โปรแกรมตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบ

โดย
นายธนเพิ่ม นะวะบุตร

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

โปรแกรมตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบ

โดย
นายธนเพิ่ม นะวะบุตร

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

APPLICATION FOR DETECTION ARCHITECTURAL DRAWING CHANGES DURING DESIGN DEVELOPMENT

By

MR. Thanapuem NAVABUTR

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (Computer-aided Architectural Design)

Department of Architectural Technology

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	โปรแกรมตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบ
โดย	นายธนเพิ่ม นะวะบุตร
สาขาวิชา	คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญา มหัทธนทวี

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. อภิรดี เกษมศุข)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญา มหัทธนทวี)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วัชระ เพียรสุภาพ)

60059301 : คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม แผน ข ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, แบบสถาปัตยกรรม, Revit, โปรแกรมเสริม

นาย ธนเพิ่ม นะวะบุตร: โปรแกรมตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญา มหัทธนทวี

กรณีศึกษางานโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม พบว่าในช่วงพัฒนาแบบ (Design Development) การทำงานด้วยระบบสารสนเทศอาคาร BIM (Building Information Modeling) แบบก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมมีการปรับแบบภายในอาคารบ่อยครั้ง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่องานออกแบบงานระบบอื่นๆ ดังนั้นผู้ที่ทำแบบ (BIM Modeler) จะต้องตรวจสอบว่าแบบสถาปัตยกรรมมีการปรับเปลี่ยนในส่วนใดบ้าง และรายงานผลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการตรวจสอบแบบค่อนข้างนาน

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมเสริมโดยใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) ร่วมกับโปรแกรม Autodesk Revit API. ในการสร้างชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรม Revit เพื่อช่วยในการตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบให้ทำงานได้รวดเร็วขึ้น

โปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบแบบงานสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ชื่อห้อง ตำแหน่งของห้อง ขนาดพื้นที่ของห้อง และอัตราการทนไฟของผนัง เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ใช้สำหรับโครงการโครงการ โดยสามารถแสดงผลการตรวจสอบเป็นเอกสาร HTML เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจให้กับวิศวกรและทีมงาน

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม โปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้นช่วยทำให้การตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินและเอกสารรายงานผลการตรวจสอบใช้เวลาลดน้อยลง โดยวิธีการเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 17 ชั่วโมงต่อสถานี และวิธีการที่ใช้โปรแกรมเสริมใช้เวลาเฉลี่ย 15 นาทีต่อสถานี

60059301 : Major (Computer-aided Architectural Design)
Keyword : Mass Rapid Transit, Building Information Modeling, Architectural Drawing, Revit, Add-on

MR. Thanapuem NAVABUTR : Application for Detection Architectural Drawing Changes during Design Development Thesis advisor : Associate Professor Dr. Prechaya Mahattanatawe

During the design development phase of the Underground Orange Line Rail Project, it was found that the internal architectural design of the building underwent frequent adjustments. These adjustments had the potential to impact other system design works. Therefore, the BIM Modelers needed to check which aspects of the architectural design had changed and report the findings to the relevant stakeholders. However, this checking process was time- consuming, requiring significant time investment.

To expedite the process, an additional software program was developed using C# programming language in conjunction with Revit API. This program controlled the operations of the Revit software and enabled the efficient detection of architectural design changes during the design development phase.

The developed software add- on facilitated the checking of architectural design modifications, including room names, room locations, room areas, and wall fire ratings, in comparison to project standards. The results of the checks were presented in HTML documents, which served as decision- making data for engineers and the project team.

By comparing it with the traditional method, the developed software add-on reduced the time required for checking architectural design changes and generating the associated reports. The traditional method averaged around 17 hours per station, whereas the software add- on method reduced it to an average of 15 minutes per station.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและการพัฒนาโปรแกรมประสบความสำเร็จ เพราะได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนทวี ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่คอยให้คำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างสูงต่อผู้วิจัย และศาสตราจารย์ ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์ ที่ให้คำปรึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมและคอยช่วยเหลือผู้วิจัยในการเรียนรู้ของหลักสูตร รวมไปถึงอาจารย์ธนะพันธุ์ อินทรเกสร อาจารย์ประยุทธ์ พันธุลาภ อาจารย์ธารา จำเนียรดำรงการ ที่ให้ทั้งความรู้พื้นฐานและช่วยเหลือให้คำแนะนำด้านเทคนิคที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ คุณพงษ์ศักดิ์ ณ ถลาง ตำแหน่งสถาปนิก คุณภานุวัฒน์ จันทราชา ตำแหน่งสถาปนิกอาวุโส คุณอนุชา เนินคำภา ตำแหน่งผู้จัดการแบบ 3 มิติและทีมงานระบบ 3 มิติจาก บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน) และบริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด ทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรมเสริมเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณประธานกรรมการและคณะกรรมการตรวจสอบงานวิจัยค้นคว้าอิสระที่ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรม ส่งผลให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้นสุดท้ายนี้

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นาย ธนเพิ่ม นะวะบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 17
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 17
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 18
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 18
1.4 ขอบเขตการศึกษา 18
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการพัฒนาโปรแกรมเสริม 18
1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย 19
1.7 นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
2.1 การศึกษาข้อมูลงานสถาปัตยกรรมของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก 21
2.1.1 รูปแบบสถานีรถไฟฟ้าและโครงสร้างใต้ดิน 21
2.1.2 การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในส่วนของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 24
2.1.3 พื้นที่ห้องและวัสดุกันไฟของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 31
2.1.4 มาตรการความปลอดภัยภายในสถานีและอุโมงค์ 32
2.2 กระบวนการทำแบบก่อสร้างของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก 35

2.2.1 การทำงานเขียนแบบก่อสร้างในปัจจุบัน (ช่วงพัฒนาแบบก่อสร้าง) 37
2.3 การตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรม 39
2.3.1 วิธีการตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรม 39
2.3.2 ปัญหาที่พบจากการตรวจสอบแบบ 43
2.3.3 การทำรายงานผลการตรวจสอบแบบ 46
2.4 การศึกษางานวิจัยและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง 46
2.4.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46
2.4.2 การศึกษาโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง 49
2.5 การทำแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง 51
2.5.1 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ 51
2.5.2 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก 52
2.5.3 Modeler/Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม 52
2.6 สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา 53
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 54
3.1 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรมเสริม 54
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม 54
3.3 การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมเสริม 55
3.4 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม 56
3.5 การออกแบบโปรแกรมเสริม 57
3.6 รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน 58
3.6.1 โปรแกรมตรวจสอบชื่อห้อง (Check Room Name) 58
3.6.2 โปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของห้อง (Check Location) 59
3.6.3 โปรแกรมตรวจสอบพื้นที่ของห้อง (Check Area) 60
3.6.4 โปรแกรมตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ (Check Fire Rating) 62

3.6.5 โปรแกรมสร้างเอกสารรายงานผล (Issue Report)..... 64
บทที่ 4 วิธีการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมเสริม..... 67
4.1 การติดตั้งโปรแกรมเสริม..... 67
4.2 การใช้งานโปรแกรมเสริม..... 70
4.2.1 เปิดไฟล์งานสถาปัตยกรรมแบบเดิมและแบบใหม่..... 70
4.2.2 การตั้งค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ..... 72
4.2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ..... 73
4.2.4 การสร้างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ..... 76
4.3 สรุปผลการทดสอบใช้งานโปรแกรมเสริมและข้อเสนอแนะ..... 79
4.4 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแบบด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่..... 82
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 83
5.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมเสริม..... 83
5.2 ผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรม..... 83
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 84
รายการอ้างอิง..... 85
ประวัติผู้เขียน..... 88

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง 19
ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทของพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 28
ตารางที่ 3 ข้อมูลห้องและพื้นที่ใช้สอยของโครงการ 29
ตารางที่ 4 การกำหนดพื้นที่และอัตราการทนไฟของผนังกันไฟ 32
ตารางที่ 5 ข้อกำหนดอัตราการทนไฟของพื้นที่ภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 33
ตารางที่ 6 ระยะเวลาในขั้นตอนการออกแบบของโครงการ 39
ตารางที่ 7 รายการปัญหาที่พบของแบบสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง 45
ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ 51
ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก 52
ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดทีมงาน Modeler/Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม 52
ตารางที่ 11 ข้อมูลตัวแปรในตาราง Schedule ของโปรแกรม Revit 56
ตารางที่ 12 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม 57
ตารางที่ 13 ระดับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ห้อง 60
ตารางที่ 14 ตัวอย่างการพิจารณาพื้นที่ห้องที่การเปลี่ยนแปลง 61
ตารางที่ 15 รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง 65
ตารางที่ 16 รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง 65
ตารางที่ 17 รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ 65
ตารางที่ 18 รายละเอียดห้องที่หายไป 65
ตารางที่ 19 รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง 66
ตารางที่ 20 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ 79
ตารางที่ 21 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก 79

ตารางที่ 22 ทีมงาน Modeler /Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม 80

ตารางที่ 23 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาการตรวจสอบแบบด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่..... 82

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 รูปแบบอุโมงค์คู่ขนานแบบข้างเคียง และ อุโมงค์คู่ขนานแบบซ้อนกันในแนวดิ่ง 21
ภาพที่ 2 รูปแบบอุโมงค์โครงสร้างรูปกล่อง แบบขุดแล้วกลบกลับ 22
ภาพที่ 3 รูปแบบชานชาลากลาง 23
ภาพที่ 4 รูปแบบชานชาลาซ้อนกัน 23
ภาพที่ 5 รูปแบบชานชาลาข้าง 23
ภาพที่ 6 รูปแบบปล่องระบายอากาศ 24
ภาพที่ 7 แสดงองค์ประกอบของการออกแบบรถไฟฟ้าใต้ดิน 25
ภาพที่ 8 ระดับชั้นของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 26
ภาพที่ 9 ตำแหน่งห้องเครื่องสำหรับงานระบบภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 27
ภาพที่ 10 กระบวนการการเขียนแบบของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม 35
ภาพที่ 11 กระบวนการทำงาน BIM และการประสานงาน 36
ภาพที่ 12 กระบวนการทำงาน Workflow – Design and Build Project 37
ภาพที่ 13 กระบวนการทำงานปัจจุบัน (ส่วนขยายการออกแบบ) 38
ภาพที่ 14 แบบสถาปัตยกรรมมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ภายในอาคาร 40
ภาพที่ 15 แบบสถาปัตยกรรม แบบเดิม-ใหม่ 41
ภาพที่ 16 การตรวจสอบโมเดลเดิมและใหม่ 42
ภาพที่ 17 การกำหนดค่าสีโดยใช้ Worksets 42
ภาพที่ 18 แบบโมเดลเดิม-ใหม่ โดยแบ่งสี หลังจากกำหนดค่าสีโดยใช้ Worksets 43
ภาพที่ 19 ภาพ 3D ของแบบห้องมีการเปลี่ยนแปลง 43
ภาพที่ 20 ปัญหาการกรอกชื่อห้องและรหัสห้องผิด 44
ภาพที่ 21 ปัญหาตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง 44

ภาพที่ 22 ปัญหาขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง 44
ภาพที่ 23 ปัญหาการกรอกค่าอัตราการทนไฟ 45
ภาพที่ 24 ตัวอย่างเอกสารที่แจ้งให้กับทีมงาน 46
ภาพที่ 25 ปุ่มกด Data Preparing 47
ภาพที่ 26 การใช้งานของ Data Preparing 47
ภาพที่ 27 การนำค่าจากลิงค์ไฟล์มาใส่ในอิลิเมนต์ 47
ภาพที่ 28 ปุ่มกด Select Standard Profile 48
ภาพที่ 29 ขั้นตอนการใช้งานปุ่มกด Select Standard Profile 48
ภาพที่ 30 ปุ่มกด Import Room Standard 48
ภาพที่ 31 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบตามมาตรฐาน 49
ภาพที่ 32 การใช้คำสั่ง Append ในการนำไฟล์งานเข้ามาในโปรแกรม 49
ภาพที่ 33 ภาพไฟล์การนำโมเดลงานสถาปัตยกรรมเข้ามาเพื่อตรวจสอบ 50
ภาพที่ 34 เอกสารรายงานในรูปแบบไฟล์ HTML 50
ภาพที่ 35 แสดงซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม 55
ภาพที่ 36 CSV File ข้อมูลอ้างอิงสำหรับโปรแกรมเสริม 55
ภาพที่ 37 ตาราง Schedule ในโปรแกรม Revit 56
ภาพที่ 38 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเสริม 57
ภาพที่ 39 ตัวอย่างข้อมูลรหัสห้องและชื่อห้องในไฟล์ Revit 58
ภาพที่ 40 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบชื่อห้อง 58
ภาพที่ 41 แบบโมเดลเดิม-ใหม่ โดยใช้สีที่ต่างกัน 59
ภาพที่ 42 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของห้อง 59
ภาพที่ 43 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของห้อง 60
ภาพที่ 44 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบพื้นที่ของห้อง 62
ภาพที่ 45 ตัวอย่างการตั้งชื่อผนังของโครงการ 63

ภาพที่ 46 ข้อมูลชนิดของผนังของงานสถาปัตยกรรม 63
ภาพที่ 47 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ 64
ภาพที่ 48 ตัวอย่างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ 66
ภาพที่ 49 ที่จัดเก็บของโปรแกรมเสริม 67
ภาพที่ 50 เปิดโปรแกรม Autodesk Revit 67
ภาพที่ 51 การยืนยันและติดตั้งโปรแกรมเสริม 68
ภาพที่ 52 เครื่องมือโปรแกรมเสริมเมื่อติดตั้งสำเร็จ 68
ภาพที่ 53 ปุ่ม Setting 69
ภาพที่ 54 ชุดคำสั่งของปุ่ม Setting 69
ภาพที่ 55 ปุ่ม Re-Check 69
ภาพที่ 56 ปุ่ม Report 70
ภาพที่ 57 ภาพตัวอย่างไฟล์งานหลักงาน (AR) 70
ภาพที่ 58 Floor Plan งานสถาปัตยกรรมสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน Room_01.rvt 71
ภาพที่ 59 Floor Plan งานสถาปัตยกรรมสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน Room_02.rvt 71
ภาพที่ 60 ภาพตัวอย่างไฟล์ลิ้ง (AR) 71
ภาพที่ 61 แสดงแบบโมเดลเดิมและใหม่ที่มีการทับซ้อนกัน 72
ภาพที่ 62 คลิกแถบเครื่องมือ Revit Compare 72
ภาพที่ 63 คลิกเลือกปุ่ม Setting เพื่อกำหนดค่า Minimum Tolerance 72
ภาพที่ 64 ชุดคำสั่งของปุ่ม Setting 73
ภาพที่ 65 เลือกไฟล์ CSV ของโครงการ 73
ภาพที่ 66 คลิกเลือก ปุ่ม Re-Check 73
ภาพที่ 67 ผลของปุ่ม Re-Check 74
ภาพที่ 68 แปลนที่มีเฉดสีของห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง 74
ภาพที่ 69 ห้อง Unused Space ที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและขนาดของห้อง 74

ภาพที่ 70 ห้อง A/C Plant Room ที่มีการเพิ่มห้องใหม่ 75
ภาพที่ 71 ห้อง A/C Plant Room ที่ขนาดห้องเปลี่ยนแปลงแต่ตำแหน่งห้องไม่เกินระยะขั้นต่ำ 75
ภาพที่ 72 ตำแหน่ง Hose Reel Storage มีการย้ายตำแหน่ง 75
ภาพที่ 73 ภาพตัวอย่างตาราง Schedule ของโปรแกรม Revit 76
ภาพที่ 74 คลิกเลือกปุ่ม Report 76
ภาพที่ 75 รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง 77
ภาพที่ 76 รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง 78
ภาพที่ 77 รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ 78
ภาพที่ 78 รายละเอียดห้องที่หายไป 79
ภาพที่ 79 รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง 79

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำงานโครงการก่อสร้างในปัจจุบันและอนาคตเข้าสู่ช่วงการส่งแบบงานด้วยระบบสารสนเทศอาคาร BIM (Building Information Modeling) มากขึ้น ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้งาน คือ Autodesk Revit ยังไม่สามารถทำงานตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ทั้งหมด จึงมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเสริม Add-ins จากการเขียนโปรแกรมเข้าไปช่วยให้กระบวนการทำงานรวดเร็วและลดปริมาณงาน สำหรับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้มซึ่งเป็นกรณีศึกษาของงานวิจัย เป็นโครงการประเภทออกแบบและก่อสร้าง (Design-Build) มีการทำงานร่วมกันระหว่างหลายองค์กร ซึ่งกระบวนการทำงานมีทั้ง ระบบ BIM / 2D CAD เพื่อใช้ในการทำแบบก่อสร้าง ทำให้พบปัญหาในการทำงานคืองานสถาปัตยกรรม ซึ่งมีการปรับแบบอยู่บ่อยครั้ง โดยในทุกๆ สัปดาห์ในช่วงพัฒนาแบบ (Design Development) เมื่อสถาปนิกเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้สอยในอาคารของงานสถาปัตยกรรม ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องเปลี่ยนแปลงงานระบบตามไปด้วย

ในทางปฏิบัติทุกครั้งที่มีการปรับแบบ ผู้ที่เป็น BIM Modeler ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดทำโมเดลแบบจำลอง BIM ร่วมกับสถาปนิกผู้ออกแบบ จะทำการตรวจสอบแบบโมเดล BIM ของโปรแกรม Revit โดยมีขั้นตอนคือ ต้องเปิดไฟล์โมเดลงานสถาปัตยกรรมทั้ง 2 ไฟล์ คือช่วงก่อนและหลังการปรับแบบมาทับซ้อนกันเพื่อตรวจสอบหาตำแหน่งและข้อมูลพื้นที่ของงานสถาปัตยกรรมที่เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมงานโมเดล BIM ในบางส่วน และแจ้งผลการตรวจสอบเป็นเอกสารให้กับทางวิศวกรผู้ออกแบบเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของงานโมเดล BIM อาทิเช่น ผนังมีการปรับย้ายซึ่งส่งผลต่อพื้นที่ของห้อง การย้ายตำแหน่งห้องหรือห้องบางส่วนถูกตัดออกไป เป็นต้น ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการเดินท่อของงานระบบและงานส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นการตรวจสอบที่ยากเนื่องจากมีเส้นหรือวัตถุที่มาทับซ้อนกันมาก และใช้เวลาในการตรวจสอบนาน

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดการแก้ปัญหาด้วยเครื่องมือช่วยหรือโปรแกรมเสริม (Add-Ins) ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อเข้ามาช่วยในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในงานสถาปัตยกรรม เป็นเครื่องมือที่ไม่มีอยู่ในโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อมาช่วยทำให้มองเห็นตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ต้องการทราบ ซึ่งช่วยให้งานระบบสามารถปรับแก้ไขแบบตามแบบงานสถาปัตยกรรมและงานโครงสร้างได้รวดเร็ว ทำให้ส่งงานได้ตรงตามวันเวลาที่กำหนดและงานระบบสามารถกำหนดระยะเวลาการปรับแบบและสามารถวางแผนงานได้อย่างชัดเจน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบงานสถาปัตยกรรมในโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อให้รู้ถึงตำแหน่งงานสถาปัตยกรรมที่มีการปรับแก้ไขใหม่ ช่วยทำให้มองเห็นตำแหน่งหรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ต้องการทราบ โดยจะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่องานระบบ คือ พื้นที่ ตำแหน่งห้อง อัตราการทนไฟของผนัง ของแบบสถาปัตยกรรม เพื่อส่งข้อมูลที่มีการปรับแก้ไขให้ทีมงานทราบและนำไปใช้งานในการดำเนินงานต่อไป

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

โปรแกรมเสริม (Add-Ins) ที่พัฒนาขึ้น จะช่วยให้การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบงานสถาปัตยกรรม ทำได้รวดเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจสอบโดยไม่ได้ใช้โปรแกรมเสริม

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาและตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรมที่มีผลกระทบต่องานระบบในขั้นตอนการพัฒนาแบบ

2. พัฒนาโปรแกรมที่จะใช้ในการตรวจสอบไฟล์แบบที่ทำบน Autodesk Revit version 2020

3. ใช้แบบโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้มเป็นกรณีศึกษา

4. ตรวจสอบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองงานสถาปัตยกรรมเท่านั้น โดยมีขอบเขตการตรวจสอบและรายงานผล ดังนี้

- ตรวจสอบชื่อห้องโดยอ้างอิงรหัสห้องในการตรวจสอบ
- ตรวจสอบขนาดและตำแหน่งของห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง
- ตรวจสอบขนาดพื้นที่ห้องกับมาตรฐานของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าฯ
- ตรวจสอบขนาดพื้นที่ของห้องในแนวราบ ไม่ได้เช็คระดับความสูงของห้อง
- ตรวจสอบอัตราการทนไฟเฉพาะส่วนของผนังของพื้นที่ต่างๆ
- แสดงผลการตรวจสอบเป็นเอกสารรายงานในไฟล์ HTML

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการพัฒนาโปรแกรมเสริม

การพัฒนาโปรแกรมเสริม มีลำดับขั้นตอนดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีการและปัญหาของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม ที่ใช้โปรแกรม Revit ในการเขียนแบบ

2. ศึกษาข้อมูลมาตรฐานของงานสถาปัตยกรรมของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม เช่น พื้นที่ห้อง ชนิดของผนังห้อง มาตรฐานอัตราการทนไฟของห้อง เป็นต้น

3. ศึกษางานวิจัยและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบวิธีการตรวจสอบแบบของโปรแกรมอื่นๆ

4. สอบถามและสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงปัญหา และความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม

5. วิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดขอบเขตการทำงานของโปรแกรมเสริม

6. ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือโปรแกรมเสริม เพื่อช่วยในการทำงาน

7. ทดสอบการใช้งานโปรแกรมเสริม โดยทีมงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรของโครงการ

8. ปรับปรุงแก้ไข โปรแกรมเสริม ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

9. ทดสอบเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่ใช้โปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้น

10. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย

โปรแกรมเสริมที่งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองงานสถาปัตยกรรม ในขั้นตอนการพัฒนาแบบ ส่งผลให้การปรับแก้ไขแบบงานระบบต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแบบงานสถาปัตยกรรม สามารถดำเนินการได้เร็วยิ่งขึ้น

1.7 นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1 นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง

นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง	
คำย่อ	**คำเต็ม / คำจำกัดความ**
℃	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
2D	การเขียนแบบ 2 มิติ จะเห็นภาพบนแกน X และแกน Y ไม่เห็นความลึกของภาพ
3D	การขึ้นแบบจำลอง 3 มิติ จะเห็นภาพบนแกน X Y และ Z จะได้ภาพมุมมองความลึก
ar	as required / ตามความจำเป็น
Add-ins	ฟังก์ชันหรือโปรแกรมใด ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ทำงานควบคู่กับโปรแกรมหลัก
AR	Architecture / งานสถาปัตยกรรม
AGATE	AGATE Consortium / กลุ่มบริษัทผู้ออกแบบงานรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม ประกอบด้วย บริษัท เออีคอม (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท สถาปนิกหนึ่งร้อยสิบ

นิยามศัพท์และคำที่เกี่ยวข้อง	
คำย่อ	**คำเต็ม / คำจำกัดความ**
	จำกัด, บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด และ บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)
BIM	Building Information Modeling / แบบจำลองสารสนเทศอาคาร
CAD	Computer Aided Design / คอมพิวเตอร์เพื่องานออกแบบ
C#	เป็นภาษาโปรแกรมประเภทหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย
CKST	กิจการร่วมค้า CKST ประกอบด้วย บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) และ บริษัท ชิโน-ไทย เอ็นจีเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)
CSV FILE	Comma Separated Value เป็นไฟล์ข้อความประเภทหนึ่งที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลในรูปแบบตาราง ใช้เครื่องหมายจุลภาค หรือคอมม่า (,) ในการแบ่งแต่ละคอลัมน์
DIF	Different / ค่าความแตกต่าง
DWG	Drawing / เป็นฐานข้อมูลแบบ 2D หรือ 3D ที่สร้างด้วย AutoCAD
File JSON	JSON (JavaScript Object Notation) คือ รูปแบบของข้อมูลที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดเล็ก
HTML	HTML ย่อมาจาก HyperText Markup Language เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างหน้าเว็บ (Web Page) ในรูปแบบของไฟล์ HTML (คือไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .htm หรือ .html) ซึ่งมีเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) เป็นโปรแกรมที่ใช้แปลงไฟล์ HTML เพื่อแสดงผลในรูปของหน้าเว็บ
LOD	Level of Development / ระดับความละเอียดของแบบจำลองที่สัมพันธ์กับกระบวนการทำงานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)
MEP	Mechanical Electrical Plumbing work / งานระบบเครื่องกล ไฟฟ้าและสุขาภิบาล
NFPA	National Fire Protection Association / สมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติในสหรัฐอเมริกา
OR	Orange Line / ชื่อย่อโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม
PDF	Portable Document Format / ไฟล์ข้อมูลในรูปแบบเอกสารพกพา
RVT	Revit Project File / ไฟล์งานที่ใช้โดยโปรแกรม Revit
ST	Structural Engineering / งานโครงสร้างทางวิศวกรรม

บทที่ 2
ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาข้อมูลงานสถาปัตยกรรมของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก กระบวนการทำแบบก่อสร้างของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก การศึกษางานวิจัยและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง การทำแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

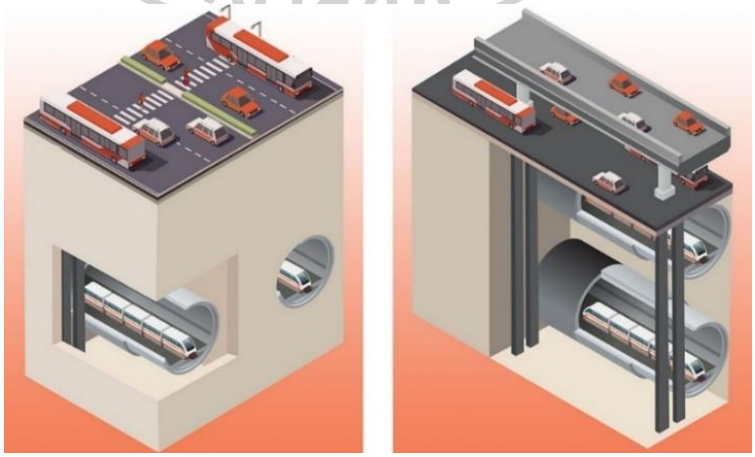
2.1 การศึกษาข้อมูลงานสถาปัตยกรรมของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก

2.1.1 รูปแบบสถานีรถไฟฟ้าและโครงสร้างใต้ดิน

รูปแบบสถานีโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย – มีนบุรี (สุวินทวงศ์) มีรูปแบบสถานีรถไฟฟ้าทั้งแบบสถานีใต้ดิน และสถานียกระดับ โดยมีข้อมูลดังนี้ (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561)

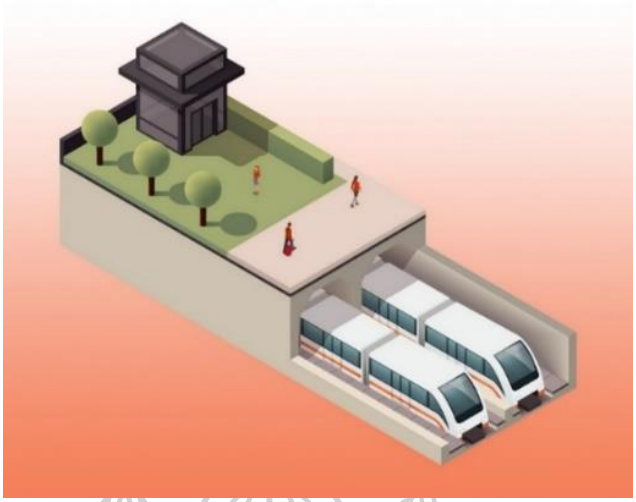
2.1.1.1 โครงสร้างใต้ดิน

โดยทั่วไปแล้ว การก่อสร้างแนวเส้นทางที่เป็นโครงสร้างใต้ดิน มีลักษณะเป็นการขุดเจาะอุโมงค์คู่ขนานกัน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอุโมงค์ประมาณ 6.30 เมตร และอุโมงค์มีระยะห่างกันประมาณ 6.30 เมตร หากในพื้นที่บางแห่งที่ฐานรากของสะพานข้ามคลองหรือข้ามถนนที่มีอยู่ไปกีดขวางการขุดเจาะอุโมงค์ หรือมีพื้นที่จำกัดสำหรับงานขุดเจาะอุโมงค์ ลักษณะการก่อสร้างแนวเส้นทางในพื้นที่ดังกล่าว อาจเป็นการขุดเจาะอุโมงค์คู่ซ้อนกัน หรือก่อสร้างเป็นโครงสร้างรูปกล่อง (Cut & Cover Structure) (ภาพที่ 1-2)



ภาพที่ 1 รูปแบบอุโมงค์คู่ขนานแบบข้างเคียง และ อุโมงค์คู่ขนานแบบซ้อนกันในแนวดิ่ง

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561



ภาพที่ 2 รูปแบบอุโมงค์โครงสร้างรูปกล่อง แบบขุดแล้วกลบกลับ

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561

2.2.1.2 รูปแบบสถานีใต้ดิน

การออกแบบสถานีใต้ดิน มีรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะของชั้นชานชาลาสำหรับผู้โดยสาร ซึ่งมีรูปแบบที่สำคัญ 3 ประเภท ดังนี้

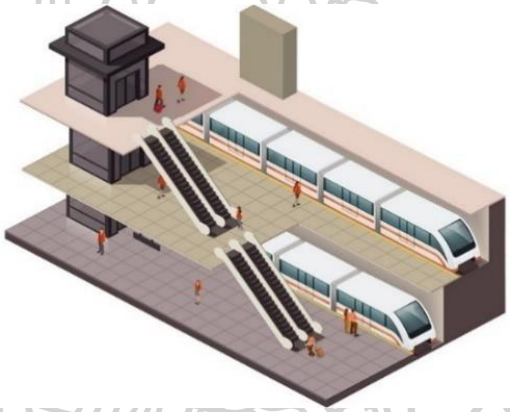
รูปแบบชานชาลากลาง คือสถานีที่มีชานชาลาเดียว โดยมีแนวรถไฟฟ้าอยู่แต่ละด้านของชานชาลา และมีชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารที่เป็นชั้นชานพักเดียวที่อยู่เหนือขึ้นไป ซึ่งรูปแบบนี้เป็นรูปแบบทั่วไปของสถานีใต้ดิน (ภาพที่ 3)

รูปแบบชานชาลาซ้อนกัน คือสถานีที่มีชานชาลาซ้อนกัน 2 ชั้น และมีชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารที่เป็นชั้นชานพักเดียวที่อยู่เหนือขึ้นไป ซึ่งรูปแบบนี้เป็นรูปแบบสำหรับการก่อสร้างที่มีสิ่งกีดขวางการขุดเจาะอุโมงค์ หรือมีพื้นที่จำกัด ทำให้ต้องก่อสร้างแนวเส้นทางเป็นแบบอุโมงค์คู่ซ้อนกัน (ภาพที่ 4)

รูปแบบชานชาลาข้าง คือสถานีที่มีชานชาลา 2 ข้างของแนวรถไฟฟ้า และมีชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารที่เป็นชั้นชานพักเดียวที่อยู่เหนือขึ้นไป ซึ่งรูปแบบนี้เป็นรูปแบบสำหรับบริเวณที่ก่อสร้างอุโมงค์เป็นโครงสร้างรูปกล่อง (Cut & Cover) (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 3 รูปแบบชานชาลากลาง

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561



ภาพที่ 4 รูปแบบชานชาลาซ้อนกัน

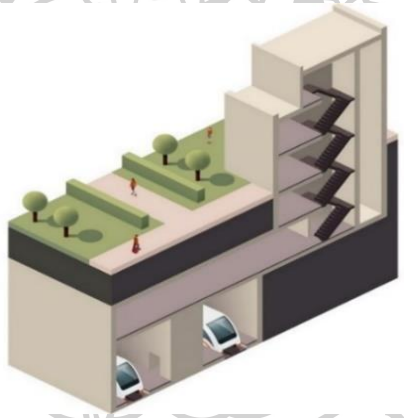
ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561

ภาพที่ 5 รูปแบบชานชาลาข้าง

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561

สถานีใต้ดินแต่ละแห่ง มีโครงสร้างสำหรับระบายอากาศที่หัวและท้ายสถานีเพื่อการระบายอากาศในพื้นที่ตัวสถานี และในกรณีมีเหตุเพลิงไหม้ โครงสร้างส่วนนี้ยังช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถเข้าดำเนินการเพื่อระงับเหตุได้ รวมทั้งยังช่วยในการอพยพผู้โดยสารให้ออกจากชั้นชานชาลา

รูปแบบปล่องระบายอากาศ มีหน้าที่หลักคือใช้เป็นจุดระบายแรงดันอากาศภายในอุโมงค์ทางวิ่งออกสู่ภายนอก เนื่องจากอุโมงค์ทางวิ่งมีขนาดใหญ่กว่าตัวรถไฟฟ้าเล็กน้อย เมื่อรถไฟฟ้าวิ่งอยู่ภายในอุโมงค์จึงมีลักษณะคล้ายกระบอกสูบที่เกิดแรงดันอากาศขึ้น จำเป็นต้องระบายแรงดันอากาศที่เกิดขึ้นดังกล่าวออกสู่ภายนอก นอกจากนี้ในด้านความปลอดภัย เมื่อตำแหน่งสถานีใต้ดินอยู่ห่างกันมากกว่า 1 กิโลเมตร จำเป็นต้องมีทางออกฉุกเฉินอย่างน้อย 1 แห่ง เพื่อใช้เป็นจุดอพยพผู้โดยสารกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องจากการเดินรถ ซึ่งปล่องระบายอากาศก็ถูกใช้ในกรณีเช่นนี้ ตามแนวสายทางที่เป็นแบบอุโมงค์ใต้ดินของโครงการฯ มีจำนวนปล่องระบายอากาศตั้งอยู่รวมทั้งสิ้น 11 แห่ง แสดงไว้ใน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 รูปแบบปล่องระบายอากาศ

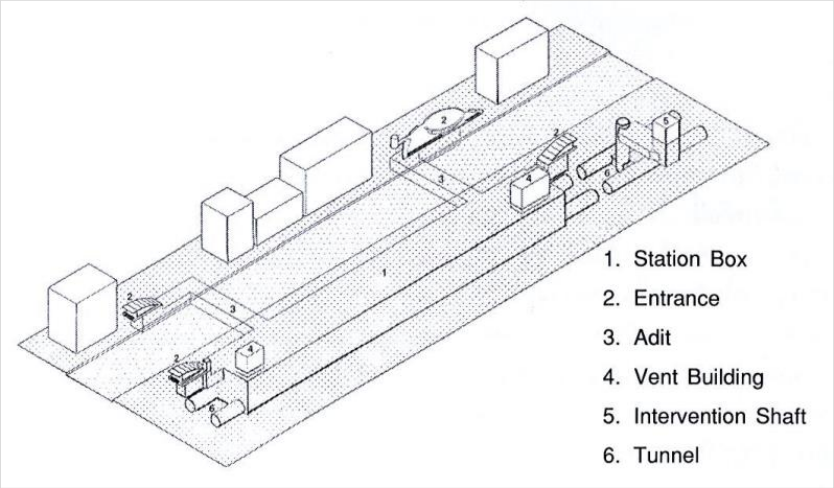
ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561

2.1.2 การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในส่วนของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในส่วนของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน โดยห้องปฏิบัติการสถานีจะต้องตั้งอยู่ใกล้กับจุดจ่ายตั๋วหรือสำนักงาน ห้องปฏิบัติการจะถูกควบคุมโดยเจ้าหน้าที่สถานีและจะเป็นศูนย์กลางในการบริหารจัดการความปลอดภัยของประชาชนภายในสถานี ห้องปฏิบัติการควรมีพื้นที่อย่างน้อย 24 ตรม. ซึ่งจะใช้วัสดุผนังกันไฟ แนวผนังจะปิดกั้นเสมอกับโครงสร้างเพื่อ ครอบคลุมพื้นที่ป้องกันเหตุการณ์ฉุกเฉิน (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561)

องค์ประกอบของการออกแบบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินมีส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้ (ภาพที่ 7)

1. ตำแหน่งสถานี
2. ช่องทางเข้าของสถานี
3. อุโมงค์เชื่อมต่อ
4. ช่องระบายอากาศสถานี
5. ช่องระบายอากาศจากอุโมงค์รถไฟฟ้า
6. อุโมงค์เส้นทางเดินรถไฟ



ภาพที่ 7 แสดงองค์ประกอบของการออกแบบรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา: สุชาติ ศิริทาวรจันทร์. (2549)

การออกแบบพื้นที่จะต้องคำนึงพื้นที่หลักต่างๆ เพื่อการใช้งานที่สมบูรณ์ ซึ่งหลักสำคัญในการวางพื้นที่คือการคำนึงถึงตำแหน่งของงานระบบประกอบอาคาร ที่จะต้องตอบโจทย์ความสะดวกสบายในการใช้บริการ สภาวะอากาศภายในสถานี การประหยัดพลังงาน ความเชื่อถือได้ในระบบประกอบอาคารและความปลอดภัย ซึ่งระบบจะต้องรองรับการใช้งานของผู้โดยสารจำนวนมากในแต่ละวัน ซึ่งการออกแบบจะครอบคลุมการใช้งานในทุกๆ ด้านทั้งในสภาวะปกติ และสภาวะฉุกเฉิน

สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินแบ่งเป็นระดับชั้น 4 ระดับดังนี้ (ภาพที่ 8)

1. ชั้นพื้นถนน (Road Level) อยู่ระดับเดียวกับถนน มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มการส่งจ่ายน้ำ ถังเก็บน้ำ

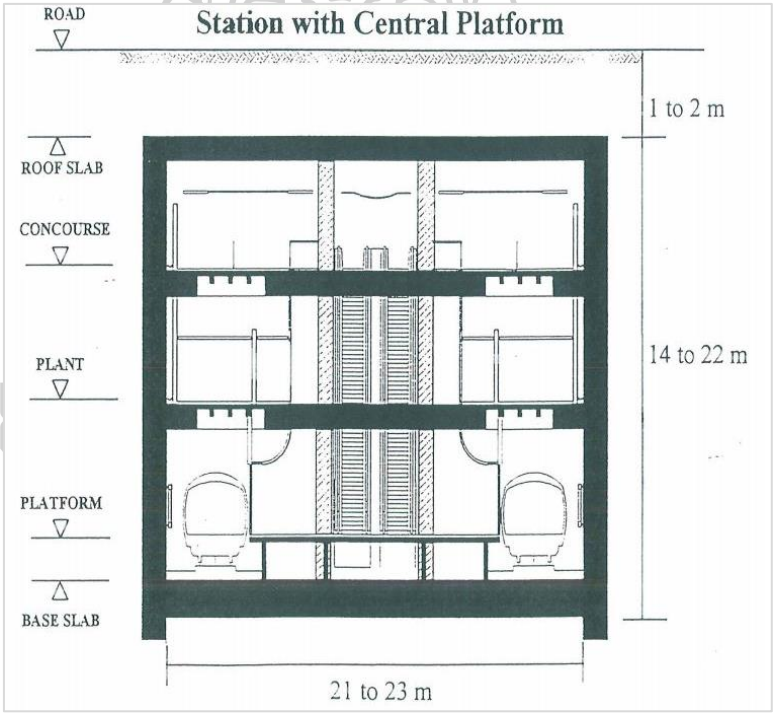
2. ชั้นจำหน่ายตั๋ว (Concourse Level) สำหรับสถานีทั่วไป ชั้นจำหน่ายตั๋วจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- พื้นที่สาธารณะ ประกอบด้วยพื้นที่สำหรับผู้โดยสารที่ชำระค่าโดยสารแล้ว (Paid Area) และพื้นที่สำหรับผู้โดยสารที่ยังไม่ได้ชำระค่าโดยสาร (Unpaid Area) ทั้งสองพื้นที่นี้ถูกแยกด้วยประตู เข้า-ออกอัตโนมัติ (Automatic Gate) และประตูพิเศษ (Flush Gate)

- พื้นที่บริษัท เป็นพื้นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานด้านเทคนิคของบริษัท เช่น ห้องควบคุมสถานี ห้องเครื่องมือติดต่อสื่อสารอาณัติสัญญาณต่าง ๆ

3. ชั้นห้องเครื่องหลัก (Plant Level) คือชั้นที่ตั้งตำแหน่งห้องเครื่องสำหรับงานระบบภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

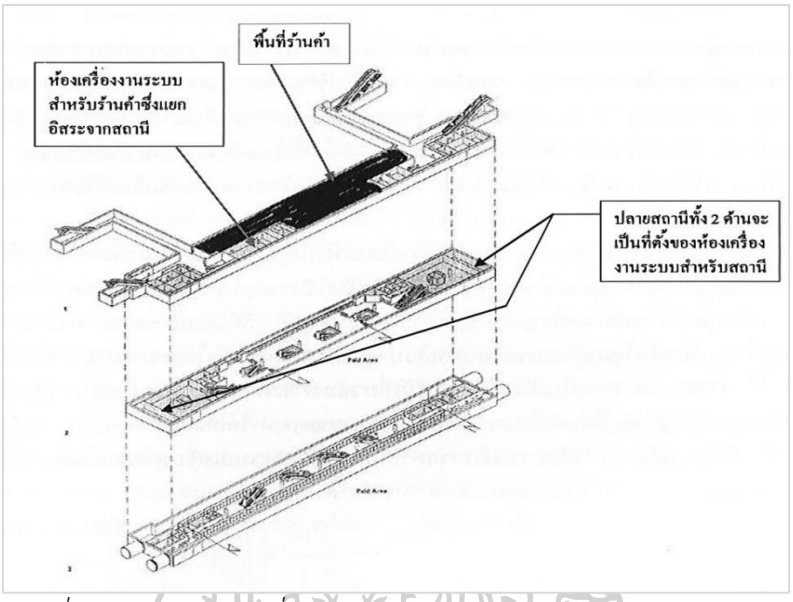
4. ชั้นชานชาลา (Platform Level) คือชั้นล่างสุดของสถานี เป็นชั้นสำหรับจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร มีประตูอัตโนมัติกั้นที่ชานชาลา เพื่อป้องกันผู้โดยสารพลัดตกลงรางรถไฟฟ้าบันไดเลื่อน และบันไดสำหรับหนีภัยในกรณีฉุกเฉิน และลิฟต์สำหรับผู้พิการ



ภาพที่ 8 ระดับชั้นของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา: การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2544

งานระบบประกอบอาคาร เป็นอีกส่วนประกอบสำคัญสำหรับอาคาร หลังจากที่งานออกแบบโครงสร้างแล้วเสร็จ งานระบบประกอบอาคารจะสามารถทำให้อาคารสมบูรณ์พร้อมสำหรับการใช้อาคาร ซึ่งงานระบบประกอบอาคารจำเป็นจะต้องมีพื้นที่ห้องเครื่องสำหรับงานระบบภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ตำแหน่งห้องเครื่องสำหรับงานระบบภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา: สุชาติ ศิริทาวรจันทร์. (2549)

ในการออกแบบควรจัดให้มีพื้นที่ห้องเครื่องหลักแยกต่างหากออกจากพื้นที่สาธารณะ โดยพื้นที่ห้องเครื่องหลักโดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 6-9 % ของพื้นที่ใช้สอยและมีทางเดินเข้าออกสะดวกเพื่อการซ่อมบำรุง การแบ่งพื้นที่ของงานระบบประกอบอาคาร จะสามารถแบ่งแยกย่อยพื้นที่ของงานได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้ (สุชาติ ศิริทาวรจันทร์. (2549)

1. ห้องเครื่องต่างๆ ในส่วนของระบบไฟฟ้า

งานระบบไฟฟ้า ประกอบไปด้วย ไฟฟ้าระบบแรงสูง ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบป้องกันฟ้าผ่า ห้องเครื่องต่างๆ ในส่วนของระบบไฟฟ้าประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ห้อง Main Distribution Board (MDB) ห้อง Generator และ ถังน้ำมัน ห้อง UPS

2. ห้องเครื่องต่างๆ ในส่วนของระบบสุขาภิบาล

ระบบสุขาภิบาล ประกอบไปด้วย ระบบน้ำดี ระบบน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบดับเพลิง การเดินแนวท่อระบบสุขาภิบาลภายในอาคาร

3. ห้องเครื่องต่างๆ ในส่วนของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศประกอบด้วย ระบบระบายอากาศ ระบบท่อน้ำยา ระบบท่อน้ำเย็น ระบบท่อน้ำระบายความร้อน ระบบท่อน้ำทิ้ง

4. ห้องเครื่องต่างๆ ในส่วนของระบบสื่อสาร

งานระบบสื่อสาร ประกอบไปด้วย ระบบโทรศัพท์ ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบ Lan ระบบเน็ตเวิร์ค ระบบวงจรปิด ระบบ CCTV ระบบการควบคุมการเข้าออก (Access Control) ระบบ Sound เป็นต้น

5. ช่องชาฟต์หรือช่องท่อสำหรับงานระบบประกอบอาคาร (Shaft)

ช่องว่างทางตั้งตามส่วนต่างๆ ของอาคาร เพื่อใช้เป็นทางเดินของท่อประเภทต่างๆ ที่เชื่อมต่อกันในแนวตั้งระหว่างชั้น มีลักษณะเป็นช่องที่ก่อจากอิฐหรือหล่อคอนกรีตขึ้นมา เป็นส่วนหนึ่งของผนังที่สูงตั้งแต่พื้นไปจนสุดฝ้าเพดานหรือความสูงของพื้นชั้นถัดไป ภายในช่องชาฟต์จะเป็นจุดรวมของท่อประเภทต่างๆ ในหนึ่งอาคารอาจจะมีหลายช่องชาฟต์ซึ่งจำแนกตามประเภทของท่อ เช่น ช่องชาฟต์สำหรับงานประปาและสุขาภิบาล ช่องชาฟต์สำหรับงานระบบไฟฟ้า หรือแยกตามตำแหน่งการใช้งาน ในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินตำแหน่งช่องชาฟต์สำหรับงานประปาและสุขาภิบาลอยู่ติดกับห้องเครื่องสำหรับงานระบบ โดยจะเชื่อมต่อกันในแนวตั้งและช่องชาฟต์จะถูกเรียกชื่อตามตำแหน่งและหมายเลขห้องเพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง เป็นต้น

สถาปนิกผู้ออกแบบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินออกแบบอาคารภายใต้ข้อกำหนด NFPA และกฎหมายอาคารภายในประเทศ เช่น แนวป้องกันกันไฟ เส้นทางการอพยพ ระยะความปลอดภัย โดยได้จำแนกพื้นที่ในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทของพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

Number	ROOM TYPE
1	PUBLIC / พื้นที่สาธารณะ
2	PLANT / พื้นที่งานระบบ
3	STAFF / พื้นที่สำหรับพนักงาน
4	STORE / พื้นที่เก็บของ
5	TOILET / พื้นที่ห้องน้ำ

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

การแบ่งพื้นที่ของห้องอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในอาคารของแต่ละสถานีจะถูกออกแบบวางพื้นที่ตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการโดยมีข้อมูล ตัวอย่างรายชื่อห้องและขนาดของพื้นที่ขั้นต่ำ แสดงไว้ใน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ข้อมูลห้องและพื้นที่ใช้สอยของโครงการ

Space No.	Underground Station Room Names Staff Areas (ar = as required)	Minimum Area (m²)	Room Type
01	Unpaid Area / Passageway / Adit	ar	PUBLIC
02	Paid Area	ar	PUBLIC
03	Ticket Vending Machine (TVM.)	15	STAFF
04	ATM. / Telephone Booth	10	PUBLIC
05	Automatic Fare Collection (AFC.)	10	PUBLIC
06	Multi-Purpose Area	ar	STAFF
07	Platform Area	ar	STAFF
08	Cash Handling Area	10	STAFF
09	Cash Trolley Store	7	STAFF
10	Ticket Storage Room	5	STAFF
11	Walk in Vault	5	STAFF
12	Cleaner	8	STORE
13	Refuse	10	STORE
14	Maintenance	10	STORE
15	Station / Lost & Found	15	STORE
16	Flood-Board Storage	20	PUBLIC/ ESCAPE
17	Escape Route	ar	PUBLIC/ ESCAPE
18	First Aid	15	PUBLIC
19	Public / Handicapped Toilets	ar	PUBLIC
20	Staff Corridor	ar	STAFF ACCESS/ ESCAPE
21	Staff Dormitory	10	STAFF ACCESS/ESCAPE
22	Staff Locker Room	5	STAFF
23	Staff Mess / Rest Room	35-50	STAFF
24	Staff Toilet	ar	TOILET STAFF
25	Station Operation Room (SOR.)	ar	STAFF
26	Ticket Office	24	STAFF
27	Duty Service Managers Office	ar	STAFF
28	Office	ar	STAFF
29	Inspectors Office	ar	STAFF
30	Train Staff Room	ar	STAFF
31	Unused Space	ar	-
32	Maintenance Access Opening	ar	-
E&M Room Area			
E1	A/C Plant Room	520	PLANT
E2	Cat Ladder Service Access	ar	-
E3	Cooling Tower	220	-

Space No.	Underground Station Room Names Staff Areas (ar = as required)	Minimum Area (m²)	Room Type
E4	Draught Relief Plenum	ar	PLANT
E5	ECS Control Room	ar	PLANT
E6	Fresh Air Inlet	ar	-
E7	Pressurization Fan Room	ar	PLANT
E8	Pressurized Duct Plenum	ar	-
E9	Pump Sump Room	ar	PLANT
E10	Multi-Purpose A/C Plant	ar	PLANT
E11	Multi-Purpose Distribute Boards / LV. Switch	33	PLANT
E12	Multi-Purpose Substation	30	PLANT
E13	RMU. & Substation	ar	PLANT
E14	Storm Water Pump Room	ar	PLANT
E15	Tunnel Ventilation Fan Room	98	PLANT
E16	Underpass LV. Switch Room	ar	PLANT
E17	TES Fan Room	68	PLANT
E18	TES Plenum / Shaft	ar	-
E19	TVS Plenum / Shaft	ar	-
E20	E&M Shaft	ar	-
E21	Void Under Platform	27-30	-
E22	Motor Control Center (MCC) Room	45/50	PLANT
E23	Battery Room	35	PLANT
E24	Electrical Service Room	3	PLANT
E25	Fire Service Room	ar	PLANT
E26	Fire Water Tank Room	ar	PLANT
E27	Gas Bottle Room	13	PLANT
E28	Hose Reel Storage	ar	PLANT
E29	LV Switch Room	64	PLANT
E30	Water Pump Room	25	PLANT
E31	Water Tank	ar	PLANT
E32	Commercial Communication Room	20	PLANT
E33	PSD Room	12	PLANT
E34	Exhaust Air Plenum/Shaft	ar	-
E35	Supply Air Plenum/Shaft	ar	-
E36	Electric Shaft	ar	-
E37	UPS Room (E&M)	31.5	PLANT
M&E Room			
M1	Communication Equipment Room	46	PLANT
M2	Permanent Way Store	20-25	PLANT

Space No.	Underground Station Room Names Staff Areas (ar = as required)	Minimum Area (m²)	Room Type
M4	Signaling Battery Room	10	PLANT
M5	Signaling Equipment Room	30	PLANT
M6	Service Substation	55	PLANT
M7	Traction Substation	32	PLANT

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.1.3 พื้นที่ห้องและวัสดุกันไฟของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

การป้องกันอัคคีภัยเป็นการป้องกันไม่ให้ไฟและควันไฟลุกลามออกไปยังพื้นที่หรือห้องใกล้เคียง โดยการทำให้ไฟอยู่ภายในพื้นที่จำกัดและเมื่อเชื้อเพลิงที่อยู่ภายในพื้นที่นั้นหมดลงไฟก็จะดับลงไปด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญในการป้องกันอัคคีภัยมีดังต่อไปนี้ (NFPA, 2003)

2.1.3.1 พื้นที่กันไฟ คือการทำให้พื้นที่ห้องที่มีความสำคัญภายในอาคารมีความสามารถในการทนไฟได้ ในกรณีที่โครงสร้างของพื้นที่ห้องนั้นไม่สามารถทนไฟได้จะต้องมีการป้องกันด้วยวิธีต่าง ๆ เหล่านี้คือ การใช้วัสดุทนไฟห่อหุ้ม การทาสีทนไฟ การพ่นด้วยวัสดุทนไฟ เป็นต้น การทำให้พื้นที่ห้องทนไฟจะทำให้การอพยพคนมีความปลอดภัยและทำให้ระบบระงับอัคคีภัยมีเวลาในการดับเพลิง

2.1.3.2 การแบ่งกั้นพื้นที่ คือการแบ่งกั้นและปิดล้อมพื้นที่ต่างๆ ด้วยผนังทนไฟ ฝ้าเพดานทนไฟ และประตูทนไฟ เพื่อการจำกัดไฟให้อยู่ในพื้นที่จำกัด (Compartmentation) โดยการใช้ผนังทนไฟ ฝ้าเพดานทนไฟ และประตูทนไฟที่มีอัตราการทนไฟที่เหมาะสมกับการปิดล้อมพื้นที่ป้องกันนั้นๆ เพื่อให้มีเวลาในการอพยพคนและการเข้าดับเพลิงของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ส่วนประกอบที่สำคัญของการแบ่งกั้นพื้นที่เพื่อการป้องกันไฟและให้ไฟอยู่ในพื้นที่ คือ

1. ผนังทนไฟ (Fire Wall)

ก. ผนังทนไฟ จะต้องใช้วัสดุที่มีความสามารถทนไฟได้ในการก่อสร้างผนังทนไฟ อัตราการทนไฟของผนังทนไฟจะถูกระบุเป็นชั่วโมงหรือนาทีของความสามารถในการทนไฟได้ เช่น อัตราการทนไฟได้ ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง หรือ 2 ชั่วโมง เป็นต้น

ข. รอยต่อระหว่างผนังทนไฟ จะต้องมีการปิดด้วยวัสดุทนไฟเพื่อป้องกันไม่ให้ไฟลามผ่านรอยต่อสำหรับแบ่งกั้นพื้นที่กันไฟ โดยวิธีการก่อสร้างผนังทนไฟในลักษณะต่างๆ มีรายละเอียดแสดงใน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การกำหนดพื้นที่และอัตราการทนไฟของผนังกันไฟ

พื้นที่ใช้งาน	อัตราการทนไฟ (ชั่วโมง)
พื้นที่ห้องเครื่องของงานระบบอาคารและห้องอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียง	ไม่น้อยกว่า 2
พื้นที่สาธารณะที่มีพื้นที่มากกว่า 12 ตรม. และห้องอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียง	ไม่น้อยกว่า 1

ที่มา : NFPA, 2003

2.1.4 มาตรการความปลอดภัยภายในสถานีและอุโมงค์

ในการออกแบบและการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้า ได้ตระหนักและคำนึงถึงความปลอดภัยในทุกขั้นตอน โดยได้นำมาตรฐานความปลอดภัย NFPA 130 หรือ National Fire Protection Association ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลในการออกแบบระบบขนส่งมวลชนประเภทรางมาใช้ในโครงการฯ เพื่อความปลอดภัยสูงสุดในการให้บริการแก่ประชาชน โดยมาตรฐานดังกล่าวได้นำมาใช้เป็นมาตรการความปลอดภัยภายในสถานีและอุโมงค์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561)

2.1.4.1 วัสดุกันไฟของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ก. วัสดุที่ใช้สำหรับเป็นโครงสร้างที่สถานีหรืออุโมงค์ตลอดจนวัสดุตกแต่งสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกลภายในสถานีทุกแห่งจะกำหนดให้เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ (Non-Combustible) และ วัสดุที่ไม่ไวไฟ (Non-Flammable) ยกเว้นกรณีที่เป็นเหตุสุดวิสัย วัสดุที่ไหม้ไฟจะเป็นแบบไม่มีควันพิษ (Non-Toxic) เท่านั้น

ข. พื้นที่ภายในสถานีจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือพื้นที่ส่วนที่เป็นสาธารณะ (Public Area) และพื้นที่ส่วนที่เป็นห้องเครื่องหรือพื้นที่ทำงานของพนักงาน (Non-Public Area) โดยระหว่าง 2 ส่วน จะมีผนังและประตูกันไฟ ซึ่งจะมีระดับกันไฟของพื้นที่ (ตารางที่ 5)

ค. บริเวณรอบๆ ช่องเปิดโล่ง (Opening) จะมีการติดตั้งแผ่นกระจกใส (Glass Fin) เพื่อป้องกันควันไฟที่จะลอยไปจากชั้น Platform ขึ้นสู่ชั้นอื่นๆ ในระหว่างที่ระบบดูดควันแต่ละชั้นกำลังทำงาน

ง. วัสดุที่ใช้ในสถานีส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นหินแกรนิต ผนังแกรนิต ฝ้าเพดาน เหล็ก Galvanized และ อลูมิเนียม ผนังบางส่วนเป็นแผ่น Stainless Steel หรือแผ่นเหล็ก Galvanized ซึ่งทั้งหมดมีจุดหลอมเหลวที่สูงมากกว่า 600 ℃ และกินเวลานานมากกว่าที่จะยุบตัวลงมาหรือเสียหาย ดังนั้นจึงมีเวลาเพียงพอที่จะอพยพประชาชนออกจากสถานี ตลอดจนไม่มีควันที่เป็นก๊าซพิษ

ตารางที่ 5 ข้อกำหนดอัตราการทนไฟของพื้นที่ภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

Space No.	Underground Station Room Names	Require Fire Protection	Fire Rating (HRS)
E1	A/C Plant Room	Y	1.5
E2	Cat Ladder Service Access	N	1.5
E3	Cooling Tower	N	1.5
E4	Draught Relief Plenum	Y	1.5
E5	ECS Control Room	Y	1.5
E6	Fresh Air Inlet	Y	1.5
E7	Pressurization Fan Room	Y	1.5
E8	Pressurized Duct Plenum	N	1.5
E9	Pump Sump Room	Y	1.5
E10	Multi-Purpose A/C Plant	Y	1.5
E11	Multi-Purpose Distribute Boards / LV. Switch	Y	1.5
E12	Multi-Purpose Substation	Y	1.5
E13	RMU. & Substation	Y	1.5
E14	Storm Water Pump Room	Y	1.5
E15	Tunnel Ventilation Fan Room	Y	1.5
E16	Underpass LV. Switch Room	Y	1.5
E17	TES Fan Room	Y	1.5
E18	TES Plenum / Shaft	N	1.5
E19	TVS Plenum / Shaft	N	1.5
E20	E&M Shaft	N	1.5
E21	Void Under Platform	N	1.5
E22	Motor Control Center (MCC) Room	Y	1.5
E23	Battery Room	Y	1.5
E24	Electrical Service Room	N	1.5
E25	Fire Service Room	Y	1.5
E26	Fire Water Tank Room	Y	1.5
E27	Gas Bottle Room	Y	1.5
E28	Hose Reel Storage	Y	1.5
E29	LV Switch Room	Y	1.5
E30	Water Pump Room	Y	4
E31	Water Tank	Y	1.5
E32	Commercial Communication Room	Y	1.5
E33	PSD Room	Y	1.5

Space No.	Underground Station Room Names	Require Fire Protection	Fire Rating (HRS)
E34	Exhaust Air Plenum/Shaft	N	1.5
E35	Supply Air Plenum/Shaft	N	1.5
E36	Electric Shaft	N	1.5
E37	UPS Room (E&M)	Y	1.5
M&E Room			
M1	Communication Equipment Room	Y	1.5
M2	Permanent Way Store	Y	2
M4	Signaling Battery Room	Y	1.5
M5	Signaling Equipment Room	Y	1.5
M6	Service Substation	Y	1.5
M7	Traction Substation	Y	3
ES	Escalator	Y	3
หมายเหตุ - Require Fire Protection แสดงพื้นที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิง - Fire Rating (HRS) แสดงค่าอัตราการทนไฟของห้อง			

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.1.4.3 ระบบดับเพลิงภายในสถานีและอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

มาตรฐาน NFPA 130 ได้กำหนดมาตรการการป้องกันอัคคีภัยและการระงับอัคคีภัย ดังนี้ (NFPA 130, 2010)

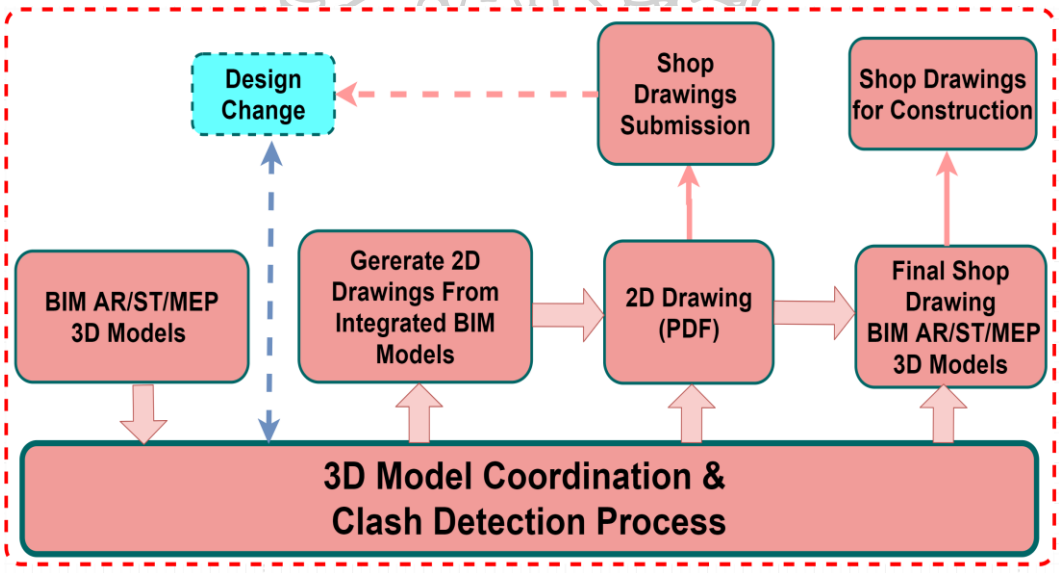
- การป้องกันการเกิดอัคคีภัย คือการลดโอกาสที่จะเกิดอัคคีภัย และหากมีอัคคีภัยเกิดขึ้นก็จะอยู่ในวงจำกัด โดยการกำหนดคุณลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุและรูปแบบของอาคาร เช่น การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ติดไฟง่าย และไม่มีควันเมื่อติดไฟ มีทางหนีไฟที่พอเพียงและไม่ซับซ้อน มีการระบายอากาศและควันไฟออกทางปล่องระบายอากาศ (Ventilation Shaft) ซึ่งสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินของ รฟม. จะมีปล่องดังกล่าวอยู่ทุกสถานี สถานีละ 2 ปล่อง (นอกเหนือจากทางขึ้นลงปกติ) และระหว่างสถานีหากตัวสถานีห่างกันเกิน 1 กิโลเมตร ก็จะมีปล่องระบายอากาศและทางออกฉุกเฉิน (Intervention Shaft)

- การระงับอัคคีภัย มีจุดประสงค์หลักเพื่อระงับการเกิดเพลิงไหม้ และรวมถึงการอำนวยความสะดวกต่อผู้ประสบเหตุในการหนีไฟให้รวดเร็วและปลอดภัยที่สุด โดยจัดให้มีระบบสัญญาณแจ้งเหตุและเตือนภัยอัตโนมัติ ระบบประกาศสาธารณะและบอกทิศทางในกรณีฉุกเฉิน ระบบดับเพลิง

อัตโนมัติต่างๆ เช่น ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System) ระบบก๊าซดับเพลิงอัตโนมัติ เป็นต้น

2.2 กระบวนการทำแบบก่อสร้างของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มตะวันออก

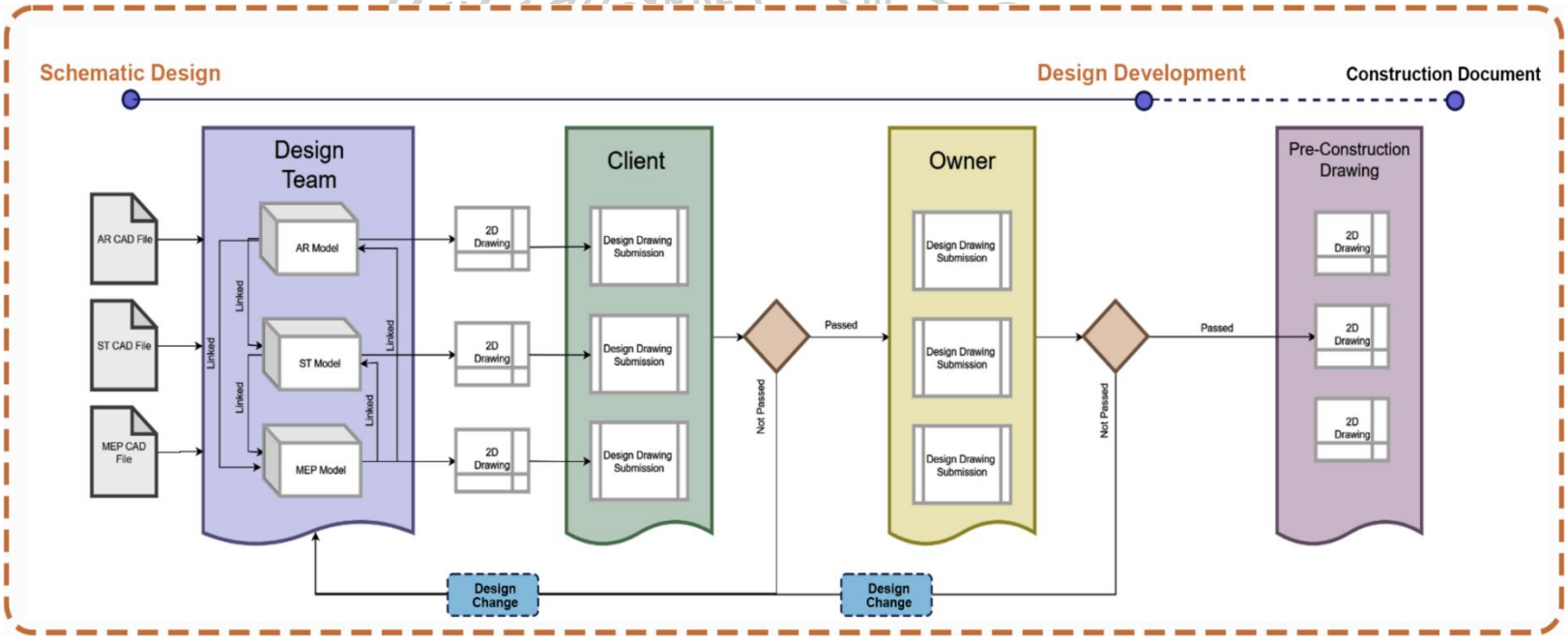
ในระยะเริ่มต้นของโครงการ แบบร่างจะอยู่ในรูปแบบของ CAD ไฟล์ ซึ่งจะถูกนำข้อมูลมาเขียนแบบโมเดล 3D และคัดแยกงานของแต่ละหมวดหมู่งาน และเมื่อถึงเวลาส่งงานตามรอบของการส่ง ก็จะต้องผลิตแบบ 2D CAD และส่งมอบแบบให้กับผู้ว่าจ้าง (Client) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของรายละเอียดงาน เพื่อที่จะส่งงานให้กับเจ้าของโครงการ (Owner) เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง ถ้าตรวจสอบแล้วยังไม่ผ่านก็จะถูกส่งกลับมาให้ทางผู้ออกแบบแก้ไขในจุดที่ต้องมีการปรับ ถ้าแบบผ่านการตรวจสอบจะนำส่งแบบก่อสร้างต่อไป ซึ่งกระบวนการทำงานระยะเริ่มต้นในช่วงแบบร่างพัฒนามาเป็นแบบรายละเอียด จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยสาเหตุมาจากหลายปัจจัยและมีการปรับเปลี่ยนมากในช่วงเริ่มต้นของโครงการ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 กระบวนการการเขียนแบบของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

กระบวนการส่งข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงกระบวนการก่อสร้าง โดยเริ่มจากช่วงแบบร่างเบื้องต้น Schematic Design แบบ 2 มิติจะถูกเอามาเขียนแบบโมเดล BIM โดยทีมออกแบบและส่งแบบให้กับผู้รับเหมาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งแบบก่อสร้างจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบในช่วงพัฒนาแบบ Design Development แบบจะถูกแก้ไขและเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้ส่อยภายในอาคารโดยการทำงานจะวนกลับไปที่ทีมงานออกแบบ และเมื่อปรับแก้ไขแบบจะส่งข้อมูลกลับมาที่ผู้รับเหมา เพื่อส่งงานให้กับลูกค้า โดยแต่ละช่วงจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารจากทีมผู้ออกแบบเป็นการตรวจสอบภายในทีมงาน และจะส่งให้กับผู้รับเหมาและส่งให้กับเจ้าของงานยืนยัน ก่อนจะส่งแบบก่อสร้างต่อไป (ภาพที่ 11)

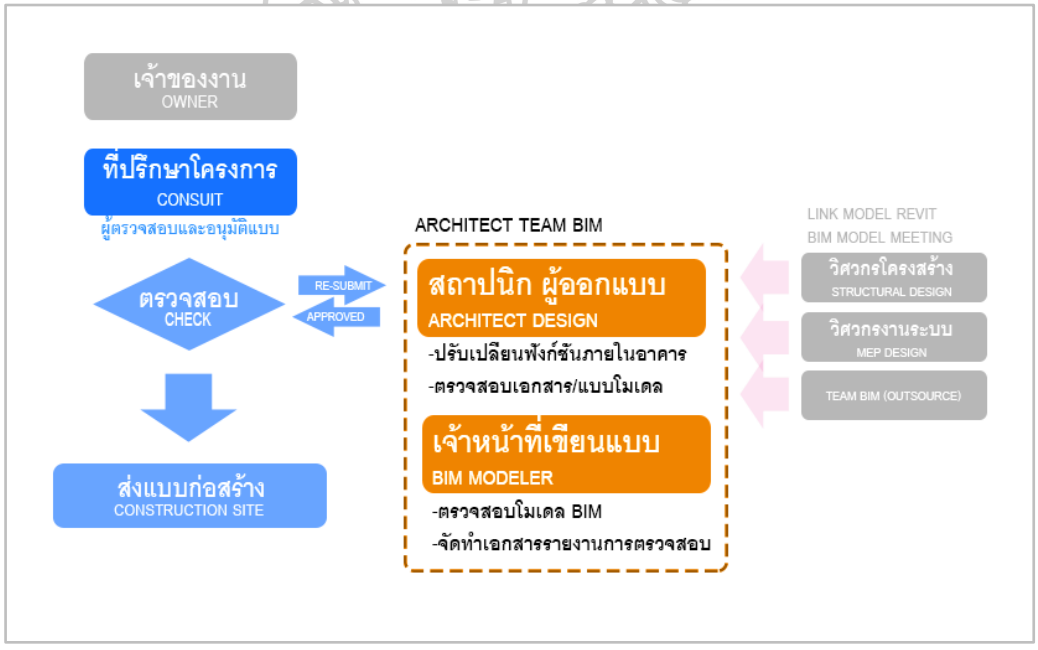


ภาพที่ 11 กระบวนการทำงาน BIM และการประสานงาน

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.2.1 การทำงานเขียนแบบก่อสร้างในปัจจุบัน (ช่วงพัฒนาแบบก่อสร้าง)

การทำงานในช่วงพัฒนาแบบ (Design Development) การทำแบบก่อสร้างของทีมงานสถาปัตยกรรม สถาปนิกจะรับแบบร่างในช่วงเสนองาน (Preliminary Design) มาทำงานต่อโดยในช่วงพัฒนาแบบรายละเอียด จะมีการทำงานร่วมกับวิศวกรงานระบบ ว่าด้วยเรื่องฟังก์ชันภายในอาคาร และพื้นที่ใช้สอยต่างๆ ตามมาตรฐานโครงการที่กำหนด ในการออกแบบลงรายละเอียด ข้อมูลจะถูกส่งมาจากทางผู้ออกแบบและที่ปรึกษาโครงการ (Consult) มาให้กับฝั่งผู้รับเหมา (Contractor) โดยสถาปนิกจะตรวจสอบข้อมูลข้างต้น แล้วส่งข้อมูลมาให้ BIM Modeler ซึ่งจะแบ่งหน้าที่ทั้งงานแก้ไขโมเดลและงานตรวจสอบโมเดลรายละเอียด เมื่อพบว่าแบบมีปัญหาจากการปรับเปลี่ยนพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร BIM Modeler จะจัดทำเอกสารเพื่อส่งเรื่องเข้าประชุมเพื่อหาข้อสรุปร่วมกับฝ่ายงานระบบ ซึ่งจะมีการตรวจสอบในทุกสัปดาห์ เมื่อแบบได้รับการยืนยันจากสถาปนิกและวิศวกรงานระบบจะส่งต่อให้ทีมงานแก้ไขแบบและเตรียมส่งมอบงานให้กับที่ปรึกษาโครงการ (Consult) เพื่อตรวจสอบและเตรียมส่งก่อสร้างต่อไป (ภาพที่ 12)

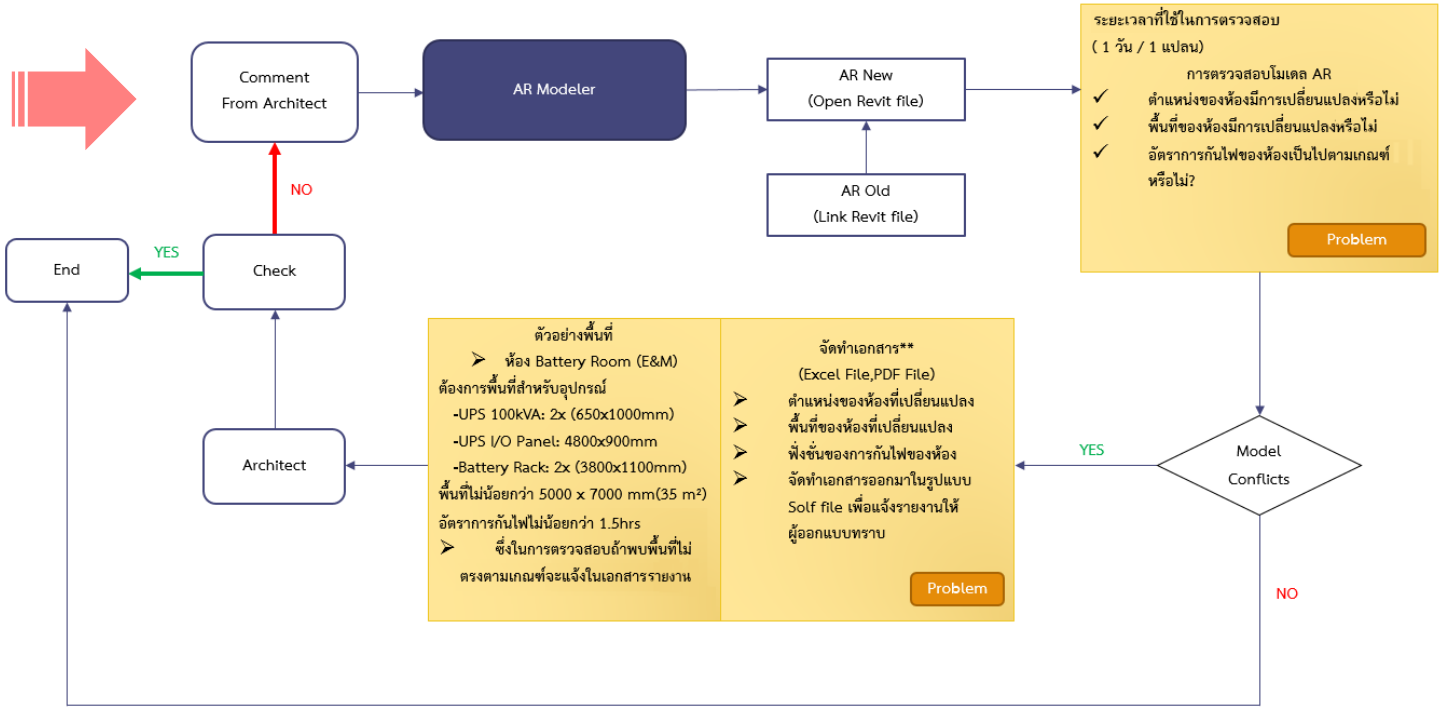


ภาพที่ 12 กระบวนการทำงาน Workflow – Design and Build Project

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

รายละเอียดการทำงานในทางปฏิบัติทุกครั้งที่มีการปรับแบบ ผู้ที่เป็น BIM Modeler จะต้องทำการตรวจสอบและแก้ไขโมเดล BIM โดยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรมจะนำแบบอาคารทั้งแบบเดิมและแบบใหม่ มาทับซ้อนกันเพื่อตรวจสอบหาความเปลี่ยนแปลงจากแบบเดิมและนำเสนอต่อทีมงานและแจ้งให้วิศวกรผู้ออกแบบงานระบบเพื่อตรวจสอบ

โดยปัญหาที่พบอาทิเช่น ตำแหน่งและพื้นที่ห้องมีการเปลี่ยนแปลง ห้องมีการตัดออกหรือโยกย้ายตำแหน่ง ผนังมีการปรับย้ายก็จะส่งผลต่อพื้นที่ของห้อง อัตราการทนไฟของห้องไม่ได้ระบุหรือกรอกข้อมูลผิด เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่องานระบบและงานอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นการตรวจสอบที่ยากเนื่องจากมีเส้นหรือวัตถุที่มาทับซ้อนกันมาก จึงใช้เวลาในการตรวจสอบนาน (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 กระบวนการทำงานปัจจุบัน (ส่วนขยายการออกแบบ)

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

สรุปการทำงานเขียนแบบก่อสร้างในปัจจุบันมีขั้นตอนการทำงานที่เสียเวลากับการตรวจสอบและทำเอกสาร โดยจะเสียเวลาในการทำงาน 1-2 วัน รายละเอียดแสดงใน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ระยะเวลาในขั้นตอนการออกแบบของโครงการ

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	รูปแบบไฟล์	ระยะเวลาทำงาน
	เจ้าของงาน/ที่ปรึกษาโครงการ		
1.	สถาปนิกรับข้อมูล -ตรวจสอบความคิดเห็นจากผู้ออกแบบ -แก้ไขงานและส่งข้อมูลให้ทีมงาน	CAD/PDF REVIT NWC	1-2 วัน
2.	ผู้เขียนแบบรับข้อมูลจากสถาปนิก -ทำการตรวจสอบแบบและทำเอกสารรายงาน	POWERPOINT/EXCEL CAD/PDF REVIT	1-2 วัน
3.	ประชุมงาน เพื่อสรุปแบบร่วมกับทางผู้ออกแบบสถาปนิกและวิศวกรงานระบบ	CAD/PDF REVIT NWC	1 วัน
4.	ส่งเอกสารแบบการแก้ไข เพื่อข้ออนุมัติ ตรวจสอบเอกสารและโมเดล	CAD/PDF REVIT NWC	2-3 วัน
	อนุมัติแบบก่อสร้าง		
	รวมระยะเวลาในการทำงาน		**7-8 วัน**

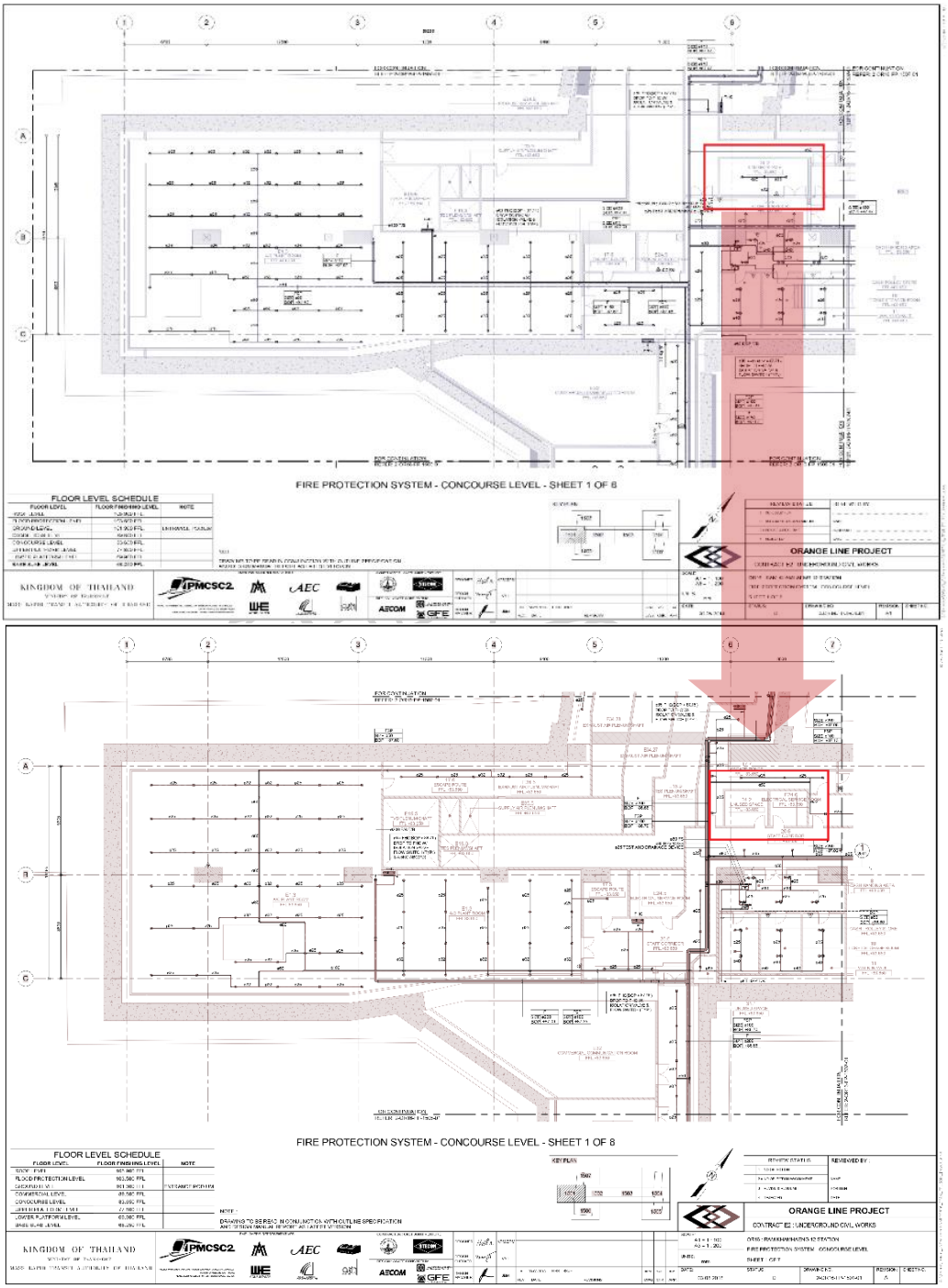
ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.3 การตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรม

2.3.1 วิธีการตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรม

วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรมต้องมีการพิมพ์แบบเป็นกระดาษเพื่อตรวจสอบประกอบกับแบบโมเดล BIM คู่ขนานกันไป โดยในขั้นตอนการตรวจสอบลำดับแรกคือหาตำแหน่งห้องที่เปลี่ยนแปลงโดยตรวจสอบเปรียบเทียบกันระหว่างไฟล์เดิมกับไฟล์ใหม่ โดยตรวจสอบด้วยสายตา และไล่ตรวจสอบไปตาม Gridline เริ่มจากซ้ายไปขวาของอาคาร

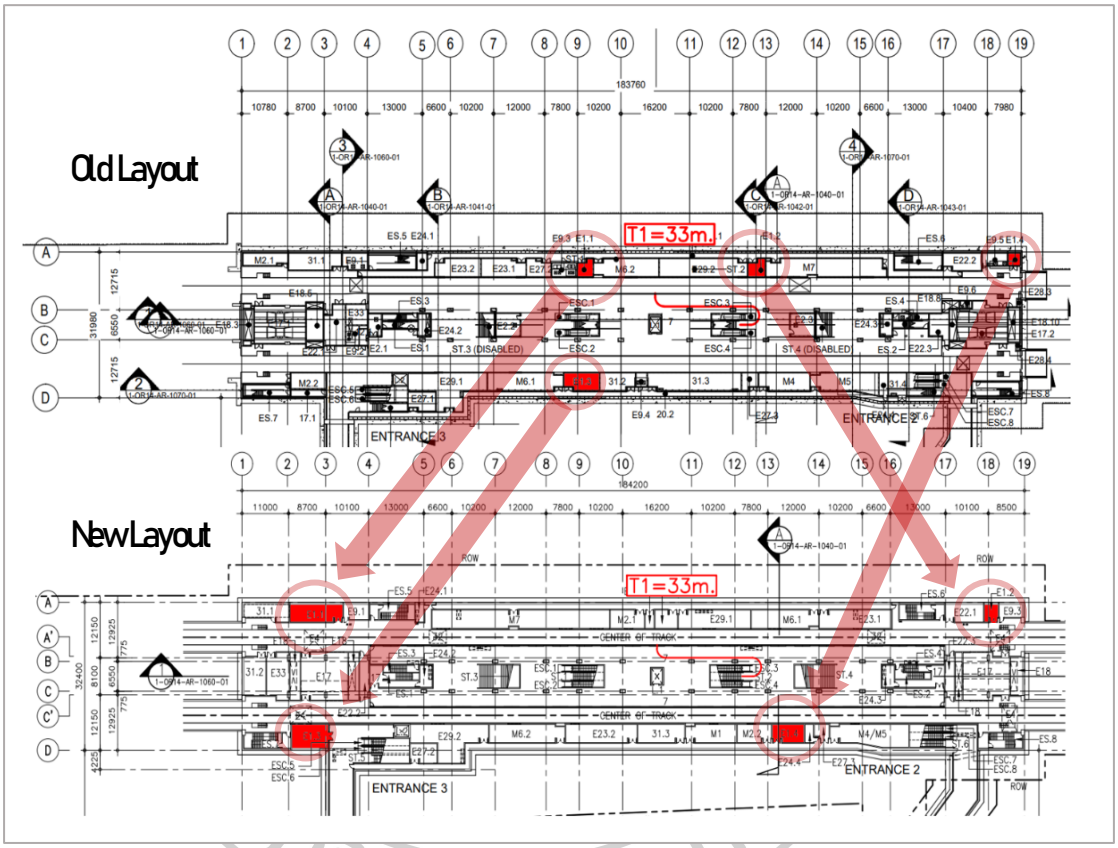
ตามระดับชั้นว่ามีตำแหน่งห้องเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อพบตำแหน่งพื้นที่จะบันทึกตำแหน่งเพื่อไปแสดงในเอกสารไฟล์ Word หรือ Excel File (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 แบบสถาปัตยกรรมมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ภายในอาคาร

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

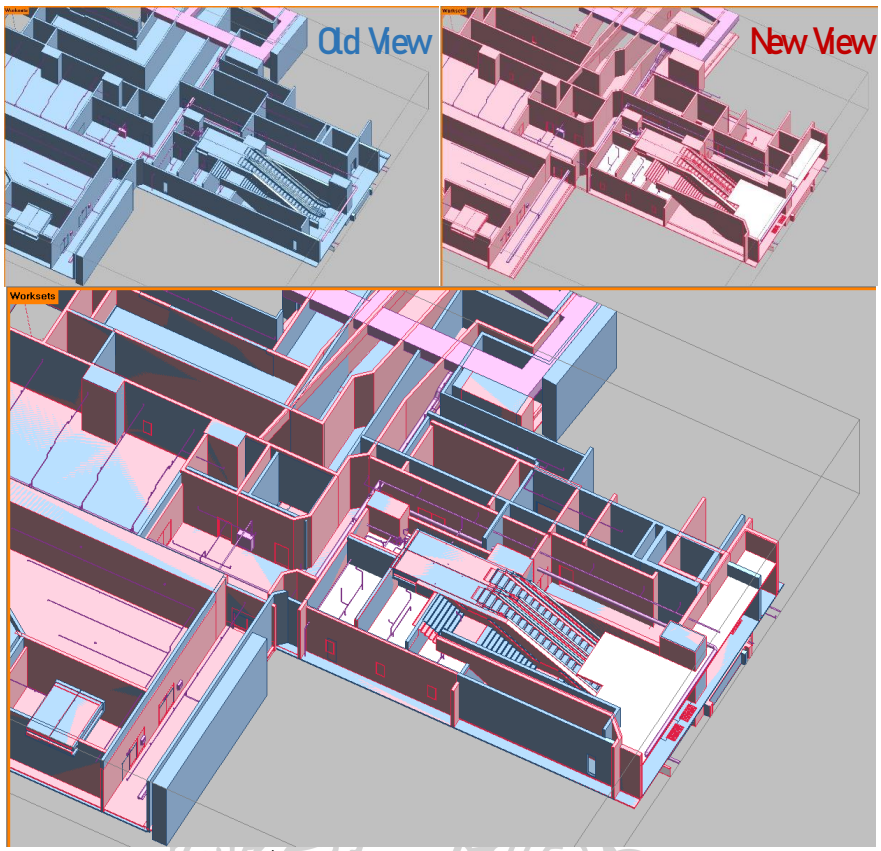
การตรวจสอบแบบ BIM ใช้ทักษะค่อนข้างมาก และการตรวจสอบอาจจะไม่ครบถ้วน และเสียเวลาไปกับการทำงานมาก โดยการตรวจสอบใช้ระยะเวลา 1-2 วัน ซึ่งในบางพื้นที่อาจจะมีการเปลี่ยนฟังก์ชัน การทำงานของงานระบบ เช่น ตำแหน่งห้องปั๊มน้ำ (Pump Sump Room) มีการปรับย้าย (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 แบบสถาปัตยกรรม แบบเดิม-ใหม่

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

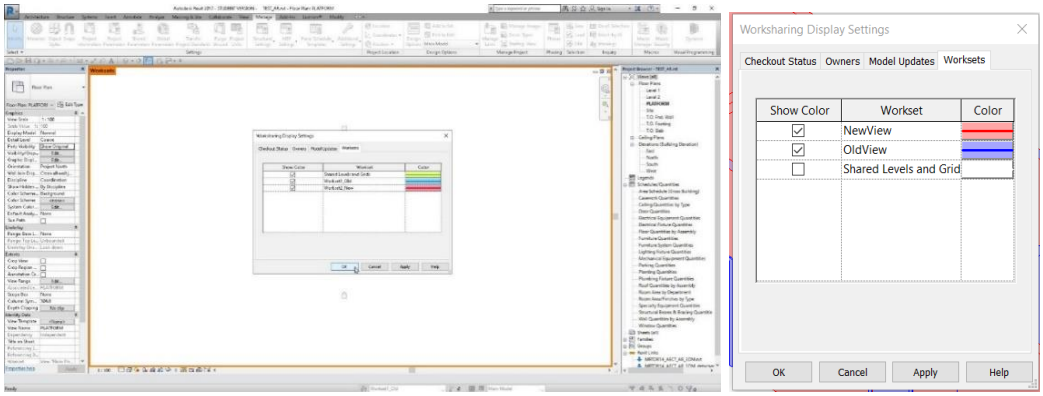
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ BIM Modeler จะทำการลิงก์โมเดลแบบสถาปัตยกรรมของไฟล์งานเดิมและไฟล์งานใหม่มาทับซ้อนกันเพื่อหาตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง และตั้งค่าสีของแบบเดิมและแบบใหม่ให้แตกต่างกัน (ภาพที่ 16) เช่น สีน้ำเงินคือไฟล์เดิมและสีแดงคือไฟล์ใหม่ (ปัจจุบัน) ซึ่งการตรวจสอบแบบ BIM จะใช้เวลามากในการตรวจสอบเพราะมีขนาดพื้นที่ใหญ่และแบบสถานีเป็นงานใต้ดินที่มีความซับซ้อนของพื้นที่ใช้สอยในอาคาร



ภาพที่ 16 การตรวจสอบโมเดลเดิมและใหม่

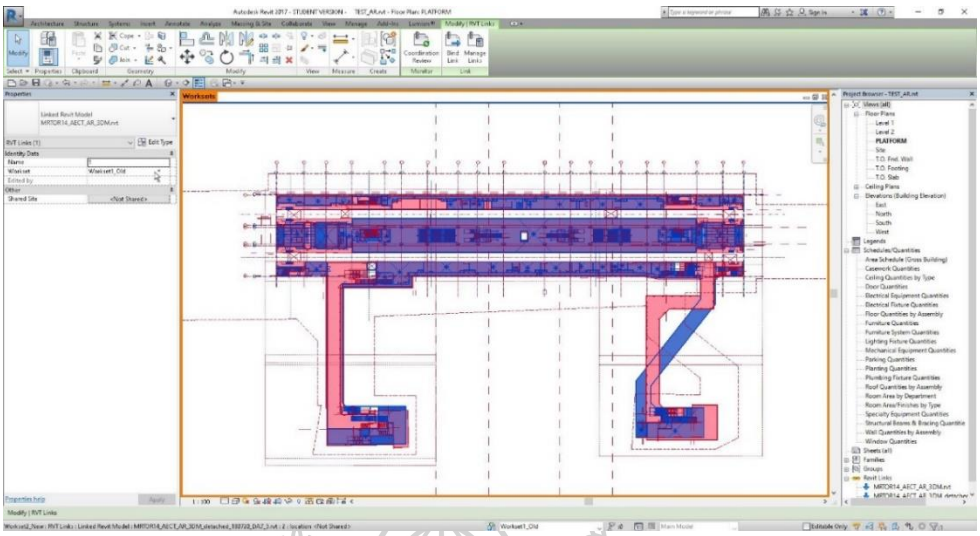
ที่มา: AGATE Consortium, 2560

ตัวอย่างการตั้งค่า Worksets ของโปรแกรม Revit เพื่อแยกเฉดสีของไฟล์เดิม (OldView) เป็นเฉดสีน้ำเงินและไฟล์ปัจจุบัน (NewView) เป็นเฉดสีแดง (ภาพที่ 17) จะทำให้เห็นภาพในมุมมอง 2 มิติ (ภาพที่ 18) และภาพ 3 มิติ (ภาพที่ 19) ในบริเวณที่มีการปรับเปลี่ยนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



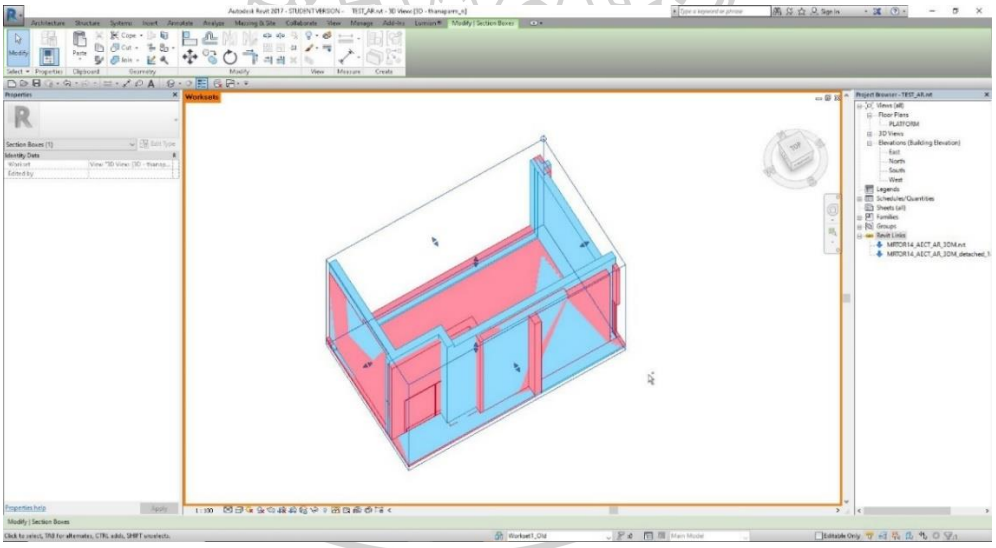
ภาพที่ 17 การกำหนดค่าสีโดยใช้ Worksets

ที่มา: AGATE Consortium, 2560



ภาพที่ 18 แบบโมเดลเดิม-ใหม่ โดยแบ่งสี หลังจากกำหนดค่าสีโดยใช้ Worksets

ที่มา: AGATE Consortium, 2560



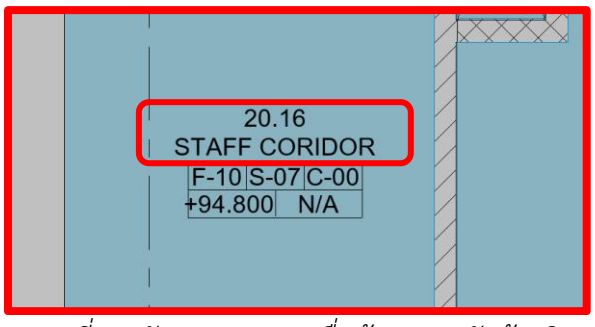
ภาพที่ 19 ภาพ 3D ของแบบห้องมีการเปลี่ยนแปลง

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.3.2 ปัญหาที่พบจากการตรวจสอบแบบ

จากการตรวจสอบแบบพบปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำแบบก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม มีดังนี้

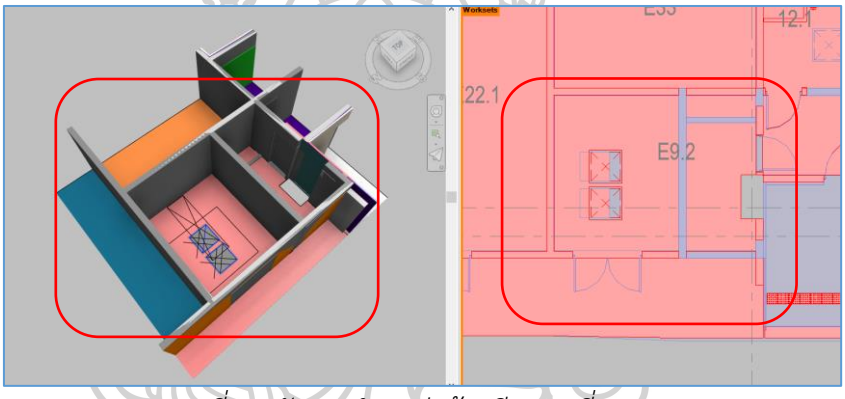
1. รหัสห้องและชื่อห้อง โดยมีการกรอกข้อมูลชื่อห้องที่ไม่ตรงกับรหัสห้องตามข้อมูลมาตรฐานที่ทางโครงการกำหนดไว้ (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 ปัญหาการกรอกชื่อห้องและรหัสห้องผิด

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

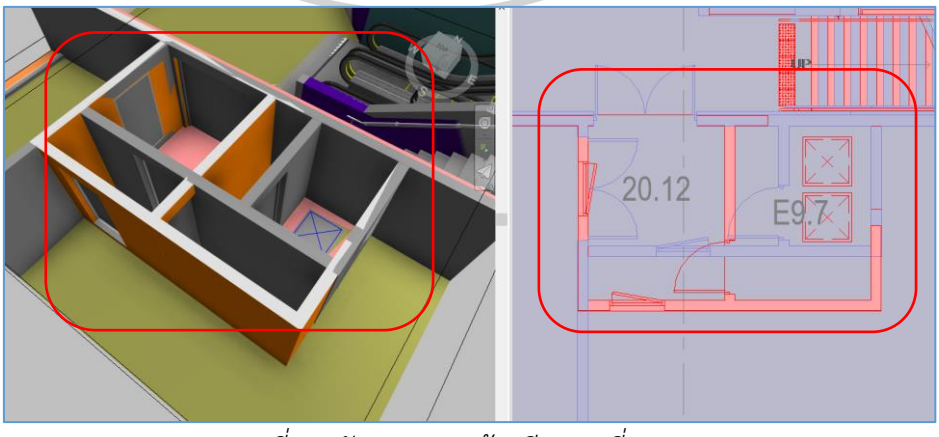
2. ตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง แบบก่อสร้างมีการปรับเปลี่ยน ตำแหน่งห้องมีการโยกย้าย เพิ่มหรือลบห้องออกจากพื้นที่ เพื่อให้ฟังก์ชันตอบโจทย์ของงาน (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ปัญหาตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

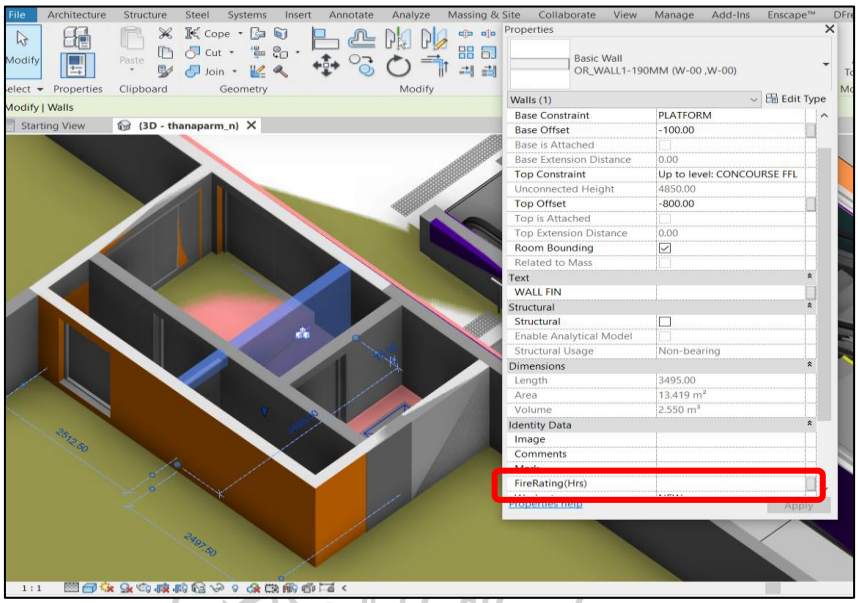
3. ขนาดของห้องมีการเปลี่ยนแปลง แบบก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของห้องเพื่อให้พื้นที่เพียงพอกับอุปกรณ์หรือบุคคลที่ใช้งาน (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 ปัญหาขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

4. อัตราการทนไฟของผนังห้อง ค่าอัตราการทนไฟของผนังกรอกไม่ครบถ้วนและไม่ตรงกับมาตรฐานของโครงการที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 ปัญหาการกรอกค่าอัตราการทนไฟ

ที่มา: AGATE Consortium, 2560

จากปัญหาที่เกิดขึ้นตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในการเขียนแบบก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถแบ่งชนิดของปัญหาเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้ (ตารางที่ 7)

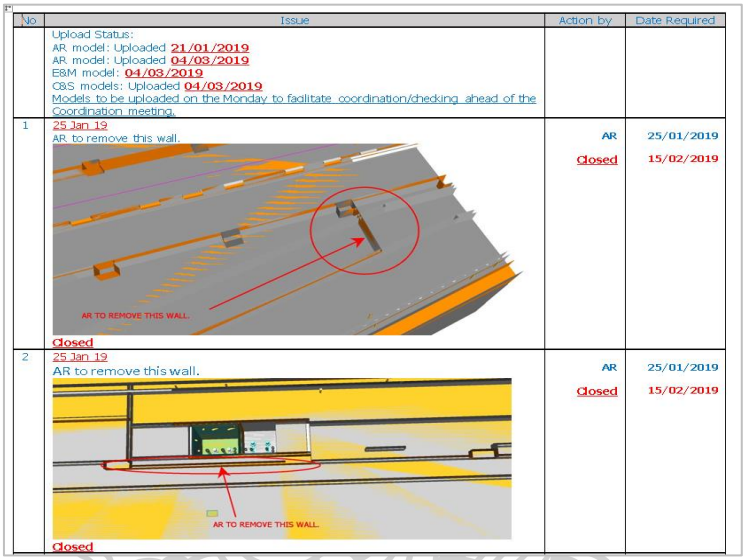
ตารางที่ 7 รายการปัญหาที่พบของแบบสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง

ลำดับที่ (Case No.)	ปัญหา	รายละเอียด
CASE 1.1	ชื่อห้องและรหัสห้อง	ไม่ได้กรอกชื่อห้อง
CASE 1.2		กรอกชื่อห้องผิด
CASE 2.1	ตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง	ย้ายในชั้นเดิม
CASE 2.2		ย้ายไปชั้นอื่น
CASE 2.3		ห้องถูกเพิ่มใหม่
CASE 2.4		ห้องถูกลบ
CASE 3.1	ขนาดของห้องมีการเปลี่ยนแปลง	ขนาดของห้องเปลี่ยน
CASE 3.2		ค่าระดับของห้องเปลี่ยน
CASE 4.1	พื้นที่กันไฟ	ไม่ได้กรอกค่าอัตราการทนไฟ
CASE 4.2		ค่าอัตราการทนไฟผิด

ที่มา : AGATE Consortium, 2560

2.3.3 การทำรายงานผลการตรวจสอบแบบ

หลังจากทำการตรวจสอบแบบเสร็จสิ้น BIM Modeler จะทำรายงานสรุปข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของแบบ ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่งที่พบปัญหา ภาพประกอบ รายละเอียดข้อมูลผู้รับผิดชอบ วันที่พบปัญหาและวันที่แก้ไขปัญหาแล้ว เอกสารรายงานจัดทำในไฟล์ WORD หรือ EXCEL (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 ตัวอย่างเอกสารที่แจ้งให้กับทีมงาน

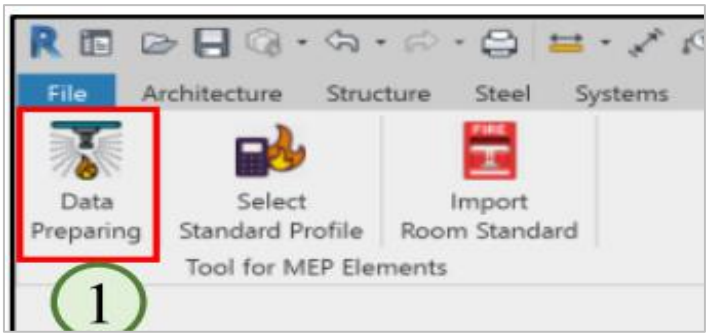
ที่มา: AGATE Consortium, 2560

2.4 การศึกษางานวิจัยและโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

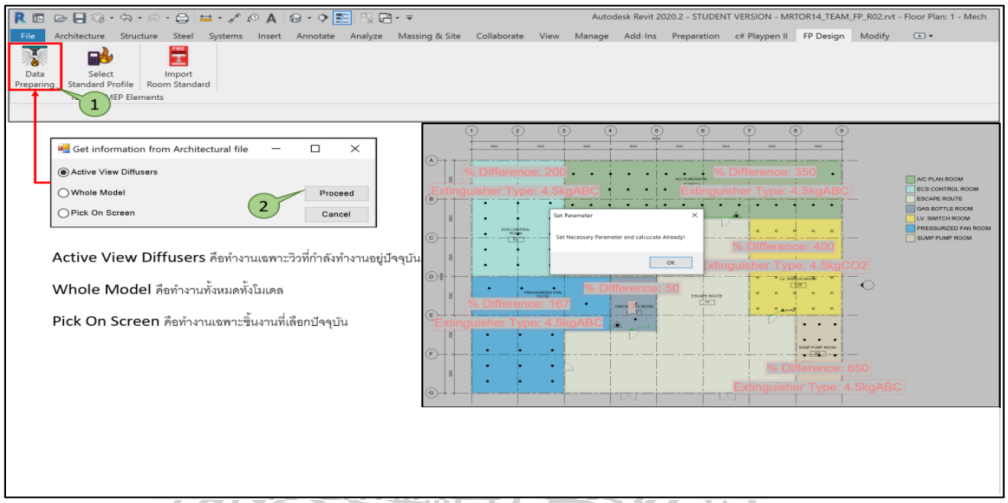
2.4.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย “การพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ระบบดับเพลิงตามมาตรฐานทางการออกแบบ” (ยุทธนา คงคารัตน์, 2563) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมเสริมในโปรแกรม Revit เพื่อใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์สำหรับงานระบบดับเพลิง (ถังดับเพลิง, หัวกระจายน้ำดับเพลิง) ให้ได้ตามมาตรฐานโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม โดยตรวจสอบจากแบบที่สร้างขึ้นในโปรแกรม Revit ซึ่งในขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะมีการลิงก์ไฟล์แบบงานสถาปัตยกรรมและไฟล์แบบงานระบบดับเพลิง เพื่อนำมาตรวจสอบโดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

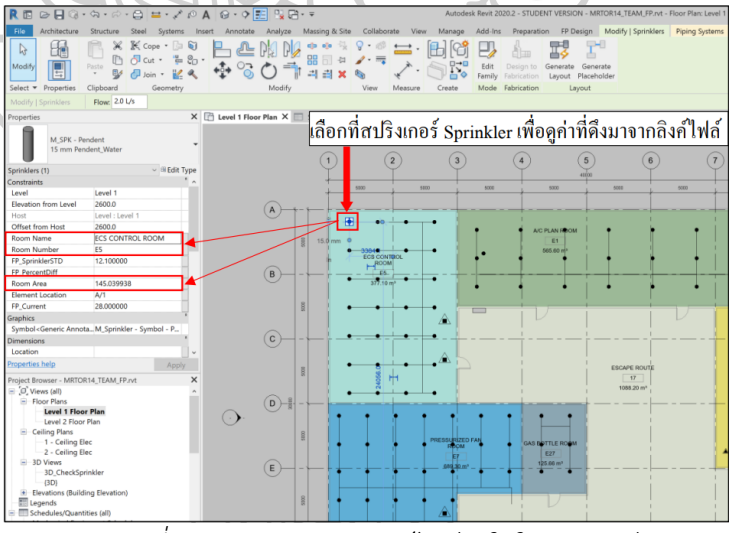
1. Data Preparing ใช้สำหรับดึงข้อมูลจากลิงก์ไฟล์ (Link File) มาใส่ในตัวแปรที่ได้เตรียมไว้แล้ว เช่น เลขที่ห้อง (Room Number), ค่าชื่อห้อง (Room Name) และพื้นที่ห้อง (Room Area) (ภาพที่ 25-27)



ภาพที่ 25 ปุ่มกด Data Preparing

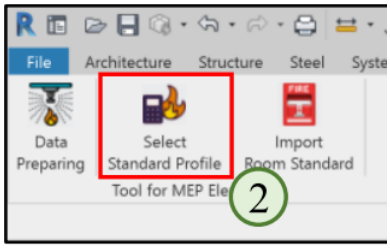


ภาพที่ 26 การใช้งานของ Data Preparing

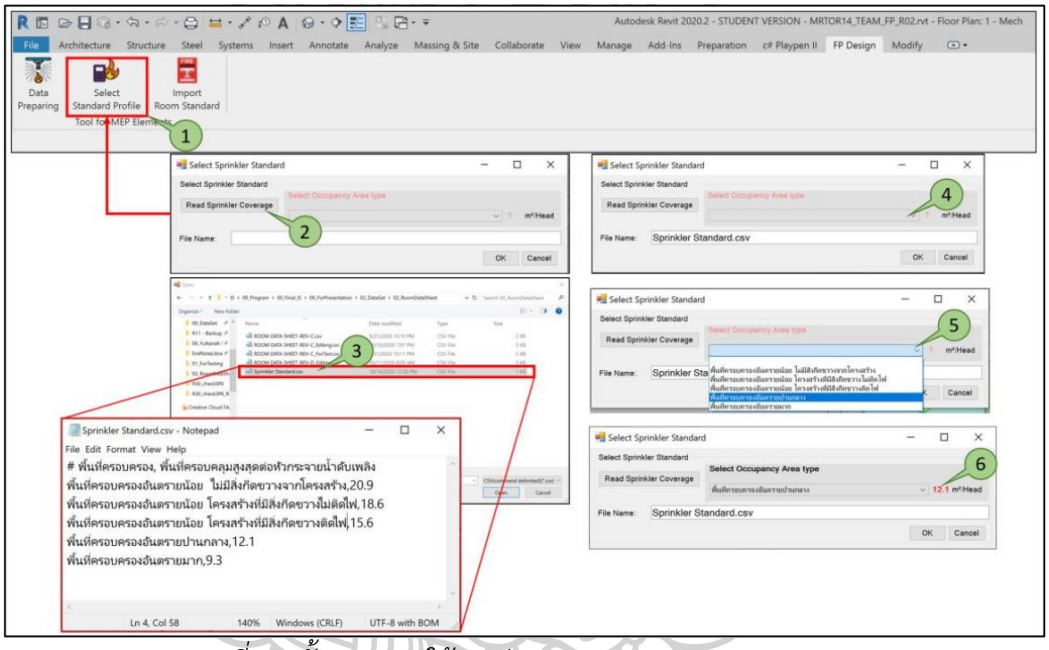


ภาพที่ 27 การนำค่าจากลิงค์ไฟล์มาใส่ในอิลิเมนต์

2. Select Standard Profile คำสั่งนี้ใช้สำหรับนำเข้าข้อมูลค่ามาตรฐานในการออกแบบระบบดับเพลิง ที่จัดเก็บในไฟล์ .CSV (ภาพที่ 28-29)

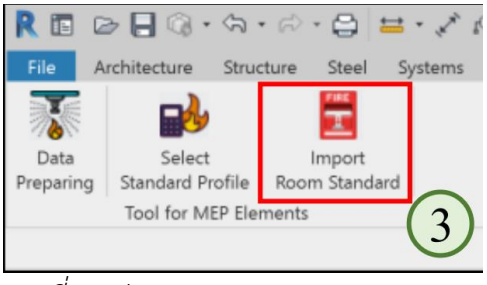


ภาพที่ 28 ปุ่มกด Select Standard Profile

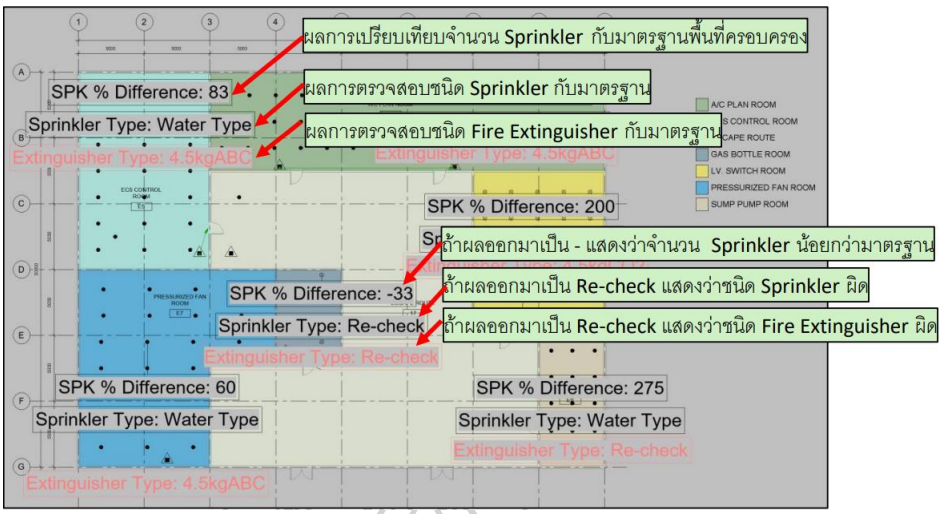


ภาพที่ 29 ขั้นตอนการใช้งานปุ่มกด Select Standard Profile

3. Import Room Standard โปรแกรมนี้ใช้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการดึงข้อมูลจากลิงค์ไฟล์ คือ ชื่อห้อง (Room Name), เลขห้อง (Room Number), และพื้นที่ห้อง (Room Area) หลังจากนั้นใช้เครื่องมือที่ชื่อ Add Shared Parameter มาเพิ่มตัวแปรที่ต้องการกับนำค่าต่างๆ มาทำการคำนวณ โดยหากห้องใดมีจำนวนสปริงเกอร์น้อยกว่ามาตรฐานที่ต้องการจะแสดงเป็นสีแดงเพื่อให้ทางผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบใหม่อีกครั้ง (ภาพที่ 30-31)



ภาพที่ 30 ปุ่มกด Import Room Standard

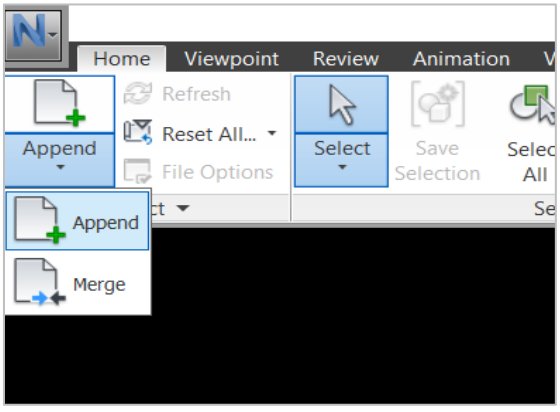


ภาพที่ 31 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบตามมาตรฐาน

จากการศึกษางานวิจัยของ (ยุทธนา คงคารัตน์, 2563) สิ่งที่น่าจะนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริมคือ การ LINK ไฟล์, การแสดงสีของห้องที่พบปัญหา, การแสดงผลการคำนวณใน Schedule ของโปรแกรม Revit และการเก็บข้อมูลมาตรฐานโครงการในรูปแบบไฟล์ .CSV เช่น ขนาดมาตรฐานพื้นที่ใช้สอยเพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม

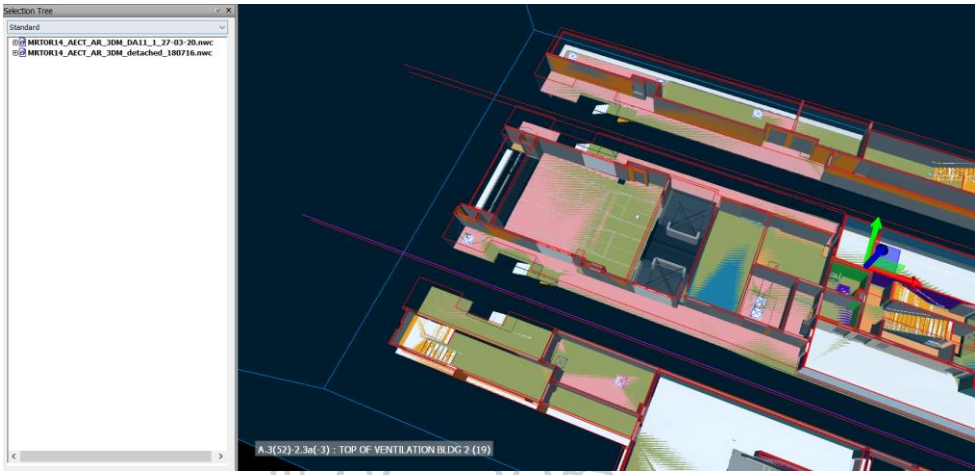
2.4.2 การศึกษาโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรม Navisworks Manage เป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความขัดแย้งของแบบ (Clash Detection) ที่ทำใน Revit ได้ โดยต้องมีการบันทึกไฟล์ (File) จากโปรแกรม Revit ให้เป็นไฟล์นามสกุล .NWC เพื่อทำให้ไฟล์มีขนาดที่เล็กลง โปรแกรม Navisworks Manage สามารถนำเข้าไฟล์งานได้หลายไฟล์พร้อมกันเพื่อใช้ในการตรวจสอบ โดยใช้คำสั่ง Append (ภาพที่ 32)

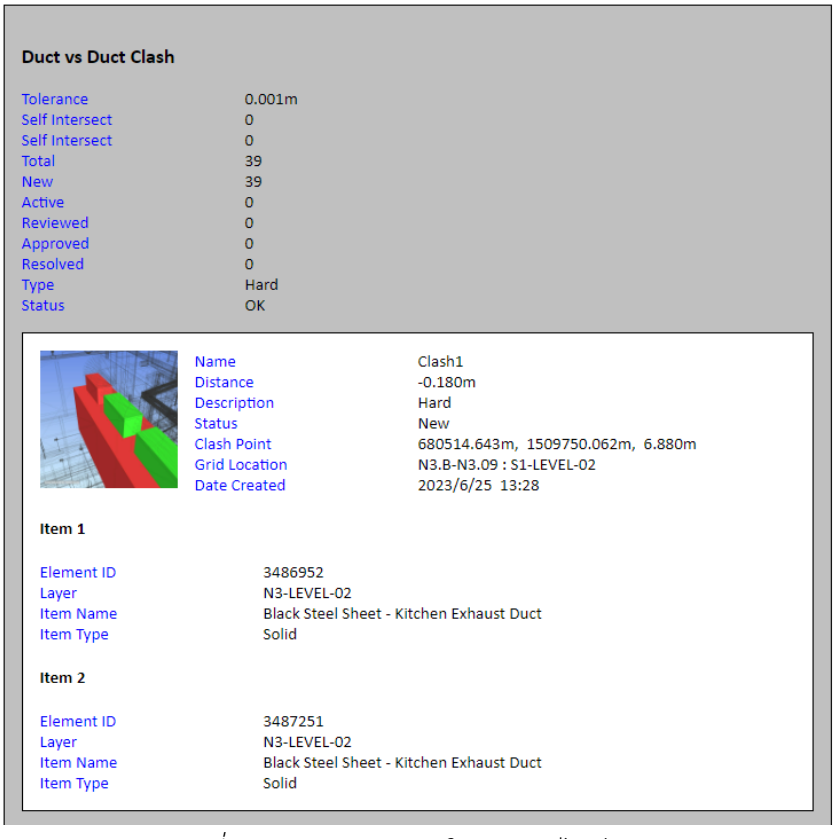


ภาพที่ 32 การใช้คำสั่ง Append ในการนำไฟล์งานเข้ามาในโปรแกรม

ผู้ใช้งานสามารถดูภาพตัดภายในอาคาร และบันทึกภาพที่ต้องการได้ (ภาพที่ 33) และสามารถสร้างเอกสารรายงานผลในรูปแบบไฟล์ต่างๆ เช่น TEXT, HTML, XML (ภาพที่ 34)



ภาพที่ 33 ภาพไฟล์การนำโมเดลงานสถาปัตยกรรมเข้ามาเพื่อตรวจสอบ



Duct vs Duct Clash

Tolerance	0.001m
Self Intersect	0
Self Intersect	0
Total	39
New	39
Active	0
Reviewed	0
Approved	0
Resolved	0
Type	Hard
Status	OK

Name	Clash1
Distance	-0.180m
Description	Hard
Status	New
Clash Point	680514.643m, 1509750.062m, 6.880m
Grid Location	N3.B-N3.09 : S1-LEVEL-02
Date Created	2023/6/25 13:28

Item 1

Element ID	3486952
Layer	N3-LEVEL-02
Item Name	Black Steel Sheet - Kitchen Exhaust Duct
Item Type	Solid

Item 2

Element ID	3487251
Layer	N3-LEVEL-02
Item Name	Black Steel Sheet - Kitchen Exhaust Duct
Item Type	Solid

ภาพที่ 34 เอกสารรายงานในรูปแบบไฟล์ HTML

จากการศึกษาโปรแกรม Navisworks Manage สิ่งที่น่าจะนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม คือ การสร้างเอกสารรายงานสรุปผลการตรวจสอบแบบในรูปแบบไฟล์ HTML

2.5 การทำแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

การทำแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เพื่อให้ทราบถึงปัญหาของการทำงานในปัจจุบัน และความต้องการของผู้ใช้งานที่มีความคาดหวังต่อโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม และข้อเสนอแนะ การเลือกกลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์มี 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ เป็นกลุ่มผู้ออกแบบของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม ที่ใช้โปรแกรมทำงานด้านแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

2. ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก เป็นกลุ่มผู้ออกแบบหรือผู้เชี่ยวชาญของโครงการภายนอกอื่นๆ ที่ใช้โปรแกรมทำงานด้านแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

3. Modeler/Draftsman เป็นกลุ่มผู้ใช้งานโปรแกรมทำงานด้านแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม

คำถามในแบบสอบถามประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ให้การสัมภาษณ์ ข้อมูลการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) การสัมภาษณ์ได้ดำเนินการแบบตัวต่อตัว เพื่อให้เกิดการโต้ตอบที่ดีและเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ประเด็นที่สำคัญได้ดีที่สุด โดยคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นคำถามปลายเปิด ผลการตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์สรุปได้ ดังนี้

2.5.1 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ

สรุปข้อมูลที่ได้จากทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ (ตารางที่ 8)

มีความต้องการเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบงานสถาปัตยกรรม กรณีที่ผู้ออกแบบเปลี่ยนแปลงแบบหลายครั้ง ทำให้ตำแหน่งห้องมีการโยกย้าย ปรับเปลี่ยน โดยปัจจุบันต้องให้ Modeler ที่ทำงานตรวจสอบและแจ้งผล ซึ่งใช้เวลากับตรงนี้นาน ถ้าได้เครื่องมือช่วยสร้างเอกสาร ที่ระบุข้อมูลตำแหน่งห้องที่เปลี่ยน ผลกระทบของพื้นที่ แบบมีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด ถ้ามีเครื่องมือเสริมเข้ามาช่วยเหลือในจุดนี้จะช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลาในการทำงานลง

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	วิศวกรเครื่องกล	บริษัท ไทยคาจิมา จำกัด
2	วิศวกรเครื่องกล	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
3	สถาปนิก	บริษัท A103 จำกัด
4	สถาปนิก	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
5	สถาปนิกอาวุโส	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

2.5.2 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก

สรุปข้อมูลที่ได้จากทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก (ตารางที่ 9)

มีความต้องการเครื่องมือที่เข้ามาช่วยตรวจสอบพื้นที่กันไฟ โดยฟังก์ชันในการออกแบบงานส่วนใหญ่จะต้องอ้างอิงมาตรฐานต่างๆ ที่ผู้ออกแบบมีความเข้าใจ เรื่องที่สำคัญคือพื้นที่กันไฟที่จะช่วยให้การออกแบบสมบูรณ์ โดยแต่ละโครงการจะอ้างอิงเอกสารสากลหรือภายในประเทศ ถ้าในการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมเรื่องการหาพื้นที่กันไฟ จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ออกแบบ

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	ผู้จัดการงานแบบ 3 มิติ	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)
2	สถาปนิก	บริษัท อินเตอร์ลิ้งค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)
3	สถาปนิก	บริษัท อินเตอร์ลิ้งค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)
4	วิศวกรโยธา	สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
5	สถาปนิก	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

2.5.3 Modeler/Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม

สรุปข้อมูลที่ได้จาก Modeler/Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม (ตารางที่ 10)

มีความต้องการอย่างมากในการทำงานโครงการที่ใหญ่ โดยปกติในการตรวจสอบจะทำให้เสียเวลากับการค้นหาตำแหน่งของโมเดลที่เปลี่ยนแปลง และเมื่อค้นหาเก็บข้อมูลแต่ละพื้นที่ต้องมาเรียบเรียงทำเอกสารเพื่อส่งข้อมูลต่อให้กับหัวหน้าและทีมงานอื่นๆทราบ ทำให้กระบวนการทำงานติดขัด ถ้าได้เครื่องมือเสริมที่เข้ามาแก้ปัญหาจุดนี้จะเป็นประโยชน์มาก โดยเฉพาะเครื่องมือค้นหาตำแหน่งห้องที่เปลี่ยนแปลงและสร้างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ

ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดทีมงาน Modeler/Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	ผู้จัดการงานแบบ 3 มิติ	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
2	ผู้ประสานงานแบบ 3 มิติ (MEP)	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
3	ผู้ประสานงานแบบ 3 มิติ (MEP)	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
4	ผู้สร้างแบบ 3 มิติ (AR/ST)	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)
5	ผู้สร้างแบบ 3 มิติ (AR/ST)	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด

2.6 สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

การทำแบบในช่วงพัฒนาแบบ (Design Development) ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม พบว่าการออกแบบงานสถาปัตยกรรมมีการปรับเปลี่ยนทุกสัปดาห์ ซึ่งจะมีผลต่องานออกแบบที่เกี่ยวข้อง จึงต้องมีการตรวจสอบในเรื่องของ ตำแหน่ง และขนาดของห้องต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยให้ทาง BIM Modeler ทำหน้าที่ตรวจสอบแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อรายงานผลให้ทางฝ่ายวิศวกรผู้ออกแบบงานระบบ โดยระยะเวลาในการตรวจสอบแบบใช้เวลาอย่างน้อย 2 วันต่อสถานี

ทางผู้วิจัยจึงเห็นสมควรที่จะสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม เพื่อช่วยให้กระบวนการทำงานรวดเร็วขึ้น และฝ่ายวิศวกรงานระบบจะได้รับข้อมูลที่ช่วยให้สามารถทำงานได้สะดวกขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยบทนี้ได้นำข้อมูลการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทำการกำหนดขอบเขตการทำงานของโปรแกรมเสริม การเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมเสริม รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบโปรแกรมเสริม และรายละเอียดการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน

3.1 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรมเสริม

จากการศึกษาพบว่าในการทำแบบงานระบบของโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม โดยใช้โปรแกรม Revit เมื่อสถาปนิกมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ต่างๆ ทาง BIM Modeler จะทำหน้าที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบในโปรแกรม Revit ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมาก และอาจจะเกิดข้อผิดพลาดหากขาดความรอบคอบในการตรวจสอบ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวทางการพัฒนาโปรแกรมเสริมบนโปรแกรม Revit เพื่อใช้ในการทำงาน ดังนี้

1. ผู้ใช้งานสามารถทราบรายละเอียดของงานสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ชื่อห้อง ตำแหน่งของห้อง และขนาดของห้อง โดยการแสดงด้วยสีบริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแบบและในส่วนของเอกสารรายงานผล
2. ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าระยะขั้นต่ำ ที่ใช้ในการตรวจสอบการย้ายตำแหน่งของห้อง
3. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบขนาดของพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่ห้องตามมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบของโครงการฯ
4. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบอัตราการทนไฟของผนังห้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของโครงการฯ
5. ผู้ใช้งานสามารถสร้างไฟล์เอกสารรายงานที่แสดงรายละเอียดของแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

การพัฒนาโปรแกรมเสริม เพื่อใช้งานร่วมกับโปรแกรม Autodesk Revit จะต้องใช้ซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 35)

1. คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 64-bit ขึ้นไป
2. ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2020 เนื่องจากการพัฒนาต้องการใช้เป็นรุ่นล่าสุดและลิขสิทธิ์สำหรับนักศึกษา

3. ซอฟต์แวร์ Visual Studio 2019 เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีชาร์ป และช่วยตรวจสอบ ข้อผิดพลาดของการเขียนโปรแกรม

4. ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel 2016 เพื่อใช้เก็บข้อมูลของโครงการที่จะต้องนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

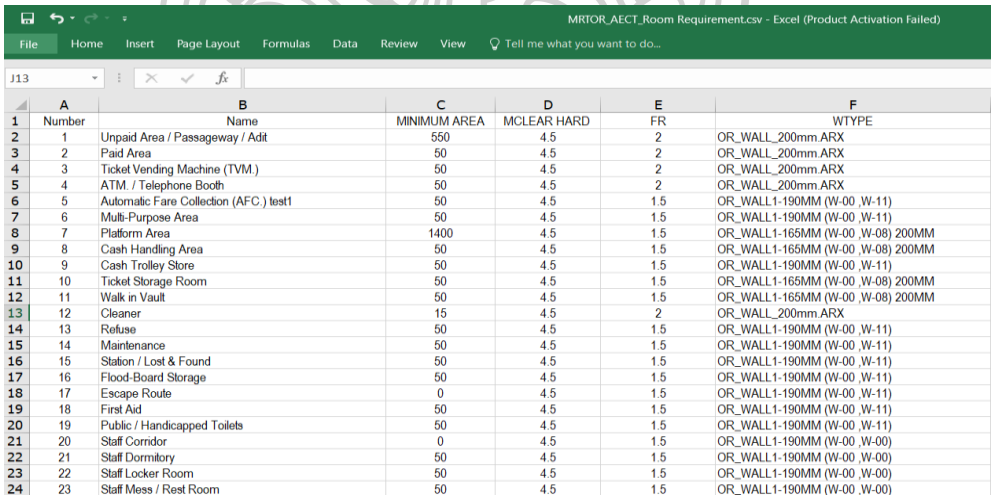
5. ซอฟต์แวร์เว็บไซต์ (Website) เพื่อใช้ในการแสดงข้อมูล

ภาพที่ 35 แสดงซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

3.3 การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมเสริม

การเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมเสริม มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การเตรียม CSV File จากไฟล์งาน Excel File สำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบตามข้อกำหนดของโครงการ โดยข้อมูลของโครงการใน Excel File ได้แก่ (A) รหัสของห้อง (Number) (B) ชื่อของห้อง (Name) (C) พื้นที่ของห้องขั้นต่ำ (Minimum Area) (D) อัตราการทนไฟ (FR) และ (E) ชนิดของผนัง (WTYPE) (ภาพที่ 36)



MRTOR_AECT_Room Requirement.csv - Excel (Product Activation Failed)

File | Home | Insert | Page Layout | Formulas | Data | Review | View | Tell me what you want to do...

J13

	A	B	C	D	E	F
1	Number	Name	MINIMUM AREA	MCLEAR HARD	FR	WTYPE
2	1	Unpaid Area / Passageway / Adit	550	4.5	2	OR_WALL_200mm ARX
3	2	Paid Area	50	4.5	2	OR_WALL_200mm ARX
4	3	Ticket Vending Machine (TVM.)	50	4.5	2	OR_WALL_200mm ARX
5	4	ATM. / Telephone Booth	50	4.5	2	OR_WALL_200mm ARX
6	5	Automatic Fare Collection (AFC.) test1	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
7	6	Multi-Purpose Area	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
8	7	Platform Area	1400	4.5	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM
9	8	Cash Handling Area	50	4.5	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM
10	9	Cash Trolley Store	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
11	10	Ticket Storage Room	50	4.5	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM
12	11	Walk in Vault	50	4.5	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM
13	12	Cleaner	15	4.5	2	OR_WALL_200mm ARX
14	13	Refuse	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
15	14	Maintenance	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
16	15	Station / Lost & Found	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
17	16	Flood-Board Storage	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
18	17	Escape Route	0	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
19	18	First Aid	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
20	19	Public / Handicapped Toilets	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
21	20	Staff Corridor	0	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
22	21	Staff Dormitory	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
23	22	Staff Locker Room	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
24	23	Staff Mess / Rest Room	50	4.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)

ภาพที่ 36 CSV File ข้อมูลอ้างอิงสำหรับโปรแกรมเสริม

3.3.2 การเตรียมข้อมูลในโปรแกรม Revit

การกำหนดตาราง Schedule ในโปรแกรม Revit เพื่อให้เก็บข้อมูลที่จะนำมาใช้แสดงในเอกสาร Report มีการกำหนดตัวแปรเพื่อเรียกข้อมูลมาใช้งานในโปรแกรมเสริม โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ข้อมูลตัวแปรในตาราง Schedule ของโปรแกรม Revit

ลำดับ	ตัวแปร	รายละเอียดของตัวแปร
1	Number	รหัสห้อง
2	Name	ชื่อห้อง
3	Level	ระดับชั้น
4	GridLine	กริดไลน์เสา
5	RoomType	ชนิดของห้อง
6	AreaOld	พื้นที่เดิม
7	AreaNew	พื้นที่ใหม่
8	MinimumArea	ค่าขนาดพื้นที่ขั้นต่ำ ข้อมูล CSV File (ภาพที่ 36)
9	FireRating (Hrs)	อัตราการทนไฟ
10	WallType	ชนิดของผนัง
11	AnalysisArea(m^2)	ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่
12	AnalysisPercentage	ค่าร้อยละของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 13)
13	Status	สถานะตามเงื่อนไขที่ใช้ในการตรวจสอบตาม (ตารางที่ 12)

การสร้างตาราง Schedule ในโปรแกรม Revit โดยนำข้อมูลของทีมงานและผู้ออกแบบนำมาสร้างตารางข้อมูลพื้นฐานของเอกสาร Report (ภาพที่ 37)

<Room Schedule>

Number	Name	Level	RoomType	GridLine	Area	AreaOld	MinimumAREA	FireRating(Hrs)	Wall Finish	AnalysisArea	AnalysisPercentage	Status
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	PUBLIC	3-D	542 m²	0 m²	550 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	-542 m²	-1.05%	4
1.2	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	-	17-D	763 m²	0 m²	550 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	-763 m²	38.91%	4
7	Platform Area	Level 1	STAFF	10-B	1448 m²	1444 m²	1400 m²	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 2	-4 m²	3.43%	2
12.1	Cleaner	Level 1	STORE	4-B	14 m²	14 m²	15 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-4.74%	-
16.1	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	36 m²	0 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	-36 m²	-27.26%	4
16.2	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	35 m²	0 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	-35 m²	-30.85%	4
31.1	Unused Space	Level 1	-	9-B	22 m²	22 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-26.19%	-
31.2	Unused Space	Level 1	-	12-B	22 m²	22 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-27.1%	-
31.3	Unused Space	Level 1	-	A-4	33 m²	41 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	8 m²	10.43%	3
31.4	Unused Space	Level 1	-	A-16	27 m²	27 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-11%	-
31.6	Unused Space	Level 1	-	5-D	58 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-58 m²	91.74%	4
31.7	Unused Space	Level 1	-	16-D	13 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-13 m²	-56.16%	4
31.8	Unused Space	Level 1	-	3.3-B.2	161 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-161 m²	437.45%	4
31.17	Unused Space	Level 1	-	7-B	44 m²	44 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	47.83%	-
31.18	Unused Space	Level 1	-	14-B	41 m²	41 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	36.41%	-
33.2	Unused Space	Level 1	-	5-C	7 m²	7 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	0 m²	-85.31%	-
33.3	Unused Space	Level 1	-	10-D	31 m²	0 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	-31 m²	-37.46%	4
33.6	Unused Space	Level 1	-	16-C	6 m²	6 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	0 m²	-87.22%	-
33.7	Unused Space	Level 1	-	17-C	7 m²	7 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	0 m²	-86.02%	-
E1.1	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-9	12 m²	12 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-40.07%	2
E1.2	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-13	14 m²	14 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-28.9%	2
E1.3	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	9-D	31 m²	0 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	-31 m²	55.49%	4
E1.4	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-19	8 m²	0 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	-8 m²	-59.75%	4
E9.1	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-4	20 m²	20 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-0.2%	-
E9.2	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	4-C	23 m²	23 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	16.33%	-
E9.3	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-9	19 m²	19 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-6.77%	2
E9.4	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	10-D	8 m²	0 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	-8 m²	-59.37%	4
E9.5	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-18	15 m²	24 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	9 m²	-25.37%	3
E9.6	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	17-A'	4 m²	4 m²	20 m²	2	OR_WALL1_200mm.ARX	0 m²	-81.99%	-

ภาพที่ 37 ตาราง Schedule ในโปรแกรม Revit

3.4 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรมมี 5 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจะมีลำดับ (Case No.) และเฉดสีตามที่แสดงใน (ตารางที่ 12)

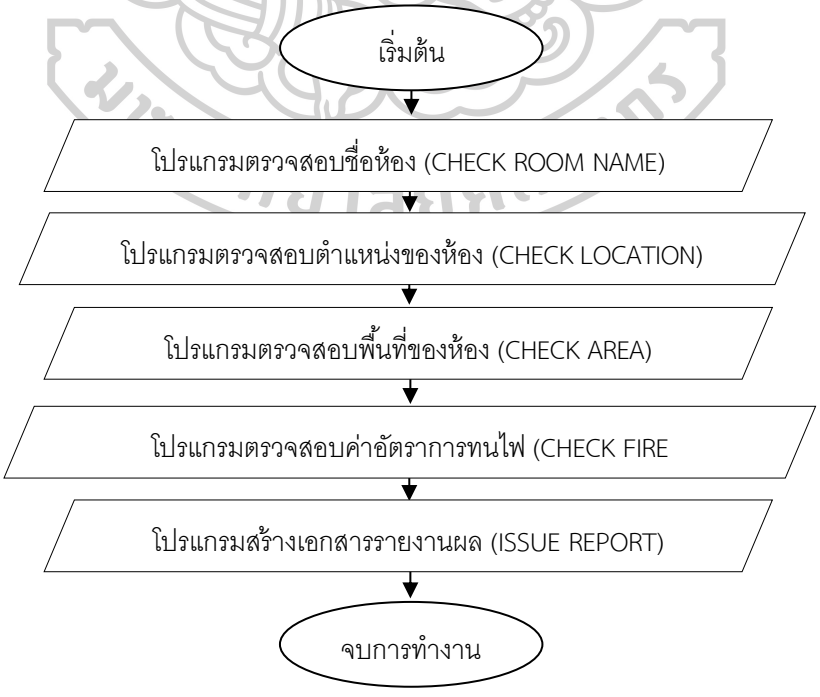
ตารางที่ 12 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม

ลำดับที่ (Case No.)	รายละเอียด
1	ตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง
2	ขนาดของห้องมีการเปลี่ยนแปลง
3	ตำแหน่งและขนาดของห้องมีการเปลี่ยนแปลง
4	ห้องเพิ่มใหม่
5	ห้องถูกลบออก

3.5 การออกแบบโปรแกรมเสริม

การออกแบบโปรแกรมเสริม มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (ภาพที่ 38)

1. เริ่มต้นโปรแกรม
2. โปรแกรมตรวจสอบชื่อห้อง (CHECK ROOM NAME)
3. โปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของห้อง (CHECK LOCATION)
4. โปรแกรมตรวจสอบพื้นที่ของห้อง (CHECK AREA)
5. โปรแกรมตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ (CHECK FIRE RATING)
6. โปรแกรมสร้างเอกสารรายงานผล (ISSUE REPORT)
7. จบการทำงาน



ภาพที่ 38 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเสริม

3.6 รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน

3.6.1 โปรแกรมตรวจสอบชื่อห้อง (Check Room Name)

ในการเขียนแบบก่อสร้างการกรอกข้อมูลรหัสห้องมีความสำคัญเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งพื้นที่ เนื่องจากในแบบจะมีข้อมูลของห้องจำนวนมากจึงอาจเกิดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูลชื่อห้อง ที่ไม่ตรงกับรหัสห้อง (ภาพที่ 39)

<Room Schedule>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Number	Name	Level	RoomType	GridLine	Area	AreaOld	MinimumAREA	FireRating(Hrs)	Wall Finish	AnalysisArea	AnalysisPercentage	Status
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	PUBLIC	3-D	542 m²	0 m²	550 m²	2	OR_WALL1_200mm ARX	-542 m²	-1.05%	4
1.2	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	-	17-D	763 m²	0 m²	550 m²	2	OR_WALL1_200mm ARX	-763 m²	38.91%	4
7	Platform Area	Level 1	STAFF	10-B	1448 m²	1444 m²	1400 m²	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 2	-4 m²	3.43%	2
12.1	Cleaner	Level 1	STORE	4-B	14 m²	14 m²	15 m²	2	OR_WALL1_200mm ARX	0 m²	-4.74%	-
16.1	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	36 m²	0 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	-36 m²	-27.26%	4
16.2	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	35 m²	0 m²	50 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	-35 m²	-30.85%	4
31.1	Unused Space	Level 1	-	9-B	22 m²	22 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-26.19%	-
31.2	Unused Space	Level 1	-	12-B	22 m²	22 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-27.1%	-
31.3	Unused Space	Level 1	-	A-4	33 m²	41 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	8 m²	10.43%	-
31.4	Unused Space	Level 1	-	A-16	27 m²	27 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	-11%	-
31.6	Unused Space	Level 1	-	5-D	58 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-58 m²	91.74%	4
31.7	Unused Space	Level 1	-	16-D	13 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-13 m²	-56.16%	4
31.8	Unused Space	Level 1	-	3.3-B.2	161 m²	0 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	-161 m²	437.45%	4
31.17	Unused Space	Level 1	-	7-B	44 m²	44 m²	30 m²	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	0 m²	47.83%	-

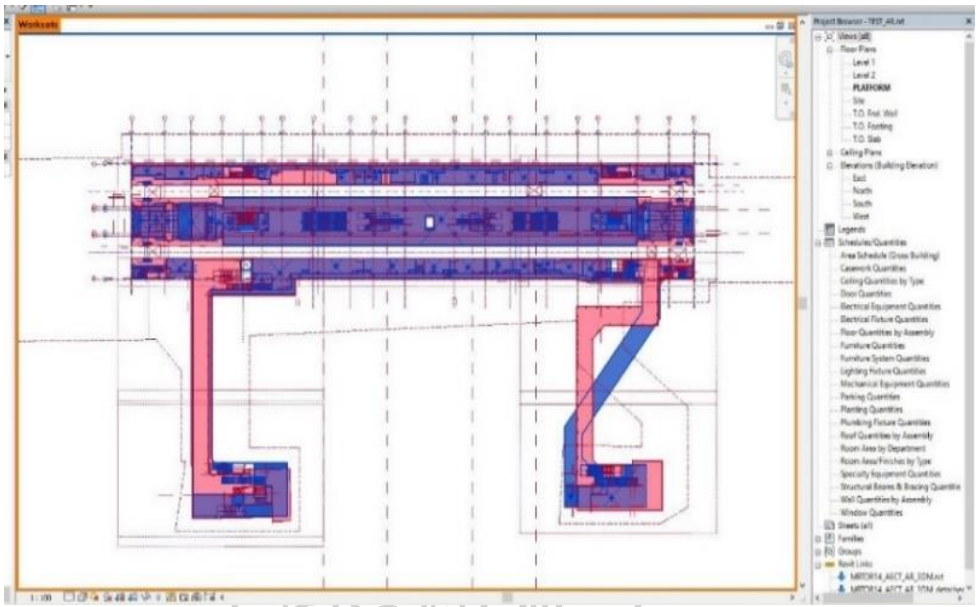
ภาพที่ 39 ตัวอย่างข้อมูลรหัสห้องและชื่อห้องในไฟล์ Revit

เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมจะอ่านค่ารหัสห้องและชื่อห้องของไฟล์ Revit เพื่อทำการเทียบชื่อห้องโดยอ้างอิงรหัสห้อง (Room Number) เป็นเกณฑ์หลักในการตรวจสอบ ถ้าชื่อห้องผิดให้แก้ไขชื่อห้องตามข้อมูลใน CSV File (ภาพที่ 36) และเก็บข้อมูลในรูปแบบ File Json เพื่อเตรียมข้อมูลแสดงในไฟล์เอกสารรายงาน (ภาพที่ 40)

ภาพที่ 40 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบชื่อห้อง

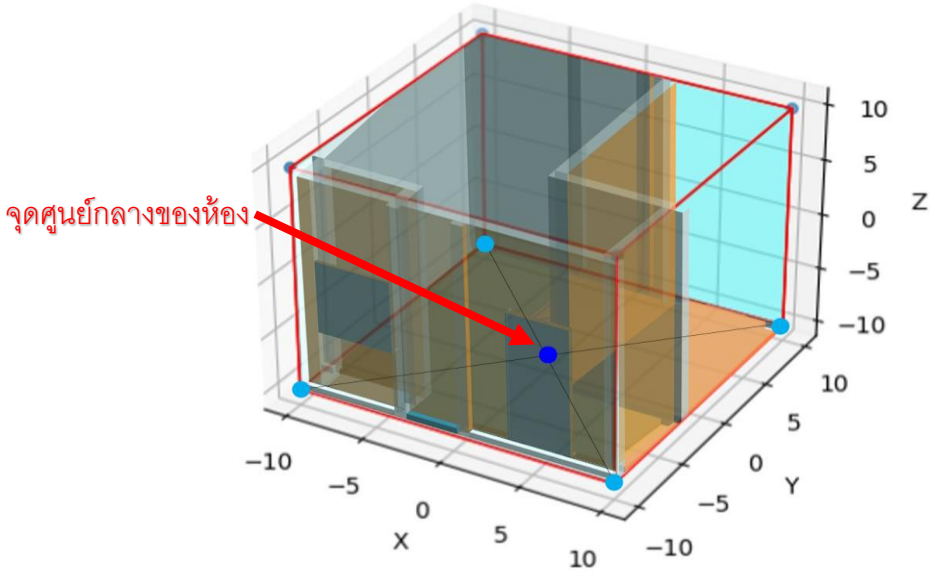
3.6.2 โปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของห้อง (Check Location)

การตรวจสอบหาตำแหน่งห้องที่เปลี่ยนแปลง โดยการเปิดไฟล์โมเดลล่าสุดและนำ Link ไฟล์เดิมเข้ามา (ภาพที่ 41)



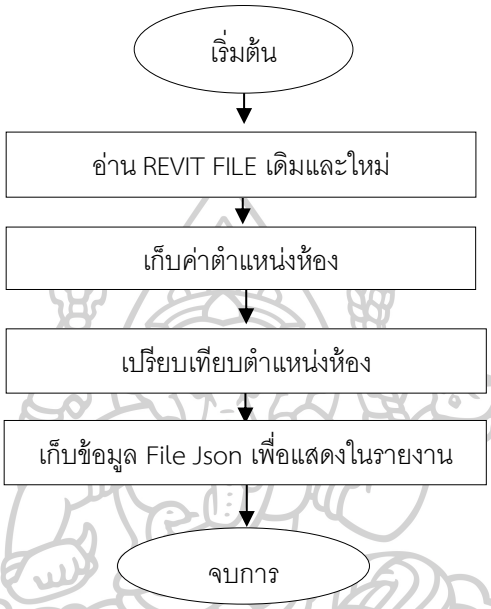
ภาพที่ 41 แบบโมเดลเดิม-ใหม่ โดยใช้สีที่ต่างกัน

โปรแกรมจะหาตำแหน่งของห้องจากพิกัดของ Room BoundingBox โดยอ้างอิงจากจุดศูนย์กลางของห้อง (ภาพที่ 42) เมื่อห้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งจุดศูนย์กลางของห้องจากแบบเดิม โดยมีระยะที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่า Minimum Tolerance ที่ผู้ใช้งานกำหนด จะแสดงหมายเลขการเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไข (CASE NO.) (ตารางที่ 12)



ภาพที่ 42 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของห้อง

โปรแกรมจะเก็บข้อมูลห้องที่มีผลลัพธ์เป็นตัวเลขตามที่กำหนด โดยข้อมูลห้องที่ถูกลบออกจะเก็บข้อมูลแยกออกไปในอีกตาราง และเก็บข้อมูลในรูปแบบ File Json เพื่อเตรียมข้อมูลแสดงในไฟล์เอกสารรายงาน โดย Flow Chart การทำงานแสดงใน (ภาพที่ 43)



ภาพที่ 43 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของห้อง

3.6.3 โปรแกรมตรวจสอบพื้นที่ของห้อง (Check Area)

จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ สถาปนิกผู้ที่รับผิดชอบงานโครงการ สามารถแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่ของห้อง (DIF) เปรียบเทียบกับค่าพื้นที่ขั้นต่ำ (Minimum Area) ที่กำหนดไว้ของโครงการ (ภาพที่ 36) โดยแบ่งได้เป็น 4 ระดับ และมีเฉดสีที่จะใช้แสดงในตารางรายงานผล ดังนี้ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ระดับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ห้อง

เปอร์เซ็นการเปลี่ยนแปลง	รายละเอียด
DIF > 0 %	พื้นที่เพิ่มขึ้น
-5 % < DIF < 0 %	พื้นที่ลดลงเล็กน้อย
-30 % < DIF ≤ -5 %	พื้นที่ลดลงปานกลาง
DIF ≤ -30 %	พื้นที่ลดลงมาก

ตัวอย่างการคำนวณค่า DIF เช่น ห้อง E2 Cat Ladder Service Access พื้นที่ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ 30 ตร.ม. พื้นที่ปัจจุบัน 35 ตร.ม. ดังนั้นมีพื้นที่เปลี่ยนไป 35 - 30 = 5

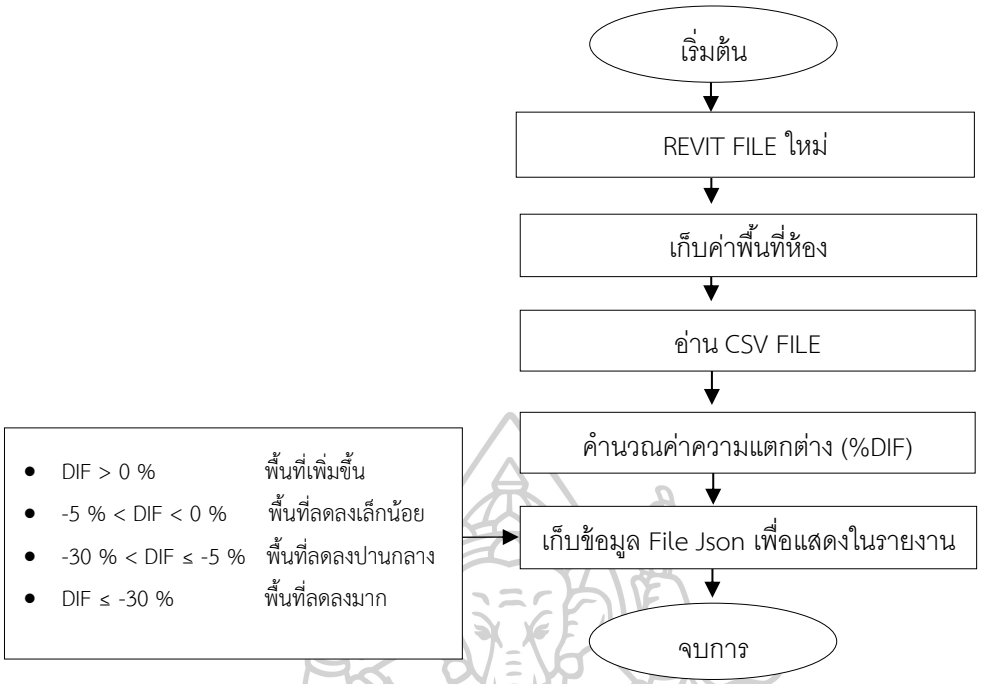
ค่า DIF = (5x100)/30 = 16.6%

ตัวอย่างขนาดพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงไว้ใน (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ตัวอย่างการพิจารณาพื้นที่ห้องที่การเปลี่ยนแปลง

Room Ref.	Room Name	MINIMUM AREA (m².)	AREA IN DEFINITIVE DESIGN DRAWING (m².)	ROOM TYPE	DIF %	Analysis Percentage			
						DIF > 0 %	-5 % < DIF < 0 %	-30 % < DIF ≤ -5 %	DIF ≤ -30 %
E1	A/C Plant Room	520	522	PLANT	0.3	√			
E2	Cat Ladder Service Access	30	35	-	16.6	√			
E3	Cooling Tower	220	225	-	2.2	√			
E4	Draught Relief Plenum	65	60	PLANT	- 7.6			√	
E5	ECS Control Room	35	35	PLANT	-				
E6	Fresh Air Inlet	4	3.85	-	-3.75		√		
E7	Pressurization Fan Room	35	15	PLANT	-57.1				√

เริ่มต้นโปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลพื้นที่ (Area) จากไฟล์ใหม่มาเปรียบเทียบกับค่าพื้นที่จาก CSV File (ภาพที่ 36) ซึ่งเป็นค่าพื้นที่ขั้นต่ำที่โครงการใช้ในการออกแบบ โดยคำนวณเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ % เพื่อให้สามารถแยกประเภทรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรม (ตารางที่ 12) และระดับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ห้อง (ตารางที่ 13) โปรแกรมจะเก็บข้อมูลพื้นที่และค่า DIF ในรูปแบบ File Json เพื่อเตรียมข้อมูลแสดงในไฟล์เอกสารรายงาน โดย Flowchart การทำงานแสดงใน (ภาพที่ 44)



ภาพที่ 44 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบพื้นที่ของห้อง

3.6.4 โปรแกรมตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ (Check Fire Rating)

การตรวจสอบข้อมูลค่าอัตราการทนไฟ (Fire Rating) ของผนังห้องมีความสำคัญเนื่องจากมีผลต่อความปลอดภัยเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในอาคารสถานี จึงต้องกรอกข้อมูลค่าอัตราการทนไฟให้ถูกต้องตามฟังก์ชันความปลอดภัยของอาคารสถานี โดยค่าอัตราการทนไฟเป็นข้อมูลที่ไม่มีการกรอกข้อมูลอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งต้องมาตรวจสอบแก้ไขในภายหลังทำให้เสียเวลาในการทำงานอย่างมาก

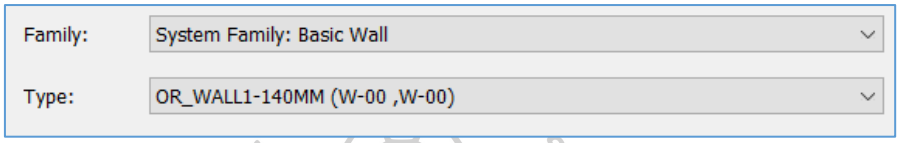
การตรวจสอบโมเดลสถาปัตยกรรมภายในห้องเพื่อให้ทราบว่ามีคุณสมบัติการทนไฟอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ โดยดูค่าอัตราการทนไฟจาก Require Fire Protection ที่ใช้ในการออกแบบงานระบบดับเพลิงของโครงการ (ภาพที่ 36)

เริ่มต้นโปรแกรมจะอ่านค่า Room จากไฟล์ใหม่ โดยการตรวจสอบพื้นที่กันไฟจะแบ่งการตรวจสอบเป็น 2 ส่วนคือ

1. ตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ (Fire Rating) โดยหลังจากอ่านค่า Room จากไฟล์ Revit ใหม่เพื่อหาค่าอัตราการทนไฟของห้อง ถ้าค่าอัตราการทนไฟของห้องไม่ถูกต้องคือ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะแก้ไขตาม CSV File โดยโปรแกรมจะตรวจสอบผนังที่อยู่รอบห้องทั้งหมด

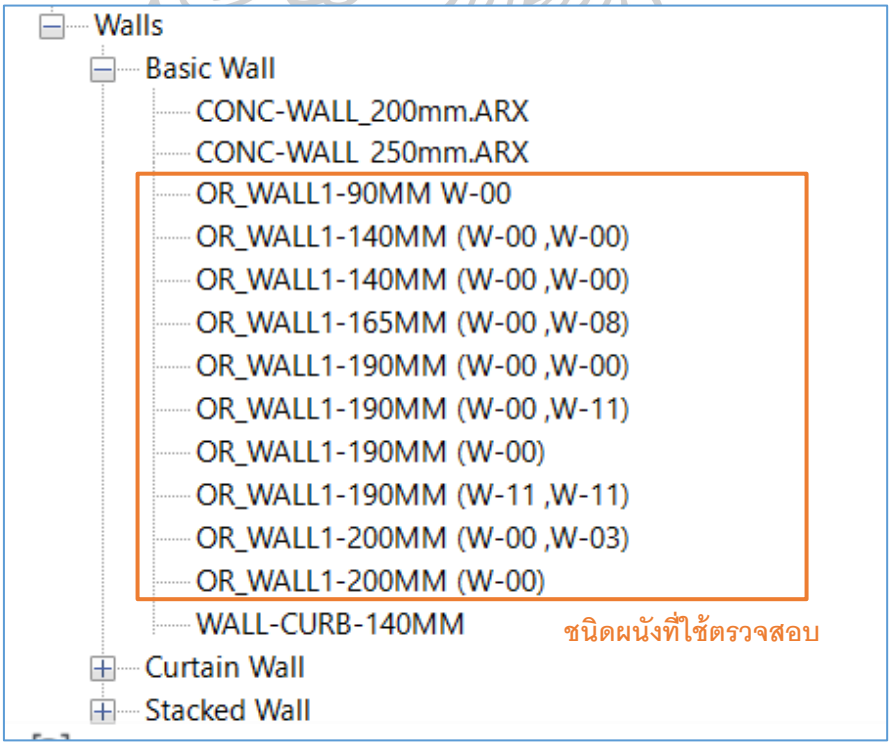
2. ตรวจสอบประเภทของผนังกันไฟ (Wall Type) การแก้ไขโมเดลประเภทของผนังกันไฟ (Wall Type) จะเป็นไปตามอัตราการทนไฟจากข้อมูลโครงการ CSV File กรณีผนังกั้นระหว่างห้องให้อ้างอิงอัตราการทนไฟของห้องที่มีเกณฑ์ค่าอัตราการทนไฟที่สูงกว่า โดยห้องที่อัตราการทนไฟเท่ากันแต่มีชนิดผนังห้องไม่ถูกต้อง ก็จะปรับแก้ไขเฉพาะผนัง ซึ่งการตั้งชื่อผนังงานสถาปัตยกรรมจะใช้ผนัง Basic Wall ในการสร้างชนิดของผนังโดยมีการกำหนดชื่อคือ

“ โครงการ_ผนัง_ความหนา (รหัสวัสดุผิว ,รหัสวัสดุผิว) ” (ภาพที่ 45)



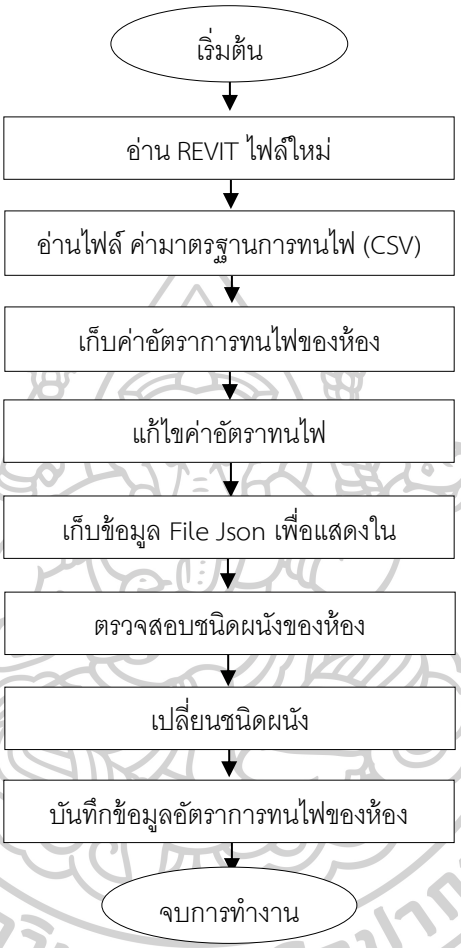
ภาพที่ 45 ตัวอย่างการตั้งชื่อผนังของโครงการ

ประเภทของผนังกันไฟ (Wall Type) โดยผนังในโครงการได้กำหนดชื่อผนังงานสถาปัตยกรรมขึ้นต้นด้วย OR_WALL1 ซึ่งเป็นกลุ่มผนังที่ใช้ในการตรวจสอบอัตราการทนไฟ (FireRating/Hrs) และชนิดของผนังที่ปรับแก้ไข (ChangeWallType) (ภาพที่ 46)



ภาพที่ 46 ข้อมูลชนิดของผนังของงานสถาปัตยกรรม

เมื่อโปรแกรมตรวจสอบเสร็จจะเก็บข้อมูลทั้ง 2 ส่วนคือ อัตราการทนไฟของห้อง (FireRating/Hrs) และชนิดของผนังที่ปรับแก้ไข (ChangeWallType) ในรูปแบบ File Json เพื่อเตรียมข้อมูลแสดงในไฟล์เอกสาร HTML โดย Flowchart ขั้นตอนการทำงานแสดงใน (ภาพที่ 47)



ภาพที่ 47 แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟ

3.6.5 โปรแกรมสร้างเอกสารรายงานผล (Issue Report)

เอกสารรายงานผล (Issue Report) แสดงรายละเอียดของแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทางสถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบต้องการทราบ โดยโปรแกรมทำการอ่านค่าจาก File Json เรียกค่าข้อมูลตามตารางที่แยกประเภทของการตรวจสอบเพื่อส่งข้อมูลออกเป็น HTML FILE โดยโปรแกรมเสริมจะบันทึกไฟล์รายงานทุกครั้งหลังจากที่ผู้ใช้โปรแกรมกดปุ่ม Report โดยตารางในรายงานมีทั้งหมด 5 ตาราง เรียงลำดับดังนี้

1. รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นตารางที่ใช้ในการแสดงข้อมูลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของห้อง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

Number	Name	Level	Grid Line	Room Type	Area Old (m^2)	Area New (m^2)	Minimum Area (m^2)	Analysis Area (m^2)	Analysis Percentage	Status
รหัสห้อง	ชื่อห้อง	ระดับชั้น	กริดไลน์เสา	ชนิดห้อง	พื้นที่เดิม	พื้นที่ใหม่	ค่าพื้นที่ขั้นต่ำตามมาตรฐาน	ค่าพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง	ค่า % พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงจากค่ามาตรฐาน	สถานะตาม (ตาราง 14)

2. รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง เป็นการแสดงข้อมูลการตรวจสอบรายชื่อห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง

Number	Name	Level	Grid Line	Room Type	Name Old	Name New
รหัสห้อง	ชื่อห้อง	ระดับชั้น	กริดไลน์เสา	ชนิดห้อง	ชื่อห้องเก่า	ชื่อห้องใหม่

3. รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ เป็นการแสดงข้อมูลการตรวจสอบค่าอัตราการทนไฟของห้องและชนิดของผนัง (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ

Number	Name	Level	Grid Line	Room Type	Fire Rating Old (Hrs)	Fire Rating New (Hrs)	Wall Old	Wall New
รหัสห้อง	ชื่อห้อง	ระดับชั้น	กริดไลน์เสา	ชนิดห้อง	ค่าอัตราการทนไฟเดิม	ค่าอัตราการทนไฟใหม่	ผนังเดิม	ผนังใหม่

4. รายละเอียดห้องที่หายไป เป็นการแสดงข้อมูลรายละเอียดของห้องที่มีอยู่ในโมเดลเดิมแต่ไม่มีอยู่ในโมเดลใหม่ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 รายละเอียดห้องที่หายไป

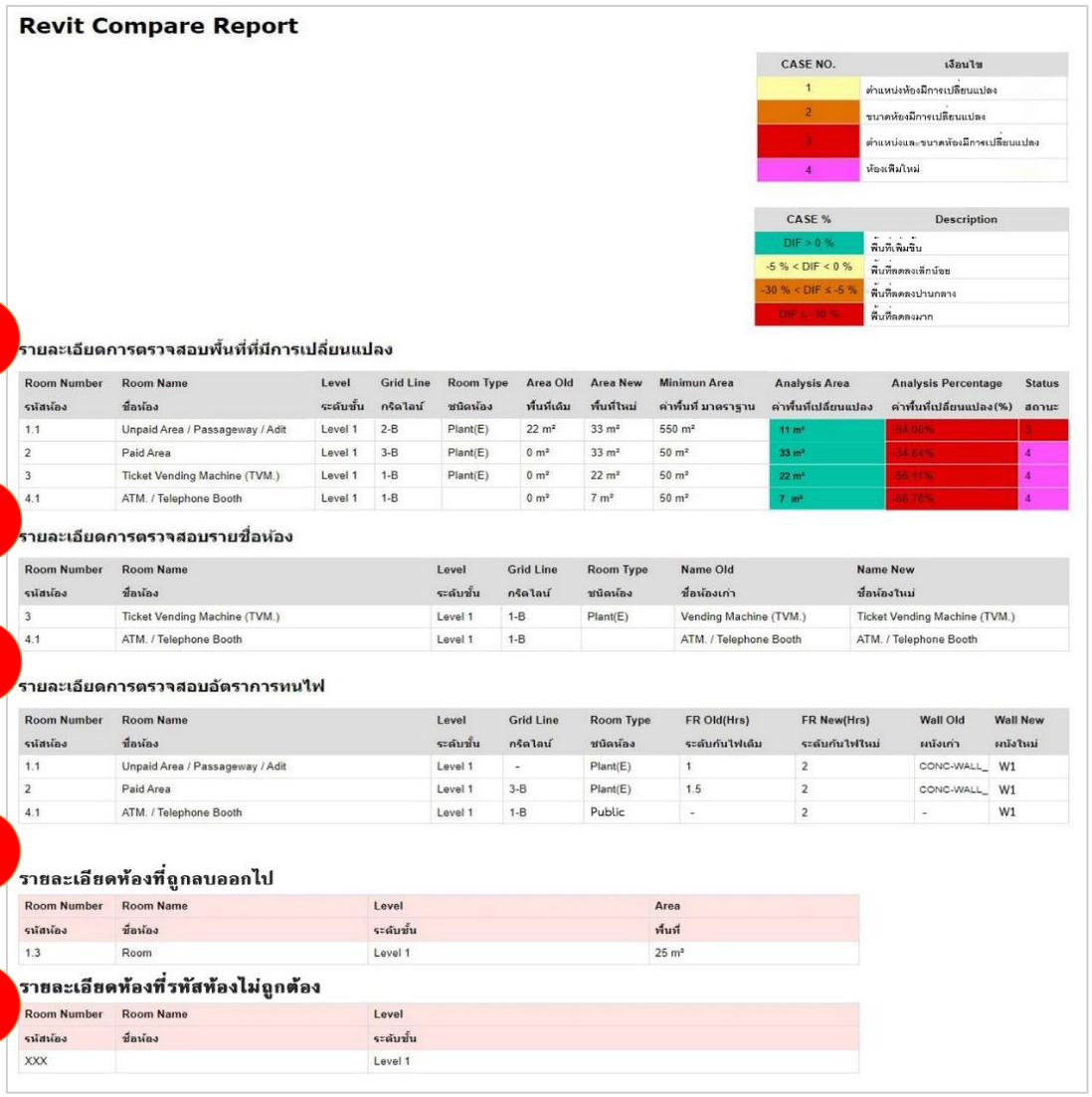
Number	Name	Level	Area
รหัสห้อง	ชื่อห้อง	ระดับชั้น	พื้นที่

5. รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง เป็นการแสดงข้อมูลรหัสห้องที่ไม่มีอยู่ในโครงการหรือกรอกข้อมูลผิด (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง

Number	Name	Level
รหัสห้อง	ชื่อห้อง	ระดับชั้น

ตัวอย่างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ แสดงไว้ใน (ภาพที่ 48)



Revit Compare Report

CASE NO.	เงื่อนไข
1	ตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง
2	ขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง
3	ตำแหน่งและขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง
4	ห้องเพิ่มใหม่

CASE %	Description
DIF > 0 %	พื้นที่เพิ่มขึ้น
-5 % < DIF < 0 %	พื้นที่ลดลงเล็กน้อย
-30 % < DIF ≤ -5 %	พื้นที่ลดลงปานกลาง
DIF ≤ -30 %	พื้นที่ลดลงมาก

1

รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	Area Old พื้นที่เดิม	Area New พื้นที่ใหม่	Minimun Area ค่าพื้นที่ มาตราฐาน	Analysis Area ค่าพื้นที่เปลี่ยนแปลง	Analysis Percentage ค่าพื้นที่เปลี่ยนแปลง(%)	Status สถานะ
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	2-B	Plant(E)	22 m²	33 m²	550 m²	11 m²	-94.86%	3
2	Paid Area	Level 1	3-B	Plant(E)	0 m²	33 m²	50 m²	33 m²	-34.64%	4
3	Ticket Vending Machine (TVM.)	Level 1	1-B	Plant(E)	0 m²	22 m²	50 m²	22 m²	-56.11%	4
4.1	ATM. / Telephone Booth	Level 1	1-B		0 m²	7 m²	50 m²	7 m²	-86.78%	4

2

รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	Name Old ชื่อห้องเก่า	Name New ชื่อห้องใหม่
3	Ticket Vending Machine (TVM.)	Level 1	1-B	Plant(E)	Vending Machine (TVM.)	Ticket Vending Machine (TVM.)
4.1	ATM. / Telephone Booth	Level 1	1-B		ATM. / Telephone Booth	ATM. / Telephone Booth

3

รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	FR Old(Hrs) ระดับกันไฟเดิม	FR New(Hrs) ระดับกันไฟใหม่	Wall Old ผนังเก่า	Wall New ผนังใหม่
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	-	Plant(E)	1	2	CONC-WALL_	W1
2	Paid Area	Level 1	3-B	Plant(E)	1.5	2	CONC-WALL_	W1
4.1	ATM. / Telephone Booth	Level 1	1-B	Public	-	2	-	W1

4

รายละเอียดห้องที่ถูกลบออกไป

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Area พื้นที่
1.3	Room	Level 1	25 m²

5

รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น
XXX		Level 1

ภาพที่ 48 ตัวอย่างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ

บทที่ 4
วิธีการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมเสริม

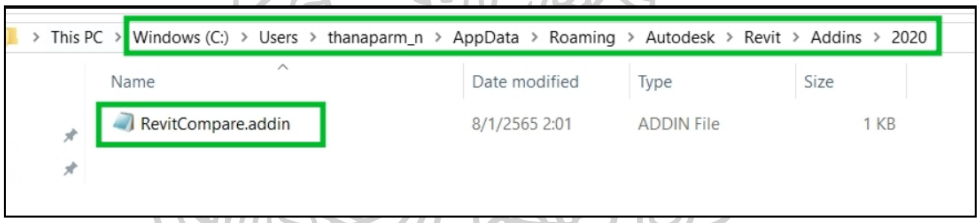
ในบทนี้อธิบายถึงวิธีการติดตั้งโปรแกรมเสริม การใช้งานโปรแกรมเสริม สรุปผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรมเสริมและข้อเสนอแนะ และผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแบบด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่

4.1 การติดตั้งโปรแกรมเสริม

4.1.1 นำไฟล์ (File) ของโปรแกรมเสริมที่ได้พัฒนาขึ้นมาไปวางไว้ในโฟลเดอร์ (Folder) ที่อยู่ของโปรแกรมเสริม Add-in ต่างๆ ของโปรแกรม Autodesk Revit ดังต่อไปนี้

C:\Users\<Your User Name>\AppData\Roaming\Autodesk\Revit\Addins\2020

โดยไฟล์ของโปรแกรมเสริมเป็นไฟล์ที่ใช้นามสกุล .addin (ภาพที่ 49)

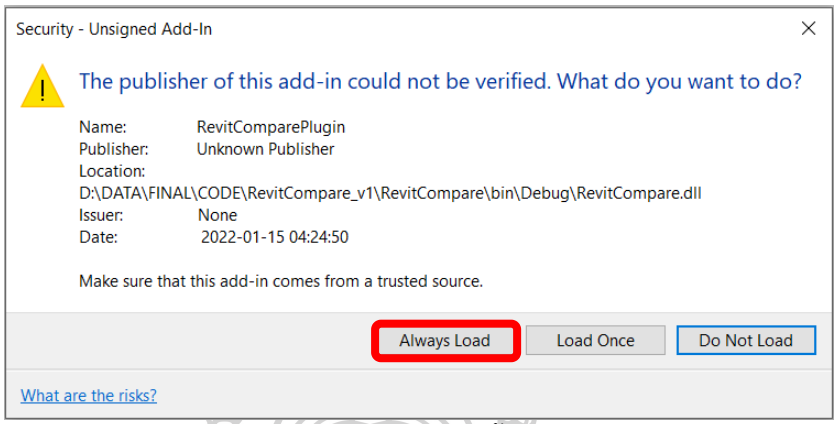


ภาพที่ 49 ที่จัดเก็บของโปรแกรมเสริม

4.1.2 ทำการเปิดโปรแกรม Autodesk Revit ขึ้นมา (จากตัวอย่างใช้ Version 2020) (ภาพที่ 50)

ภาพที่ 50 เปิดโปรแกรม Autodesk Revit

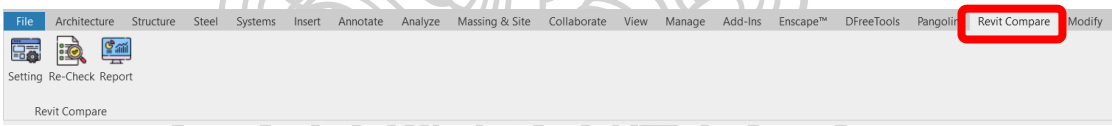
จะมีแถบแจ้งเตือนแสดงขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานยืนยันการดาวน์โหลด (Download) และติดตั้งโปรแกรมเสริม โดยให้เลือก Always Load (ภาพที่ 51)



ภาพที่ 51 การยืนยันและติดตั้งโปรแกรมเสริม

ส่วนประกอบของหน้าต่างโปรแกรมเสริม มีรายละเอียดดังนี้

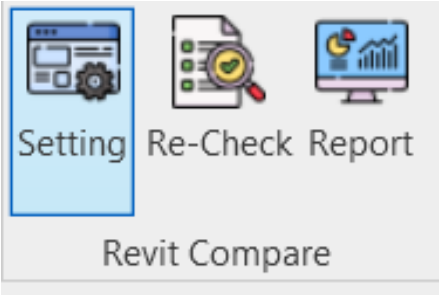
ส่วนที่ 1 Ribbon เป็นแถบเครื่องมือโดยเครื่องมือของโปรแกรมเสริมมีชื่อว่า “Revit Compare” (ภาพที่ 52)



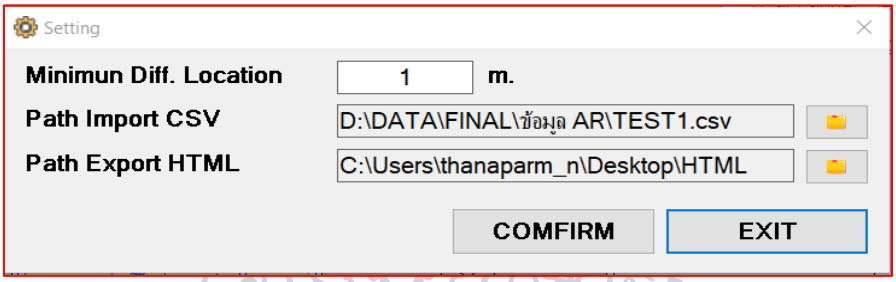
ภาพที่ 52 เครื่องมือโปรแกรมเสริมเมื่อติดตั้งสำเร็จ

ส่วนที่ 2 Button เมื่อเลือกเครื่องมือ Revit Compare จะปรากฏ Button ให้ใช้งานได้ ดังนี้

1. **Setting** ปุ่มนี้เมื่อเริ่มใช้งานจะปรากฏหน้าต่าง Setting (ภาพที่ 53)
    - Minimum Tolerance ใช้ตั้งค่าระยะขั้นต่ำในการตรวจสอบการย้ายตำแหน่งของห้อง ที่จะใช้ประกอบกับโปรแกรม Check Location เพื่อค้นหาห้องที่มีการย้ายตำแหน่ง
    - Path Import CSV ใช้เป็นที่จัดเก็บข้อมูลโครงการโดยเป็นไฟล์ CSV
    - Path Export HTML ใช้เป็นที่จัดเก็บไฟล์เอกสาร HTML เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมเสริม (ภาพที่ 54)

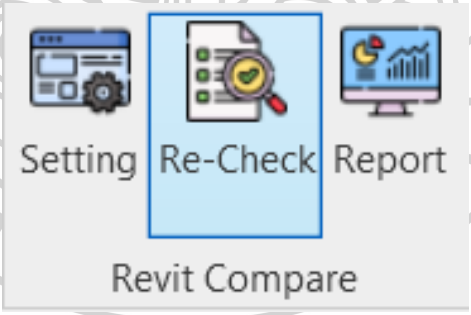


ภาพที่ 53 ปุ่ม Setting



ภาพที่ 54 ชุดคำสั่งของปุ่ม Setting

2. Re-Check ปุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบงานสถาปัตยกรรม โดยแบ่งการตรวจสอบดังนี้ (ภาพที่ 55)



ภาพที่ 55 ปุ่ม Re-Check

หลังจากกดปุ่ม Re-check โปรแกรมจะทำงานโดยจะแสดงการตรวจสอบของโปรแกรมคือ

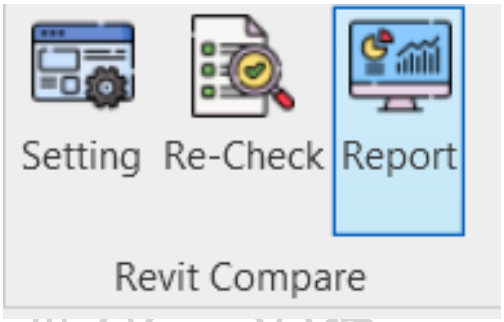
ฟังก์ชันที่ 1 Check Name ตรวจสอบชื่อห้องโดยเทียบกับไฟล์ CSV (ภาพที่ 36) ที่มีข้อมูลรหัสห้องและชื่อห้องที่กำหนดในโครงการ

ฟังก์ชันที่ 2 Check Location ตรวจสอบห้องที่มีการย้ายตำแหน่งจากแบบเดิม

ฟังก์ชันที่ 3 Check Area ตรวจสอบห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง ขนาดพื้นที่ห้องและประมาณการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ โดยคิดเป็น % เปรียบเทียบกับไฟล์ CSV (ภาพที่ 36) ที่มีข้อมูลความต้องการพื้นที่ของโครงการ

ฟังก์ชันที่ 4 Check Fire Rating ตรวจสอบอัตราการทนไฟ เปรียบเทียบกับไฟล์ CSV (ภาพที่ 36) ที่มีข้อมูลอัตราการทนไฟที่กำหนดในโครงการ

3. Report ปุ่มนี้เมื่อเริ่มใช้งาน จะนำข้อมูลที่ได้จากทุกฟังก์ชัน มาแสดงในเอกสาร Report HTML File และบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติตามที่ได้กำหนดที่จัดเก็บไว้ (ภาพที่ 56)



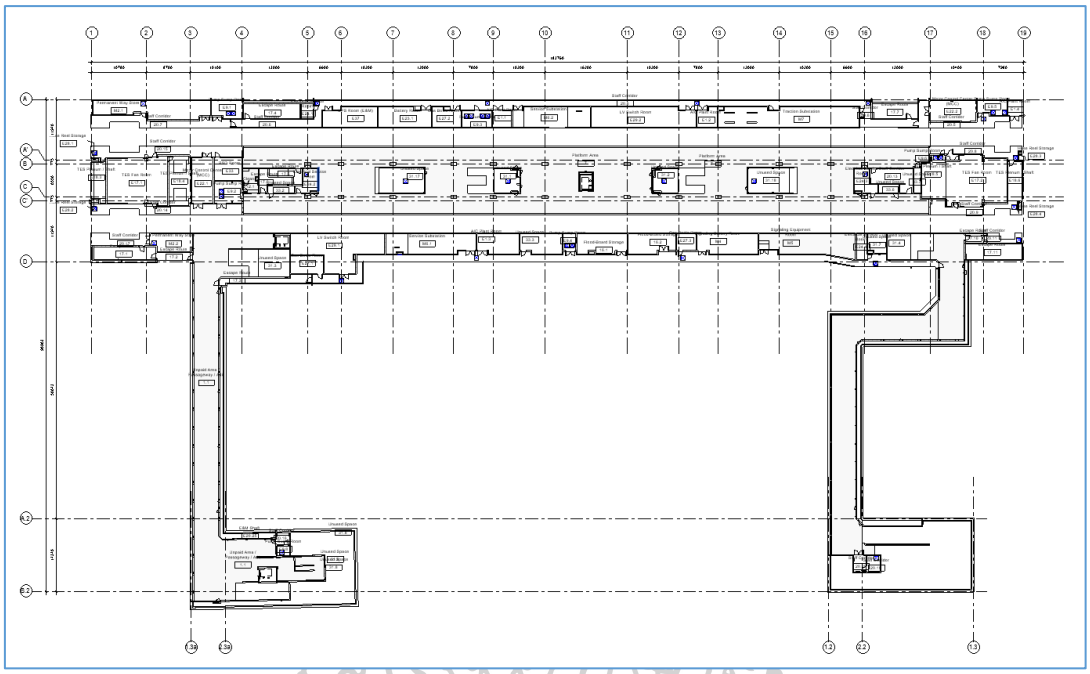
ภาพที่ 56 ปุ่ม Report

4.2 การใช้งานโปรแกรมเสริม

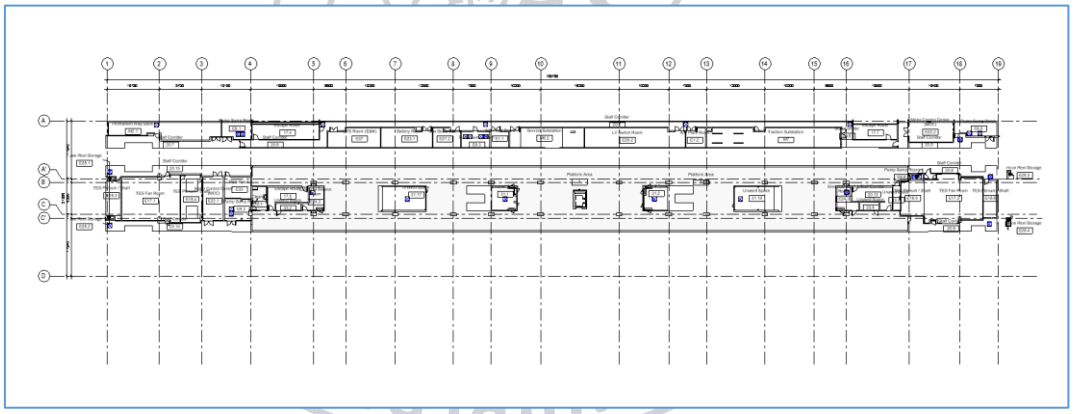
4.2.1 เปิดไฟล์งานสถาปัตยกรรมแบบเดิมและแบบใหม่

กำหนดให้ชื่อไฟล์ใหม่เป็น Room_01.rvt (ภาพที่ 57-58) และชื่อไฟล์เดิมเป็น Room_02.rvt (ภาพที่ 59) โดยเปิดไฟล์ใหม่ก่อน จากนั้นจึงทำการ Link ไฟล์เดิม โดยการเลือก New Link (ภาพที่ 60) เพื่อนำเข้าไฟล์เดิมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของไฟล์ใหม่ โดยโปรแกรม Revit จะนำแบบ 3D ของทั้ง 2 ไฟล์ มาซ้อนกัน โดยผู้ใช้โปรแกรมจะต้องกำหนดเฉดสีของไฟล์แบบอันเดิมและใหม่ให้แตกต่างกัน ตามวิธีการที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 (ภาพที่ 14-19) เพื่อให้เห็นส่วนที่แตกต่างของแบบเดิมและแบบใหม่ได้ชัดเจน (ภาพที่ 61)

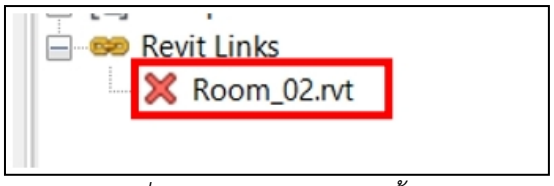
ภาพที่ 57 ภาพตัวอย่างไฟล์งานหลักงาน (AR)



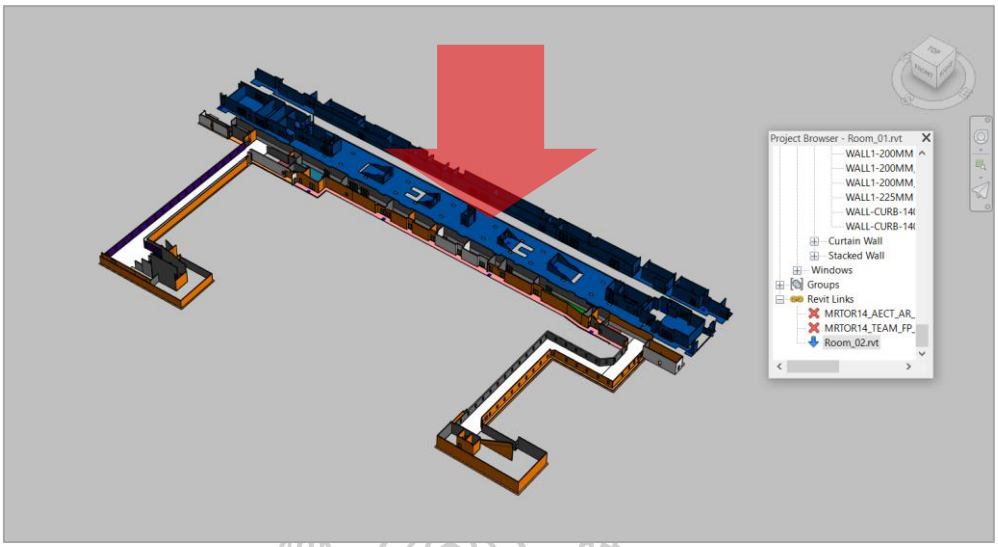
ภาพที่ 58 Floor Plan งานสถาปัตยกรรมสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน Room_01.rvt



ภาพที่ 59 Floor Plan งานสถาปัตยกรรมสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน Room_02.rvt



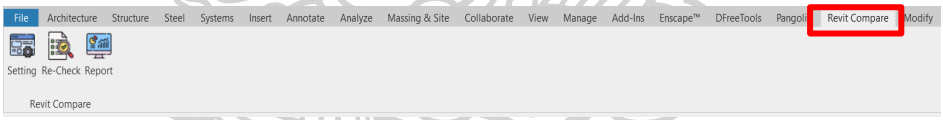
ภาพที่ 60 ภาพตัวอย่างไฟล์ลิ้ง (AR)



ภาพที่ 61 แสดงแบบโมเดลเดิมและใหม่ที่มีการทับซ้อนกัน

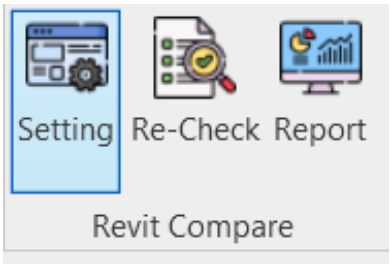
4.2.2 การตั้งค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ

การตั้งค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ ให้ทำการคลิกที่แถบเครื่องมือ Revit Compare (ภาพที่ 62)

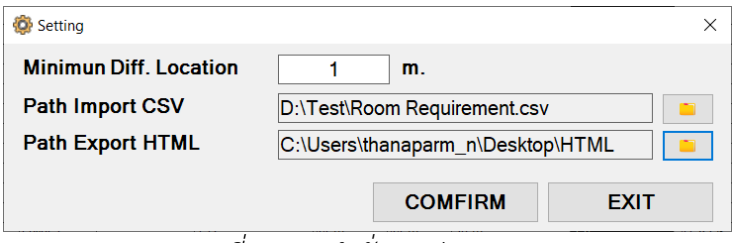


ภาพที่ 62 คลิกแถบเครื่องมือ Revit Compare

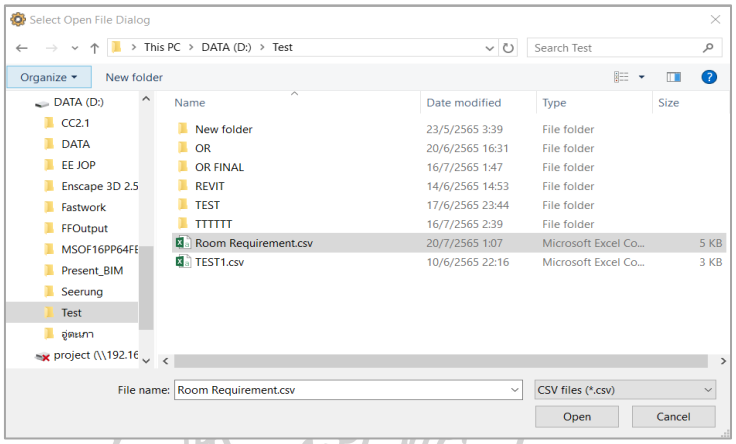
จะปรากฏปุ่มการทำงานของโปรแกรม ให้เลือกปุ่ม Setting (ภาพที่ 63) เพื่อกำหนดค่า Setting/Minimum Tolerance (ภาพที่ 64) และกำหนด Path Import CSV (ภาพที่ 64-65) เพื่อนำเข้าไฟล์ CSV และ กำหนด Path Export HTML (ภาพที่ 64) ที่เก็บไฟล์เอกสาร Report เมื่อใส่ข้อมูลครบ ให้เลือกปุ่ม Confirm



ภาพที่ 63 คลิกเลือกปุ่ม Setting เพื่อกำหนดค่า Minimum Tolerance



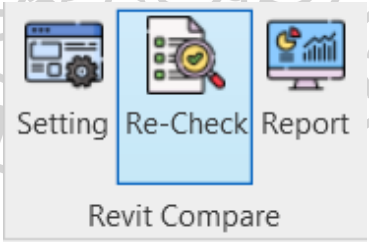
ภาพที่ 64 ชุดคำสั่งของปุ่ม Setting



ภาพที่ 65 เลือกไฟล์ CSV ของโครงการ

4.2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ

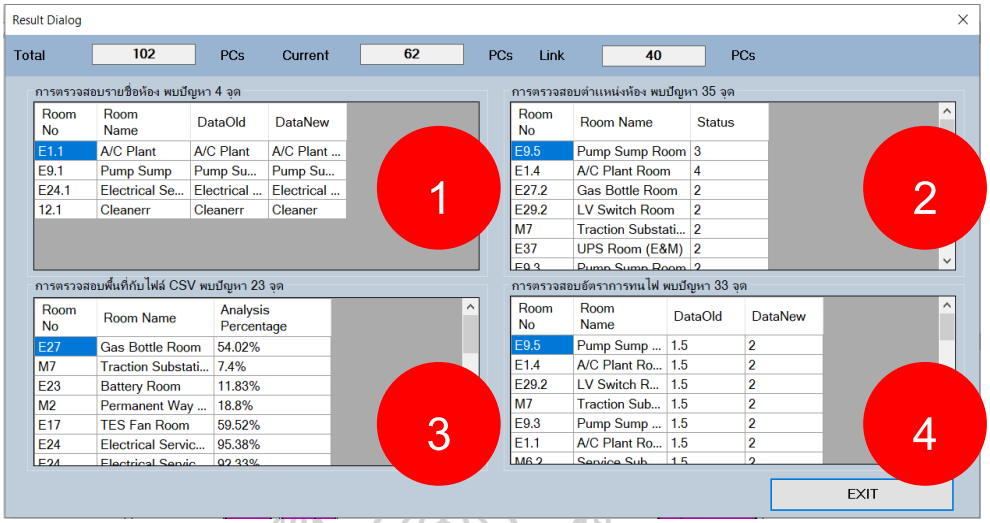
เลือกปุ่ม Re-Check (ภาพที่ 66) เพื่อให้โปรแกรมทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแบบ



ภาพที่ 66 คลิกเลือก ปุ่ม Re-Check

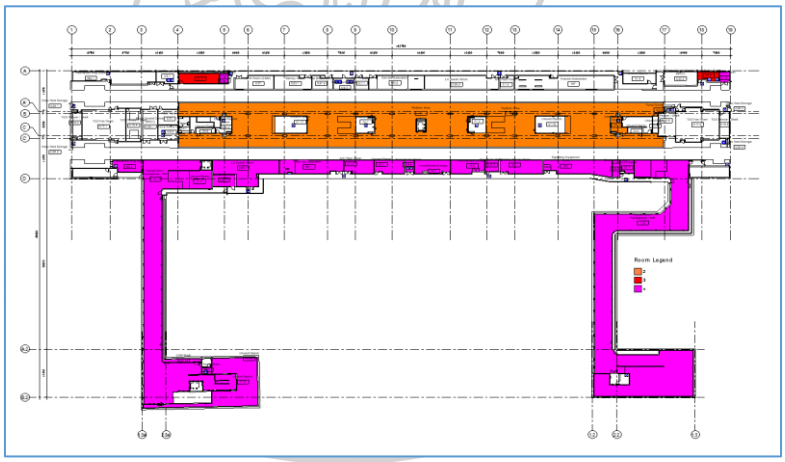
หลังจากกดปุ่ม Recheck จะปรากฏหน้าต่างที่แสดงผลการตรวจสอบว่าแบบมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ (ภาพที่ 67)

1. การตรวจสอบรายชื่อห้อง พบชื่อห้องที่เป็นปัญหา 4 จุด
2. การตรวจสอบตำแหน่งห้อง พบตำแหน่งที่เป็นปัญหา 35 จุด
3. การตรวจสอบพื้นที่กับไฟล์ CSV พบพื้นที่ห้องที่เป็นปัญหา 23 จุด
4. การตรวจสอบอัตราการทนไฟ พบอัตราการทนไฟที่เป็นปัญหา 33 จุด



ภาพที่ 67 ผลของปุ่ม Re-Check

โปรแกรมจะแสดงเฉดสีในแปลน (ภาพที่ 68-72) เพื่อบอกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของห้องตามที่กำหนดเฉดสีไว้ใน (ตารางที่ 12)

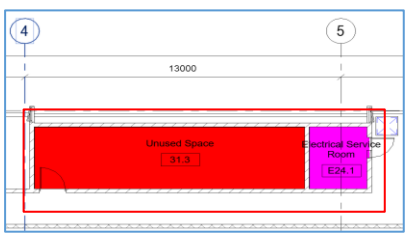


ภาพที่ 68 แปลนที่มีเฉดสีของห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง

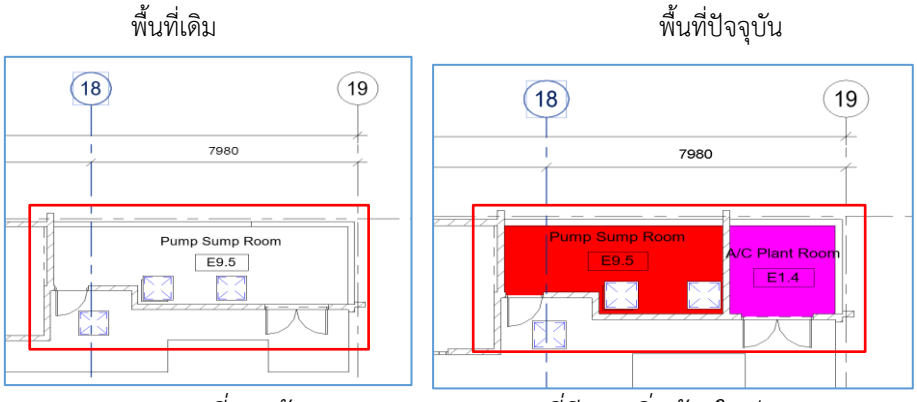
จากตัวอย่าง พื้นที่ที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง คือพื้นที่ห้อง Escape Route 2 ห้องและห้อง Pump Sump (ภาพที่ 69-72)

พื้นที่เดิม

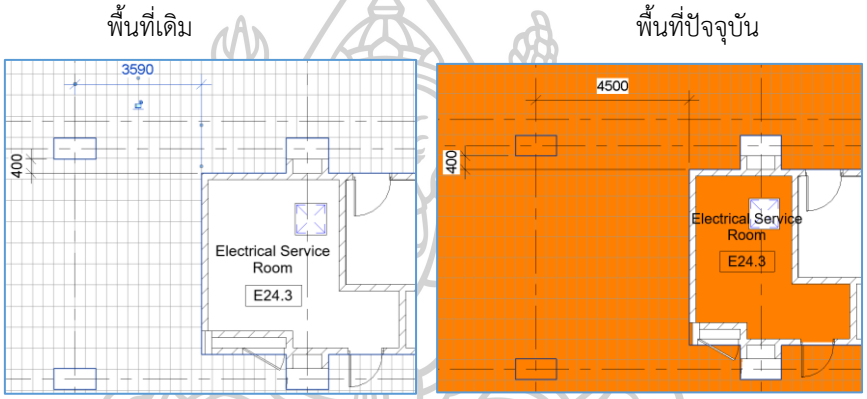
พื้นที่ปัจจุบัน



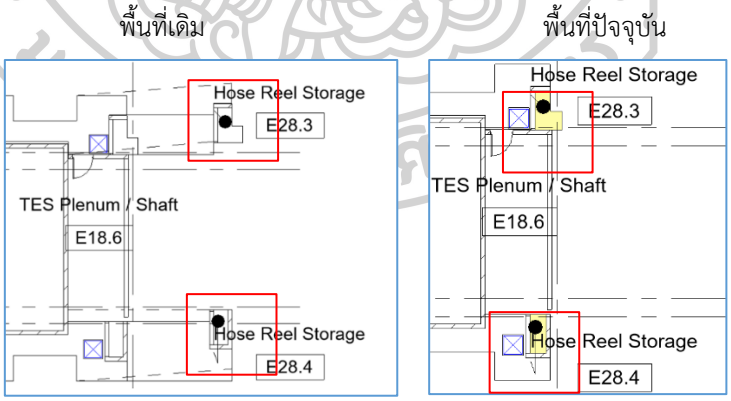
ภาพที่ 69 ห้อง Unused Space ที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและขนาดของห้อง



ภาพที่ 70 ห้อง A/C Plant Room ที่มีการเพิ่มห้องใหม่



ภาพที่ 71 ห้อง A/C Plant Room ที่ขนาดห้องเปลี่ยนแปลงแต่ตำแหน่งห้องไม่เกินระยะขั้นต่ำ



ภาพที่ 72 ตำแหน่ง Hose Reel Storage มีการย้ายตำแหน่ง

ข้อมูลของห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง จะแสดงไว้ในตาราง Room Schedule ของโปรแกรม Revit ได้แก่ GridLine, AreaOld, MinimumAREA, AnalysisArea, AnalysisPercentage และ Status (ภาพที่ 73) ในส่วนของเฉดสีในช่อง Status เนื่องจาก โปรแกรม Revit สามารถกำหนด

เงื่อนไขของสีได้เพียง 1 สีเท่านั้น ในกรณีตัวอย่างกำหนดให้แสดงสีแดงถ้าเงื่อนไขมีค่า = 3 (ตำแหน่งและขนาดของห้องมีการเปลี่ยนแปลง)

<Room Schedule>

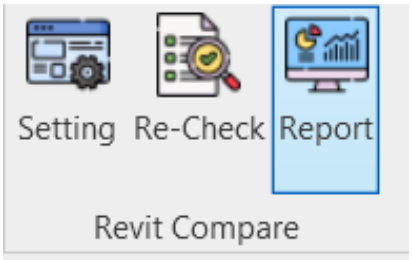
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Number	Name	Level	RoomType	GridLine	Area	AreaOld	MinimumAREA	AnalysisArea	AnalysisPercentage	Status
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	PUBLIC	3-D	542 m²	0 m²	550 m²	-542 m²	-1.05%	4
1.2	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	-	17-D	763 m²	0 m²	550 m²	-763 m²	38.91%	4
7	Platform Area	Level 1	STAFF	10-B	1448 m²	1444 m²	1400 m²	-4 m²	3.43%	2
12.1	Cleaner	Level 1	STORE	4-B	14 m²	14 m²	15 m²	0 m²	-4.74%	-
16.1	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	36 m²	0 m²	50 m²	-36 m²	-27.26%	4
16.2	Flood-Board Storage	Level 1	PUBLIC	11-D	35 m²	0 m²	50 m²	-35 m²	-30.85%	4
31.1	Unused Space	Level 1	-	9-B	22 m²	22 m²	30 m²	0 m²	-26.19%	-
31.2	Unused Space	Level 1	-	12-B	22 m²	22 m²	30 m²	0 m²	-27.1%	-
31.3	Unused Space	Level 1	-	A-4	33 m²	41 m²	30 m²	8 m²	10.43%	3
31.4	Unused Space	Level 1	-	A-16	27 m²	27 m²	30 m²	0 m²	-11%	
31.6	Unused Space	Level 1	-	5-D	58 m²	0 m²	30 m²	-58 m²	91.74%	4
31.7	Unused Space	Level 1	-	16-D	13 m²	0 m²	30 m²	-13 m²	-56.16%	4
31.8	Unused Space	Level 1	-	3.3-B.2	161 m²	0 m²	30 m²	-161 m²	437.45%	4
31.17	Unused Space	Level 1	-	7-B	44 m²	44 m²	30 m²	0 m²	47.83%	-
31.18	Unused Space	Level 1	-	14-B	41 m²	41 m²	30 m²	0 m²	36.41%	-
33.2	Unused Space	Level 1	-	5-C	7 m²	7 m²	50 m²	0 m²	-85.31%	-
33.3	Unused Space	Level 1	-	10-D	31 m²	0 m²	50 m²	-31 m²	-37.45%	4
33.6	Unused Space	Level 1	-	16-C	6 m²	6 m²	50 m²	0 m²	-87.22%	-
33.7	Unused Space	Level 1	-	17-C	7 m²	7 m²	50 m²	0 m²	-86.02%	-
E1.1	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-9	12 m²	12 m²	20 m²	0 m²	-40.07%	2
E1.2	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-13	14 m²	14 m²	20 m²	0 m²	-28.9%	2
E1.3	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	9-D	31 m²	0 m²	20 m²	-31 m²	55.49%	4
E1.4	A/C Plant Room	Level 1	PLANT	A-19	8 m²	0 m²	20 m²	-8 m²	-59.75%	4
E9.1	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-4	20 m²	20 m²	20 m²	0 m²	-0.2%	-
E9.2	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	4-C	23 m²	23 m²	20 m²	0 m²	16.33%	-
E9.3	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-9	19 m²	19 m²	20 m²	0 m²	-6.77%	2
E9.4	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	10-D	8 m²	0 m²	20 m²	-8 m²	-59.37%	4
E9.5	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	A-18	15 m²	24 m²	20 m²	9 m²	-25.37%	3
E9.6	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	17-A'	4 m²	4 m²	20 m²	0 m²	-81.99%	-
E9.8	Pump Sump Room	Level 1	PLANT	2.3.-A.3	5 m²	0 m²	20 m²	-5 m²	-74.86%	4
E17.1	TES Fan Room	Level 1	PLANT	2-C	108 m²	108 m²	68 m²	0 m²	58.56%	-
E17.2	TES Fan Room	Level 1	PLANT	18-C	108 m²	108 m²	68 m²	0 m²	59.52%	-
E18.3	TES Plenum / Shaft	Level 1	-	1-B	17 m²	17 m²	200 m²	0 m²	-91.29%	-
E18.4	TES Plenum / Shaft	Level 1	-	3-B	41 m²	41 m²	200 m²	0 m²	-79.34%	-

ภาพที่ 73 ภาพตัวอย่างตาราง Schedule ของโปรแกรม Revit

การตรวจสอบอัตราการทนไฟ เช็คค่าอัตราการทนไฟของห้อง โดยเทียบกับไฟล์มาตรฐานโครงการ CSV ที่กำหนด เมื่อพบรายการชื่อห้องที่กรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะแก้ไขข้อมูลตามที่กำหนดไว้ในไฟล์ CSV ที่เป็นข้อมูลของโครงการ (ตารางที่ 5)

4.2.4 การสร้างเอกสารรายงานผลการตรวจสอบ

คลิกที่ปุ่ม Report (ภาพที่ 74) จะปรากฏเอกสาร Report ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของแบบสถาปัตยกรรมในขั้นตอนการพัฒนาแบบ ซึ่งตารางรายงานจะแสดงข้อมูลดังนี้



ภาพที่ 74 คลิกเลือกปุ่ม Report

1. รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง

แสดงข้อมูลของห้องที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะแบ่งประเภทตามเงื่อนไขของโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ (ตารางที่ 12-13) (ภาพที่ 75)

Revit Compare Report

CASE NO.	เงื่อนไข
1	ตำแหน่งห้องมีการเปลี่ยนแปลง
2	ขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง
3	ตำแหน่งและขนาดห้องมีการเปลี่ยนแปลง
4	ห้องเพิ่มใหม่

CASE %	Description
DIF > 0 %	พื้นที่เพิ่มขึ้น
-5 % < DIF < 0 %	พื้นที่ลดลงเล็กน้อย
-30 % < DIF ≤ -5 %	พื้นที่ลดลงปานกลาง
DIF ≤ -30 %	พื้นที่ลดลงมาก

รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	Area Old พื้นที่เดิม	Area New พื้นที่ใหม่	Minimun Area ค่าพื้นที่ มาตราฐาน	Analysis Area ค่าพื้นที่เปลี่ยนแปลง	Analysis Percentage ค่าพื้นที่เปลี่ยนแปลง (%)	Status สถานะ
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	3-D	PUBLIC	0 m²	540 m²	550 m²	540 m²	-1.05%	4
1.2	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	17-D		0 m²	763 m²	550 m²	763 m²	38.91%	4
16.1	Flood-Board Storage	Level 1	11-D	PUBLIC	0 m²	36 m²	50 m²	36 m²	-27.26%	4
16.2	Flood-Board Storage	Level 1	11-D	PUBLIC	0 m²	35 m²	50 m²	35 m²	-30.85%	4
31.3	Unused Space	Level 1	A-4	-	41 m²	33 m²	30 m²	-8 m²	10.43%	3
31.6	Unused Space	Level 1	5-D	-	0 m²	58 m²	30 m²	58 m²	91.74%	4
31.7	Unused Space	Level 1	16-D	-	0 m²	13 m²	30 m²	13 m²	-56.16%	4
31.8	Unused Space	Level 1	3.3-B.2	-	0 m²	161 m²	30 m²	161 m²	437.45%	4
33.3	Unused Space	Level 1	10-D	-	0 m²	31 m²	50 m²	31 m²	-37.45%	4
7	Platform Area	Level 1	10-B	STAFF	1444 m²	1448 m²	1400 m²	4 m²	3.43%	2
E1.1	A/C Plant Room	Level 1	A-9	PLANT	12 m²	12 m²	20 m²	0 m²	-40.07%	2
E1.2	A/C Plant Room	Level 1	A-13	PLANT	14 m²	14 m²	20 m²	0 m²	-28.9%	2
E1.3	A/C Plant Room	Level 1	9-D	PLANT	0 m²	31 m²	20 m²	31 m²	55.49%	4
E1.4	A/C Plant Room	Level 1	A-19	PLANT	0 m²	8 m²	20 m²	8 m²	-59.75%	4
E20.25	E&M Shaft	Level 1	4-D	-	0 m²	40 m²	20 m²	40 m²	100.17%	4
E23.1	Battery Room	Level 1	A-7	PLANT	39 m²	39 m²	35 m²	0 m²	11.83%	2
E24.1	Electrical Service Room	Level 1	A-5	PLANT	0 m²	7 m²	8 m²	7 m²	-11.35%	4
E24.3	Electrical Service Room	Level 1	16-C	PLANT	19 m²	16 m²	8 m²	-4 m²	95.38%	2
E24.4	Electrical Service Room	Level 1	16-D	PLANT	0 m²	10 m²	8 m²	10 m²	26.19%	4
E27.1	Gas Bottle Room	Level 1	5-D	PLANT	0 m²	22 m²	13 m²	22 m²	69.01%	4
E27.2	Gas Bottle Room	Level 1	A-8	PLANT	20 m²	20 m²	13 m²	0 m²	54.02%	2
E27.3	Gas Bottle Room	Level 1	12-D	PLANT	0 m²	12 m²	13 m²	12 m²	-5.48%	4
E28.3	Hose Reel Storage	Level 1	A-19	PLANT	2 m²	2 m²	2 m²	0 m²	-0.34%	1
E28.4	Hose Reel Storage	Level 1	A-19	PLANT	2 m²	2 m²	2 m²	0 m²	-0.34%	1
E29.1	LV Switch Room	Level 1	6-D	PLANT	0 m²	97 m²	80 m²	97 m²	21.66%	4
E29.2	LV Switch Room	Level 1	A-11	PLANT	80 m²	80 m²	80 m²	0 m²	-0.34%	2
E37	UPS Room (E&M)	Level 1	A-6	PLANT	40 m²	40 m²	50 m²	0 m²	-20.13%	2
E9.3	Pump Sump Room	Level 1	A-9	PLANT	19 m²	19 m²	20 m²	0 m²	-6.77%	2
E9.4	Pump Sump Room	Level 1	10-D	PLANT	0 m²	8 m²	20 m²	8 m²	-59.97%	4
E9.5	Pump Sump Room	Level 1	A-18	PLANT	24 m²	15 m²	20 m²	9 m²	-25.37%	3
E9.8	Pump Sump Room	Level 1	2.3.-A.3	PLANT	0 m²	5 m²	20 m²	5 m²	-74.86%	4
M2.2	Permanent Way Store	Level 1	3-D	PLANT	0 m²	27 m²	60 m²	27 m²	-55.74%	4
M4	Signaling Battery Room	Level 1	13-D	PLANT	0 m²	46 m²	50 m²	46 m²	-8.04%	4
M5	Signaling Equipment Room	Level 1	14-D	PLANT	0 m²	75 m²	50 m²	75 m²	49.85%	4
M6.1	Service Substation	Level 1	8-D	PLANT	0 m²	67 m²	60 m²	67 m²	11.73%	4
M6.2	Service Substation	Level 1	A-10	PLANT	59 m²	59 m²	60 m²	0 m²	-1.31%	2
M7	Traction Substation	Level 1	A-14	PLANT	107 m²	107 m²	100 m²	0 m²	7.4%	2

ภาพที่ 75 รายละเอียดการตรวจสอบพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลง

2. รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง

แสดงรายชื่อห้องที่มีการกรอกข้อมูลชื่อห้องผิดพลาด โดยกำหนดให้อ้างอิงจากรหัสห้อง Room Number (ภาพที่ 76)

รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	Name Old ชื่อห้องเก่า	Name New ชื่อห้องใหม่
12.1	Cleaner	Level 1	4-B	STORE	Cleanerr	Cleaner
E1.1	A/C Plant Room	Level 1	A-9	PLANT	A/C Plant	A/C Plant Room
E24.1	Electrical Service Room	Level 1	A-5	PLANT	Electrical Service	Electrical Service Room
E9.1	Pump Sump Room	Level 1	A-4	PLANT	Pump Sump	Pump Sump Room

ภาพที่ 76 รายละเอียดการตรวจสอบรายชื่อห้อง

3. รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ

แสดงอัตราการทนไฟของห้องและชนิดของผนังห้อง ที่ได้มีการปรับแก้ไขให้ได้ตามมาตรฐานอัตราการทนไฟของโครงการ (ภาพที่ 77)

รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Grid Line กริดไลน์	Room Type ชนิดห้อง	FR Old(Hrs) ระดับทนไฟเดิม	FR New(Hrs) ระดับทนไฟใหม่	Wall Old ผนังเก่า	Wall New ผนังใหม่
1.1	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	3-D	PUBLIC	1.5	2	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM	OR_WALL_200mm:ARX
1.2	Unpaid Area / Passageway / Adit	Level 1	17-D			2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
12.1	Cleaner	Level 1	4-B	STORE	1.5	2	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM	OR_WALL_200mm:ARX
16.1	Flood-Board Storage	Level 1	11-D	PUBLIC	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
16.2	Flood-Board Storage	Level 1	11-D	PUBLIC	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
31.3	Unused Space	Level 1	A-4	-	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
31.4	Unused Space	Level 1	A-16	-	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
31.6	Unused Space	Level 1	5-D	-	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
31.7	Unused Space	Level 1	16-D	-	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)
31.8	Unused Space	Level 1	3.3-B.2	-	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
33.2	Unused Space	Level 1	5-C	-	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
33.3	Unused Space	Level 1	10-D	-	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
33.7	Unused Space	Level 1	17-C	-	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
7	Platform Area	Level 1	10-B	STAFF	1.5	1.5	OR_WALL1-165MM (W-00 ,W-08) 200MM	OR_WALL_200mm:ARX
E1.1	A/C Plant Room	Level 1	A-9	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E1.2	A/C Plant Room	Level 1	A-13	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E1.3	A/C Plant Room	Level 1	9-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E1.4	A/C Plant Room	Level 1	A-19	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E17.1	TES Fan Room	Level 1	2-C	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E17.2	TES Fan Room	Level 1	18-C	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E18.3	TES Plenum / Shaft	Level 1	1-B	-	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
E18.4	TES Plenum / Shaft	Level 1	3-B	-	1.5	2		
E18.5	TES Plenum / Shaft	Level 1	17-B	-	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
E18.6	TES Plenum / Shaft	Level 1	19-C	-	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
E20.25	E&M Shaft	Level 1	4-D	-	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
E22.1	Motor Control Center (MCC)	Level 1	3-C	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
E23.1	Battery Room	Level 1	A-7	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
E24.1	Electrical Service Room	Level 1	A-5	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E24.2	Electrical Service Room	Level 1	5-C	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E24.3	Electrical Service Room	Level 1	16-C	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E24.4	Electrical Service Room	Level 1	16-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E27.1	Gas Bottle Room	Level 1	5-D	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
E27.2	Gas Bottle Room	Level 1	A-8	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL_200mm:ARX	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)
E27.3	Gas Bottle Room	Level 1	12-D	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
E29.1	LV Switch Room	Level 1	6-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E29.2	LV Switch Room	Level 1	A-11	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E37	UPS Room (E&M)	Level 1	A-6	PLANT	1.5	1.5	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL1-190MM (W-11 ,W-11)
E9.1	Pump Sump Room	Level 1	A-4	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.2	Pump Sump Room	Level 1	4-C	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.3	Pump Sump Room	Level 1	A-9	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.4	Pump Sump Room	Level 1	10-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.5	Pump Sump Room	Level 1	A-18	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.6	Pump Sump Room	Level 1	17-A'	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
E9.8	Pump Sump Room	Level 1	2.3.-A.3	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-00)	OR_WALL_200mm:ARX
M2.1	Permanent Way Store	Level 1	A-2	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
M2.2	Permanent Way Store	Level 1	3-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
M4	Signaling Battery Room	Level 1	13-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
M5	Signaling Equipment Room	Level 1	14-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
M6.1	Service Substation	Level 1	8-D	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX
M6.2	Service Substation	Level 1	A-10	PLANT	1.5	2	OR_WALL1-190MM (W-00 ,W-11)	OR_WALL_200mm:ARX

ภาพที่ 77 รายละเอียดการตรวจสอบอัตราการทนไฟ

4. รายละเอียดห้องที่หายไป

แสดงข้อมูลรายละเอียดของห้องที่มีอยู่ในโมเดลเดิมแต่ไม่มีอยู่ในโมเดลใหม่ (ภาพที่ 78)

รายละเอียดห้องที่ถูกลบออกไป

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น	Area พื้นที่
7	Platform Area	Level 1	1448 m²

ภาพที่ 78 รายละเอียดห้องที่หายไป

5. รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง

แสดงข้อมูลรหัสห้องที่ไม่มีอยู่ในโครงการหรือกรอกข้อมูลผิด (ภาพที่ 79)

รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง

Room Number รหัสห้อง	Room Name ชื่อห้อง	Level ระดับชั้น
45454xx	Vending Machine (TVM.)	Level 1

ภาพที่ 79 รายละเอียดห้องที่รหัสห้องไม่ถูกต้อง

4.3 สรุปผลการทดสอบใช้งานโปรแกรมเสริมและข้อเสนอแนะ

การคัดเลือกผู้ทดสอบและสัมภาษณ์มีการกำหนดคุณสมบัติ รายละเอียดผู้ที่ได้รับการสัมภาษณ์และทดสอบโปรแกรมเสริม แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้ (ตารางที่ 20-22)

ตารางที่ 20 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	วิศวกรเครื่องกล	บริษัท ไทยคาจิมา จำกัด
2	วิศวกรเครื่องกล	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
3	สถาปนิก	บริษัท A103 จำกัด
4	สถาปนิก	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
5	สถาปนิกอาวุโส	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 21 ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	ผู้จัดการงานแบบ 3 มิติ	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)
2	สถาปนิก	บริษัท อินเตอร์ลิ้งค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)
3	สถาปนิก	บริษัท อินเตอร์ลิ้งค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)
4	วิศวกรโยธา	สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
5	สถาปนิก	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 22 ทีมงาน Modeler /Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	ผู้จัดการงานแบบ 3 มิติ	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
2	ผู้ประสานงานแบบ 3 มิติ	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
3	ผู้ประสานงานแบบ 3 มิติ	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด
4	ผู้สร้างแบบ 3 มิติ (AR/ST)	บริษัท ทีม คอนสตรัคชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)
5	ผู้สร้างแบบ 3 มิติ (AR/ST)	บริษัท วิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด

กลุ่มที่ 1 ผลการสัมภาษณ์และทดสอบโปรแกรมเสริม (ทีมงานสถาปนิก/วิศวกรประจำโครงการ)

- เครื่องมือทำออกมาได้ดีเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของทีมงานสถาปัตยกรรม เอกสารสามารถนำไปใช้งานได้จริง สิ่งที่ควรพัฒนาต่อไปคือการแก้ไขโมเดลผนัง ฝ้า พื้น และวัตถุอื่นๆ ของงานสถาปัตยกรรมที่ใช้ในโครงการ สามารถเลือกจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ตรวจสอบต่อไป จะเป็นการพัฒนาต่อยอดโปรแกรมเสริมต่อไป
- โปรแกรมทำออกมาเป็นประโยชน์ต่อการทำงานมาก แต่อยากให้เพิ่มเครื่องมือช่วยเหลืองานสถาปัตยกรรม ในการเช็คผนังช่องเปิดของงานระบบ เพื่อแจ้งให้ทราบถึงตำแหน่งและระยะช่องเปิดโดยรอบอาคารและภายในอาคาร อาจเป็นการเพิ่มเติมฟังก์ชันเสริมขึ้นอีกจุด
- ภาพรวมของโปรแกรมทำออกมาได้ดี มีประโยชน์ต่อการทำงาน ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน อยากให้เพิ่มการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสูงของห้อง ระดับฝ้าภายในห้อง และตำแหน่งอื่นๆ ในงานสถาปัตยกรรม
- โปรแกรมเสริมออกแบบได้ดี ใช้งานง่าย แต่โปรแกรมยังสามารถต่อยอดอยากให้เพิ่มเติมเครื่องมือในส่วนของงานสถาปัตยกรรม อยากให้พัฒนาการทำข้อมูลวัสดุ Material ที่ใช้ในโครงการ อยากได้เครื่องมือช่วยกำหนดข้อมูลวัสดุ Material ที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรม อาทิ ชนิดผนัง พื้น ฝ้า ประตู หน้าต่างและงานภายในอื่นๆ เพื่อต่อยอดในตอนรีวิวโมเดล จะได้ภาพและข้อมูลที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
- ภาพรวมของโปรแกรมทำออกมาได้ดี มีประโยชน์ต่อการทำงาน ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน อนาคตสามารถพัฒนาต่อยอดเครื่องมือให้ช่วยเหลืองานสถาปัตยกรรมในการออกแบบงานให้มีรูปแบบอาคารที่หลากหลาย เพื่อใช้ในการนำเสนองาน

กลุ่มที่ 2 ผลการสัมภาษณ์และทดสอบโปรแกรมเสริม (ทีมงานสถาปนิก/วิศวกร บุคคลภายนอก)

- การทำงานของโปรแกรมเสริมดีมาก ออกแบบโปรแกรมได้ดี แต่ควรพัฒนาต่อถ้าเกิดมีการนำไปใช้ในงานโครงการขนาดใหญ่ขึ้น โปรแกรมเสริมชิ้นนี้จะมีความสำคัญมาก

ข้อเพิ่มเติม อยากให้เครื่องมือช่วยเพิ่มฟังก์ชันในการรีวิวโมเดล จากการตรวจสอบตำแหน่งต่างๆ ให้บันทึกตำแหน่งและสามารถเลือกดูโมเดลในตำแหน่งที่เราตรวจสอบได้ จะช่วยให้งานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

- ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานมากขึ้น หลังจากได้ทดสอบโปรแกรมเสริม โปรแกรมทำออกมาได้ดี ซึ่งโปรแกรมเสริมสามารถต่อยอดเพิ่มฟังก์ชันในการออกแบบให้มากขึ้น โดยแยกหมวดหมู่เป็นอาคารประเภทไหน และข้อกำหนดตามกฎหมายของประเทศไทย ตามรูปแบบอาคารของโครงการภายในประเทศ
- มีรูปแบบการทำงานที่เข้าใจง่าย มีความรวดเร็วในการตรวจสอบโมเดล อยากให้เพิ่มเติมเครื่องมือช่วยงานสถาปัตยกรรม อยากให้พัฒนาการทำข้อมูลวัสดุ Material ที่ใช้ในโครงการ อยากได้เครื่องมือช่วยกำหนดข้อมูลวัสดุ Material ที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรม อาทิ ชนิดผนัง พื้น ฝ้า ประตู หน้าต่างและงานภายในอื่นๆ เพื่อต่อยอดในตอนรีวิวโมเดล จะได้ภาพและข้อมูลที่สมบูรณ์
- โปรแกรมทำออกมาได้ดี มีประโยชน์ต่อการทำงาน ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน อยากได้เครื่องมือที่ช่วยเหลือการทำโมเดลในช่วง As-Built ที่จะต้องกรอกข้อมูลเกี่ยวกับโมเดลจำนวนมาก อยากได้เครื่องมือช่วยเหลือและถอดปริมาณของงานได้อย่างสมบูรณ์
- เป็นเครื่องมือที่ดี ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน อยากได้เครื่องมือที่ช่วยในการเขียนงานโมเดล การปั้นโมเดลมีเครื่องมือที่ใช้งานยาก เพื่อนำมาใช้งานเป็นโมเดลพื้นฐาน และต่อยอดในการพัฒนาโมเดลของงานสถาปัตยกรรมและงานต่างๆ ที่ใช้ในโครงการต่อไป

กลุ่มที่ 3 ผลการสัมภาษณ์และทดสอบโปรแกรมเสริม (Modeler / Draftsman ผู้ใช้งานโปรแกรมเสริม)

- จากการทดสอบโปรแกรมเสริมเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน แต่ยังอยากได้เครื่องมือที่ช่วยในงานสถาปัตยกรรม การรีวิวภาพ 3 มิติ เข้าไปด้วยเพื่อการเอาไปใช้งานที่หลากหลาย โดยเพิ่มเติมประกอบในเอกสาร จะช่วยในการทำภาพพรีเซ็น
- โปรแกรมทำออกมาได้ดี ช่วยลดระยะเวลาการทำงานได้จริง อยากให้เครื่องมือฟรีแบบนี้ เข้ามาช่วยเกี่ยวกับเอกสารข้อมูลสามารถจัดการกับ Category และ Parameter ของโมเดลสถาปัตยกรรม สามารถเลือกปรับเปลี่ยน Category และ Parameter ที่ใช้ในเอกสารได้ จะเป็นการพัฒนาต่อที่ดีขึ้นต่อไป
- โปรแกรมเสริม ใช้งานง่าย ช่วยลดเวลาการทำงานได้ แต่ยังมีความต้องการเครื่องมือช่วยในการเขียนท่องานระบบ MEP ให้เป็นไปตามมาตรฐานโครงการ เพื่อใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์งานระบบต่อไปในอนาคต
- โปรแกรมทำออกมาได้ดี มีส่วนช่วยในการทำงาน ช่วยลดเวลาการทำงานได้ อยากให้เพิ่มเติมเครื่องมือที่ช่วยในการทำโมเดลของชิ้นงานต่างๆ ที่มีขั้นตอนการทำที่ยาก

- ภาพรวมของโปรแกรมทำออกมาได้ดีเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน ช่วยลดเวลาการทำงานได้ สิ่งที่อยากให้เพิ่มเติมคือการตรวจสอบกับโมเดลในโครงการใหญ่ จะมีการนำเข้า Link Model งานอื่นๆ เข้ามาเพิ่มเติมหลายระบบ การตรวจสอบควรคลอบคลุมในทุกๆ พื้นที่และทุก Model ที่ได้รับผลกระทบ จึงอยากให้โปรแกรมเสริม สามารถตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อต่อยอดโปรแกรมเสริมต่อไป

4.4 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแบบด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่

การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแบบสถาปัตยกรรมด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่ที่ใช้โปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้น ในการตรวจแบบอาคารจำนวน 3 สถานี โดยทั้ง 3 สถานีมีรูปแบบอาคารใกล้เคียงกัน ทำให้การทดสอบได้ค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละสถานีแตกต่างกันไม่มาก

การตรวจสอบแบบมี 4 ขั้นตอน การหาตำแหน่งห้อง การหาขนาดห้อง การตรวจค่าอัตราการทนไฟของผนัง และจัดเอกสาร Report ซึ่งได้ผล ดังนี้ (ตารางที่ 23)

- วิธีการเดิม การทดสอบจำนวน 3 สถานี ใช้เวลาที่ 51 ชั่วโมง (เฉลี่ย 17 ชั่วโมงต่อสถานี)
- วิธีการใหม่ การทดสอบจำนวน 3 สถานี ใช้เวลาที่ 45 นาที (เฉลี่ย 15 นาทีต่อสถานี)

ตารางที่ 23 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาการตรวจสอบแบบด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่

ปัญหา	วิธีการเดิม			วิธีการใหม่
	สถานี (ชั่วโมง)			สถานี (ชั่วโมง)
	OR 13	OR 14	OR 15	OR 13 - 15
การหาตำแหน่งห้อง	5	4	6	ประมาณ 15 นาทีต่อสถานี
การหาขนาดห้อง	5	4	6	
การตรวจค่าอัตราการทนไฟของผนัง	4	3	5	
การจัดการเอกสาร Report	4	3	4	
รวมชั่วโมงการทำงานต่อ 1 สถานี	18	14	19	0.25 x 3
รวมชั่วโมงการทำงานต่อ 3 สถานี	51			0.75
ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงาน	3060 นาที			45 นาที

สรุปผลการทดสอบพบว่าวิธีการใหม่มีการทำงานที่รวดเร็วกว่าการทำงานด้วยวิธีการเดิม ทำให้งานวิจัยนี้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายและเป็นประโยชน์ต่อการทำงานต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทนี้เป็นการสรุปผลการศึกษาพัฒนาโปรแกรมเสริม และผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรม พร้อมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

5.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมเสริม

กรณีศึกษางานโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีส้ม พบว่าในช่วงพัฒนาแบบ (Design Development) แบบก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมมีการปรับแบบภายในอาคารบ่อยครั้ง ในการตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรม เพื่อรายงานผลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบ เช่น วิศวกร ผู้ออกแบบงานระบบ ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบแบบค่อนข้างนาน จึงมีความจำเป็นต้องสร้างโปรแกรมเสริม เพื่อช่วยให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเสริม โดยใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) ร่วมกับโปรแกรม Autodesk Revit API (Application Programming Interface) ในการสร้างชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรม Revit โดยความสามารถของโปรแกรมเสริมที่ใช้กับโปรแกรม Revit มีดังนี้

1. ผู้ใช้งานสามารถทราบรายละเอียดของงานสถาปัตยกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ชื่อห้อง ตำแหน่งของห้อง และขนาดของห้อง โดยการแสดงด้วยสีบริเวณพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงในแบบและในส่วนของเอกสารรายงานผล
2. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบขนาดของพื้นที่ห้องที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่ห้องตามมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบของโครงการฯ
3. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบอัตราการทนไฟของผนังห้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของโครงการฯ และปรับแก้ไขประเภทของผนังให้ได้ตามมาตรฐานการกันไฟ
4. ผู้ใช้งานสามารถสร้างข้อมูลเอกสารรายงานผลแสดงรายละเอียดของแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามที่กำหนด

5.2 ผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรม

เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบการปรับเปลี่ยนแบบสถาปัตยกรรมด้วยวิธีการเดิมและวิธีการใหม่โดยการใช้โปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้น จากการทดสอบพบว่าวิธีการใหม่มีการทำงานที่รวดเร็วกว่าการทำงานด้วยวิธีการเดิม มีรายละเอียดดังนี้

- วิธีการเดิม การทดสอบจำนวน 3 สถานี ใช้เวลาที่ 51 ชั่วโมง (เฉลี่ย 17 ชั่วโมงต่อสถานี)
- วิธีการใหม่ การทดสอบจำนวน 3 สถานี ใช้เวลาที่ 45 นาที (เฉลี่ย 15 นาทีต่อสถานี)

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้น มีดังนี้

1. เพิ่มเติมการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความสูงของห้อง โดยสามารถตรวจสอบความสูงและระดับฝ้าเพดานของห้องภายในอาคารให้ได้ตามมาตรฐานการใช้งาน

2. เพิ่มเติมให้สามารถดูโมเดลสามมิติประกอบได้ และบันทึกภาพโมเดลสามมิติมาประกอบในเอกสารรายงาน

3. การใช้ Room BoundingBox ในการตรวจสอบการย้ายตำแหน่งของห้อง ในกรณีที่ห้องปรับเปลี่ยนจากห้องสี่เหลี่ยม เป็นห้องรูปร่างอื่น เช่น รูปตัวแอล (L) อาจทำให้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของห้องไม่ได้ จึงควรพัฒนาวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนตำแหน่งให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

National Fire Protection Association (NFPA). (2003). **NFPA 101 Life Safety Code.** Quincy, MA: NFPA.

National Fire Protection Association (NFPA). (2007). **NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit.** Quincy, MA: NFPA.

National Fire Protection Association (NFPA). (2007). **Building Construction and Safety Code.** Accessed September 16, 2021. Available from https://www.nfpa. org/codes-and- standards/ all- codes- and- standards/ list- of- codes- and- standards/ detail?code=5000

ยุทธนา คงคารัตน์. (2563). "การพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อตรวจสอบการติดตั้งอุปกรณ์ระบบดับเพลิงตามมาตรฐานทางการออกแบบ" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2544). **โครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก สายสีน้ำเงิน**. เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2565. เข้าถึงได้จาก http://eiadoc.onep.go.th/eia/MM36.pdf

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2560). **BIM AGATE Consortium *2560.*** เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2565. เข้าถึงได้จาก https://mrta-orangelineeast.com/th/background

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2561). **รายละเอียดโครงการโครงสร้างงานโยธา.** เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2565. เข้าถึงได้จาก https://mrta-orangelineeast.com/th/structure

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2561). **มาตรการความปลอดภัยภายในสถานีและอุโมงค์.** เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://www.geocities.ws/railsthai/n12.htm

สุชาติ ศิริทาวรจันทร์. (2549). **ข้อคิดเห็นเพื่อปรับปรุงการออกแบบรถไฟฟ้าใต้ดินในอนาคต บทความวิชาการชุดที่ *11.*** เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2564. เข้าถึงได้จาก *https://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-11/11%20-%2003.pdf*

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นาย ธนเพิ่ม นะวะบุตร

วัน เดือน ปี เกิด 11 เมษายน 2537

สถานที่เกิด โรงพยาบาลธนบุรี 2

วุฒิการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต
สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาออกแบบ
วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม

ที่อยู่ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร