.) คลิก Frictionless
- 11.) คลิก Mechanical แล้วคลิก Normal Behavior
- 12.) คลิก Hard contact
- 13.) คลิก OK
- 14.) คลิกปุ่ม Create Interaction จะปรากฏเมนูดังแสดงในรูปที่ ก.30
- 15.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Int-Pipe-Stinger
- 16.) คลิก Master surface คลิกเลือกชิ้น โครงเหล็กวางท่อ เป็น Master surface
- 17.) คลิก Slave surface คลิกเลือกชิ้นท่อเป็น Slave surface
- 18.) คลิกเลือก Discretization method เป็น Node to surface
- 19.) คลิกเลือก Adjust to remove overclosure
- 20.) คลิกเลือก Contact interaction property เป็น IntProp-Roller
- 21.) คลิก OK



รูปที่ ก.30 การกำหนดคู่การสัมผัสระหว่างท่อกับโครงเหล็กวางท่อ

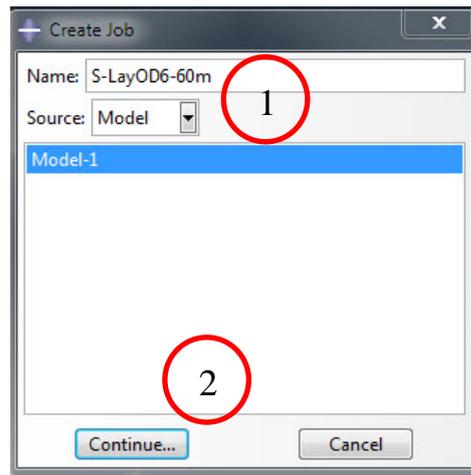
- 22.) คลิกปุ่ม Create Interaction จะปรากฏเมนูดังแสดงในรูปที่ ก.31
- 23.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ Int-Pipe-Seabed
- 24.) คลิก Master surface คลิกเลือกชิ้นพื้นทะเล เป็น Master surface
- 25.) คลิก Slave surface คลิกเลือกชิ้นท่อเป็น Slave surface
- 26.) คลิกเลือก Discretization method เป็น Node to surface
- 27.) คลิกเลือก Adjust to remove overclosure
- 28.) คลิกเลือก Contact interaction property เป็น IntProp-Pipe-Seabed
- 29.) คลิก OK



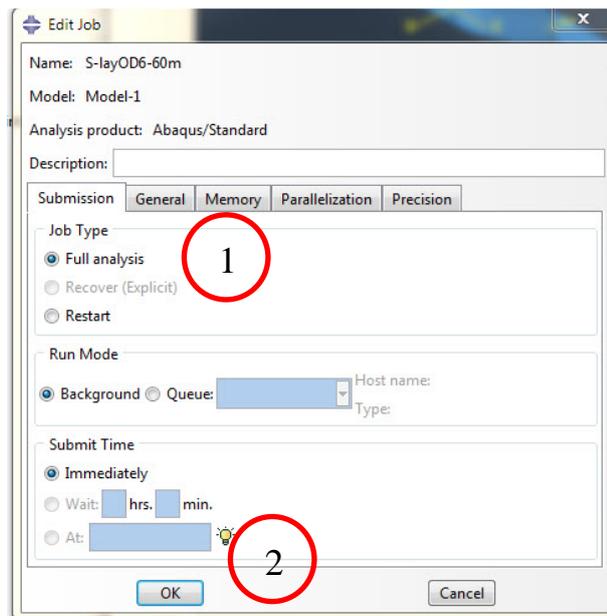
รูปที่ ก.31 การกำหนดคู่การสัมผัสระหว่างท่อกับพื้นทะเล

ขั้นตอนที่ 10. สั่งประมวลผล (Job analysis)

- 1.) คลิกเลือก Module เป็น Job แล้วคลิก Create job จะปรากฏเมนูดังแสดงในรูปที่ ก.32
- 2.) คลิก Name พิมพ์ชื่อ S-LayOD6-60m เพื่อเป็นชื่อไฟล์สำหรับเก็บผลการประมวลผล
- 3.) คลิก Continue จะปรากฏเมนูดังรูปที่ ก.33
- 4.) คลิกเลือก Full analysis คลิก OK
- 5.) คลิกปุ่ม Submit เพื่อสั่งประมวลผล



รูปที่ ก.32 การกำหนดชื่อไฟล์สำหรับเก็บผลการประมวลผล



รูปที่ ก.33 การกำหนดรายละเอียดการประมวลผล