รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบการจัดการด้านงานก่อสร้างด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟ

Developing construction management system by using Building Information Modelling in CT-Train Washing Plant of SRT Red Lines

นายธนพนธ์ รัตนมงคล

นางสาวมุทิตา ดำรงธรรมวานิช

นางสาวศศิวิมล วิทวัสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การพัฒนาระบบการจัดการด้านงานก่อสร้างด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนพนธ์ รัตนมงคล
นางสาวมุทิตา ดำรงธรรมวานิช
นางสาวศศิวิมล วิทวัสกุล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ภรณ์เพ็ญ ลภิรัตนากูล

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายชูศักดิ์ โล่สกุลพงษ์

สถานประกอบการ บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

การจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling หรือ BIM) [1] เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับงานด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง (Architecture, Engineering, and Construction : AEC) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานตลอดจนวัฏจักรของโครงการก่อสร้าง ซึ่งใช้โปรแกรมในการสร้างแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก เพื่อให้สะดวกต่อการนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในองค์กร วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา BIM โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit ในขั้นตอนการออกแบบระบบสุขาภิบาล ระบบประปา และระบบท่อดับเพลิง และนำมาเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาการทำงานทับซ้อน โดยนำปัญหาที่เกิดขึ้นจริงภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงมาเป็นกรณีศึกษา กรอบขั้นต้นได้มาจากการรวบรวมและวิเคราะห์เอกสาร ที่เกี่ยวข้อง คือ รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง โดย นนทวัตร กมลวัชรชัย และอาศัยองค์ความรู้และข้อมูลจากเอกสาร การสัมภาษณ์เชิงลึกฝ่ายต่าง ๆ จากบริษัท จากนั้นจึงเลือกรูปแบบ BIM ที่เหมาะสมกับองค์กร คือ รูปแบบ UNE (BIM Uses and none Expert) โดยใช้วิธี Bottom Up ในการปรับเปลี่ยนองค์กรให้เหมาะสมกับการใช้ BIM และใช้โปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม โปรแกรม ผู้วิจัยได้เพิ่มสถานการณ์จำลองเพิ่ม 3 เหตุการณ์ รวมเป็น 4 สถานการณ์ได้แก่ 1. การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ (สถานการณ์จริง) 2. การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 3.การทับซ้อนกันของระบบท่อ 4. การทับซ้อนกันของระบบท่อ, โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ โดยการประสานแบบจาก 2 ไฟล์และใช้คำสั่ง interference check ซึ่งโปรแกรมสามารถแจ้งเตือนและระบุจุดที่ทับซ้อนกันได้ถูกต้องรวมทั้งกรณีศึกษา

คำสำคัญ การจำลองสารสนเทศอาคาร, LOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Developing construction management system by using Building Information Modelling in CT-Train Washing Plant of SRT Red Lines

Student intern name: Thanapol Rattanamongkol
Muthita Damrongthamwanich
Sasiwimon Wittawaskul

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering Rail Transportation Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Dr.Ponepen Laphirattanakul

Mentor name: Chusak Losakulpong

Company: Team Consulting Engineering and Management Public Company Limited

ABSTRACT

Building Information Modeling or BIM is a process managing on Architecture, Engineering, and Construction : (AEC), to provide good working flow throughout the project. The objective of this research is to use Autodesk Revit program, for the convenience of applying BIM in the company, in the process of designing sanitary system, cold water system, and fire protection system in CT-Train washing plant as a case study for solving overlapping problems by using actual problem. The preliminary framework is acquired from gathering and analyzing related document. In this research, the necessary data for BIM implementation in AEC was provided by Nontawat Kamolwatcharachai. Including in-depth interviews from various parties in the company. For developing to BIM, the company was classified as the UNE (BIM Uses and none Expert) type, used the Bottom Up process to develop company and used Autodesk Revit as a tool as well as used LOD 350 to specify information. For Autodesk Revit Performance check, 3 situations has been further simulated; 1. The overlap of fire pipes and train washing equipment (Real situation) 2. Overlapping of architecture constructer and train washing equipment 3. Overlapping of fire protection pipe and cold water pipe 4. Overlapping of piping systems, architectural structures And train washing equipment by combining both files and interference check command. The results showed that the program can alert and identify overlapping points correctly.

Keyword Level of Development, LOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภรณ์เพ็ญ ลภิรัตนากูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ ในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาช่วยตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ได้แก่ ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร, ผศ.ดร.จิตราภรณ์ วงศางาม และ ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน อีกทั้งวิศวกรผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เกี่ยวข้องจากโครงการก่อสร้างระบบรถไฟชานเมือง (สายสีแดง) ช่วงบางซื่อ-รังสิต ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้ง คุณสุเมธ เขมกานนท์ ผู้เชี่ยวชาญด้าน Autodesk Revit MEP

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา คุณประโยชน์ที่ก่อเกิดต่อไปจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นสิ่งตอบแทนแก่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดไป

นายธนพนธ์ รัตนมงคล

นางสาวมุทิตา ดำรงธรรมวานิช

นางสาวศศิวิมล วิทวัสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

2.1 รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง 5

บทที่ 3 7

3.1 กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 7

3.1.1 แนวคิดกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 7

3.1.2 หลักการทำงานของกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 8

3.1.3 มาตรฐานรายละเอียดองค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร 8

3.1.4 โปรแกรม Autodesk Revit 9

3.2 ระบบในอาคาร 12

3.2.1 ระบบป้องกันอัคคีภัย 12

3.2.2 ระบบสุขาภิบาล 16

3.2.3 ระบบน้ำประปา (Water Supply System) 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวางแผนระบบท่อ 18
3.3.1 การออกแบบเชิงแนวคิด 18
3.3.2 การศึกษาภาคสนาม 19
3.3.3 การวางแผนเบื้องต้น 19
3.3.4 การออกแบบขั้นต้น 22
3.3.5 การออกแบบขั้นปฏิบัติการ 23
3.4 วัสดุท่อน้ำและข้อต่อ (Pipes and Fittings Material) 23
3.4.1 ท่อ HDPE (High Density Polyethylene Pipe) 23
3.4.2 ท่อ PPR (Polypropylene Random Copolymer) 25
3.4.3 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี (Galvanized Steel Pipe) 26
3.4.4 ท่อเหล็กดำ sch 40 แบบไร้ตะเข็บ (Black Steel Pipe SEAMLESS,SML) 27
3.4.5 ขนาดและพิกัดของท่อ 28
3.5 การคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล 30
3.5.1 การสูญเสียหลัก 30
3.5.2 ค่าตัวประกอบความเสียดทาน 30
3.5.3 ตัวเลขเรโนลส์ (Reynolds number) 31
3.5.6 การสูญเสียรอง (Minor loss) 31
3.5.7 ความเร็วการไหลในเส้นท่อ 32
บทที่ 4 33
4.1 สมมติฐานของงานวิจัย 33
4.2 ขอบเขตของการวิจัย 33
4.3 ขั้นตอนงานวิจัย 34
4.4 ลงพื้นที่เป้าหมายกรณีศึกษางานโครงสร้างพื้นฐาน 34
4.5 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) 36
4.6 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ 39
4.7 ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ในการรวมระบบ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ตรวจสอบความถูกต้อง 43
4.9 สรุปผลงานวิจัย 45
บทที่ 5 46
1.) การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ (สถานการณ์จริง) 46
2.) การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ 48
3.) การทับซ้อนกันของระบบท่อ 50
4.) การทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 50
บทที่ 6 53
6.1 สรุปผลการวิจัย 53
6.2 ข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก ก คู่มือ Autodesk Revit 1
ภาคผนวก ข โรงล้างรถไฟ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ความต้องการขั้นต่ำของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 10
ตารางที่ 3.2 ความต้องการขั้นปานกลางของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 11
ตารางที่ 3.3 ความต้องการขั้นสูงของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 11
ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการวางแผนและออกแบบการเดินท่อ 20
ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่า อัตราไหล พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของของไหลภายในท่อดับเพลิง.....47
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าการสูญเสียหลักของท่ออัคคีภัย.....47
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าการสูญเสียรองของท่ออัคคีภัย.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 การหมุนเวียนของสารสนเทศในโครงการก่อสร้าง (Kalmy, 2007) 2
รูปที่ 3.1 Building Information Modeling Work Flow 7
รูปที่ 3.2 แสดง LOD ของเก้าอี้ 9
รูปที่ 3.3 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านบน 18
รูปที่ 3.4 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านข้าง..... 19
รูปที่ 3.5 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านหน้า 19
รูปที่ 3.6 ท่อ HDPE 23
รูปที่ 3.7 แสดงขนาดมิติท่อ HDPE 24
รูปที่ 3.8 ท่อ PPR 25
รูปที่ 3.9 แสดงขนาดมิติท่อ PPR รุ่น SDR 11 PN 10 26
รูปที่ 3.10 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี 26
รูปที่ 3.11 แสดงขนาดมิติท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี 27
รูปที่ 3.12 ท่อเหล็กดำ 28
รูปที่ 3.13 ความหยาบของท่อสำหรับใช้ทำนายความดันตก 31
รูปที่ 3.14 สัมประสิทธิ์สูญเสียพลังงานรอง 32
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนงานวิจัย.....34
รูปที่ 4.2 ตรวจสอบหน้างานภายในโรงล้างรถไฟฟ้า..... 35
รูปที่ 4.3 ตรวจสอบหน้างานภายในโรงล้างรถไฟฟ้า..... 35
รูปที่ 4.4 คู่มือการออกแบบระบบท่อภายในอาคาร 37
รูปที่ 4.5 คู่มือการออกแบบ AUTODESK REVIT..... 37
รูปที่ 4.6 แบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในโรงล้างรถไฟ..... 38
รูปที่ 4.7 แบบระบบท่อภายในโรงล้างรถไฟ 38
รูปที่ 4.8 แบบจำลอง 3 มิติ โครงสร้างสถาปัตยกรรม..... 39
รูปที่ 4.9 แบบจำลอง 3 มิติ ระบบสุขาภิบาล 40
รูปที่ 4.10 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟ 40
รูปที่ 4.11 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และท่ออัคคีภัย..... 41
รูปที่ 4.13 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบสุขาภิบาล 42
รูปที่ 4.14 แบบจำลอง 3 มิติ ระบบท่ออัคคีภัยและระบบสุขาภิบาล 42
รูปที่ 4.15 แบบจำลอง 3 มิติ..... 43
รูปที่ 5.1 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย.....46
รูปที่ 5.2 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย..... 47
รูปที่ 5.3 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย..... 47
รูปที่ 5.4 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ 48
รูปที่ 5.5 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ 49
รูปที่ 5. 6 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ..... 49
รูปที่ 5.7 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ 49
รูปที่ 5.8 แสดงผลทับซ้อนกันของระบบท่อ 50
รูปที่ 5.9 แสดงผลทับซ้อนกันของระบบท่อ 50
รูปที่ 5.10 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 51
รูปที่ 5.11 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 51
รูปที่ 5.12 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 51
รูปที่ 5.13 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

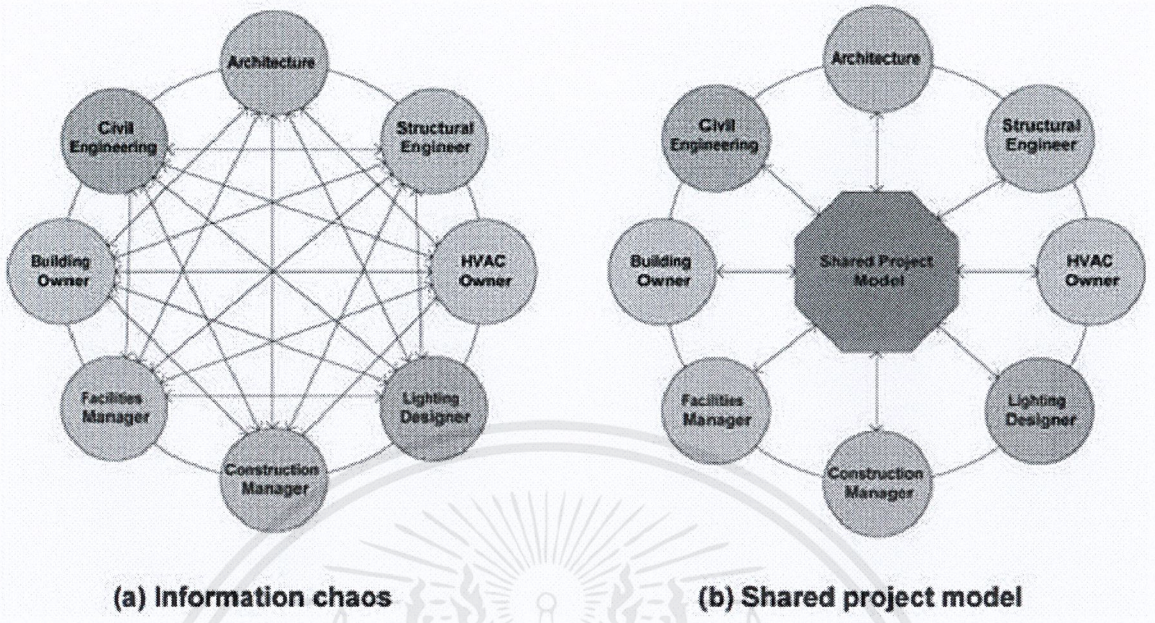
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โครงการก่อสร้างแต่ละโครงการประกอบไปด้วยสารสนเทศจำนวนมาก ทั้งทางด้านสัญญาจ้าง ข้อกำหนดทางกฎหมาย งานออกแบบ งานติดตั้ง งบประมาณ ฯลฯ ซึ่งสารสนเทศเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรและดูแลอาคารเมื่ออาคารก่อสร้างแล้วเสร็จ การบริหารสารสนเทศในโครงการก่อสร้างจึงมีความสำคัญอย่างมาก ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงการบริหารการใช้งานอาคาร เพื่อให้โครงการก่อสร้างสำเร็จตามเวลาและค่าใช้จ่ายที่กำหนด พร้อมทั้งสามารถควบคุมโครงการให้เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าและประสิทธิภาพสูงสุด ตรงตามความต้องการของเจ้าของโครงการ แต่ในปัจจุบันระบบสารสนเทศที่ใช้อยู่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูล (information exchange) ระหว่างฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไม่เป็นระบบ ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน เนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์ ตกหล่น ตลอดจนข้อมูลสูญหาย ดังแสดงในภาพที่ 1.1 (a)

หนึ่งในแนวคิดการบริหารข้อมูลการก่อสร้างเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling) หรือ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบริหารและแลกเปลี่ยนสารสนเทศอย่างเป็นระบบ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น ArchiCAD, Vectorworks และ Autodesk Revit เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit ในการทำงานระบบจะสร้างแบบจำลองเสมือนของอาคารอย่างน้อยหนึ่งแบบจำลองดิจิทัล ตั้งแต่การเริ่มต้นออกแบบจนไปถึงการรื้อถอนและนำวัสดุมาใช้ใหม่ สามารถแบ่งการทำงาน 3 รูปแบบ คือ งานสถาปัตยกรรม (Revit Architecture) งานโครงสร้าง (Revit Structure) และงานระบบ (Revit MEP) ซึ่งงานระบบประกอบไปด้วย งานด้านเครื่องกล (Mechanic) งานด้านไฟฟ้า (Electrical) และงานด้านสุขาภิบาล (Plumbing) BIM มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมข้อมูลทุกอย่างไว้ในที่เดียวกัน ประกอบไปด้วย ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-graphics) เช่น รุ่น ราคา และข้อมูลกราฟิก (Graphics) ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เช่น ขนาด สี วัสดุ รวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ โดยทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะดำเนินงานเกี่ยวกับข้อมูลบนแบบจำลองเดียวกัน ทำให้ทุกฝ่ายสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้ทันทีโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในภาพที่ 1.1 (b) แบบจำลอง 3 มิติของ BIM ช่วยให้ผู้ดำเนินงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเข้าใจลักษณะแบบก่อสร้างได้ง่าย อีกทั้ง BIM ยังสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบเพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากความผิดพลาดของแบบก่อสร้าง และถอดปริมาณงานได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 การหมุนเวียนของสารสนเทศในโครงการก่อสร้าง (Kalmy, 2007) [1]

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการศึกษาเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้กับองค์กร โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำ BIM มาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาด้านงานสถาปัตยกรรม งานระบบเครื่องกล (Mechanic) และงานระบบสุขาภิบาล (Plumbing) ภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง ซึ่งมีผู้รับผิดชอบ 2 สัญญา ประกอบด้วย สัญญาที่ 1 รับผิดชอบงานก่อสร้างและระบบ และสัญญาที่ 3 รับผิดชอบการติดตั้งอุปกรณ์ล้างรถไฟ เพื่อลดปัญหาการซ้อนทับกันของระบบงานก่อสร้าง เพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำของการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักสำคัญในการศึกษา ดังนี้

1.) ศึกษาวิธีการใช้งานกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020

2.) ปรับปรุงและลดการปฏิบัติงานที่ทับซ้อนด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

3.) เพื่อเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการทับซ้อนในโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยมีดังนี้

1.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงเท่านั้น

2.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการนำแนวคิดกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการออกแบบงานระบบสุขาภิบาล และงานระบบเครื่องกลเท่านั้น

3.) งานวิจัยนี้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit เพื่อกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศเท่านั้น

4.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการแบบจำลองสารสนเทศในส่วนของการออกแบบเท่านั้น

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.) ลงพื้นที่เป้าหมายกรณีศึกษางานโครงสร้างพื้นฐานโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการทำงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการ

- สัมภาษณ์วิศวกรผู้ตรวจสอบการก่อสร้างและติดตั้งระบบ
- สำรวจพื้นที่โครงการเพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพ

2.) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) กับการประยุกต์ใช้ข้อมูลกับกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมระบบ ดังนี้

- ศึกษาแบบก่อสร้าง และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
- แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร
- ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมระบบ
- รายงานและงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับ BIM มาใช้ในงานก่อสร้าง

3.) วิเคราะห์ปัญหา ข้อจำกัด ในการวางแผนการติดตั้งงานระบบ และสรุปข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะกระบวนการออกแบบอาคารที่ใช้โดยทั่วไป เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบและแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีประเด็นสำคัญดังนี้

- ลักษณะกระบวนการออกแบบอาคารที่ใช้โดยทั่วไป
- ปัญหาที่พบในกระบวนการออกแบบ

4.) ปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 วางแผนการออกแบบและติดตั้งงานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) ทดสอบระบบและตรวจสอบความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงของกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ไปปฏิบัติในองค์กร พร้อมทั้งสัมภาษณ์ข้อคิดเห็นต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ

6.) สรุปผลงานวิจัย ข้อจำกัดงานวิจัย ข้อเสนอสำหรับงานวิจัยในอนาคต และเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้งานวิจัยกับงานออกแบบ ก่อสร้างและติดตั้งต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) แนวทางการใช้งานกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 สร้างแบบจำลองเสมือนจริง เพื่อวางแผนการออกแบบและติดตั้งงานระบบ

2.) ระบบช่วยวางแผนการทำงานทั้งงานออกแบบ งานก่อสร้าง และงานติดตั้งระบบ

3.) ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายจากการปรับปรุงและลดการปฏิบัติงานที่ทับซ้อนด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยที่นำกระบวนการ BIM มาใช้ในงานด้านสถาปัตยกรรมและงานระบบยังมีไม่มาก อีกทั้งการอธิบายขั้นตอนต่อจากการสร้างแบบจำลอง 3 มิติยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ สามารถพบได้หลากหลาย ดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง [2]

ในปี พ.ศ. 2559 นายนนทวัตร กมลวัชรชัย ได้นำเสนอ รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง เพราะถึงแม้เทคโนโลยีการจำลองสารสนเทศอาคารจะมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ลดความผิดพลาดของข้อมูล ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของแบบ ซึ่งส่งผลให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความผิดพลาดของแบบก่อสร้าง ฯลฯ แต่เนื่องจากการนำแนวคิด BIM มาใช้ในองค์กรต้องมีการเตรียมการหลายด้าน องค์กรส่วนมากจึงเกรงว่าผลที่ได้รับจะไม่คุ้มค่ากับการลงทุน และแนวทางการสร้างองค์กร BIM ที่พัฒนาโดย The Computer Integrated Construction Research Program หรือ CIC นั้นเป็นแนวทางที่เสนอขั้นตอนและองค์ประกอบไว้แบบกว้าง ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการสร้างขั้นตอนการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร และได้แบ่งองค์ประกอบที่จำเป็นในการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร 6 องค์ประกอบ ได้แก่ กลยุทธ์ ขั้นตอนการปรับเปลี่ยนองค์กรด้วย BIM Uses ขั้นตอนการทำงาน การระบุสารสนเทศ โครงสร้างพื้นฐาน และบุคลากร โดยการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรมี 3 ขั้นตอนหลัก คือ การวิเคราะห์และประเมินองค์กร การออกแบบงาน และการระบุองค์ประกอบสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กร เพื่อให้องค์กรต่าง ๆ สามารถสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์ได้เร็วมากขึ้น เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย

งานวิจัยนี้ นายนนทวัตร กมลวัชรชัย เสนอขั้นตอนวิจัยไว้ 6 ขั้นตอน คือ

1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต เพื่อศึกษาความรู้และทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างรูปแบบ BIM ในองค์กร
2. ศึกษาขั้นตอน องค์ประกอบและปัญหาต่าง ๆ ของการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview)
3. วิเคราะห์รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร โดยเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี
4. พัฒนาขั้นตอนการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร และองค์ประกอบที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงของแนวทางการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร

6. สรุปผลงานวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต และจักทำวิทยานิพนธ์

จากงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้นำขั้นตอนการวิจัยทั้ง 6 ขั้นตอนมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาองค์กร เพื่อให้สามารถสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์ได้เร็วมากขึ้น เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย

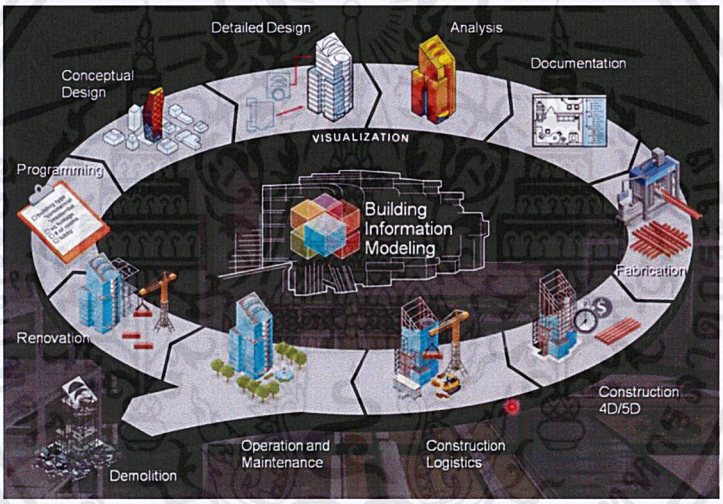
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ผู้ศึกษาใช้กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) ในการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานเพื่อสร้างแบบจำลองโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงระหว่างสัญญาที่ 1 และ 3

3.1 กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) [1] เป็นกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) รวมทั้งข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information) องค์ประกอบของแบบจำลองอาคารนั้น ๆ



รูปที่ 3.1 Building Information Modeling Work Flow [1]

3.1.1 แนวคิดกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แนวคิดกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารถูกนำเสนอครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1975 โดย Charles MM. Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) ใช้ชื่อว่า “Building Description System” และเมื่อปี ค.ศ. 1986 เปลี่ยนมาใช้ชื่อว่า “Building Information Modeling” นำเสนอโดย Robert Aish ปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้กับงานออกแบบมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการผนวกการทำงานออกแบบ ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำแบบจำลองอาคารและข้อมูลต่าง ๆ ใน แบบจำลองอาคาร ไปใช้ในการทำงานขั้นต่อ ๆ ไป เช่น งานด้านวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานก่อสร้างและบริหารงานโครงการก่อสร้าง งานบำรุงรักษาและบริหารจัดการอาคาร และงานวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร เป็นต้น

3.1.2 หลักการทำงานของกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เน้นการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) โดยแบบจำลองอาคารนี้ประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร (Building Component) เช่น เสา ผนัง พื้น หลังคา ประตู โดยที่วัตถุภายในระบบจะมีค่าพารามิเตอร์ (Parametric Object-Based) ซึ่งจะเก็บข้อมูล (Data) ต่าง ๆ ประกอบไปด้วยข้อมูลกราฟิก (Graphics) ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เช่น ขนาด ระยะ สี วัสดุ เป็นต้น และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-Graphics) เช่น ข้อมูลผู้ผลิต รุ่น ราคา เป็นต้น การทำงานสามารถประมวลผลได้ทั้ง ผังพื้น รูปด้าน รูปตัดทัศนียภาพ รวมถึงการถอดข้อมูลด้านการก่อสร้าง (BOQ) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ระบบต่าง ๆ จะปรับเปลี่ยนให้อัตโนมัติ ซึ่ง BIM จะทำการเก็บแบบจำลองอาคารพร้อมข้อมูลสารสนเทศทั้งหมดรวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ

ปัจจุบันมีโปรแกรม BIM อยู่หลายโปรแกรม เช่น

- Autodesk Revit โดยบริษัท Autodesk
- ArchiCAD โดยบริษัท Graphisoft
- Vectorworks และ Allplan Architecture โดยบริษัท Nemetschek
- AECOsim Building Designer โดยบริษัท Bentley System, Inc.
- Tekla Structure โดยบริษัท Tekla
- Solibri Model Checker และ Solibri Model Viewer โดยบริษัท Solibri

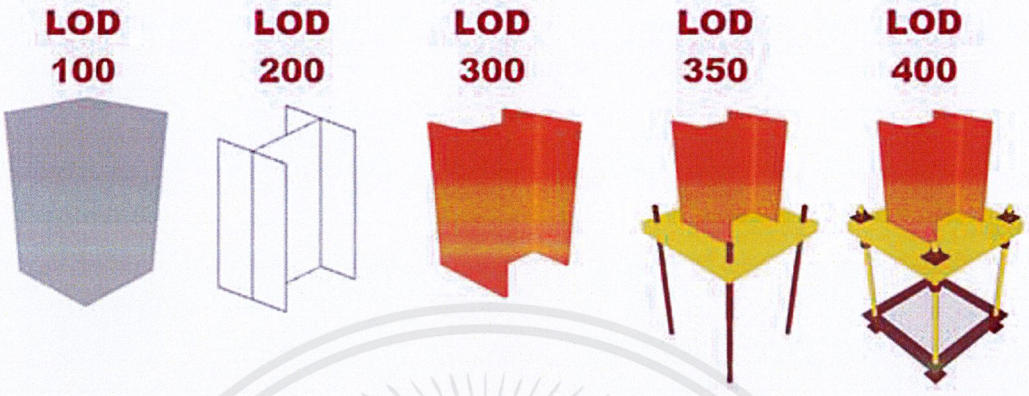
โดยซอฟต์แวร์แต่ละตัวมีลักษณะของการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลแตกต่างกัน ไม่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นหน่วยงาน buildingSMART (ชื่อเดิม IAI หรือ International Alliance for Interoperability) จึงพัฒนาข้อมูลกลางขึ้น ชื่อว่า IFC หรือ Industry Foundation Classes ซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนา มีเพียงซอฟต์แวร์ BIM บางตัวเท่านั้นที่สามารถนำเข้าและส่งออกไฟล์ IFC ได้

3.1.3 มาตรฐานรายละเอียดองค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร

มาตรฐานรายละเอียดองค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร หรือ LOD (Level of Development) คือการกำหนดระดับรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศประกอบให้สอดคล้องกับการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ อาจกำหนดเป็นค่าตัวเลข เช่น LOD 100, LOD 200 หรืออาจกำหนดเป็นขั้นตอนการทำงาน ขั้นตอนแนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual Design), ขั้นตอนพัฒนาแบบ (Design Development) โดยข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

graphics) เพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นโครงการ และข้อมูลกราฟิก (Graphics) ความละเอียดขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน



รูปที่ 3.2 แสดง LOD ของเก้าอี้ ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิกเพิ่มขึ้นตามระดับโครงการ และข้อมูลกราฟิกความละเอียดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการนำเอาไปใช้งาน [1]

3.1.4 โปรแกรม Autodesk Revit

โปรแกรม Autodesk Revit [3] เป็นโปรแกรมออกแบบอาคารครบวงจร โดยใช้กระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ครอบคลุมทั้งงานด้านสถาปัตย์ งานวิศวกรรมโยธา และงานวิศวกรรมระบบ สามารถแบ่งการทำงานได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

1.) งานสถาปัตยกรรม (Revit Architecture) โปรแกรมออกแบบมาสำหรับการเขียนแบบด้านงานสถาปัตยกรรมโดยเฉพาะ มีเครื่องมือสำหรับใช้ในงานสถาปัตย์ สามารถทำงานในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อวิเคราะห์งานด้านสถาปัตยกรรม เช่น Sun Studies, Green Building Analysis, รายการถอดปริมาณงาน (BOQ) เป็นต้น

2.) งานโครงสร้าง (Revit Structure) มีเครื่องมือสำหรับใช้ในงานเขียนแบบวิศวกรรมโครงสร้าง ทั้งแบบจำลองอาคารหลักและอาคารรอง สามารถสร้างรอยต่อโครงสร้างได้อย่างละเอียด สามารถสร้างตารางถอดปริมาณงานจากแบบจำลองซึ่งมีความแม่นยำได้ทันที และยังสามารถทำ Shop Drawing จากแบบจำลอง 3 มิติ ได้ อีกทั้งยังสามารถกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์แรงที่กระทำกับโครงสร้างได้อีกด้วย

3.) งานระบบ (Revit MEP) งานระบบประกอบไปด้วย งานด้านเครื่องกล (Mechanic) งานด้านไฟฟ้า (Electrical) และงานด้านสุขาภิบาล (Plumbing) โดยอาศัยขอบเขตอาคารจากการนำไฟล์งานสถาปัตย์และงานโครงสร้าง เพื่อช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถทำการวิเคราะห์อัตราการไหลและความดันในท่อ นอกจากนี้ Revit MEP ยังสามารถทำแบบจำลองงานท่อเป็นระบบ Fabrication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ ทำให้สามารถรู้ขนาดท่อที่จะนำไปใช้งานจริง และยังสามารถใส่ Hanger เพื่อทำการยึดแนวท่อกับพื้นโครงสร้างได้อีกด้วย แบบจำลองจึงมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง ทำให้ผู้รับเหมาและวิศวกรที่ทำการออกแบบมองเห็นภาพที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและวิเคราะห์ปัญหาได้ทันที

ทั้งนี้ระบบทั้ง 3 ข้างต้น สามารถนำมาทำงานร่วมกันได้และสามารถใช้คำสั่งตรวจสอบความขัดแย้งในแบบ (Interference Check) ได้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการต่างคนต่างหน้าที่ออกแบบ และยังสนับสนุนการทำงานหลายคนในขณะเดียวกันในไฟล์เดียวด้วยระบบ Work sharing และ Collaboration for Revit ได้อีกด้วย

ความต้องการของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020

ตารางที่ 3.1 ความต้องการขั้นต่ำของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 [4]

ขั้นต่ำ : สำหรับโมเดลอาคารขนาดเล็ก	
ระบบปฏิบัติการ (Operating System)	- Microsoft Windows 10 64-bit Enterprise/Pro - Microsoft Windows 7 SP1 64- bit Enterprise/ Ultimate/Professional (ไม่แนะนำ)
หน่วยประมวลผล (CPU)	- Single-Core - Multi-Core Intel® Xeon® - i-Series processor - AMD® equivalent with SSE2 technology
หน่วยความจำหลัก (RAM)	8 GB RAM
การแสดงผลจอภาพ (Video Display)	Minimum : 1280 x 1024 with true color Maximum : Ultra-High (4k) Definition Monitor
การ์ดจอ (Video Adapter)	Basic Graphics : Display adapter capable of 24-bit color Advanced Graphics : DirectX®11 capable graphics card with Shader Model 3
พื้นที่บนฮาร์ดดิสก์ (Disk Space)	30 GB free disk space

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ความต้องการขั้นปานกลางของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 [4]

ขั้นปานกลาง : สำหรับโมเดลอาคารขนาดกลาง ไม่ซับซ้อน	
ระบบปฏิบัติการ (Operating System)	- Microsoft Windows 10 64-bit Enterprise/Pro
หน่วยประมวลผล (CPU)	- Multi-Core Intel® Xeon® - i-Series processor - AMD® equivalent with SSE2 technology
หน่วยความจำหลัก (RAM)	16 GB RAM
การแสดงผลจอภาพ (Video Display)	Minimum : 1680 x 1050 with true color Maximum : Ultra-High (4k) Definition Monitor
การ์ดจอ (Video Adapter)	DirectX®11 capable graphics card with Shader Model 5
พื้นที่บนฮาร์ดดิสก์ (Disk Space)	30 GB free disk space

ตารางที่ 3.3 ความต้องการขั้นสูงของระบบสำหรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 [4]

ขั้นสูง : สำหรับโมเดลอาคารขนาดใหญ่ ซับซ้อน	
ระบบปฏิบัติการ (Operating System)	- Microsoft Windows 10 64-bit Enterprise/Pro
หน่วยประมวลผล (CPU)	- Multi-Core Intel® Xeon® - i-Series processor - AMD® equivalent with SSE2 technology
หน่วยความจำหลัก (RAM)	32 GB RAM
การแสดงผลจอภาพ (Video Display)	Minimum : 1920 x 1200 with true color Maximum : Ultra-High (4k) Definition Monitor
การ์ดจอ (Video Adapter)	DirectX®11 capable graphics card with Shader Model 5
พื้นที่บนฮาร์ดดิสก์ (Disk Space)	30 GB free disk space 10,000+ RPM HardDrive (for Point Cloud interactions) or Solid State Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบในอาคาร [5]

3.2.1 ระบบป้องกันอัคคีภัย

วัตถุประสงค์หลักของการป้องกันอัคคีภัยคือ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ความปลอดภัยของทรัพย์สิน และความต่อเนื่องของการดำเนินกิจการ

— **ความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร**

ในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย สิ่งสำคัญอันดับแรกที่ต้องพิจารณาคือความปลอดภัยต่อชีวิตของผู้ใช้อาคารระบบป้องกันอัคคีภัย เช่น ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบทางหนีไฟ ระบบระบายควันไฟ และระบบดับเพลิงเป็นต้น เจ้าของโครงการ สถาปนิก และวิศวกร จะต้องนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องภายในอาคารทั้งหมดมาพิจารณาเบื้องต้นในการออกแบบพื้นที่ใช้สอยของอาคารซึ่งจะทำให้ได้อาคารที่ปลอดภัยต่อชีวิต จำนวนเงินลงทุนที่เหมาะสม และสามารถใช้งานได้ตามต้องการ

— **หลักการออกแบบอาคารให้ปลอดภัยจากอัคคีภัย**

การออกแบบอาคารโดยทั่วไป ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ Passive และ Active ส่วน Passive หมายถึง การออกแบบอาคารจะต้องคำนึงถึงการควบคุมไม่ให้ควันไฟลุกลาม โครงสร้างอาคารต้องปลอดภัย สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างรวดเร็ว ปลอดภัย ดังนั้นโครงสร้างอาคารแต่ละส่วนจะต้องทำงานประสานกัน เช่น การวางตัวอาคาร การกำหนดระยะห่างของอาคาร การจราจรของคน การจัดแนวผนังกั้นไฟ การจัดทางหนีไฟ การจัดบันไดหนีไฟ ส่วน Active หมายถึง ระบบเตือนอัคคีภัย ระบบดับเพลิง และระบบควบคุมควันไฟ เช่นระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ท่อดับเพลิง ระบบควบคุมควันไฟ เป็นต้น

— **กฎหมายและมาตรฐานเกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัย**

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) กำหนดลักษณะของอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษและระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบป้องกันเพลิงไหม้ ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบระบายน้ำทิ้ง ระบบประปา ระบบกำจัดขยะและระบบลิฟต์

กฎกระทรวงฉบับที่39 (พ.ศ.2537) กำหนดเรื่องระบบการป้องกันอัคคีภัย ระบบสุขาภิบาล ระบบการจัดแสงสว่าง การระบายอากาศ สำหรับอาคารทั่วไปนอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างอาคารระยะห่างระหว่างทางเดินในอาคารห้องแถวตึกแถวสำหรับการดับเพลิงรถดับเพลิง และทางหนีไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มีดำริที่จะจัดทำมาตรฐานระบบเครื่องกลในอาคารเมื่อต้นปี 2538 โดยมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับชีวิต สุขภาพ และความปลอดภัยในที่นี้รวมถึงระบบป้องกันอัคคีภัยด้วย

มาตรฐาน NFPA (National fire protection Association) เป็นมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในโลก รวมทั้งวิศวกรในประเทศไทย

— **องค์ประกอบที่สำคัญของอาคารที่ปลอดภัย**

- การทนไฟ หรืออัตราการทนไฟ (Fire Rating) อาคารที่ปลอดภัยโครงสร้างหลักจะต้องทนไฟได้โดยไม่พังทลายอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ใช้วัสดุประกอบอาคารที่ไม่ติดไฟ ไม่ก่อก๊าซพิษเมื่อไฟเผา หากมีพื้นที่เก็บสารอันตรายควรมีผนังกันไฟ (Fire Compartment) ที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

- ทางหนีไฟ อาคารที่ปลอดภัยต้องมีระบบทางหนีไฟที่ดี บันไดหนีไฟที่ทนไฟ และมีตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมในการลำเลียงคนออกมายังที่ปลอดภัยได้อย่างรวดเร็ว และอันตรายน้อยที่สุด การจัดทางหนีไฟควรจัดให้มีทางเลือก 2 ทางแต่อยู่คนละทิศ (2-Ways Means of Escape) หากทางหนึ่งไม่สามารถอพยพได้จะทำให้เหลืออีกอย่างน้อยหนึ่งทิศทางในการอพยพ

- พื้นที่นิรภัย คือพื้นที่ที่มีโครงสร้างที่สามารถป้องกันอัคคีภัยได้เป็นอย่างดี มีอุปกรณ์ช่วยชีวิตต่าง ๆ ในอาคารสูงการอพยพคนในคราวเดียวมีปัญหามาก ดังนั้นพื้นที่อพยพจึงเป็นที่รองรับชั่วคราว (Buffer Area)

- ลิฟต์สำหรับพนักงานดับเพลิง ตามกฎหมายระบุให้มีอย่างน้อย 1 ชุด และแยกออกจากลิฟต์ทั่วไป โดยโถงลิฟต์ต้องมีระบบอัดอากาศขนาดไม่น้อยกว่า 6 ตารางเมตร

- ช่องทางดับเพลิง เพื่อให้พนักงานดับเพลิงสามารถเข้าไปยังอาคารได้อย่างรวดเร็ว

- ห้องศูนย์สั่งการดับเพลิง ควรมีพนักงานประจำตลอด 24 ชั่วโมง มีแบบแผนผังแสดงระบบวิศวกรรมของอาคาร อุปกรณ์ปฐมพยาบาล เพื่อใช้เป็นศูนย์บัญชาการได้หากเกิดอัคคีภัยขึ้น

- บันไดหนีไฟ ในอาคารสูง โครงสร้างของบันไดหนีไฟจะต้องทำด้วยวัสดุทนไฟ เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยบันไดหนีไฟจะต้องอยู่ในจุดที่ผู้อพยพสามารถอพยพได้อย่างปลอดภัยและสะดวก

- ประตูหนีไฟ เป็นอุปกรณ์กันควันและไฟให้แก่ผู้อพยพ ประตูหนีไฟที่ดีจะต้องทำจากวัสดุทนไฟชนิดพิเศษ และสามารถปิดได้เอง (Self-Closing Door)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้ายบอกทางหนีไฟ ในเส้นทางหนีไฟจะต้องมีสัญลักษณ์บอกทางอยู่ในตำแหน่งที่เด่นชัดอยู่เสมอ ทั้งภาวะปกติและฉุกเฉิน

— **อุปกรณ์สำคัญในระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้**

- อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) มีหลายชนิด เช่น ชนิดทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิความร้อน (Heat Detector) ชนิดที่อาศัยควันไฟ (Smoke Detector) ยังมีชนิดพิเศษ เช่น ชนิดที่ตรวจจับรังสีอินฟราเรด (Infrared Detector)

- อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ด้วยมือ (Manual Station) มี 2 แบบคือ แบบดึง และแบบผลัก ใช้ในกรณีที่มีผู้พบเหตุเพลิงไหม้ก่อนอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้จะทำงาน

- แผงควบคุมย่อย (Sub Fire Alarm Control Panel) ติดตั้งตามบริเวณต่าง ๆ ในอาคาร ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้หรืออุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ด้วยมือ และส่งผ่านสัญญาณไปยังแผงควบคุมส่วนกลางและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- แผงควบคุมส่วนกลางและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Central Alarm Control Panel) ทำหน้าที่ตรวจสอบและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เพื่อแจ้งให้คนรับรู้ว่ามีอัคคีภัยเกิดขึ้นและรีบอพยพได้อย่างทันท่วงที

— **ระบบดับเพลิงด้วยน้ำ**

- ถังสำรองน้ำดับเพลิง สำหรับอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง จะต้องมีถังสำรองน้ำสำหรับดับเพลิงโดยเฉพาะที่สามารถใช้ในการดับเพลิงไม่น้อยกว่าครึ่งชั่วโมง

- ระบบส่งน้ำดับเพลิง ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) ท่อเมนส่งน้ำดับเพลิง ท่อยืน (Standpipe) สายส่งน้ำดับเพลิง (Fire House) และหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department Connection)

- เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) ใช้เพื่อส่งน้ำในการดับเพลิง ประกอบด้วย ชนิดที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและชนิดที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล รวมถึงเครื่องสูบน้ำเพื่อรักษาความดัน (Jockey Pump) เพื่อชดเชยน้ำที่รั่วหรือระบายน้ำทิ้ง เพื่อรักษาความต่อเนื่องในการสูบน้ำ

- สายส่งน้ำดับเพลิง (Fire House) จำนวนชุดที่ติดตั้งขึ้นกับขนาดพื้นที่ของอาคาร โดยทั่วไปสายส่งน้ำดับเพลิงมีความยาว 30 เมตร สายส่งน้ำขนาด 2.5 นิ้ว ใช้สำหรับพนักงานผู้ที่ผ่านการฝึกใช้งานในการบังคับเนื่องจากควบคุมได้ยากกว่าชนิด 1 นิ้ว ที่บุคคลทั่วไปสามารถใช้บังคับได้สะดวกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบท่อยืน (Standpipe System) ในอาคารสูงส่วนใหญ่ระบบท่อยืนจะแบ่งเป็นโซน (Zone) เพื่อควบคุมความดันของน้ำดับเพลิงให้อยู่ในช่วงที่ต้องการไม่ต่ำและสูงเกินไป โดยกำหนดความดันน้ำสูงสุดไม่ให้เกิน 175 ปอนด์

- ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ในอาคารขนาดใหญ่ ตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคารฉบับปัจจุบันระบุให้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงด้วย (Automatic Water Sprinkler) หรือ ระบบสปริงเกลอร์

- ระบบท่อเปียก (Wet Pipe System) ระบบนี้จะมีน้ำอยู่ในท่อที่ติดตั้งหัวสปริงเกลอร์ตลอดเวลา ระบบท่อเปียกจะต้องมีระบบท่อน้ำทิ้ง (Drain Pipe) เพื่อระบายน้ำทิ้งในกรณีที่มีการต่อท่อเพิ่มหรือซ่อมแซมท่อ

- ระบบท่อแห้งแบบชะลอน้ำเข้า (Preaction System) ระบบนี้ไม่มีน้ำอยู่ในท่อที่ติดตั้งสปริงเกลอร์ รอให้มีการตรวจจับเพลิงไหม้ก่อนจึงจะมีการลำเลียงน้ำเพื่อใช้ป้องกันการเกิดอัคคีภัย

- ระบบท่อแห้ง (Dry Pipe System) ระบบนี้เหมาะสำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวจัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เพื่อป้องกันการแข็งตัวของน้ำในท่อ เนื่องจากไม่มีน้ำอยู่ในท่อที่ติดตั้งหัวสปริงเกลอร์ ทำให้การดับเพลิงทำได้ช้ากว่าระบบท่อเปียก

- หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler) มีทั้งชนิดหัวที่ติดชี้ลง (Pendent Type) ใช้สำหรับพื้นที่ทั่วไป และติดบริเวณฝ้าเพดาน ชนิดหัวขึ้น (Upright Type) ใช้กับบริเวณจอดรถ ห้องเก็บของ ข้อแตกต่างของระหว่าง 2 ชนิด สามารถสังเกตได้จาก แผ่นบังคับทิศทางน้ำ (Deflector) นอกจากนี้ยังมีชนิดติดผนัง (Sidewall Type) ในกรณีที่ไม่สามารถเดินท่องไปยังกลางห้องได้ เช่น ห้องพักในโรงแรม

- เครื่องดับเพลิงมือถือ (Portable Fire Extinguisher) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยดับเพลิงในขณะที่เพลิงยังมีขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคนทั่วไปสามารถใช้ได้ไม่ยาก ตำแหน่งที่ติดตั้งจะอยู่ในบริเวณเดียวกันกับสายส่งน้ำดับเพลิง

- ระบบดับเพลิงแบบพิเศษ นอกจากระบบดับเพลิงต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีระบบดับเพลิงพิเศษอีกเช่น ระบบที่ใช้สารสะอาดดับเพลิง (Clean Agent Fire Extinguishing System) เช่น FM200 ซึ่งเป็นระบบที่ติดตั้งและสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ เหมาะสำหรับห้องอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากเมื่อทำงานแล้วจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายให้กับอุปกรณ์เหมือนกับกรณีใช้น้ำเป็นสารดับเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

— **ระบบควบคุมควันไฟ**

มีจุดมุ่งหมายคือ ป้องกันไม่ให้ควันไฟเข้าสู่บันได โถงลิฟต์ เพื่อชะลอการแพร่กระจายของควันไฟ และระบายควันไฟ ก๊าซพิษ และความร้อนออกจากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย

3.2.2 ระบบสุขาภิบาล [6]

ระบบสุขาภิบาลเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ซึ่งใช้ในการอุปโภคและบริโภค จึงเป็นระบบที่ขาดไม่ได้สำหรับทุกอาคาร โดยจะกล่าวถึงเฉพาะระบบที่ใช้ในโครงการ ดังนี้

— **ระบบท่อระบายน้ำเสีย (Wastewater Drainage System)**

น้ำเสียจากอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ น้ำเสียที่เกิดจากการชำระล้างอาบน้ำจะเรียกว่า น้ำทิ้ง (waste) และ น้ำเสียที่เกิดจาดสุขภัณฑ์ที่โถปัสสาวะจะเรียกว่าน้ำโสโครก (soil)

ระบบท่อระบายน้ำทิ้ง ท่อระบายน้ำทิ้งจะมีขนาดใหญ่กว่าท่อประปา เพราะมีการไหลโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ซึ่งช้ากว่าน้ำประปาที่ถูกส่งด้วยความดัน และการระบายน้ำในท่อจะสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นเมื่อมีท่ออากาศ (Vent Pipe) เพื่อให้อากาศที่อยู่ในท่อมีทางออกและหลบทางให้น้ำผ่านไปได้ สิ่งสำคัญที่สุดในการเดินท่อน้ำทิ้งคือ ความลาดเอียงของท่อควรมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1:100 เพื่อให้น้ำไหลด้วยความเร็วที่มากพอลดปัญหาน้ำหรือกากของเสียตกค้าง และการอุดตันของท่อ นอกจากนี้ยังควรที่จะมีที่เปิดเครือทำความสะอาดท่อ (Clean out) ตามทางเลี้ยวที่สำคัญ

น้ำทิ้ง ได้แก่ น้ำทิ้งจากอ่างล้างมือ การอาบน้ำ หัวรับน้ำทิ้งที่พื้น (Floor Drain) ส่วนน้ำทิ้งจากอ่างล้างจาน และครัวจะต้องมีบ่อดักขยะ และไขมัน เพื่อป้องกันไม่ให้ท่ออุดตันมักแยกจากท่อน้ำทิ้งทั่วไป

ระบบท่อระบายน้ำโสโครก เป็นน้ำทิ้งจากส้วมและโถปัสสาวะแยกจากท่อน้ำทิ้งทั่วไป เพราะป้องกันปัญหากลิ่นย้อนเข้าไปในหัวรับน้ำทิ้งที่พื้น โดยอาจจะใช้ท่ออากาศร่วมกับท่อน้ำทิ้งทั่วไปเพื่อความประหยัด น้ำโสโครกจะต้องผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

วิธีป้องกันกลิ่นไม่ให้ย้อนกลับออกมาตามสุขภัณฑ์จะอาศัยที่ดักกลิ่นซึ่งมีลักษณะเป็นรูปตัว U หรือ P ซึ่งตามปกติจะมีน้ำขังอยู่ทำหน้าที่เป็นซีล (Water seal) กันไม่ให้กลิ่นย้อนกลับมาได้

— **ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment System)**

มีหน้าที่บำบัดน้ำเสียจากระบบท่อระบายน้ำเสียให้มีคุณลักษณะตามมาตรฐานน้ำทิ้งของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ก่อนระบายลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– **ระบบบำบัดน้ำดี**

การบำบัดน้ำดีมีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มคุณภาพน้ำให้มีคุณลักษณะตรงตามที่โครงการต้องการ

ระบบบำบัดน้ำประปาจากน้ำดิบ ใช้กับสถานที่ซึ่งไม่มีน้ำประปาแต่มีแหล่งน้ำดิบตามธรรมชาติ ซึ่งขบวนการบำบัดน้ำจะมีขั้นตอนเช่นเดียวกับของการประปานครหลวง

ระบบทำน้ำอ่อน สำหรับบำบัดน้ำเพื่อลดปริมาณสารที่ก่อให้เกิดตะกรันได้ โดยจะใช้บำบัดน้ำเติมในระบบไอน้ำระบบปรับอากาศแบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ฯลฯ

ระบบทำน้ำบริสุทธิ์ เป็นการบำบัดน้ำเพื่อเอาสารต่าง ๆ ที่ผสมอยู่ในน้ำออกจากน้ำให้หมดซึ่งอาจใช้การจับด้วยเรซิน (Cation-Anion Resin) หรืออาจจะใช้เมมเบรนในการกรอง (Reverse Osmosis) น้ำประเภทนี้ใช้ในโรงงานที่ต้องการน้ำที่สะอาดมาก

ระบบทำน้ำกลั่น ใช้วิธีต้มน้ำให้กลายเป็นไอแล้วนำมากลั่นให้กลายเป็นน้ำจึงมีความบริสุทธิ์มากและต้นทุนในการบำบัดจะสูงมากน้ำประเภทนี้จะใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ระบบผลิตน้ำดื่ม ในปัจจุบันเราจะไม่สามารถบริโภคน้ำประปาโดยตรงได้จึงจำเป็นต้องใช้น้ำดื่มจากแหล่งอื่นซึ่งนิยมวิธีซื้อน้ำดื่มบรรจุภัณฑ์ทำให้มีปัญหาทางด้านการขนส่งน้ำบริโภคดังนั้นการผลิตน้ำดื่มเองจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องกรองน้ำระบบ RO (Reverse Osmosis) ซึ่งในโครงการนี้ใช้น้ำ RO ในการล้างรถไฟขั้นตอนสุดท้าย

3.2.3 ระบบน้ำประปา (Water Supply System)

มีหน้าที่ในการจ่ายน้ำไปยังจุดใช้งานต่าง ๆ ในปริมาณและแรงดันที่เหมาะสม เป็นแหล่งสำรองน้ำสะอาดไว้ใช้เมื่อระบบจ่ายน้ำประปาภายนอกอาคารปิดซ่อม การประปานครหลวงฯ (กปน.) เป็นผู้ให้บริการน้ำประปาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) ให้กับอาคารที่อยู่ภายในกรุงเทพฯ แต่ความไม่แน่นอนของระบบจ่ายน้ำประปาและความดันน้ำที่ต่ำ อาคารส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องมีถังสำรองน้ำในระดับดินหรือใต้ดิน โดยมีความจุไม่น้อยกว่า 1-2 วันของปริมาณน้ำใช้

ถังสำรองน้ำควรแบ่งเป็น 2 ถัง เผื่อล้างหรือซ่อม อีกถังหนึ่งยังจะสามารถใช้งานได้ และควรแยกถังน้ำประปากับถังสำรองน้ำดับเพลิง เพื่อป้องกันน้ำปนเปื้อนสนิมจากท่อน้ำดับเพลิง

การจ่ายน้ำภายในอาคารจะอาศัยเครื่องสูบน้ำ อาจใช้ระบบการจ่ายน้ำโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity Feed System) หรือใช้ระบบอัดน้ำด้วยความดัน (Pressurized System) ซึ่งโครงการนี้ใช้ระบบหลัง

ระบบการจ่ายน้ำโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity Feed System) เป็นระบบง่าย ๆ มีปัญหาน้อยจึงเป็นที่นิยม อาศัยการสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ที่สูงกว่าจุดใช้น้ำสูงสุดและปล่อยให้ไหลลงมาเอง การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำจะใช้สวิตช์ระดับ (Level Switch) ที่ติดตั้งอยู่ในถังน้ำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอัดน้ำด้วยความดัน (Pressurized System) นิยมใช้เครื่องสูบน้ำที่มีถังอัดความดันในตัว (Air Pressure Tank) ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาวาล์วเติมลม (Air Valve) เพื่อเติมลมรักษาระดับความดันให้คงที่ เนื่องจากการใช้งานลมจะละลายไปในน้ำลดลงไปเรื่อง ๆ และทำให้เครื่องสูบน้ำมีจังหวะหยุดเป็นการประหยัดไฟฟ้า เป็นการยืดอายุการใช้งานเครื่องสูบน้ำ สำหรับอาคารขนาดใหญ่ เครื่องสูบน้ำประเภทนี้ประกอบมาเป็นชุดเรียกว่า Pressure Booster Pump Set หรือ Constant Pressure Booster Pump Set โดยเครื่องสูบน้ำอาจมีหลายชุดขึ้นอยู่กับการใช้งาน

3.3 การวางแผนระบบท่อ [7]

การออกแบบและวางแผนการเดินท่อ จะต้องดำเนินการร่วมกับองค์ประกอบอื่น ๆ ของการก่อสร้างอาคารหลัก และสอดคล้องกับการวางแผนระบบอื่น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบและวางแผนการเดินท่อของโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงใหม่ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

วิธีการวางแผน

3.3.1 การออกแบบเชิงแนวคิด

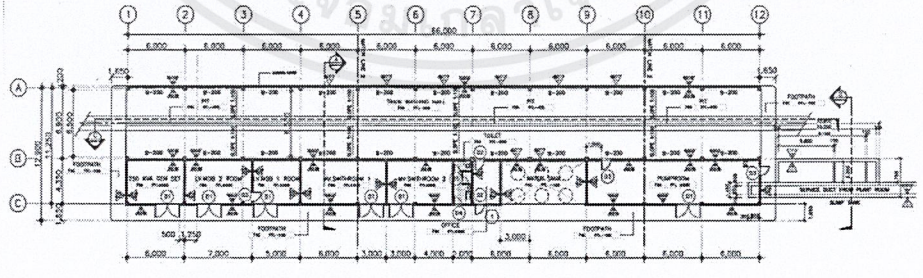
1. ประเภทและการใช้สอยอาคาร

   ประเภทโรงงานหลัก 07601 ลำดับที่ 76

   ประเภทหรือชนิดของโรงงาน [8] โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการสร้าง ดัดแปลง หรือซ่อมแซมรถ รถไฟ รถรางไฟฟ้า หรือกระเช้าไฟฟ้า

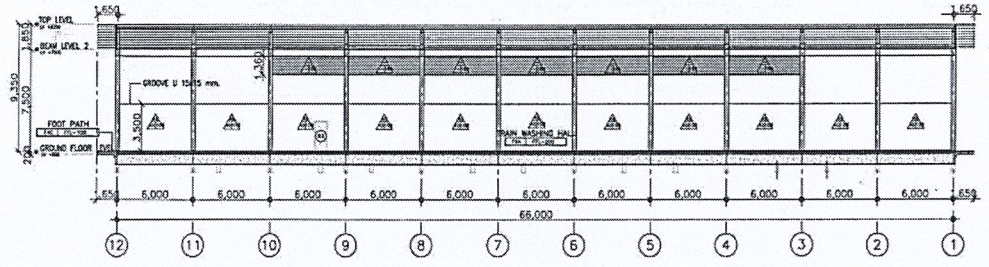
   โรงงานจำพวกที่ 1 เครื่องจักรไม่เกิน 20 แรงม้า

2. แบบร่างและขนาดของอาคาร อาคารกว้าง 11.250 เมตร ยาว 66 เมตร สูง 9.2 เมตร
3. จำนวนผู้ใช้อาคาร ประมาณการใช้งาน 10 คนต่อวัน

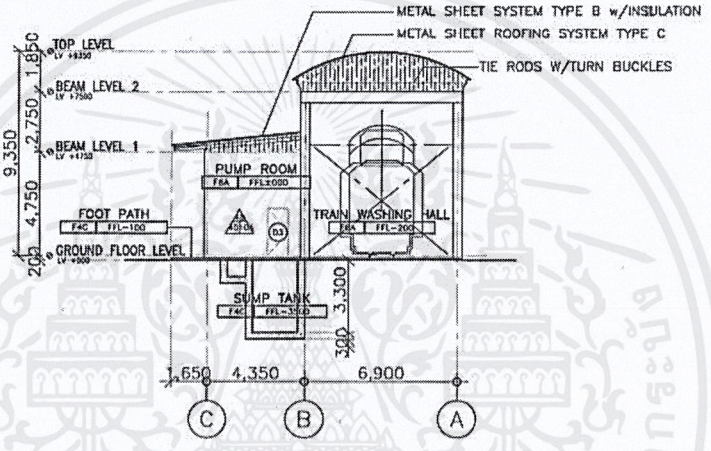


รูปที่ 3.3 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านข้าง



รูปที่ 3. 5 แบบสถาปัตยกรรมโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้านหน้า

3.3.2 การศึกษาภาคสนาม

การออกสำรวจภาคสนามเป็นส่วนหนึ่งของงานการออกแบบ ช่วยทำให้ข้อมูลสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น หากการสำรวจภาคสนามไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดความยุ่งยากในระยะเริ่มแรกของการออกแบบจริง อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาที่มีอิทธิพลต่องานการติดตั้ง

การสำรวจภาคสนามไม่ได้หมายความการออกสำรวจสถานที่ก่อสร้างเพียงอย่างเดียว แต่ยังหมายรวมถึงการติดต่อกับทางราชการ รัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องสิทธิการใช้น้ำและอื่น ๆ

3.3.3 การวางแผนเบื้องต้น

การวางแผนเบื้องต้น คือ การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของการออกแบบโดยอาศัยการออกแบบโดยสังเขป ข้อมูลที่ได้ตกลงในขั้นการออกแบบเชิงแนวคิด และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยมีการดำเนินการเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. ประชุมร่วมกับเจ้าของอาคารหรือผู้ออกแบบอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับการดำเนินงานให้เห็นสอดคล้องกันเกี่ยวกับอาคารและอุปกรณ์อื่น ๆ

3. หลังจากดำเนินการเรื่องทั่ว ๆ ไปแล้ว ก็จะเลือกระบบและเตรียมข้อมูลเพื่อการคำนวณออกแบบตลอดจนการศึกษาระบบของอุปกรณ์ต่าง ๆ

ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการวางแผนและออกแบบการเดินท่อ [9]

	ข้อกำหนดภายนอก	**งานวางแปลนและงานออกแบบ**	**งบประมาณ**	**ผลลัพธ์**
งานพล็อตขั้นต้น	ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับกฎหมายและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อความเป็นไปได้ของโครงการ โอกาสของการแก้ปัญหา ค่าใช้จ่ายตามความจำเป็นในการแก้ปัญหา (รักษาแหล่งน้ำ, ที่ทิ้งน้ำ, กฎเกี่ยวกับการกำจัดมลภาวะ)	- กำหนดแหล่งน้ำจากปริมาณการใช้น้ำ - กำหนดที่ทิ้งน้ำและคุณภาพของน้ำทิ้ง - กำหนดชนิดของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ตามกฎหมายและลักษณะงาน - ให้ข้อมูลเพื่อลงมือพล็อตในการใช้สถานที่ก่อสร้าง	- จัดทำโดยเพิ่มเติมการประมาณอย่างคร่าว ๆ จากราคาต่อหน่วย	- รายงานการศึกษาขั้นต้นในเรื่องต่าง ๆ ปัญหาที่จะต้องแก้ไข งบประมาณการก่อสร้าง และแผนการทำงาน, การออกแบบและการก่อสร้าง
งานวางแผนขั้นต้น	- การศึกษาสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ, สภาพทางภูมิศาสตร์, สภาพทางภูมิศาสตร์ ระดับน้ำใต้ดิน ฯลฯ - รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะดินฟ้าอากาศ ฯลฯ - การใช้น้ำประปา ระบบท่อระบายน้ำ	- ศึกษาอุปกรณ์แต่ละระบบ - กำหนดแหล่งต้นกำเนิดความร้อน - จัดอุปกรณ์หลักและการเดินท่อหลัก - ศึกษาการรับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ - กำหนดรายการประกอบแบบของเครื่องจักรและวัสดุอย่างคร่าว ๆ - กำหนดการแบ่งงานออกแบบ	- หลังจากเตรียมงบประมาณสำหรับอุปกรณ์แต่ละชนิด ตรวจสอบและปรับปรุงงบประมาณอีกครั้ง	- การเสนอแปลนขั้นต้น - ศึกษาระบบแต่ละอุปกรณ์ - การเสนอแปลนรวมถึงการแสดงขั้นตอนต่าง ๆ งบประมาณการออกแบบและแผนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ข้อกำหนดภายนอก	งานวางแปลนและงานออกแบบ	งบประมาณ	ผลลัพธ์
	โสโครก ท่อก๊าซ ของชุมชน - การเจรจาเพื่อแก้ไขปัญหา ศึกษาและปรึกษากฎเกณฑ์การกำจัดมลภาวะ	- ให้ข้อมูลสำหรับการวางผนใช้ที่ดินสำหรับการวางแปลนทางสถาปัตยกรรมและแปลนอุปกรณ์อื่น ๆ (เนื้อที่ที่ต้องการ ขนาดเครื่องจักร ฯลฯ)		
การออกแบบขั้นตอน	ศึกษาและเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่จำเป็นเสร็จสิ้นการศึกษาและปรึกษากฎหมายขั้นต้น	- การออกแบบอย่างคร่าว ๆ - กำหนดการจัดอุปกรณ์และแนวการเดินท่อ - ศึกษาเนื้อที่ที่ต้องการ - กำหนดรายการประกอบแบบของเครื่องจักรและวัสดุที่สำคัญ - ปรึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งและขนาดของสิ่งที่ต้องการภายนอกอาคาร ห้องเครื่องและช่องท่อ - ปรึกษาเกี่ยวกับความสูงของแต่ละเครื่องจักร ความต้องการระยะระหว่างฝ้าเพดานและพื้นชั้นบน - ปรึกษากับผู้ออกแบบอุปกรณ์อื่น ๆ ถึงขนาดและความต้องการน้ำและอื่น ๆ	- จัดเตรียมงบประมาณตามความต้องการเครื่องจักรและราคาต่อหน่วยรวมของท่อ ฯลฯ โดยอาศัยชนิดท่อ ขนาดและสถานที่ตั้ง	เอกสารการออกแบบข้างต้น - ออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยสังเขป - ขั้นตอนการดำเนินงาน - แบบขั้นต้นแสดงการจัดว่าเครื่องจักรและแนวการเดินท่อหลัก ตารางแบ่งการออกแบบและการก่อสร้าง - การประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างคร่าว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ข้อกำหนดภายนอก	งานวางแปลนและงานออกแบบ	งบประมาณ	ผลลัพธ์
การออกแบบขั้นก่อสร้าง	ศึกษาและเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่จำเป็นการศึกษาและปรึกษากฎหมายโดยละเอียดถ้าจำเป็น	- การออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยละเอียด - ศึกษาการติดตั้งแต่ละชิ้นส่วน - ยืนยันเนื้อที่ที่ต้องการใช้ - การเตรียมรายการประกอบแบบ - การเตรียมเอกสารที่เกี่ยวกับการขอคำยืนยัน - ได้รับการยืนยันการแบ่งงานการก่อสร้าง	- จัดเตรียมการประมาณราคาแยกรายการแต่ละรายกาเพื่อที่จะได้สามารถเปรียบเทียบกับราคาที่ผู้รับเหมาแต่ละรายเสนอมา	เอกสารการออกแบบ - รายการคำนวณอุปกรณ์แต่ละชิ้น - แบบแปลน - รายการประกอบแบบเกี่ยวกับรายการแต่ละรายการและการประมาณราคาแยกรายการ - การเสนอขอรับการยืนยัน ฯลฯ

หมายเหตุ 1. ควรดำเนินงานทุกชนิดหลังจากที่ได้ปรึกษากับเจ้าของหรือผู้แทนของเจ้าของอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นของการออกแบบ โดยนำเอาการใช้งานและการควบคุมเข้ามาประกอบการพิจารณาอย่างครบถ้วน

2. ควรดำเนินงานต่อไปหลังจากตรวจสอบกับผลของงานขั้นต้นอยู่เสมอ

3.3.4 การออกแบบขั้นต้น

การออกแบบขั้นต้นอาศัยการวางแผนขั้นต้น เพื่อศึกษาขนาดและตำแหน่งของเครื่องจักรโดยละเอียด โดยใช้การเขียนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การออกแบบขั้นปฏิบัติการ

ศึกษารายละเอียดเชิงลึกจากเอกสารการคำนวณและแบบขั้นต้นเพื่อเขียนแบบขั้นสุดท้าย และเขียนรายละเอียดการก่อสร้าง งบประมาณที่ต้องการขั้นสุดท้าย

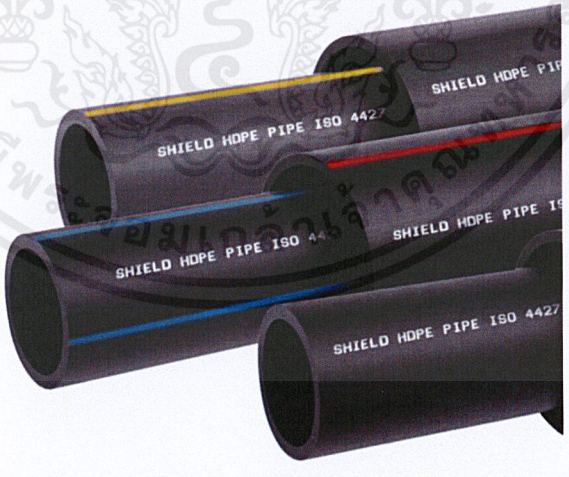
ผู้รับเหมาจะประมาณราคาค่าก่อสร้างจากแบบและรายละเอียด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาข้อตกลง และมีการเขียนแบบสำหรับก่อสร้าง ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบข้อผิดพลาดในการวางแผนและออกแบบให้ละเอียดรอบคอบ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตามมา

3.4 วัสดุท่อน้ำและข้อต่อ (Pipes and Fittings Material)

3.4.1 ท่อ HDPE (High Density Polyethylene Pipe) [10]

ท่อ HDPE หรือ ท่อ PE (Polyethylene) [11] ผลิตจากเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนคุณภาพสูงตาม มอก.2559-2554 ชนิดความหนาแน่นสูง ท่อ HDPE ผ่านกระบวนการผลิตและทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มอก.982-2556

ผิวท่อ HDPE [12] จะมีลักษณะเรียบมัน เหมาะสมต่อการส่งน้ำประปา ท่อน้ำดื่ม รวมถึงตัวท่อมีความยืดหยุ่นได้ดี น้ำหนักเบา ค่าความเสียดทานในท่อน้อย ปราศจากสารเป็นพิษ คงทนต่อสารเคมีต่าง ๆ และทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีจึงเหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคาร และใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป หากท่อคาดด้วยสีฟ้า จะใช้สำหรับงานระบบน้ำ งานประปา หากท่อคาดด้วยสีส้มหรือแดง จะใช้เป็นท่อร้อยสายไฟสำหรับงานระบบไฟฟ้า



รูปที่ 3.6 ท่อ HDPE [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อท่อ HDPE นั้นทำได้ 2 วิธี ได้แก่

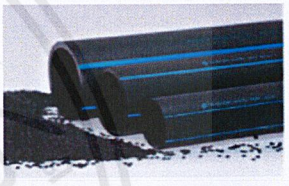
1.) การต่อท่อแบบสวมอัด (Compression) ใช้กับท่อขนาด 16 – 110 มม. ถูกออกแบบมาใช้เฉพาะกับท่อ HDPE โดยข้อต่อจะใช้การสวมอัดและขันเกลียวให้แน่นโดยไม่ต้องติดกาว

2.) การต่อท่อแบบเชื่อมชน (Butt Fusion) ใช้กับท่อขนาด 110 มม. ขึ้นไป โดยให้ความร้อนกับท่อที่จะทำการเชื่อมพร้อม ๆ กันทั้ง 2 ด้านของชิ้นงาน ทำให้ผิวของท่อแต่ละด้านเกิดการหลอมละลายทำให้ผนังของท่อหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

ในโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้านี้ ระบบสุขาภิบาลและระบบน้ำประปาใช้ท่อ HDPE รุ่น SDR13.5 PN10 PE80 โดย PE คือ ความแข็งแรงในการรับน้ำหนักของตัววัสดุ จึงต้องใช้ตารางในรูปที่ 2.3 หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (ID; Inside Diameter หรือ Inner Diameter) และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD; Outside Diameter หรือ Outer Diameter) เพื่อใส่ค่าในโปรแกรม Autodesk Revit 2020

ท่อ HDPE
High Density Polyethylene Pipe

ขนาดมิติท่อ HDPE เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 982-2556
Dimensions of HDPE pipe TIS. 982-2556



SDR			SDR 41		SDR 33		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 13.5		SDR 11		SDR 9		SDR 7.4	
PE 80			PN3.2		PN4		-		PN6*		PN8		PN10		PN12.5		PN16		PN20	
PE 100			PN4		-		PN6*		PN8		PN10		PN12.5		PN16		PN20		PN25	
ขนาด		เส้นผ่าศูนย์กลางนอก	T	W	T	W	T	W	T	W	T	W	T	W	T	W	T	W	T	W
mm.	inch.	OD (mm.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)	(mm.)	(Kg./m.)
20	1/2	20.0 +0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.12	2.3	0.13	3.0	0.16
25	3/4	25.0 +0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.15	2.3	0.17	3.0	0.21	3.5	0.24
32	1	32.0 +0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.19	2.4	0.23	3.0	0.29	3.6	0.33	4.4	0.39
40	1 1/4	40.0 +0.30	-	-	-	-	-	-	2.0	0.25	2.4	0.29	3.0	0.36	3.7	0.43	4.5	0.51	5.5	0.61
50	1 1/2	50.0 +0.30	-	-	-	-	2.0	0.31	2.4	0.37	3.0	0.45	3.7	0.55	4.6	0.67	5.6	0.79	6.9	0.94
63	2	63.0 +0.40	-	-	-	-	2.5	0.49	3.0	0.58	3.8	0.72	4.7	0.88	5.8	1.06	7.1	1.27	8.6	1.48
75	2 1/2	75.0 +0.50	-	-	-	-	2.9	0.67	3.6	0.83	4.5	1.02	5.6	1.24	6.8	1.48	8.4	1.78	10.3	2.11
90	3	90.0 +0.60	-	-	-	-	3.5	0.98	4.3	1.19	5.4	1.47	6.7	1.78	8.2	2.14	10.1	2.57	12.3	3.03
110	4	110.0 +0.70	-	-	-	-	4.2	1.44	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1	2.64	10.0	3.17	12.3	3.81	15.1	4.54
125	5	125.0 +0.80	-	-	-	-	4.8	1.85	6.0	2.28	7.4	2.78	9.2	3.40	11.4	4.12	14.0	4.93	17.1	5.84
140	5 1/2	140.0 +0.90	-	-	-	-	5.4	2.33	6.7	2.85	8.3	3.49	10.3	4.26	12.7	5.13	15.7	6.18	19.2	7.34
160	6	160.0 +1.00	-	-	-	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8	5.56	14.6	6.73	17.9	8.05	21.9	9.55
180	7	180.0 +1.10	-	-	-	-	6.9	3.81	8.6	4.70	10.7	5.76	13.3	7.05	16.4	8.51	20.1	10.18	24.6	12.07
200	8	200.0 +1.20	-	-	-	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.11	14.7	8.65	18.2	10.50	22.4	12.59	27.4	14.93
225	9	225.0 +1.40	-	-	-	-	8.6	5.94	10.8	7.36	13.4	9.02	16.6	10.98	20.5	13.29	25.2	15.93	30.8	18.87
250	10	250.0 +1.50	-	-	-	-	9.6	7.36	11.9	9.01	14.8	11.06	18.4	13.53	22.7	16.34	27.9	19.58	34.2	23.30
280	11	280.0 +1.70	-	-	-	-	10.7	9.18	13.4	11.38	16.6	13.89	20.6	16.95	25.4	20.49	31.3	24.62	38.3	29.21
315	12	315.0 +1.90	7.7	7.56	9.7	9.45	12.1	11.70	15.0	14.30	18.7	17.59	23.2	21.48	28.6	25.93	35.2	31.14	43.1	36.98
355	14	355.0 +2.20	8.7	9.62	10.9	11.95	13.6	14.78	16.9	18.50	21.1	22.39	26.1	27.24	32.2	32.92	39.7	39.56	48.5	46.89
400	16	400.0 +2.40	9.8	12.20	12.3	15.21	15.3	18.75	19.1	23.15	23.7	28.30	29.4	34.54	36.3	41.80	44.7	50.17	54.7	59.56
500	20	500.0 +3.00	12.3	19.14	15.3	23.63	19.1	29.4	23.9	36.11	29.7	44.30	36.8	53.99	45.4	65.31	55.8	78.28	-	-
630	24	630.0 +3.80	15.4	30.16	19.3	37.52	24.1	46.44	30.0	57.10	37.4	70.28	46.3	85.61	57.2	103.66	70.3	124.28	-	-

*ค่า PN คำนวนจากค่าสัมประสิทธิ์ในการใช้งาน (การออกแบบ) C =1.25

รูปที่ 3.7 แสดงขนาดมิติท่อ HDPE [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ท่อ PPR (Polypropylene Random Copolymer) [14]

ลักษณะท่อผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีโพรไพลีนที่มีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เจาะจง ทำให้ได้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ดีขึ้น เหมาะสมสำหรับการใช้งานระบบท่อน้ำประปา ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำเย็น และงานท่อประเภทอื่น มีคุณสมบัติทนต่อแรงดันสูง 200 psi ทนอุณหภูมิสูงถึง 95 องศาเซลเซียส ปราศจากสารเป็นพิษ ลดเชื้อแบคทีเรีย ทนต่อสารเคมี

ท่อน้ำประปา (Cold water) ในอาคาร เหมาะแก่การใช้ท่อ PPR80 รุ่น SDR11 PN10 ผลิตตามมาตรฐาน DIN 8077/78 ซึ่งได้รับการรับรองจากสถาบัน DVGW ผ่านการทดสอบความสะอาดตามมาตรฐาน BS 6920 Part II และ WRAS มีการรับประกันจากบริษัทประกันภัยที่มีความน่าเชื่อถือ โดยท่อขนาด 20 mm จะต้องมีความหนา 2.3 mm ขึ้นไป และทุกขนาดต้องระบุเวลาในการ เชื่อมบนเส้นท่อตลอดแนวท่อ

ข้อต่อเป็นชนิดเดียวกันกับท่อและผลิตจากโรงงานเดียวกัน ติดตั้งด้วยวิธีเชื่อมสอด (Socket fusion) หรือ เชื่อมสอดด้วยระบบไฟฟ้า (Electro fusion) ข้อต่อชนิดเกลียว ต้องเป็นเกลียวโลหะเต็มเกลียว และเป็นทองเหลืองหรือทองเหลืองชุบนิเกิล

รูปที่ 3.8 ท่อ PPR [14]

ในโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้านี้ ระบบน้ำประปาใช้ท่อ PPR รุ่น SDR11 PN10 จึงต้องใช้ตารางในรูปที่ 2.5 หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (ID; Inside Diameter หรือ Inner Diameter) และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (OD; Outside Diameter หรือ Outer Diameter) เพื่อใส่ค่าในโปรแกรม Autodesk Revit 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Outside Diameter (mm)	Thickness (mm)	Internal Diameter (mm)	Water Volume (L/m)	Weight (Kg/m)
20** **ท่อขนาด 20 mm. เป็นท่อรุ่น SDR 9 ความหนามากกว่า ท่อ SDR 11 ที่มีหนาเพียง 1.9 mm.	2.3	15.4	0.186	0.115
25	2.3	20.4	0.327	0.164
32	2.9	26.2	0.539	0.267
40	3.7	32.6	0.835	0.412
50	4.6	40.8	1.308	0.638
63	5.8	51.4	2.076	1.010
75	6.8	61.4	2.962	1.420
90	8.2	73.6	4.256	2.030
110	10.0	90.0	6.364	3.010

รูปที่ 3.9 แสดงขนาดมิติท่อ PPR รุ่น SDR 11 PN 10 [14]

3.4.3 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี (Galvanized Steel Pipe) [15]

ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี TIS มอก. 277-2532 เหล็กกัลวาไนซ์ชุบสังกะสี คือ การนำชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า มีความหนาประมาณ 5-10 ไมครอน หรือชุบอิเล็คโคตรเพลทติ้ง เหมาะสำหรับงานที่ไม่เน้นการป้องกันการเกิดสนิมมากนัก ใช้ในพื้นที่ในร่ม การป้องกันสนิมที่นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรม คือการนำเหล็กกัลวาไนซ์ไปเคลือบผิวโดยการชุบ Hot-Dip Galvanized เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง อายุการใช้งานนานกว่า การชุบทุกชนิดของการเคลือบผิว และเป็นที่ยอมรับในงานอุตสาหกรรม ประโยชน์ของเหล็กกัลวาไนซ์ (Galvanized steel)

รูปที่ 3.10 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีสำหรับบ้านและหน่วยงานของคุณ ท่อเหล็กชุบสังกะสี มีข้อดี คือ แข็งแรง เหมาะกับการใช้ในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรง แม้เอาเครื่องมือมาวางก็ไม่เสียหาย

ข้อเสียของท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี จะเป็นสนิมบริเวณที่ต่อ เพราะบริเวณนั้นต้องมีการตาร์บเกลียว จะทำให้ขัดสังกะสีที่เคลือบออก

อายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 10-20 ปี มักเกิดสนิมบริเวณที่มีการทำเกลียว ในสมัยก่อนจะมีการฝังท่อประเภทนี้เข้าในผนัง ข้อดีคือ เมื่อมีการเจาะ จะรู้ได้ทันทีว่าเจาะโดนบริเวณท่อ ซึ่งจะป้องกันการรั่วของน้ำได้เป็นอย่างดี

การใช้ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีในโครงการนี้ใช้ ท่อเหล็กอาบสังกะสีชนิดคาดน้ำเงิน ในการต่อท่อระบายน้ำทิ้งในอาคารทั่วไป และชนิดหนา ใช้ในการต่อท่อระบายน้ำที่ต่อใต้พื้นถนน หรือบริเวณที่รับน้ำหนักกด หรือสั่นสะเทือนมาก ขนาด ท่อน้ำโสโครก มีทั้งชนิดบ่ารับเดี่ยว และบ่ารับคู่

ขนาด Size	เส้นผ่านศูนย์กลาง Outside Diameter		ความหนา Thickness มม. (mm)	น้ำหนัก (Weight) กก./เมตร (Kg/m.)
	ต่ำสุด (Min) มม. (mm.)	สูงสุด (Max) มม. (mm.)		
10	16.7	17.5	2.3	0.839
15	21.0	21.8	2.6	1.21
20	26.5	27.3	2.6	1.56
25	33.3	34.2	3.2	2.41
32	42.0	42.9	3.2	3.10
40	47.9	48.8	3.2	3.56
50	59.7	60.8	3.6	5.03
65	75.3	76.6	3.6	6.42
80	88.0	89.5	4.0	8.36
100	113.1	115.0	4.5	12.20
125	138.5	140.8	5.0	16.60
150	163.9	166.5	5.0	19.80

รูปที่ 3.11 แสดงขนาดมิติท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี [15]

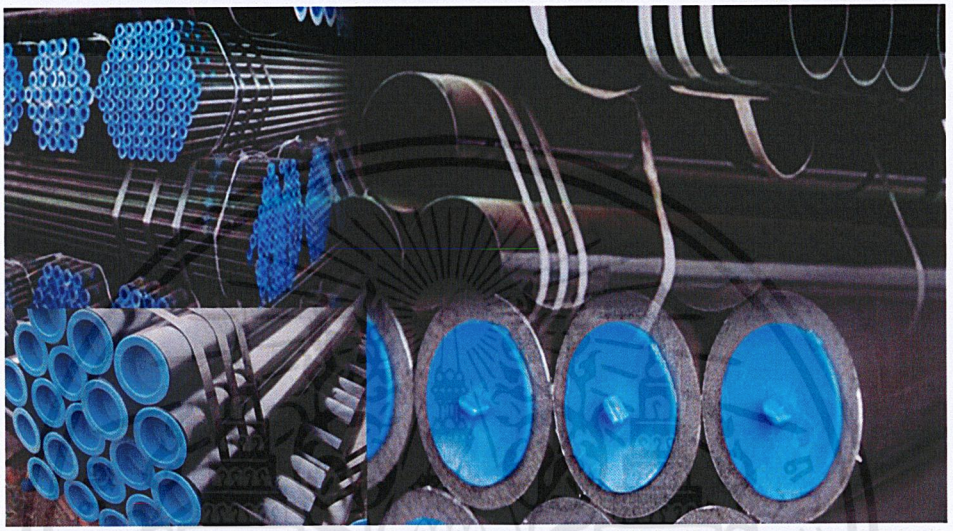
3.4.4 ท่อเหล็กดำ sch 40 แบบไร้ตะเข็บ (Black Steel Pipe SEAMLESS,SML) [15]

ท่อเหล็กดำ sch 40 แบบไร้ตะเข็บ Standard : ASTM A-53 -2007 ผลิตจากแท่งเหล็ก (Steel billet) ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้แท่งเหล็กดัดกลมวิธีการผลิตเริ่มมาจากการให้ความร้อนแท่งเหล็กที่อุณหภูมิประมาณ 1230°C (2250°F) จากนั้นแท่งเหล็กที่ร้อนแดงจะถูกหมุนและดึงด้วยลูกรีดผ่านแท่งทะลวง (Piercing rod mandrel) ลูกรีดจะดึงให้เนื้อโลหะไหลผ่านแท่งทะลวงทำให้เกิดเปลือกท่อกลวง (Hollow pipe shell) ขึ้น หลังจากนั้นจะให้ความร้อนอีกครั้งจึงรีดท่อโดยมี Support Bar อยู่ด้านในเพื่อปรับให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของผนังที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อเหล็กที่ไม่มีตะเข็บ (ท่อเหล็กไร้ตะเข็บ, Seamless Pipe, SMLS Pipe) เหมาะกับงานที่ต้องรับแรงดันสูง ทนความร้อนได้สูง เช่นงานน้ำมัน งานแก๊ส เพราะเป็นงานที่ต้องอาศัยความปลอดภัยมาก ท่อจะแตกไม่ได้ กรรมวิธีในการผลิตท่อเหล็กไม่มีตะเข็บโดยคร่าวๆ คือ การนำเพลาตันไปหลอมให้ร้อน จากนั้นก็เจาะทะลุเพลาตันให้เป็นรูกลวงไป จะได้ท่อเหล็กไม่มีตะเข็บ

ประเภทการใช้งาน : ใช่สำหรับท่อแก๊ส, น้ำมัน, งานไอน้ำ และงานโครงสร้างทั่วไป



รูปที่ 3.12 ท่อเหล็กดำ [15]

3.4.5 ขนาดและพิกัดของท่อ

การระบุประเภทของท่อพลาสติกมีหลายแบบ ได้แก่ Schedule (IPS), SDR (Standard Diameter Ratio), 'S' Series และ PN (Metric/ Bar Rating)

- Schedule (IPS) ท่อพลาสติกผลิตตามแบบนี้น้อย เนื่องจากขนาดและความหนาเป็นไปตามแบบของท่อเหล็ก IPS (Iron Pipe Size) ความดันใช้งานจึงลดลงเมื่อขนาดของท่อใหญ่ขึ้น

- SDR (Standard Dimension Ration) คือ อัตราส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อต่อความหนา มีหน่วยเป็น mm. โดยที่

$$SDR = \frac{OD}{t}$$

เมื่อ OD คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (mm.)

t คือ ความหนาท่อ (mm.)

เป็นวิธีการบอกความหนาท่อที่นิยมใช้ในท่อพลาสติก ยิ่ง SDR มีค่าน้อย แสดงว่าท่อชนิดนั้น ๆ มีความหนามากและทนแรงดันได้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ‘S’ Series : ISO 4065 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาของท่อกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ มีหน่วยเป็น mm. โดยที่

$$S = \frac{(SDR - 1)}{2}$$

เมื่อ SDR คือ Standard Dimension Ration (mm.)

- PN (Pressure Nominal) คือ ค่าความดันใช้งานของท่อ มีหน่วยเป็น Bars (1 Bars = 0.1 MPa) ที่อุณหภูมิ 20°C โดยที่

$$PN = \frac{2HDS}{\frac{t}{OD}}$$

เมื่อ HDS คือ แรงเค้นของวัสดุที่ยอมให้ใช้ได้ (MPa)

OD คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (mm.)

t คือ ความหนาท่อ (mm.)

ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้การคำนวณความดันของท่อตาม ASTM Test Method และ PPI (Plastic Piping Institute) ใช้ PN (MPa) และ HDS (Hydrostatic Design Stress) สำหรับน้ำร้อนใช้มาตรฐานแรงเค้นที่ 82.2°C (180°F) โดยที่

$$HDS = HDB \times DF$$

เมื่อ HDB คือ Hydrostatic Design Basis

DF คือ ตัวประกอบเพื่อการออกแบบ (สัดส่วนกลับตัวประกอบความปลอดภัย)

ประเทศในแถบยุโรปมีมาตรฐานของท่อและวัสดุเทอร์โมพลาสติกหลายประเภท ซึ่งโดยหลักการแล้วสามารถอ้างอิงไปในทางเดียวกัน ได้แก่ BS, DIN และ ISO มีวิธีการทดสอบเพื่อใช้ค่าแรงเค้นมาคำนวณหาความดันใช้งาน และอายุการทำงานของท่อที่ใช้ที่อุณหภูมิสูง โดยที่

$$PN = \frac{20H}{SDR - 1}$$

เมื่อ H คือ แรงเค้นของวัสดุที่ยอมให้ใช้ได้ (N/mm^2)

SDR คือ Standard Diameter Ratio (mm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล [16]

ค่าตัวแปรที่จำเป็นในการคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลประกอบด้วย

3.5.1 การสูญเสียหลัก

สมการที่ใช้ทำนายการสูญเสียหลักได้แม่นยำที่สุดคือ สมการของดาร์ซี่และไวซบัค (DarcyWeisbach equation) ซึ่งเขียนในรูปของเฮดได้ดังนี้

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$$

เมื่อ h_f คือ ความดันสูญเสียวัดเป็นความสูงของของเหลวในหน่วยเมตร

L คือ ความยาวของท่อ (m)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (m)

v คือ ความเร็วในการไหล (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

f คือ ค่าตัวประกอบความเสียดทานของท่อโดยหาได้จากสมการการคำนวณของ Swamee

3.5.2 ค่าตัวประกอบความเสียดทาน

$$f = \frac{64}{Re}$$

สำหรับ Re < 2,300

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10}\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2}$$

และ สำหรับ Re > 10,000

เมื่อ ε คือ ความหยาบของท่อ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดท่อ	ความหยาบ ε (mm)	สัมประสิทธิ์ความหยาบ C
ท่อทองแดง ทองเหลือง และ อลูมินัม	0.001 - 0.002	130-150
ท่อพีวีซี และพลาสติก	0.0015 - 0.007	140-150
ท่อสเตนเลส	0.015	150
ท่อเหล็กทั่วไป	0.045 - 0.09	120
ท่อเล็กหล่อ	0.25 - 0.8	100

รูปที่ 3.13 ความหยาบของท่อสำหรับใช้ทำนายความดันตก [16]

3.5.3 ตัวเลขเรโนลส์ (Reynolds number)

$$\mathrm{Re} = \frac{vD}{\vartheta}$$

โดยที่ v คือ ความเร็ว (m/s)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (m.)

ν คือ ความหนืดเชิงจลน์ศาสตร์ = 1.004×10^{-6} m^2/s

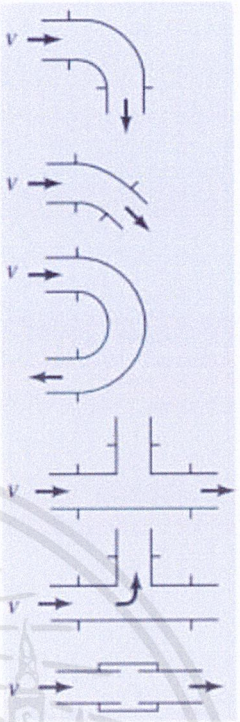
3.5.6 การสูญเสียรอง (Minor loss) [17]

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของการไหลเมื่อของไหล ไหลผ่านข้อต่อ ข้องอ และวาล์ว ซึ่งสามารถเขียนได้ในรูปของสมการ

$$h_m = K\frac{v^2}{2g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a. Elbows	
Regular 90°, flanged	0.3
Regular 90°, threaded	1.5
Long radius 90°, flanged	0.2
Long radius 90°, threaded	0.7
Long radius 45°, flanged	0.2
Regular 45°, threaded	0.4
b. 180° return bends	
180° return bend, flanged	0.2
180° return bend, threaded	1.5
c. Tees	
Line flow, flanged	0.2
Line flow, threaded	0.9
Branch flow, flanged	1.0
Branch flow, threaded	2.0
d. Union, threaded	0.08
e. Valves	
Globe, fully open	10
Angle, fully open	2
Gate, fully open	0.15
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	0.26
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	2.1
Gate, $\frac{3}{4}$ closed	17
Swing check, forward flow	2
Swing check, backward flow	∞
Ball valve, fully open	0.05
Ball valve, $\frac{1}{3}$ closed	5.5
Ball valve, $\frac{2}{3}$ closed	210



รูปที่ 3.14 สัมประสิทธิ์สูญเสียพลังงานรอง [16]

3.5.7 ความเร็วการไหลในเส้นท่อ

$$v = \frac{Q}{A}$$

โดย Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาการประยุกต์ใช้ BIM ภายในองค์กรโดยศึกษาจากกรณีตัวอย่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง คือ การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ โดยเริ่มจากการลงพื้นที่หน้างาน แล้วจึงเริ่ม ทบทวนเอกสาร มาตรฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการถอดแบบและสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และ Autodesk AutoCad เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมและสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ได้แก่ 1.การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์และอุปกรณ์ล้างรถไฟ 2.การทับซ้อนกันของระบบท่อ 3. การทับซ้อนกันของระบบท่อ, โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นแนวทางด้านการจัดการการก่อสร้างเพื่อให้เหมาะสมและรองรับกับการใช้แนวคิด BIM ในการพัฒนาองค์กร โดยมีลายละเอียดดังนี้

4.1 สมมติฐานของงานวิจัย

- การใช้งานกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling) สามารถแก้ปัญหาการทำงานทับซ้อนกันในโครงการก่อสร้างได้ดี
- โปรแกรม Autodesk Revit เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการใช้งานกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling)

4.2 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยมีดังนี้

1.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารภายในโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงเท่านั้น

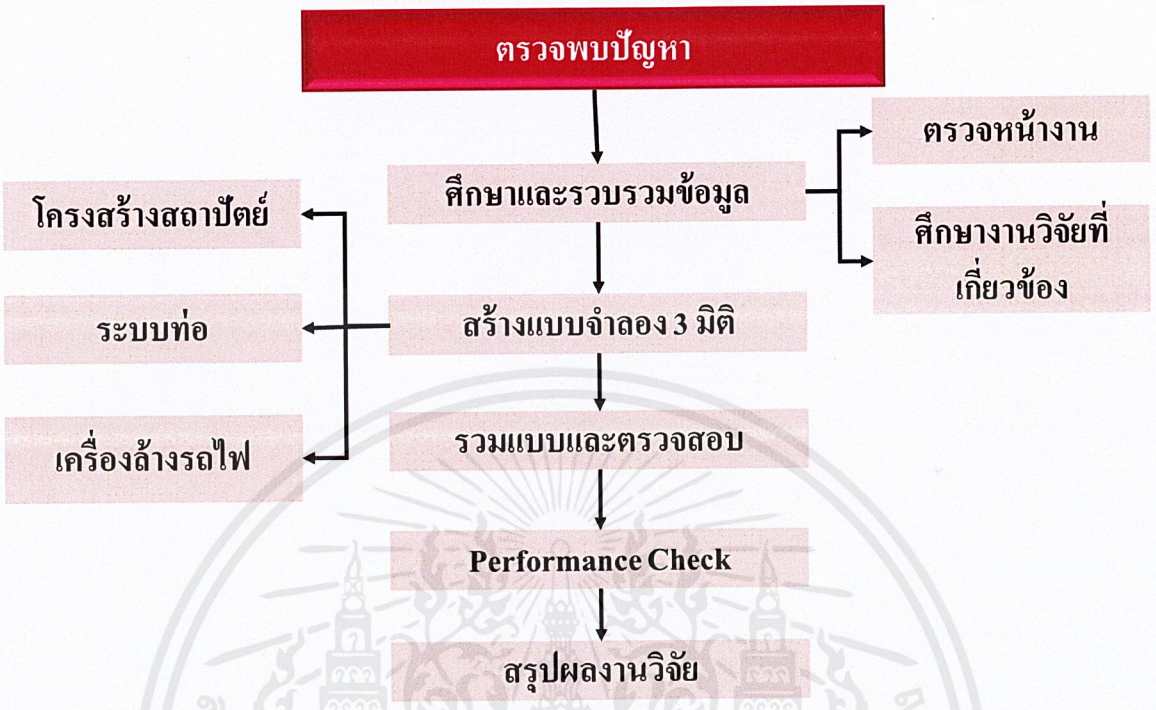
2.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการนำแนวคิดกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการออกแบบงานระบบสุขาภิบาล และงานระบบเครื่องกลเท่านั้น

3.) งานวิจัยนี้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit เพื่อกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศเท่านั้น

4.) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการแบบจำลองสารสนเทศในส่วนของการออกแบบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ขั้นตอนงานวิจัย



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนงานวิจัย

1) ลงพื้นที่เป้าหมายกรณีศึกษางานโครงสร้างพื้นฐานโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง
2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) กับการประยุกต์ใช้ข้อมูลกับกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมระบบ
3) สร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020
4) รวมแบบและตรวจสอบความถูกต้องของการใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ในการรวมระบบ
5) ตรวจสอบความถูกต้องในการแก้ไขปัญหา (Performance Check)
6) สรุปผลงานวิจัย ข้อจำกัดงานวิจัย ข้อเสนอสำหรับงานวิจัยในอนาคต และเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้งานวิจัยกับงานออกแบบ ก่อสร้างและติดตั้งต่อไป

4.4 ลงพื้นที่เป้าหมายกรณีศึกษางานโครงสร้างพื้นฐานโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง

1) เตรียมตัวลงพื้นที่โดยศึกษาแบบแปลนอาคารที่จะไปตรวจสอบคร่าวๆก่อนไปเห็นหน้างานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เตรียมอุปกรณ์safety ซึ่งได้แก่ หมวก รองเท้า เสื้อสะท้อนแสง

3) เมื่อไปถึงหน้างาน ให้ตรวจสอบว่าหน้างานกับในแบบถูกต้องหรือไม่พร้อมกับสอบถามกับผู้รับผิดชอบอาคารนั้นและถ่ายรูปเก็บหลักฐานไว้

รูปที่ 4.2 ตรวจสอบหน้างานภายในโรงล้างรถไฟฟ้า

รูปที่ 4.3 ตรวจสอบหน้างานภายในโรงล้างรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) กับการประยุกต์ใช้ข้อมูลกับกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมระบบ

- ศึกษาองค์ประกอบหลักในการสร้างรูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.) กลยุทธ์ (Strategy) วิเคราะห์ด้านวิธีการวางรูปแบบกลยุทธ์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถจัดรูปแบบองค์กรได้ 3 รูปแบบ คือ รูปแบบ UNE (BIM Uses and none Expert), รูปแบบ NUNE (non-BIM Uses and none Expert) และรูปแบบ UE (BIM Uses and Expert) องค์กรที่ผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหานั้นสามารถจำแนกได้เป็นรูปแบบ UNE (BIM Uses and none Expert) กล่าวคือ มีผู้ใช้งาน BIM แต่ขาดผู้เชี่ยวชาญในช่วงเริ่มต้น

การกำหนด BIM Objective ด้วยการกำหนด BIM Goals เนื่องจากปัญหาที่ต้องการแก้ไขมีเป้าหมายชัดเจน คือปัญหาการทับซ้อนกันของงานระบบภายในโรงล้างรถไฟ

2.) การวางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนองค์กร (Uses) วิเคราะห์ด้านการวางแผนเพื่อสร้าง รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กร

3.) ขั้นตอนการทำงาน (Work Process) วิเคราะห์ด้านการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

4.) สารสนเทศ (Information)

1.) รายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลอง (Model Element Breakdown)

2.) ระดับขั้นในการพัฒนาแบบจำลอง (LoD)

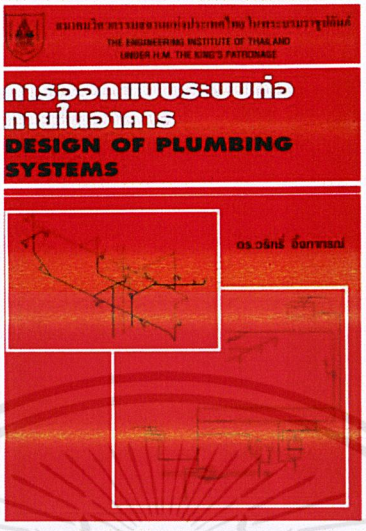
3.) ข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Data)

5.) โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) วิเคราะห์ด้านโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการสนับสนุนการทำงาน

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
2. ซอฟต์แวร์ (Software) Autodesk Revit
3. พื้นที่ (Space)
4. เซิร์ฟเวอร์ (Server) ภายในองค์กร
5. บุคลากร (Personnel) การบริหารและพัฒนาศักยภาพพนักงานในองค์กร

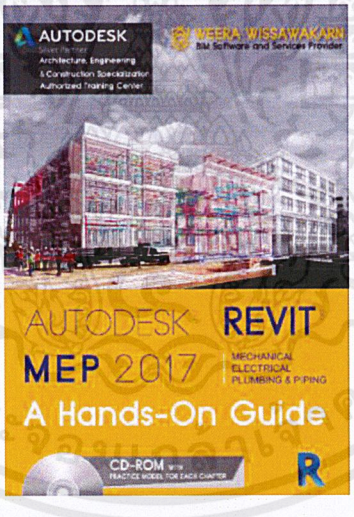
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รวบรวมข้อมูลเอกสารเกี่ยวกับระบบท่อและมาตรฐานในการเดินระบบเครื่องกลและสุขาภิบาล



รูปที่ 4.4 คู่มือการออกแบบระบบท่อภายในอาคาร

- ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Revit



รูปที่ 4.5 คู่มือการออกแบบ AUTODESK REVIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถอดแบบสถาปัตยกรรม สุขาภิบาล และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

KINGDOM OF THAILAND
MINISTRY OF TRANSPORT
THE STATE RAILWAY OF THAILAND

THE CONSTRUCTION OF MASS TRANSIT
SYSTEM PROJECT IN BANGKOK(RED LINE)(I)

CONTRACT 1: BANG SUE GRAND STATION
AND DMPOTS ELEVATED CIVIL WORKS

ARCHITECTURAL WORKS
TRAIN WASHING PLAN

Rev.01
22/Dec./2017

PMC

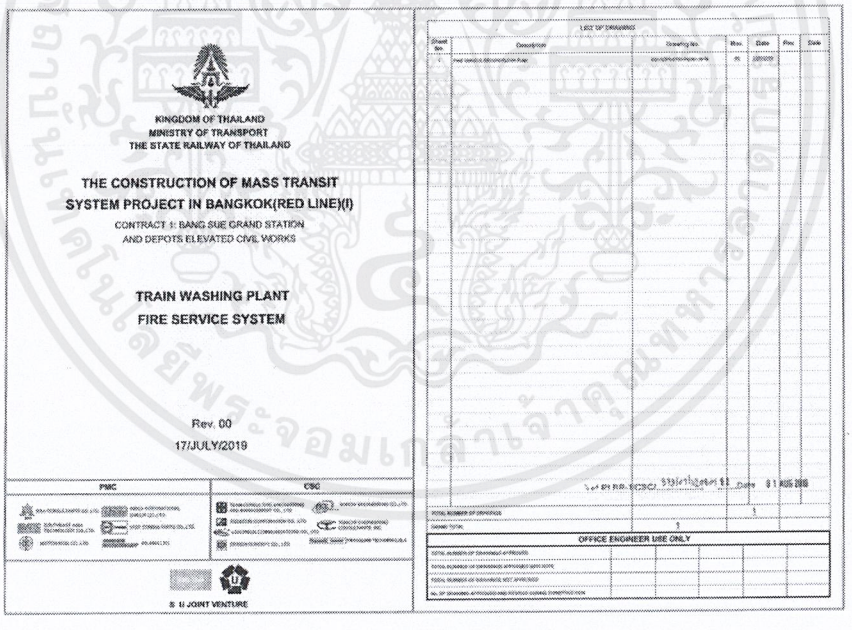
CSC

S.U JOINT VENTURE

LIST OF DRAWING

OFFICE ENGINEER USE ONLY

รูปที่ 4.6 แบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในโรงล้างรถไฟ


KINGDOM OF THAILAND
MINISTRY OF TRANSPORT
THE STATE RAILWAY OF THAILAND

THE CONSTRUCTION OF MASS TRANSIT
SYSTEM PROJECT IN BANGKOK(RED LINE)(I)

CONTRACT 1: BANG SUE GRAND STATION
AND DEPOTS ELEVATED CIVIL WORKS

TRAIN WASHING PLANT
FIRE SERVICE SYSTEM

Rev. 00
17/JULY/2019

PMC

CSC

S. U JOINT VENTURE

LIST OF DRAWING

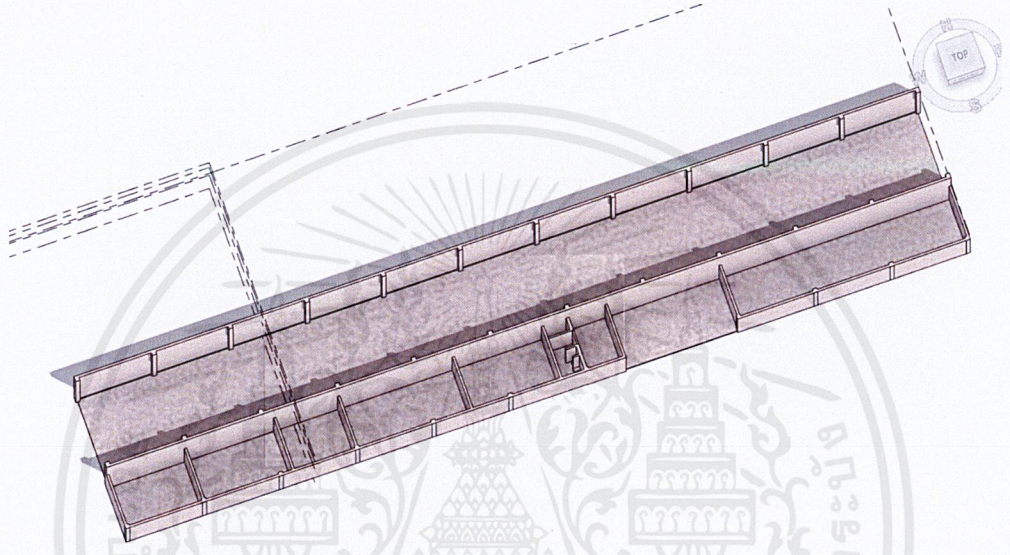
OFFICE ENGINEER USE ONLY

รูปที่ 4.7 แบบระบบท่อภายในโรงล้างรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

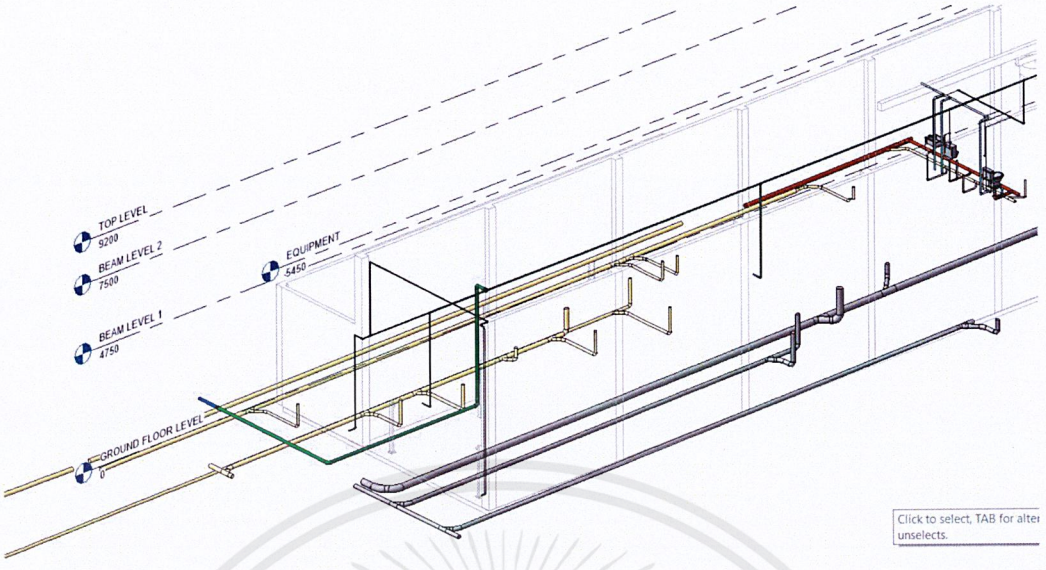
4.6 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ

การสร้างแบบจำลอง 3 มิติด้วยโปรแกรม Autodesk Revit [18] และ Autodesk AutoCad เพื่อจำลองปัญหาการทับซ้อนกันของแต่ละระบบโดยประกอบด้วย สถาปัตยกรรม ระบบสุขาภิบาล ระบบอัคคีภัย อุปกรณ์ล้างรถไฟ

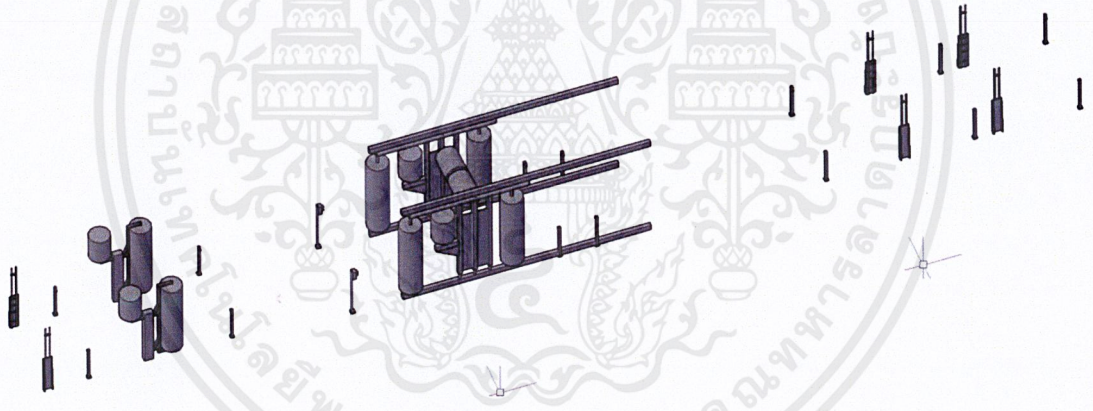


รูปที่ 4.8 แบบจำลอง 3 มิติ โครงสร้างสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

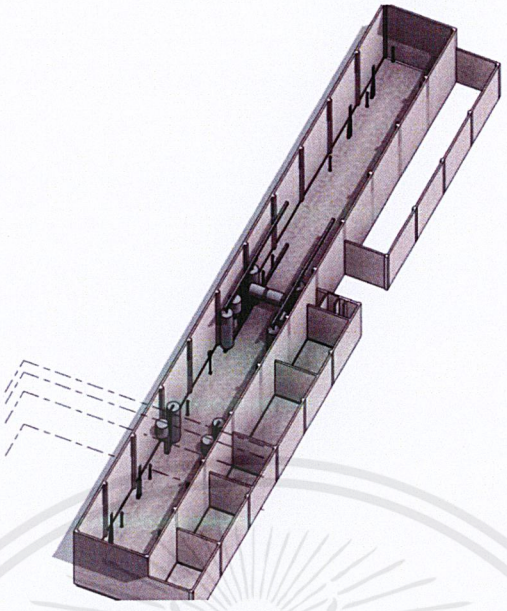


รูปที่ 4.9 แบบจำลอง 3 มิติ ระบบสุขาภิบาล



รูปที่ 4.10 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



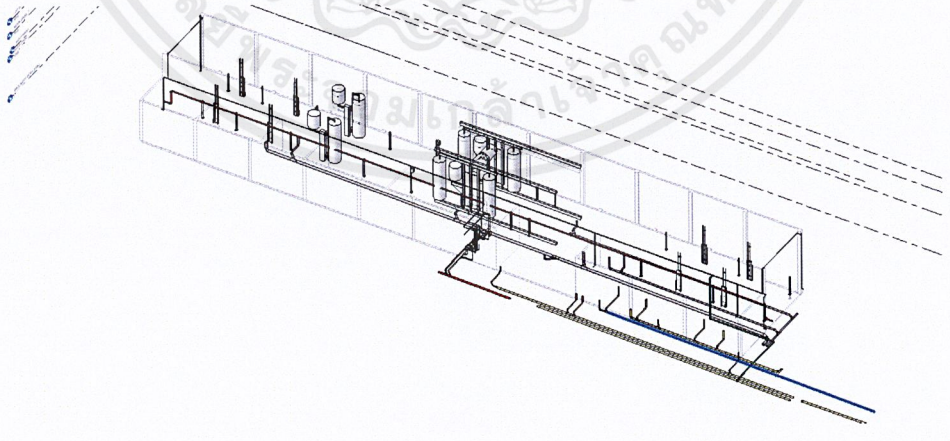
รูปที่ 4.11 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์

4.7 ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ในการรวมระบบ

เพื่อความน่าเชื่อถือและยืนยันว่าโปรแกรม Autodesk Revit สามารถตรวจเช็คการทับซ้อนกันของชิ้นส่วนได้จริงทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างระบบที่พบปัญหาและกรณีอื่นๆ ดังนี้

1.) การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

ทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

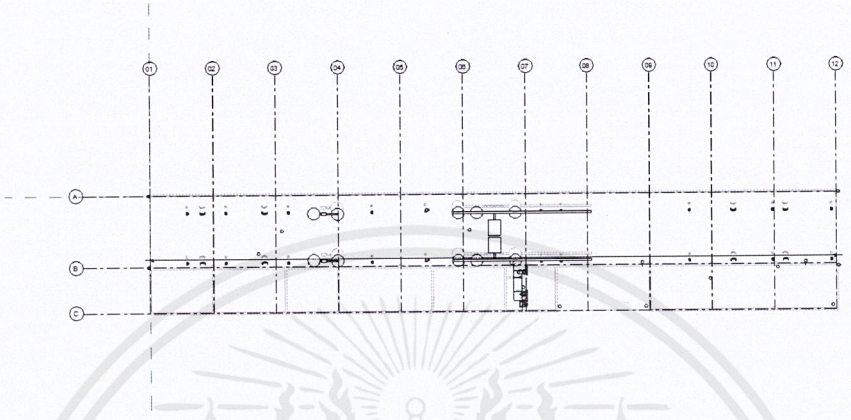


รูปที่ 4.12 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และท่ออัคคีภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) จำลองการทับซ้อนกันของอุปกรณ์ล้างรถไฟและโครงสร้างสถาปัตย์เสาและกำแพง

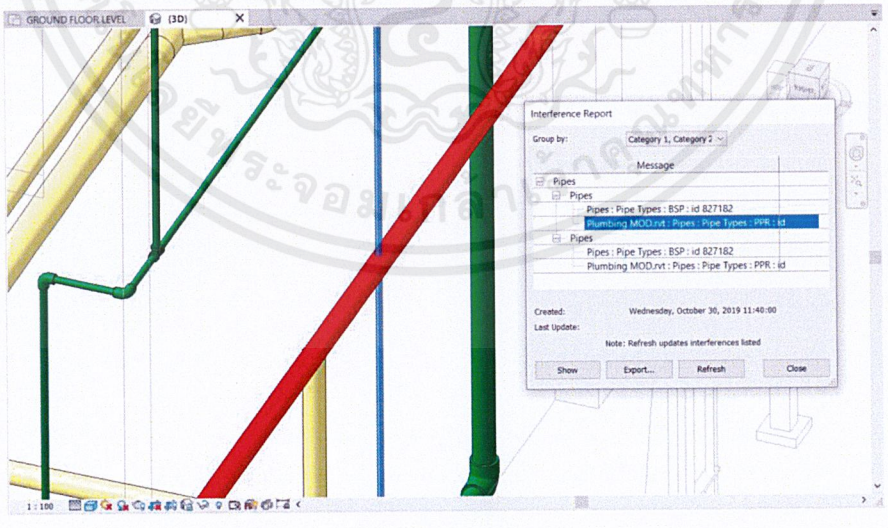
ทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างชิ้นส่วนอื่นเพื่อยืนยันว่าโปรแกรม Autodesk Revit สามารถตรวจเช็คการทับซ้อนกันของชิ้นส่วนได้จริง โดยทำการย้ายอุปกรณ์ล้างรถไฟเข้ามาใกล้กำแพงเส้นกริด B มากขึ้นเพื่อให้เกิดการทับซ้อนกับท่อน้ำดีด้วย



รูปที่ 4.13 แบบจำลอง 3 มิติ อุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบสุขาภิบาล

3.) จำลองการทับซ้อนกันของท่อน้ำประปาและท่ออัคคีภัย

ทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างชิ้นส่วนอื่นเพื่อยืนยันว่าโปรแกรม Autodesk Revit สามารถตรวจเช็คการทับซ้อนกันของชิ้นส่วนได้จริง โดยทำการเลื่อนตำแหน่งท่ออัคคีภัยเพื่อให้เกิดการทับซ้อนกับท่อน้ำดีด้วย

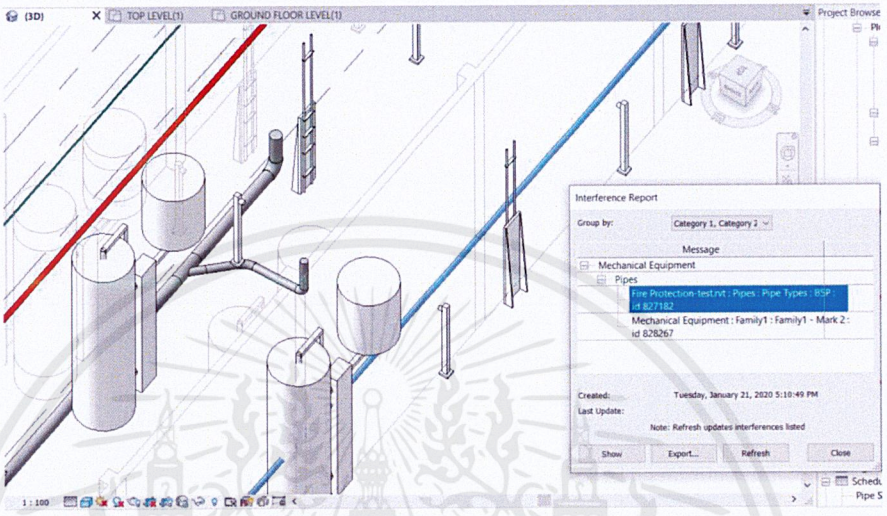


รูปที่ 4.14 แบบจำลอง 3 มิติ ระบบท่ออัคคีภัยและระบบสุขาภิบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) จำลองการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

ทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างชิ้นส่วนอื่นเพื่อยืนยันว่าโปรแกรม Autodesk Revit สามารถตรวจเช็คการทับซ้อนกันของชิ้นส่วนได้จริง โดยทำการเลื่อนตำแหน่งท่ออัคคีภัยเพื่อให้เกิดการทับซ้อนกับโครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟด้วย



รูปที่ 4.15 แบบจำลอง 3 มิติ

4.8 ตรวจสอบความถูกต้องในการแก้ไขปัญหาทับซ้อนของท่อน้ำประปาและท่ออัคคีภัยกับอุปกรณ์ล้างรถไฟโดยอิงตามมาตรฐานวิศวกรรม

1.) ท่ออัคคีภัยทำการเคลื่อนย้ายไปยังระดับความสูง 7.25 เมตร จากระดับหัวราง สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยมีมาตรฐานความปลอดภัย มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2551 และ National Fire Protection Association (NFPA) Codes and Standards รองรับ

จากการเลือกรถดับเพลิง 2,500 ลิตร สำหรับดับเพลิงอาคารขนาดกลาง มีความสามารถส่งน้ำด้วยอัตราการไหล Q = 0.667×10^{-3} m^3/s สามารถคำนวณการสูญเสียรวมดังนี้

การสูญเสียหลัก

สมการที่ใช้ทำนายการสูญเสียหลักได้แม่นยำที่สุดคือ สมการของดาร์ซี่และไวซบัค (DarcyWeisbach equation) ซึ่งเขียนในรูปของเฮดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$$

ค่าตัวประกอบความเสียดทาน

$$f = \frac{64}{Re}$$

สำหรับ Re < 2,300

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10}\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2}$$

และ

สำหรับ Re > 10,000

ตัวเลขเรโนลส์ (Reynolds number)

$$Re = \frac{vD}{\vartheta}$$

การสูญเสียรอง (Minor loss)

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของการไหลเมื่อของไหล ไหลผ่านข้อต่อ ข้องอ และวาล์ว ซึ่งสามารถเขียนได้ในรูปของสมการ

$$h_m = K\frac{v^2}{2g}$$

ความเร็วการไหลในเส้นท่อ

$$v = \frac{Q}{A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 สรุปผลงานวิจัย ข้อจำกัดงานวิจัย ข้อเสนอสำหรับงานวิจัยในอนาคต และเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้งานวิจัยกับงานออกแบบ ก่อสร้างและติดตั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการตรวจสอบการทำงานทับซ้อนของโครงสร้างงานออกแบบโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ ผู้ศึกษาจึงได้ทำการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ขึ้นมา 5 กรณี ได้แก่ 1. การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถ (สถานการณ์จริง)

2. การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

3. การทับซ้อนกันของระบบท่อ

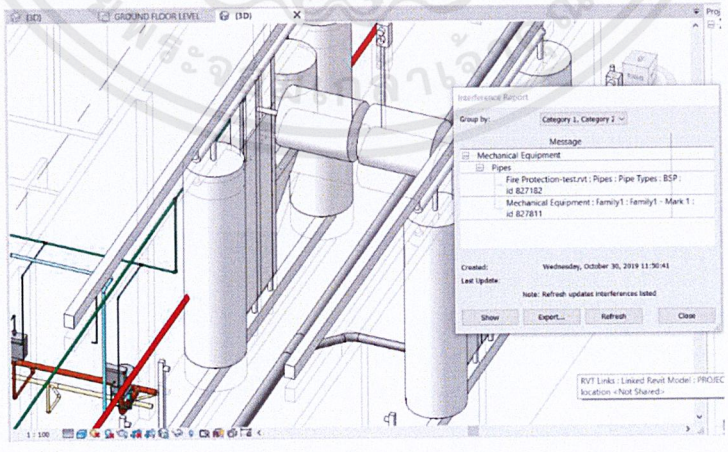
4. การทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

เมื่อทำการ Combine แบบและใช้คำสั่ง Interference โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนจุดที่เกิดการทับซ้อนของอุปกรณ์ภายในโรงล้างรถไฟ คือ ระบบอัคคีภัย ระบบน้ำประปา อุปกรณ์ล้างรถไฟและอุปกรณ์ต่าง ๆ พบว่าโปรแกรมสามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องตามกรณีต่าง ๆ Performance Check ดังแสดงในรูป

1.) การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ (สถานการณ์จริง)

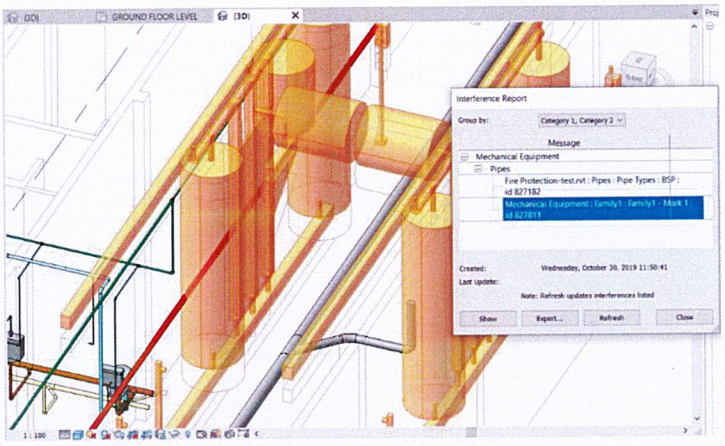
สมมติฐาน : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟได้ทั้งหมด 1 จุด

ผลการทดสอบ : พบว่าโปรแกรม Autodesk Revit สามารถตรวจพบการทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟได้ถูกต้อง

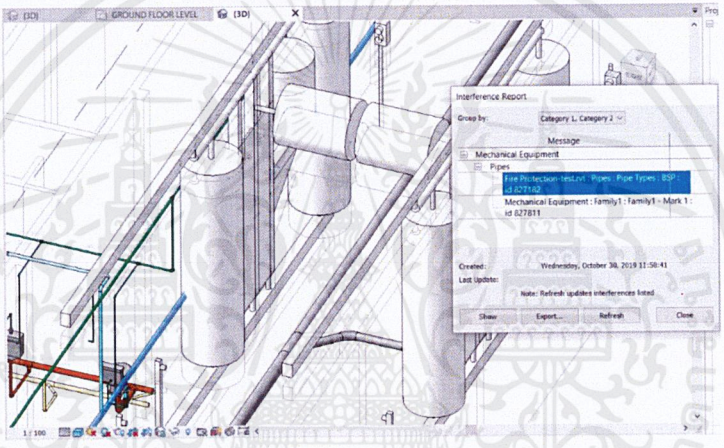


รูปที่ 5.1 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย



รูปที่ 5.3 แสดงผลทับซ้อนอุปกรณ์ล้างรถไฟรวมกับแบบจำลองสถาปัตย์และระบบอัคคีภัย

วิธีแก้ไข จากการเลือกรถดับเพลิง 2,500 ลิตร สำหรับดับเพลิงอาคารขนาดกลาง มีความสามารถส่งน้ำด้วยอัตราการไหล Q = 0.667×10^{-3} m^3/s สามารถคำนวณการสูญเสียรวมได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่า อัตราไหล พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของของไหลภายในท่อดับเพลิง

Q (m^3/s)	A (m^2)	V (m/s)
0.000667	0.005181789	0.12872

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าการสูญเสียหลักของท่ออัคคีภัย

V (m/s)	D (m)	Re	v^2 $(m/s)^2$	E	e/d	F	L (m)	h_f
0.12872	114.9	14731006846	0.016569	0.525	0.004569	0.029555845	68.94	0.014975725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าการสูญเสียรองของท่ออัคคีภัย

ชื่อข้อต่อ	K	จำนวน	v^2	h_m
90	0.3	4	0.016569	0.000253

การสูญเสียรวมของท่ออัคคีภัย $= h_f + h_m$ เมตร

$= 0.014975725 + 0.000253$ เมตร

$= 0.015228725$ เมตร

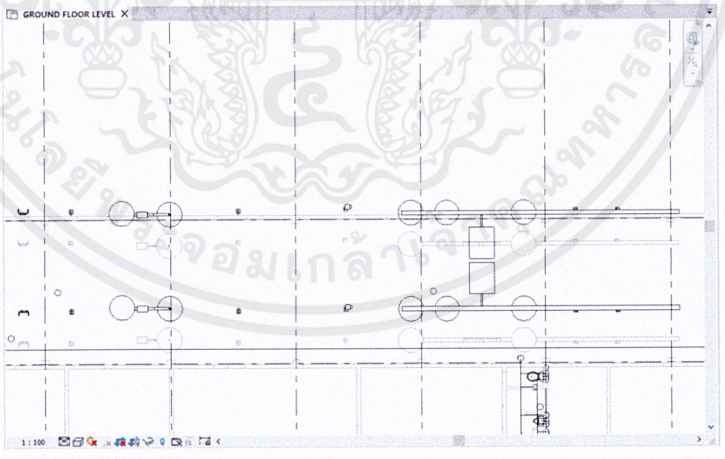
เพราะฉะนั้นท่ออัคคีภัยสามารถย้ายไปยังระดับ 7.25 เมตรจากระดับหัวรางได้

2.) การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

สมมติฐาน : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนได้ 6 จุด ประกอบด้วยบริเวณผนัง 4 จุด และบริเวณเสา 2 จุด

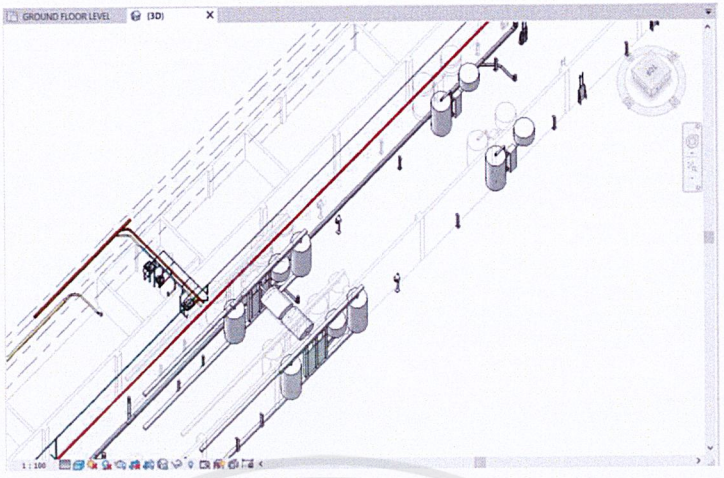
ผลการทดสอบ : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนได้ 6 จุด ประกอบด้วยบริเวณผนัง 4 จุด และบริเวณเสา 2 จุด

วิธีแก้ไข ย้ายตัวเครื่องล้างรถไฟให้ห่างกันอย่างน้อย 2.86 เมตร และห่างจากผนังอย่างน้อยข้างละ 0.5 เมตร

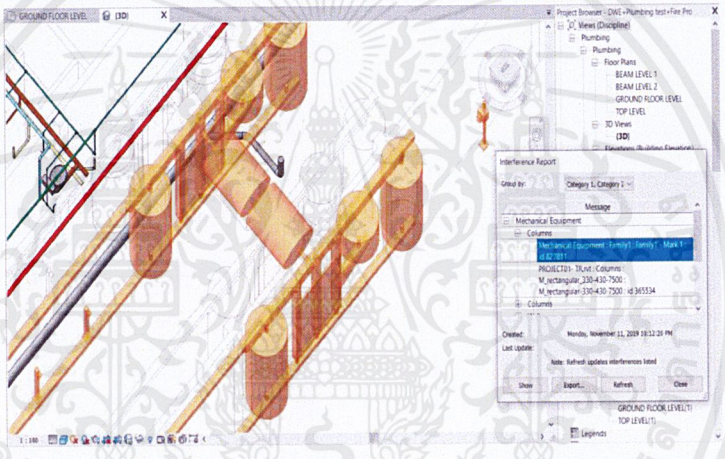


รูปที่ 5.4 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

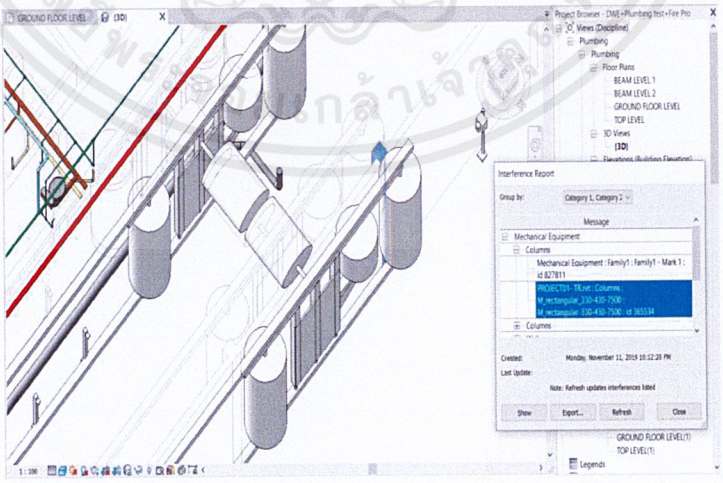
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ



รูปที่ 5. 6 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ



รูปที่ 5.7 แสดงผลทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ

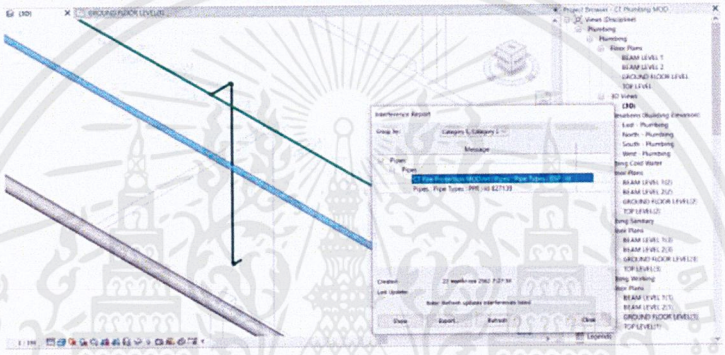
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) การทับซ้อนกันของระบบท่อ

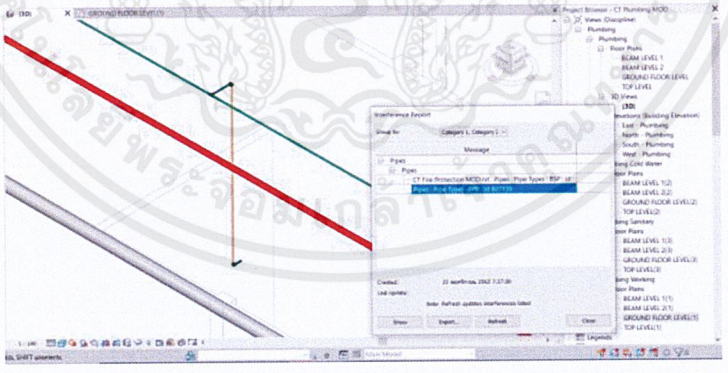
สมมติฐาน : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนของระบบท่อได้ทั้งหมด 1 จุด

ผลการทดสอบ : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนของระบบท่อได้ 1 จุดถูกต้อง

วิธีแก้ไข เหมือนกับกรณีที่ 1 คือการย้ายท่อดับเพลิงภายใต้เงื่อนไขรถดับเพลิง 2,500 ลิตร สำหรับดับเพลิงอาคารขนาดกลาง มีความสามารถส่งน้ำด้วยอัตราการไหล Q = 0.667×10^{-3} m^3/s



รูปที่ 5.8 แสดงผลทับซ้อนกันของระบบท่อ



รูปที่ 5.9 แสดงผลทับซ้อนกันของระบบท่อ

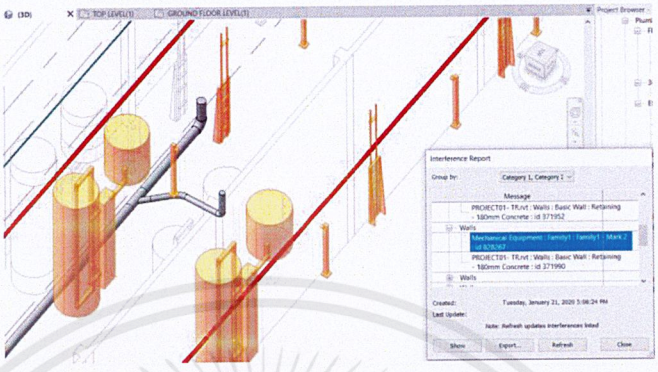
4.) การทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

สมมติฐาน : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนของระบบท่อ ผนัง และอุปกรณ์ล้างรถไฟทั้งหมด 3 จุด

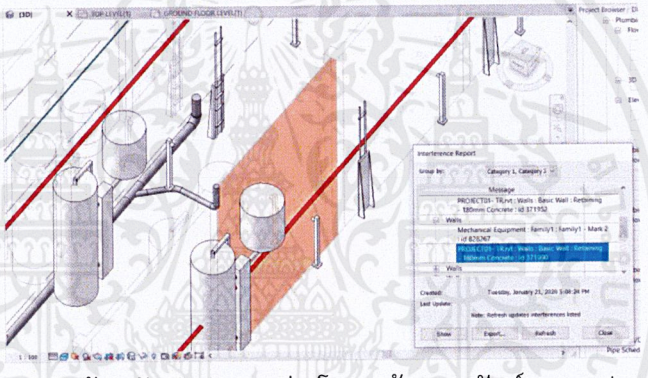
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ : โปรแกรม Autodesk Revit สามารถแจ้งเตือนการทับซ้อนได้ถูกต้อง แต่ในมุมมองของโปรแกรมไม่สามารถแสดงภาพจุดทับซ้อนได้

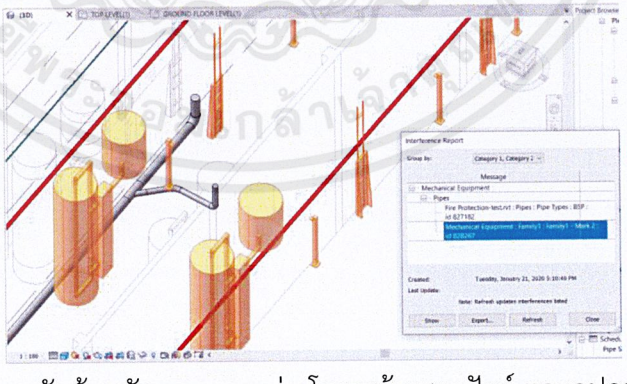
วิธีแก้ไข ย้ายเครื่องล้างรถไฟเหมือนในกรณี 2 และย้ายท่อภายใต้เงื่อนไขเหมือนกรณีที่ 1



รูปที่ 5.10 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

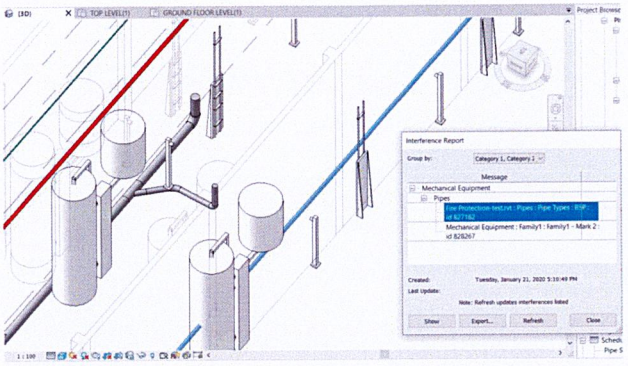


รูปที่ 5.11 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ



รูปที่ 5.12 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงผลการทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการใช้งานกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 รวมถึงปรับปรุงและลดการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อนด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการทับซ้อนในโครงการก่อสร้างในอนาคตต่อไป สามารถสรุปผลวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆได้ดังนี้

1.) สามารถใช้งานและเข้าใจกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงของโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง

2.) สามารถลดการปฏิบัติงานที่ทับซ้อนด้วยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 โดยจำลองเหตุการณ์การทับซ้อนดังนี้ คือ

1. การทับซ้อนกันของท่ออัคคีภัยและอุปกรณ์ล้างรถไฟ
2. การทับซ้อนกันของโครงสร้างสถาปัตย์เสา, ผนังและอุปกรณ์ล้างรถไฟ
3. การทับซ้อนกันของระบบท่อน้ำ
4. การทับซ้อนกันของระบบท่อ โครงสร้างสถาปัตย์ และอุปกรณ์ล้างรถไฟ

จากการจำลองการทับซ้อนของระบบข้างต้นพบว่า โปรแกรม Autodesk Revit 2020 สามารถแจ้งเตือนถึงการทับซ้อนกันของแต่ละระบบก่อนการก่อสร้างจริง ทำให้ลดเวลาในการแก้ไขปัญหาลงไปได้

3.) สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาการทับซ้อนในโครงการก่อสร้างในอนาคตต่อไป เช่น โครงการการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟทางไกล

6.2 ข้อเสนอแนะ

1.) ในการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit ควรมีทั้งคู่มือการใช้งานที่มีความเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งานเบื้องต้นและมีมาตรฐาน และควรมีผู้ที่มีความชำนาญในการใช้งานโปรแกรมด้านนั้น ๆ ชี้แนะและสอนการใช้งานเบื้องต้นให้ เพราะโปรแกรมนี้มีรายละเอียดการใช้งานค่อนข้างเยอะและซับซ้อน ต้องใช้การกำหนดค่าต่าง ๆตามหลักการทางวิศวกรรมหลายค่า เพื่อให้การจำลองระบบสารสนเทศอาคารมีความแม่นยำและใกล้เคียงการก่อสร้างอาคารจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ควรมีการจัดการเรียนการสอน การใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit ให้ภาควิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ปัจจุบันพบว่ามักมีการสอนการใช้งานโปรแกรมนี้เพียงแค่บางภาควิชาเท่านั้น เช่น ภาควิชาโยธาและคณะสถาปัตยกรรม เนื่องจากในปัจจุบันมีบริษัทด้านการก่อสร้างอาคารมากมายที่มีความต้องการบุคลากรที่สามารถใช้งานโปรแกรมนี้ได้ซึ่งมาจากหลายภาควิชา เช่น ไฟฟ้า โยธา เครื่องกล สถาปัตยกรรม

3.) มีฟังก์ชั่นให้เลือกใช้มากมาย จำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาพอสมควร

4.) ถ้ารายละเอียดของโครงการมีเยอะ ไฟล์งานจะมีขนาดใหญ่ ต้องใช้คอมสเปคสูงและมีพื้นที่เก็บข้อมูลเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันสถาปนิกสยาม. 2558. **แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย (Thailand BIM Guideline) ฉบับปีพ.ศ. 2558.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

[2] นนทวัตร กมลวัชรชัย. 2555. **รูปแบบการนำ BIM ไปปฏิบัติในองค์กรด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/58124 (วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2562).

[3] บริษัท เชียงใหม่วีระวิศวการ จำกัด. **2560. AUTODESK REVIT MEP 2017 A Hands-On Guide.** พิมพ์ครั้งที่ 1.

[4] บริษัท ซินเนอร์จี้ซอฟต์ โซลูชั่น จำกัด. 2560. ***Autodesk Revit Live.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://synergysoft.co.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 กันยายน 2562).

[5] เกชา ธีระโกเมน และคณะ. 2540. **ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมงานระบบ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนด์อี.

[6] ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต และนายทาเคโอะ มอริมูระ. 2543. **วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล.

[7] คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา. 2539. **มาตรฐานการเดินท่อภายในอาคาร.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ***บัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.diw.go.th/hawk/default.php. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 ตุลาคม 2562).

[9] ดุลยโชติ ชลศึกษ์. 2560. ***การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.dulyachot.me.engr.tu.ac.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2562).

[10] สมคิด. 2558. ***ท่อ PE หรือ ท่อ HDPE คืออะไร?.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.srangsookjai.com. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2562).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] บริษัท ช.พานิช หลานหลวง จำกัด. 2557. ***HDPE PE80 กับ PE100 ต่างกันอย่างไร.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.tpa.or.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2562).

[12] **ท่อPE คืออะไร.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pipeplastics.com. (วันที่ค้นข้อมูล :11 กันยายน 2562).

[13] บริษัท พีบี ไพพ์ (ไทยแลนด์) จำกัด. 2558**. Catalog HDPE.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.uhm.co.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 5 กันยายน 2562).

[14] บริษัท ไทย พีพี-อาร์ จำกัด. 2552. ***ข้อมูลทางเทคนิค PP-R.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaippr.com. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 กันยายน 2562).

[15] บริษัท มารีนไชน์ จำกัด. ***ท่อเหล็กชุบสังกะสี Galvanize.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.marineshine.co.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 ตุลาคม 2562).

[16] สภาวิศวกร. 2559. ***ระบบของไหลในท่อรับแรงดัน.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.coe.or.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2562).

[17] วาโนเอนจิเนียร์ริ่ง. 2555. **สัมประสิทธิ์การสูญเสียรอง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://vanoengineering.wordpress.com. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 ธันวาคม 2562).

[18] บริษัท วี อาร์ ดิจิตอล จำกัด. 2560. ***Autodesk Revit.*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.vrdigital.co.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 กันยายน 2562).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

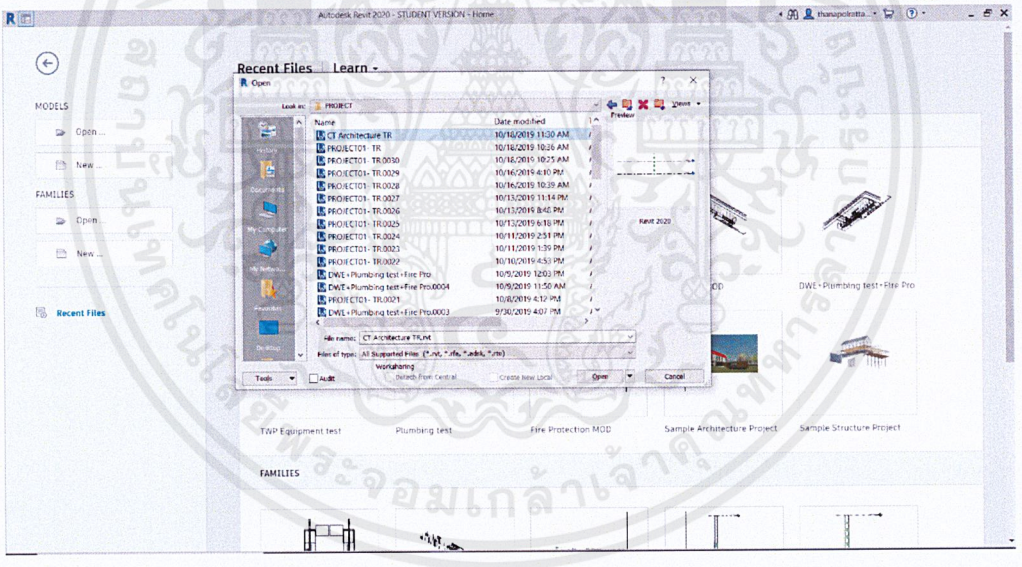
คู่มือการใช้งาน Autodesk Revit 2020

ในระหว่างที่ปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ทางบริษัทได้มอบหมายให้ศึกษารวบรวมข้อมูลโปรแกรม Autodesk Revit ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้าง ระบบสุขาภิบาล และระบบเครื่องกลภายในโรงล้างรถไฟศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง และจัดทำคู่มือการใช้งานเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาให้กับผู้ที่สนใจต่อไป เนื่องจากโปรแกรม Autodesk Revit เป็นโปรแกรมที่ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจ โดยมีเนื้อหาที่จัดทำขึ้นดังนี้

Part 1 ขั้นตอนการสร้างโครงสร้างสถาปัตย์ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit

Chapter 1.1 กำหนดเส้นกริด (Grid line) เพื่อระบุตำแหน่งเสาในอาคาร คล้ายการแสดงตำแหน่งวัตถุบนแผนที่ด้วยเส้นรุ้งและเส้นแวงนั่นเอง

Step 1. เมื่อเปิดโปรแกรม Revit ขึ้นมาแล้ว ให้ไปที่ Model คลิก Open เพื่อเลือกไฟล์งานโปรเจคที่ทำการตั้งค่าเริ่มต้นมาแล้ว “CT Architecture TR”



Step 2. ไปที่ Grid เพื่อกำหนดเส้นกริดตามแบบ DWG. โดยกริดไลน์แนวตั้งกำหนดด้วยตัวเลข 1 ถึง 12 โดยมีระยะห่างระหว่าง Grid line เท่ากันคือ 6000 millimeter มีวิธีการดังนี้

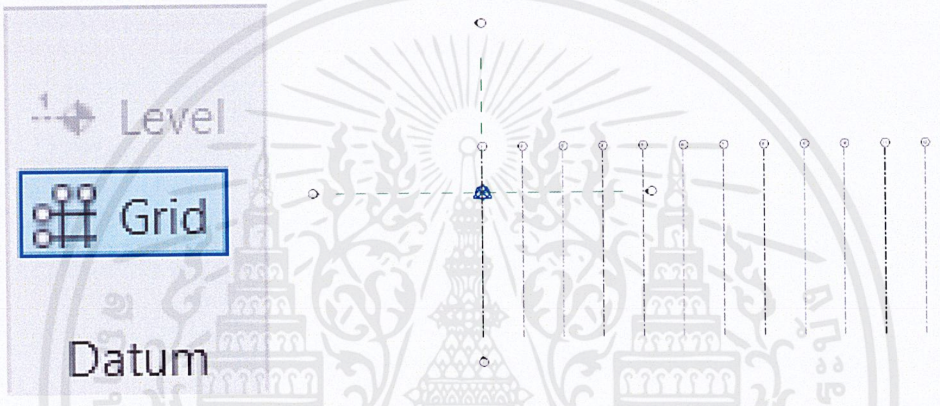
คลิกซ้ายที่ Grid 1 ครั้ง -> คลิกซ้าย 1 ครั้งที่จุด Surway Point เพื่อเป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นกริด -> ลากขนานไปทางทิศเหนือเป็นระยะพอประมาณ -> คลิกซ้ายอีก 1 ครั้งเพื่อเป็นการกำหนดจุดปลายของเส้นกริด -> กดปุ่ม ESC -> คลิกที่เส้นกริดที่สร้างขึ้น -> เลื่อนเคอร์เซอร์ไปบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

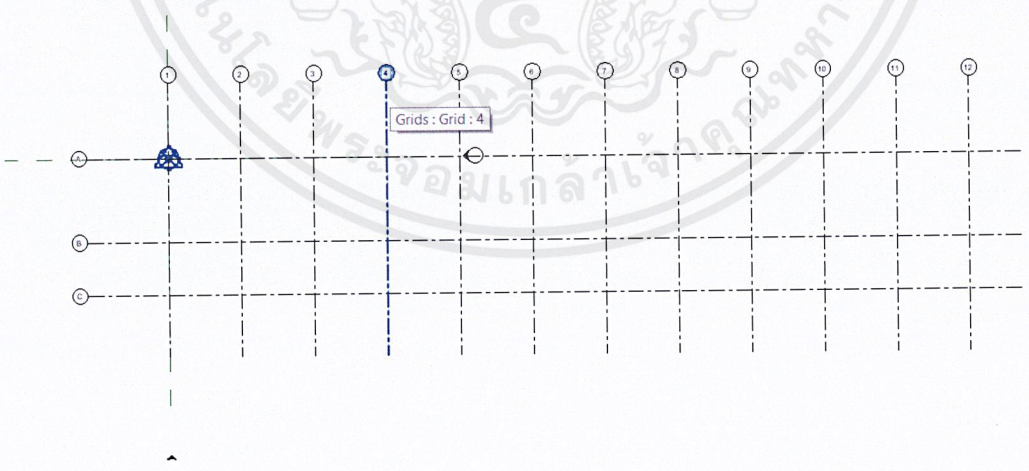
จุดเริ่มต้นของเส้นกริดให้ขึ้นข้อความ Modify the grid by dragging its model end -> คลิกซ้ายข้าง -> เลื่อนเมาส์ลงมาพอประมาณ -> ปล่อยคลิกซ้ายเพื่อวางจุดปลายกนิดที่ตำแหน่งใหม่

สร้างกริดเส้นที่ 2 โดยการคลิกซ้ายที่กริด 1 ครั้ง -> นำเคอร์เซอร์ไปบริเวณปลายกริดไลน์เส้นที่ 1 -> เลื่อนเคอร์เซอร์ขนานไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะ 6000 mm.(โปรแกรมบอกระยะไว้ให้) -> คลิกซ้ายค้างเพื่อกำหนดจุดเริ่มต้นกริด -> ลากเคอร์เซอร์ขึ้นไปทิศเหนือให้มีระยะเท่ากับเส้นกริดแรก -> ปล่อยคลิกซ้ายเพื่อวางจุดปลายเส้นกริด

ทำต่อจากข้อ 2. (ทำคล้ายกัน) ให้ครบ 12 เส้นกริด



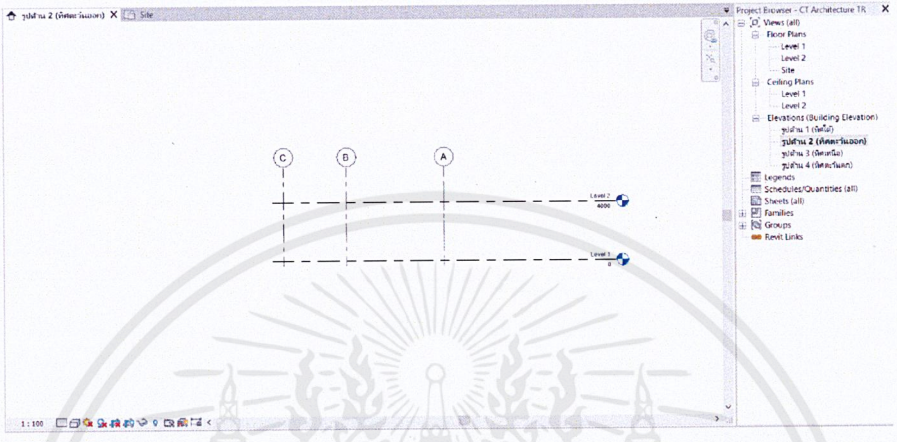
Step 3. ส่วนกริดไลน์แนวนอนกำหนดด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ A ถึง C มีระยะห่างระหว่าง A กับ B คือ 6900 millimeter และระยะห่างระหว่าง B กับ C คือ 4350 millimeter



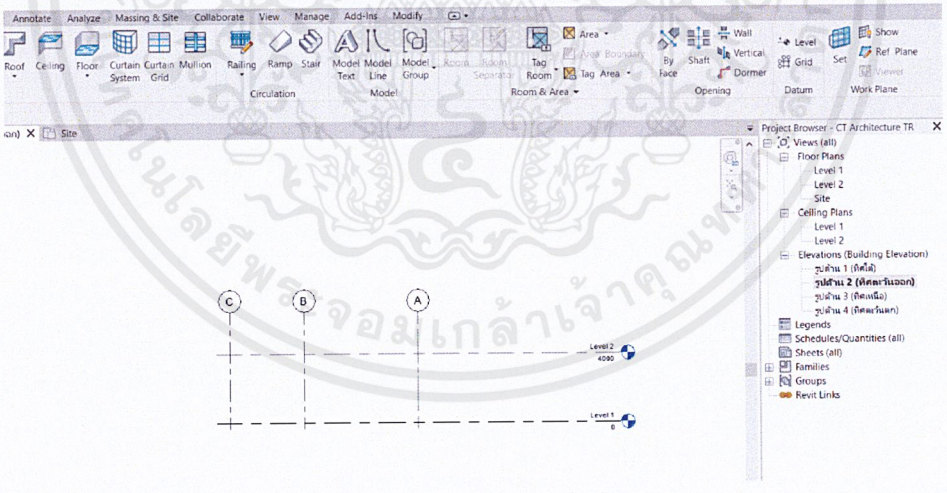
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 1.2 กำหนดระดับ (Level) ที่ใช้อ้างอิงความสูงของโครงสร้างต่าง ๆ เช่นความสูงของกำแพง ความสูงของ หลังคา เป็นต้น

Step 1. ไปที่ Project Browser จากนั้นดับเบิ้ลคลิกที่ Elevation (Building Elevation) จากนั้นคลิกที่ รูปด้าน 2 (ทิศตะวันออก)

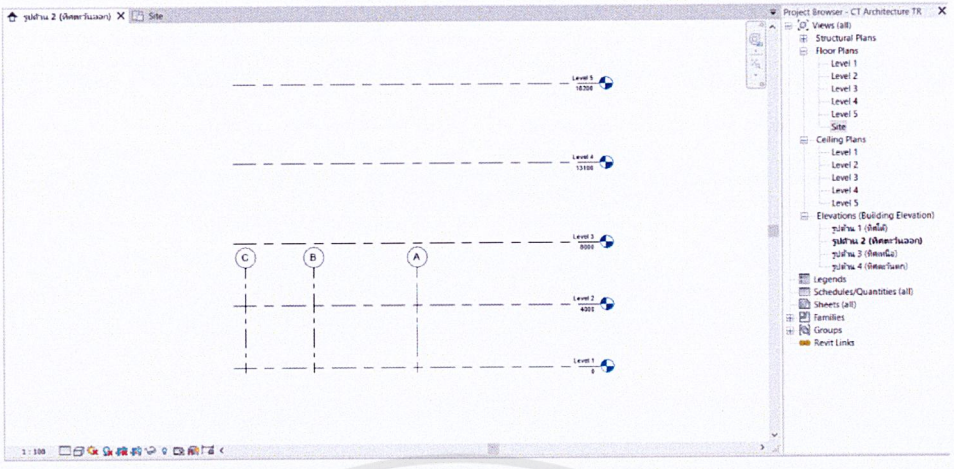


Step 2. คลิกที่ Level จากนั้นลากเคอเซอร์เมาส์ไปที่จุดเริ่มต้นของระดับที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Level 1) จากนั้นลากเมาส์ขึ้นมาจาก Level 1 ให้มีความสูงพอประมาณ จากนั้นคลิก 1 ครั้งและลากเมาส์ไปทางขวามือให้เกิดการ snap กับระดับของ Level 1 แล้วจึงคลิกอีก 1 ครั้ง

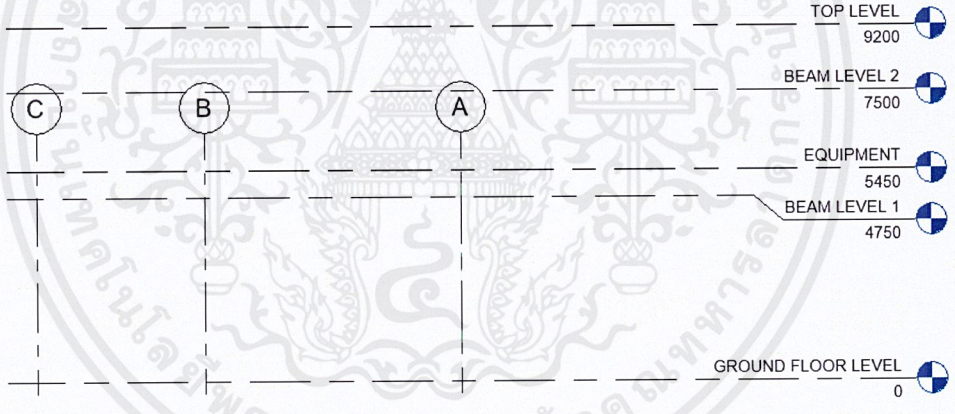


Step 3. ทำซ้ำ Step 2. เพื่อกำหนดระดับต่าง ๆโดยมีระดับทั้งหมด 5 ระดับรวม GROUND FLOOR LEVEL แล้ว หมายความว่าต้องทำ Step 2. จำนวน 4 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



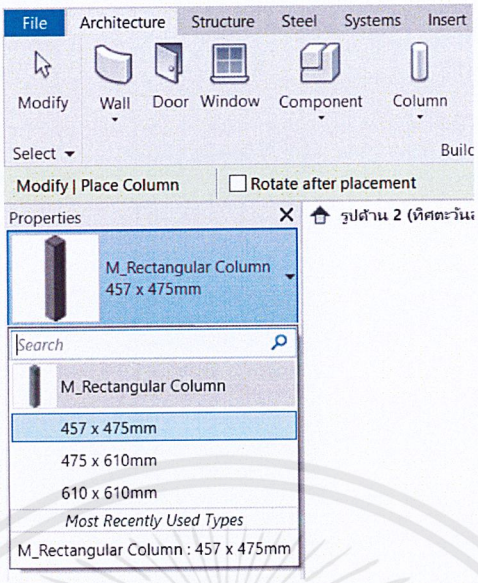
Step 4. เมื่อกำหนดระดับตามความสูงที่ต้องครบแล้ว ต่อมาทำการตั้งชื่อและกำหนดระยะของระดับต่าง ๆ เริ่มจาก GROUND FLOOR LEVEL ที่ความสูง 0 millimeter, BEAM LEVEL 1 ที่ความสูง 4750 millimeter, EQUIPMENT ที่ความสูง 5450 millimeter, BEAM LEVEL 2 ที่ความสูง 7500 millimeter และ TOP LEVEL ที่ความสูง 9200 millimeter



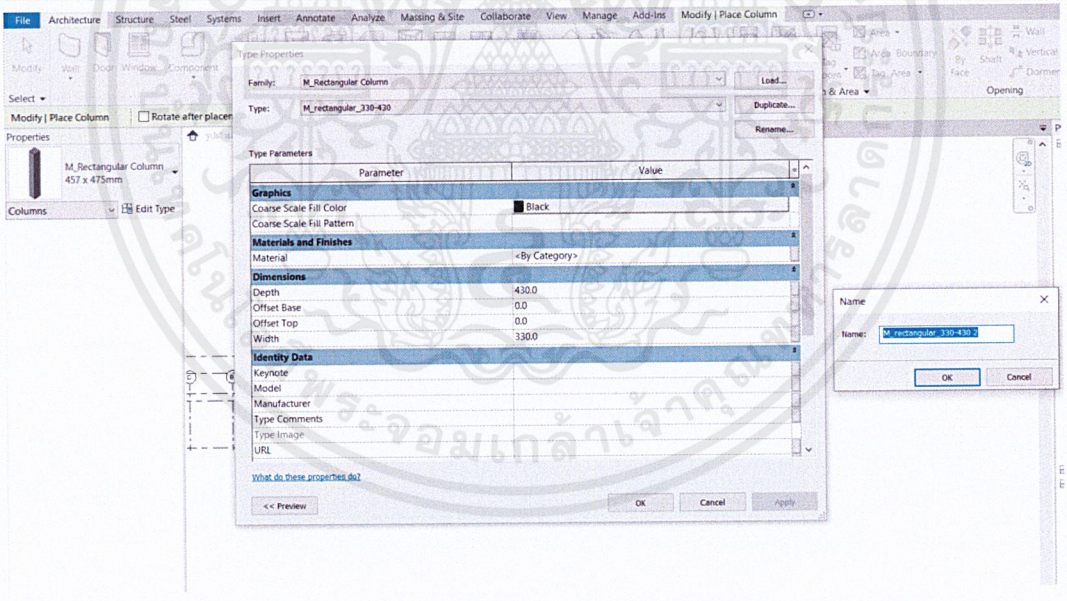
Chapter 1.3 กำหนดชนิดและขนาดของเสาเพื่อวางจุดกึ่งกลางของเสาที่เส้นตัดของ Grid Line

Step 1. ไปดูที่ Ribbon Tab คลิกที่ Achitecture จากนั้นคลิกที่ Column -> Column : Achitecture จากนั้นไปดูที่ Properties เลือก ชนิดและขนาดเสามา 1 ชนิดที่มีขนาดใกล้เคียงกับในแบบมากที่สุด นั่นคือ M_rectangular column ขนาด 457 x 475 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

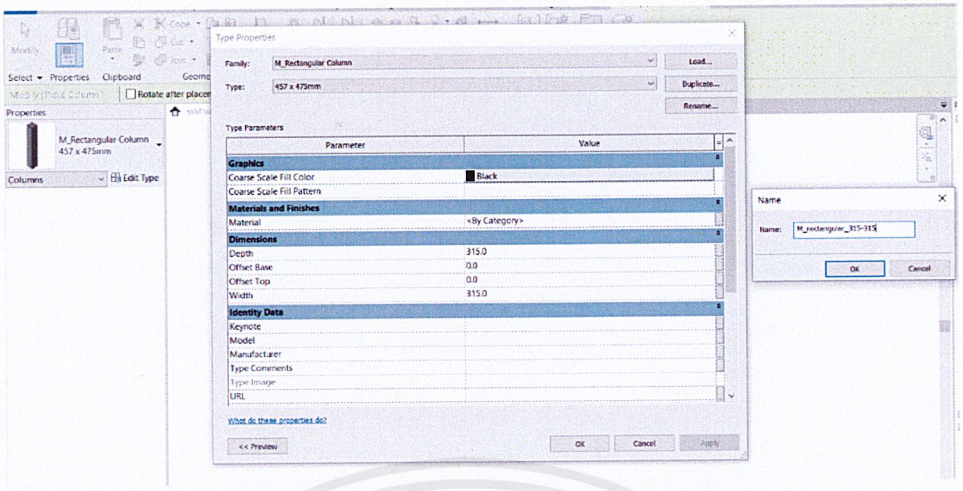


Step 2. ปรับขนาดของเสาให้มีขนาดตามแบบโดยไปที่ Properties -> Edit type -> Duplicate โดยตั้งชื่อว่า M_rectangular_330-430 จากนั้น กำหนดขนาดของเสาที่ต้องการโดยเลือกขนาดที่ Depth และ Width เป็น 430 และ 330 ตามลำดับ



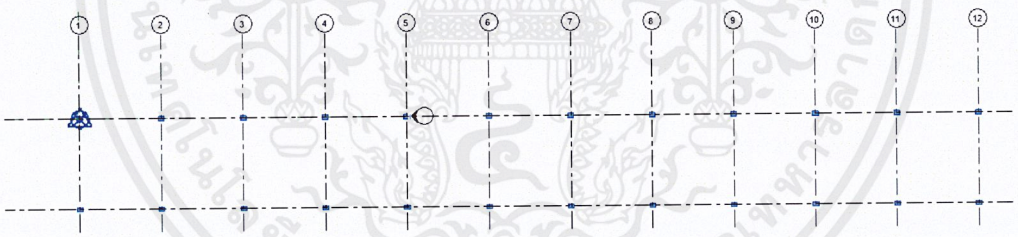
Step 3. ทำเหมือน Step 2. แต่กำหนดขนาดที่ 315 และ 315 โดยตั้งชื่อว่า M_rectangular_315-315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

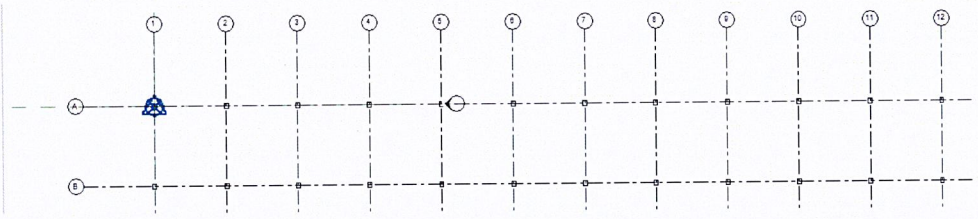


Chapter 1.4 วางเสาตามแนวเส้นตัดของเส้นกริดแนวนอนและเส้นกริดแนวตั้ง

Step 1. ไปที่ Achitecture -> Column -> Column : Achitecture เลือกชนิดของเสาที่ Properties เลือก M_rectangular_330-430 และดูที่ Properties ดับเบิ้ลคลิกซ้ายที่ Site วางเสา ณ ตำแหน่ง A – 1, A – 2, A – 3, ..., A – 12 ตำแหน่ง B – 1, B – 2, B – 3, ..., B – 12 โดยทำการคลิกซ้ายหนึ่งครั้ง ณ ตำแหน่งที่ต้องการวาง



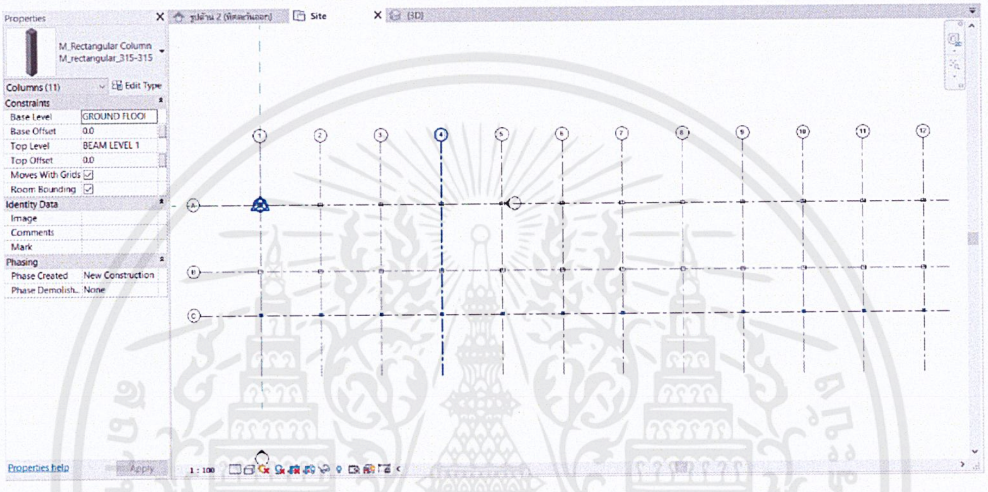
Step 2. คลิกเลือกเสาทุกต้นที่วางไป โดยคลิกซ้ายที่เสาต้น A – 1 จากนั้นกด CTRL ค้าง และเลือกเสาอื่น ๆ ให้ครบทุกต้น ต่อมากด SPACE BAR เพื่อพลิกเสาให้เป็นไปตามแบบ จากนั้นไปดูที่ Properties คลิกเปลี่ยนช่อง Base Level เป็น GROUND FLOOR LEVEL และเปลี่ยน Top Level เป็น BEAM LEVEL 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

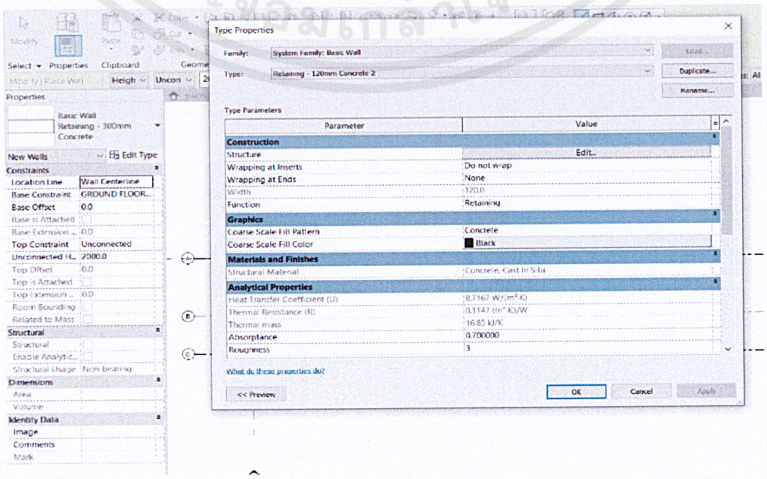
Step 3. ทำเหมือน Step 1. แต่เลือก M_rectangular_315-315 และวางเสา ณ ตำแหน่ง C – 1, C – 2, C – 3, ..., C – 12 ยกเว้นตำแหน่ง C – 8 ให้เว้นว่างไว้

Step 4. คลิกเลือกเสาทุกต้นที่วางไป โดยคลิกซ้ายที่เสาต้น C – 1 จากนั้นกด CTRL ค้าง และเลือกเสาอื่นที่เหลือ ให้ครบทุกต้น ต่อมากด SPACE BAR เพื่อพลิกเสาให้เป็นไปตามแบบ จากนั้นไปดูที่ Properties คลิกเปลี่ยนช่อง Base Level เป็น GROUND FLOOR LEVEL และเปลี่ยน Top Level เป็น BEAM LEVEL 1



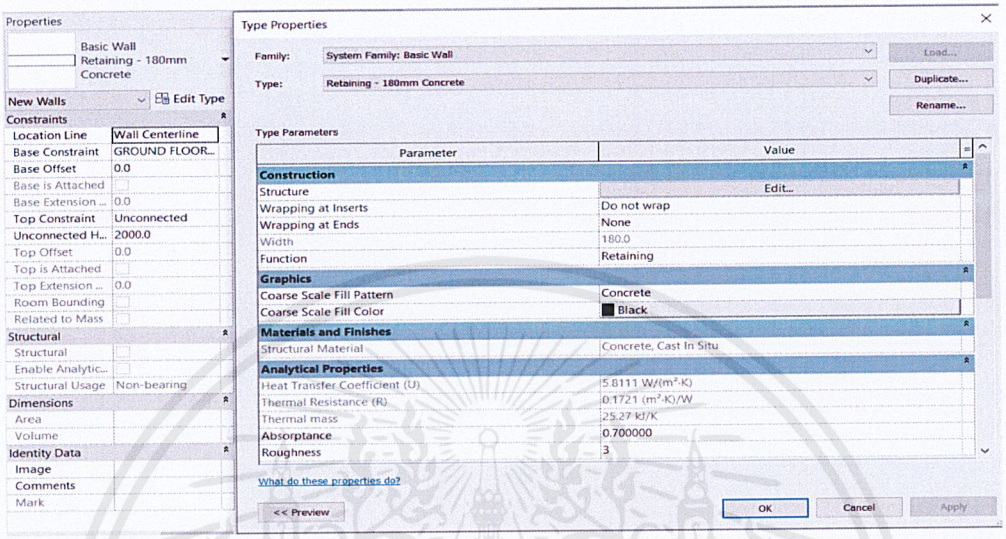
Chapter 1.5 กำหนดชนิดและขนาดของกำแพงเพื่อวางกำแพงตามแนวเสา

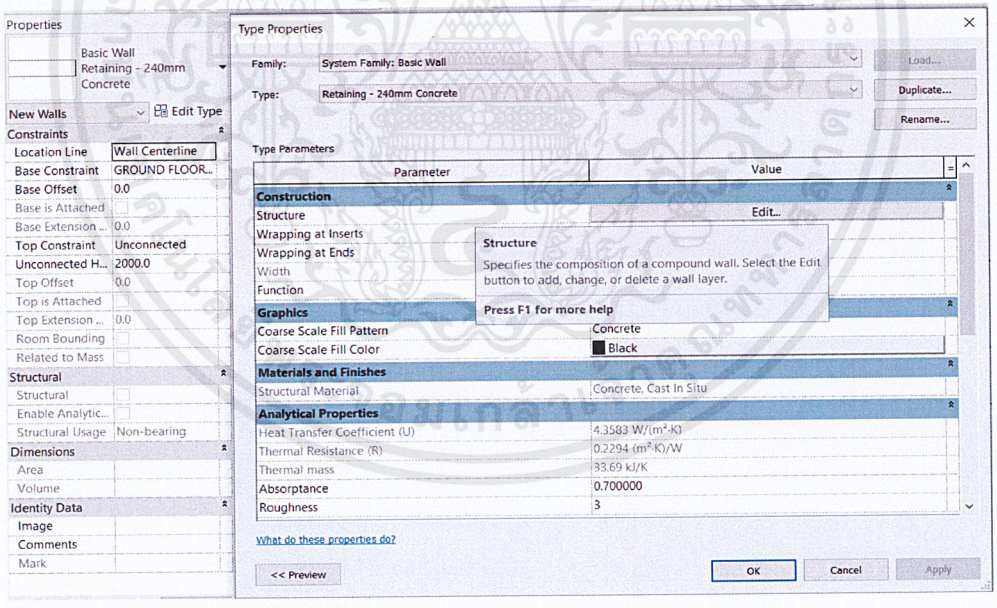
Step 1. ไปที่ Architecture -> Wall -> Wall : Achitecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Basic Wall Retaining – 300mm Concrete คลิกที่ Edit Type -> Duplicate ตั้งชื่อว่า Basic Wall Retaining – 120 mm Concrete จากนั้นคลิก Edit -> Thickness เปลี่ยนเป็น 120 คลิก OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 2. ทำเหมือน Step 1. แต่เปลี่ยนจาก Basic Wall Retaining – 120 mm Concrete เป็น Basic Wall Retaining – 180 mm Concrete, Basic Wall Retaining – 240 mm Concrete และ Thickness เปลี่ยนจาก 120 เป็น 240, 300 ตามลำดับ

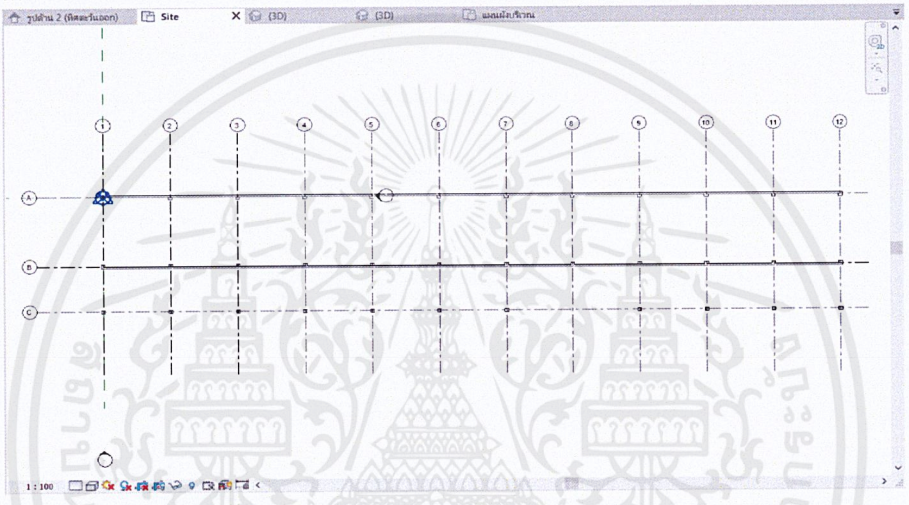




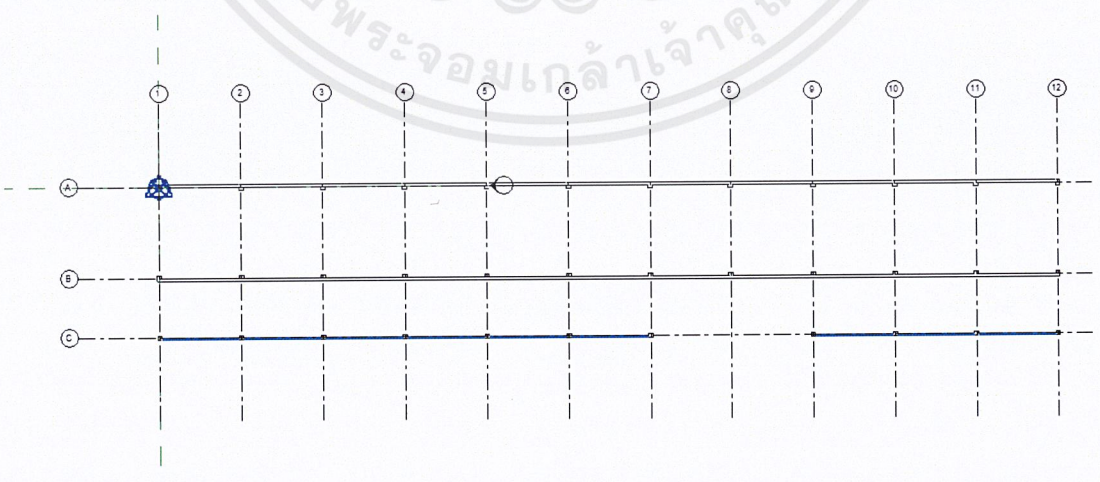
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 1.6 วางกำแพงตามแนวเสา

Step 1. ไปที่ Architecture -> Wall -> Wall : Architecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Basic Wall Retaining – 180 mm Concrete ไปที่ Properties กำหนด Base Constraint เป็น GROUND FLOOR LEVEL และกำหนด Top Constraints เป็น Up to level : BEAM LEVEL 2 วางกำแพงระหว่างเสาตามแนวเส้นกริด A, B (แนวนอน) ตั้งแต่เส้นกริด 1 ถึง 12 โดยทำการคลิกซ้ายหนึ่งครั้งที่จุดเริ่มต้นเพื่อกำหนดจุดเริ่มของแนวกำแพง และคลิกซ้ายอีกหนึ่งครั้งเพื่อกำหนดจุดปลายของแนวกำแพง

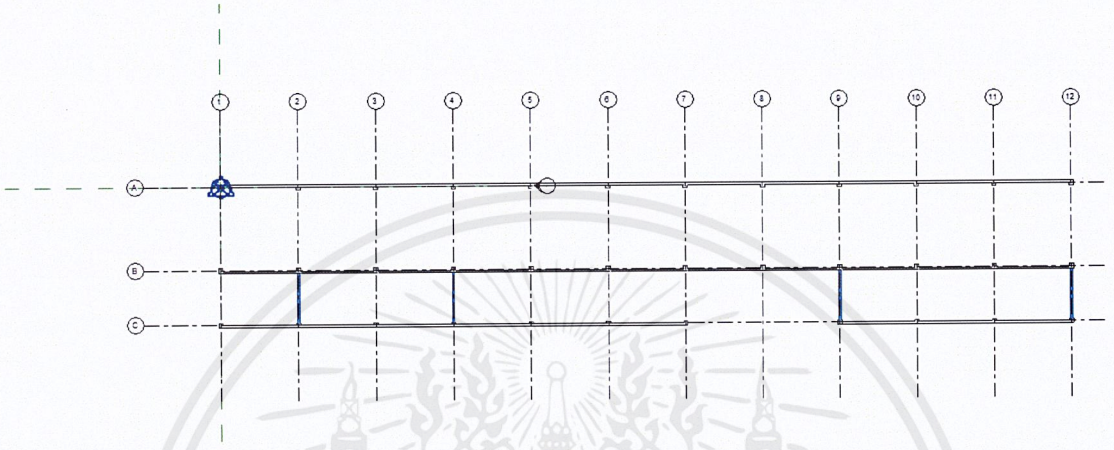


Step 2. ทำเหมือน Step 1. แต่เปลี่ยนจาก Up to level : BEAM LEVEL 2 เป็น Up to level : BEAM LEVEL 1 และวางแนวกำแพงระหว่างเสาตามแนวเส้นกริด C ยกเว้นระหว่างเส้นกริด 7 ถึงเส้นกริด 9 ให้เว้นว่างไว้

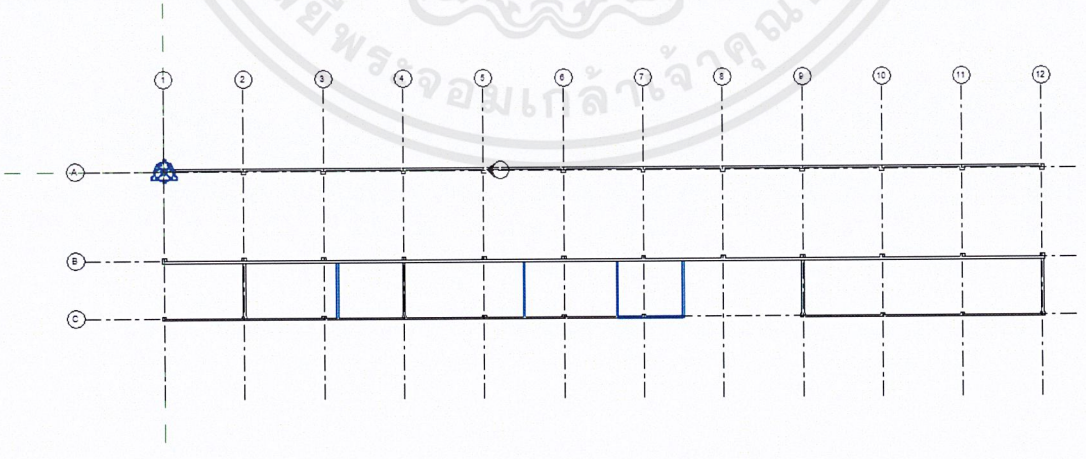


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 3. ไปที่ Architecture -> Wall -> Wall : Architecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Basic Wall Retaining – 180 mm Concrete วางกำแพงตามแนว B – 2 ไป C – 2, B – 4 ไป C – 4, B – 9 ไป C – 9 และ B – 12 ไป C - 12 โดยกำหนด Base Constraint เป็น GROUND FLOOR LEVEL และกำหนด Top Constraints เป็น Up to level : BEAM LEVEL 1



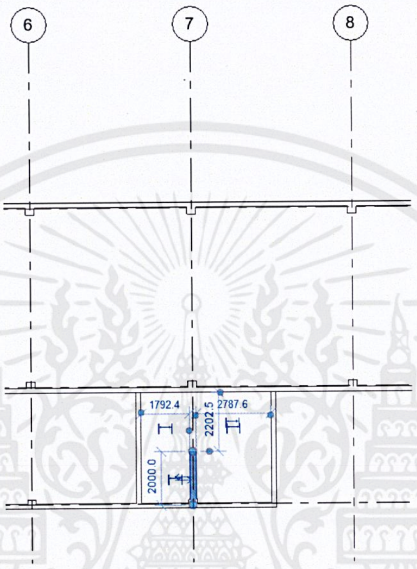
Step 4. วางกำแพงตามแนว B – 3 ไป C – 3 แต่ทำการเลื่อนขนานไปตามแนวเส้นกริด A B C ไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะ 1000 mm. วางกำแพงตามแนว B – 5 ไป C – 5 แต่ทำการเลื่อนขนานไปตามแนวเส้นกริด A B C ไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะ 3000 mm. วางกำแพงตามแนว B – 7 ไป C – 7 แต่ทำการเลื่อนขนานไปตามแนวเส้นกริด A B C ไปทางทิศตะวันตกเป็นระยะ 2000 mm. วางกำแพงตามแนว B – 7 ไป C – 7 แต่ทำการเลื่อนขนานไปตามแนวเส้นกริด A B C ไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะ 3000 mm.



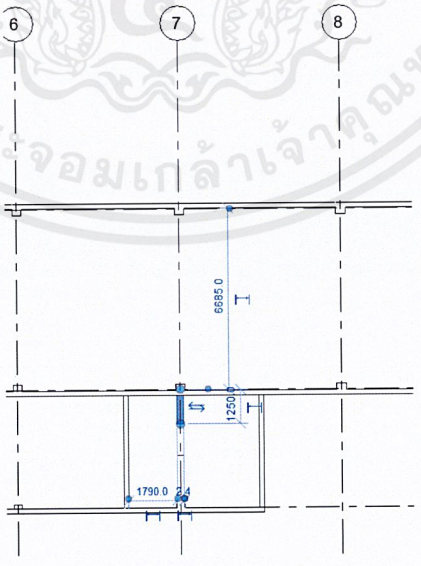
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 1.7 วางกำแพงในห้องน้ำ

Step 1. ไปที่ Architecture -> Wall -> Wall : Architecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Basic Wall Retaining – 240 mm Concrete ไปที่ Properties กำหนด Base Constraint เป็น GROUND FLOOR LEVEL และกำหนด Top Constraints เป็น Up to level : BEAM LEVEL 1 วางกำแพงระหว่างเสาตามแนว C – 7 ไป B – 7 เป็นระยะ 2000 mm

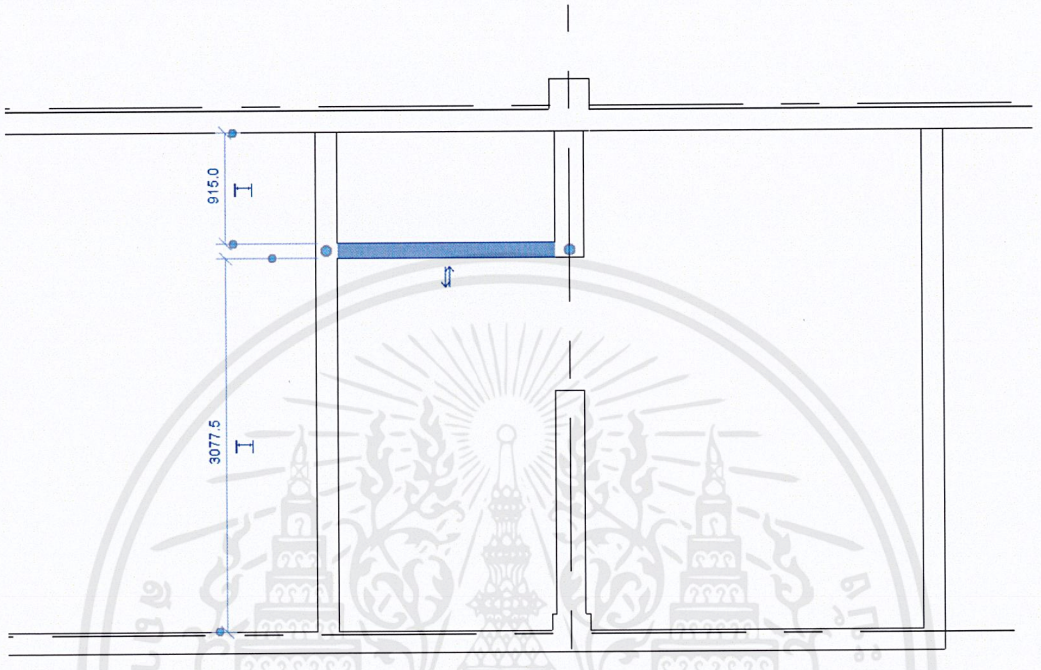


Step 2. ทำเหมือน Step 1. แต่วางกำแพงระหว่างเสาตามแนว B – 7 ไป C – 7 เป็นระยะ 1250 mm

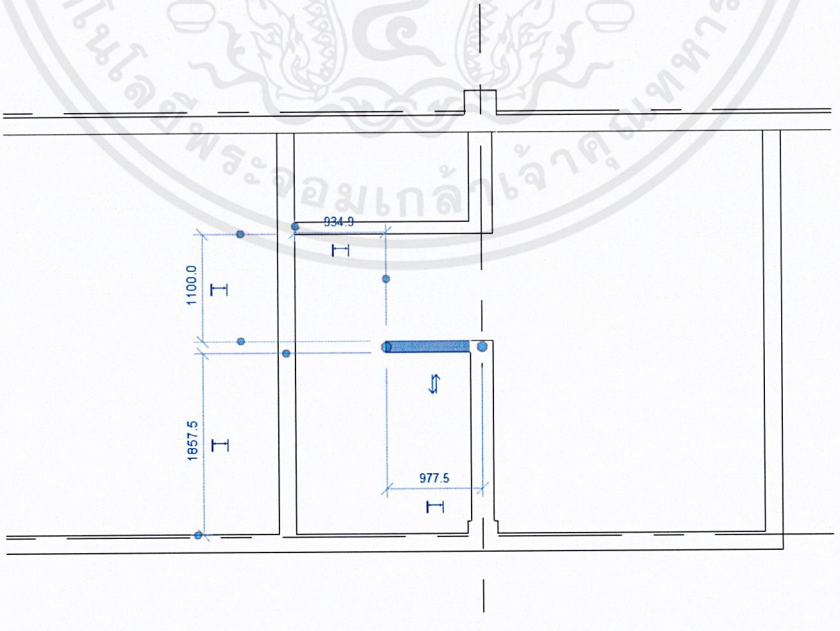


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 3. ทำเหมือน Step 2. แต่เปลี่ยนเป็น Basic Wall Retaining – 120 mm Concrete และวางกำแพงระหว่างเสาตามแนว B – 7 ไป B – 6 เป็นระยะ 2000 mm. และเลื่อนขนานกริดไลน์ 07 ลงมาทางทิศใต้เป็นระยะ 1190 mm.

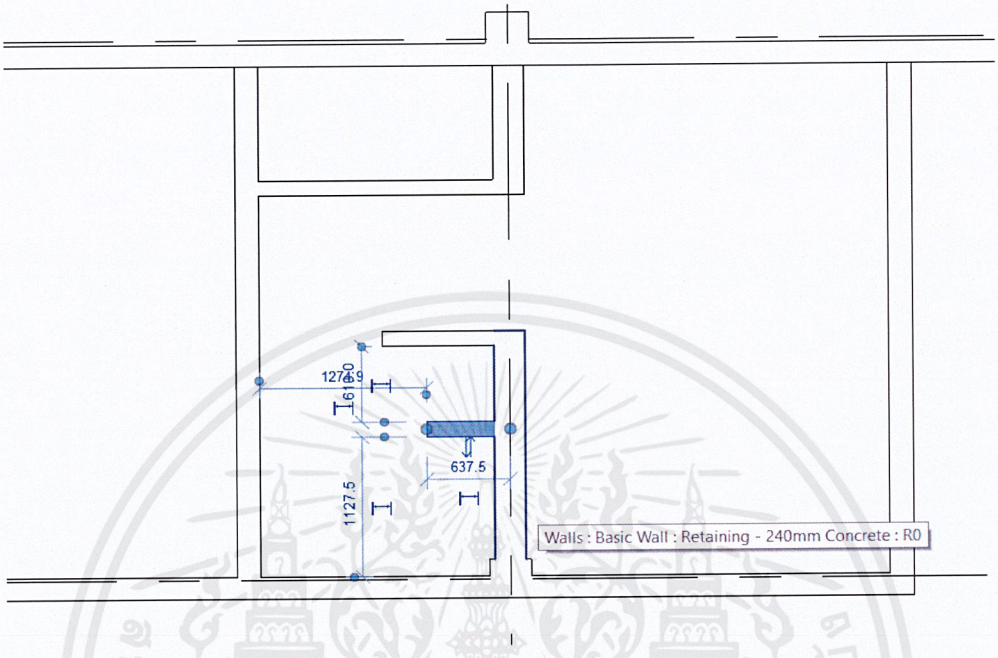


Step 4. ทำเหมือน Step 2. แต่เปลี่ยนเป็น วางกำแพงระหว่างเสาตามแนว B – 7 ไป B – 6 เป็นระยะ 977.5 mm. และเลื่อนขนานกริดไลน์ 07 ลงมาทางทิศใต้เป็นระยะ 2410 mm.

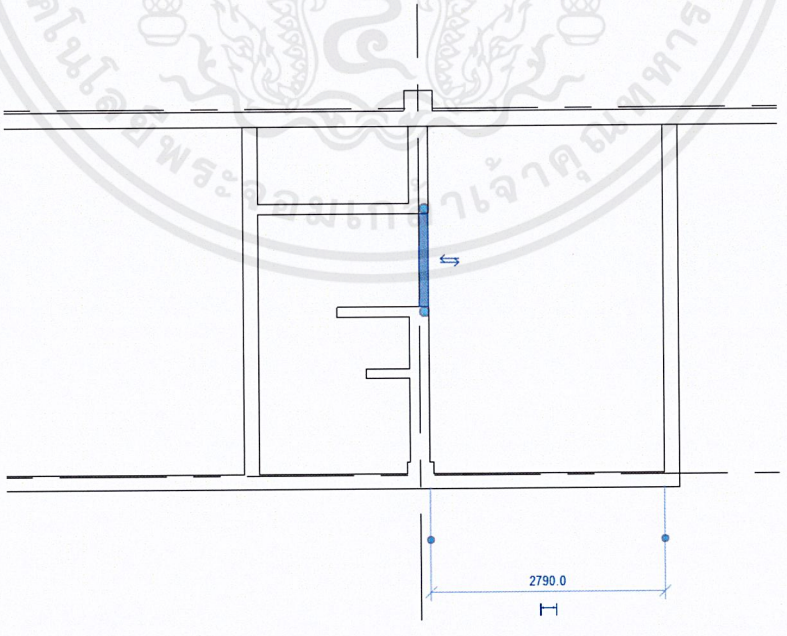


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 5. ทำเหมือน Step 2. แต่เปลี่ยนเป็น วางกำแพงระหว่างเสาตามแนว B – 7 ไป B – 6 เป็นระยะ 637.5 mm. และเลื่อนขนานกริดไลน์ 07 ลงมาทางทิศใต้เป็นระยะ 3140 mm.



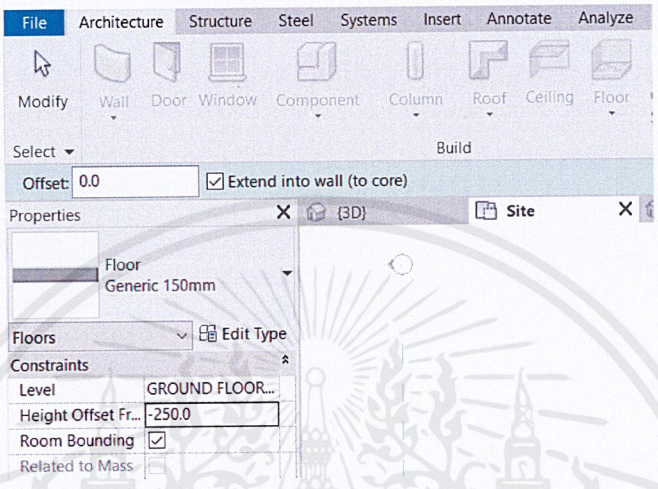
Step 6. ทำเหมือน Step 1. แต่เลือกชนิดกำแพงเป็น Basic Wall Retaining – 120 mm Concrete วางกำแพงระหว่างเสาตามแนว B – 7 ไป C – 7 เป็นระยะ 1100 mm และเลื่อนขนานกริดไลน์ 07 ลงมาทางทิศใต้เป็นระยะ 3140 mm.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

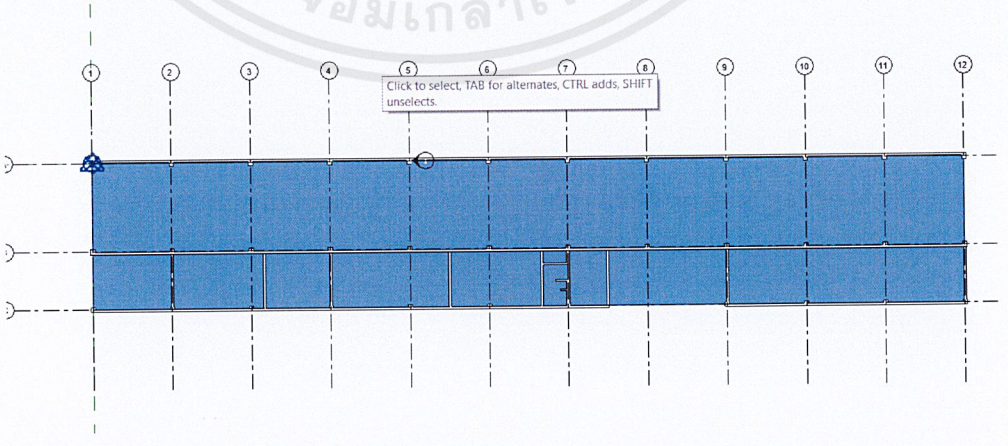
Chapter 1.8 กำหนดชนิดของพื้น

Step 1. ไปที่ Architecture -> Floor -> Floor : Architecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Concrete 175 mm กำหนด Level เป็น GROUND FLOOR LEVEL และกำหนด Height เป็น -250 mm.

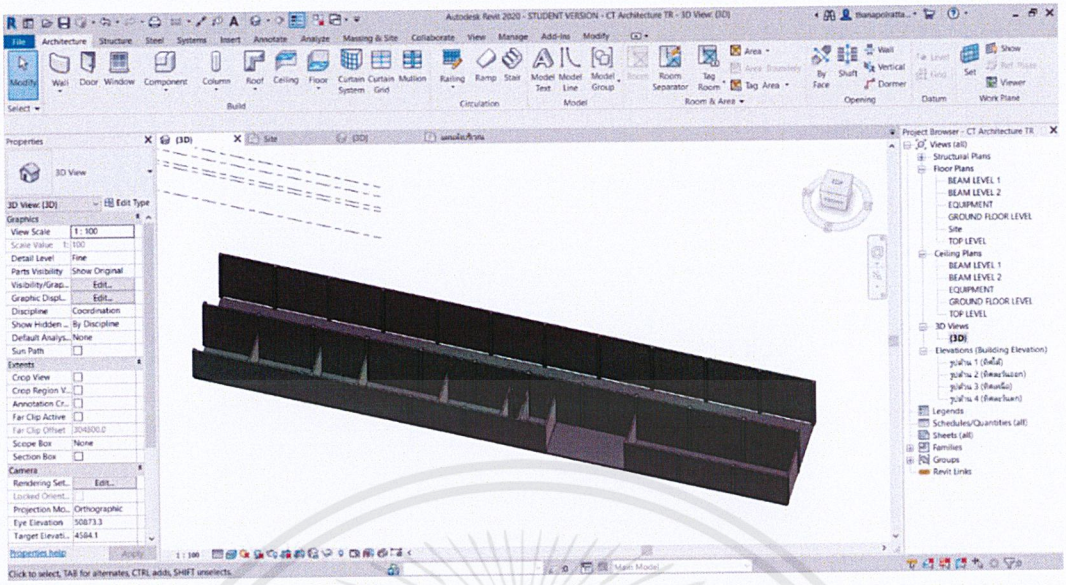


Chapter 1.9 วางพื้น

Step 1. ไปที่ Architecture -> Floor -> Floor : Architecture เลือกชนิดของกำแพงที่ Properties เลือก Concrete 175 mm 2 คลิกซ้าย 1 ครั้งที่ Boundary Line จากนั้นคลิกซ้าย 1 ครั้งที่ตำแหน่ง A – 1 ลากเคอเซอร์ไปที่ตำแหน่ง A – 12 คลิกซ้าย 1 ครั้ง ลากเคอเซอร์ไปที่ตำแหน่ง C – 12 คลิกซ้าย 1 ครั้ง ลากเคอเซอร์ไปที่ตำแหน่ง C – 1 คลิกซ้าย 1 ครั้ง ลากเคอเซอร์ไปที่ตำแหน่ง A – 1 คลิกซ้าย 1 ครั้ง ไปดูที่ Mode คลิกซ้าย 1 ครั้งที่เครื่องหมายถูกต้อง (สีเขียว)



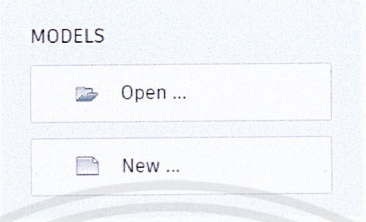
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

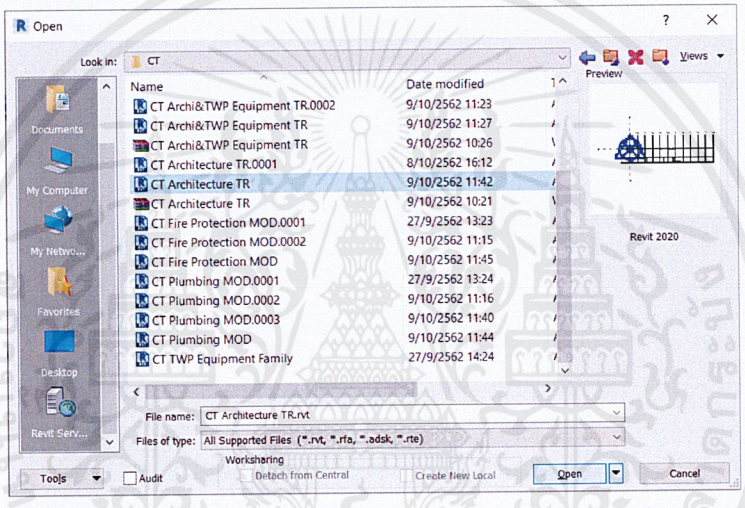


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part 2 ขั้นตอนการเดินท่อด้วยโปรแกรม Autodesk Revit

Chapter 2.1 ตรวจสอบการตั้งต้นไฟล์ของจุด Project Base Point และจุด Survey Point ของงานออกแบบ Architecture โดยโมเดลนั้น สถาปนิกได้ทำการกำหนดชนิดและตำแหน่งของสุขภัณฑ์มาแล้ว

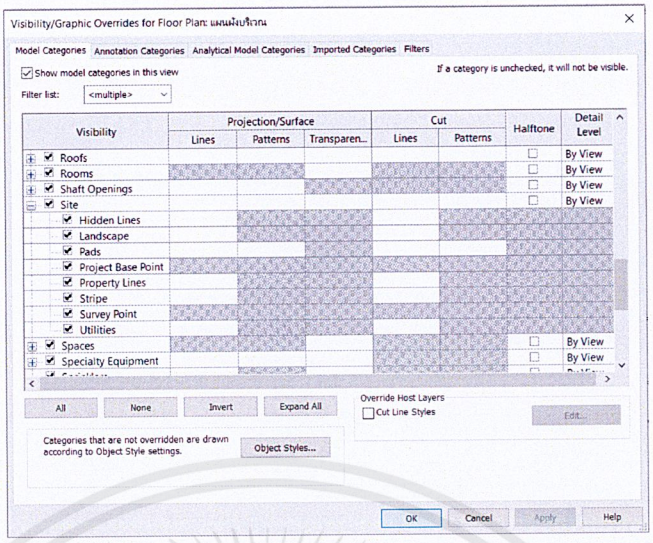




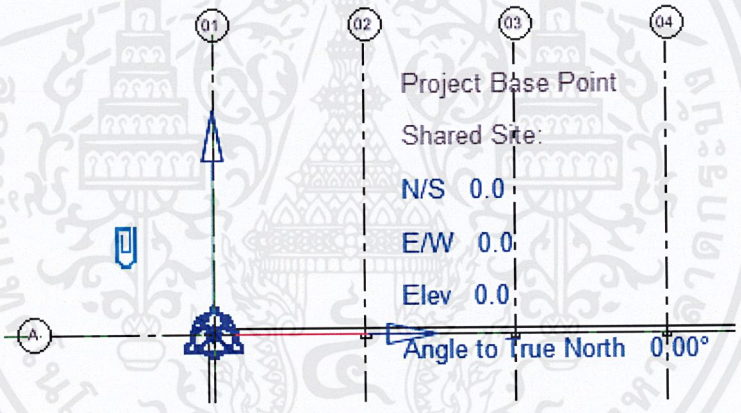
Step 1. เมื่อเปิดโปรแกรม Revit ขึ้นมาแล้ว ให้คลิกที่ Open คลิกเลือกไฟล์งานออกแบบ Architecture ในที่นี้ “CT Architecture TR”

Step 2. ไปที่แท็บ View คลิกใช้คำสั่ง Visibility/Graphics (สามารถใช้คำสั่งลัดพิมพ์ “vv” หรือ “vg” ได้) จากนั้นที่แท็บ Model Categories กดเครื่องหมายบวกที่ Site แล้วทำเครื่องหมายถูกที่ Project Base Point และจุด Survey Point แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

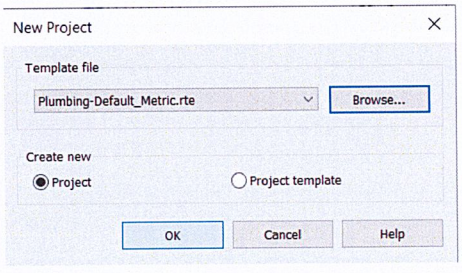


Step 3. จะปรากฏจุด Project Base Point และจุด Survey Point คลิกที่จุดทั้งสองจะบอกค่าพิกัด จดบันทึกทั้ง 2 ค่าเก็บไว้ จากนั้นกดปิดโปรแกรม

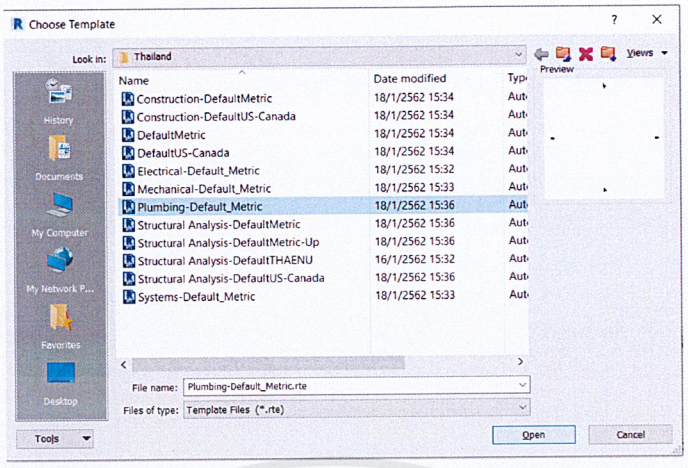


Chapter 2.2 การตั้งค่า Template งานระบบท่อ

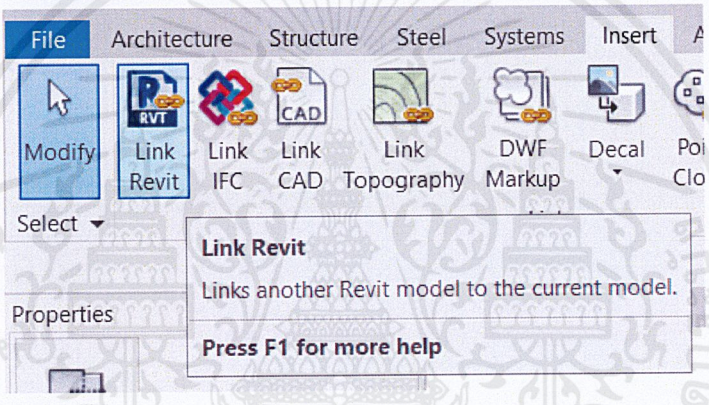
Step 1. เปิดโปรแกรม Revit ขึ้นมาใหม่อีกครั้ง ให้คลิกที่ New เพื่อเริ่มสร้าง Project ใหม่ จะปรากฏหน้าต่าง New Project คลิก Browse จากนั้นไปที่ Folder “Thailand” คลิกเลือก Template ชื่อ “Plumbing-Default_Metric.rte” แล้วกด Open ที่หัวข้อ Create new ให้เลือก Project แล้วกด OK



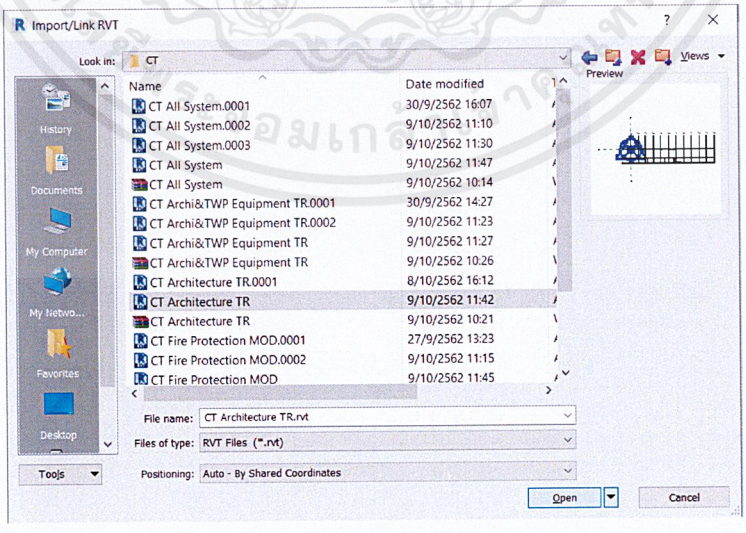
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Step 2. ทำการลิงค์ไฟล์งานออกแบบ Architecture ให้ไปที่แท็บ Insert แล้วคลิก Link Revit

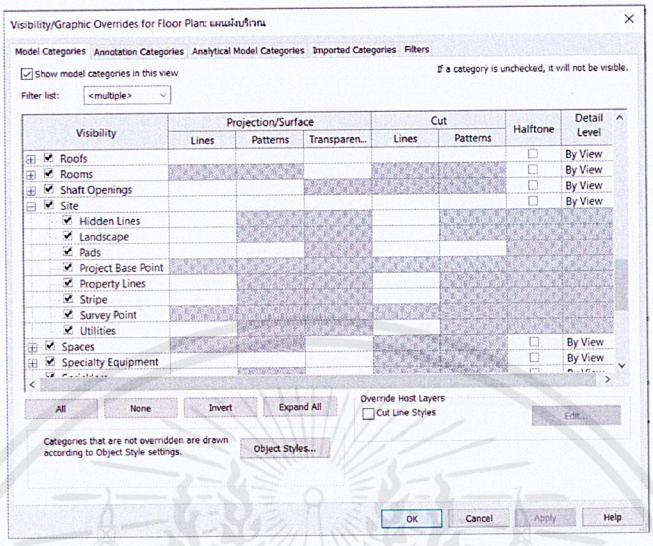


Step 3. คลิกเลือกไฟล์ “CT Architecture TR” จากนั้นปรับ Positioning เป็น “Auto – By Shared Coordinates” (ลิงค์เข้ามาครั้งแรก) แล้วกด Open

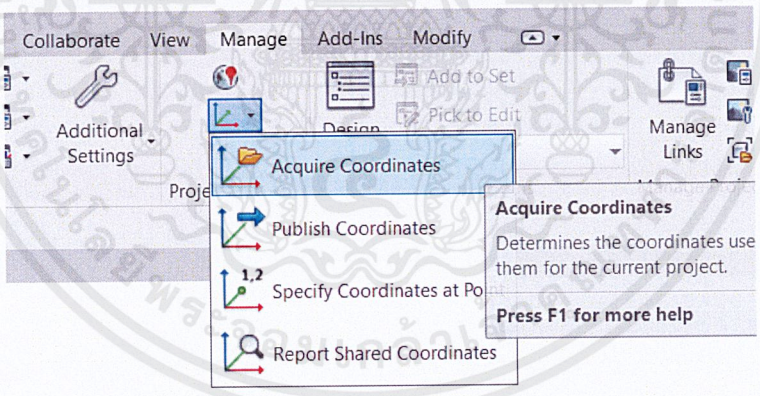


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 4. พิมพ์ “vv” จากนั้นที่จากนั้นที่แท็บ Model Categories กดเครื่องหมายบวกที่ Site แล้วทำเครื่องหมายถูกที่จุด Project Base Point และจุด Survey Point กด Apply แล้วกด OK

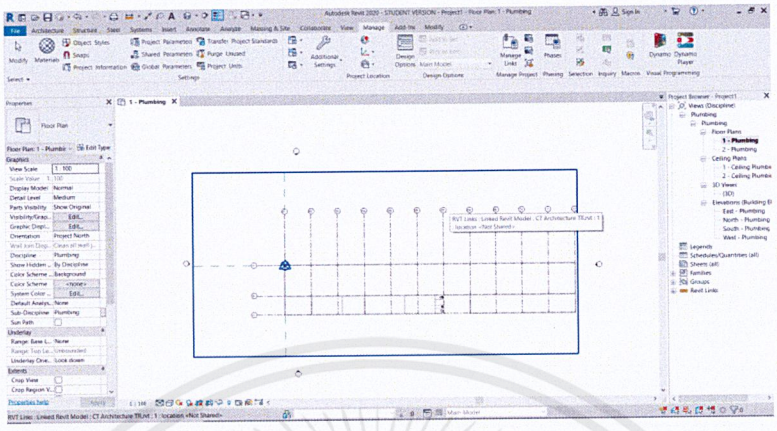


Step 5. ทำการ Monitoring จุด Project Base Point และจุด Survey Point ของไฟล์งานออกแบบ Architecture เพื่อเมื่อมีการแก้ไข Linked File โปรแกรมจะแจ้งเตือนให้ทราบ ไปที่แท็บ Manage คลิกใช้คำสั่ง Coordinates เลือก Acquire Coordinates

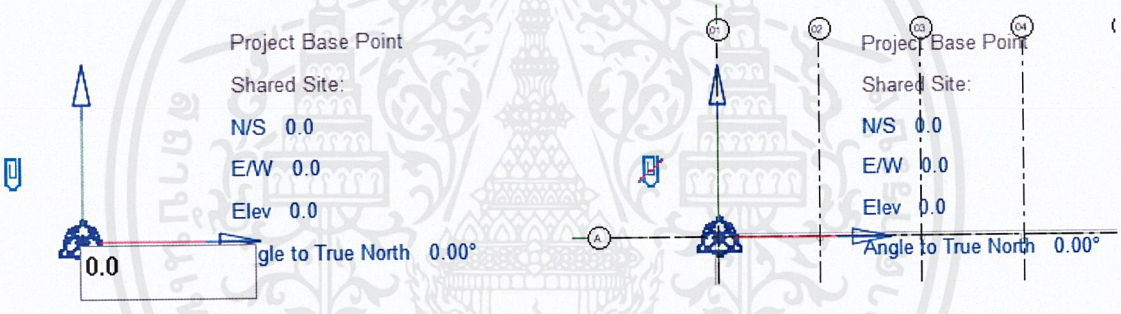


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

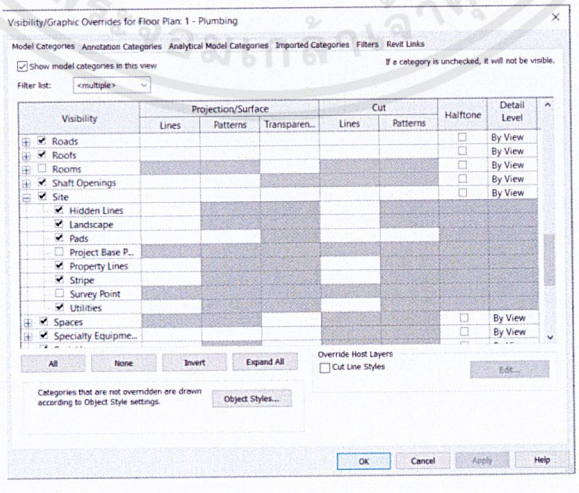
Step 6. เลื่อนเม้าท์ไปที่งาน Architecture สังเกตว่าจะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยมรอบงาน กดคลิก 1 ครั้ง



Step 7. คลิกที่จุด Project Base Point แล้วกดปลดล็อค และคลิกที่จุด Survey Point แล้วกดปลดล็อค จากนั้นใส่ค่าพิกัดทั้ง 2 จุดที่ได้จาก Chapter 2.1 กด Enter แล้วกดล็อคทั้ง 2 จุด

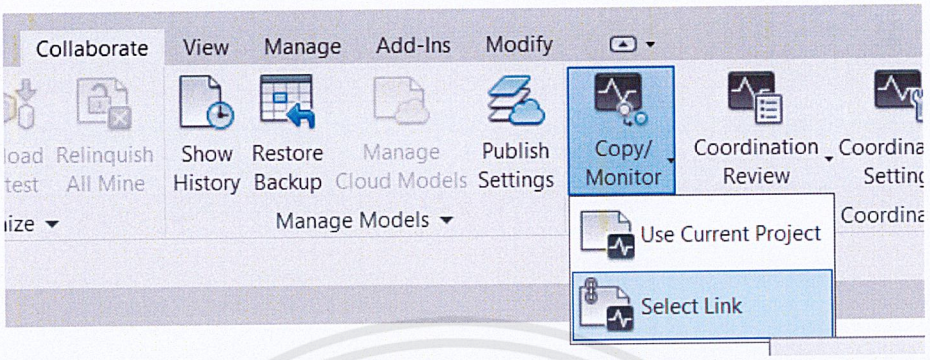


Step 8. พิมพ์ “vv” ไปที่แท็บ Model Categories กดเครื่องหมายบวกที่ Site นำเครื่องหมายถูกที่ Project Base Point และจุด Survey Point ออกแล้วกด OK

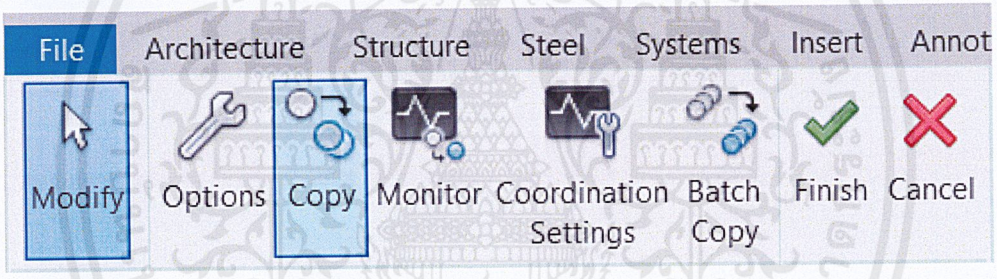


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

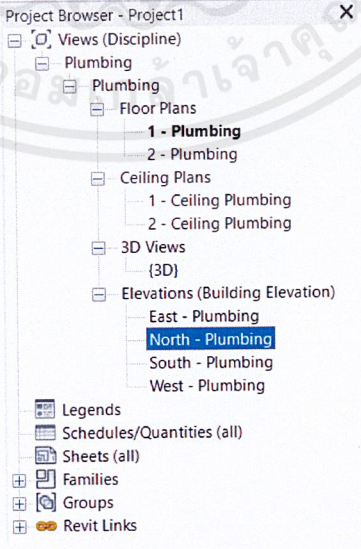
Step 9. ทำการ Monitoring Grid Line ไปที่แท็บ Collaborate คลิกใช้คำสั่ง Copy/Monitor และเลือก Select Link



Step 10. เลื่อนเม้าท์ไปที่งาน Architecture สังเกตว่าจะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยมรอบงาน กดคลิก 1 ครั้ง จะปรากฏแท็บ Ribbon Toolbar ใหม่ คลิกใช้คำสั่ง Copy จากนั้นคลิกเลือก Grid Line ทุกเส้น แล้วกด Finish



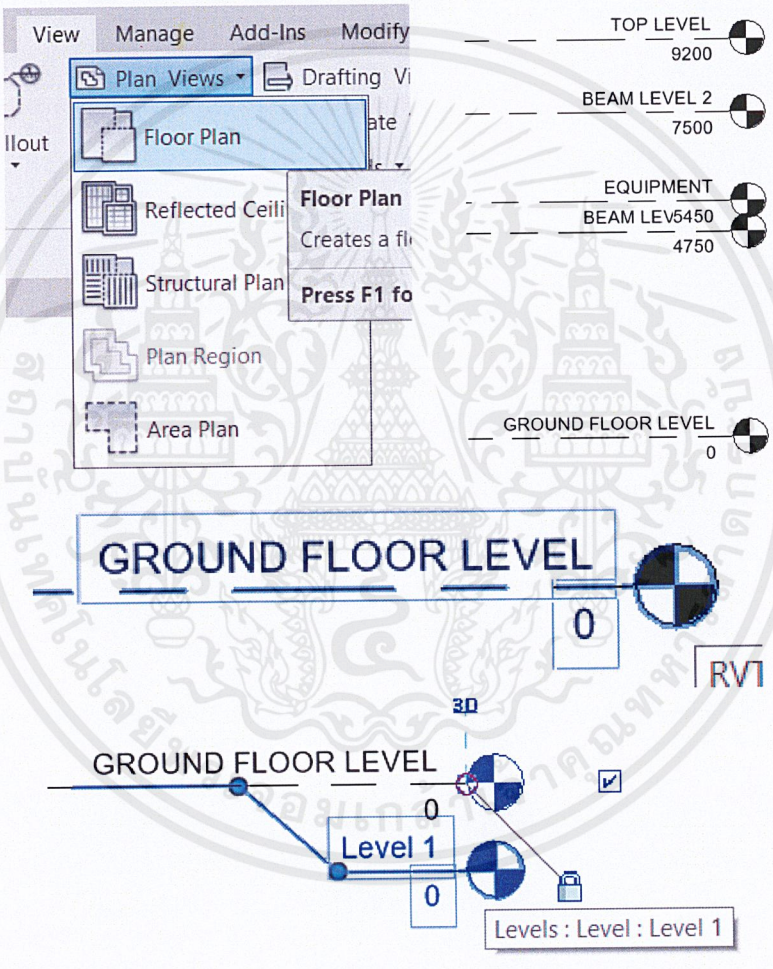
Step 11. ทำการ Monitoring Level ไปที่หน้า Project Browser หัวข้อ Elevations คลิกที่ South หรือ North ไปที่แท็บ Collaborate คลิกใช้คำสั่ง Copy/Monitor เลือก Select Link



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 12. เลื่อนเม้าท์ไปที่งาน Architecture สังเกตว่าจะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยมรอบงาน กดคลิก 1 ครั้ง จะปรากฏแท็บ Ribbon Toolbar ใหม่

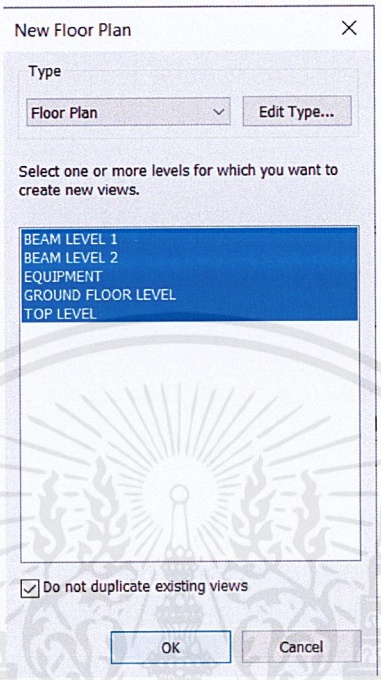
Step 13. เลือก Level 1 ซึ่งเป็น Level เดิมที่ติดมากับ Template กด Delete คลิกใช้คำสั่ง Copy เลือก Level เส้นใดเส้นหนึ่งก่อน กด Finish แล้ว Delete Level 2 เดิมทิ้ง จากนั้นใช้คำสั่ง Copy เลือก Level ที่เหลือทุกเส้น กด Finish (Level ที่ถูก Monitoring แล้วจะเป็นสีดำ)



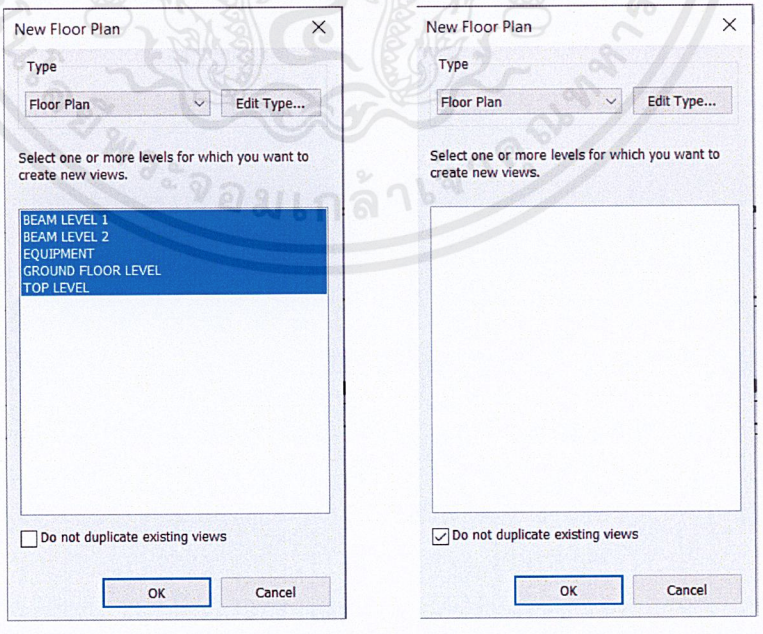
Step 14. ไปที่แท็บ View คลิกใช้คำสั่ง Plan Views เลือก Floor Plan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 15. จะปรากฏหน้าต่าง New Floor Plan กด Ctrl ค้างเพื่อเลือก Level ทั้งหมด แล้วกด OK โปรแกรมจะทำการสร้าง Floor Plan ขึ้นมาให้ใหม่

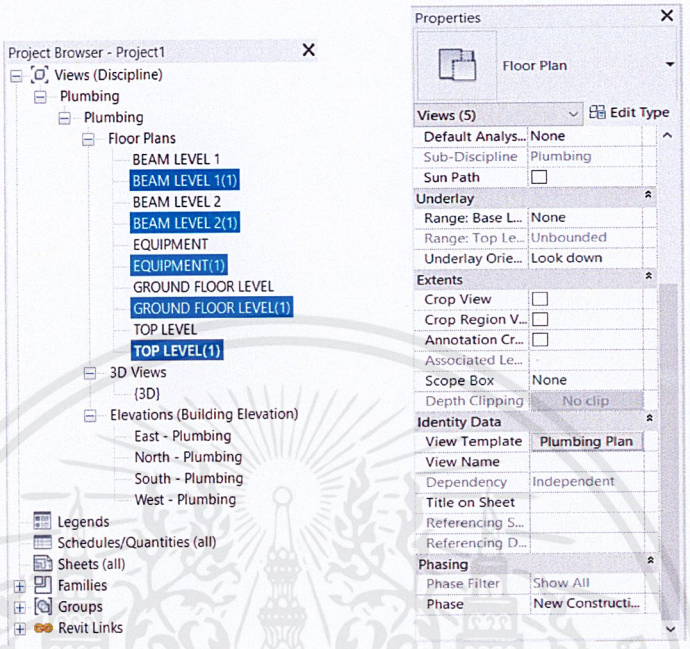


Step 16. ทำเหมือน Step 14. และจะปรากฏหน้าต่าง New Floor Plan ที่หน้าว่าง ให้นำเครื่องหมายถูก Do not duplicate existing views ออก กด Ctrl ค้างเพื่อเลือก Level ทั้งหมด แล้วกด OK

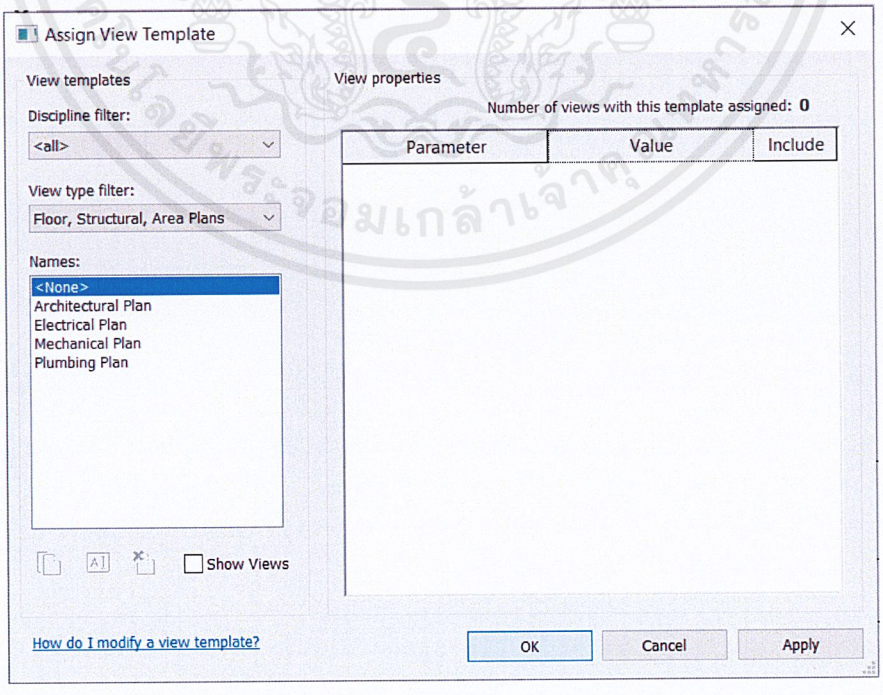


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 17. ที่หน้าต่าง Project Browser กด Ctrl ค้างเพื่อเลือก Level(...) ทั้งหมด จากนั้นไปที่หน้าต่าง Properties หัวข้อ Identity Data -> View Template คลิกที่ Plumbing Plan

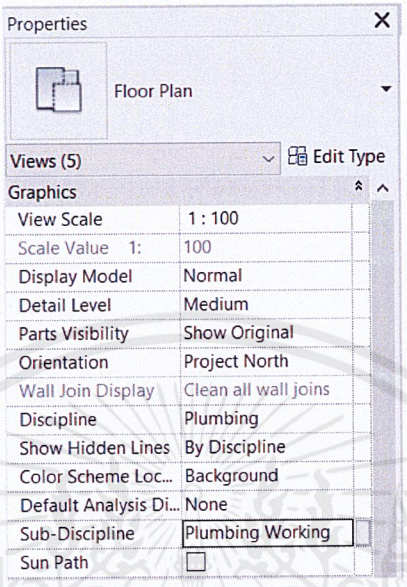


Step 18. จะปรากฏหน้าต่าง Assign View Template ที่หัวข้อ Names เลือก <None> แล้วกด OK เพื่อปลดล็อค Template

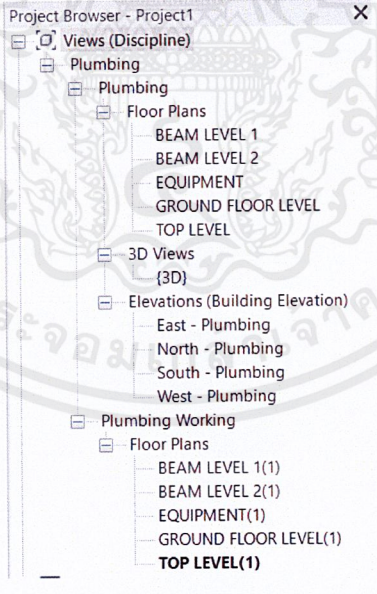


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 19. ที่หน้าต่าง Properties หัวข้อ Graphic -> Discipline จะแสดง Plumbing และที่หัวข้อย่อย Sub-Discipline ให้ตั้งชื่อเอง ในที่นี้เป็น Plumbing Working แล้วกด Enter



Step 20. ที่หน้าต่าง Project Browser จะปรากฏ Level ดังรูป หากต้องการเปลี่ยนชื่อแต่ละ Level ให้คลิกขวาที่ Level นั้น ๆ เลือก Rename



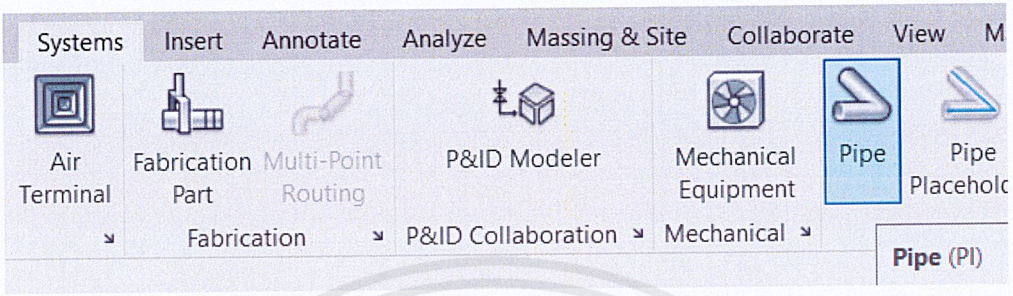
Step 21. จะปรากฏหน้าต่าง Rename View หัวข้อ Name เปลี่ยนเป็นชื่อที่ต้องการ แล้วกด OK ในที่นี้ไม่เปลี่ยนชื่อ

Step 22. ทำ Step 14. – Step 21. ซ้ำ ตามความละเอียดของงานระบบที่ต้องการจะแยก

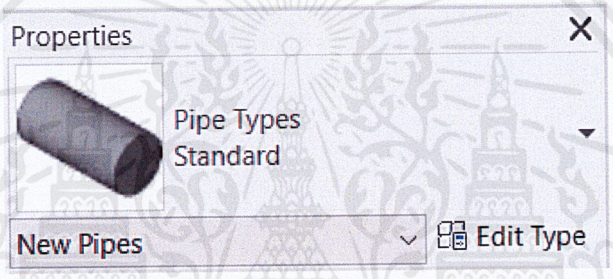
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 2.3 การตั้งค่าชนิดและขนาดท่อ

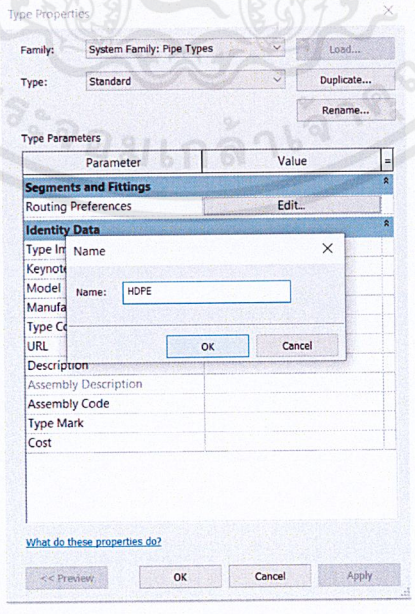
Step 1. เปิดไฟล์งานออกแบบ Architecture “CT Architecture TR” ที่ตั้งค่าแล้วจาก Chapter 2.2 ไปที่แท็บ System คลิกใช้คำสั่ง Pipe (สามารถใช้คำสั่งลัดพิมพ์ “pi” ได้)



Step 2. ที่หน้าต่าง Properties กด Edit Type



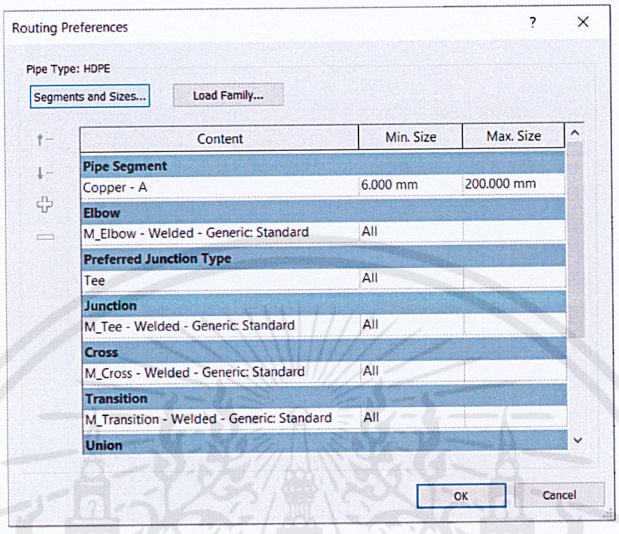
Step 3. จะปรากฏหน้าต่าง Type Properties คลิก Duplicate เพื่อสร้าง Type ใหม่ จะปรากฏหน้าต่าง Name ตั้งชื่อชนิดและClass ท่อที่ต้องการใช้ในงานระบบ (หากท่อแต่ละชนิดที่ใช้ในงานมี Class เดียว ก็ไม่จำเป็นต้องใส่ชื่อ Class) แล้วกด OK 2 ครั้งเพื่อปิดทั้ง 2 หน้าต่างไป ในที่นี้ตั้งชื่อเป็น “HDPE”



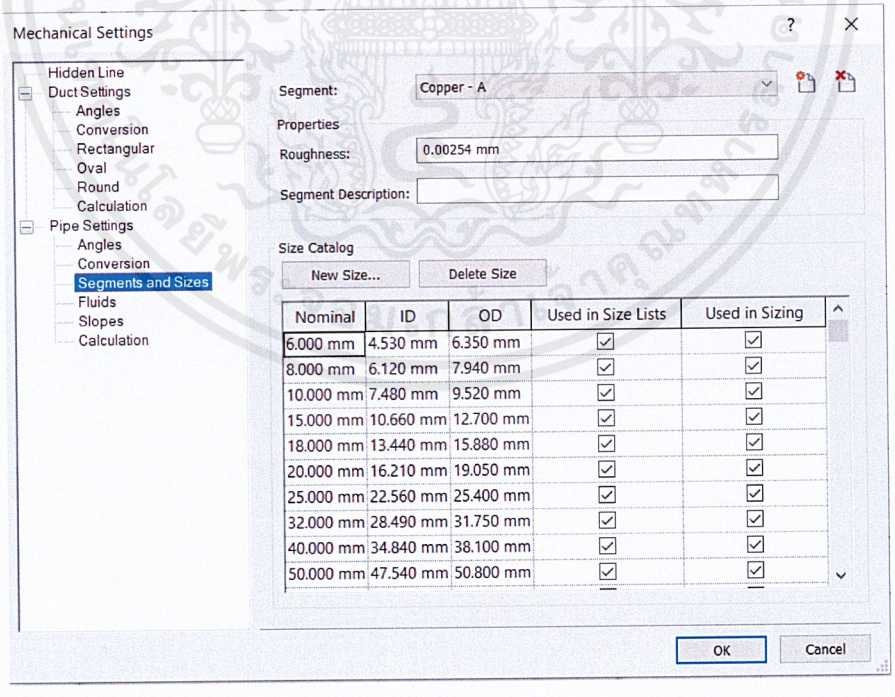
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 4. ที่หัวข้อ Segments and Fittings -> Routing Preferences กด Edit เพื่อเลือกชนิดของ Segment และข้อต่อต่าง ๆ

Step 5. จะปรากฏหน้าต่าง Routing Preferences คลิก Segments and Sizes...

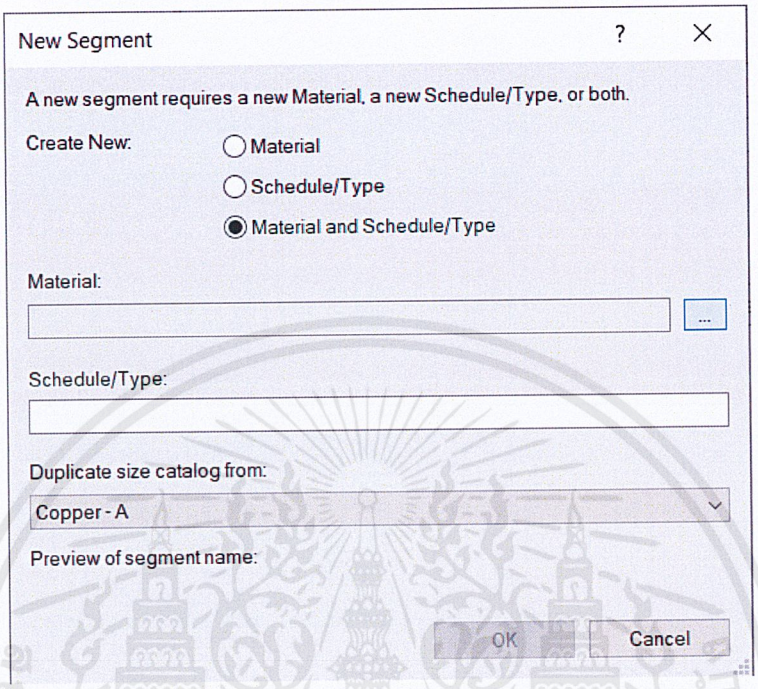


Step 6. จะปรากฏหน้าต่าง Mechanical Setting ที่หัวข้อ Pipe Settings กด Segments and Sizes คลิกที่

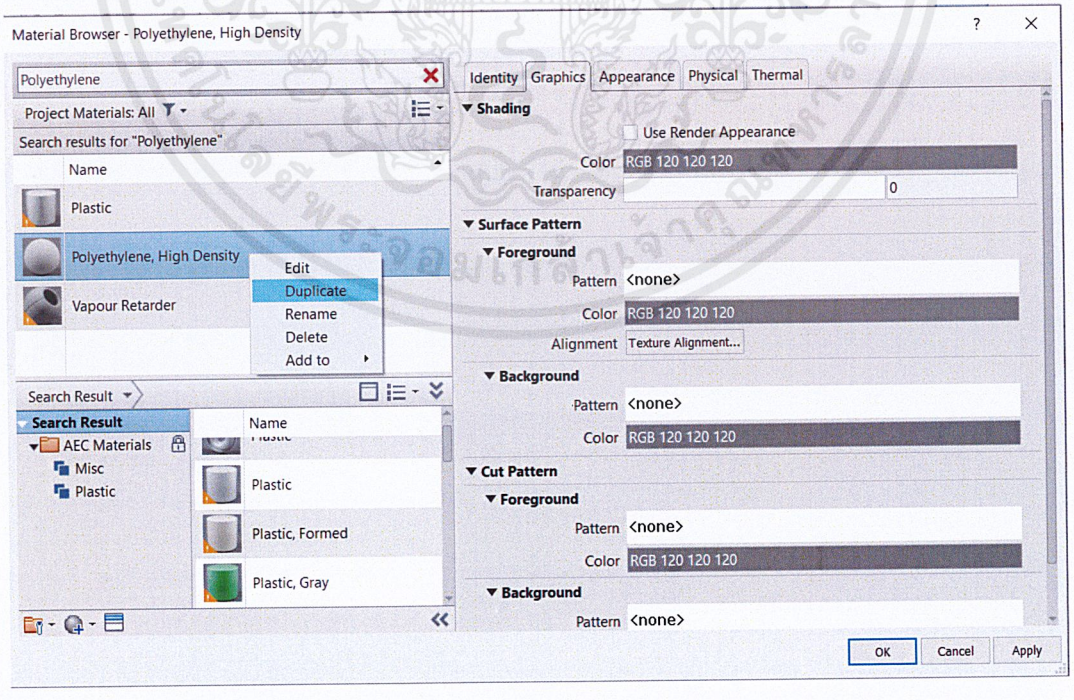


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 7. จะปรากฏหน้าต่าง New Segment คลิกเลือก Create New -> Material and Schedule/Type และคลิกที่จุดไข่ปลาข้างหลัง Material เพื่อทำการตั้งค่าวัสดุ

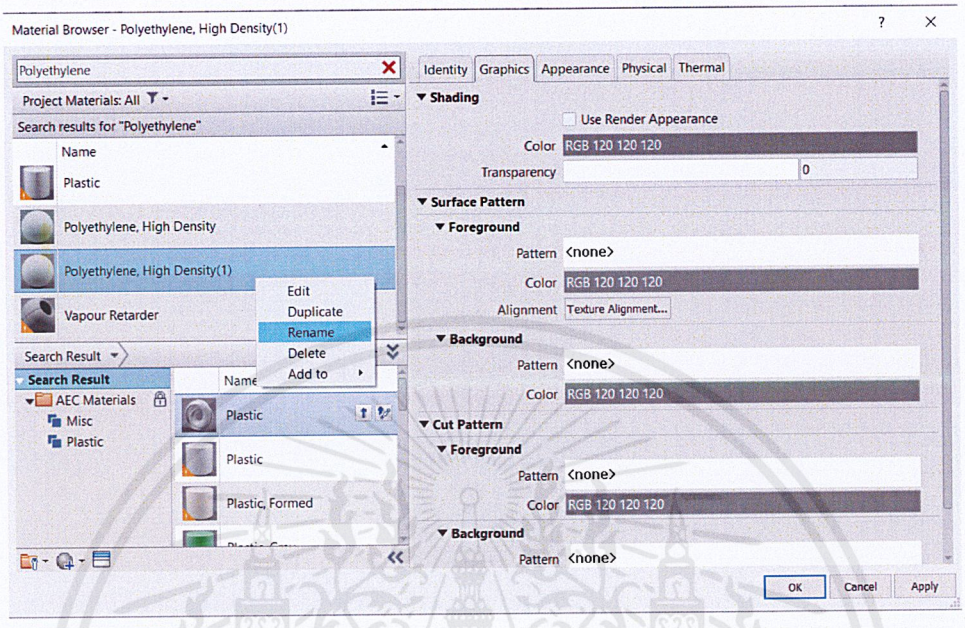


Step 8. จะปรากฏหน้าต่าง Material Browser พิมพ์ที่ช่อง Search ว่า “Polyethylene” หากไม่พบให้ใช้วัสดุที่ใกล้เคียงที่สุดแทน คลิกขวาที่วัสดุที่ต้องการ คลิก Duplicate

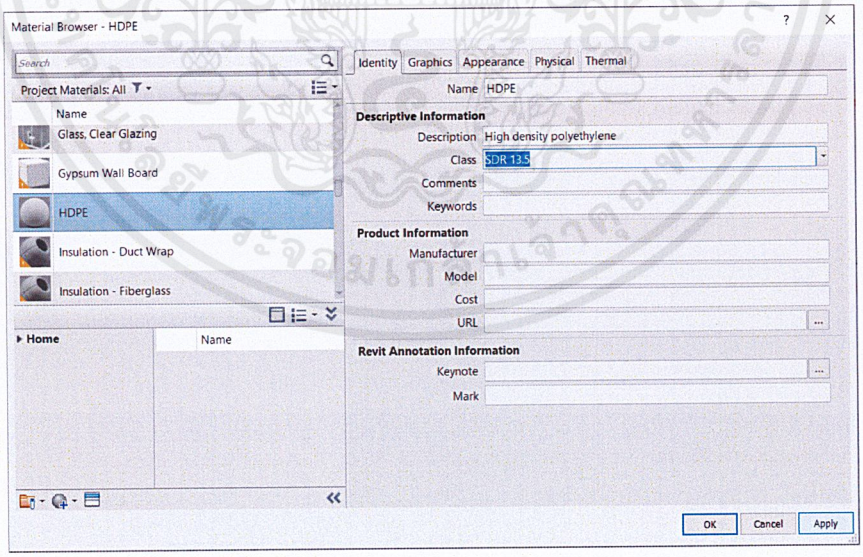


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 9. ตั้งชื่อวัสดุที่ Duplicate ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกขวา กด Rename ตั้งชื่อเป็น “HDPE” แล้วกด Enter

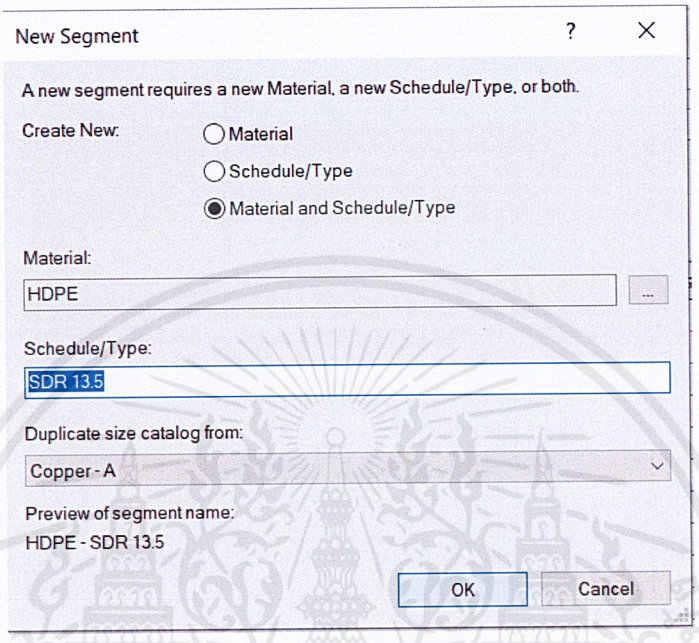


Step 10. ไปที่แท็บ Identity หัวข้อ Descriptive Information -> Description ใส่ชื่อเต็มหรือชื่อย่อของวัสดุ “High Density Polyethylene” -> Class ใส่ชื่อ Class “SDR 13.5” กด Apply แล้วกด OK

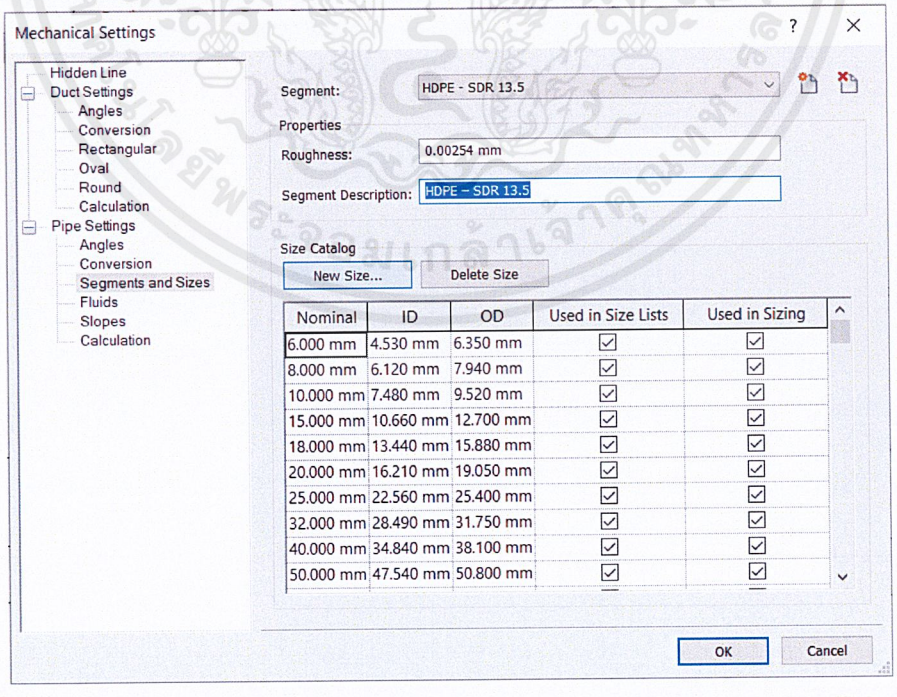


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 11. ที่หน้าต่าง New Segment จะปรากฏ Material เป็น HDPE จากนั้นพิมพ์ “SDR 13.5” หลังช่อง Schedule/Type โดยหลังช่อง Duplicate size catalog from สำหรับการสร้าง Type ใหม่ สามารถเลือกอะไรก็ได้เพราะต้องกรอกค่า Diameter ท่อใหม่อยู่ดี แล้วกด OK

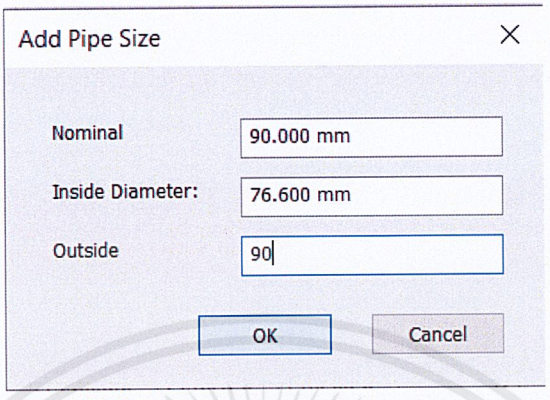


Step 12. ที่หน้าต่าง Mechanical Setting หลังช่อง Segment Description พิมพ์ “HDPE – SDR 13.5” จากนั้นในตาราง Size Catalog ให้กด New Size...



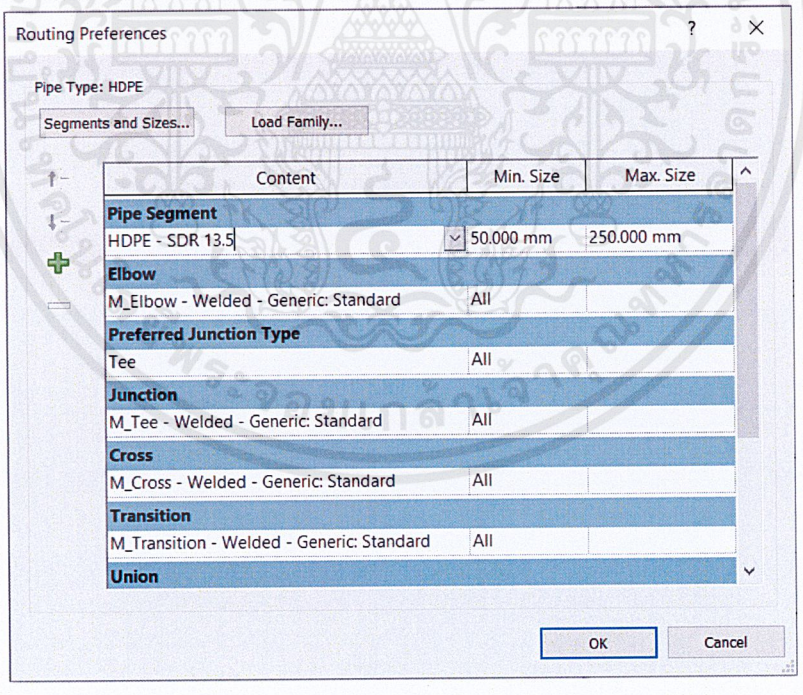
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 13. จะปรากฏหน้าต่าง Add Pipe Size จากนั้นกรอกค่าทั้งหมดที่ได้จากตารางบอกขนาดมิติท่อในบทที่ 3 แล้วกด OK ทำ Step 13. ซ้ำเพื่อใส่ขนาดท่อที่ต้องการให้ครบ



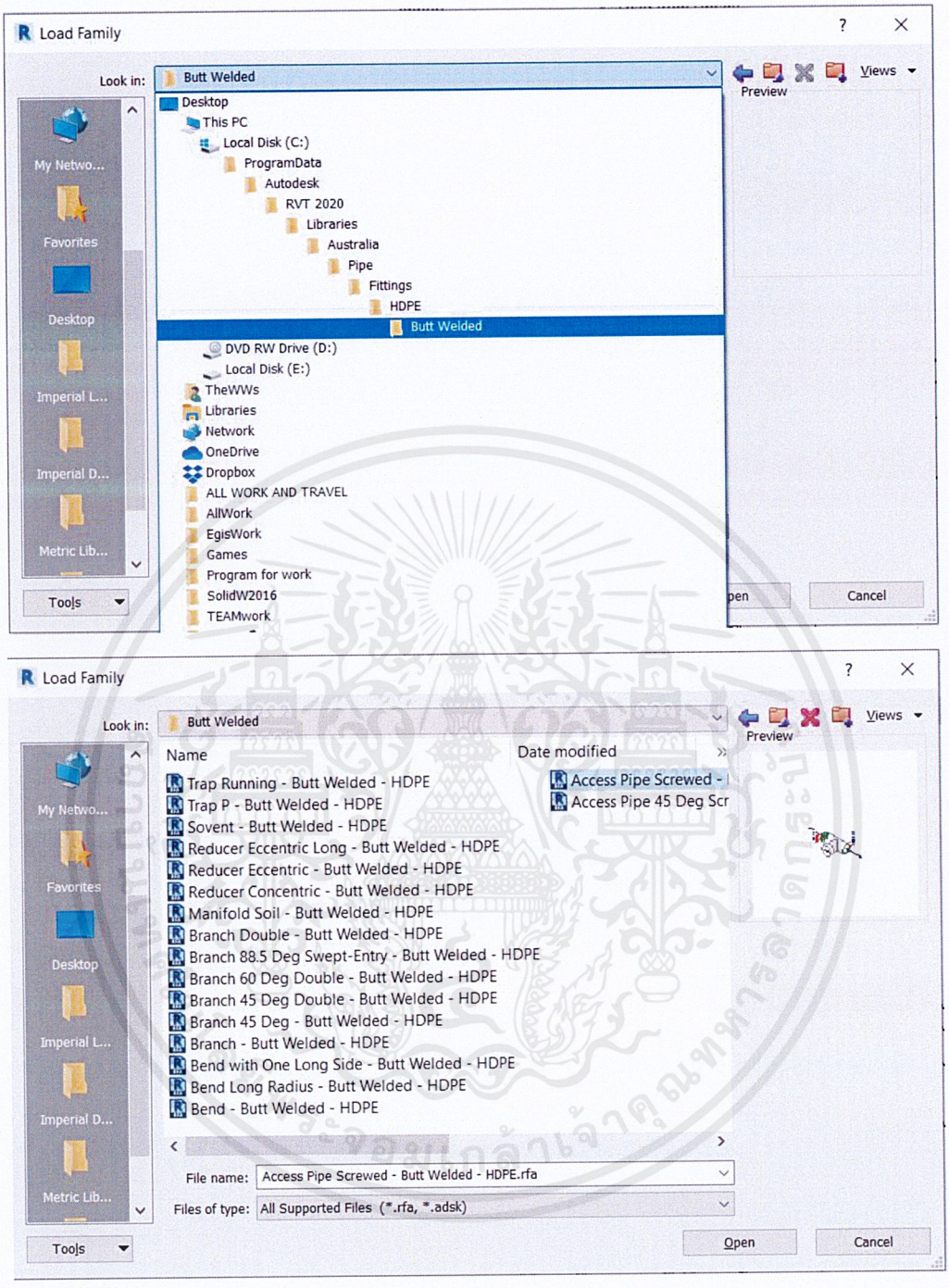
Step 14. คลิกที่ขนาดท่อที่ไม่ต้องการ แล้วกด Delete Size กด OK

Step 15. ที่หน้าต่าง Routing Preferences หัวข้อ Pipe Segment ให้กดเครื่องหมาย Drop Down เลือก HDPE – PN10 จากนั้นเลือกขนาด Min. Size และ Max. Size ให้ครอบคลุมขนาดท่อที่ต้องการใช้



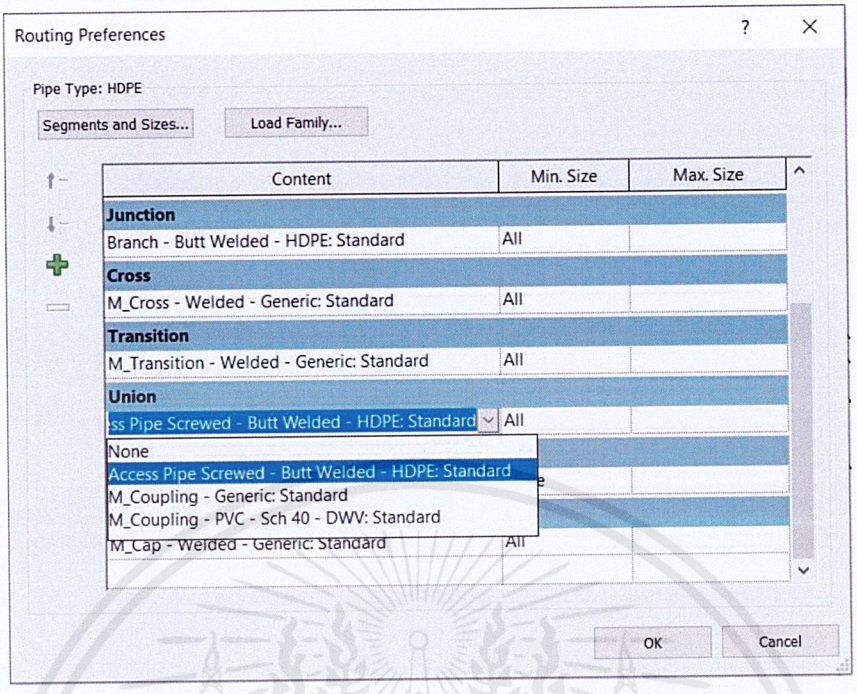
Step 16. คลิก Load Family... เพื่อโหลดข้อต่อต่าง ๆ ให้ชนิดตรงกัน ไปที่ Folder “Australia” -> “Pipe” -> “Fittings” -> “HDPE” -> “Butt Welded” -> “Access Pipe Screwed – Butt Welded – HDPE” (แต่ละวัสดุอยู่ใน Folder ที่แตกต่างกัน) แล้วกด Open

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Step 17. กดเครื่องหมาย Drop Down ของหัวข้อ Union แล้วเลือก “Access Pipe Screwed – Butt Welded – HDPE” ที่โหลดมาใน Step 16. แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

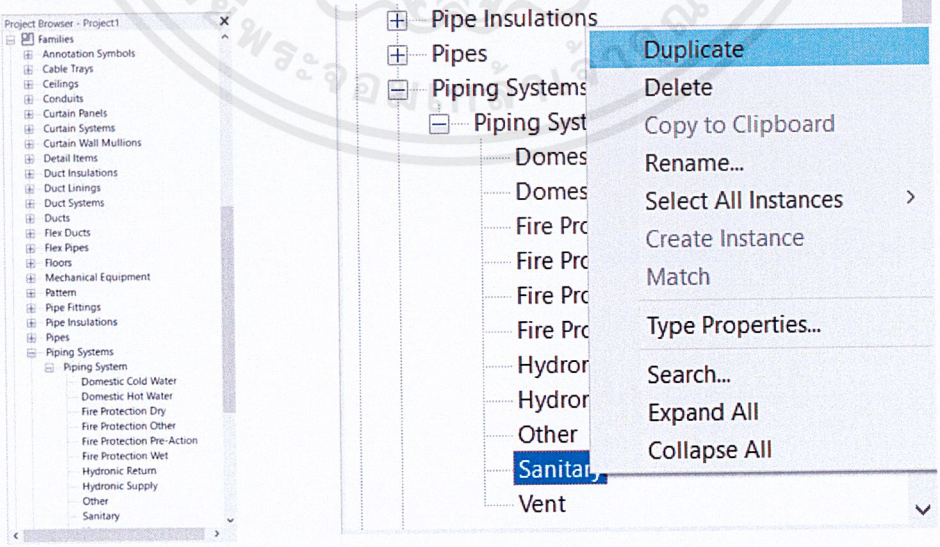


Step 18. ทำ Step 16. – Step 17. ซ้ำ หากมีข้อต่อที่ต้องการใช้ชนิดอื่น ๆ

Step 19. ทำ Step 1. – Step 18. ซ้ำ หากต้องการสร้าง Type ท่อใหม่

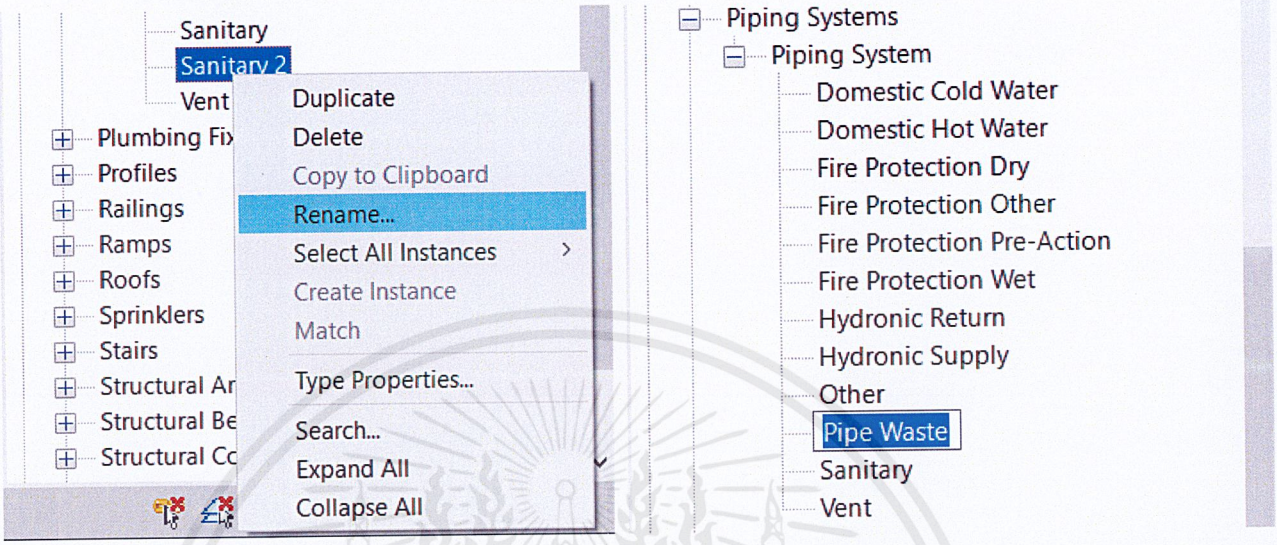
Chapter 2.4 การตั้งค่า Piping Systems

Step 1. เปิดไฟล์งานออกแบบ Architecture “CT Architecture TR” ที่ตั้งค่าแล้วจาก Chapter 2.3 ที่หน้าต่าง Project Browser หัวข้อ Families กดเครื่องหมายบวกที่ Piping Systems คลิกขวาที่ Sanitary กด Duplicate (Duplicate งานระบบเดิมให้ตรงกับงานระบบที่ต้องการสร้าง)

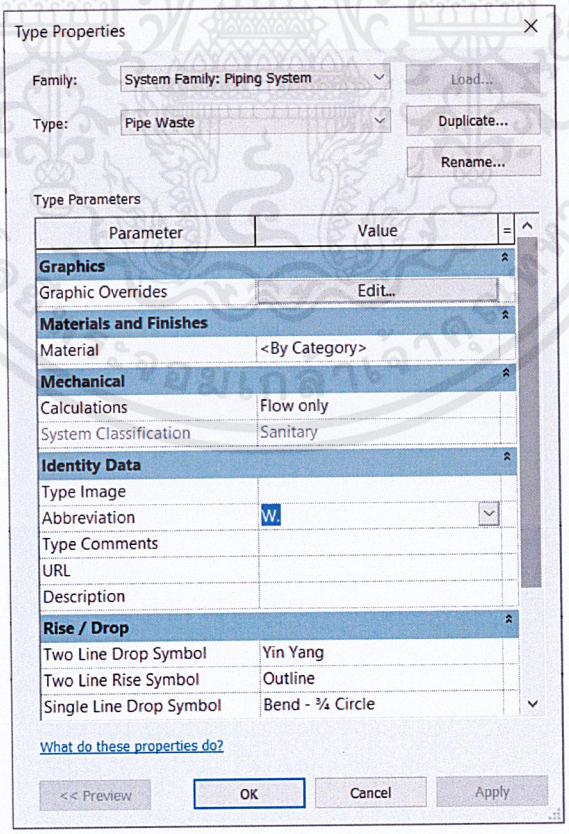


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 2. คลิกขวาที่ Sanitary2 กด Rename ตั้งชื่อเป็น “Pipe Waste” แล้วกด Enter

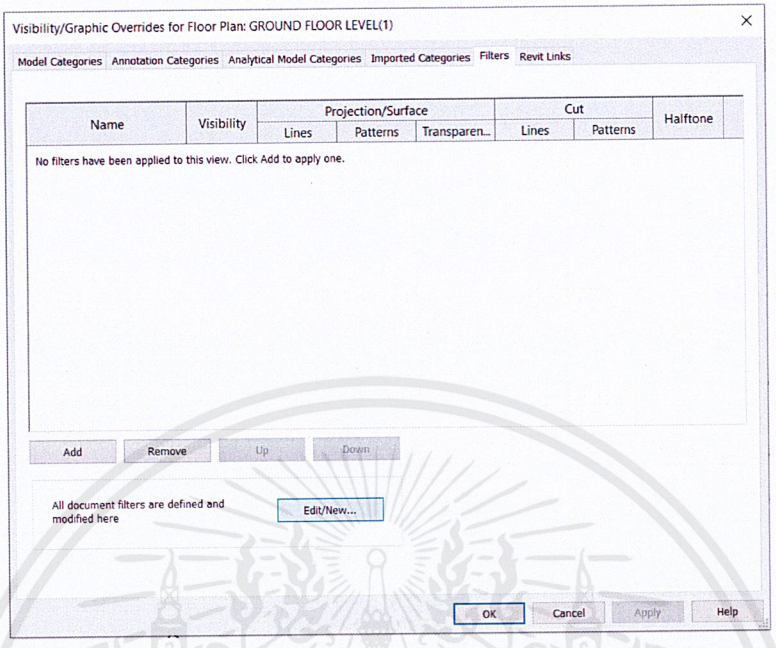


Step 3. กดดับเบิ้ลคลิกที่ Pipe Waste จะปรากฏหน้าต่าง Type Properties หัวข้อ Identity Data พิมพ์ “W.” หลังช่อง Abbreviation แล้วกด OK

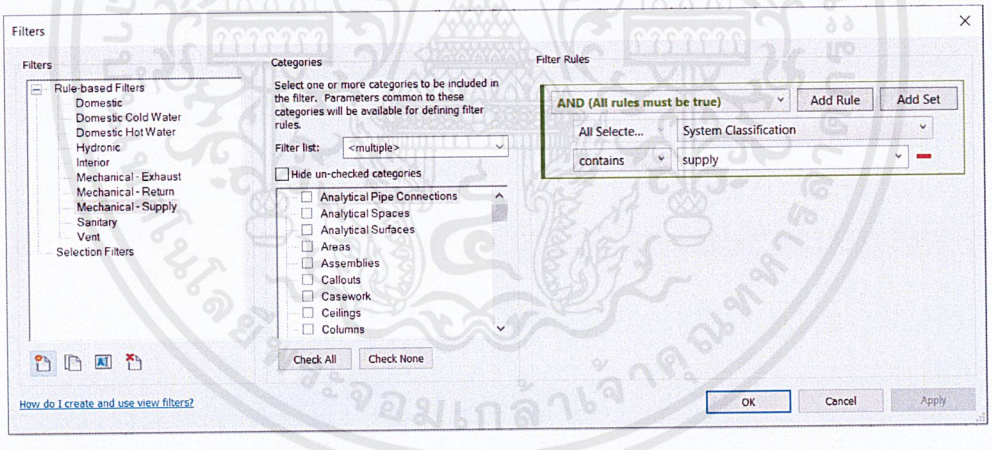


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

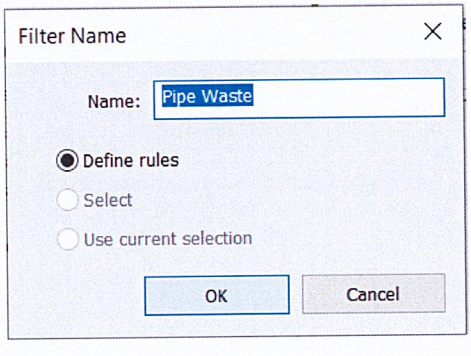
Step 4. พิมพ์ “vv” ไปที่แท็บ Filters กด Edit/New...



Step 5. จะปรากฏหน้าต่าง Filters ที่คอลัมน์ Filters กดเครื่องหมาย

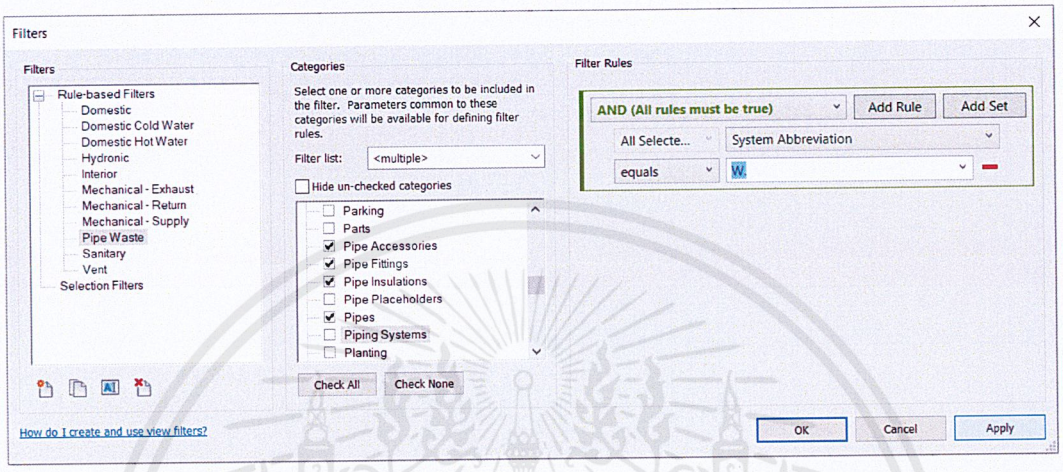


Step 6. จะปรากฏหน้าต่าง Filter Name ตั้งชื่อให้เหมือนกับ Step 2. แล้วกด OK

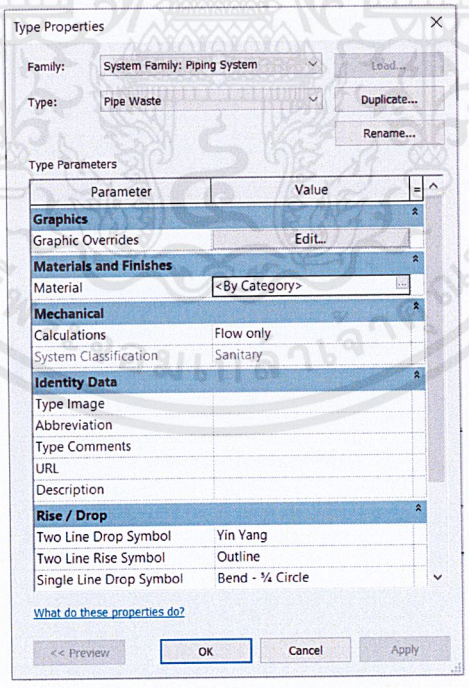


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 7. ที่คอลัมน์ Categories ทำเครื่องหมายถูกที่ Pipe Accessories, Pipe Fittings, Pipe Insulations และ Pipes และที่คอลัมน์ Filter Rules หัวข้อ Filter by ให้กดเครื่องหมาย Drop Down เลือก System Abbreviation และ equals พิมพ์ “W.” กด Apply แล้วกด OK 2 ครั้งเพื่อปิดหน้าต่างนี้ไป

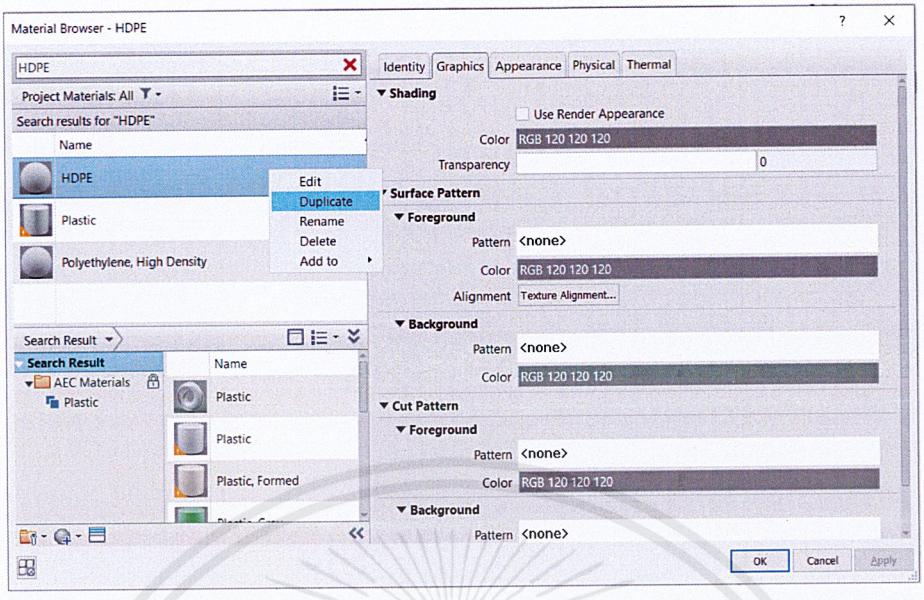


Step 8. กดดับเบิ้ลคลิกที่ Pipe waste จะปรากฏหน้าต่าง Type Properties หัวข้อ Materials and Finishers คลิกที่จุดไข่ปลาข้างหลัง Material

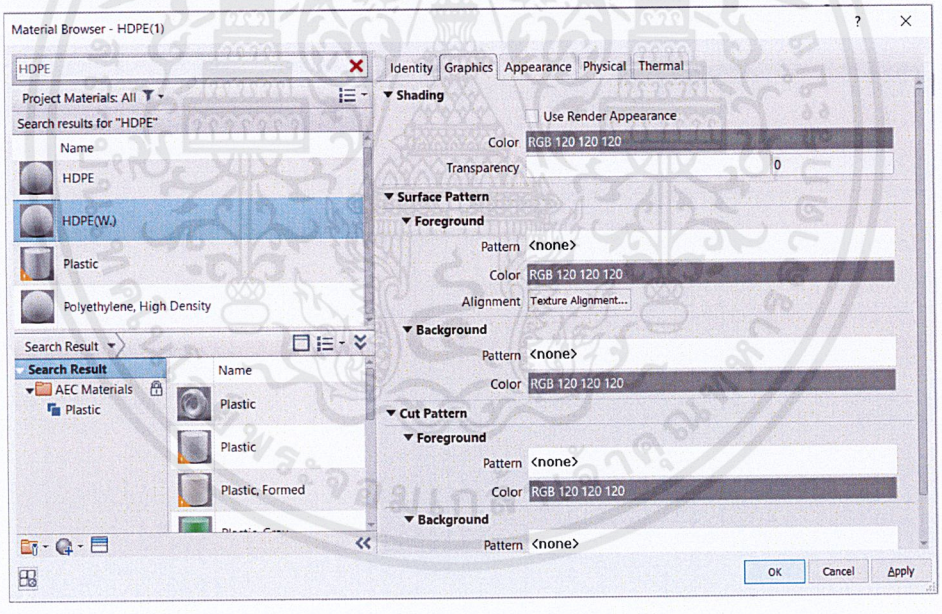


Step 9. จะปรากฏหน้าต่าง Material Browser พิมพ์ที่ช่อง Search ว่า “HDPE” คลิกขวา คลิก Duplicate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

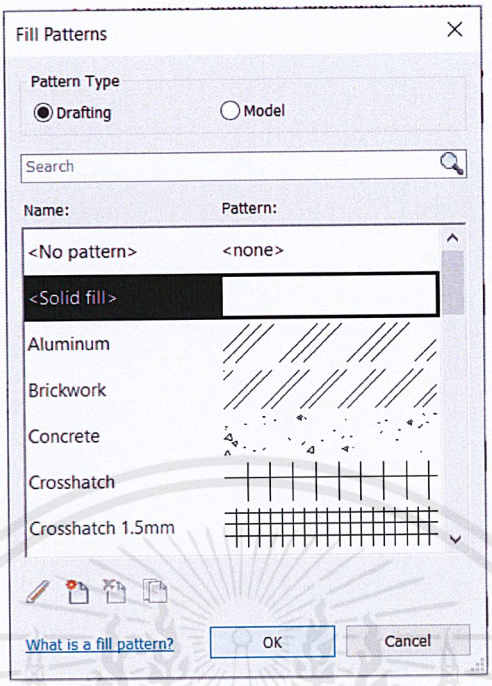


Step 10. ตั้งชื่อวัสดุที่ Duplicate ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกขวา กด Rename ตั้งชื่อเป็น “HDPE(W.)” แล้วกด Enter

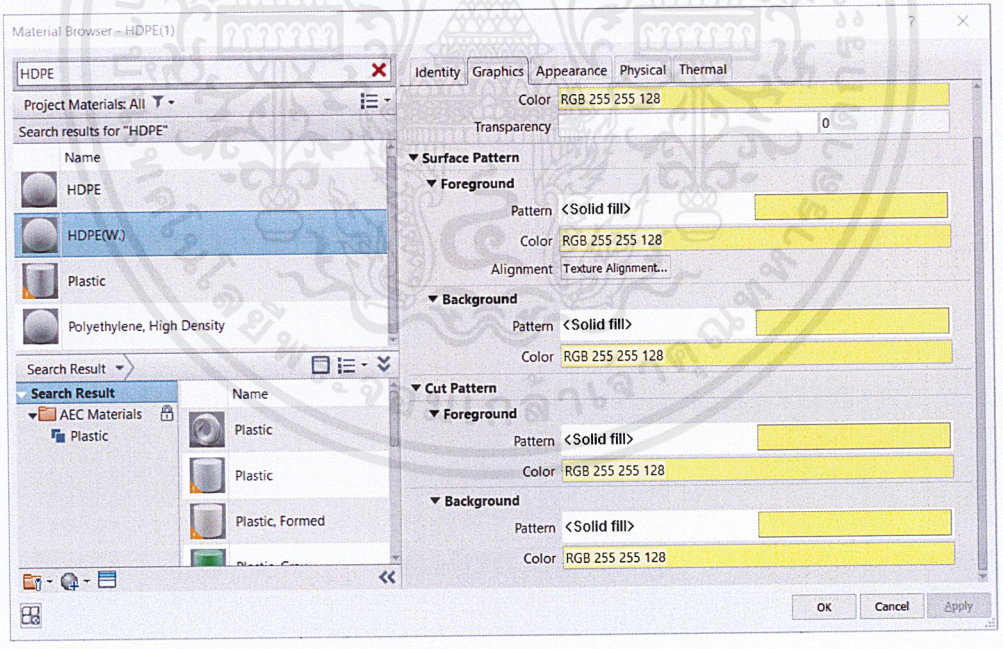


Step 11. ไปที่แท็บ Graphic คลิก <none> หลังช่อง Pattern จะปรากฏหน้าต่าง Fill Patterns เลือก Solid fill แล้วกด OK (ทำทุกช่อง)

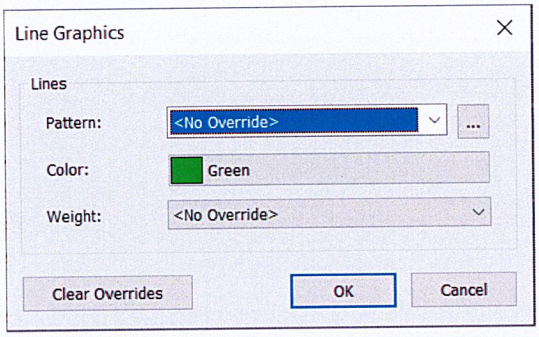
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

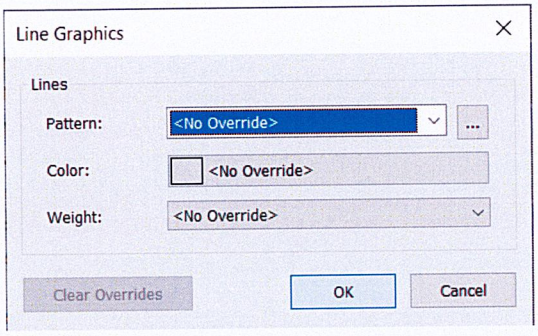


Step 12. คลิกแถบสีหลังช่อง Color เลือกสีท่อที่ต้องการ กด OK (ทำทุกช่อง) ในที่นี้เลือกสีที่ต้องการ ในที่นี้เลือกสีเหลือง (ทำทุกช่อง) จากนั้นกด Apply แล้วกด OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



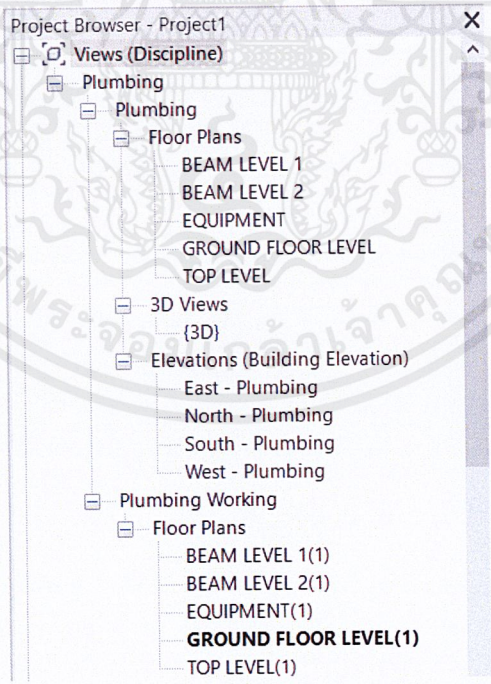


Step 13. ที่หน้าต่าง Type Properties หัวข้อ Graphics คลิก Edit... หลังช่อง Graphic Override จะปรากฏหน้าต่าง Line Graphics กด Clear Overrides แล้วกด OK 2 ครั้งเพื่อปิดหน้าต่างนี้ไป

Step 14. ทำ Step 1. – Step 13. ซ้ำ หากต้องการสร้าง Piping System ใหม่

Chapter 2.5 การเขียนแบบท่อ

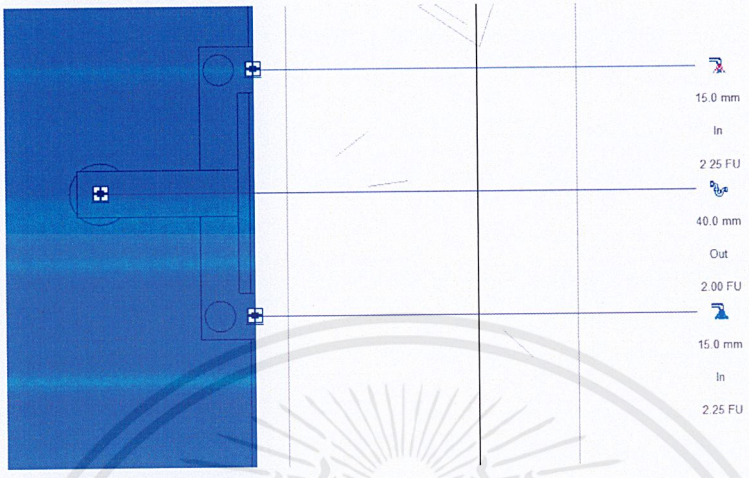
Step 1. เปิดไฟล์งานออกแบบ Architecture “CT Architecture TR” ที่ตั้งค่าแล้วจาก Chapter 2.4 โดยจะเขียนท่อด้าน TOP VIEW ที่หน้าต่าง Project Browser หัวข้อ Plumbing Working -> Floor Plans ดับเบิ้ลคลิก GROUND FLOOR LEVEL(1)



Step 2. หากในแบบงาน Architecture ไม่มีเครื่องสุขภัณฑ์ ให้ใช้คำสั่ง Pipe และข้ามไป Step 4. โดยก่อนเริ่ม Step 6. ให้คลิกจุดที่ต้องการเริ่มเขียนท่อ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

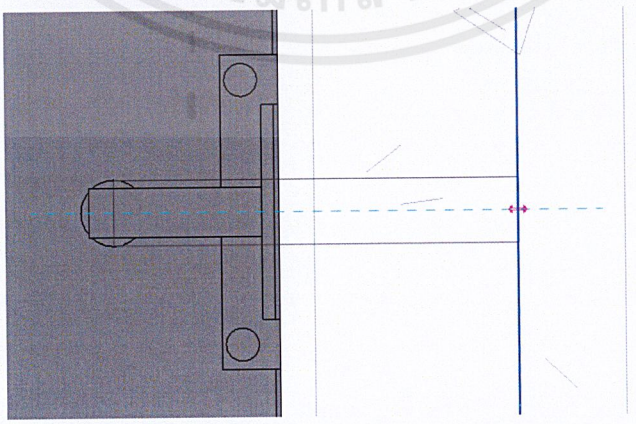
Step 3. หากในแบบงาน Architecture มีเครื่องสุขภัณฑ์ ให้คลิกที่เครื่องสุขภัณฑ์นั้น ๆ 1 ครั้ง จะปรากฏสัญลักษณ์ดังรูป ในที่นี้จะเขียนท่อน้ำทิ้ง หรือ Pipe Waste จึงกด Out



Step 4. จะปรากฏหน้าต่างเสมือนใช้คำสั่ง “pi” คลิกใช้คำสั่ง Slope Off สำหรับการท่อเดินท่อตรง

Step 5. ก่อนเริ่มการเขียนท่อทุกครั้งต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าที่ช่อง Option Bar เลือกขนาดท่อและระดับ Offset ถูกต้อง และที่หน้าต่าง Properties เลือกชนิดท่อ Reference Level และ System Type ถูกต้อง

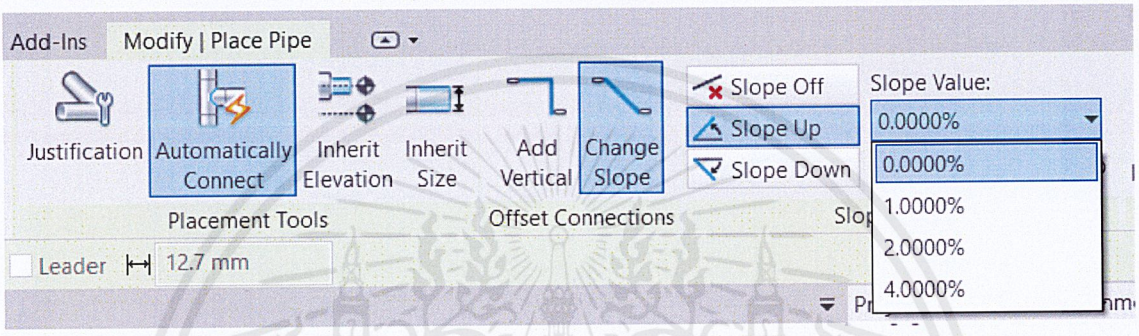
Step 6. ลากเม้าท์ไปยังทิศทางที่ต้องการ หากทราบความยาวท่อให้พิมพ์ความยาว จากนั้นกด Enter หากไม่ทราบความยาวท่อให้ลากเม้าท์ไปยังทิศทางที่ต้องการแล้วกดคลิก 1 ครั้งที่จุดปลายท่อได้เลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 7. หากท่อที่เชื่อมต่อกันมี Offset เปลี่ยนไป ให้เปลี่ยนเป็นค่า Offset ที่ต้องการ จากนั้นเขียนท่อต่อจากจุดเดิมเสมือนมุมมอง Top View โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อท่อที่ระดับความสูงแตกต่างกันให้เอง

Step 8. กรณีท่อมี Slope ใน Step 4. ให้คลิกใช้คำสั่ง Change Slope -> Slope Up สำหรับความชันขึ้น หรือ Slope Down สำหรับความชันลง เลือกความชันข้างล่างช่อง Slope Value โดยกดเครื่องหมาย Drop Down จากนั้นทำ Step 5. – Step 6. ซ้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part 3 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์ล้างรถด้วยโปรแกรม Autodesk AutoCAD

Chapter 3.1 ชุดคำสั่งพื้นฐานที่ใช้

คลิกแถบ Home โดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

Step 1. คำสั่ง Box ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ที่มีรูปร่างกล่องสี่เหลี่ยม วิธีสร้างเริ่มจากการกำหนดพิกัดจุดเริ่มต้น จากนั้นสามารถเลือกระบุจุดมุมสิ้นสุด หรือระบุความกว้างและความยาวของพื้นที่หน้าตัดกล่องสี่เหลี่ยม ขั้นตอนสุดท้ายกำหนดความสูงที่ต้องการ

Step 2. คำสั่ง Cylinder ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ที่มีรูปร่างทรงกระบอก วิธีการสร้างเริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางวงกลมหน้าตัดทรงกระบอกบอก จากนั้นระบุขนาดของหน้าตัดโดยสามารถเลือกระบุรัศมีหรือเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดทรงกระบอก ขั้นตอนสุดท้ายกำหนดความสูงที่ต้องการ

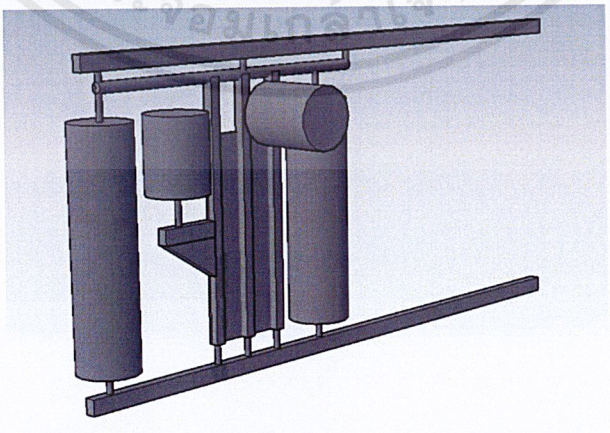
Step 3. คำสั่ง Polygon ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ที่มีรูปร่างหลายเหลี่ยม วิธีการสร้างเริ่มจากการระบุจำนวนเหลี่ยมที่จะสร้างจากกำหนดจุดมุมของรูปตามต้องการโดยคำสั่งทั้งหมดนี้จะสร้างหน้าตัดตามแนวแกน x และแกน y มีความสูงในแนวแกน z หากต้องการสร้างรูปทรง ที่มีหน้าตัดอยู่ในคนละแนวแกนสามารถใช้คำสั่งดังนี้

Step 4. คำสั่งUCS เพื่อหมุนแนวแกน วิธีการหมุนเริ่มจากระบุแนวแกนที่จะให้อยู่ในทิศเดิมไว้ 1 แนวแกน จากนั้นระบุองศาที่ต้องการหมุน

Chapter 3.2 ประกอบรูปร่าง

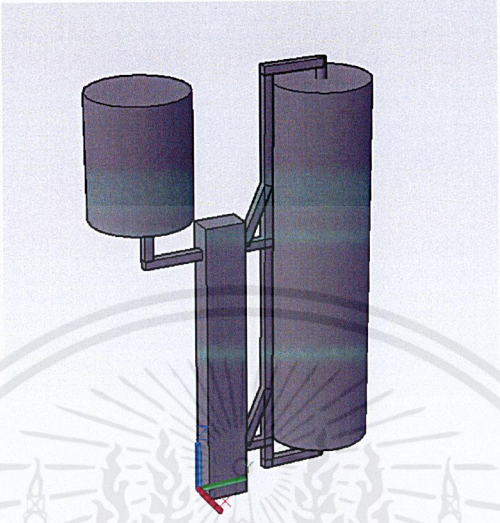
จากแบบอุปกรณ์สามารถสร้างได้จากการนำรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยม ทรงกระบอก และทรงหลายเหลี่ยม มาประกอบกันเป็นรูปร่าง ได้ดังนี้

Step 1. อุปกรณ์ล้างด้านข้างและบนตัวรถ C7000SOA มี 2 อุปกรณ์ โดยอยู่ตรงข้ามกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

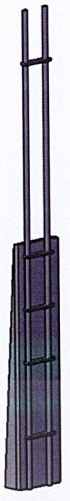
Step 2. อุปกรณ์ล้างด้านหน้าตัวรถ C7000SOA มี 2 อุปกรณ์ โดยอยู่ตรงข้ามกัน



Step 3. สัญญาณไฟแจ้งเตือน มี 2 อุปกรณ์ โดยอยู่ตรงข้ามกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

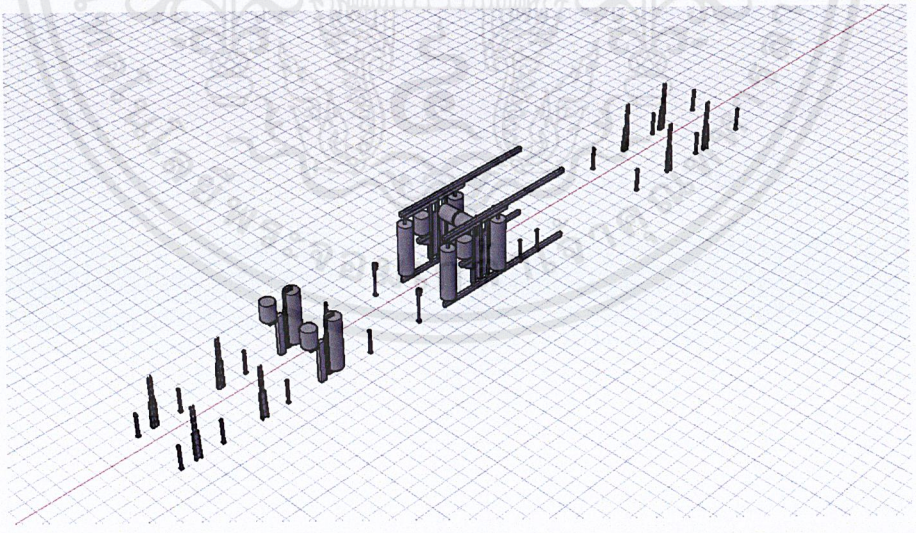
Step 4. อุปกรณ์ฉีดน้ำปรับอุณหภูมิ, ฉีดล้างน้ำสุดท้ายและฉีดน้ำ RO มีทั้งหมด 4 ชุด ชุดละ 2 อุปกรณ์ โดยอยู่ตรงข้ามกัน รวมทั้งสิ้น 8 ตัว



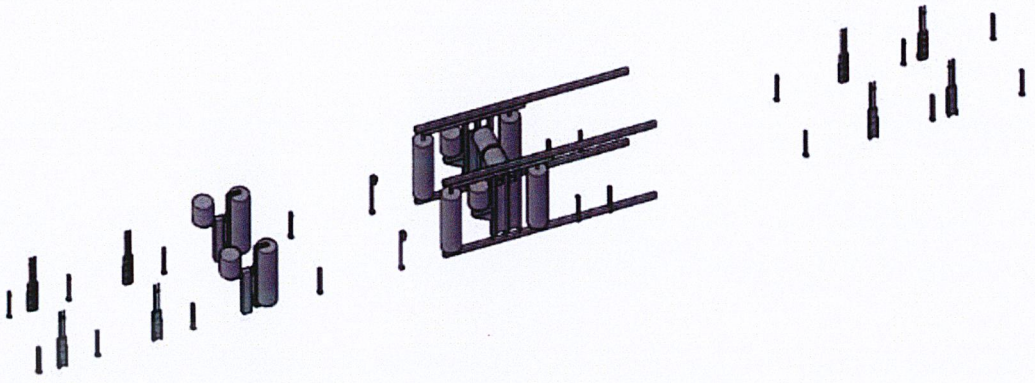
Step 5. เซนเซอร์ระบุตำแหน่งรถไฟ มีทั้งหมด 9 ชุด ชุดละ 2 อุปกรณ์ โดยอยู่ตรงข้ามกัน รวมทั้งสิ้น 18 ตัว

Chapter 3.3 รวบรวมอุปกรณ์ทั้งหมดตามตำแหน่ง

นำอุปกรณ์ที่สร้างแต่ละชิ้นมาวางไว้ในตำแหน่งพิกัดตามแบบ โดยใช้คำสั่ง copy เพื่อคัดลอกและวางในตำแหน่งที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

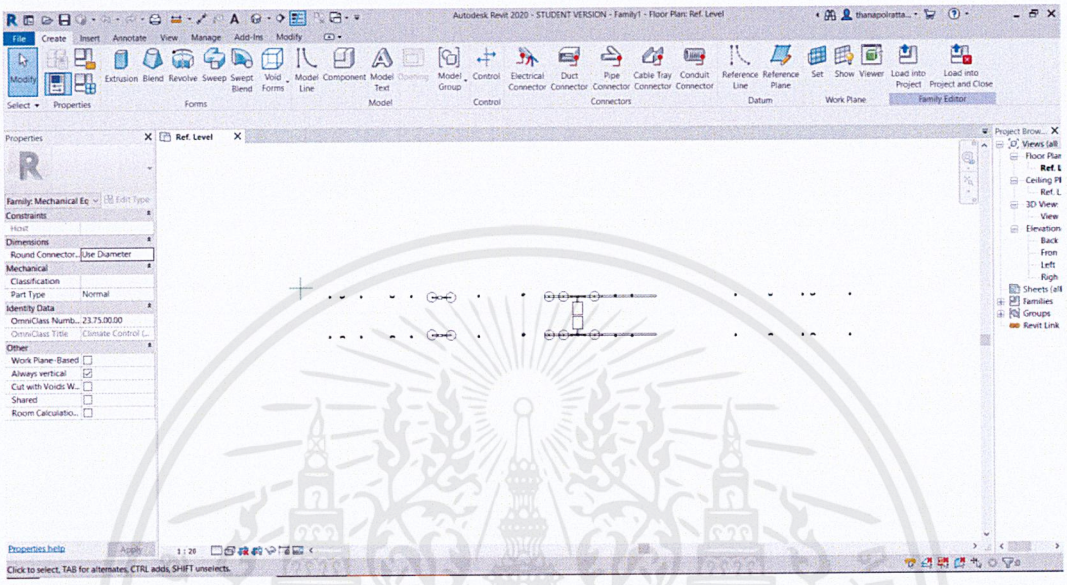


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

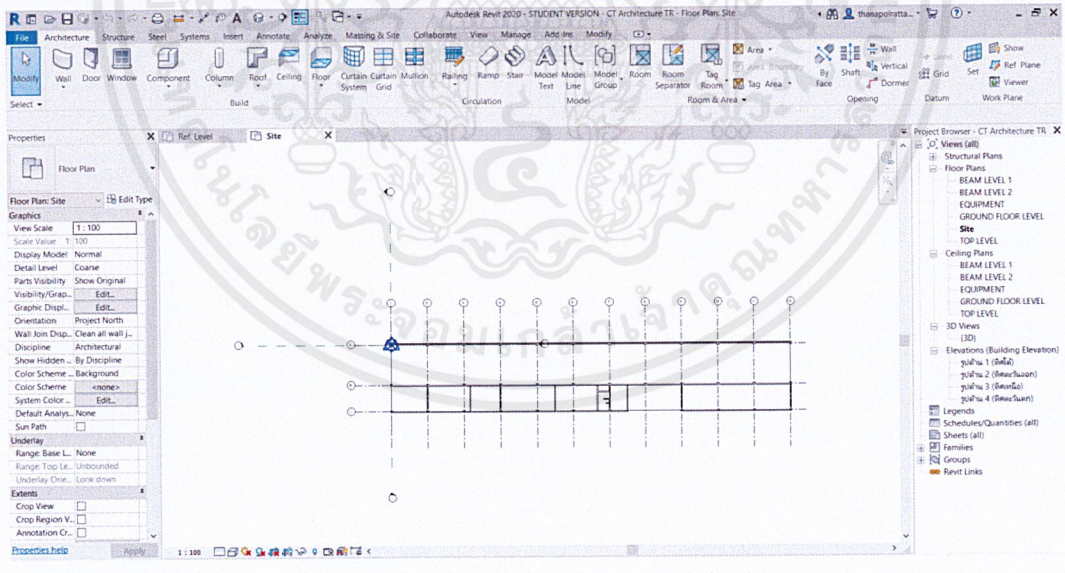
Part 4 ขั้นตอนการ Combine แบบเพื่อทำการ Interference check

Chapter 4.1 ขั้นตอนการ combine แบบ

Step 1 เปิดไฟล์อุปกรณ์ล้างรถ

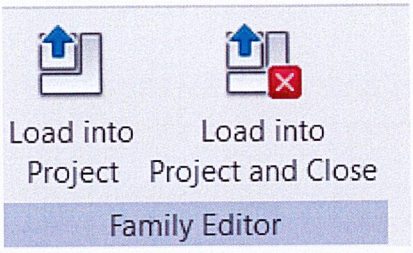


Step 2 เปิดไฟล์สถาปัตยกรรมและเลือกที่มุมมอง site

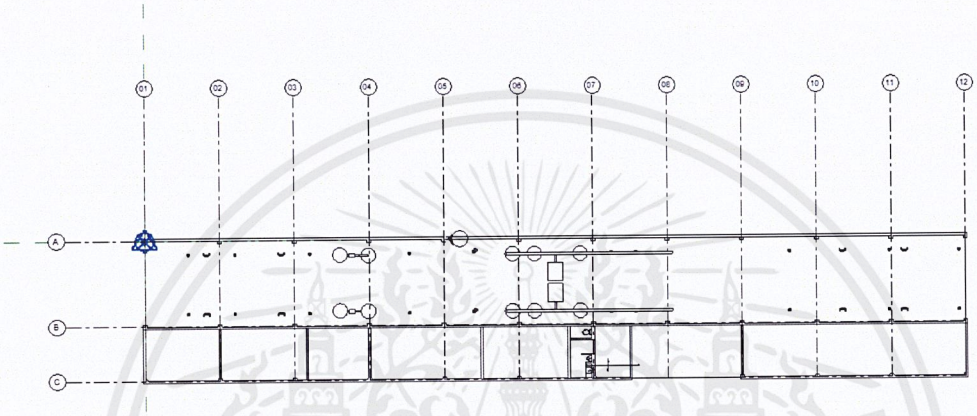


Step 3 กลับไปที่ไฟล์อุปกรณ์ล้างรถ คลิกที่ Load into Project

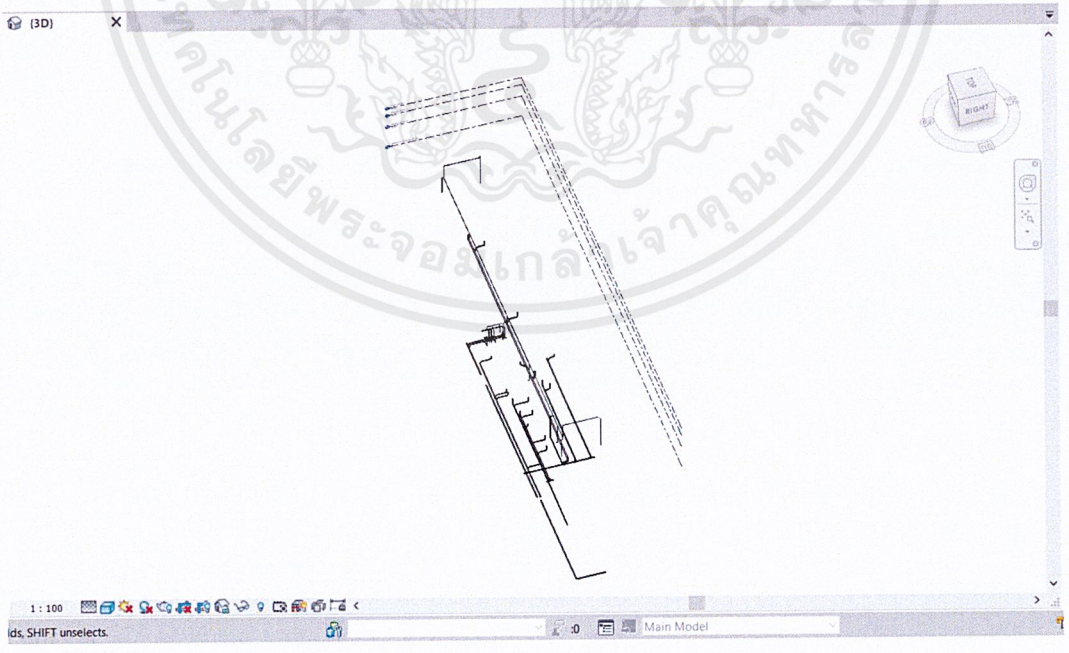
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะได้อุปกรณ์ล้างรถไปอยู่ใน template สถาปัตยกรรม

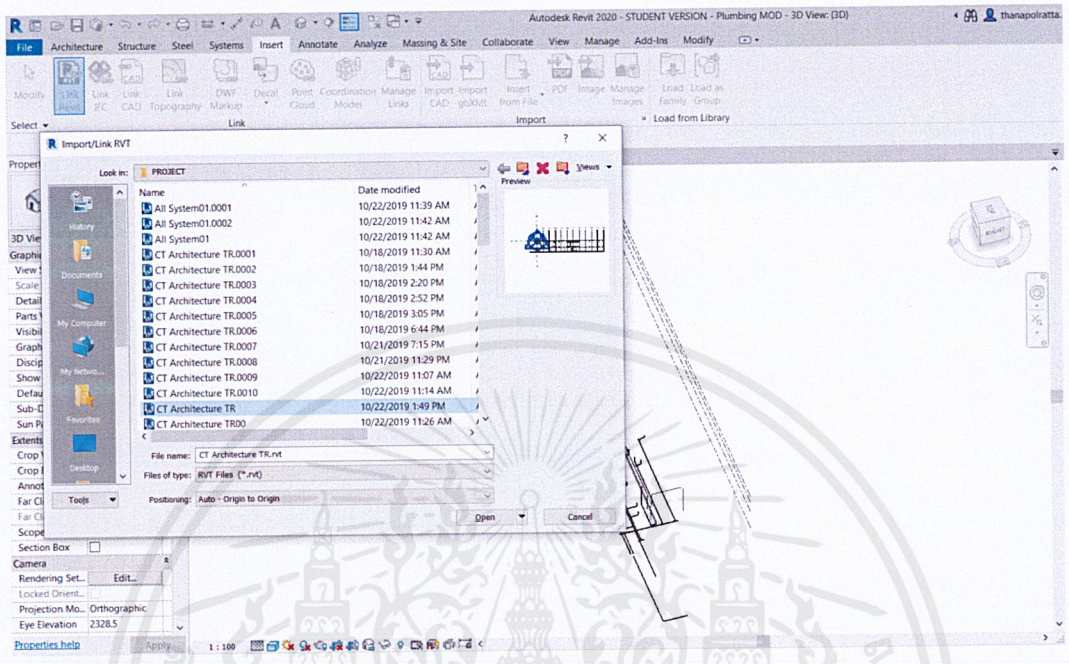


Step 4 เปิดไฟล์ระบบ Plumbing และปิดไฟล์ที่เหลือไปก่อนโดยทำการบันทึกก่อนปิด

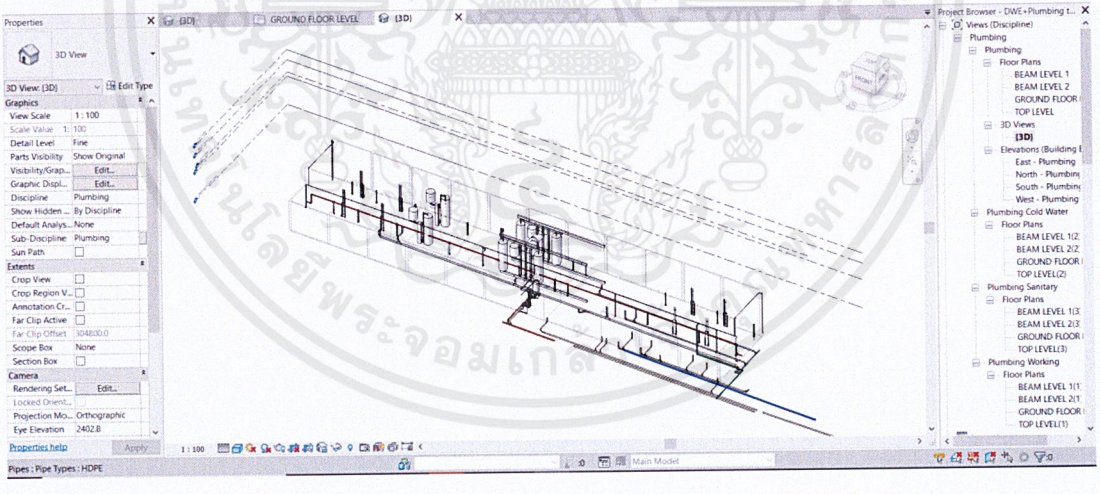


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step 5 Link ไฟล์แบบต่างๆโดยไปที่ Insert -> Link Revit ->เลือกไฟล์ที่จะทำการ Link อันแก่ ไฟล์ CT Architecture และไฟล์ Fire Protection



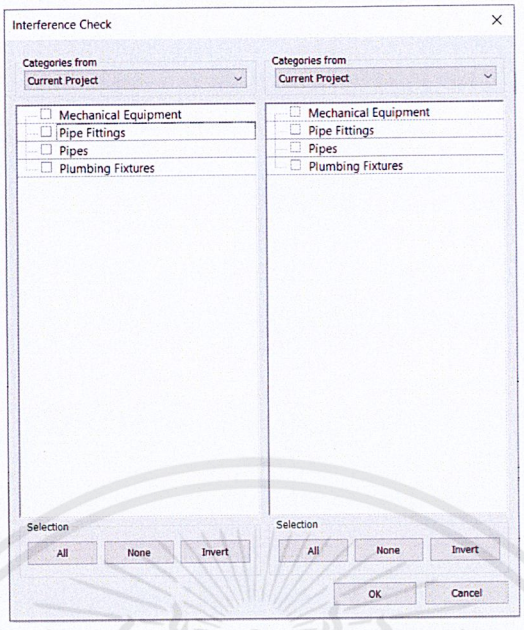
จะได้ไฟล์ที่รวมทุกระบบแล้วดังนี้



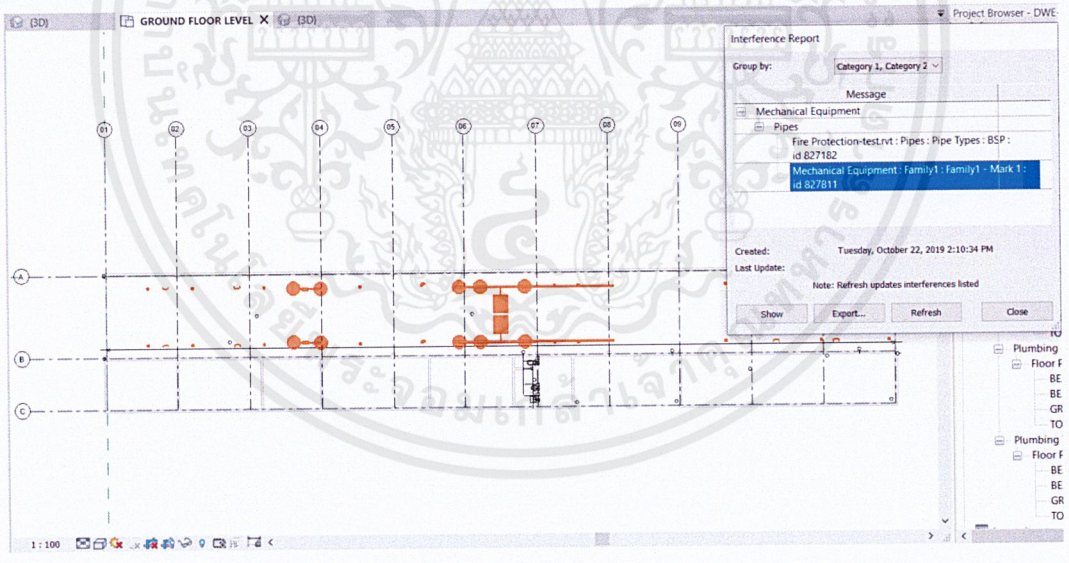
Chapter 4.2 ทำการ Interference Check

Step 1. ทำการ Interference Check ระหว่างท่อดับเพลิงและอุปกรณ์ล้างรถไฟ ไปที่ Collaborate -> Interference Check -> Run Interference Check จะได้หน้าต่างตามนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



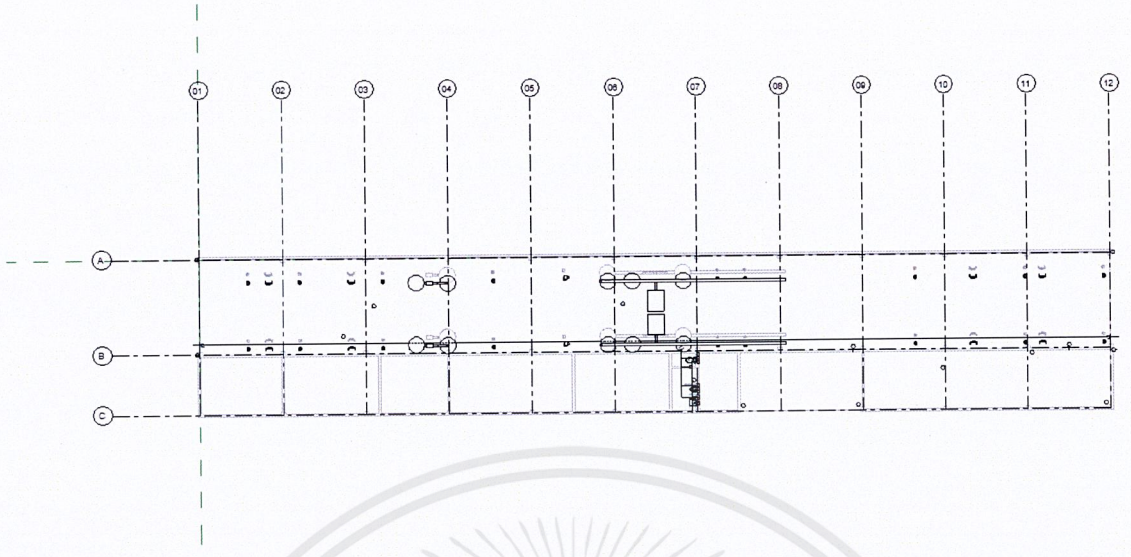
Step 2. ที่ Categories Project ด้านซ้ายเลือก Fire Protection และทำเครื่องหมายถูกที่ Pipe ส่วนที่ Categories Project ด้านขวาทำเครื่องหมายถูกที่ Mechanical Equipment จากนั้นคลิก Ok จะแสดงหน้าต่างตามนี้ ซึ่งจะแสดงข้อมูลชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่มีการทับซ้อนกันอยู่



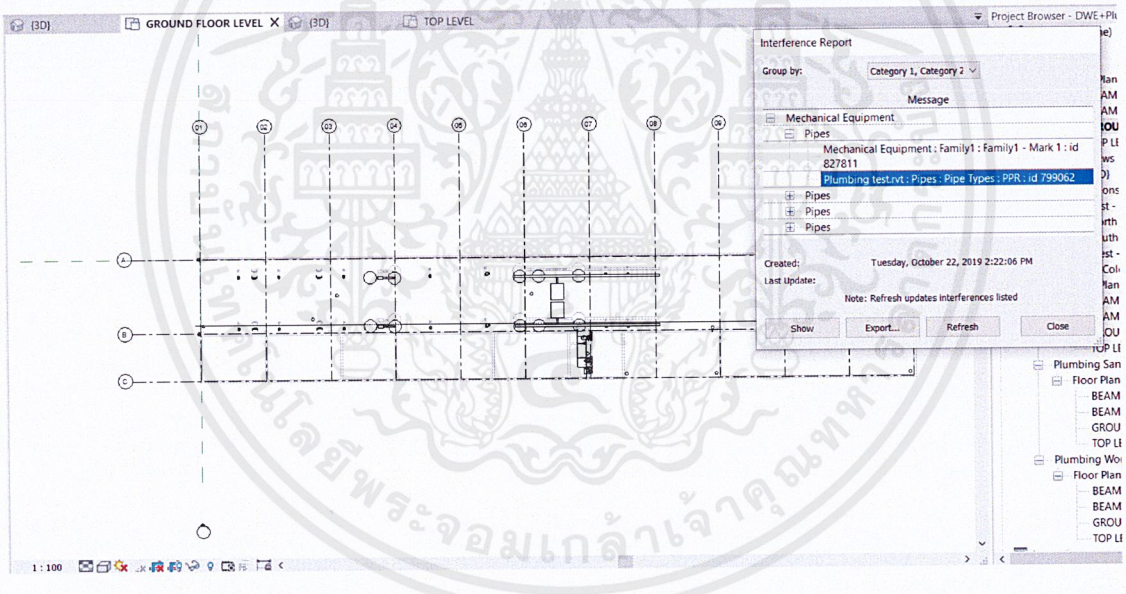
Chapter 4.3 ทำการทดลองจับคู่เพื่อ Interference Check ระหว่างชิ้นส่วนอื่นเพื่อยืนยันว่าโปรแกรมAutodesk Revit สามารถตรวจเช็คการทับซ้อนกันของชิ้นส่วนได้จริง

Step 1. ทำการย้ายอุปกรณ์ล้างรถไฟเข้ามาใกล้กำแพงเส้นกริด B มากขึ้นเพื่อให้เกิดการทับซ้อนกับท่อน้ำดีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Step 2. ทำการ Interference Check เหมือน Chapter 4.6 จะได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงล้างรถไฟฟ้า

ในระหว่างที่ปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ทางบริษัทได้มอบหมายให้ศึกษาองค์ประกอบอุปกรณ์และกระบวนการล้างรถไฟฟ้าตลอดจนวัฏจักรการใช้น้ำระหว่างกระบวนการล้างรถไฟฟ้าภายในโรงล้างรถไฟชานเมืองสายสีแดง โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

โรงล้างรถไฟฟ้าภายในศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดง สามารถรองรับรถไฟ 4 คัน 6 คัน และ 10 คัน โดย 10 คันเกิดจากการพ่วงขบวน 4 คัน และ 6 คัน เข้าด้วยกัน ภายใน 5 วัน สามารถทำความสะอาดได้ 40 ขบวน โดยทำความสะอาดแบบอัตโนมัติบริเวณด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้าตัวรถ สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวจากทิศเหนือไปทิศใต้

เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการล้างรถ รถไฟควรเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3-5 กม./ชม. ในการล้างด้านหน้าและด้านหลังตัวรถ และรถไฟจะต้องจอดในจุดที่กำหนด วงจรกระบวนการล้างภายใต้เงื่อนไขความเร็ว 3 กม./ชม. มีการประมาณการใช้เวลาและปริมาณน้ำ ดังนี้

รถไฟ 4 ตู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 10.7 นาที ใช้น้ำประปา 300 ลิตร

รถไฟ 6 ตู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 11.2 นาที ใช้น้ำประปา 450 ลิตร

รถไฟ 10 ตู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 12.9 นาที ใช้น้ำประปา 750 ลิตร

โดยเวลาคิดจากการล้างด้านหน้าตัวรถ 4 นาที และด้านหลัง 4 นาที ไม่รวมการล้างบริเวณตู้กลาง และการใช้น้ำไม่รวมการล้างบริเวณตู้กลางเช่นกัน เนื่องจากเวลาและน้ำประปาในการล้างตู้กลางขบวนขึ้นกับรูปแบบของขบวนรถแต่ละขบวน

การจ่ายไฟในโรงล้างรถไฟฟ้าศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมืองสายสีแดงรองรับไฟฟ้า 400 V 3 เฟส ความถี่ 50 Hz

ลักษณะทางกายภาพของขบวนรถ

รถไฟ 4 คัน	81.2	เมตร
รถไฟ 6 คัน	121.2	เมตร
รถไฟ 10 คัน	202.4	เมตร
ความกว้างรถไฟ	2.86	เมตร
ความสูงรถไฟ	4.05	เมตร
น้ำหนักเพลา	16	ตัน
ความกว้างราง	1000	มิลลิเมตร
ชนิดราง	UIC 54	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายส่งไฟเหนือหัว 25 kV

กระบวนการล้างรถไฟ

แบ่งช่วงการทำงานดังนี้

1.) A local control (service board) แผงควบคุมการทำงาน พนักงานขับรถไฟฟ้าจะเป็นผู้สั่งการกระบวนการล้างรถผ่านหน้าต่างคนขับ (ล้างทั้งหมด, ล้างด้านข้างและไม่ล้าง) หากเลือกกระบวนการไม่ล้าง พนักงานขับรถไฟฟ้าสามารถขับรถไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ล้างรถได้อย่างปลอดภัยที่ความเร็วได้ถึง 25 กม./ชม. ได้ทั้ง 2 ทิศทาง

2.) Wash Status Command Lights ไฟแสดงสถานะจะติดตั้งบริเวณทางเข้า-ออกโรงล้างรถไฟฟ้า เสาไฟมีขนาดและตำแหน่งที่ทำให้พนักงานขับรถไฟฟ้าสามารถมองเห็นได้ชัดเจน แสดงสีขาว หมายความว่า พร้อมใช้งานสามารถเคลื่อนรถเข้าไปภายในอาคารได้อย่างปลอดภัย แสดงสีแดง หมายความว่า ต้องหยุดการเคลื่อนตัวรถ

3.) Photo-cell Detector (light barrier) อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว จะติดตั้งบนเสาเหล็ก กระบวนการล้างจะเริ่มขึ้นเมื่อมีการตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ที่บริเวณทางเข้าโรงล้างรถไฟฟ้า

4.) Pre-wet/Cooling Stands กระบวนการลดอุณหภูมิตัวรถ อุปกรณ์จะถูกติดตั้งบริเวณจุดที่เริ่มกระบวนการล้าง เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิตัวรถ และช่วยขจัดคราบฝุ่น ทราย ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการล้างด้วยน้ำยา โครงสร้างอุปกรณ์เป็นสแตนเลส ติดตั้งหัวฉีดไว้บนเสาแนวตั้งโดยทำมุมที่ครอบคลุมการฉีดล้างทั้งหมด โดยฉีดน้ำจาก recycled partially-treated tank ที่อัตราการไหลได้ถึง 300 ลิตร/นาที

5.) Detergent Application Stands กระบวนการลงน้ำยาล้างรถ ใช้สำหรับจ่ายน้ำยาล้างรถก่อนจะถึงขั้นตอนการลงแปรงทำความสะอาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แปรง ใช้น้ำยา diluted alkaline ในการล้างเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทำความสะอาดตามที่ต้องการ (ความเข้มข้น 0.1-2.3%) โครงสร้างเหมือนอุปกรณ์ Pre-wet/Cooling Stands และจะฉีดน้ำยาล้างรถผสมกับน้ำจาก recycled partially-treated tank ที่อัตราการไหลได้ถึง 100 ลิตร/นาที

6.) Gantry Wash Station C7000SOA ล้างรถไฟบริเวณด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้า อุปกรณ์การล้างประกอบด้วย 2 ชนิดการใช้งานคือ Detergent Wash Side and Eaves อุปกรณ์ล้างด้านข้างและด้านบนตัวรถประกอบด้วย แปรง 1 คู่ สำหรับล้างด้านข้างตัวรถ และอีก 1 คู่สำหรับล้างด้านบนตัวรถ โครงสร้างสามารถรองรับการทำความสะอาดด้านข้างและด้านบนตามการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า การหมุนของแปรงควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อให้มั่นใจว่าจะสามารถหมุนตามแนวโครงสร้างของรถไฟได้ ก้านหมุนของแปรงทำจากอลูมิเนียม โดยติดมอเตอร์ไว้ด้านบนสุดของแปรงเพื่อน้ำเข้าได้น้อยที่สุด สามารถแรงรับน้ำหนักแปรงได้และมีขนาดพอดีกับหน้าตัดแปรง โดยขนาดหน้าตัดแปรงจะปรับตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของตัวรถ ขนแปรงทำจาก polyethylene หน้าตัด 0.8 มิลลิเมตร ยาวหลายขนาด เพื่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดสูงสุด หัวฉีดน้ำยาล้างรถและ partially-treated จะติดตั้งบริเวณด้านข้างของแปรง มีอัตราการไหล 80-100 ลิตร/นาที และ Cab Wash อุปกรณ์ล้างตัวรถ จะเริ่มล้างตัวรถเมื่อรถไฟอยู่ประจำที่

โดยอุปกรณ์ประกอบด้วยแปรงหมุนในแนวตั้งแขวนจากด้านบน และแปรงหมุนแนวนอน 2 ตัว ติดตั้งที่โครงรับน้ำหนักสูงเหนือตัวรถ หมุนด้วยความเร็ว 6-18 เมตร/นาที ขึ้นกับเวลาและระดับการทำความสะอาดที่ต้องการ โครงรับน้ำหนัก ทำจากเหล็กเหนียวชุบสังกะสี และทาสีป้องกันการกร่อนและวางตัวในแนวทางเดียวกันกับราง ความยาวรางออกแบบมาให้เหมาะสมกับความลาดของตัวรถไฟ

แปรงหมุนแนวตั้ง เคลื่อนที่แนวเดียวกับโครงรับน้ำหนัก และสามารถเคลื่อนที่ผ่านหน้าตัวรถได้ ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าด้านหน้าตัวรถจะสะอาด มอเตอร์ขับใช้กำลัง 0.8 kW คงความดันให้คงที่ เพื่อให้แปรงสัมผัสกับตัวรถระหว่างการล้าง แปรงจะรับด้านล่างเพื่อป้องกันการโก่ง หากรถไฟมีความกว้างที่ต่างกัน เช่น จากขนาดประตู แปรงสามารถปรับได้อัตโนมัติเพื่อหาจุดสัมผัสที่เหมาะสมได้ตลอดการล้าง เมื่อล้างด้านหน้าตัวรถเสร็จเรียบร้อย แปรงจะเคลื่อนที่มายังด้านข้างตัวรถต่อ เนื่องจากแปรงหมุดคู่นี้เป็นคู่แรกที่เริ่มหมุน เมื่อรถไฟได้รับสัญญาณให้เคลื่อนที่มายังจุดล้างรถ ดังนั้นเมื่อรถไฟเริ่มเคลื่อน แปรงจะเริ่มฉีดน้ำยาล้างรถ

เมื่ออุปกรณ์ล้างรถอยู่ในตำแหน่งจอด แปรงหมุนแนวนอน 2 ตัว จะเริ่มหมุนทำมุม 90 องศากับตัวรถ แปรงจะหมุนลงไปยังด้านหน้ารถฉีดน้ำยาล้างรถ จากนั้นหมุนขึ้นโดยฉีดน้ำเปล่าเพียงอย่างเดียว โดยใช้สายพานควบคุมการขึ้นลงของแปรงหมุน อุปกรณ์นี้จะเคลื่อนที่ตามรูปทรงของตัวรถบังคับโดยมอเตอร์ สามารถตั้งโปรแกรมล้างซ้ำได้หากต้องการทำความสะอาดเพิ่มบริเวณด้านหน้าและด้านหลังตัวรถ แต่จะเป็นการใช้เวลาเพิ่มมากขึ้นต่อรอบการล้าง

เมื่อล้างเสร็จแปรงล้างแนวนอนจะกลับสู่ตำแหน่งจอด และอุปกรณ์การล้างทั้งหมดจะกลับสู่ตำแหน่งจอดเช่นกัน เมื่อล้างด้านหน้ารถเสร็จ พนักงานขับรถจะได้รับสัญญาณเพื่อแนะนำรถไฟ แปรงทำความสะอาดด้านข้าง จะทำหน้าที่เสมือนแปรงล้างน้ำเปล่า

7.) Front Cab Wash Positioning Light ไฟบอกตำแหน่งหยุดรถใช้เพื่อแจ้งเตือนพนักงานขับรถเมื่อถึงตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการล้างทำความสะอาดตัวรถ ไฟบอกตำแหน่งประกอบด้วยไฟ 3 สี ไฟแดง หมายถึง หยุด ไฟเหลือง หมายถึง เตรียมตัวหยุด สีขาว หมายถึง เคลื่อนต่อ

8.) Water Wash Sides and Eaves Module C1000SOA ล้างน้ำด้านข้าง หลังจากลงน้ำยาล้างรถ อุปกรณ์ล้างน้ำเปล่า ประกอบด้วย แปรง 1 คู่ สำหรับล้างด้านข้างตัวรถ และอีก 1 คู่สำหรับล้างด้านบนตัวรถ แยกกันคนละฝั่งตามแนวราง เคลื่อนที่ตามโครงสร้างของรถไฟฟ้า แปรงหมุนคงความดันด้วยนิวเมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้านหมุนของแปรงทำจากอลูมิเนียม โดยติดมอเตอร์ไว้ด้านบนสุดของแปรงเพื่อน้ำเข้าได้น้อยที่สุด สามารถแรงรับน้ำหนักแปรงได้และมีขนาดพอดีกับหน้าตัดแปรง โดยขนาดหน้าตัดแปรงจะปรับตามโครงสร้างของตัวรถ ขนแปรงทำจาก polyethylene หน้าตัด 0.8 มิลลิเมตร ยาวหลายขนาด เพื่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดสูงสุด

หัวฉีดน้ำ treated reclaim water จะติดตั้งบริเวณด้านข้างของแปรง มีอัตราการไหลไม่เกิน 180 ลิตร/นาที

9.) Final Rinse Stand ล้างน้ำสุดท้าย ฉีดน้ำประปาเพื่อชำระล้างน้ำยาล้างรถจากผิวรถไฟ เสาฉีดมีโครงสร้างเช่นเดียวกันกับ Pre-wet/Cooling Stands โดยฉีดน้ำประปาด้วยอัตราการไหลไม่เกิน 180 ลิตร/นาที

10.) Reverse Osmosis Stand ฉีดน้ำ RO เพื่อเคลือบผิวรถไฟ เสาฉีดมีโครงสร้างเช่นเดียวกันกับ Pre-wet/Cooling Stands โดยฉีดน้ำ RO ด้วยอัตราการไหลไม่เกิน 80 ลิตร/นาที

11.) Rear Cab Wash Positioning Lights มี 3 จุด ไฟบอกตำแหน่งหยุดรถใช้เพื่อแจ้งเตือนพนักงานขับรถเมื่อถึงตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการจอด มี 3 จุดเนื่องจาก ความยาวของขบวนรถประกอบด้วย 3 ขนาด 4 ตู้ 6 ตู้ และ 10 ตู้ ไฟบอกตำแหน่งประกอบด้วยไฟ 3 สี ไฟแดง หมายถึง หยุด ไฟเหลือง หมายถึง เตรียมตัวหยุด สีขาว หมายถึง เคลื่อนต่อ

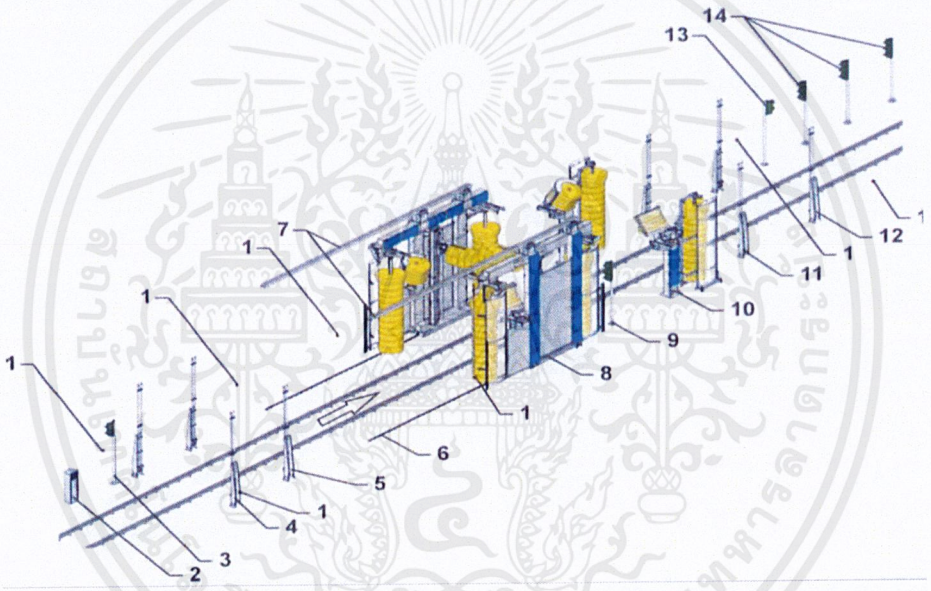
อุปกรณ์ล้างรถ

ในโครงการก่อสร้างโรงล้างรถไฟฟ้านี้ ใช้อุปกรณ์ล้างรถยี่ห้อ Christ รุ่น C7000SOA 0003228800 ประกอบไปด้วยลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ล้างรถ ดังนี้

ความเร็วตลอดการล้าง	3 – 5	km/hr
แปรงลงน้ำยาล้างรถด้านข้าง	2 (1 คู่)	
แปรงลงน้ำประปาด้านข้าง	4 (2 คู่)	
แปรงล้างด้านหน้า	2 (1 คู่)	
แปรงล้างด้านบน	4 (2 คู่)	
มอเตอร์ขับแปรง	1.5	kW
ความเร็วแปรง	120	rpm
มอเตอร์ปั๊ม Pre-wet	4	kW
อัตราการไหลปั๊ม Pre-wet	300	l/min
มอเตอร์ปั๊มน้ำยาล้างรถ	1.5	kW
อัตราการไหลปั๊มน้ำยาล้างรถ	100	l/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ปั๊มน้ำล้างรถ	2.2	kW
อัตราการไหลปั๊มน้ำล้างรถ	180	l/min
อัตราการไหลแปรงล้างหน้ารถ	25	l/min (ต่อคู่)
อัตราการไหลแปรงล้างข้างรถ	40	l/min
มอเตอร์ปั๊มน้ำสุดท้าย	2.2	kW
อัตราการไหลปั๊มน้ำสุดท้าย	180	l/min
มอเตอร์ปั๊มน้ำ RO	1.1	kW
อัตราการไหลปั๊มน้ำ RO	85	l/min
มอเตอร์ปั๊มน้ำยาล้างรถ	49	W
ผลิตโดย	Wilcomatic Rail Systems และ Otto Christ	



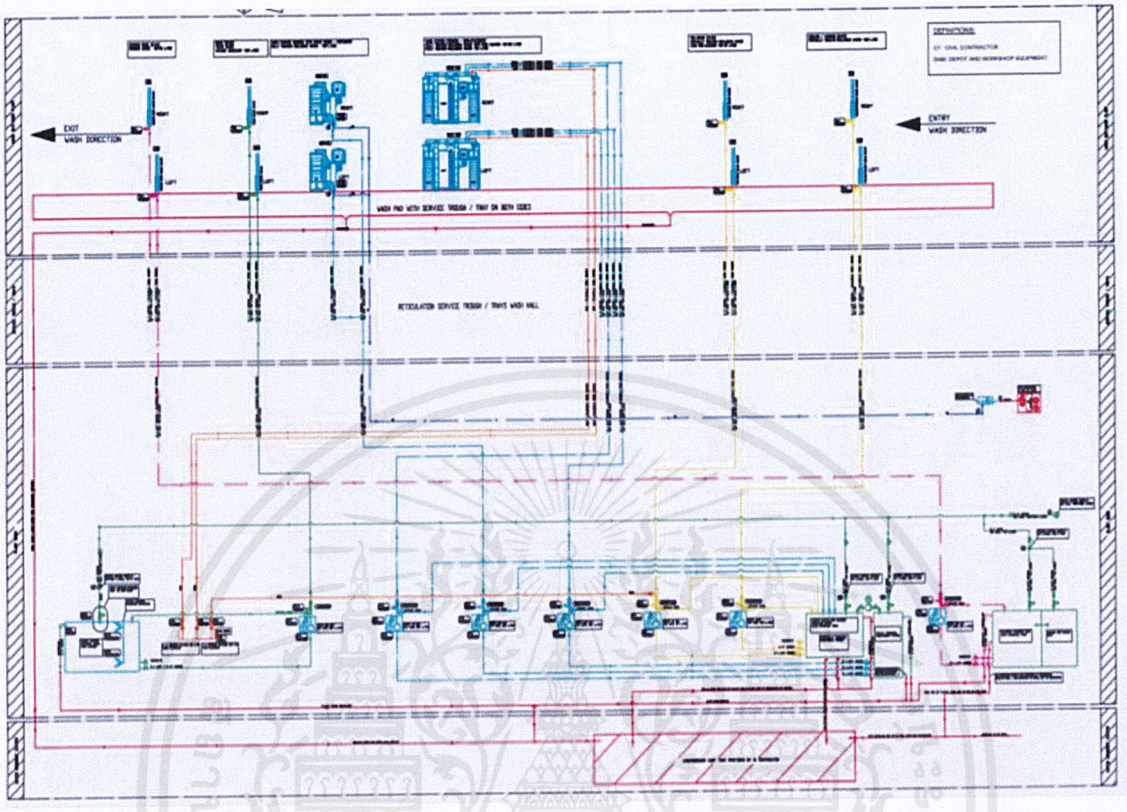
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการจำแนกอุปกรณ์ล้างรถยี่ห้อ Christ รุ่น C7000SOA 0003228800

หมายเลข	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
1	Emergency-stop button	ตำแหน่งจอดรถ
2	Operation terminal	ตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ล้างรถไฟ
3	Entrance light, entrance side	บอกตำแหน่งรถไฟ แสดงสถานะให้เดินหน้าเข้าสู่ระบบหรือ แสดงสถานะจอดรอ
4	Cooling / warming equipment	อุปกรณ์ลดอุณหภูมิรถ
5	Pre-spraying equipment	เครื่องฉีดน้ำเปล่าล้างก่อน ใช้น้ำยาทำความสะอาด
6	Rails	รางนำทางอุปกรณ์หมายเลข 8
7	Guide rails	รางนำทางอุปกรณ์หมายเลข 8
8	C7000SOA	อุปกรณ์ล้างด้านข้างและบนตัวรถ
9	Positioning light, front positioning	สัญญาณไฟบอกตำแหน่ง
10	C1700SOA	อุปกรณ์ล้างด้านหน้าตัวรถ
11	Rinsing equipment	เครื่องฉีดน้ำล้างรถไฟรอบสุดท้าย
12	Osmosis rinsing equipment	เครื่องฉีดน้ำ RO
13	Access light, exit side	สัญญาณไฟแจ้งเตือนสถานะรถไฟต่อภายนอก
14	Positioning light, rear positioning	สัญญาณไฟแจ้งเตือนก่อนออกจากอาคารล้างรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำในโรงล้างรถไฟ



ภายในโรงล้างรถไฟฟ้าใช้น้ำประปา, น้ำยาล้างรถ, น้ำออสโมซิสแบบผันกลับ หรือ Reverse Osmosis (RO), น้ำทิ้ง, น้ำหมุนเวียน-น้ำที่ผ่านการบำบัดและน้ำที่ผ่านการบำบัดบางส่วน

วงจรการใช้น้ำประปา คือ วงจรสีเขียว โดยรับน้ำมาจากการประปานครหลวง ผ่านปั๊มน้ำดี จากนั้นส่งให้อุปกรณ์ Rinsing equipment เครื่องฉีดน้ำล้างรถไฟรอบสุดท้าย (หมายเลข 11)

วงจรการใช้น้ำยาล้างรถ คือ วงจรสีส้ม เริ่มจากถังเก็บน้ำยาล้างรถ ส่งไปยังอุปกรณ์ C7000SOA อุปกรณ์ล้างด้านข้างและบนตัวรถ (หมายเลข 8)

วงจรการใช้น้ำออสโมซิสแบบผันกลับ หรือ Reverse Osmosis (RO) คือ วงจรสีชมพูโดยทำการปรับปรุงน้ำจากน้ำประปาจากนั้นปั๊มน้ำ RO ทำการส่งมายังอุปกรณ์ Osmosis rinsing equipment เครื่องฉีดน้ำ RO (หมายเลข 12)

วงจรน้ำทิ้ง คือ วงจรสีแดง โดยนำน้ำที่ใช้ในการล้างรถทั้งหมดส่งไปยังถังบำบัดน้ำเสียใต้ดิน (Sump Tank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้น้ำหมุนเวียน-น้ำที่ผ่านการบำบัด คือ วงจรสีฟ้า เริ่มจากการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาเก็บไว้ในถังน้ำจากนั้นปั๊มน้ำบำบัดส่งไปยังอุปกรณ์ C1700SOA อุปกรณ์ล้างด้านหน้าตัวรถ และ C7000SOA อุปกรณ์ล้างด้านข้างและบนตัวรถ (หมายเลข 8 และ 10) โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดจะถูกฉีดพร้อมกับน้ำยาล้างรถผ่านแปรงทำความสะอาดตัวรถ

วงจรการใช้น้ำหมุนเวียน-น้ำที่ผ่านการบำบัดบางส่วน คือ วงจรสีเหลือง เริ่มจากการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาเก็บไว้ในถังน้ำจากนั้นปั๊มน้ำบำบัดส่งไปยังอุปกรณ์ Cooling / warming equipment อุปกรณ์ลดอุณหภูมิรถ และ Pre-spraying equipment อุปกรณ์ฉีดน้ำเปล่าล้างก่อน ใช้น้ำยาทำความสะอาด (หมายเลข 4 และ 5)

น้ำยาล้างรถไฟ

น้ำยาล้างรถไฟยี่ห้อ Oxalwash ชนิด C975

น้ำยาล้างรถไฟชนิด C975 Oxal wash ประกอบด้วยน้ำยาทำความสะอาดและกรดออกซาลิก จุดประสงค์เพื่อทำความสะอาด ขจัดคราบดิน, โคลน และคราบสิ่งสกปรก

คุณสมบัติ

- Oxal wash ประกอบด้วยน้ำยาทำความสะอาดและกรดออกซาลิกเพื่อขจัดคราบสิ่งสกปรกได้อย่างรวดเร็ว
- กรดออกซาลิกทำหน้าที่ขจัดคราบฝุ่นและคราบเหล็กที่เกิดจากการทาสี
- ไม่มีส่วนผสมของกรดแร่ (กรดที่กัดกร่อนรุนแรง) ที่ส่งผลอันตรายต่อหมอนคอนกรีต, พื้น และปูนมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม่เป็นอันตรายต่อกระจก
- ขจัดคราบได้ง่าย
- เป็นน้ำยาทำความสะอาดเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรมรถไฟ

การใช้งาน

- เหมาะสำหรับรถ locomotive, รถขนส่งสินค้า, รถรางและรถไฟฟ้าใต้ดิน
- สามารถทำความสะอาดผงเหล็กได้ในบริเวณที่มีการทาสี, ขอบหน้าต่างและวัตถุหุ้มตัวรถ

ข้อแนะนำการใช้งาน

สำหรับเครื่องล้างอัตโนมัติควรใช้น้ำอ่อน การเจือจางขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้งานในแต่ละประเภท ในโรงล้างรถไฟใช้ความเข้มข้นประมาณ 1:40 หากทำความสะอาดเล็กน้อยใช้ความเข้มข้น 1:100 ถ้าหากใช้ทำความสะอาดหนักจะผสมที่ความเข้มข้น 1:30 เมื่อต้องการลดเวลาในความสะอาดให้น้อยลง

น้ำยา Oxal wash สามารถใช้กับแปรงทำความสะอาด, ฟองน้ำและการทำความสะอาดด้วยความดัน

ข้อมูลจำเพาะของน้ำยา Oxal wash

สถานะ	ของเหลว
สี	น้ำตาลอ่อน
ความเป็นกรด-เบส	pH 1-2
ความหนาแน่นสัมพัทธ์	1.05 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้