การพัฒนาโปรแกรมสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติ

นายจักรวาล พิมพ์พิทักษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2560

DEVELOPMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING PROGRAM FOR 3D REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

Jakkawal Pimpitak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2017

การพัฒนาโปรแกรมสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.มงคล จิรวัชรเดช)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.จักษดา ธำรงวุฒิ)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จักรวาล พิมพ์พิทักษ์ : การพัฒนาโปรแกรมสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติ (DEVELOPMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING PROGRAM FOR 3D REINFORCED CONCRETE STRUCTURE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จิรวัชรเดช, 161 หน้า

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการสร้างโมเดลสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) โปรแกรมถูกพัฒนาเป็นส่วนขยายทำงานในโปรแกรมสร้างโมเดลสามมิติ SketchUp โดยใช้ชุดคำสั่งภาษา Ruby โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมีความสามารถในการออกแบบ, สร้างโมเดลสามมิติ และคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กอันได้แก่ พื้น, คาน และ เสา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JAKKAWAL PINPITAK : DEVELOPMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING PROGRAM FOR 3D REINFORCED CONCRETE STRUCTURE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. MONGKOL JIRAVACHARADET, Ph.D., 161 PP.

BUILDING INFORMATION MODEL/SKETCHUP/RUBY SCRIPT/REINFORCED CONCRETE MEMBERS

This thesis presents the development of a program to create a building information model. The program is developed as an extension in a 3D modeling SketchUp program by using a script command in Ruby language. The developed program capabilities are design, 3D modeling and material quantities take-off of the reinforced concrete members such as slab, beam and column.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Civil Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่อไปนี้ ที่ได้ช่วยชี้แนะให้คำปรึกษา รวมถึงให้การช่วยเหลืออย่างดีเสมอมา ไม่ว่าจะเป็นการให้ความรู้ให้และแนะนำสิ่งที่ถูกต้องจนงานงานวิจัยนี้สามารถริเริ่ม และลุล่วงไปได้ด้วยดีเสมอมา ก่อนอื่นข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและครอบครัวที่ให้การสนับสนุนอบรมสั่งสอนให้ความรู้ด้วยดีเสมอมา

ข้าพขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มงคล จิรวัชรเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ถ่ายทอดวิชาความรู้ แนวคิด เป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิต และให้คำปรึกษาเรื่องงานวิจัยตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขปัญหาและชี้แนะให้วิทยานิพนธ์ดำเนินการจนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักษดา ธำรงวุฒิ กรรมการ ที่กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและประสบการณ์ ให้แนวคิด ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร เจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะและช่วยเหลือจนกระทั่งการทำวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

จักรวาล พิมพ์พิทักษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและแนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 5

2.2 แบบจำลองและแนวคิดการขึ้นรูปสามมิติโดยโปรแกรม Sketch Up 10

2.3 หลักการพื้นในการเขียนExtension เพื่อใช้ในโปรแกรม Sketch Up 13

2.4 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา “Ruby” 20

2.5 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา “HTML” 22

2.6 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา “Java Script” 26

2.7 หลักการและทฤษฎีการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก 27

2.8 หลักการและทฤษฎีการจัดการต้นทุนโครงการจากการประมาณราคา 67

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 70

3 วิธีการดำเนินการ

3.1 บทนำ 73

3.2 ทดสอบการเขียนภาษา Ruby บน Text Editorโปรแกรม Sublime Text 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ทดสอบการใช้Ruby Console บนโปรแกรม Sketch up 82
3.4 ทดสอบการใช้ “Sketch up Ruby API” ด้วย Ruby Script เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรม Sketch up 84
3.5 ทดสอบการเขียน Extension บนโปรแกรม Sketch up ด้วย Ruby script 87
3.6 ศึกษาการเขียน HTML 5 บนเว็บเบราว์เซอร์ 99
3.7 ทดสอบการเขียน Java Script ให้สามารถคำนวณค่าต่างๆบน HTML5 ได้ 103
3.8 ทดสอบ Extension ที่เขียนด้วย Ruby Script ให้สามารถทำงานร่วมกับ Web Dialogs ที่เขียนด้วย HTML 5 ได้ 105
3.9 ทดสอบ Extension ที่เขียนขึ้นให้สามารถออกแบบและถอดปริมาณงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้ 107

4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบ 109
4.2 ผลการวิเคราะห์ 143

5 บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย 144
5.2 ข้อเสนอแนะ 145

รายการอ้างอิง 147

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 149

ประวัติผู้เขียน 161

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 อัตรากำลังอัดของคอนกรีตตามอายุการบ่ม 31
2.2 ชั้นคุณภาพของคอนกรีต 32
2.3 ชั้นคุณภาพของคอนกรีตตามท้องตลาดในหน่วยเมตริก 33
2.4 ชื่อขนาด ขนาดระบุ และมวลระบุของเหล็กเส้นกลม 33
2.5 คุณสมบัติเชิงกลในการรับแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย 34
2.6 ชื่อขนาด ขนาดระบุ และมวลระบุของเหล็กเส้นข้ออ้อย 34
2.7 ขนาดเหล็กเส้นตามมาตรฐานอเมริกัน 35
2.8 ระยะหุ้มคอนกรีตน้อยที่สุด 36
2.9 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของวงโค้งที่ดัด 37
2.10 ขนาดในการดัดงอขอแนะนำสำหรับเหล็กเส้นขนาดต่างๆ 38
2.11 ขนาดในการดัดงอขอแนะนำสำหรับเหล็กปลอกขนาดต่างๆ 39
2.12 ความกว้างคานน้อยสุด (ซม.) 46
2.13 ความหนาต่ำสุดของพื้นทางเดียว 52
2.14 อัตราส่วนเหล็กเสริมต้านการหดตัวน้อยที่สุดในแผ่นพื้น 53
2.15 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C) 56
2.16 ระยะคอนกรีตหุ้มน้อยที่สุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 อธิบายแนวคิดของBIM 1
2.1 หลักการทำงานร่วมกันของวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมภายใต้ระบบBIM 5
2.2 การนำ BIM ไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคาร 7
2.3 การเปรียบเทียบการออกแบบระบบเก่าและBIM 8
2.4 แสดงสัดส่วนร้อยละของระยะเวลาในแต่ละช่วงของขั้นตอนการทำงานด้วยระบบ BIM Project เทียบกับ CAD Project 9
2.5 การนำ BIM ไปใช้เพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป 9
2.6 รูปแสดงสัญลักษณ์โปรแกรมSketch up 10
2.7 การนำโปรแกรมSketch up มาสร้างแบบ3มิติ 11
2.8 รูปแบบแนวคิดการขึ้นรูปของSketch up 12
2.9 รูปแสดงเว็บไซท์แหล่งรวม Application Programming Interface ของโปรแกรมSketch up 13
2.10 รูปแสดงหลักการทำงานของ API 15
2.11 รูปแสดงหลักการทำงานของ Module 15
2.12 รูปแสดงหลักการทำงานของ Observable & Observer 16
2.13 รูปแสดงแนวคิดหลักการทำงานของ Class 18
2.14 รูปแสดงสัญลักษณ์ภาษา Ruby 20
2.15 รูปYukihiro “Matz” Matsumotoผู้สร้างภาษา Ruby 20
2.16 รูปแสดงตัวอย่างการเขียนภาษา Ruby 22
2.17 รูปแสดงสัญลักษณ์HTML 23
2.18 รูปแสดงการใช้งานโปรแกรม Sublime Text 25
2.19 รูปแสดงสัญลักษณ์ภาษา Java Script 26
2.20 รูปแสดงเว็บแอปพลิเคชั่นโดยภาษา Java Script 28
2.21 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทดสอบแรงอัดแบบทรงกระบอกและสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ 30
2.22 ผลของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อกำลังอัดและกำลังดึงคอนกรีต 31
2.23 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดในคอนกรีต 32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.24 ระยะห่างน้อยที่สุดระหว่างเหล็กเสริม 35
2.25 การงอขอมาตรฐาน 180° 36
2.26 การงอฉากมาตรฐาน 90° 37
2.27 การงอขอส่วนปลายยื่นของเหล็กปลอก 38
2.28 ระยะส่วนปลายยื่นน้อยที่สุดของเหล็กปลอก 39
2.29 หน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้การดัด 40
2.30 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคาน 41
2.31 ค่า β_1 ที่กำลังอัดคอนกรีต f'_c ค่าต่างๆ 41
2.32 ระยะในการคำนวณความกว้างคานน้อยที่สุด 45
2.33 พื้นทางเดียวรับน้ำหนักบรรทุก 48
2.34 การพิจารณาพื้นทางเดียว 49
2.35 พื้นทางเดียวรับน้ำหนักบรรทุก 49
2.36 แถบพื้นทางเดียวกว้าง 1 เมตร 50
2.37 เหล็กเสริมในพื้น RB9 @ 0.20 m 51
2.38 ระบบพื้นทางเดียวและสองทาง 53
2.39 พื้นสองทางบนขอบรองรับช่วงเดี่ยว 54
2.40 ความหนาน้อยที่สุดของพื้นสองทาง 54
2.41 ความลึกประสิทธิผลสำหรับเหล็กทางด้านสั้นและด้านยาว 55
2.42 การแบ่งแถบกลางและแถบเสาในพื้นสองทาง 56
2.43 ความต่อเนื่องของพื้นลักษณะต่างๆ 57
2.44 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสองทางลงสู่คานรองรับโดยรอบ 58
2.45 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นลงคานด้านสั้นและด้านยาว 58
2.46 รูปแบบรายละเอียดการเสริมเหล็กในด้านสั้นและด้านยาว 59
2.47 เหล็กเสริมพิเศษที่มุมนอกพื้นสองทาง 60
2.48 ชนิดของเสา 61
2.49 เหล็กเสริมน้อยที่สุดในหน้าตัดเสา 61
2.50 รูปแบบการจัดวางเหล็กยืนและเหล็กปลอกในหน้าตัดเสา 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.51 ตัวอย่างตารางแสดงแบบรายละเอียดหน้าตัดเสา 63
2.52 กำลังของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกน 63
2.53 รายละเอียดการใส่ปลอกเดี่ยว 63
3.1 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย 73
3.2 แผนงานดำเนินงานวิจัย 74
3.3 แสดงหน้าต่างโปรแกรมSublimetext 75
3.4 แสดงผลบนแถบConsole ที่ยังไม่ลงpath 75
3.5 แสดงผลหน้าเว็บไซท์โปรแกรม RubyInstaller และผลบนแถบ Console ที่ยังไม่ติดตั้ง path 76
3.6 แสดงผลการคำนวณแบบ Integer 77
3.7 แสดงผลการคำนวณแบบ Floating-Point 78
3.8 แสดงผลการคำนวณแบบชุดคำสั่งสมการ 78
3.9 แสดงผลการคำนวณแบบกลุ่มคำ 79
3.10 แสดงผลตำแหน่งค่าของกลุ่มคำ 80
3.11 แสดงผลตัวอย่างArrays 81
3.12 แสดงผลตัวอย่างการเขียนRuby 82
3.13 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console 82
3.14 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console7 ในการโหลดโปรแกรมหรือตรวจสอบความถูกต้องของ Ruby Script 83
3.15 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console ในการแจ้งเตือนError 84
3.16 แผนผัง SketchUp Ruby API Classes 85
3.17 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI.messagebox 86
3.18 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI.inputbox 86

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.19 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ให้อ่านค่าเส้นที่เขียนขึ้น 87

3.20 แสดงการทดสอบ Extension เมนูหลัก Express Structure 88

3.21 แสดงการทดสอบ Extension เมนูหลัก Grid System 88

3.22 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าจำนวนชั้น 89

3.23 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าความสูงชั้นแต่ละชั้น 89

3.24 แสดงการทดสอบ Extensionด้วยคำสั่ง Spacing grid X เพื่อรับค่าจำนวนเส้นในแนวแกนX 90

3.25 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Spacing grid X เพื่อรับค่าระยะห่างระหว่างเส้น 90

3.26 แสดงการทดสอบ Extensionด้วยคำสั่ง Spacing grid Y เพื่อรับค่าจำนวนเส้นในแนวแกนY 91

3.27 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Spacing grid Y เพื่อรับค่าระยะห่างระหว่างเส้น 91

3.28 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw grid data เพื่อทำการวาดเส้นกริดจากข้อมูลที่ได้มา 92

3.29 แสดงการทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Beam 92

3.30 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคานโดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดคาน 93

3.31 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคานโดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดคาน 93

3.32 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคาน 94

3.33 แสดงการทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Column 94

3.34 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสาโดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดเสาและกำหนดทิศทางรับการดัด 95

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.35 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสาโดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดเสา 95

3.36 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสา 96

3.37 แสดงการทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Slab 96

3.38 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้นโดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดพื้น 97

3.39 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้นโดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดพื้น 97

3.40 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้น 98

3.41 แสดงการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง BOQ เพื่อทำการถอดปริมาณวัสดุ 98

3.42 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณคานด้วย HTML5 บน Web browser 99

3.43 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณคานด้วย HTML5 บน Web browser 100

3.44 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณเสาด้วย HTML5 บน Web browser 100

3.45 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณเสาด้วย HTML5 บน Web browser 101

3.46 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณพื้นด้วย HTML5 บน Web browser 101

3.47 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณพื้นด้วย HTML5 บน Web browser 102

3.48 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย HTML5 บน Web browser 102

3.49 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย HTML5 บน Web browser 103

3.50 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณคานด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser 103

3.51 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณเสาด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser 104

3.52 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณพื้นด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser 104

3.53 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser 105

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.54 แสดงผลรายการคำนวณคานด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up 105
3.55 แสดงผลรายการคำนวณเสาด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up 106
3.56 แสดงผลรายการคำนวณพื้นด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up 106
3.57 แสดงผลรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up 107
3.58 แผนผังทดสอบ Extension 108
4.1 แสดงไฟล์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างExtension 110
4.2 แสดงแบบแปลนบ้านชั้น 1 110
4.3 แสดงแบบแปลนบ้านชั้น 2 111
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับคาน B1 และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม Etabs2016 113
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับคาน B1และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม Etabs2016 113
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับคาน B2 และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม Etabs2016 114
4.7 แสดงผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับคาน B2 และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม Etabs2016 114
4.8 แสดงผลการวิเคราะห์แรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นกับตอม่อ C1 โดยโปรแกรม Etabs2016 115
4.9 แสดงผลการวิเคราะห์แรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นกับเสา C2 โดยโปรแกรม Etabs2016 115
4.10 แสดงผลการออกแบบเหล็กเสริมตอม่อและเสา C1,C2 โดยโปรแกรม Etabs2016 116
4.11 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับพื้น S1,S2 และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม SAFE 2016 116
4.12 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับพื้น S1,S2 และผลการออกแบบเหล็กเสริม โดยโปรแกรม SAFE 2016 117
4.13 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าความสูงของเส้นกริดแต่ละชั้น 118

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.14 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Spacing grid X เพื่อรับค่าความกว้างของเส้นกริดแต่ละเส้น ในแนวแกน X 119

4.15 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Spacing grid Y เพื่อรับค่าความกว้างของเส้นกริดแต่ละเส้น ในแนวแกน Y 119

4.16 แสดงผลการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw grid data เพื่อทำการวาดเส้นกริด 120

4.17 แสดงผลการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก B1 121

4.18 แสดงผลการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก B2 122

4.19 แสดงผลการออกแบบเสาตอม่อคอนกรีตเสริมเหล็ก C1 123

4.20 แสดงผลการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก C2 124

4.21 แสดงผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก S1 125

4.22 แสดงผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก S2 126

4.23 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการ ขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย 127

4.24 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1 128

4.25 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคาร ที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 128

4.26 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการ ขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย 129

4.27 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2 129

4.28 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคาร ที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 130

4.29 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย 131

4.30 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1 131

4.31 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคาร ที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 132

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.32 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย 133

4.33 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2 133

4.34 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 134

4.35 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวทแยงมุมที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเพื่อคำนวณหาด้านสั้นด้านยาว 135

4.36 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1 135

4.37 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 136

4.38 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวทแยงมุมที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเพื่อคำนวณหาด้านสั้นด้านยาว 137

4.39 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2 137

4.40 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว 138

4.41 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเขียนพื้นที่บริเวณรอบบ้านและผนัง ประตู หน้าต่าง 139

4.42 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น แบบX-Ray เพื่อแสดงเหล็กเสริมคอนกรีต ที่เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ 138

4.43 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ 139

4.44 แสดงผลรายการปริมาณวัสดุและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากโมเดลสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ 141

4.45 แสดงผลรายการปริมาณวัสดุและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากโมเดลสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่เสร็จเรียบร้อยโดยสามารถ Print เป็นไฟล์ PDF ได้ 142

2D DRAWINGS
INTELLIGENT INPUT
SPECIFICATIONS
3D VISUALIZATION
BUILDING ANALYSIS
BIM Model
COORDINATED OUTPUT
SCHEDULES
QUANTITY TAKE-OFF
PRODUCTION DETAILS
CLASH DETECTION

นิยามของ BIM “พื้นฐานของการสร้างแบบจำลองคือการร่วมมือกันของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholder) เช่น เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมา ในทุกช่วงเวลาก่อสร้าง เพื่อเพิ่มเติม คัดลอก ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงข้อมูลในกระบวนการก่อสร้างรวมถึงสนับสนุนการใช้งาน สารสนเทศของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง”

Sketch up เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุสามมิติ การแสดงผลของแบบก่อสร้างสองมิติแบบดั้งเดิมค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบสามมิติมากในเรื่องความครบถ้วนและความสะดวกในการอ่านแบบ โปรแกรม Sketch up สามารถแสดงผลเป็นแบบสามมิติเพื่อทำให้แบบก่อสร้างมีความชัดเจนและเข้าใจแบบได้ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบก่อสร้างที่เป็นรายละเอียดของจุดต่างๆซึ่งมีความเข้าใจได้ยาก ก็จะมีความชัดเจนมากขึ้นประกอบกับการพัฒนาโปรแกรมสามมิติคอมพิวเตอร์กราฟิกเริ่มเป็นที่นิยมในการออกแบบงานก่อสร้างอาคาร การใช้คอมพิวเตอร์สร้างภาพจำลอง Sketch up เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุสามมิติให้มีความสามารถการใช้ภาษา “Ruby Script” เพื่อช่วยสร้างแบบจำลองได้ภาษา “Ruby Script” ในโปรแกรม “Sketch up” ทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนส่วนเสริม Extensionเพิ่มความสามารถในการทำงานของโปรแกรมได้ ซึ่งข้อได้เปรียบของการเขียนสคริปต์ในการสร้างแบบจำลอง สามมิติ และคำสั่งในการควบคุมโปรแกรม“Sketch up” คือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า “Ruby” ซึ่งเป็นภาษาเชิงวัตถุ(Object Oriented Programming)ในลักษณะอินเทอร์พรีเตอร์ ความหมายคือ แปลผลทีละบรรทัด ร่วมกับ “Sketch up API” เพื่อทำการควบคุมโปรแกรม “Sketch up” รหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรม “Sketch up” จะถูกเรียกว่าสคริปต์ รหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโปรแกรมในรูปแบบ Text File หรืออาจเรียกว่า “Ruby Script” เพราะถูกเขียนด้วยพื้นฐานโครงสร้างภาษา Ruby “Sketch up Ruby API” เป็น API (Application Programming Interface) ที่ติดตั้ง อยู่ในโปรแกรม “Sketch up” เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือนักพัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนสคริปต์เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรมนอกเหนือไปจากคำสั่งพื้นฐาน เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของโปรแกรม “Sketch up” ควรใช้เครื่องมือหรือซอฟท์แวร์สำหรับช่วยในการเขียนสคริปต์ที่เรียกว่าโปรแกรม Text Editor ที่มีความสามารถในการสนับสนุนการทำงานที่เอื้อต่อการเขียนหรือแก้ไขสคริปต์ซึ่งประกอบด้วยรหัสคำสั่งที่มีความสลับซับซ้อนได้ดีขึ้น

ข้อดีของพัฒนาการทำงานด้วยระบบ BIMร่วมกับโปรแกรมSketch upทำให้ขั้นตอนการออกแบบ สามารถควบคุมกระบวนการต่างๆให้มีความสอดคล้องและถูกต้อง โดยการกำหนดข้อมูลองค์อาคาร สามารถตรวจสอบผลกระทบของงาน ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนก่อนไปดำเนินการก่อสร้าง และด้วยคุณสมบัติของการทำงาน ด้วยระบบ BIM ทำให้ข้อมูลที่ได้ มีความถูกต้องครบถ้วนทั้งในเรื่องของการถอดแบบราคาและปริมาณวัสดุสำหรับงานก่อสร้าง และที่สำคัญช่วยลด

ปัญหาในการแก้ไขแบบ ลดระยะเวลา หรือข้อผิดพลาดต่างๆได้ นอกจากนี้ BIM ยังมีการสร้างความสัมพันธ์ด้านตัวแปรระหว่างแบบจำลองอาคารทำให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดและระยะต่างๆของงานออกแบบได้อย่างรวดเร็ว

เหตุผลในการเลือกใช้ระบบ BIM ร่วมกับโปรแกรม Sketch up ในการศึกษาวิจัยเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการออกแบบ เขียนแบบและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ไปใช้สำหรับการบริหารการก่อสร้างอาคารต่อไป

การพัฒนาการเขียนแบบสามมิติด้วยระบบBIMบนโปรแกรมSketch up ในปัจจุบันโปรแกรม Sketch upได้มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสะดวกและเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้อย่างอิสระสะดวกต่อการพัฒนาโดยการทำExtensionโดยใช้ภาษา Ruby script ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมและเอื้อในการพัฒนา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

1.2.2 เพื่อศึกษาพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถเขียนแบบสามมิติของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

1.2.3 เพื่อศึกษาพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถถอดแบบและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาหลักการและแนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

1.3.2 ทำการศึกษาและทดสอบการเขียนภาษา Ruby พื้นฐานบน Editor โปรแกรม Sublime Text

1.3.3 ทำการศึกษาหลักการและทดสอบการเขียน ภาษา“Ruby”

1.3.4 ทำการศึกษาหลักการและทดสอบการเขียน ภาษา “HTML”

1.3.5 ทำการศึกษาและทดสอบการเขียน Java Script ให้สามารถคำนวณค่าต่างๆบน HTML5 ได้

1.3.6 ทำการทดสอบ Extension ที่เขียนด้วย Ruby Script ให้สามารถทำงานร่วมกับ Web Dialogs ที่เขียนด้วย HTML 5 ได้

1.3.7 ทดสอบ Extension ที่เขียนขึ้นให้สามารถออกแบบ เขียนแบบและถอดปริมาณงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

1.4.2 สามารถพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถเขียนแบบสามมิติของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

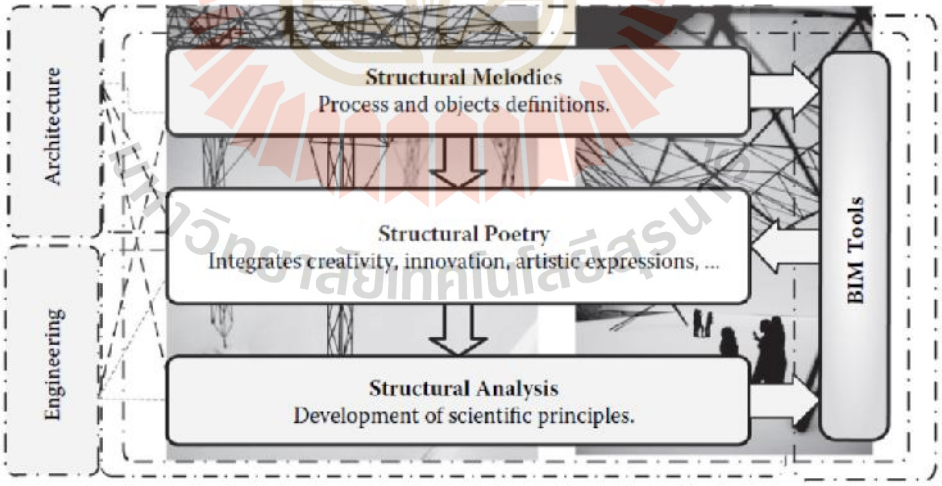
1.4.3 สามารถพัฒนาโปรแกรมSketch up บนพื้นฐานของระบบBIMให้สามารถถอดแบบและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและแนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) เป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) พร้อมข้อมูลสารสนเทศ (Information) ในองค์ประกอบของแบบจำลองอาคารนั้นๆ จำลองการก่อสร้างอาคารจริง แนวคิดของ BIM ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charles M.Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปี ค.ศ.1975 ในครั้งนั้นใช้ชื่อว่า “Building Description System” จนเมื่อปี ค.ศ.1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า “ Building Information Modeling ” ที่นำเสนอโดย Robert Aish ปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้งานออกแบบสถาปัตยกรรมและงานก่อสร้างอาคารมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการผนวกการทำงานออกแบบงานก่อสร้างทั้งวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ทั้ง2มิติและ 3มิติ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานร่วมกันของวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมภายใต้ระบบBIM

อีกทั้งยังสามารถนำแบบจำลองอาคารและข้อมูลต่างๆในแบบจำลองอาคาร ไปใช้ในการทำงานขั้นต่อไปรวมถึงงานในวิชาชีพอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น งานก่อสร้างและบริหารโครงการก่อสร้าง งานบำรุงรักษาและบริหารจัดการอาคาร และวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร เป็นต้น

หลักการและกระบวนการ BIM

การทำงานของ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) ขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยแบบจำลองอาคารนี้ประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร เช่น เสา ผนัง พื้น หลังคา คาน ประตู หน้าต่าง ซึ่งองค์ประกอบต่างๆจะประกอบไปด้วยข้อมูลกราฟิก ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เช่น ขนาด ระยะ สี วัสดุ เป็นต้น และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก เช่น ข้อมูลผู้ผลิต รุ่น ราคา เป็นต้น ซึ่ง BIM จะทำการเก็บแบบจำลองอาคารพร้อมข้อมูลสารสนเทศทั้งหมด รวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ

BIM สามารถแสดงผลแบบจำลองอาคารให้อยู่ในรูปของมุมมองลักษณะต่างๆ ที่เหมาะสมตามการใช้งานได้ เช่น มุมมองรูป 2มิติ ได้แก่ หน้าตัดคาน หน้าตัดเสา หน้าตัดพื้น ผังพื้น รูปด้านรูปตัด หรือ มุมมองรูป 3 มิติ ได้แก่ รูปทัศนียภาพ รูปIsometric เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลในรูปของตารางรายการข้อมูลต่างๆ เช่น ปริมาณวัสดุ หรือ พื้นที่ใช้สอย จากแบบจำลองอาคารได้อีกด้วย และเนื่องจาก BIM จัดเก็บข้อมูลแบบจำลองอาคารทั้งหมดรวมอยู่ในฐานข้อมูลกลาง ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขส่วนใดในแบบจำลองอาคาร การแก้ไขก็จะส่งผลไปยังฐานข้อมูลกลาง ทำให้การแสดงผลแบบจำลองอาคารในทุกมุมมองที่เกี่ยวข้อง ที่การเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

นอกจากนี้ BIM ยังมีการสร้างความสัมพันธ์ด้านตัวแปร (Parameter) ระหว่างองค์ประกอบในแบบจำลอง ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดและระยะต่างๆ ของงานออกแบบได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงานด้วย BIM

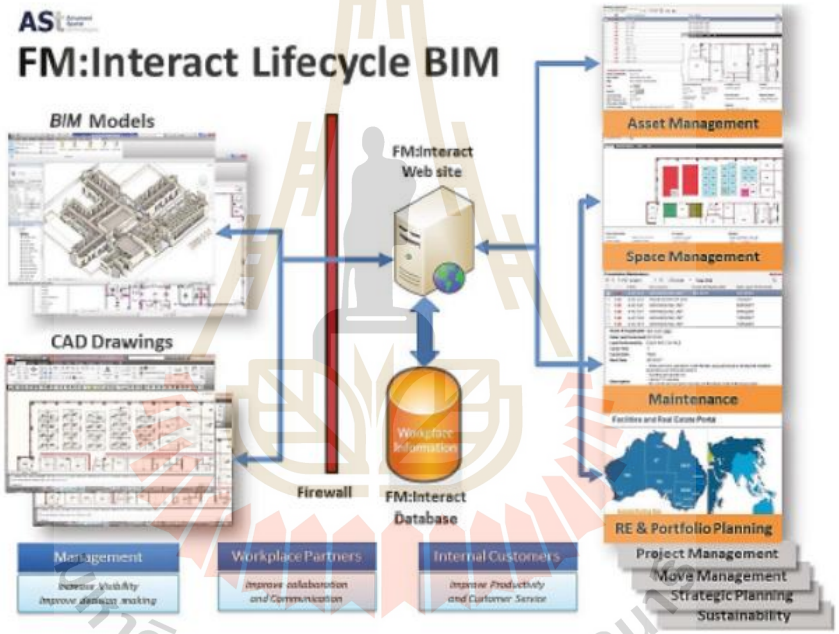
การที่ BIM ประกอบไปด้วย ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิกและข้อมูลกราฟิก ในองค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร จึงสามารถนำข้อมูลสารสนเทศดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในส่วนงานอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย ยกตัวอย่าง

ด้านการบริหารการก่อสร้าง

โดยการใส่ข้อมูลด้านเวลา ประกอบเข้าไปกับองค์ประกอบอาคาร เช่น กำหนดวันเริ่มงานและวันแล้วเสร็จของงาน เมื่อประกอบเข้ากับข้อมูลปริมาณวัสดุที่ได้จาก BIM ผู้บริหารงานก่อสร้างและผู้รับเหมาก่อสร้างก็สามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารการก่อสร้าง โดยสามารแสดงเป็นภาพ 3 มิติของอาคารและองค์ประกอบต่างๆของอาคารเสมือนจริงได้อย่างชัดเจน และเป็นไปตามช่วงเวลาของแผนงานเปรียบเทียบกับการก่อสร้างจริง อีกทั้งยังสามารถคำนวณปริมาณวัสดุที่ต้องใช้งานในช่วงเวลานั้นๆ ได้อีกด้วย

ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคาร

เมื่อ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงข้อมูลของอาคารได้แทบครบถ้วนก่อนอาคารสร้างเสร็จ ผู้ใช้งานจึงสามารถทดลองบริหารจัดการอาคารโดยไม่ต้องรอให้อาคารสร้างเสร็จ เช่น การจัดการพื้นที่ทำงานของฝ่ายต่างๆ ที่สามารถแสดงขนาดพื้นที่ที่ต้องการจัดสรรให้แต่ละผู้ใช้อาคารได้ทันที สามารถคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานอาคารภายหลังจากอาคารสร้างแล้วเสร็จและใช้งานไปแล้วหลายๆปี สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาอาคาร โดยอาศัยข้อมูลที่เพิ่มเติมเข้าไป ทำให้เจ้าของโครงการหรือผู้บริหารอาคาร มองเห็นแนวทางในการดูแลและซ่อมบำรุง ตลอดจนค่าใช้จ่าย สามารถที่จะวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคารได้ล่วงหน้าก่อนที่อาคารจะถูกสร้างแล้วเสร็จ



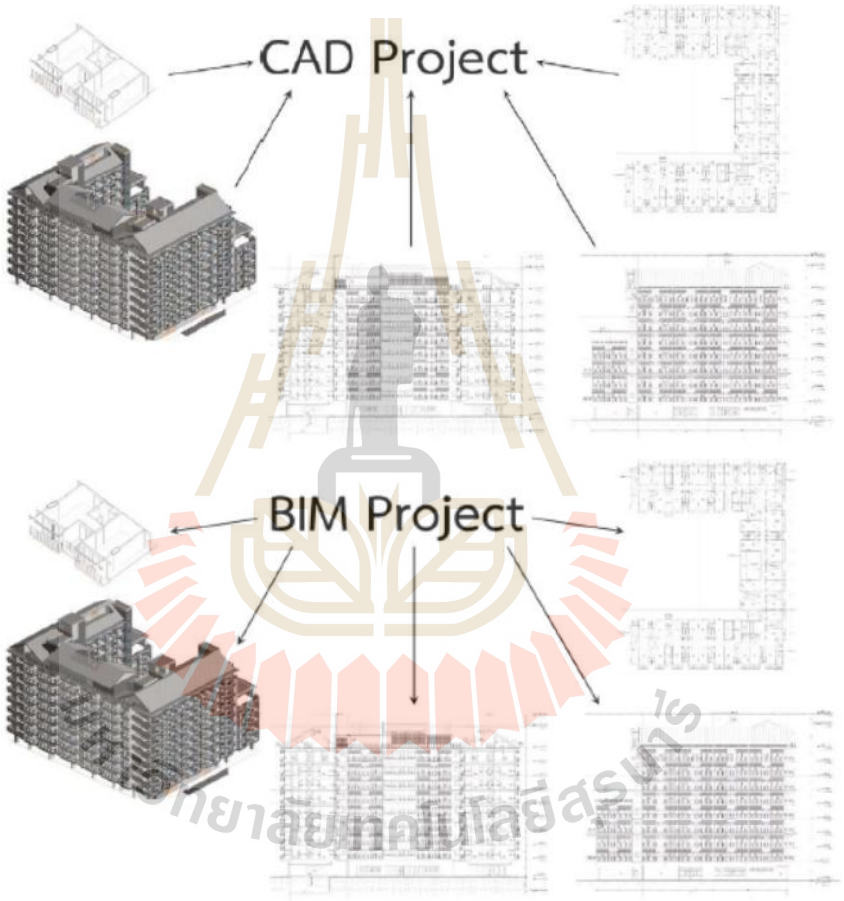
รูปที่ 2.2 การนำ BIM ไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคาร

ด้านการประเมินสมรรถนะอาคาร

เนื่องจาก BIM ประกอบไปด้วยข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร จึงสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการจำลองเพื่อประเมินสมรรถนะของอาคารในด้านต่างๆได้ เช่น การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร การประเมินความเป็นอาคารเขียว การประเมินด้านความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว หรือแรงลม ตลอดจนการจำลองพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในสถานการณ์ต่างๆ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคาร เป็นต้น

ด้านกระบวนการในการออกแบบอาคาร

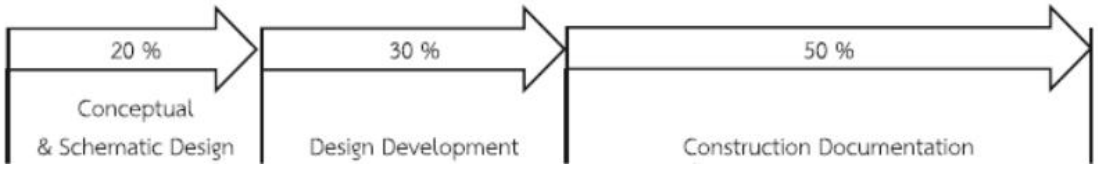
กระบวนการออกแบบด้วยวิธีดั้งเดิม ผู้ออกแบบจะมีการแบ่งงานกันทำในแต่ละส่วนงาน เช่น ส่วนงานผังพื้น งานรูปด้าน งานรูปตัด และงานแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากข้อมูลและแบบที่ไม่ตรงกัน เนื่องจากการทำงานที่แยกส่วนกัน แต่การทำงานด้วย BIM นั้น คณะทำงานจะทำงานร่วมกันผ่านแบบจำลองที่เป็นข้อมูลกลาง ดังนั้น เมื่อมีการปรับเปลี่ยนแก้ไขส่วนใดๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแก้ไขตาม ทำให้ลดปัญหาหรือไม่ปัญหาเรื่องการขัดแย้งของข้อมูลและแบบ



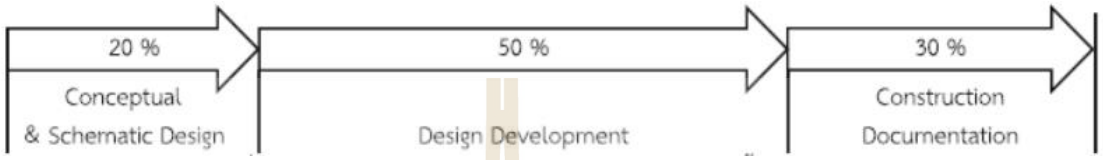
รูปที่ 2.3การเปรียบเทียบการออกแบบระบบเก่าและBIM

หากพิจารณาเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาในการทำงานระหว่าง CAD 2 มิติ กับ BIM แล้วจะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างกันโดยเฉพาะในช่วงของ การพัฒนาแบบ และการจัดทำแบบก่อสร้าง สามารถเขียนเป็นภาพสัดส่วนร้อยละของระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

CAD Project



BIM Project



รูปที่ 2.4 สัดส่วนร้อยละของระยะเวลาในแต่ละช่วงของขั้นตอนการทำงานด้วยระบบ BIM Project เทียบกับCAD Project

ด้านการผลิตชิ้นส่วนองค์ประกอบอาคาร

ด้วยความสามารถในการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารเป็น 3 มิติ ในแบบจำลองของ BIM จึงสามารถส่งออกข้อมูลแบบ 3 มิตินี้ ไปยังระบบอื่นๆ เช่นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต หรือ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อนำไปผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป หรือส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อสร้างเป็นชิ้นส่วนหรือหุ่นจำลองอาคารต้นแบบ (Prototype) ได้อย่างง่ายดาย โดยมีความถูกต้องแม่นยำตามความต้องการ

รูปที่ 2.5 การนำ BIM ไปใช้เพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.2 แบบจำลองและแนวคิดการขึ้นรูปสามมิติโดยโปรแกรม Sketch Up

โปรแกรม Sketch up ถูกสร้างโดยบริษัทที่มีชื่อว่า @Last Software ตั้งอยู่ที่ Boulder, Colorado ประเทศ สหรัฐอเมริกา บริษัท @Last Software ก่อตั้งโดย Brad Schell และ Joe Esch ผู้ซึ่งหลงใหลการสร้างโมเดลสามมิติ (3D MODELING) และคิดว่าทุกๆ คนควรจะสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีการสร้างโมเดลสามมิติได้ ในยุคนั้นโปรแกรมสร้างโมเดลสามมิติมีความซับซ้อนและราคาแพงมาก ด้วยแนวคิดนี้เอง ทั้งคู่จึงพัฒนาโปรแกรมสามมิติ (3D MODELING PROGRAM) ที่ใช้ง่ายและราคาถูกขึ้นมา โดยมีแนวคิดที่เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดว่า “โปรแกรมสามมิติสำหรับทุกคน (3D FOR EVERYONE)”

โปรแกรม Sketch up ออกวางจำหน่ายครั้งแรกในเดือนสิงหาคม ปี 2000 โดยทั้งคู่ (Joe Esch และ Brad Schell) มุ่งเป้าการตลาดไปที่กลุ่ม สถาปนิก, นักออกแบบ และผู้สร้างภาพยนตร์ ด้วยความง่ายและราคาไม่แพง ทำให้ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงปีเดียวกัน โปรแกรม Sketch up ได้รับรางวัล “Best New Products or Services” ในงาน A/E/C SYSTEMS ที่จัดโดย Digital Media Net โปรแกรม Sketch up นั้นใช้งานได้ง่ายและสนุก ทำให้ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว

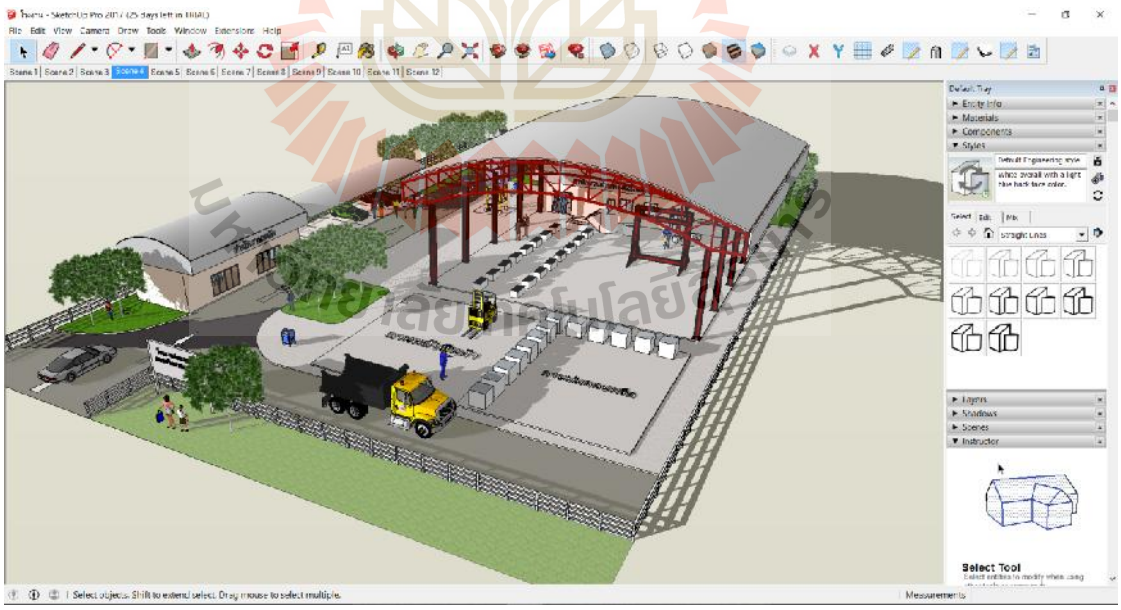
รูปที่ 2.6 รูปแสดงสัญลักษณ์โปรแกรมSketch up

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จุดเริ่มต้นของ Google Sketch up หลังจากได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากผู้ใช้จำนวนมาก บริษัท @Last Software ก็ได้พัฒนารูปแบบการทำงานให้สูงขึ้นไปอีก โดยคราวนี้ Google ก็เกิดสนใจเจ้าโปรแกรมตัวนี้เข้าเพราะมันมีคุณสมบัติหลายอย่างตรงกับที่ต้องการ เช่น ใช้งานง่าย ใช้ทรัพยากรเครื่องต่ำ กินเนื้อที่เครื่องน้อย ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้โปรแกรม Sketch up จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับให้คนทั่วไปใช้สร้างแผนที่ 3D บน Google Maps และ Google Earth ซึ่ง 2 อย่างนี้ถือว่าเป็นเรื่องใหม่เอามากๆ ในสมัยนั้นในปี 2006 ทาง Google จึงได้ซื้อโปรแกรม Sketch up จากบริษัท @Last Software มาและเปลี่ยนชื่อเป็น Google

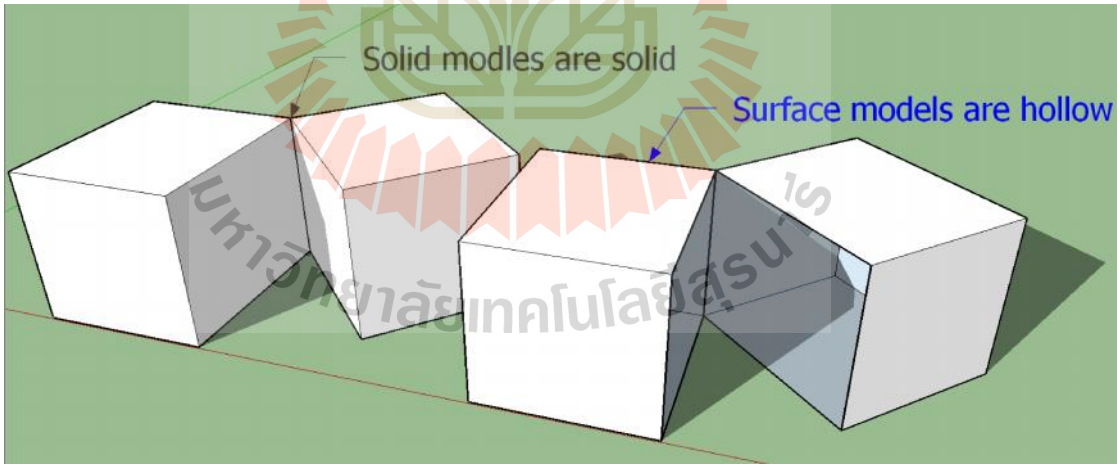
Sketch up เพื่อนำมาพัฒนาต่อและ ให้มันสามารถใช้สร้างแผนที่ 3Dให้ได้ตามที่ตั้งใจไว้แม้ว่า Google Sketch up จะถูกพัฒนาจนมาถึงVersion 8

แม้การสร้างโมเดลใน Google Earth ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร แต่เมื่อผู้คนใช้ Sketch up กันมากขึ้น บริษัท Google ก็ได้สร้างพื้นที่เก็บโมเดลสามมิติบนพื้นที่ Internet โดยตั้งชื่อว่า Google 3D WAREHOUSE หรือคลังโมเดลสามมิติเปิดโอกาสให้ผู้คนสร้างโมเดลสามมิติ สามารถ Upload และแลกเปลี่ยนโมเดลสามมิติระหว่างกัน ปัจจุบันมีโมเดลมากกว่า 1 ล้านโมเดลให้ผู้หลงใหลในการสร้างโมเดลสามมิติโหลดไปใช้งานได้ฟรี และเพื่อคงไว้ซึ่งกลุ่มคนชื่นชอบการสร้างโมเดลสามมิติGoogle ยังคงนำมาใช้สร้างแผนที่ 3D อยู่ แต่ทว่าหลังจากนั้น Google ก็ไม่มีนโนบายชัดเจนที่จะนำมันมาพัฒนาต่อแบบจริงจัง ดังนั้นทีมงานส่วนหนึ่งของ Google Sketch up ซึ่งบางคนก็เป็นหนึ่งในทีมพัฒนามาตั้งแต่ยุคเริ่มของบริษัท @Last Software จึงได้ย้ายไปอยู่กับบริษัท Trimble โดยในปี 2012 บริษัท Trimble ได้ซื้อโปรแกรม Google Sketch up มาและให้สัญญาว่าจะนำมันมาพัฒนาต่ออย่างจริงจัง ปัจจุบัน Trimble ได้นำจุดแข็งของตนนั่นคือ ความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมมาผนวกกับจุดแข็งของทีมงาน Sketch up เก่าที่มีความเชี่ยวชาญด้านโปรแกรมกราฟิก เมื่อจับทั้งสองฝ่ายมาร่วมมือกัน จึงทำให้ Sketch up ครอบคลุมทุกสิ่งที่นักออกแบบ และวิศวกรกราฟิกต้องการมากขึ้น



รูปที่ 2.7 การนำโปรแกรมSketch up มาสร้างแบบ3มิติ

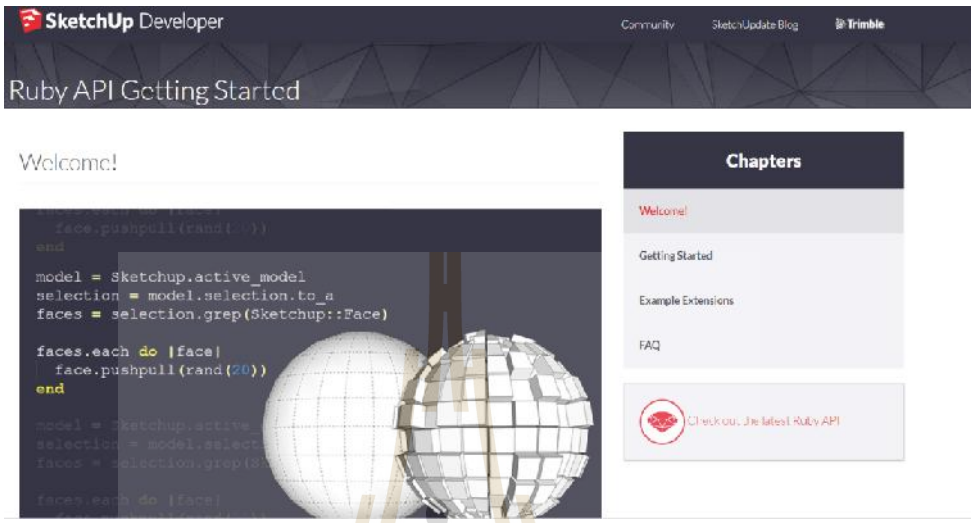
แบบจำลอง สามมิติของโปรแกรม Sketch up มีแนวคิดในการออกแบบขึ้นรูปโมเดลของโปรแกรมเน้นหนักไปที่ความง่ายในการขึ้นรูป เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถถ่ายทอดแนวความคิดในการออกแบบให้ออกมาได้อย่าง รวดเร็วที่สุด และมีขั้นตอนน้อยที่สุด ประกอบกับความยืดหยุ่นในการปรับแต่งโดยง่ายในลักษณะของการทำแบบร่างใน กระบวนการออกแบบโดยทั่วไป แนวคิดของการขึ้นรูปโมเดลใน Sketch up จะแตกต่างจากโมเดลในโปรแกรม สามมิติอื่นๆ ซึ่งมีส่วนที่ทำให้โมเดลที่ขึ้นรูปใน Sketch up นั้น มีความง่ายและปรับเปลี่ยนได้ง่าย กล่าวคือ ลักษณะของโมเดลใน Sketch up จะมีลักษณะแบบวัตถุแบบแผ่นแทนที่จะเป็นลักษณะแบบวัตถุทึบตันซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการแก้ไขได้ง่ายโดยที่ไม่มีการเพิ่มพื้นผิวเพิ่มเติมแต่อย่างใด อาจจะกล่าวได้ว่าลักษณะของ โครงสร้างในการสร้างโมเดลของโปรแกรม Sketch up นั้นเป็นการสร้างหรือขึ้นรูปทรงจากเส้น (Line) เป็นหลักหรือในที่นี้เรียกว่า เส้นขอบ (Edge) และมีการตรวจสอบว่าเส้นขอบดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นที่มีการปิดให้เกิดแผ่นระนาบ หรือไม่ หากมีการปิดของเส้นขอบจนเกิดแผ่นระนาบก็จะมีการสร้างแผ่นพื้นผิว (Face) ขึ้นมาโดยอัตโนมัติ สำหรับแผ่นระนาบเดิมที่มีอยู่หากมีการขีดเส้นพาดลงไปแล้วแบ่งพื้นที่ออกจากกันก็จะมีการแยกระนาบนั้นออกทันที และหากมีการลบ เส้นนั้นทิ้ง ระนาบดังกล่าวก็จะเชื่อมกันดังเดิม สะดวกต่อการเขียนและแก้ไขแบบจำลอง



รูปที่ 2.8 รูปแบบแนวคิดการขึ้นรูปของSketch up

โปรแกรม Sketch up จะมีภาษาRubyที่ช่วยทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนส่วนเสริมExtension เพิ่มความสามารถในการทำงานของโปรแกรมได้ ซึ่งข้อได้เปรียบของการเขียนสคริปต์ในการสร้างแบบจำลอง สามมิติ และคำสั่งในการควบคุมโปรแกรม Sketch up คือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า

“Ruby” ซึ่งเป็นภาษาเชิงวัตถุ(Object Oriented Programming)ในลักษณะอินเทอร์พรีเตอร์ (แปลผลทีละบรรทัด) ร่วมกับ Sketch up API(http://ruby.sketchup.com)



รูปที่ 2.9 รูปแสดงเว็บไซท์แหล่งรวม Application Programming Interface ของโปรแกรมSketch up

เพื่อทำการควบคุมโปรแกรม Sketch up ในบางครั้งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรม Sketch up จะถูกเรียกว่าสคริปต์ รหัสคำสั่งหรือคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโปรแกรมในรูปแบบ Text File หรืออาจเรียกว่า “Ruby Script” เพราะถูกเขียนด้วยพื้นฐานโครงสร้างภาษา Ruby และไฟล์ “Ruby Script” จะเป็นไฟล์นามสกุลลงท้ายด้วย .rbหรือ .rbs สคริปต์นี้จะช่วยเขียนชิ้นส่วนสำหรับเมื่อมีการออกแบบที่ซับซ้อน

2.3 หลักการพื้นในการเขียนExtension เพื่อใช้ในโปรแกรม Sketch Up

UI ย่อมาจาก user interface หรือแปลว่า ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ หมายถึง สิ่งที่มีไว้ให้ผู้ใช้ใช้ในการกระทำกับระบบหรือสิ่งของต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรหรือระบบที่มีความซับซ้อนอื่นๆ เพื่อให้สิ่งๆนั้นทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้สามารถจัดได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ได้แก่

- ส่วนที่นำข้อมูลเข้า หรือส่วนสั่งงาน เรียกว่า อินพุต (input)
- ส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ หรือส่วนที่ไว้รอคำสั่งจากผู้ใช้ เรียกว่า เอาต์พุต (output)

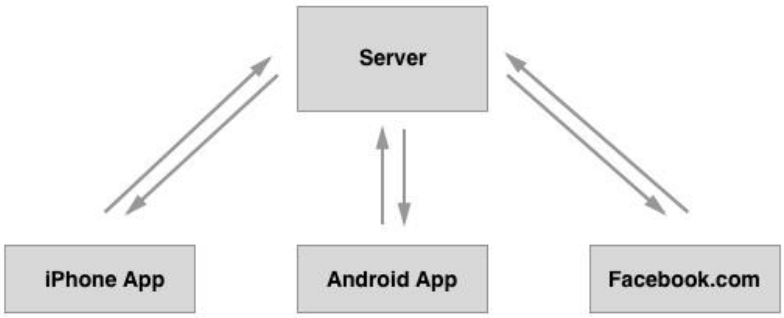
การใช้งานระบบใดๆที่มีความสลับซับซ้อน จะมีหลักการทำงานพื้นฐานอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนอินพุท (input) ส่วนการประมวล (process) และส่วนเอาต์พุต (output) ซึ่งส่วนการนำเข้าและส่วนแสดงผล

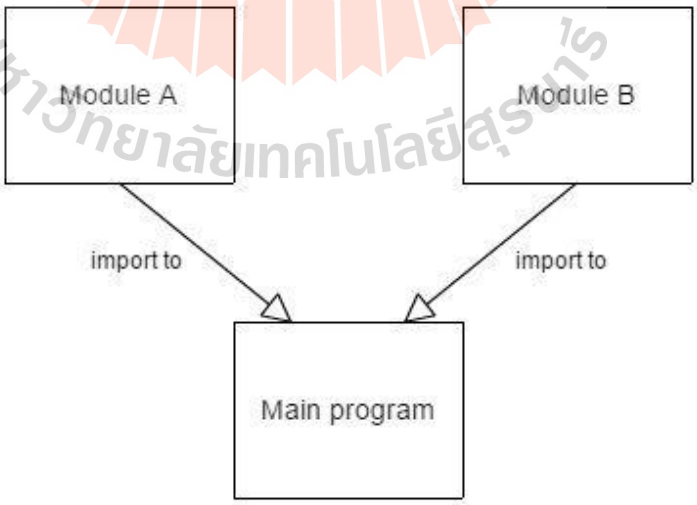
ลัพธ์เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรงจึงเรียกว่า ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ตัวอย่างของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เช่น เครื่องคิดเลข จะมีส่วนอินพุทคือแป้นตัวเลข 0-9 และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ ผู้ใช้จะต้องกดหมายเลขที่ต้องการคำนวณผลผ่านแป้นตัวเลขนั้น และเมื่อเครื่องคิดเลขทำการประมวลผลเสร็จสิ้น ก็จะแสดงผลลัพธ์ออกมาบนหน้าจอ LED ซึ่งเป็นส่วนของเอาต์พุตหรือเช่น รถยนต์ จะมีพวงมาลัยและคันเร่งไว้ให้ผู้ขับสามารถใช้บังคับทิศทางและเร่งความเร็ว ซึ่งส่วนนี้คือส่วนของอินพุท ส่วนหน้าปัดบอกความเร็วหน้าปัดบอกน้ำมันคงเหลือคือส่วนของเอาต์พุต ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับได้รู้ถึงสถานะของรถยนต์ที่ตนเองขับขี่อยู่

API ย่อมาจาก Application Programming Interface คือ วิธีเรียกใช้โปรแกรม เราต้องเริ่มจากการมองว่า Server ของผู้ให้บริการต่างๆเป็นโปรแกรมก่อน เช่น Server ของ Google ที่ค้นหาข้อมูลให้เราก็ถือว่าเป็นโปรแกรมใหญ่ๆตัวหนึ่ง Server ของ Facebook ก็เป็นโปรแกรมตัวหนึ่ง Server ดังนั้นโปรแกรมอะไรก็ตามที่อยากให้คนอื่นเรียกมาใช้งาน ก็ต้องประกาศว่าผู้ใช้งานต้องการใช้งานโปรแกรม โดยสั่งโปรแกรมได้แบบนี้ วิธีใช้งานอันนี้คือ API ซึ่งประกอบไปด้วย

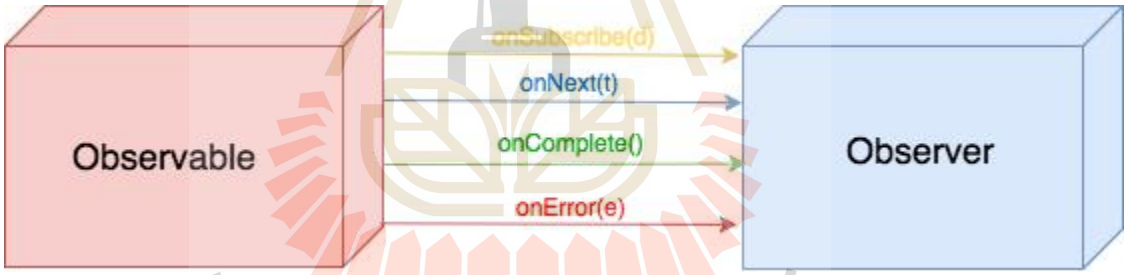
1. สั่งอะไรได้บ้าง มองแบบง่ายๆแต่ละคำสั่งคือ 1 API
2. แต่ละคำสั่งต้องบอกอะไรเพิ่มบ้าง เช่น สั่งว่าขอข้อมูลหน้าโปรไฟล์เพื่อนของ คุณก็ต้องบอกชื่อเพื่อน และบอกว่าคุณเป็นใครด้วย จะได้ยืนยันว่าเป็นเพื่อนกัน

แอพพลิเคชั่นFacebook ที่ลงไว้ในมือถือ หรือหน้าเว็บ facebook.com ที่เปิดขึ้นมาระบบมักจะแบ่งเป็นสองส่วนขึ้นไป ส่วนหนึ่งเอาไว้แสดงผลและรับคำสั่งว่าอยากจะทำอะไร พอกดปุ่ม มันจะส่งคำสั่งไปที่ server อีกที ซึ่งเป็นส่วนที่ทำงานจริงๆ พอทำงานเสร็จก็จะคืนผลลัพธ์ให้กลับมาแสดงบนหน้าจอ เช่น เวลาเราเปิดแอพพลิเคชั่นFacebook แล้วเราเห็นสิ่งต่างๆเกี่ยวกับเพื่อนๆขึ้นมาบนหน้าจอ มันมาได้ยังไง? มันเกิดจากแอพพลิเคชั่นFacebook บนมือถือของเรา ถามไปที่ Server ของ Facebook ว่ามีอะไรใหม่บ้าง แล้วพอ Server ได้รับคำถามก็ส่งรายการกลับมาให้ แล้วแอพพลิเคชั่นบนมือถือเราก็เอาไปจัดการต่อว่าจะแสดงบนจอยังไง การ “ถาม” ของแอพพลิเคชั่นบนมือถือเราไปยัง Server นั้น ในทางเขียนโปรแกรม เรียกว่าแอพพลิเคชั่นมือถือเรียกใช้ API ของ server บางบริษัทอาจทำ API ให้ใช้แค่สำหรับแอพพลิเคชั่นของบริษัทตัวเอง แต่บางบริษัทก็เปิดให้คนนอกใช้ก็ได้ เช่น ถ้าทำแอพพลิเคชั่นเกมแล้วอยากให้คนเล่นโพสลง Facebook เราก็สามารถเรียก API ของ Facebook ได้เลย





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- onSubscribe(Disposable): จะถูกเรียกเมื่อมีเหตุการณ์ subcribe เกิดขึ้น และจะส่ง Disposable object เข้ามาทาง parameter ของ function โดยเราสามารถใช้ object นี้เพื่อหยุดการทำงานของการ subscribe ครั้งนั้นๆได้
- onNext(T item): คือช่องทางที่ Observer ไว้ใช้รับข้อมูลจาก Observable โดย Observable จะส่งข้อมูลเข้ามาผ่านทาง parameter ของ onNext()
- onError(Throwable e): จะถูกเรียกโดย Observable เมื่อมีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้นระหว่างการทำงาน โดยจะส่ง Throwable เข้ามาผ่านทาง Parameter ของ onError() ซึ่งเมื่อเรียก onError() แล้ว Observable จะหยุดการทำงานทันที โดยจะไม่มีการเรียก onNext() หรือ onComplete() ต่ออีก
- onComplete(): จะถูกเรียกโดย Observable เป็นลำดับสุดท้ายหลังจากที่ไม่มี item ใดๆที่ต้องการปล่อยออกมาผ่านทาง onNext() อีกแล้ว โดยที่ Observable จะหยุดการทำงานทันทีเมื่อ onComplete() ถูกเรียก

การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (อังกฤษ: Object-oriented programming, OOP) คือหนึ่งในรูปแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความสำคัญกับ วัตถุ ซึ่งสามารถนำมาประกอบกันและนำมาทำงานรวมกันได้ โดยการแลกเปลี่ยนข่าวสารเพื่อนำมาประมวลผลและส่งข่าวสารที่ได้ไปให้ วัตถุ อื่นๆที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทำงานต่อไป

การเขียน program แบบ OOP มีลักษณะ 5 ประการ

1) ทุกสิ่งทุกอย่างคือ objectในแง่หนึ่งเราก็อาจตีความว่า object เป็นตัวแปรที่มีความพิเศษอยู่ในตัวเอง คือ นอกจากเก็บค่าต่าง ๆ ได้แล้ว เรายังสามารถที่จะสั่ง (request) ให้ object ทำงาน (operation) ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับตัวมันเองด้วย

2) Program ประกอบไปด้วย object ที่ต่างก็ส่งข้อความ (message) บอกให้กันและกันว่าต้องทำอะไรการส่ง message ก็คือการส่ง request หรือการเรียกใช้ function ของ object นั้น ๆ

3) Object แต่ละตัวมีหน่วยความจำที่เต็มไปด้วย object อื่น ๆเราสร้าง object จาก object ตัวอื่นที่มีอยู่แล้ว

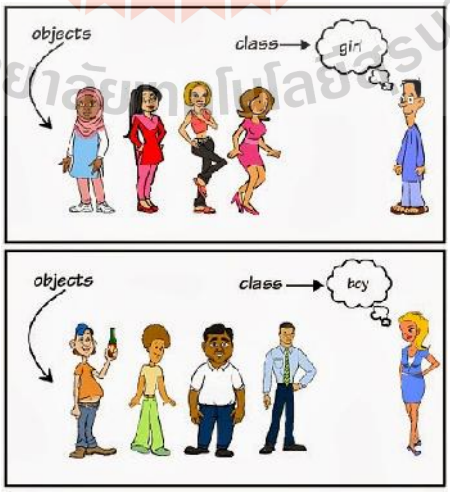
4) Object มี รูปแบบ หรือ ชนิด ของตัวเอง (type/class)

5) Object ที่ต้นตอมาจาก type แบบเดียวกันสามารถที่จะรับข้อมูลซึ่งกันและกันได้

– Object คือ สิ่งที่มีคุณสมบัติและพฤติกรรมตามที่กำหนดไว้ในคลาส

ออบเจ็กต์ (object) แบ่งได้เป็นสองประเภท คือ

1) สิ่งที่เป็นรูปธรรม (tangible) คือสิ่งที่เป็นวัตถุและจับต้องได้อาทิเช่น นักศึกษา ปากกา และรถ


objects
class
girl
objects
class
boy

ข้อแตกต่างของการเขียน class กับ function

OOP คือ การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุฉะนั้น ทุก ๆ อย่างจะมองเป็นเหมือนวัตถุทั้งหมด ก็คือ วัตถุ 1 ชิ้นก็จะมี Property ว่า วัตถุก้อนนั้น กว้าง ยาว สูงเท่าไหร่ แล้วก็วัตถุนั้นทำอะไรได้บ้าง เช่น ถ้าวัตถุนั้นเป็นรถ ก็คือเอามาขับได้ ทีนี้ ก่อนที่จะสร้างวัตถุได้ มันก็ต้องมีแม่แบบ แม่แบบหรือพิมพ์เขียวก็คือ Class นั่นเอง ซึ่งเมื่อเราสร้าง Class มาแล้ว เราสามารถนำ Class ที่สร้างเอาไว้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข ได้โดยที่ไม่ต้องไปแก้ไข Class เดิม

```
class Member {
    var n;
    private function drop_node() {
        // implementaion
    }
    protected function add_node() {
        // implementation
    }
}
```

Code ด้านบน คือ สร้าง Class ขึ้นมา 1 Class โดยที่ Class นี้มี 1 Property และ 2 Method นั่นคือ ถ้าประกาศ Object ขึ้นมาสมมุติว่าชื่อ A Object A ที่คุณสร้างขึ้นมาก็จะมี property n และ Method ทั้ง 2 Method ติดมาทันที

```
    function drop_node() {
        // implementaion
    }
    function add_node() {
        // implementation
    }
```

Code ต่อมา มันเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้าง Structure Programming เป็นรูปแบบของ function มันแตกต่างจากการเขียนแบบเชิงวัตถุ จุดแตกต่างใหญ่ ๆ เลยก็คือการนำ Code มาพัฒนาต่อ คือ ถ้าหากเขียนโปรแกรมสัก 200 - 300 บรรทัด พอต้องแก้ การแก้ Code หาจุดที่ต้องแก้ค่อนข้างเสียเวลามาก แต่ถ้าเป็น OOP ไปแก้ที่ Class ที่เดียวจบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา “Ruby”

Ruby a best programmer language เพื่อนที่ดีที่สุดของโปรแกรมเมอร์ที่เราควรรู้จัก นับว่าเป็นคำย่อที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งของภาษาโปรแกรมมิ่งจากแดนอาทิตย์อุทัย ที่อายุอานามก็ไม่ใช่น้อยๆแบบนี้ ทำไมภาษานี้ถึงเป็นภาษาที่คนทำเว็บหรือแอพพลิเคชั่นต่างๆควรทำความรู้จัก

รูปที่ 2.14 รูปแสดงสัญลักษณ์ภาษา Ruby

ภาษา ruby ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยนาย Yukihiro “Matz” Matsumoto โปรแกรมเมอร์ชาวญี่ปุ่นผู้ที่ชื่นชอบการเขียนโปรแกรมมาตั้งแต่เด็ก และเมื่อได้พัฒนาภาษา “ทับทิม” ขึ้นมาบนความสามารถเดิมๆของเหล่าภาษาดั้งเดิมทั้ง Perl, Small talk, Eiffel, Ada หรือ Lisp ซึ่งก็เป็นการหยิบยกเอาข้อดีและความสามารถเด่นๆมารวมกันเข้า เมื่อผสมกันอย่างลงตัวจนได้เคมีที่ออกจะเข้ากันแล้วจึงเกิดเป็นภาษา “ทับทิม” ขึ้นมา

รูปที่ 2.15 Yukihiro “Matz” Matsumotoผู้สร้างภาษา Ruby

Ruby เป็นภาษาที่ถูกพัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานของopen sourceจึงทำให้เป็นภาษาที่ free และมีคนสนใจนำไปใช้งานเป็นจำนวนมากตั้งแต่รุ่นแรกที่ออกมาตอนปี 1995 และก็เติบใหญ่ขึ้นมาเรื่อยๆจนเป็นภาษาที่มีผู้นิยมใช้งานมากเป็นอันดับต้นๆ และเมื่อมี ruby on rail ที่เข้ามาในสถานะของ web framework เกิดขึ้นมาก็ยิ่งทำให้ Ruby เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมสูงมากขึ้นไปอีก แม้ในปัจจุบันกระแสของ Ruby จะตกลงไปแต่ด้วย ความสามารถ ตำแหน่งงานที่เปิดรับ เครื่องไม้เครื่องมือ ความง่ายในการพัฒนา เป็นสิ่งที่ทำให้คนทำเว็บยังควรให้ความสำคัญอยู่อย่างเสียไม่ได้

Ruby เป็นภาษาที่เรียนรู้ง่ายการเริ่มต้นเรียนรู้ภาษา Ruby ไม่ใช่เรื่องยากมากนัก เป็นภาษาที่ตรงไปตรงมา ใช้ภาษาอังกฤษตรงๆในการเขียน ตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป และเหลือไว้แค่เพียงสิ่งจำเป็น หลักการของภาษานั้นเน้นการออกแบบระบบว่าควรให้ความสำคัญกับความจำเป็นของมนุษย์ มากกว่าความจำเป็นของเครื่องคอมพิวเตอร์ การเขียนงานของภาษานี้จึงดูเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน รูปแบบการเขียนใกล้เคียงกับภาษา C แต่ก็ไม่ทิ้งห่างกับภาษา PHP มากนัก ซึ่งหากคนที่มีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมมาบ้างแล้วน่าจะสามารถข้ามมาศึกษาภาษานี้ได้ไม่ยากนัก

Ruby เป็นภาษาที่มองทุกอย่างเป็น Object แล้วมันดีอย่างไร การที่ภาษา Ruby ใช้วิธีมองทุกอย่างเป็นรูปแบบของวัตถุนั้นทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ เพราะในทุกๆ Object นั้นก็จะประกอบไปด้วย properties, action หรือองค์ประกอบและการกระทำของวัตถุนั้นๆ อย่าง PHP เองก็ทำงานด้วยรูปแบบของ OOP กันหมดแล้ว

Ruby มีความยืดหยุ่นคล่องตัวสามารถเขียนได้หลากหลายรูปแบบเพื่อแสดงผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ทำอะไรที่ยากๆหลายๆบรรทัดในภาษาอื่นๆจบง่ายๆในบรรทัดเดียว ทำงานได้กับทุก Operation System ทำงานได้ในความหลากหลายของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

เราสามารถใช้ Ruby ทำอะไรได้บ้าง Ruby เป็นภาษาที่ถูกออกแบบออกมาให้ทำงานได้ทั้งในรูปแบบของ Stand alone เป็นหลักในตอนต้นซึ่งก็นับว่าทำได้ดีมากๆเพราะง่ายกว่าการใช้ภาษา C มาเขียน แต่หลังจากที่ Rail หรือ ROR ซึ่งเป็น Framework เพื่อการใช้ภาษา Ruby พัฒนาเว็บไซต์ถูกปล่อยออกมาทุกอย่างก็เริ่มเปลี่ยนไป เพราะมันสร้างขึ้นมาเพื่อให้เราทำเว็บได้ง่ายขึ้น เร็วขึ้นอย่างน่าประหลาดใจ เว็บไซต์ที่ไม่ใหญ่มากนัก ต้องการการทำงานในรูปแบบของ web application เชื่อมต่อฐานข้อมูล ติดต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Ruby นับเป็นทางเลือกดีๆที่น่าสนใจไม่น้อยเลย

ข้อจำกัดของการใช้งานรูบี

– การใช้รูบีทำเว็บไซต์นั้นยังติดเรื่องของ Hosting อยู่หากเป็น Shared host ทั่วไปคงไม่สามารถติดตั้งระบบได้สะดวก ควรใช้เป็น Server ที่เราควบคุมได้เองทั้งหมดมากกว่า

– แม้ความเร็วจะเร็วมากในหลายๆโอกาสแต่ก็ยังนับว่าเป็นรองภาษาอย่าง Python อยู่

– คนไทยยังใช้งานน้อย ไม่เยอะมากนัก แถมกระแสไม่แรงเท่าภาษาอื่นๆหรือ PHP

```ruby
# ทุกอย่างซึ่งรวมทั้งตัวอักษรเป็น[ วัตถุ]  อีกทั้งการเรียกใช้เมธอดไม่จำเป็นต้องมีวงเล็บตามหลัง
# ดังนั้นโปรแกรมเหล่านี้จึงทำงานได้:

-199.abs                                          # 199
"ruby is cool".length                             # 12
"Rick".index ("c")                                 # 2
"Nice Day Isn't It?".split (//).uniq.sort.join  # " '?DINaceinsty"
```

รูปที่ 2.16 รูปแสดงตัวอย่างการเขียนภาษา Ruby

Ruby มีการทำงานแบบ OOP หรือ Object-oriented programming คือหนึ่งในรูปแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความสำคัญกับ วัตถุ ซึ่งสามารถนำมาประกอบกันและนำมาทำงานรวมกันได้ โดยการแลกเปลี่ยนข่าวสารเพื่อนำมาประมวลผลและส่งข่าวสารที่ได้ไปให้ วัตถุอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทำงานต่อไป แนวคิดการเขียนโปรแกรมแบบดังเดิมมักนิยมใช้ การเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนการ (Procedural Programming) ซึ่งให้ความสำคัญกับขั้นตอนกระบวนการที่ทำ โดยแบ่งโปรแกรมออกเป็นส่วนๆตามลำดับขั้นตอนการทำงาน แต่แนวคิดการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุนั้นให้ความสำคัญกับ ข้อมูล(data) และ พฤติกรรม(behavior) ของวัตถุ และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุกันมากกว่า ใน Ruby จะมี module เป็นตัวกำหนดหน้าที่เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็น Dynamic Type ไม่ต้องกำหนดชนิดตัวแปร เช่น A = 15 ต่างจากพวกภาษา C ที่เป็น Static type ที่ต้องมีการประกาศตัวแปร เช่น int A โปรแกรม Ruby เป็นการ Run แบบ Procedure เป็น Function ดังนั้นเวลา Run โปรแกรมไม่ต้องมี Main สามารถRunโปรแกรมได้เลย

2.5 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา “HTML”

HTML (Hypertext Markup Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่งของคอมพิวเตอร์เพื่อตอบสนองในการแสดงผลบนจอภาพในระบบอินเทอร์เน็ตในลักษณะของเว็บเพจ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ รวมทั้งรูปทรงกราฟิก, ภาพนิ่ง, ภาพเคลื่อนไหว, เสียง หรือแม้กระทั้งการเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่นๆในระบบอินเทอร์เน็ต

ภาษาHTML เป็นภาษาที่มีลักษณะของโค้ด กล่าวคือ จะเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรในมาตรฐานของรหัสแอสกี(ASCII Code) โดยเขียนอยู่ในรูปของเอกสารข้อความ (Text Document) ดังนั้นจึงทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ สามารถกำหนดรูปแบบและโครงสร้างได้ง่ายด้วยภาษา HTML นี้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ง่ายขึ้นและตอบสนองต่อการใช้ภาพทางกราฟิก โดยเริ่ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

HTML5 ได้ให้ความสำคัญไม่ใช่แต่กับโครงสร้างและองค์ประกอบที่เป็นสื่อผสมหรือมัลติมีเดียเท่านั้น แต่ยังรวมถึง Application Programming interfaces (APIs) ซึ่งจะช่วยให้พัฒนาเว็บที่พอจะมีความรู้ทางการเขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาโปรแกรมให้กับเว็บไซต์ของตนเองได้อีกด้วย

โครงสร้างของภาษาHTML

การสร้างเอกสาร HTML มีองค์ประกอบ หรือ อีลีเมนต์ หลักๆอยู่ 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นข้อความที่พิมพ์และส่วนที่เป็นคำสั่ง

แท็กคำสั่ง

สำหรับส่วนที่เป็นคำสั่งที่จะนำมาใช้เพื่อกำหนดส่วนต่างๆ ในเอกสาร ซึ่งจะถูกเรียกว่าแท็ก(Tag) และจะเขียนอยู่ในเครื่องหมาย < > ในรูปแบบ <คำสั่ง> เช่น <html>, , <u> เป็นต้น โดยแต่ละแท็กจะทำหน้าที่แตกต่างกันไป แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.รูปแบบคำสั่งที่มีเพียงคำสั่งเดียวหรือมีแท็กเดียว สามารถใช้งานได้เลยและสิ้นสุดความหมายด้วยตัวมันเอง เช่น <br>, <wbr> เป็นต้น

2.รูปแบบคำสั่งที่แยกออกเป็น 2 ส่วน หรือแท็กคู่ คือ มีส่วนเริ่มต้นเรียกว่า แท็กเปิด และส่วนจบของคำสั่งเรียกว่า แท็กปิด โดยที่ส่วนจบของรูปแบบคำสั่งจะมีความหมาย Slash (/) กำกับไว้หน้าแท็กนั้นๆ

<ชื่อคำสั่ง> .....ข้อความเอกสาร.....</ชื่อคำสั่ง>

ตัวอย่างเช่น <html>.....</html>

.....

<u>.....</u> เป็นต้น

ในการเขียนรูปแบบคำสั่งที่แยกออกเป็น 2 ส่วนหรือแท็กคู่ คำสั่งนั้นจะต้องเป็นคำสั่งที่สมมาตรกัน เช่น เมื่อเปิดด้วยคำสั่งตัวหนาและขีดเส้นใต้<u>เวลาปิดคำสั่งก็ต้องปิดด้วยคำสั่งขีดเส้นใต้ก่อนแล้วจึงปิดด้วยคำสั่งตัวหนา ดังนี้

<u> .....ข้อความที่ต้องการ.....</u>

คำสั่งเสริมเพื่อบอกคุณลักษณะของแท็ก (attributename)

ลำพังเฉพาะตัวแท็กคำสั่งเองอาจจะไม่สามารถกำหนดอะไรได้มาก ดังนั้นในแต่ละแท็กคำสั่งยังอาจกำหนดคำสั่งเสริมเพื่อกำหนดคุณลักษณะของแท็กคำสั่งนั้น ซึ่งจะแตกต่างกันไป

การกำหนดคุณลักษณะจะเขียนอยู่ในรูปแบบ

attributename = “value”

เมื่อ attributename คือ ชื่อของ attribute และ value คือค่าที่กำหนดให้กับ attribute โดย

Attribute จะเขียนถัดจากแท็กคำสั่ง โดยเว้นกันด้วยช่องว่าง และจะเขียนอยู่ในแท็กเปิดเท่านั้น

<tag attributename = “value”>

<tag attributename = “value”> Content </tag>

เราสามารถใส่ attributename ได้มากกว่า 1 คำสั่ง โดยเว้นวรรค

<tag attribute1 = “value” attribute1 = “value”>

การสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML

ก่อนที่จะเริ่มต้นเข้าสู่ดารสร้างเว็บเพจด้วยภา HTML เราจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องมือที่จะใช้ในการสร้างเอกสาร HTML เสียก่อน ซึ่งเครื่องมือในการสร้างเอกสาร HTML นี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

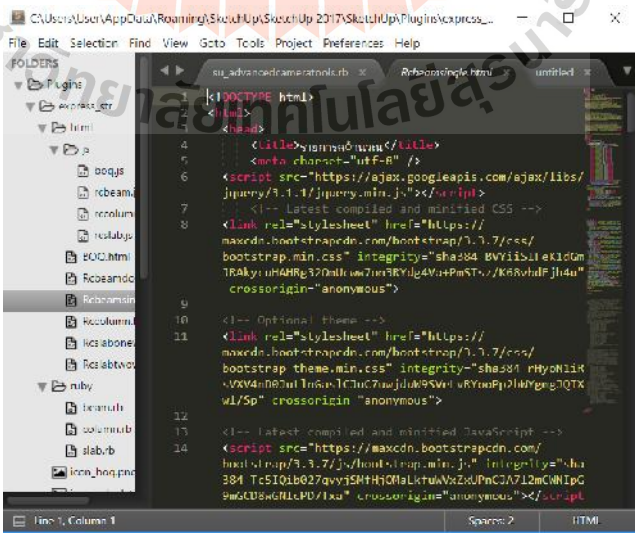
1.เท็กซ์เอดิเตอร์ (Text Editor)

2.เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser)

เท็กซ์เอดิเตอร์ (Text Editor)

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ช่วยในการกำหนดข้อความและรูปแบบคำสั่งต่างๆในมาตรฐานของ HTML ซึ่งมีอยู่มากมายหลายโปรแกรมให้เราเลือกใช้ได้ เช่น Notepad, Sublime Text, Gedit เป็นต้น

Notepad เป็นแท็กซ์เอดิเตอร์ที่ง่ายและพื้นๆ ที่สุดเป็นโปรแกรมที่มีมาพร้อมกับ Microsoft Windows อยู่แล้วจึงใช้งานได้ทันที หากเราใช้ Macintosh โปรแกรมที่ใกล้เคียงที่สุดจะได้แก่ Simple Text ใน OS 9 หรือ TextEdit ใน OS X



รูปที่ 2.18 รูปแสดงการใช้งานโปรแกรม Sublime Text

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
JavaScript

ตัวของโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยจาวาสคริปต์ จะต้องทำงานอยู่บนจาวาสคริปต์เอ็นจิ้น (Java Script Engine) ที่เป็นทั้งตัวแปลภาษา (Interpreter) และใช้ในการรันโปรแกรม สำหรับการทำงานของจาวาสคริปต์ที่เราคุ้นเคยกันดี จะทำงานอยู่บนเว็บเบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox เป็นต้น ซึ่งจะมีจาวาสคริปต์เอ็นจิ้นติดตั้งมาให้อยู่แล้ว

ปกติแล้วจาวาสคริปต์จะนิยมนำไปใช้พัฒนาเว็บไซต์ เพราะถือเป็น 1 ใน 3 ภาษาที่สำคัญฝั่งเว็บ โดย 3 ภาษาดังกล่าวจะประกอบไปด้วย

1.ภาษา HTML (ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น HTML5) เป็นภาษาที่ใช้แท็ก (Tag) กำหนดเนื้อหาที่แสดงผลบนหน้าเว็บ

2.ภาษา CSS (ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น CSS3) ใช้สำหรับจัดรูปแบบการแสดงผลของแท็กต่างๆ ในภาษา HTML

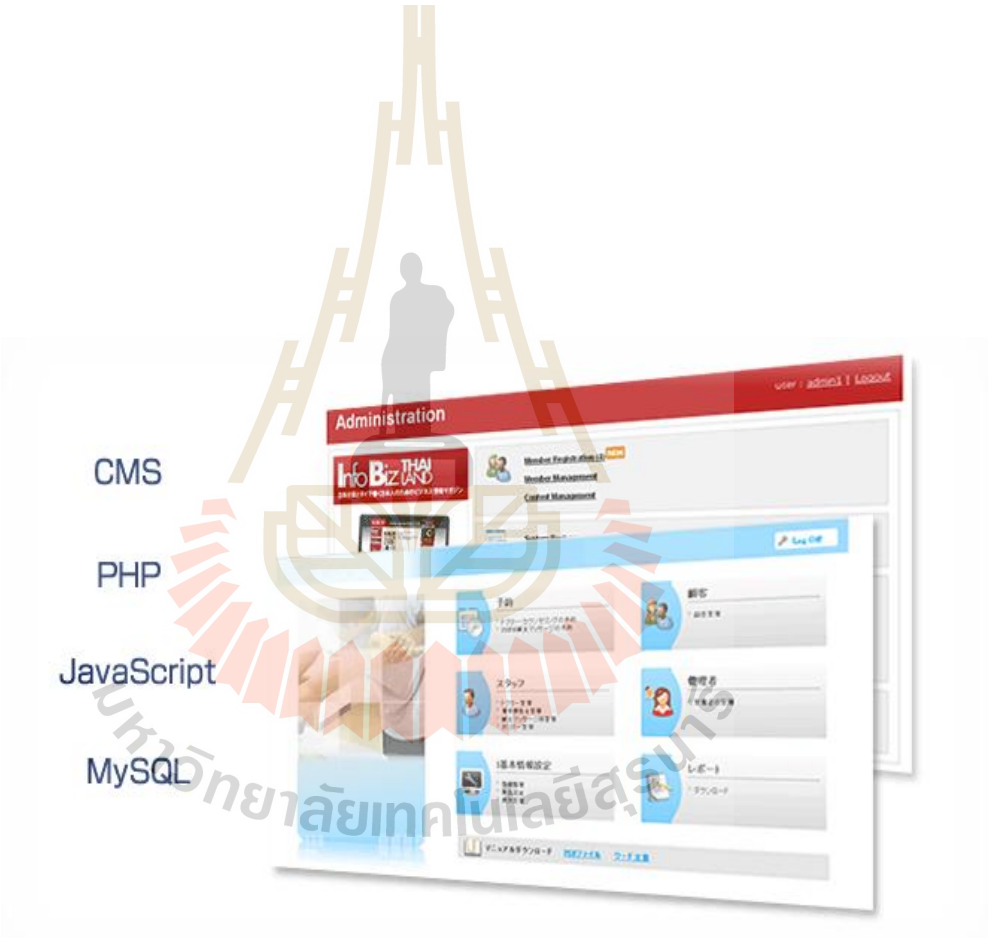
3.ส่วนภาษาจาวาสคริปต์จะใช้เพิ่มความสามารถของภาษา HTML ด้วยการเขียนลอจิกเข้าไปในหน้าเว็บทำให้การแสดงผลด้วย HTML แบบเดิมๆ ดูดีมีชีวิตชีวา สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานหน้าเว็บได้

สำหรับประวัติของภาษาจาวาสคริปต์ มันถูกสร้างขึ้นมาในปี พ.ศ. 2538 โดยวิศวกรชาวอเมริกันนามว่า “Brendan Eich” ซึ่งเขาทำงานให้กับบริษัท Netscape (Netscape Communication Corporation) และมันก็ถูกเผยแพร่สู่สาธารณะชนครั้งแรก ตอนต้นปี พ.ศ. 2539 พร้อมกับเว็บเบราเซอร์ที่ชื่อว่า Netscape Navigator 2

โดยระหว่างพัฒนาภาษานี้ครั้งแรก มันถูกตั้งชื่อว่า Mocha พอจะเผยแพร่สู่สาธารณะชนครั้งแรก บริษัท Netscape ตั้งใจจะให้มีชื่อเป็นทางการว่า LiveScript แต่เพราะเหตุผลทางการตลาดจึงได้เปลี่ยนชื่อให้เป็นจาวาสคริปต์ (JavaScript) เพื่อให้ชื่อคล้ายคลึงกับภาษายอดนิยมอย่างจาวา (Java) ซึ่งเป็นของบริษัท Sun Microsystems ในขณะนั้น (ปัจจุบันบริษัท Sun ได้ถูก Oracle ซื้อกิจการไปแล้ว) โดยทั้งสองภาษาไม่ได้เกี่ยวข้องกันแม้แต่นิดเดียวเลย แต่เพราะชื่อขึ้นต้นด้วยคำว่า “จาวา”เหมือนกัน ก็อาจทำให้หลายคนเข้าใจผิดได้ง่าย

ต่อมาบริษัท Netscape ได้ส่งจาวาสคริปต์ ไปให้องค์กร Ecma International (องค์กรจัดการมาตรฐานแห่งยุโรป) เป็นผู้กำหนดมาตรฐานจาวาสคริปต์แทน ซึ่งจะเรียกมาตรฐานนี้ว่า “ECMA-262” ส่วนตัวภาษาจาวาสคริปต์นั้น ก็จะมีชื่อเรียกเต็มยศอย่างเป็นทางการว่า “ภาษา ECMAScript”

องค์กร Ecma International ได้ประกาศมาตรฐานภาษา ECMAScript รุ่นแรกสุด (ES1) เมื่อปี พ.ศ. 2540 หลังจากนั้นมันก็พัฒนามาเรื่อยๆ จนกลายมาเป็น ECMAScript รุ่นที่ 5 (ES5) ซึ่งถูกประกาศใช้งานเมื่อเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2552 สำหรับ ES5 ตัวนี้มันก็คือเวอร์ชั่นจาวาสคริปต์ที่หลายคนกำลังใช้งานอยู่ หรือเคยศึกษามาแล้วนั้นเอง


CMS
PHP
JavaScript
MySQL
Administration
user : admin1 | Logout

-ใช้จาวาสคริปต์ร่วมกับฐานข้อมูลแบบ NoSQL (ปราศจากภาษา SQL) เช่น Apache CouchDB เป็นต้น

-ใช้จาวาสคริปต์ร่วมกับ HTML และ CSS เพื่อสร้างแอปพลิเคชั่นบนมือถือ (Mobile Applications) ด้วยการใช้ PhoneGap หรือ Cordova หรือ Meteor เป็นต้น

2.7 หลักการและทฤษฎีการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในทุกประเทศ เหล็กเส้นและส่วนประกอบคอนกรีต (หิน,ทราย,น้ำ และ ปูน) เป็นวัสดุที่มีใช้ได้อย่างเพียงพอ การออกแบบโครงสร้างประกอบด้วยสองขั้นตอนหลักคือ

1. พิจารณาแรงต่างๆที่มากระทำต่อโครงสร้างโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างที่เหมาะสม
2. ออกแบบองค์อาคารทั้งหมดโดยคำนึงถึงเสถียรภาพ ความปลอดภัย ความสามารถในการใช้งาน และความประหยัดของโครงสร้าง

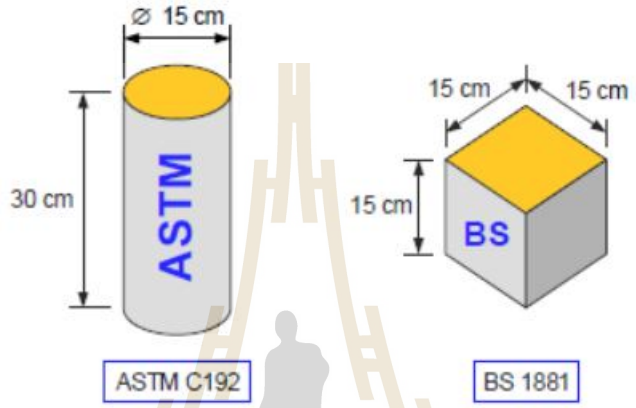
กลไกสำคัญที่ทำให้เกิดกำลังคือ คอนกรีตรับแรงอัดและเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งนี้ เนื่องจากคอนกรีตมีความแข็งแรงในการรับแรงอัดได้ดี แต่มีความอ่อนแอในการรับแรงดึง ดังนั้นเมื่อรับน้ำหนักจะเกิดการแตกร้าว จากการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำให้เกิดหน่วยแรงดึงเกินกว่าที่คอนกรีตจะรับได้ ในคานคอนกรีต โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดจะถูกต้านทานโดยคู่ควบแรงอัด-แรงดึงในคอนกรีต คานดังกล่าวจะวิบัติอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดรอยร้าวครั้งแรก ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก เหล็กเส้นจะถูกเสริมเข้าไปในคอนกรีตเพื่อรับแรงดึงทำหน้าที่แทนคอนกรีตหลังเกิดการแตกร้าว เพื่อทำหน้าที่เป็นแรงคู่ควบร่วมกับแรงอัดในคอนกรีตในการต้านทานโมเมนต์ดัดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกเหล็กและคอนกรีตทำงานร่วมกันอย่างดีเนื่องมาจากเหตุผลหลายประการคือ

1. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กและคอนกรีตมีเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการเลื่อนไถลของเหล็กเสริม
2. ส่วนผสมคอนกรีตที่พอเหมาะจะช่วยป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านมาทำให้เกิดการกัดกร่อนในเหล็กเสริม
3. อัตราการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิที่ใกล้กันของเหล็กและคอนกรีตทำให้เกิดแรงน้อยมากระหว่างคอนกรีตและเหล็กภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

กำลังอัดคอนกรีต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กำลังอัดของคอนกรีตเป็นข้อมูลสำคัญที่จะต้องมีระบุไว้ในแบบก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยทั่วไปจะระบุไว้ในข้อกำหนดในแบบหน้าแรกซึ่งเป็นค่าที่ผู้ออกแบบใช้ในการคำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก กำลังอัดคอนกรีตจะใช้สัญลักษณ์ f'_c คือกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ก้อนตัวอย่างทดสอบที่ใช้มีสองแบบคือ แท่งทรงกระบอก (Cylinder) และก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (Cube)

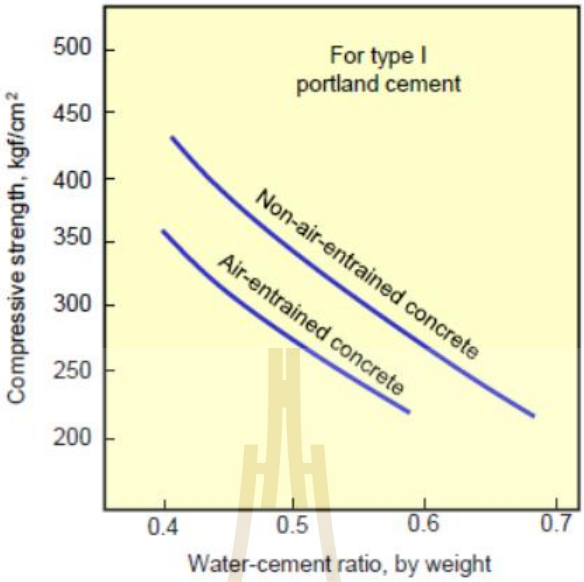


รูปที่ 2.21 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทดสอบแรงอัดแบบทรงกระบอกและสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

ก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์มีขนาดด้านละ 15 ซม. ตามมาตรฐาน BS 1881 มักใช้ในประเทศแถบเอเชีย, รัสเซีย และยุโรป ในขณะที่แท่งทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ยาว 30 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C192 จะใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย โดยเฉลี่ยแล้วกำลังของทรงกระบอก Ø15×30 ซ.ม. จะประมาณ 85% ของลูกบาศก์ 15×15×15ซ.ม.

กำลังคอนกรีตนั้นขึ้นกับหลายปัจจัยตั้งแต่คุณภาพของวัสดุที่นำมาผสมได้แก่ซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มอื่นๆ สัดส่วนและวิธีการผสม การลำเลียงขนส่ง การเทลงแบบ จนถึงการบ่มคอนกรีต อัตราส่วนนำต่อซีเมนต์เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อกำลังคอนกรีต ปริมาณน้ำที่จำเป็นสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับซีเมนต์คืออัตราส่วนนำต่อซีเมนต์ 0.25 (โดยน้ำหนัก) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ 0.35 หรือสูงกว่าจะช่วยใช้คอนกรีตมีความข้นเหลวเพียงพอที่จะเทลงแบบได้โดยไม่ต้องใช้สารผสมเพิ่ม แต่ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังคอนกรีตตกลง ดังแสดงในรูปที่ 1.4

การใช้เครื่องผสมคอนกรีตและเวลาในการผสมที่เหมาะสมจะให้ผลดีต่อกำลังคอนกรีต หลังเทคอนกรีตแล้วใช้เครื่องสั่นหรือหัวจี จะทำให้คอนกรีตแน่นข้นหรือช่องว่างน้อยลง อัตราส่วนช่องว่างถ้ามีมากถึง 5% อาจทำให้กำลังคอนกรีตลดลงถึง 30%



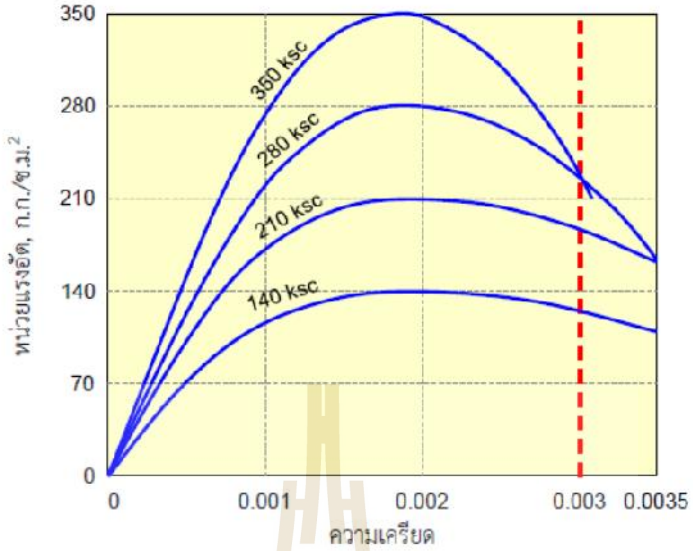
รูปที่ 2.22 ผลของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่มีต่อกำลังอัดและกำลังดึงคอนกรีต

สภาพการบ่มก็ส่งผลกระทบสำคัญต่อกำลังเช่นกันทั้งความชื้นและอุณหภูมิส่งผลโดยตรงต่อไฮเดรชั่นของซีเมนต์ กำลังคอนกรีตจะพัฒนาขึ้นตามอายุของการบ่ม โดยกำลังที่ใช้เป็นมาตรฐานในการคำนวณออกแบบคือกำลังที่อายุ 28 วัน

ตารางที่ 2.1 อัตรากำลังอัดของคอนกรีตตามอายุการบ่ม

อายุ	7 วัน	14 วัน	28 วัน	3 เดือน	6 เดือน	1 ปี	2 ปี	5 ปี
อัตรากำลัง	0.67	0.86	1.0	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

เมื่อนำทรงกระบอกที่อายุ 28 วันมาทดสอบกำลังอัดแล้วบันทึกค่าหน่วยแรงอัดและความเครียด(Stress-strain curve) จะได้ดังรูปที่ 2.23โดยในช่วงต้นจะค่อนข้างตรงเป็นแบบอิลาสติก หน่วยแรงอัดจะขึ้นถึงค่า fc' คือค่าหน่วยแรงอัดที่มากที่สุดที่ความเครียดประมาณ 0.002 แล้วตกลงจนแตกหักที่ความเครียดประลัย (Ultimate strain, ε_{cu}) ประมาณ 0.003 คอนกรีตที่มีกำลังสูงขึ้นจะมีความยืดหยุ่นน้อยลงคือความเครียดประลัยมีค่าน้อยลง



ชั้นคุณภาพ	กำลังต้านแรงอัดที่อายุ 28 วัน (MPa) ไม่น้อยกว่า	
	แท่งทรงกระบอก Ø ขนาด 150mm x 300mm	แท่งทรงลูกบาศก์ ขนาด 150mm x 150mm
C17/21	17.0	21.0
C19.5/24	19.5	24.0
C23/28	23.0	28.0
C25/30	25.0	30.0
C27/32	27.0	32.0
C30/35	30.0	35.0
C33/38	33.0	38.0

ชั้นคุณภาพ	กำลังต้านแรงอัดที่อายุ 28 วัน (กก./ตรซม., ksc)	
	แท่งทรงกระบอก ∅ ขนาด 150mm × 300mm	แท่งทรงลูกบาศก์ ขนาด 150mm × 150mm
210CU	180	210
240CU	210	240
280CU	240	280
300CU	250	300
320CU	280	320

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

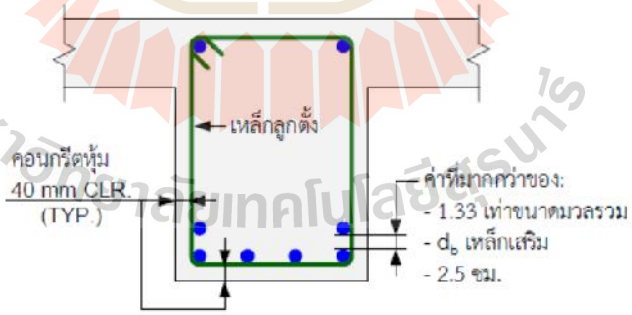
ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ กิโลกรัมต่อเมตร
	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	พื้นที่ภาคตัดขวาง ตารางมิลลิเมตร	
RB 6	6	28.3	0.222
RB 9	9	50.3	0.395

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงดึง MPa (ksc)	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก MPa (ksc)	ความยืด %
SD 30	480 (4,900)	295 (3,000)	17
SD 40	560 (5,700)	390 (4,000)	15
SD 50	620 (6,300)	490 (5,000)	13

ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ กิโลกรัมต่อเมตร
	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	พื้นที่ภาคตัดขวาง ตารางมิลลิเมตร	
DB 10	10	78.5	0.616
DB 12	12	113.1	0.888
DB 16	16	201.1	1.578
DB 20	20	314.2	2.466
DB 22	22	380.1	2.984
DB 25	25	490.9	3.853
DB 28	28	615.8	4.834
DB 32	32	804.2	6.313
DB 36	36	1,017.9	7.990
DB 40	40	1,256.6	9.865

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Imperial Bar Size	"Soft" Metric Size	Weight		Diameter		Area	
		(lb/ft)	(kg/m)	(in)	(mm)	(in^2)	(mm^2)
#3	#10	0.376	0.561	3/8	9.525	0.11	71
#4	#13	0.668	0.996	4/8	12.7	0.20	129
#5	#16	1.043	1.556	5/8	15.875	0.31	200
#6	#19	1.502	2.24	6/8	19.05	0.44	284
#7	#22	2.044	3.049	7/8	22.225	0.60	387
#8	#25	2.670	3.982	8/8	25.4	0.79	509
#9	#29	3.400	5.071	1.128	28.65	1.00	645
#10	#32	4.303	6.418	1.270	32.26	1.27	819
#11	#36	5.313	7.924	1.410	35.81	1.56	1006

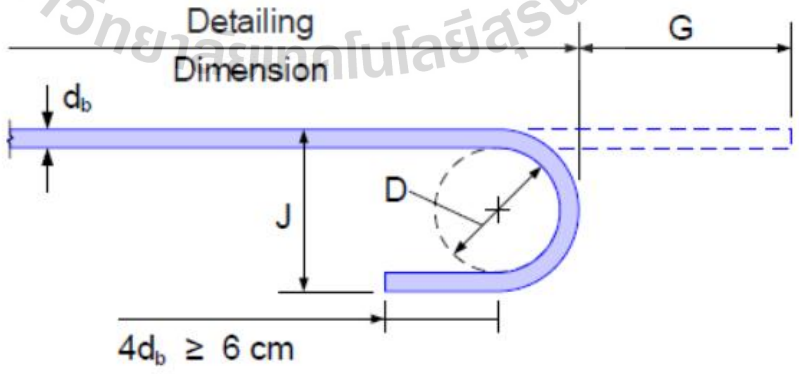


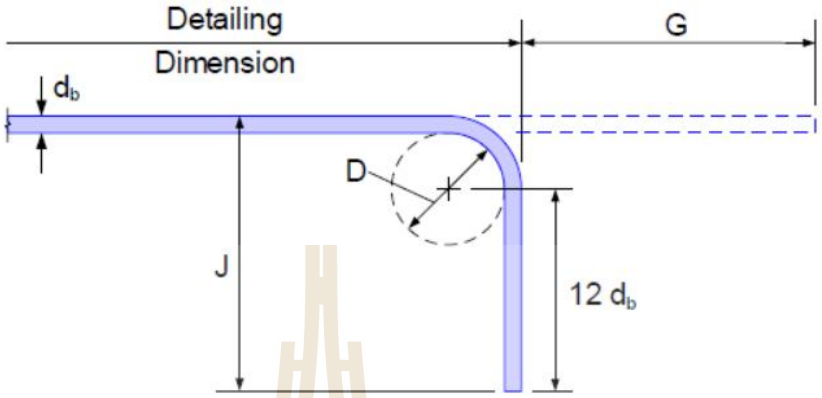
ใ ให้

b^2

	ระยะหุ้มน้อยที่สุด (ซม.)
คอนกรีตหล่ออยู่บนหรือในพื้นดินถาวร	7.5
คอนกรีตหล่อบนพื้นดินหรือสภาพอากาศภายนอก :	
เหล็กเสริม DB20 และใหญ่กว่า	5
เหล็กเสริม DB16 และน้อยกว่า	4
คอนกรีตไม่สัมผัสพื้นดินหรือสภาพอากาศภายนอก :	
พื้น, ผนัง, คานย่อย	2
คาน, เสา	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





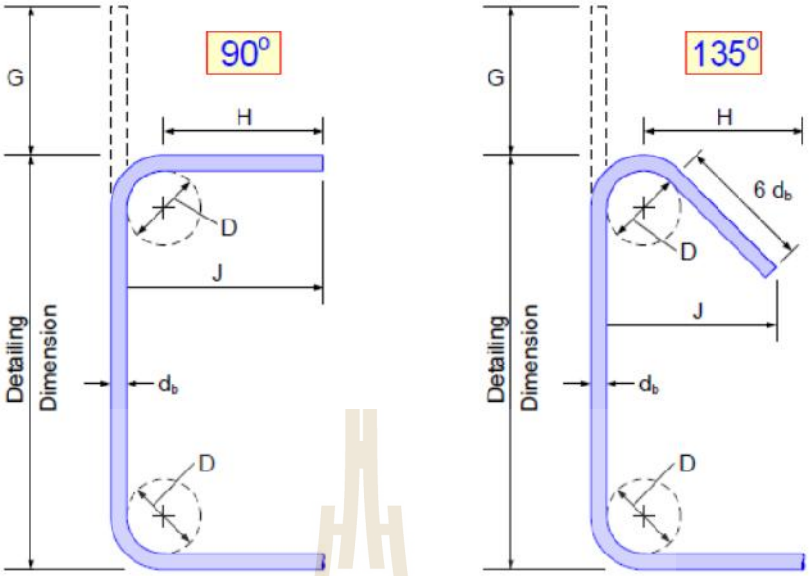
ขนาดของเหล็กเส้น (d_b)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุด (D)
6 มม. ถึง 25 มม.	6 d_b
28 มม. ถึง 36 มม.	8 d_b
44 มม. ถึง 57 มม.	10 d_b

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขนาดของเหล็กเส้น	D (ซม.)	ของอ 180°		ของอ 90°	
		G (ซม.)	J (ซม.)	G (ซม.)	J (ซม.)
RB9	5.5	11	7.3	12	15
DB10	6.0	12	8.0	12	16
DB12	7.5	13	9.9	16	20
DB16	10.0	16	13.2	21	26
DB20	12.0	19	16.0	26	32
DB25	15.0	24	20.0	32	40
DB28	22.5	33	28.1	38	48
DB32	25.5	37	31.9	43	55

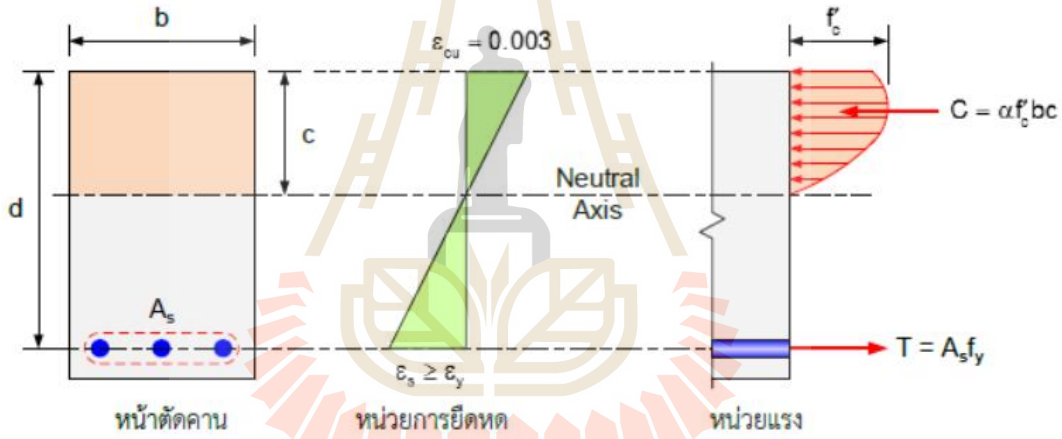
90° Hook 135° Hook

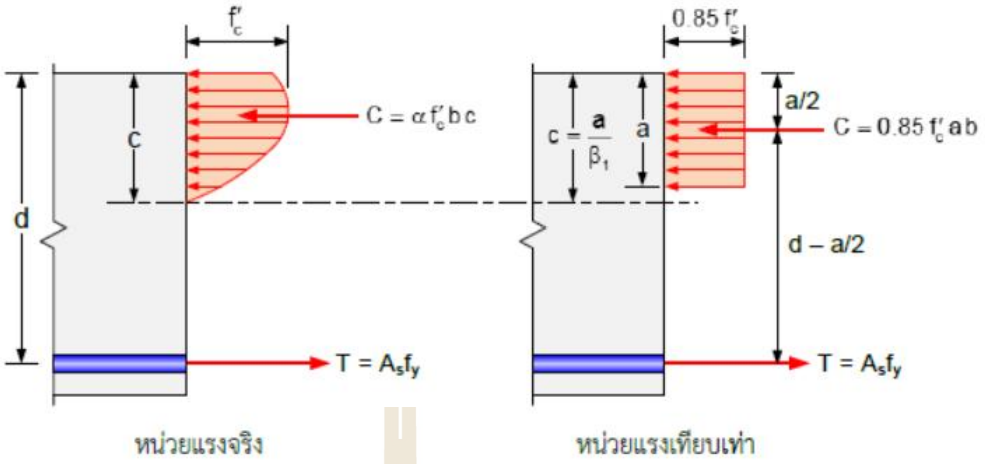
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ขนาดของเหล็กเส้น	D (ซม.)	ของอ 90°		ของอ 135°	
		G (ซม.)	J (ซม.)	G (ซม.)	J (ซม.)
RB6	2.5	4	6	5	4.5
RB9	3.5	6	8	7	6.5
DB10	4.0	7	9	8	7.5
DB12	5.0	8	11	10	9.0
DB16	6.5	10	15	13	12.0
DB20	12.0	26	32	18	17.0
DB25	15.0	32	40	23	21.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

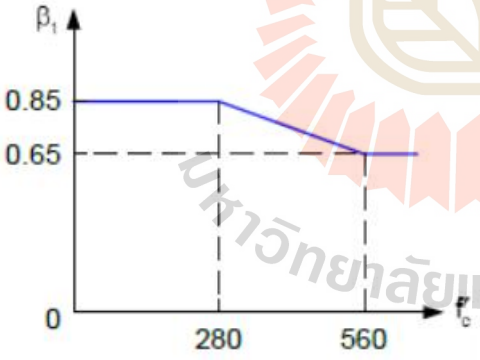

b
$\varepsilon_{cu} = 0.003$
f'_c
$C = \alpha f'_c bc$
c
d
Neutral
Axis
A_s
$T = A_s f_y$
$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$
หน้าตัดคาน
หน่วยการยืดหด
หน่วยแรง



รูปที่ 2.30 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคาน

สำหรับคอนกรีต $f'_c \leq 280$ ก.ก./ ซม.^{2}, $\beta_1 = 0.85$

สำหรับคอนกรีต $f'_c > 280$ ก.ก./ซม.^{2}, $\beta_1 = 0.85 - 0.05\left(\frac{f'_c - 280}{70}\right) \geq 0.65$



f'_c (กก./ซม.^{2})	β_1
210	0.85
240	0.85
280	0.85
320	0.82
350	0.80

รูปที่ 2.31 ค่า β_1 ที่กำลังอัดคอนกรีตf'_c ค่าต่างๆ

กำลังรับแรงดัด M_n สามารถหาได้จากหน่วยแรงสี่เหลี่ยมเทียบเท่าจากรูปที่ 2.26 ได้ดังนี้

แรงอัดจากคอนกรีต: $C = 0.85 f'_c ab$ (2.2)

แรงดึงจากเหล็กเสริม: $T = A_s f_y$ (2.3)

จากสมดุลของแรง C = T จะได้

$$0.85f'_c\, ab = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c\, b} = \frac{\rho f_y}{0.85f'_c} \quad (2.4)$$

เมื่อ $\rho = A_s/bd$ คืออัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึง กำลังต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดจะเท่ากันกับ

$$M_n = (C \text{ or } T)\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.5)$$

แทนค่า a จากสมการ (2.4) ลงในสมการที่(2.5) จะได้

$$M_n = \rho f_y bd^2 \left(d - \frac{\rho f_y}{1.7f'_c}\right) \quad (2.6)$$

ตัวคูณความต้านทานการดัด (Flexural resistance factor) R_n หาได้โดยการหารสมการ (2.6) ด้วย bd^2

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7f'_c}\right) = \rho f_y \left(1 - \frac{1}{2}\rho m\right) \quad (2.7)$$

เมื่อ $m = f_y/0.85f'_c$ คืออัตราส่วนระหว่างกำลังของเหล็กต่อคอนกรีต

ในการออกแบบเราต้องพิจารณาค่า ρ หรืออัตราส่วนเหล็กเสริมสำหรับค่า M_u ที่ต้องการเพื่อรับน้ำหนักบรรทุก เมื่อคำนวณ M_n / M_u จะได้ค่า R_n เมื่อแก้สมการกำลังใน (2.7) จะได้

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85f'_c}}\right) = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right) \quad (2.8)$$

การคำนวณกำลังโมเมนต์ (2.6) และอัตราส่วนเหล็กเสริม (2.8) จะใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบหน้าตัดคานรับการดัด อย่างไรก็ตามการคำนวณดังกล่าวตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่าขณะเกิดการวิบัติคือหน่วยการยืดหดในคอนกรีตถึงค่าประลัย $\varepsilon_u = 0.003$ เหล็กเสริมได้ถึงหรือเลยจุดครากไปแล้วหรือ $f_s = f_y$ ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบหน่วยการยืดหดของเหล็กเสริม

สภาวะเช่นนี้เรียกว่า Under-reinforcement หรือ UnderRC เพราะการเสริมเหล็กมีน้อยทำให้กำลังจากเหล็กเสริมมีน้อยกว่ากำลังจากคอนกรีตท้าให้เหล็กเสริมครากก่อน เป็นสภาวะวิบัติที่พึงประสงค์นั่นคือโครงสร้างจะไม่พังทลายอย่างทันทีทันใด แต่ถ้าเสริมเหล็กมากเกินไปจะเรียกว่า OverRC ซึ่งคอนกรีตจะวิบัติก่อนและโครงสร้างจะพังทลาย อย่างทันทีทันใดซึ่งอันตรายกว่า UnderRC ในการวิเคราะห์หรือออกแบบจึงต้องพิจารณาให้ได้ว่าเป็น UnderRC หรือ OverRC ซึ่งทำได้โดยพิจารณาสภาวะความเครียดสมดุล

สภาวะเหล็กเสริมสมดุล

ในหน้าตัดที่มีปริมาณเหล็กเสริมน้อย UnderRC หน่วยการยืดหดของเหล็กเสริมมีค่ามากกว่าหน่วยการยืดหดคราก เมื่อเหล็กเสริมมีปริมาณมากขึ้นหน่วยการยืดหดของเหล็กเสริมจะลดลง จนถึงที่สภาวะเหล็กเสริมสมดุล เหล็กรับถึงจุดคราก $\varepsilon_y = f_y/E_s$ พอดี ขณะที่หน่วยการยืดหดคอนกรีต ε_{cu} มีค่าถึง 0.003

$$\frac{c}{d-c} = \frac{0.003}{f_y/E_s}$$

แทนค่า $E_s = 2.04 \times 10^6$ กก./ซม^2

$$c = \left(\frac{6,120}{6,120+f_y}\right)d \qquad (2.9)$$

จากสมดุลของแรง C = T , $0.85f'_c ab = A_{sb}f_y$

กำหนดให้ ρ_b เป็นอัตราส่วนเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล แทนค่าปริมาณเหล็กเสริม $A_{sb} = \rho_b bd$ ลงในสมการสมดุลของแรง C = T จะได้

$$0.85f'_c ab = f_y \rho_b bd$$

$$\rho_b = \frac{0.85f'_c}{f_y}\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{0.85f'_c}{f_y}\left(\frac{c}{d}\right)$$

แทนค่าจากสมการ (2.9) จะได้

$$\rho_b = \frac{0.85f'_c}{f_y}\beta_1\left(\frac{6,120}{6,120+f_y}\right) \qquad (2.10)$$

อัตราส่วนเหล็กเสริมที่ใช้น้อยกว่าอัตราส่วนที่สภาวะสมดุลจะเป็น UnderRC ถ้าเสริมเหล็กมากกว่าก็จะเป็น OverRC ดังนั้นเหล็กเสริมในหน้าตัดคานจึงไม่ควรเกินค่า ρ_b ที่สภาวะสมดุล เพื่อที่จะให้แน่ใจว่าการวิบัติจะเป็นแบบเหนียว (Ductile mode) ACI ได้จำกัดปริมาณของเหล็กเสริมไม่ให้มากกว่า 75% ของปริมาณในสภาวะความเครียดสมดุล

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b \qquad (2.11)$$

ในการออกแบบอัตราส่วนเหล็กเสริมที่คำนวณได้ต้องไม่เกินค่ามากที่สุดนี้ ผู้ออกแบบบางคนนิยมเลือกอัตราส่วนเหล็กเสริมที่ค่อนข้างเผื่อไว้คือ

$$\rho = 0.5(\rho_{max}) = 0.375\rho_b \qquad (2.12)$$

ปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุด

ในบางกรณีโมเมนต์ดัดที่มากระทำมีค่าน้อยมากและขนาดหน้าตัดที่ถูกกำหนดมามีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการมาก ทำให้ปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการที่คำนวณออกมามีค่าน้อยมาก หน่วยแรงดึงจะมีค่าน้อยกว่าค่าโมดูลัสแตกหักของคอนกรีต $f_r = 2.0\sqrt{f'_c}$ คานดังกล่าวจึงถูกใช้งานใน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สภาวะที่คอนกรีตไม่เกิดการแตกร้าวนั่นคือเหล็กเสริมยังไม่ได้ทำงาน คานจะรับน้ำหนักโดยกำลังของหน้าตัดคอนกรีตล้วนจนถึงจุดที่คอนกรีตเริ่มแตกร้าว M_{cr} ซึ่งถ้าเหล็กเสริมที่ใช้มีน้อยเกินไป เมื่อถึงจุดที่คอนกรีตแตกร้าวหน้าตัดจะเปลี่ยนเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยกำลัง M_n ที่น้อยกว่ากำลัง M_{cr} ก็จะทำให้เกิดการวิบัติแบบกะทันหันได้ เพื่อป้องกันภาวะวิบัติดังกล่าว ACI กำหนดปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุดสำหรับต้านทานการดัดเท่ากับ

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \qquad (2.13)$$

และไม่น้อยกว่า $14b_w d/f_y$ หรืออัตราส่วนเหล็กเสริมน้อยที่สุด $\rho_{min} = 0.8\sqrt{f'_c}/f_y \geq 14/f_y$ โดยค่าแรกของสมการจะใช้กับคอนกรีตกำลังสูงกว่า 300 กก./ซม^{2}ค่าอัตราส่วนน้อยที่สุดทั้งสองจะเท่ากันที่ $f'_c = 306$ กก./ซม^{2}แสดงว่า

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} \text{ เมื่อ } f'_c < 306 \text{ กก./ซม}^2 \qquad (2.14ก)$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} \text{ เมื่อ } f'_c \geq 306 \text{ กก./ซม}^2 \qquad (2.14ข)$$

การออกแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมรับแรงดัดที่เสริมเพียงเหล็กรับแรงดึง

ในการออกแบบหน้าตัดคานรับโมเมนต์ดัดจะพิจารณาค่า b, d และ A_s จากค่าโมเมนต์ดัดที่ต้องการให้หน้าตัดรับ M_u และคุณสมบัติของวัสดุ f'_c และ f_y การออกแบบมีสองแนวทางคือ เลือกปริมาณเหล็กเสริมก่อนแล้วจัดขนาดคาน หรือเลือกขนาดคานก่อนแล้วค้านวณปริมาณเหล็กที่ต้องการ

ขั้นตอนการออกแบบโดยเลือกปริมาณเหล็กก่อนแล้วจัดขนาดคาน

1. เลือกอัตราส่วนเหล็กเสริม ρ ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง$\rho_{max} < \rho < \rho_{min}$ โดยมากจะอยู่ที่ 0.60 ρ_{max} หรือถ้าออกแบบโดยเผื่อความปลอดภัยมากหน่อยก็ใช้ที่ 0.50 ρ_{max}
2. คำนวณสัมประสิทธิ์ความต้านทานโมเมนต์ดัด R_nจากอัตราส่วนเหล็กเสริมที่เลือก

$$R_n = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c}\right)$$

3. พิจารณาหน้าตัดที่ต้องการจาก $db^2 = \frac{M_n}{R_n} = \frac{M_u}{R_n}$

ขั้นตอนการออกแบบโดยเลือกขนาดคานก่อนแล้วคำนวณปริมาณเหล็กที่ต้องการ

1. เลือกขนาดคานที่เหมาะสมคือค่า b และ d ซึ่งจริงๆแล้ว จะเริ่มจากเลือกความลึกทั้งหมด h แล้วคำนวณ d โดยการลบระยะหุ้มคอนกรีตออก
2. คำนวณสัมประสิทธิ์ความต้านทานโมเมนต์ดัด R_n ที่ต้องการจาก

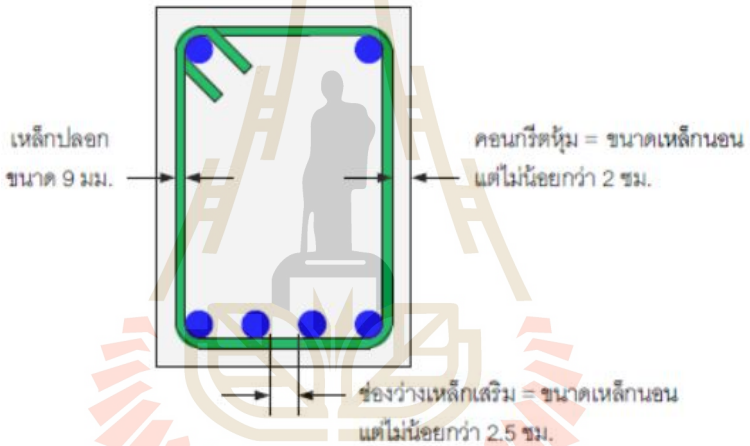
$$R_n = \frac{M_n}{db^2} = \frac{M_u}{db^2}$$

ราสวนเ รมจาก $\frac{0.85f'_c}{f}\left(1-\sqrt{1-\frac{2R_n}{0.85f'_c}}\right)$

min < max หรื

n = u

^{2}ดั



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขนาดของเหล็ก	จำนวนเหล็กใน 1 ชั้น							เพิ่มสำหรับแต่ละเส้น
	2	3	4	5	6	7	8	
DB12	10.7	14.4	18.1	21.8	25.5	29.2	32.9	3.7
DB16	11.5	15.6	19.7	23.8	27.9	32.0	36.1	4.1
DB20	12.3	16.8	21.3	25.8	30.3	34.8	39.3	4.5
DB25	14.3	19.3	24.3	29.3	34.3	39.3	44.3	5.0
DB28	15.8	21.4	27.0	32.6	38.2	43.8	49.4	5.6
DB32	17.8	24.2	30.6	37.0	43.4	49.8	56.2	6.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ยอ ใช้

งเท รบแ s f_sเท่

ช้ใ 2 สว รคือ

$$_n = M_{n1} + \quad _{n2} = \quad _c\left(d - \frac{a}{2}\right) + \quad '_s(d - d')$$

$$- \quad _1 = T_2 = C_c - \quad '_s$$

รีต

$_{n1}$ม ยงท ดี โดยใช้ข คานที่ก้

ล้ว t และ d โดยใช้ ิมาณเหล็กเสริมมากที่สุ $_1 = \quad _{max} = (\quad \bar{\rho}_b$

$$M_{n1} = \rho_{max} f_y db^2 \left(1 - \frac{\rho_{max} f_y}{1.7 f'_c}\right) = R_{n,max} db^2$$

$_{n,max} = \rho_{max} f_y \left(1 - \frac{1}{2}\rho_{max} m\right)$ แ $\frac{f_y}{0.85 f'_c}$

หรืออีกวิธีหนึ่งคำนวณพื้นที่เหล็กเสริม $A_s = \rho_{max} bd$ แล้วแทนลงในสมการ

$$M_{n1} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \text{ เมื่อ } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

2. คำนวณกำลังโมเมนต์ที่ต้องการเพิ่มเติม ซึ่งจะรับโดยเหล็กรับแรงอัด-เหล็กรับแรงดึง

$$M_{n2} = M_n - M_{n1} = \frac{M_u}{} - M_{n1}$$

3. คำนวณเหล็กรับแรงดึงที่ต้องการเพิ่มเติม A_{s2} (สมมุติว่า $f'_s = f_y$)

$$M_{n2} = T_2(d - d') = A_{s2} f_y (d - d') \rightarrow A_{s2} = \frac{M_{n2}}{f_y (d - d')}$$

4. คำนวณปริมาณเหล็กรับแรงดึงทั้งหมด : $A_s = A_{s1} + A_{s2}$

5. ตรวจสอบการคราก ของเหล็กรับแรงอัด :

$$a = \frac{A_{s1} f_y}{0.85 f'_c b} \text{ และ } c = a/\beta_1$$

$$f'_s = 6{,}120\left(1 - \frac{d'}{c}\right) \leq f_y$$

6. ปริมาณเหล็กรับแรงอัด: $A_{s2} f_y = A'_s f'_s$

7. เมื่อออกแบบเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัดเสร็จให้ทำการวิเคราะห์หากำลังโมเมนต์ของหน้าตัดกลับไปอีกครั้งเพื่อตรวจสอบ

ขั้นตอนการออกแบบเพื่อรับแรงเฉือน

ในการออกแบบหน้าตัดรับแรงเฉือนเพื่อให้มีกำลังเฉือนเพียงพอเพื่อรับแรงเฉือนประลัยที่เกิดขึ้นคือ

$$V_n \geq V_u \qquad (2.15)$$

เมื่อตัวคูณลดกำลัง สำหรับการเฉือนคือ 0.85 มีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาหน้าตัดวิกฤตและคำนวณแรงเฉือนประลัย V_n โดยปกติจะใช้ที่ค่าที่ระยะ d จากผิวของจุดรองรับ หรือพิจารณาจาก shear force envelope คำนวณกำลังเฉือน V_n ที่ต้องการคือ

$$V_n = V_u /$$

2. คำนวณแรงเฉือนส่วนใหญ่จะใช้สูตรอย่างง่ายคือ

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}\, b_w d$$

3. คำนวณแรงเฉือนที่ต้องการจากเหล็กปลอก

$$V_s = V_n - V_c$$

จน สุด ว่าห

$_s \leq \sqrt{f'_c}\, b_w d$

เนวต

$$\frac{A_v f_y d}{s}$$

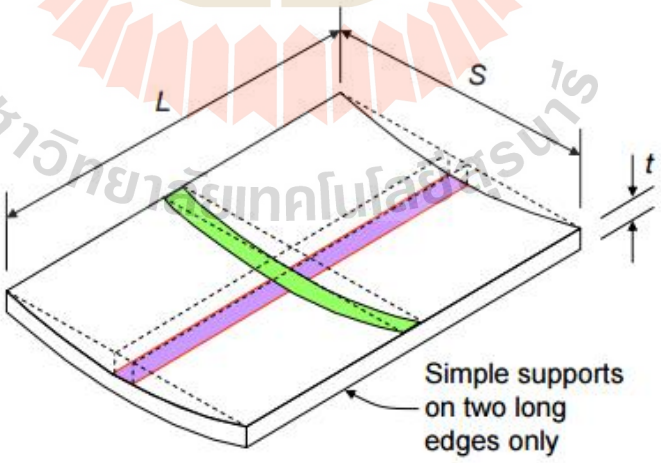
อกมากที่ จาก เล็กแ

$$_{max} = \frac{A_v f_y d}{\sqrt{f'_c}\, b_w} \qquad \frac{_v f_y}{b_w}$$

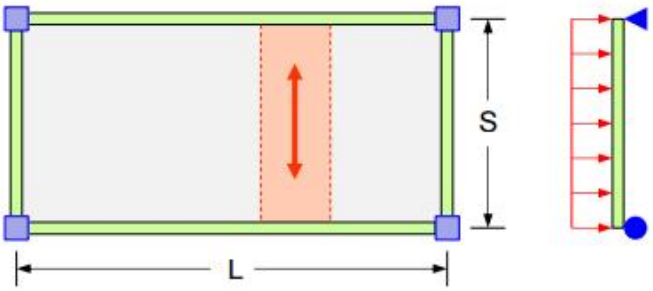
าง.... ปลอกมีค่าม ที่ ม

$_s \leq 1.1\sqrt{f'_c}\, b_w d$ ใ $S_{max} =$ ซม.

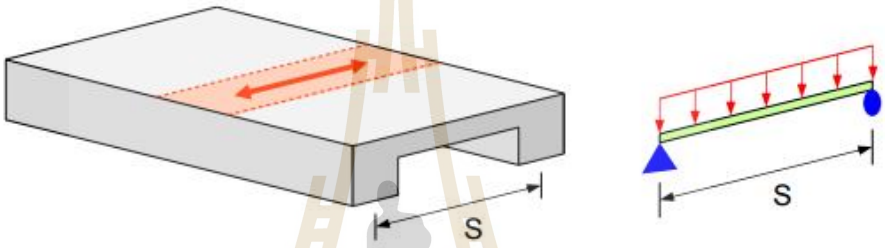
$\sqrt{f'_c}\, b_w d <$ $_s$ $\sqrt{f'_c}\, b_w$ $_{max} =$



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

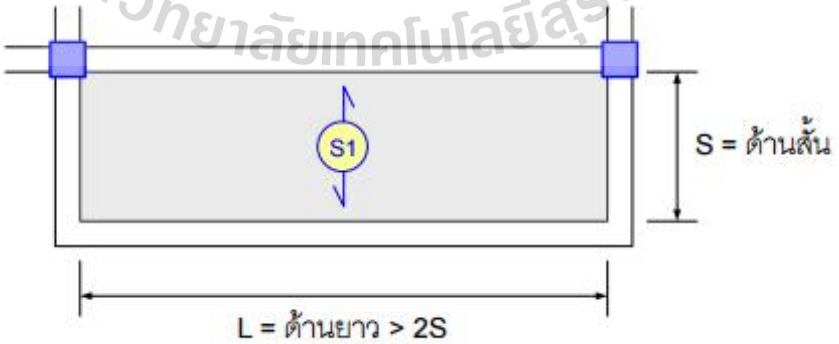


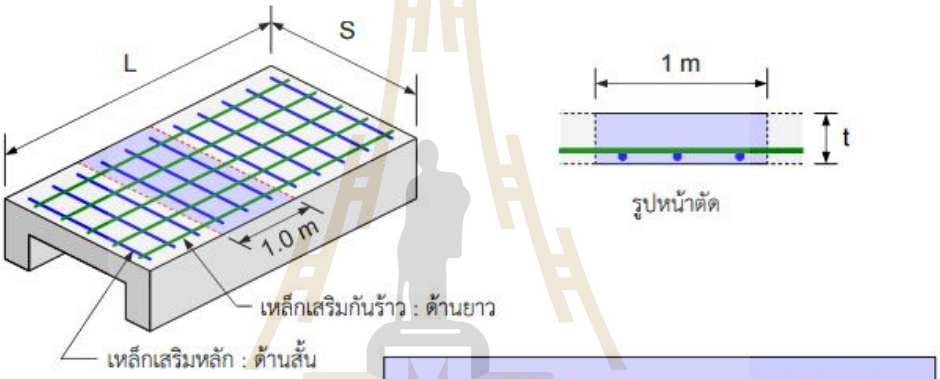
(ก) พื้นมีคานรอบสี่ด้าน L ≥ 2S



(ข) พื้นมีคานรองรับ 2 ด้านขนานกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

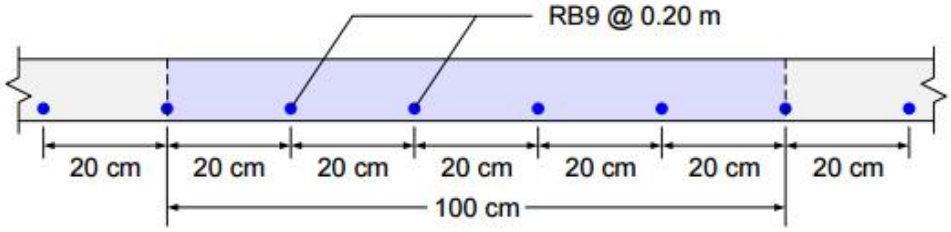
มีกำลัง 1 ม

หว่างเหล็ วอย่างเช่น

cm^2) ระย) m ดังในรู

(100/20) cm^2/m

$v\left(\frac{100}{s}\right)$



ใช้ A_v = 5 cm2 /

m มี A_s = 6.36

ำนวณ s โดยจัดรูป

$$S = \left(\frac{A_v}{A_s}\right) \times$$ *cm*

ACI

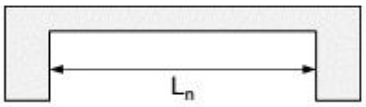
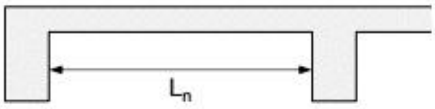
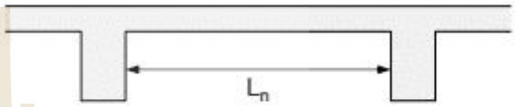
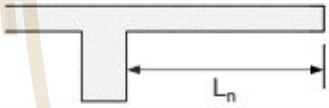
ามที่

การแอ่

2ใ

f_y/7,00

ตารางที่ 2.13 ความหนาต่ำสุดของพื้นทางเดียว

ความหนา	ลักษณะของจุดรองรับ
L/20	พื้นช่วงเดียว 
L/24	ปลายต่อเนื่องข้างเดียว 
L/28	ปลายต่อเนื่องสองข้าง 
L/10	ปลายยื่น 

* L คือความยาวของช่วงพื้น สำหรับเหล็กเสริม SD40 ซึ่งมี f_y = 4,000 ก.ก./ซม.^{2}

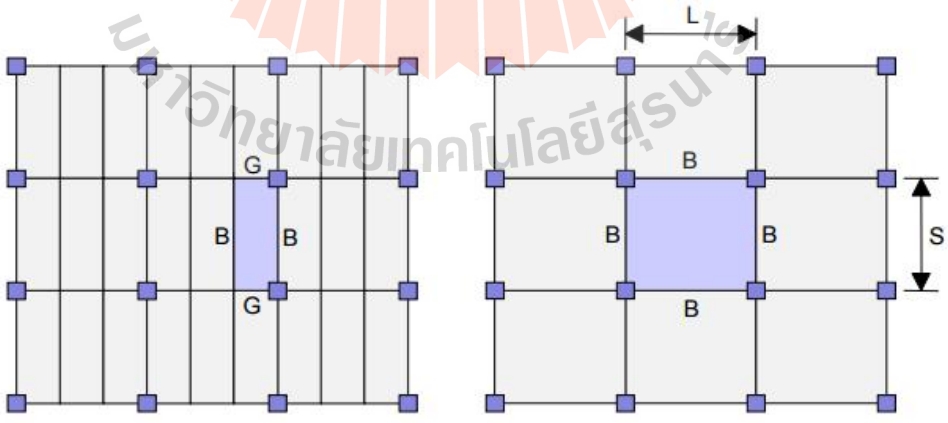
* สำหรับเหล็กเสริมชนิดอื่นให้คูณค่าในตารางด้วย 0.4 + f_y/7,000 ก.ก./ซม.^{2}

เหล็กเสริมป้องกันการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

คอนกรีตจะเกิดการหดตัวเมื่อซีเมนต์เพสต์แข็งตัว ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงจากการหดตัว (Shrinkage stress) นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของคอนกรีตในโครงสร้างที่อยู่กลางแจ้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนที่แตกต่างกันมาก ก็อาจทำให้เกิดผลกระทบได้ในลักษณะเดียวกัน คอนกรีตซึ่งมีความอ่อนแอในการรับแรงดึง เมื่อเกิดหน่วยแรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการหดตัวเหล่านี้ก็อาจทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นได้ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการเสริมเหล็กต้านทานการแตกร้าว

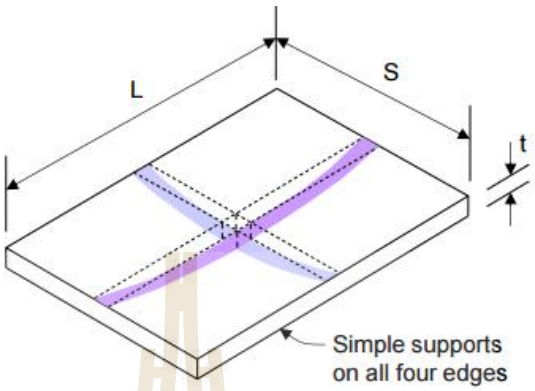
ดังนั้นจึงต้องมีการเสริมเหล็กกันร้าวดังกล่าวในทิศทางตั้งฉากกับทิศเหล็กเสริมหลัก ACI ได้กำหนดปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุดในพื้นเป็นอัตราส่วนพื้นที่เหล็กเสริมต่อพื้นที่หน้าตัดคอนกรีตทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 2.14 โดยที่ระยะห่างของเหล็กเสริมต้องไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้นหรือไม่เกิน 45 ซม. และอัตราส่วนเหล็กเสริมต้องไม่เกิน 0.0014

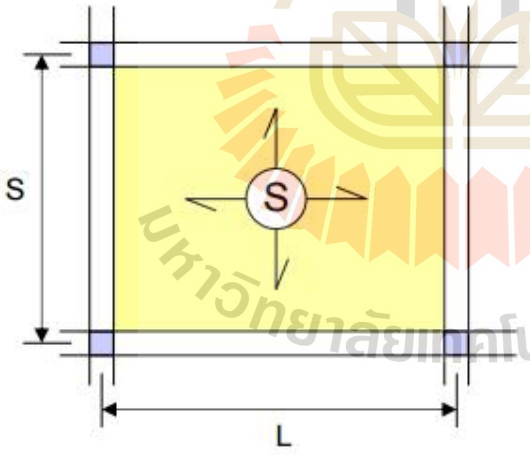
แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ SR24	0.0025
แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD30	0.0020
แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40	0.0018
แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กเสริมทีกำลังครากเกิน 4,000 กก./ซม.^{2} โดยวัดที่หน่วยความเครียด 0.35 เปอร์เซนต์	$\frac{0.0018 \times 4{,}000}{f_y}$



(ก) ระบบพื้นทางเดียว (ข) ระบบพื้นสองทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

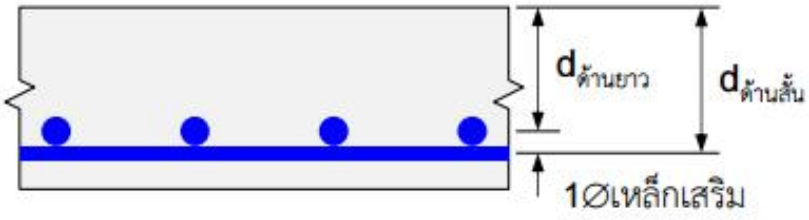




ความหนาพื้นน้อยที่สุด :

$$t_{min} = \frac{\text{Perimeter}}{180} = \frac{2\,(L+S)}{180} \leq 10 \text{ cm}$$

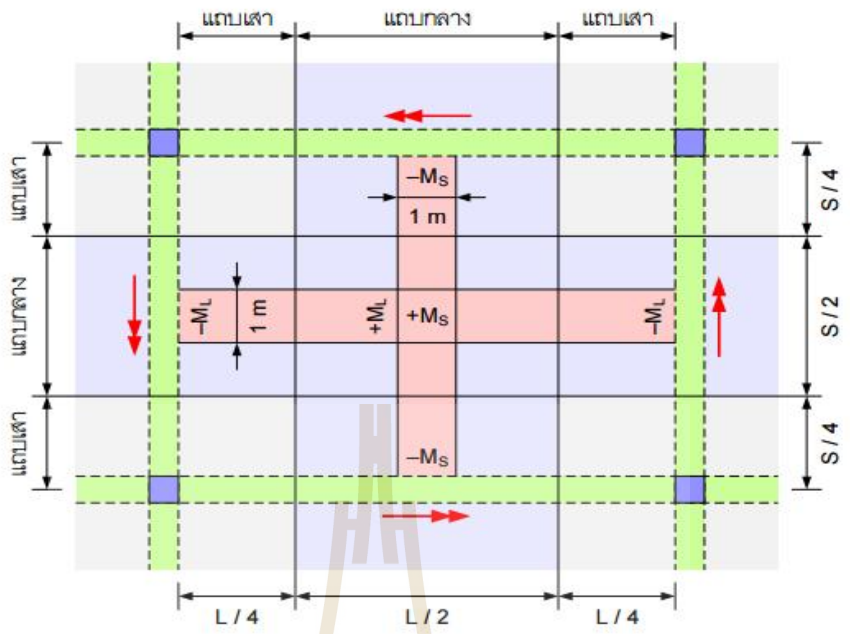
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

^{2}

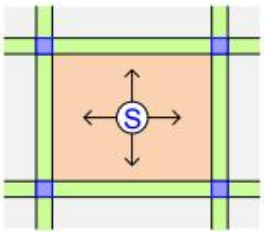
^{2})



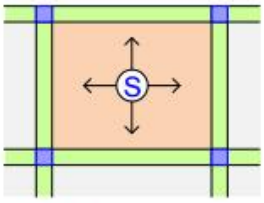
รูปที่ 2.42 การแบ่งแถบกลางและแถบเสาในพื้นสองทาง

ตารางที่ 2.15 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C)

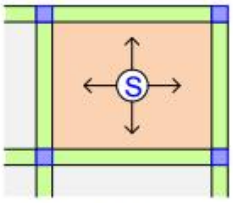
โมเมนต์	ช่วงสั้น อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว m = S/L						ช่วงยาว
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
พื้นภายใน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	-	-	-	-	-	-	-
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
พื้นไม่ต่อเนื่องด้านเดียว							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037
พื้นไม่ต่อเนื่องสามด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
พื้นไม่ต่อเนื่องสี่ด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	-	-	-	-	-	-	-
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050



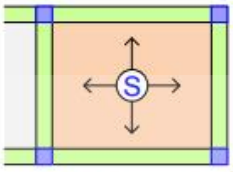
(ก) พื้นภายใน



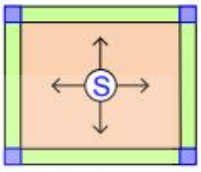
(ข) พื้นไม่ต่อเนื่องด้านเดียว



(ค) พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน



(ง) ไม่ต่อเนื่องสามด้าน



(จ) พื้นไม่ต่อเนื่องสี่ด้าน

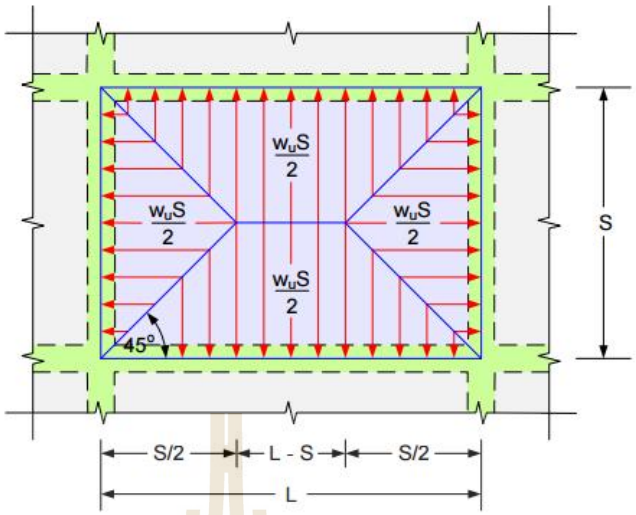
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

าหน

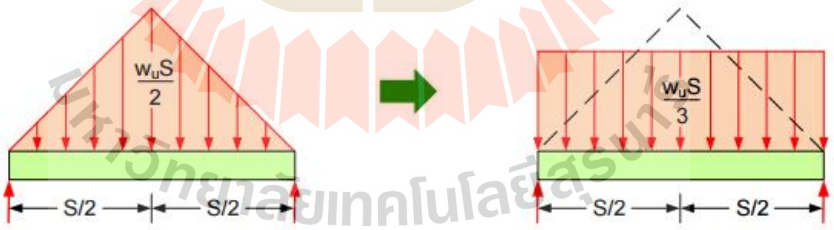
งในรูปที่ ∠.40

$\frac{ws}{4}$ ก.ก./ม.

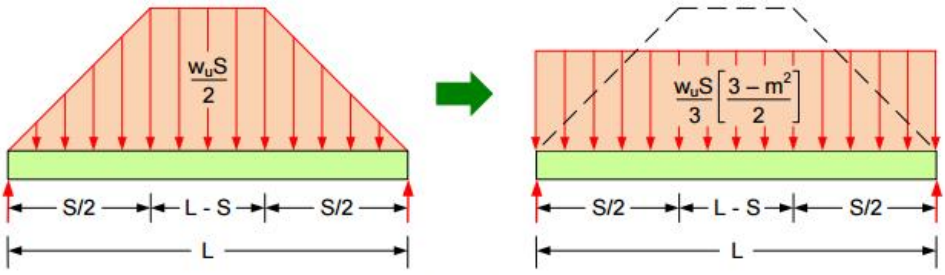
$\frac{ws}{4}\left(\frac{2-m}{m}\right)$ ก



นน้ำหนักลงคานด้านยาวเป็
เหนักแผ่สม่ำเสมอบนคาน เ
$\frac{wS}{3}$ ก.ก./ม.
$\frac{wS}{3}\left(\frac{3-m^2}{2}\right)$ ก.ก./ม.

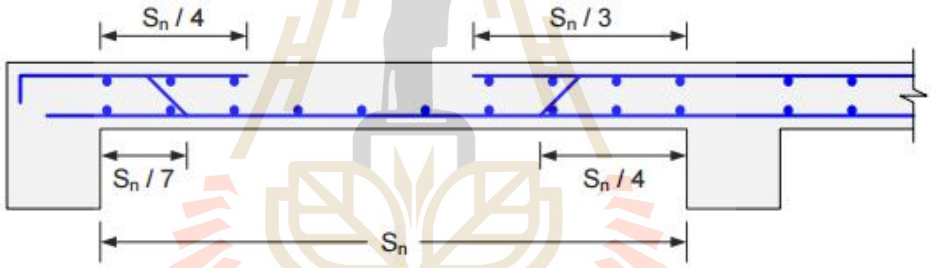


(ก) การถ่ายน้ำหนักพื้นลงคานด้านสั้น

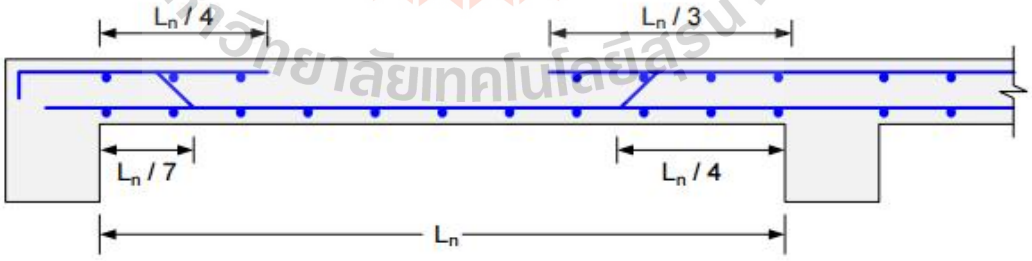


(ข) การถ่ายน้ำหนักพื้นลงคานด้านยาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

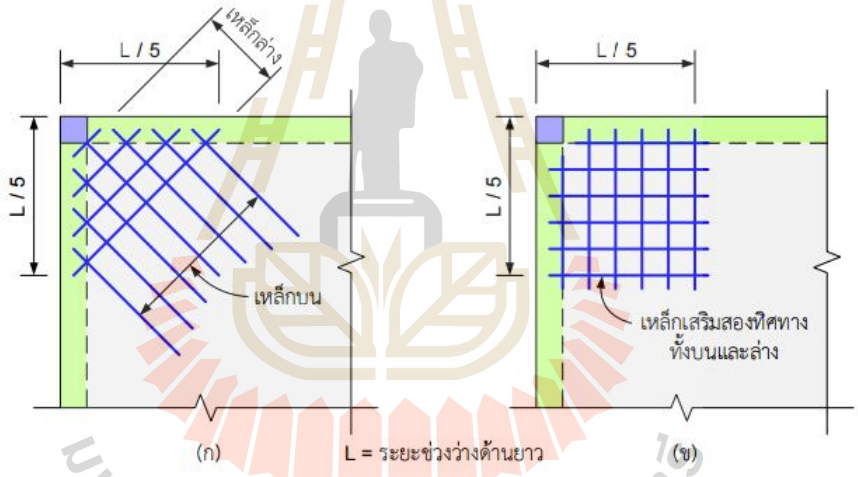


(ก) การเสริมเหล็กทางด้านสั้น

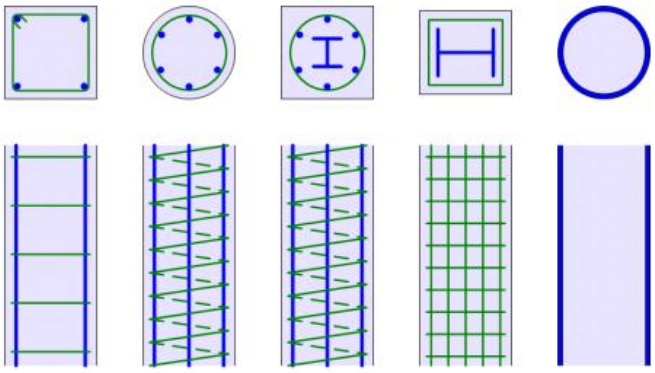


(ข) การเสริมเหล็กทางด้านยาว

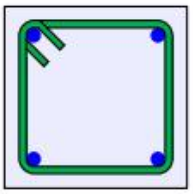
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



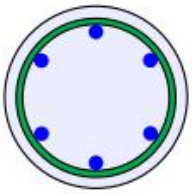
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



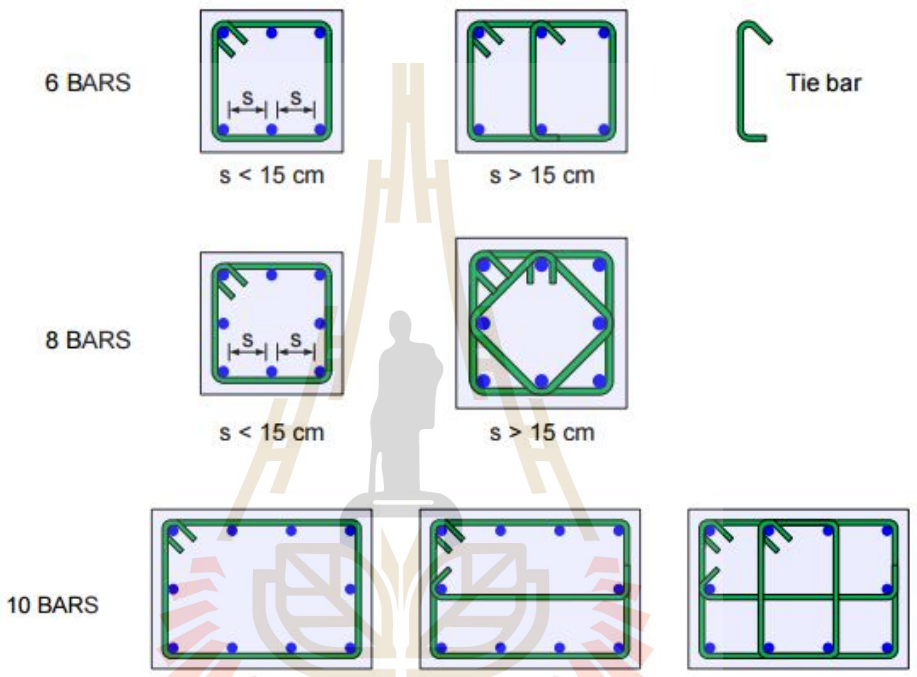
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



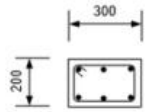
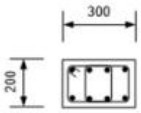
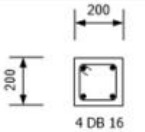
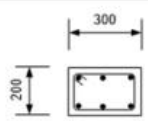
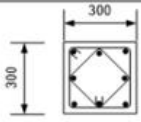
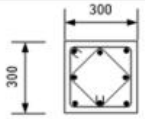
เสาสี่เหลี่ยม
เหล็กยืนอย่างน้อย 4 เส้น

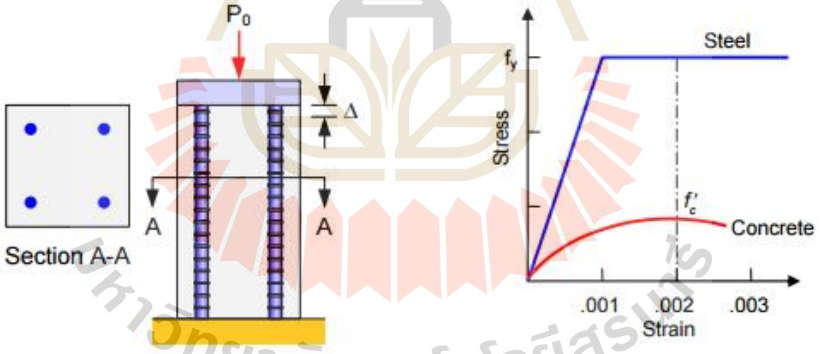


เสากลม
เหล็กยืนอย่างน้อย 6 เส้น

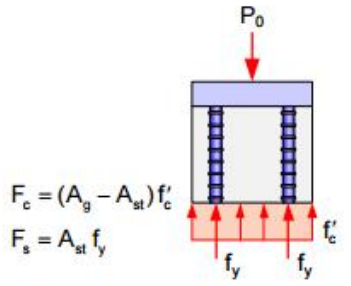


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลังคา ELEV. +3.70 ↑ พื้นชั้นล่าง ELEV. +0.20			
พื้นชั้นล่าง ELEV. +0.20 ↑ ฐานราก ELEV. -1.50			
	C1	C2	C3



(ก) เสาสั้นรับน้ำหนักตามแนวแกน (ข) ความสัมพันธ์หน่วยแรงและหน่วยการยืดหด



(ค) แรงในเหล็กและคอนกรีตขณะเกิดการวิบัติ

การวิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อหน่วยการยืดหด (Strain) มีค่าประมาณ 0.002 ดังในรูปที่ 2.52(ข) หน่วยแรงในเหล็กจะเท่ากับ f_y และในคอนกรีตจะเท่ากับ f'_c จากสมดุลในแนวดิ่งของรูปที่ 2.52(ค) แรงกระท้า P_0 จะเท่ากับผลรวมของแรงต้านทานรวมของคอนกรีตและเหล็กเสริม

$$P_0 = f_y A_{st} + f'_c(A_g - A_{st}) \tag{2.18}$$

เมื่อ A_g คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และ A_{st} คือพื้นที่เหล็กเสริม เมื่อคอนกรีตและเหล็กได้รับแรงอัดพร้อมกันสัดส่วนของการรับน้ำหนักของคอนกรีตและเหล็ก จะเปลี่ยนไปตามเวลาในช่วงต้นหน่วยแรงในเหล็กจะมีค่าเป็น E_s/E_c เท่าของหน่วยแรงในคอนกรีตซึ่ง เป็นไปตามทฤษฎีอิลาสติก ต่อมาเมื่อผลของความคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) มีมาก ขึ้นเหล็กจะค่อยๆรับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น จากผลการทดสอบพบว่ากำลังประลัยของเสามีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้จากสมการ (2.18) เพื่อให้กำลังที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจึงลดค่า f'_c ลง 15%

$$P_0 = f_y A_{st} + 0.85f'_c(A_g - A_{st}) \tag{2.19}$$

กำลังที่ได้จากสมการ (11.2) ถูกใช้เป็นพื้นฐานในมาตรฐาน ACI ประกอบกับตัวคูณลดกำลัง ซึ่งในกรณีของเสาจะมีค่าต่ำกว่าของคานเนื่องจากเสาเป็นองค์อาคารมีความสำคัญมากกว่านั่นเอง การวิบัติของคานโดยทั่วไปจะมีผลเฉพาะที่ในขณะที่การวิบัติของเสาอาจท้าให้เกิดการพังทลายของ ทั้งโครงสร้างได้ นอกจากนั้นตัวคูณลดกำลังสำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียวก็แตกต่างกันอันเนื่อง มากจากพฤติกรรมการรับน้ำหนักซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป นั่นคือน้ำหนักบรรทุกประลัยต้องมีค่าไม่เกิน $P_u \leq \phi P_n$ เมื่อ ϕ คือตัวคูณลดกำลังมีค่าเท่ากับ 0.75 สำหรับเสาปลอกเกลียว และเท่ากับ 0.70 สำหรับเสาปลอกเดี่ยว

เสาปลอกเกลียว $$P_n = 0.85[0.85f'_c(A_g - A_{st})f_y A_{st}] \tag{2.20}$$

เสาปลอกเดี่ยว $$P_n = 0.80[0.85f'_c(A_g - A_{st})f_y A_{st}] \tag{2.21}$$

เมื่อ P_n = กำลังระบุ(Nominal strength) ในการแรงอัดตามแนวแกน กำลังของเสาสั้นที่ได้จากสมการ (2.20) และ (2.21) นี้ คือกำลังที่ใช้ในการออกแบบเสาสั้นคอนกรีต เสริมเหล็กรับแรงตามแนวแกนโดยวิธีกำลังตามมาตรฐาน ACI

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กำลังรับน้ำหนักเสาที่เล็กที่สุด

ในการคำนวณออกแบบเสาจะคิดน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงสู่เสาซึ่งในอาคารขนาดเล็กน้ำหนักบรรทุก อาจมีค่าน้อยกว่ากำลังของหน้าตัดเสาที่เล็กที่สุดและใส่เหล็กน้อยที่สุดตามข้อกำหนด ถ้ามีการ คำนวณกำลังเสาน้อยสุดไว้ก่อนก็จะช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน

สำหรับ $f'_c = 240$ กก/ซม^2 และ $f_y = 4{,}000$ กก/ซม^2

เสาปลอกเกลียว $P_n = 0.85\left[0.85f'_c(A_g - A_{st})f_yA_{st}\right]$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{6\times1.13}{(\pi/4)20^2} = 0.022$$

$$P_n = 0.85 \times \left[0.85 \times 0.24\left(\frac{\pi}{4} \times 20^2 - 6 \times 1.13\right) + 4.0 \times 6 \times 1.13\right]$$

= 76.4 ตัน

น้ำหนักบรรทุกประลัยที่ได้รับ $P_n = P_n = 0.75 \times 76.4 = 57.3$ ตัน

เสาปลอกเดี่ยว $P_n = 0.80\left[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_yA_{st}\right]$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{4\times1.13}{20\times20} = 0.0113$$

$$P_n = 0.85 \times \left[0.85 \times 0.24(20^2 - 4 \times 1.13) + 4.0 \times 4 \times 1.13\right]$$

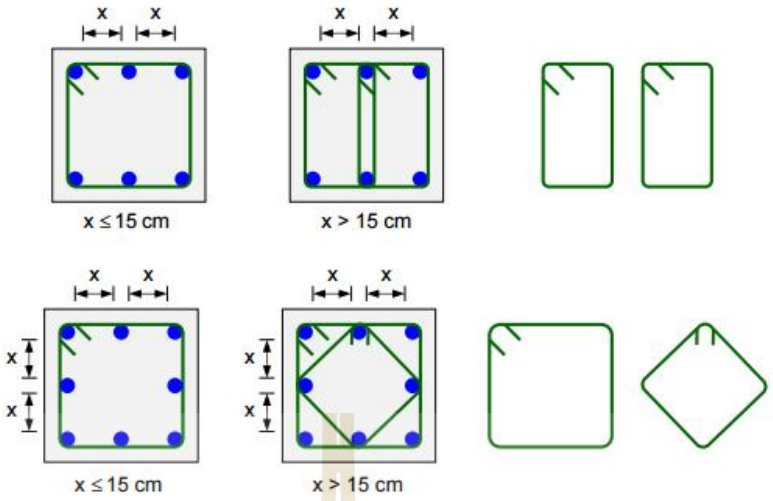
= 79.0 ตัน

น้ำหนักบรรทุกประลัยที่ได้รับ $P_n = P_n = 0.70 \times 79.0 = 55.3$ ตัน

การออกแบบปลอกเดี่ยว

เหล็กปลอกถูกใช้เพื่อยึดเหล็กยืนให้อยู่ในตำแหน่งท้าให้เกิดการรองรับด้านข้างเพื่อว่าเหล็กยืนแต่ละ เส้นจะโก่งเดาะได้เฉพาะระหว่างปลอกเท่านั้น ผลของปลอกต่อพฤติกรรมของเสานั้นค่อนข้างจะ ซับซ้อน เมื่อเสาปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักบรรทุกจนเกิดการวิบัติ เปลือกหุ้มด้านนอกจะกระเทาะ ออกเป็นอย่างแรกซึ่งท้าให้มีการถ่ายเทน้ำหนักไปสู่แกนกลางของเสาและเหล็กยาว การสูญเสียสติฟ เนสของเหล็กยืนซึ่งเริ่มคราก หรือโก่งเดาะออกมาท้าให้แกนกลางคอนกรีตรับน้ำหนักมากขึ้น และเมื่อ แกนกลางรับน้ำหนักจนถึงค่ากำลังแตกหัก (Crushing strength) เสาจะเกิดการวิบัติอย่างรวดเร็ว

การจัดวางปลอกที่ใกล้กันอย่างเพียงพอจะช่วยท้าให้เกิดการบีบรัดและเพิ่มหน่วยการยืดหดที่จะเกิดการแตกหักให้สูงกว่าค่ามากที่สุด 0.003 ได้มาก



รูปที่ 2.53 รายละเอียดการใส่ปลอกเดี่ยว

ข้อกำหนดในการใช้เหล็กปลอกเดี่ยวโดย ACI :

1. เหล็กยืนทุกเส้นจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกเดี่ยว
2. ใช้เหล็กปลอก $\geq$ 9 ม.ม. สำหรับเหล็กยืนขนาด $\leq$ DB32 และใช้เหล็กปลอก $\geq$ 12 ม.ม. สำหรับ เหล็กยืนขนาด DB36 และ DB40
3. ระยะห่างระหว่างปลอกต้องไม่เกิน 16 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กยืน 48 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลาง เหล็กปลอก หรือความกว้างหน้าเสาที่เล็กที่สุด
4. ทุกมุมของปลอกและที่เหล็กยืนถูกรองรับต้องไม่เกิน 135° และไม่มีเหล็กยืนกลางด้านมีระยะห่างเกิน 15 ซม.

ตารางที่ 2.16 ระยะคอนกรีตหุ้มน้อยที่สุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

สภาพแวดล้อม	เหล็กเสริม	ระยะหุ้มน้อยที่สุด (ซม.)
คอนกรีตหล่อสัมผัสผิวดิน	ทุกขนาด	7
ใช้แบบหล่อแต่อยู่ภายนอก	DB20-DB60	5
	DB16 และน้อยกว่า	4
เสาภายใน	เหล็กยืน ปลอกเดี่ยว และปลอกเกลียว	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.8 หลักการและทฤษฎีการจัดการต้นทุนโครงการจากการประมาณราคา

การประมาณราคา

จุดประสงค์หลักของการประมาณราคาคือเพื่อให้ทราบราคาของงานต่อโครงการในทุกขั้นตอนและระยะเวลาของการประกอบกิจการซึ่งมักจะแบ่งออกเป็นหมวดหลัก 2 หมวดคือ งานอาคารและงานโยธานั้น จะต้องนำองค์ประกอบต่างๆ มาพิจารณาดังนี้

1. ราคาของงานหลัก เช่น วัตถุก่อสร้าง เครื่องจักร ค่าแรงที่เกี่ยวข้องและต้องการตามข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆ
2. ค่าใช้จ่ายจากหน่วยงานในเรื่องต่างๆ เช่น ค่าประกันภัย ค่าธรรมเนียมธนาคาร ค่าค้ำประกันฯลฯ ตามความต้องการจากข้อความในสัญญาทั้งหมดที่เรียกว่าค่าใช้จ่ายทั่วไป
3. ค่าใช้จ่ายประจำเดือนหรือช่วงเวลาหนึ่งๆ ในการบริหารโครงการ เช่น ค่าใช้จ่ายในหน่วยงาน เงินเดือน ค่าสาธารณูปโภค ค่าบำรุงรักษา หรือค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นต้น
4. ค่าใช้จ่ายเหมารวมสำหรับงานหรือกิจการพิเศษ
   - งานก่อสร้างที่อยู่อาศัย
   - งานก่อสร้างเพื่อธุรกิจการค้า
   - งานก่อสร้างด้านอุตสาหกรรม
   - งานก่อสร้างขนาดใหญ่หรืองานสาธารณูปโภค

ความละเอียดของการวิเคราะห์ราคางานก่อสร้าง นอกจากจะขึ้นโดยตรงกับความต้องการของหน่วยงานนั้นแล้ว ยังเป็นไปตามอิทธิพลของการพิจารณาหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

- ผลงานจากแหล่งผลิต เช่น คนงาน เครื่องจักร จะเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขและเวลาที่แตกต่างกัน
- ภาวะสิ่งแวดล้อมด้านการงาน เช่น ภาวะอากาศ ความสูง ความลึก ความกว้าง ขนาด และอื่นๆ
- การขนถ่ายและจัดหาวัสดุ
- ลักษณะโครงการ
- ขั้นตอน และแผนการทำสัญญา
- แผนการก่อสร้าง
- วิธีการก่อสร้าง
- วิธีการประเมินราคา

เอกสารในการประเมินราคา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยปกติการประเมินราคาจะมีเอกสารที่ประกอบในการประมาณการหลายขั้นตอนและหลายชนิดเอกสารที่มีความจำเป็นในระยะแรกคือ

1.แบบก่อสร้าง (Construction Drawing) ที่ได้รับการออกแบบจากผู้ออกแบบ พร้อมกับบัญชีปริมาณ (Bill of Quantity ; BOQ) โดยจะแนบมาเฉพาะรายการงานและไม่มีปริมาณงานก็ได้ และแบบก่อสร้างจะกำหนดมิติ ขนาดต่างๆในโครงการ เช่น ขนาด ความกว้าง ยาว ลึก หนา ตำแหน่งของอุปกรณ์สิ่งก่อสร้างอื่นๆ

การถอดแบบหาปริมาณวัสดุ (Quantity Takeoff) ปริมาณของโครงการจะหาได้โดยตรงจากส่วนของแบบก่อสร้าง ตามข้อกำหนดในการวัดปริมาณงานสากลมาตรฐาน

2.มาตรฐานข้อกำหนดในการก่อสร้าง (Technical Specification) จะกำหนดถึงวิธีการก่อสร้าง ความละเอียด คุณภาพของงานในหัวข้อ วัสดุ และฝีมือการทำงานที่ตรงกับความต้องการของประเภทงาน

หัวข้อและประเภทของงานที่ได้รับการจัดกลุ่มหลายรูปแบบ ปัจจุบันมีการแสดงหัวข้อของงานเป็นแบบมาตรฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการทำบัญชีปริมาณงานกลางให้เป็นรูปแบบเดียวกัน ทั้งทางฝ่ายเจ้าของโครงการ วิศวกรที่ปรึกษา ฝ่ายออกแบบ ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้รับเหมางานเฉพาะราการ หรือผู้ผลิตและจัดหาวัสดุ

3.คำสั่งแก่ผู้เข้าประมูล (Instruction to Tenderer ; ITT) จะระบุถึงความต้องการของเจ้าของโครงการในหัวข้อของเวลา สถานที่ การดำเนินการ การทำการเปิดซองพิจารณาราคาเบื้องต้น สิ่งสำคัญที่ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องนำไปอ้างอิงคือ วันเริ่มต้น – สิ้นสุดโครงการ เอกสารที่ต้องเตรียมในวันยื่นประมูล เป็นต้น

4.เงื่อนไขทั่วไปของสัญญา (General Condition of Contract; GCC) รายการงานหรือเงื่อนไขพิเศษที่ไม่ได้ระบุในส่วนบัญชีปริมาณงานอาจนำมาสรุปในส่วนของเงื่อนไขเฉพาะได้

ประเภทการประเมินราคา

ประเภทการประเมินราคาตามลักษณะกิจกรรม

1.Feasibility Study เพื่อการตัดสินใจสร้างโครงการ การหาราคาประมาณของงานลักษณะนี้ การประมาณราคาจะทำการประมาณราคาก่อสร้างโครงการโดยไม่รวมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอย่างอื่นๆ เช่น ค่าที่ดิน ดอกเบี้ยเงินทุน การบำรุงรักษาหลังโครงการ ความผูกพันด้านภาระค่าใช้จ่ายอื่นๆ

การประมาณราคาแบบนี้ต้องอาศัยความรู้ในธุรกิจที่จะทำการคิดราคามาก เนื่องจากแบบที่นำมาทำการประมาณราคาไม่ได้เป็นแบบก่อสร้างโดยละเอียด จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวคิดอย่างมากต้องมองการไกล สามารถคาดเดาและเผื่อความเสี่ยง หรือหาราคาโดยประมาณในรูป

หน่วยวัดต่างๆ ได้รวดเร็วตามแบบ ซึ่งเรียกว่า แบบร่างหรือ Conceptual Design เช่นการประมาณราคาในลักษณะของ Design-Build เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดจากการประมาณราคาโดย Conceptual Design ซึ่งความเสี่ยงในการประมาณราคาแบบนี้จะมีมาก ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงแบบเดิมไปเป็นแบบก่อสร้างสุดท้าย

2.Functional Unit Price Estimate ต้องการข้อมูลจากอดีตมาก เช่น ข้อมูลจากการลงทุนของส่วนราชการหรือเอกชนในลักษณะโครงการเดียวกัน ในรายละเอียดใกล้เคียงกันมากการประเมินราคาแบบนี้ใช้เวลาน้อยมาก แต่มีความแม่นยำน้อยมากหน่วยวัดอ้างอิงจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การหาราคาก่อสร้างโรงเรียน 1 หลัง

3. Detailed Estimate เป็นการทำแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำการก่อสร้าง

4. Budget Estimate เป็นการทำการประมาณราคาเพื่อการก่อสร้างจริงในโครงการหลังจากการเริ่มโครงการ

การใช้การประมาณราคาอย่างละเอียดที่ประกอบด้วยข้อมูลย่อยทั้งหมด จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรในการนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ จัดทำการบริหารการเงินของโครงการหรือของบริษัทต่อไปได้ การทำการเบิกจ่ายค่างานของแต่ละงวดเวลาก็ใช้หลักการจากงานที่เสร็จในบัญชี ปริมาณงานนั้นๆ

ในระบบก่อสร้างประกอบด้วยฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากที่เข้าร่วมมีบทบาทในรูปแบบที่ต่างกัน ความต้องการในการละเอียดของการประมาณจะหลากหลายตามลักษณะงานนั้นๆ โดยจะแบ่งได้ตามลักษณะของงานดังนี้

ประเภทการประมาณราคาตามความต้องการ

1.การประมาณราคาอย่างหยาบ เป็นการประมาณราคาเพื่อหาราคารวมหรือราคาต่อหน่วยที่เป็นราคาเบื้องต้นเพื่อใช้ในวัตถุประสงค์เริ่มต้น เช่น การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเพื่อตั้งงบประมารเบื้องต้นของหน่วยงานราชการที่ยังไม่ได้มีราคาจริงหรือเปรียบเทียบมาก่อน มาใช้เพื่อเป็นราคากลาง สำหรับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก ราคาจะปรากฏในรูปของราคาต่อหน่วยอ้างอิงหลายแบบดังนี้

- Functional Unit Price เป็นการประมาณราคา โดยการใช้งานจริงตามลักษณะการวัดของงาน เช่น จำนวนนับ

2. การประมาณราคาอย่างละเอียด เป็นการประมาณราคาในความต้องการที่จะรู้รายละเอียดของงานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ต้องมีการทำการวิเคราะห์ราคาต่อหน่วยและแสดงปริมาณงานในแต่ละ

หัวข้อซึ่งจะนำไปสู่การจัดหมวดหมู่ตามกลุ่มงานต่างๆและสรุปรวมอีกครั้งหนึ่งเป็นการจัดรูปแบบของการประมารราคาในบัญชีงาน (Bill of Quantity)

การรวมราคางานในหมวดงานย่อยๆ ในแต่ละหมวด ซึ่งราคาหมวดงานในแต่ละเรื่องคือผลคูนระหว่างปริมาณงานและราคาต่อหน่วยนั่นเอง ปริมาณงานในแต่ละหน่วยรายการคือปริมาณงานที่ได้มาจากการถอดแบบอย่างละเอียด ซึ่งหัวข้อนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเงื่อนไข ของการประมูลที่ระบุมาให้ หรือจัดทำเองโดยผู้รับเหมาก่อสร้าง

สำหรับราคาต่อหน่วยซึ่งจัดทำขึ้นตามประสบการณ์ของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะเป็นราคาที่แสดงถึงราคาจริง สำหรับโครงการนั้นๆ จะประกอบไปด้วยราคาวัสดุก่อสร้าง ค่าจ้างแรงงานในการทำงานหมวดนั้นๆ ค่าเครื่องจักรโดยตรงหรือเครื่องจักรบริการใดๆ ที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการทำงานการเผื่อความผิดพลาดหรือสูญเสีย และค่าใช้จ่ายตรงอื่นๆที่จำเป็น

งานประมาณราคาแบบนี้ใช้สำหรับงานก่อสร้างขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งมีเนื้องานหลายชนิดรวมกัน ขั้นตอนของงานมีมากและเกี่ยวเนื่องกัน ราคาที่ได้จะละเอียดถึงขั้นนำมาอ้างอิงได้ในภายหลังมักจะใช้สำหรับการประมูลงานก่อสร้างสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้าง วิศวกรควบคุมงาน วิศวกรที่ปรึกษาโครงการ เจ้าของงาน และผู้ลงทุน เช่น ธนาคาร สถาบันการเงิน องค์กร รัฐบาล เป็นต้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองข้อมูลอาคารในการบริหารจัดการโครงการ

Saeed Rokooei (2015) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองระบบสารสนเทศอาคารและการจัดการโครงการ แบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือBIM เพื่อให้มีการทำงานที่ครอบคลุมในกระบวนการอุตสาหกรรมก่อสร้าง ส่วนใหญ่มันเกิดขึ้นโครงการก่อสร้าง แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถสื่อสารการทำงานระหว่างส่วนที่เกี่ยวข้องในงานก่อสร้างกับปัจจัยเสริมอื่นๆที่อยู่ที่ในโครงการก่อสร้างและสามารถบูรณาการจัดการข้อมูลของระบบโครงการ บทบาทของระบบสารสนเทศอาคารจากการศึกษาแบบจำลองพบว่ามีลักษณะการทำงานเหมือนเป็นผู้จัดการระบบโครางการ แบบจำลองสารสนเทศอาคารยังสามารถบูรณาการองค์ความรู้ส่วนต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารการทำงาน การวิเคราะห์ ระบบโครงการเพื่อสร้างเสถียรภาพการก่อสร้างและประมาณราคา ค่าใช้จ่ายและเวลาของโครงการ ณ เวลานั้นๆ ซึ่งสามารถตรวจสอบปริมาณงานและภาพรวมในการประเมินการทำงานร่วมกันของทีม สิ่งต่างๆเหล่านี้กล่าวถึงวงจรชีวิตงานก่อสร้าง

การศึกษาการใช้ “Ruby Script” ในการสร้างรายละเอียดเหล็กเสริม สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2015) งานวิจัยนี้ เสนอการใช้ภาษา “Ruby Script” ในโปรแกรม “Sketch Up” เพื่อเขียนรายละเอียดเหล็กเสริม ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น การเสริมเหล็กฐานรากแบบต่างๆคานพื้น และจุดต่ออาคาร เพื่อให้เห็น ลักษณะการเสริมเหล็กของโครงสร้างชนิดต่างๆ ในรูปแบบสามมิติทำให้สามารถเข้าใจการเสริมเหล็กได้มากขึ้นต่างจากการอ่านแบบวิศวกรรมสองมิติ ที่แสดงด้วยรูปแปลน รูปด้าน รูปตัด และรูปขยาย ทำความเข้าใจกับแบบยาก กว่าและกรณีโครงสร้างมีการเสริมเหล็กที่มีความซับซ้อน การทำความเข้าใจโครงสร้างจากแบบสองมิติอาจไม่เพียงพองานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำเสนอการแสดงภาพแบบสามมิติในการเขียนรายละเอียดเหล็กเสริมงานโครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็กแบบสามมิติแม้จะมีความยุ่งยากมากกว่า เมื่อใช้ภาษา “Ruby Script” เข้ามาช่วยสร้างแบบจำลอง ก็สามารถลดความยุ่งยากลงทำได้อย่างรวดเร็วมีพิกัดถูกต้องแม่นยำ สามารถแก้ไขแบบจำลองสามมิติได้สะดวกและเมื่อทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา ก็สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV).

ธารา จำเนียรดำรงการ (2012) งานวิจัยนี้ได้จัดทำโปรแกรม Building Energy Code (BEC) เพื่อใช้ในการประเมินระบบกรอบอาคารโดยพิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังและหลังคาอาคาร (OTTV-RTTV) ตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 การประเมินระบบกรอบอาคาร (OTTV-RTTV) มีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะทำการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร จำนวน 9 ประเภทที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ในการตรวจสอบค่าOTTV-RTTV ผู้ออกแบบต้องใช้เวลามากในการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม BEC หากไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้ออกแบบต้องย้อนกลับไปแก้ไขแบบอาคาร ซึ่งทำให้เป็นการเสียเวลาในการทำงาน งานศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin) เพื่อประมาณค่า OTTV-RTTV จากแบบร่างจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สถาปนิกนิยมใช้ในการออกแบบอาคาร เพื่อช่วยให้สถาปนิกสามารถทราบค่า OTTV-RTTV ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการทำแบบร่างอาคาร จะช่วยให้ประหยัดเวลาและมีเวลาพิจารณาทางเลือกในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานมากขึ้น

การพัฒนาโปรแกรมเสริมใช้พื้น ฐานภาษาคอมพิวเตอร์ Ruby ร่วมกับ SketchUp Ruby API(Application Programming Interface) ในการสร้างชุดคำสั่ง ควบคุมการทำงานของโปรแกรม

SketchUp เพื่อรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลองของโปรแกรม SketchUp เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV-RTTV ด้วยวิธีการตามประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552

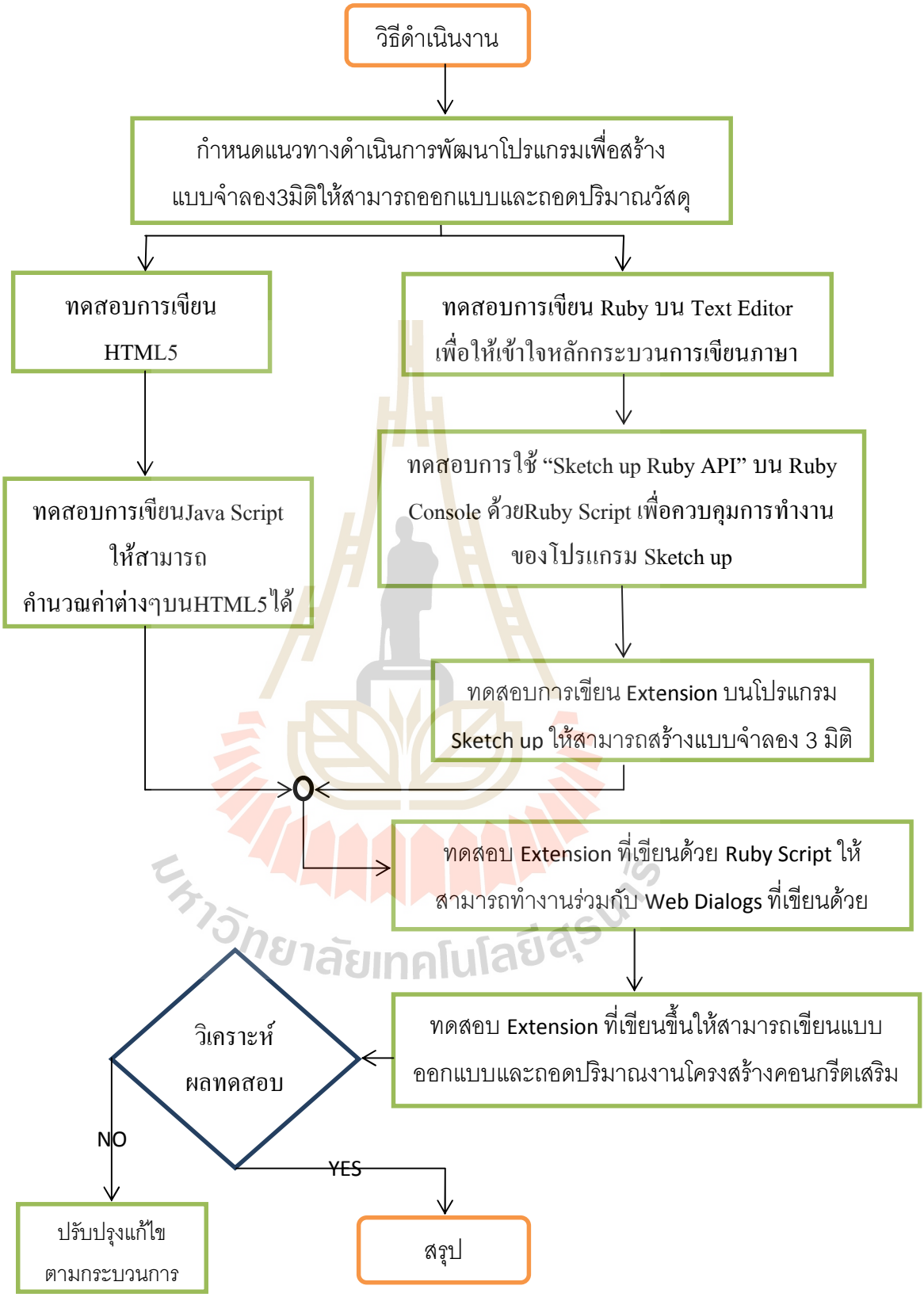
ผลที่ได้จากการพัฒนาคือ โปรแกรมเสริมที่สามารถประมาณค่า OTTV-RTTV จากแบบจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุ รูปทรง ทิศทางของแบบจำลอง และลักษณะของอุปกรณ์บังแดด และสามารถตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังและหลังคาของอาคารจากตารางแสดงผลหรือเฉดสีที่แสดงบนพื้นผิวของแบบจำลอง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจปรับปรุงให้ระบบกรอบอาคารมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น

การเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างโปรแกรมเสริมกับโปรแกรม BEC พบว่า การประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังหรือหลังคาทึบแสงมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ±2.0% ส่วนผนังหรือหลังคาโปร่งแสงในส่วนที่มีอุปกรณ์บังแดดจะมีความคลาดเคลื่อนสูงประมาณ -42.0% สาเหตุเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ค่า OTTV-RTTV ที่คำนวณได้จากโปรแกรมเสริมมีแนวโน้มที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม BEC ดังนั้น แบบจำลองซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินของโปรแกรมเสริมจึงมีแนวโน้มที่จะผ่านเกณฑ์การประเมินค่า OTTV-RTTV ของโปรแกรม BEC ด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Google chrome

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



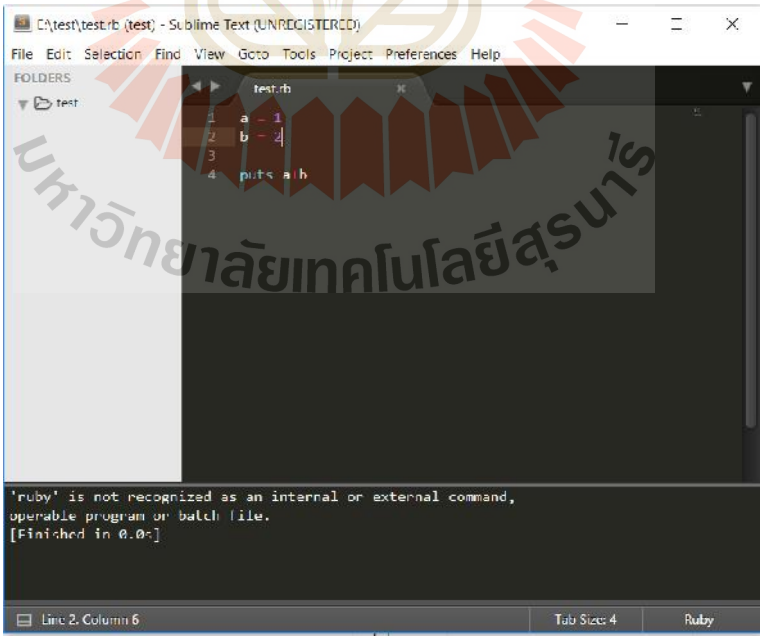
รูปที่ 3.2 แผนงานดำเนินงานวิจัย

3.2 ทดสอบการเขียนภาษา Ruby บน Text Editorโปรแกรม Sublime Text

การทดสอบเขียนภาษา Ruby บน Text Editor อันดับแรกเราต้องทำการลงโปรแกรมที่ลงต้องการ คือ Sublime Text3โดยสามารถดาวโหลดได้ที่ https://www.sublimetext.com/ ซึ่งพอเปิดโปรแกรมมาก็จะเป็นหน้าตา ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงหน้าต่างโปรแกรมSublimetext

แต่โปรแกรมยังไม่สามารถBuild Results เพื่อแสดงผลบนแถบConsoleด้านล่างได้



รูปที่ 3.4 แสดงผลบนแถบConsole ที่ยังไม่ลงpath

ดั้งนั้นเราต้องทำการให้เข้าไปที่ http://rubyinstaller.org/downloads/ และดาวโหลดโปรแกรม RubyInstaller เวอร์ชั่นล่าสุดมา โดยในขณะที่เขียนบทความอยู่นี้ เวอร์ชั่นล่าสุด คือ Ruby 2.3.1 ผลที่ได้คือสามารถBuild Results เพื่อแสดงผลบนแถบConsoleด้านล่างได้

รูปที่ 3.5 แสดงผลหน้าเว็บไซท์โปรแกรม Ruby Installer และผลบนแถบ Console ที่ยังไม่ติดตั้ง path

ทดสอบตรรกะทางคณิตศาสตร์ด้วยRuby Arithmetic Operators

Integer Example

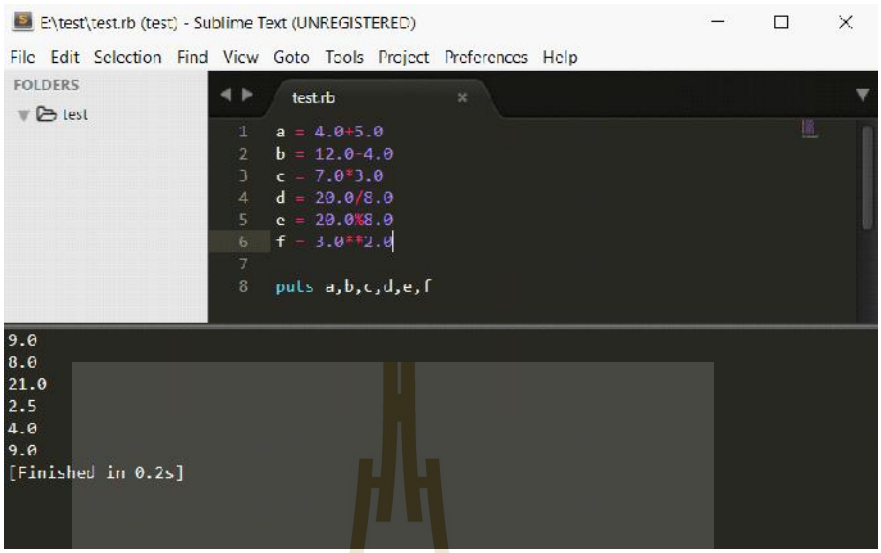
Purpose	Operator	
Addition	+	a = 4+5 = 9
Subtraction	-	b = 12-4 = 8
Multiplication	*	c = 7*3 = 21
Division	/	d = 20/8 = 2
Modulo	%	e = 20%8 = 4
Exponent	**	f = 3**2 = 9

รูปที่ 3.6 แสดงผลการคำนวณแบบ Integer

Floating-Point Example

Purpose	Operator	
Addition	+	a = 4.0+5.0 = 9.0
Subtraction	-	b = 12.0-4.0 = 8.0
Multiplication	*	c = 7.0*3.0 = 21.0
Division	/	d = 20.0/8.0 = 2.5
Modulo	%	e = 20.0%8.0 = 4.0

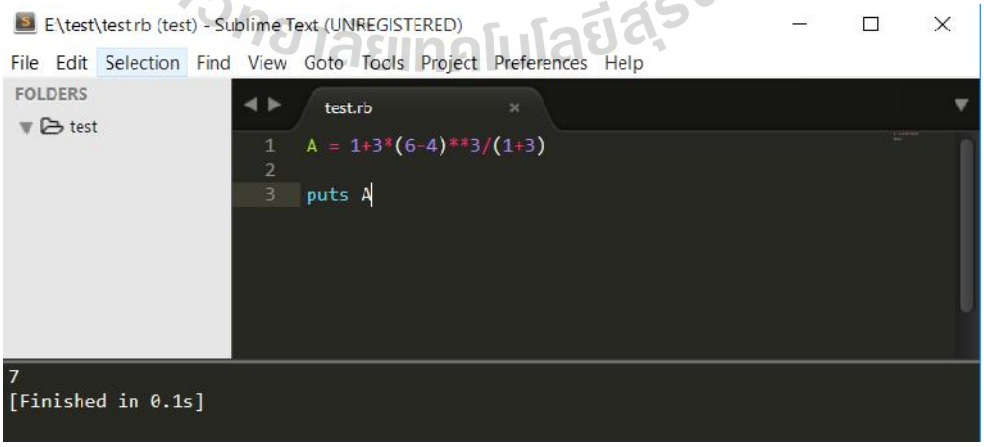
Exponent ** f = 3.0**2.0 = 9.0



รูปที่ 3.7 แสดงผลการคำนวณแบบ Floating-Point

ทดสอบชุดคำสั่งสมการ

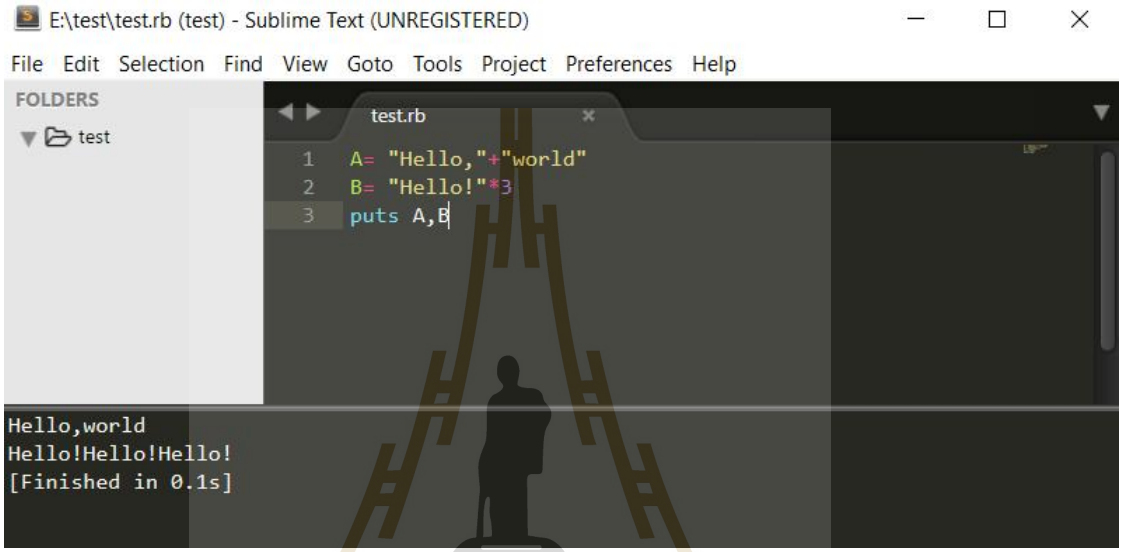
ตัวอย่างเช่น A = 1+3*(6-4)**3/(1+3) จากสมการภาษาRuby จะทำการคำนวณค่าในวงเล็บก่อนคือ(6-4=2)และ(1+3=4) จากนั้นโปรแกรมจะมองสมการเป็น A = 1+3*8/4 โปรแกรมจะทำการคิดเครื่องหมายคูณก่อน(3*8=24)และตามด้วยหาร(24/4=6)จากนั้นจะคิดเครื่องหมายบวกให้ผลลัพธ์สมการเท่ากับ A=7 ทดสอบการRunดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8 แสดงผลการคำนวณแบบชุดคำสั่งสมการ

Basic String Operations

เป็นการนำกลุ่มคำมาคำนวณโดยใช้เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ได้ 2 เครื่องหมายคือ+ และ*ตัวอย่างการใช้เครื่องหมายบวกคือ “Hello,”+”world”ผลคือ Hello, worldและตัวอย่างการใช้เครื่องหมายคูณ คือ“Hello!”*3 ผลคือ Hello! Hello! Hello! ดังรูปที่3.8



รูปที่ 3.9 แสดงผลการคำนวณแบบกลุ่มคำ

Substrings and Ranges

ในหัวข้อนี้จะบอกวิธีการหาตำแหน่งของกลุ่มคำและจำนวนวิธีการนับจำนวนมี2ลักษณะ คือ ลักษณะแรกstart...end จะมีจุดสามจุด “...” เป็นการนับค่าเริ่มที่ start ถึง end แต่ไม่นับค่า end ลักษณะที่สอง start..end จะมีจุดสองจุด “..” เป็นการนับค่าเริ่มที่ start ถึง end และนับค่า end ด้วย เช่น เมื่อใช้กับตัวเลข

- 0...4 ค่าที่ได้คือ [0,1,2,3]
- 0..4 ค่าที่ได้คือ [0,1,2,3,4]
- -5..-3 ค่าที่ได้คือ [-5,-4,-3]

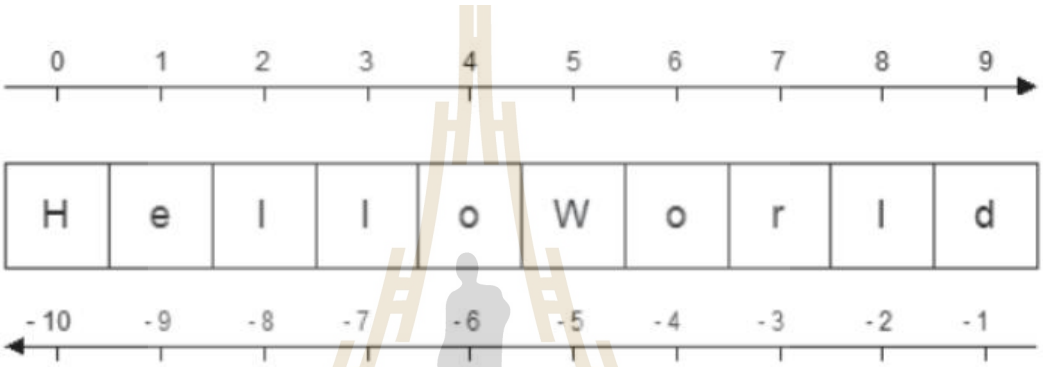
เมื่อใช้กับกลุ่มคำ

- “HelloWorld”[0..2] ค่าที่ได้คือ Hel
- “HelloWorld”[0...2] ค่าที่ได้คือ He

- “HelloWorld”[-10..-6] ค่าที่ได้คือ Hello
- “HelloWorld”[-3…-1] ค่าที่ได้คือ rl

  หรือจะใช้การบอกตำแหน่งด้วยเครื่องหมาย “,”โดยมีลักษณะ[ตำแหน่ง,จำนวน]

  ตัวอย่างเช่น
- “HelloWorld”[3,4] ค่าที่ได้คือ loWo
- “HelloWorld”[-5,5] ค่าที่ได้คือ World



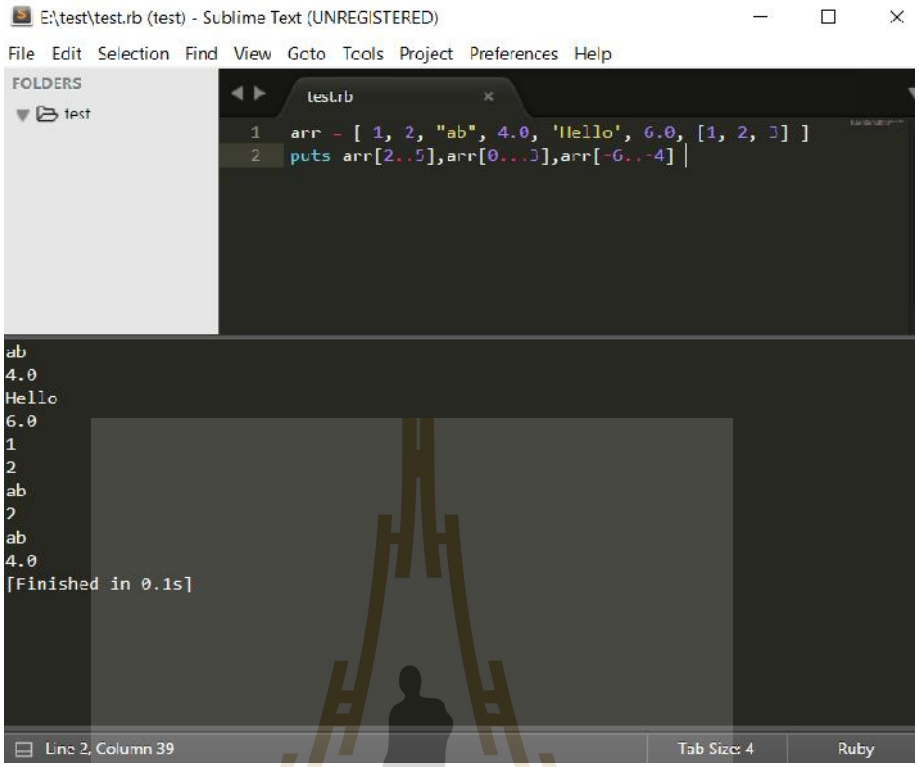
รูปที่ 3.10 แสดงผลตำแหน่งค่าของกลุ่มคำ

Arrays

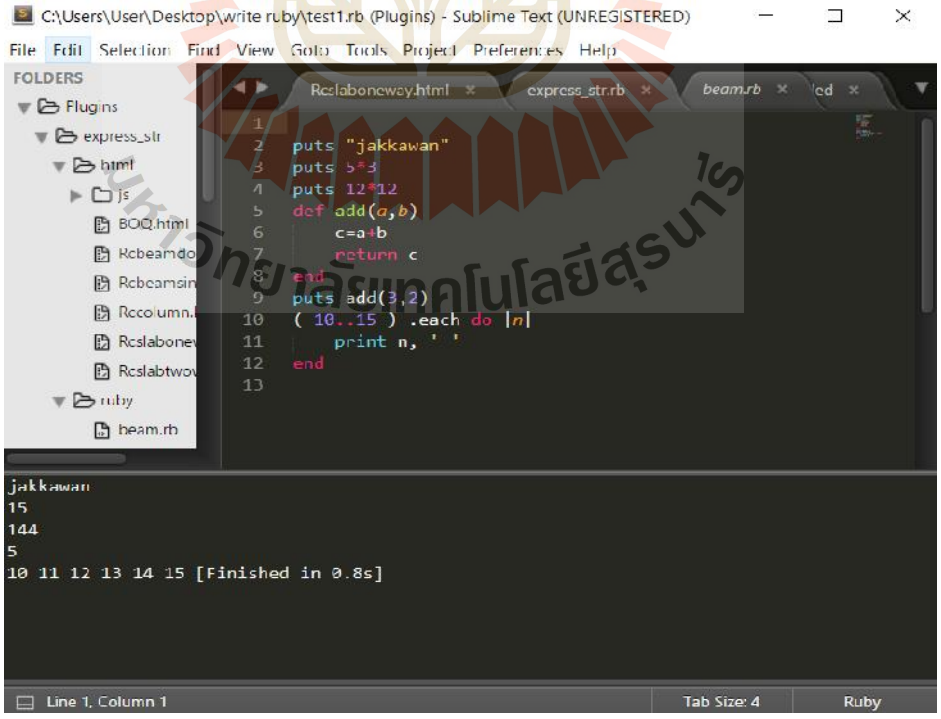
Arrays เป็นการสร้างกลุ่มเก็บข้อมูลหรือกล่องใส่ข้อมูลที่ใช้ในภาษาคอมพิวเตอร์โดยทั่วการใช้ Arrays ของภาษาRubyทำได้ดังนี้

arr = [1, 2, “ab”, 4.0, ‘Hello’, 6.0, [1, 2, 3]]

- arr[2..5] ค่าที่ได้คือ [“ab”, 4.0, ‘Hello’, 6.0]
- arr[0...3] ค่าที่ได้คือ [1,2,“ab”]
- arr[-6..-4] ค่าที่ได้คือ [2, “ab”, 4.0]



รูปที่ 3.11 แสดงผลตัวอย่างArrays

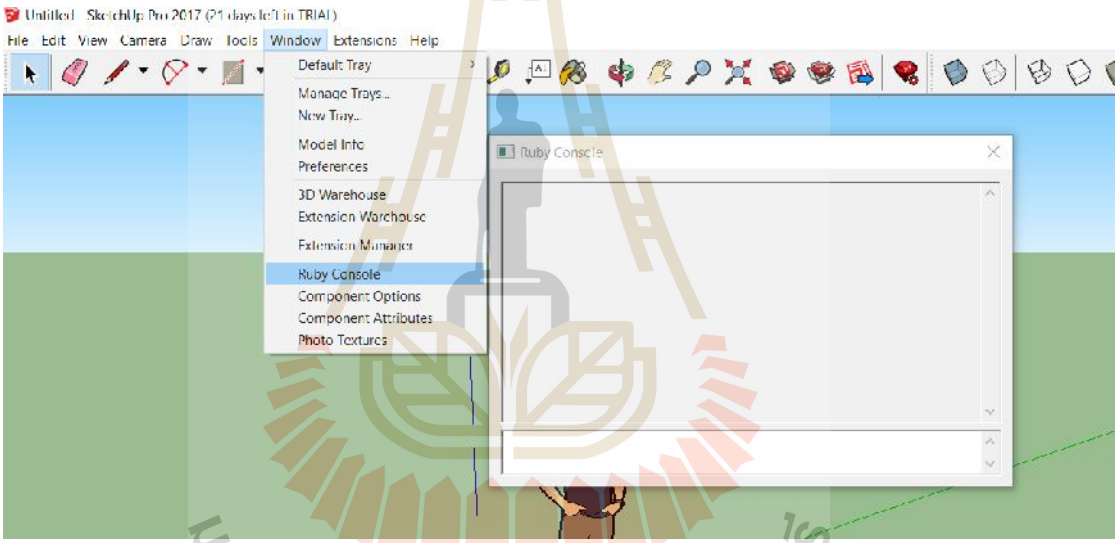


รูปที่ 3.12 แสดงผลตัวอย่างการเขียนRuby

3.3 ทดสอบการใช้Ruby Console บนโปรแกรม Sketch up

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีขั้นตอนการตรวจสอบSource codeของโปรแกรม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของSource codeเพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของโปรแกรม

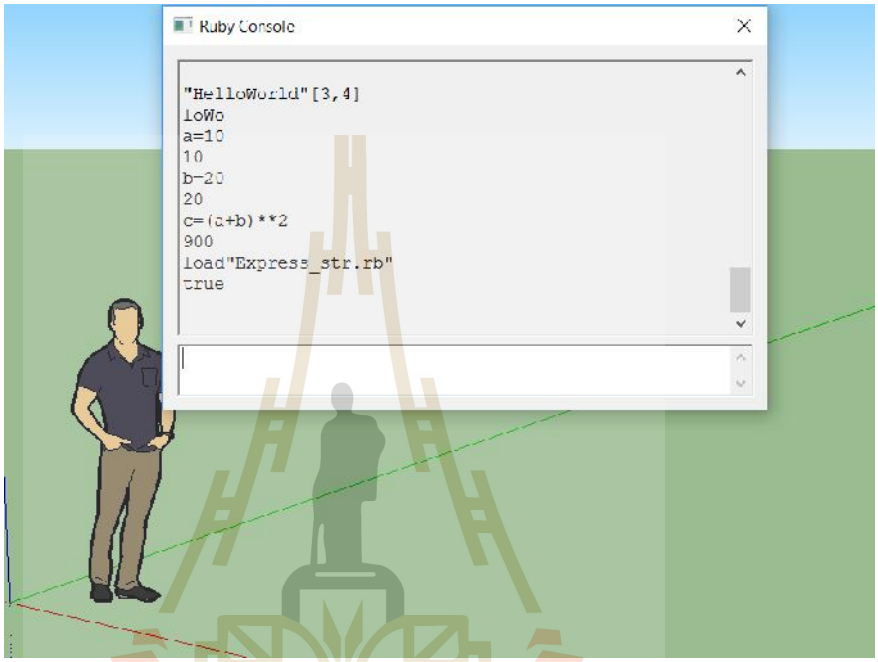
สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของสคริปต์ที่จะพัฒนาภาษา Ruby ร่วมกับ Ruby SketchUp API เพื่อใช้เป็นพัฒนาโปรแกรมเสริมสำหรับโปรแกรม SketchUp ควรทำโดยการตรวจสอบผ่านเครื่องมือ Ruby Console ในโปรแกรม SketchUp เนื่องสามารถจากตรวจสอบความสัมพันธ์ในการทำงานของSource codeได้อีกทั้งถ้าเกิดข้อผิดพลาดต่างๆ Ruby Console ก็ทำการแสดงผลแจ้งเตือนบอกตำแหน่งที่ทำงานผิดพลาด



รูปที่ 3.13 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console

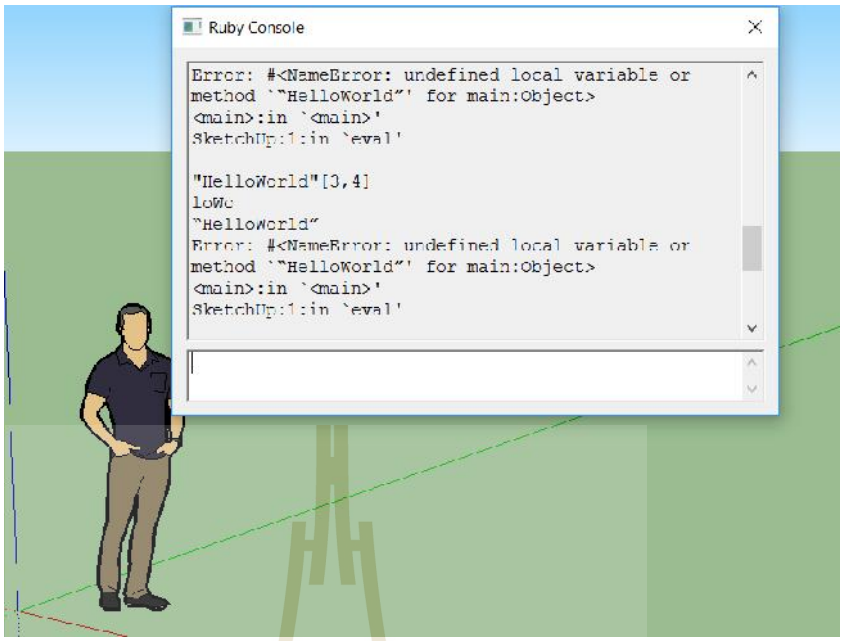
โดยปกติเมื่อเราเรียกโปรแกรม SketchUp ขึ้นมาใช้งานโปรแกรม SketchUp จะทำการอ่านโปรแกรมเสริม(Extension)ทั้งหมดที่ทำการติดตั้ง อยู่ในC:\Users\User\AppData\Roaming\SketchUp 2017\SketchUp\Plugins โดยอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อทำการพัฒนาโปรแกรมเสริมควรจะให้ตำแหน่งไฟล์ที่พัฒนาอยู่ในโฟลเดอร์ดังกล่าวเนื่องจากง่ายต่อการตรวจสอบ ทดลองการทำงาน Script ที่เขียนขึ้นหรือการ Debugging Script หากทำการติดตั้งโปรแกรมเสริมลงไปในโฟลเดอร์ดังกล่าวเมื่อทำการแก้ไขโปรแกรมเสริม จะต้องทำการปิดและเปิดโปรแกรม SketchUp ใหม่เพื่อให้โปรแกรม SketchUp ทำการอ่านโปรแกรมเสริมที่ถูกแก้ไขอีกครั้ง ซึ่งทำให้เสียเวลา ในการทำงาน

ขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมเสริมควรใช้วิธีการเรียก load โปรแกรมเสริม จาก Ruby Console จะทำให้สามารถแก้ไขโปรแกรมเสริมได้รวดเร็วกว่า โดยพิมพ์คำสั่ง load ตามด้วย ตำแหน่งไฟล์ (load"Express_str.rb") ลงใน Ruby Console และเมื่อแก้ไขSource codeเพิ่มเติมเสร็จแล้วก็สามารถกดปุ่มUp หรือลูกศรชี้ขึ้น เพื่อทำการเรียกคำสั่งก่อนหน้าเพื่อทำการทดสอบSource codeอีกครั้ง



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console ในการโหลดโปรแกรมหรือตรวจสอบความถูกต้องของ Ruby Script

นอกจากนี้การกำหนดตำแหน่งโฟลเดอร์ของโปรแกรมเสริมมีความสำคัญต่อการพัฒนา เนื่องจากเมื่อโปรแกรมเสริมมีความสลับซับซ้อนเพิ่มขึ้น จำนวนและประเภทของไฟล์ที่ต้องใช้ก็จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ การจัดการไฟล์ การแก้ไขไฟล์ และยากต่อการระบุตำแหน่งของไฟล์ในการเขียนสคริปต์ ยกตัวอย่างเช่น ไฟล์รูปภาพ เป็นต้น นอกจากนี้ในโฟลเดอร์ Plugins ของโปรแกรม SketchUp อาจมีการติดตั้งโปรแกรมเสริมอื่นๆ เป็นจำนวนมาก หากไม่มีการจัดการไฟล์ในโฟลเดอร์ของโปรแกรมเสริมที่พัฒนาขึ้น อย่างเหมาะสมอาจจะทำให้เกิดความสับสนแก่ผู้ใช้งานเมื่อต้องการนำโปรแกรมเสริมไปทำการติดตั้ง หรือถอนการติดตั้ง ดังนั้นการเริ่มต้นพัฒนาโปรแกรมเสริมควรให้ความสำคัญต่อการจัดระเบียบไฟล์ในโฟลเดอร์ของโปรแกรมด้วยเช่นกัน

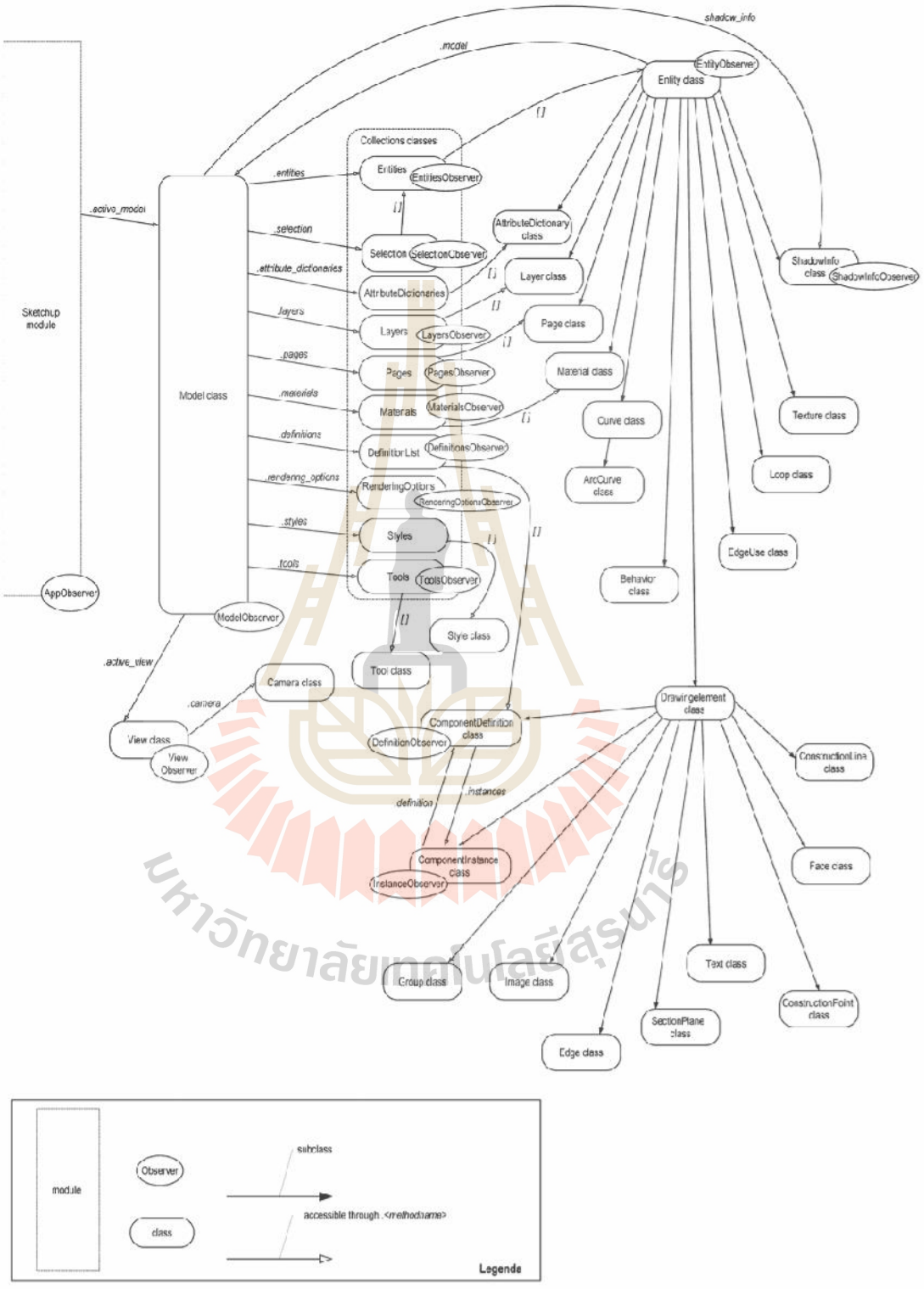


รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างของ Ruby Console ในการแจ้งเตือนError

3.4 ทดสอบการใช้ “Sketch up Ruby API” ด้วย Ruby Script เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรม Sketch up

SketchUp Ruby API เป็น API (Application Programming Interface) ที่ติดตั้งอยู่ในโปรแกรม SketchUp เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือนักพัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนสคริปต์เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรมนอกเหนือไปจากคำสั่งพื้นฐานแผนผัง SketchUp Ruby API Classes มี Objects Diagram

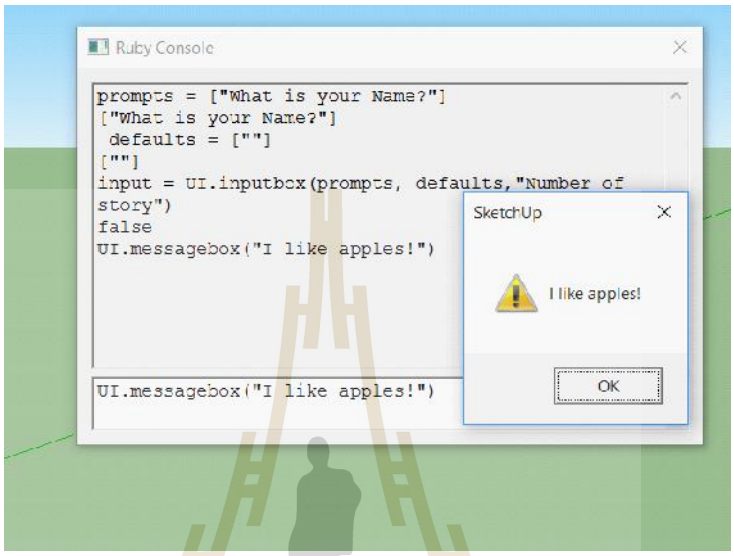
พื้นที่อินเตอร์เฟสที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp จะเรียกว่า Model หรือ Model Class ซึ่งจะเป็นพื้นที่ให้ SketchUp Ruby API Classes ส่วนใหญ่จะทำงานร่วมกันใน Class ของวัตถุของแบบจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp จะเรียกว่า “Entity” ซึ่งเป็นEntity พื้นฐานที่ควรรู้จักเพื่อใช้ในการพัฒนาเพราะมีความสัมพันธ์กับModelโดยตรงทำให้มีผลต่อทุกClass ในAPI


shadow_info
.model
Entity class
EntityObserver
[]
Collections classes
Entities
EntitiesObserver
.entities
.active_model
.selection
Selection
SelectionObserver
.attribute_dictionaries
AttributeDictionaries
.layers
Layers
LayersObserver
.pages
Pages
PagesObserver
.materials
Materials
MaterialsObserver
.definitions
DefinitionList
DefinitionsObserver
.rendering_options
RenderingOptions
RenderingOptionsObserver
.styles
Styles
.tools
Tools
ToolsObserver
Sketchup module
Model class
AppObserver
ModelObserver
AttributeDictionary class
Layer class
Page class
Material class
ShadowInfo class
ShadowInfoObserver
Curve class
ArcCurve class
Texture class
Loop class
EdgeUse class
Behavior class
Style class
Tool class
.active_view
Camera class
.camera
View class
View Observer
ComponentDefinition class
DefinitionObserver
DrawingElement class
ConstructionLine class
.definition
.instances
ComponentInstance class
InstanceObserver
Face class
Group class
Image class
Text class
SectionPlane class
ConstructionPoint class
Edge class
module
Observer
class
subclass
accessible through .<methodname>
Legende

ทดสอบการทำงานของ Sketch up Ruby API บนRuby Console

ทดสอบAPIด้วย UI.messagebox

UI.messagebox("I like apples!")



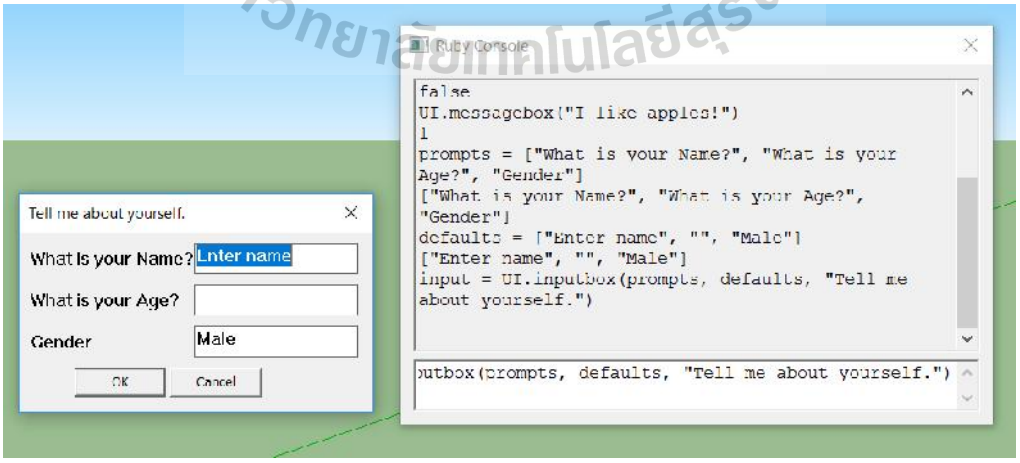
รูปที่ 3.17 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI.messagebox

ทดสอบAPIด้วย UI.inputbox

prompts = ["What is your Name?", "What is your Age?", "Gender"]

defaults = ["Enter name", "", "Male"]

input = UI.inputbox(prompts, defaults, "Tell me about yourself.")



รูปที่ 3.18 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI.inputbox

ทดสอบAPIในการอ่านค่าเส้นที่เขียนขึ้น

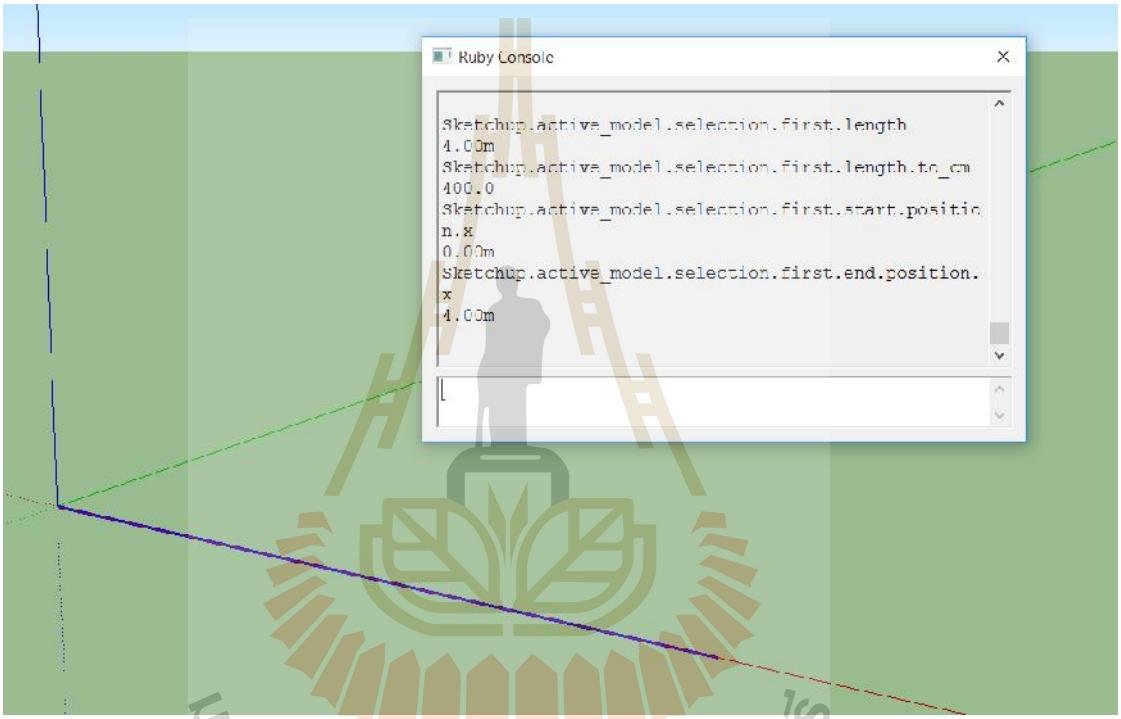
เริ่มต้นเขียนเส้นที่จุด (0,0,0)ด้วยระยะ4เมตรในแนวแกนx(4,0,0)

Sketchup.active_model.selection.first.length แสดงความยาวของเส้นในหน่วยม.

Sketchup.active_model.selection.first.length.to_cm แสดงความยาวของเส้นในหน่วยซม.

Sketchup.active_model.selection.first.start.position.x แสดงจุดเริ่มต้นเส้นที่ตำแหน่งx

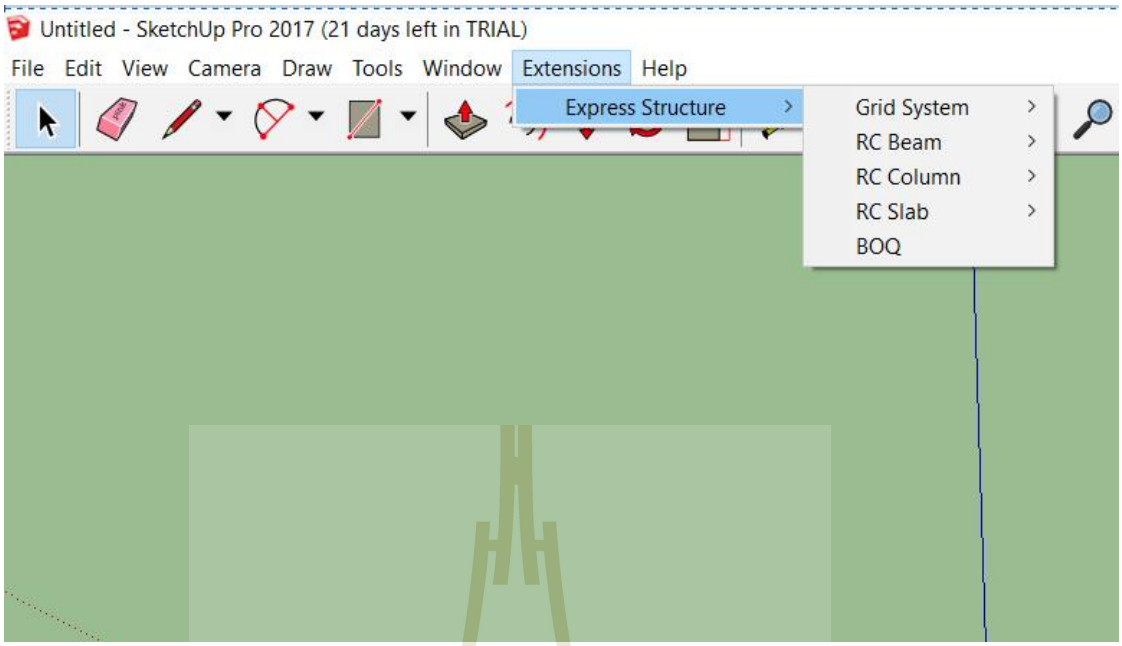
Sketchup.active_model.selection.first.end.position.x แสดงจุดสุดท้ายเส้นที่ตำแหน่งx



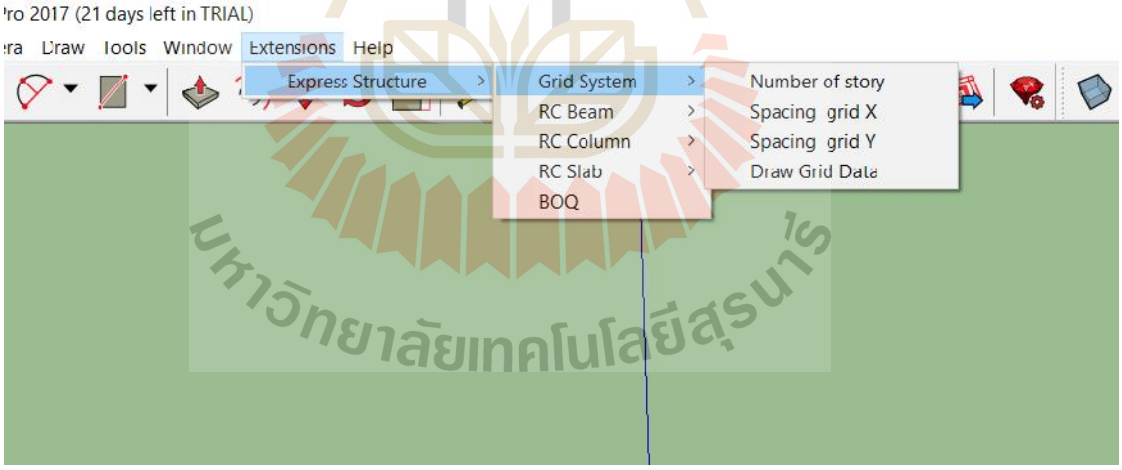
รูปที่ 3.19 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ให้อ่านค่าเส้นที่เขียนขึ้น

3.5 ทดสอบการเขียน Extension บนโปรแกรม Sketch up ด้วย Ruby Script

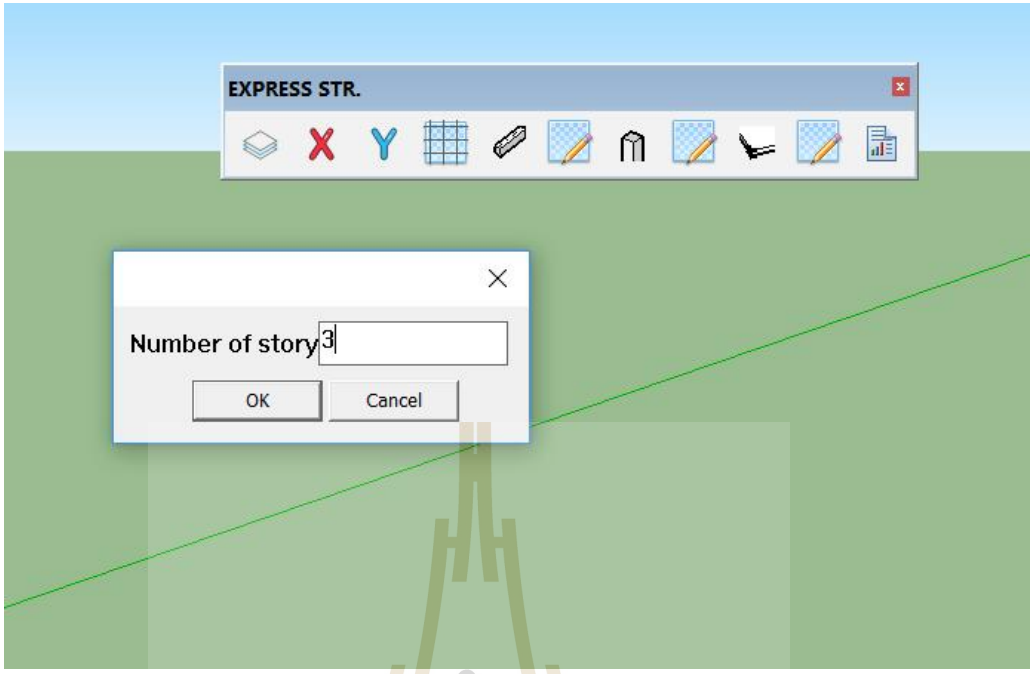
Extensionในงานวิจัยครั้งนี้ที่เขียนขึ้นมามีชื่อ Express Structure โดยมีหลังการและมีกระบวนการทำงานต่างดังรูป



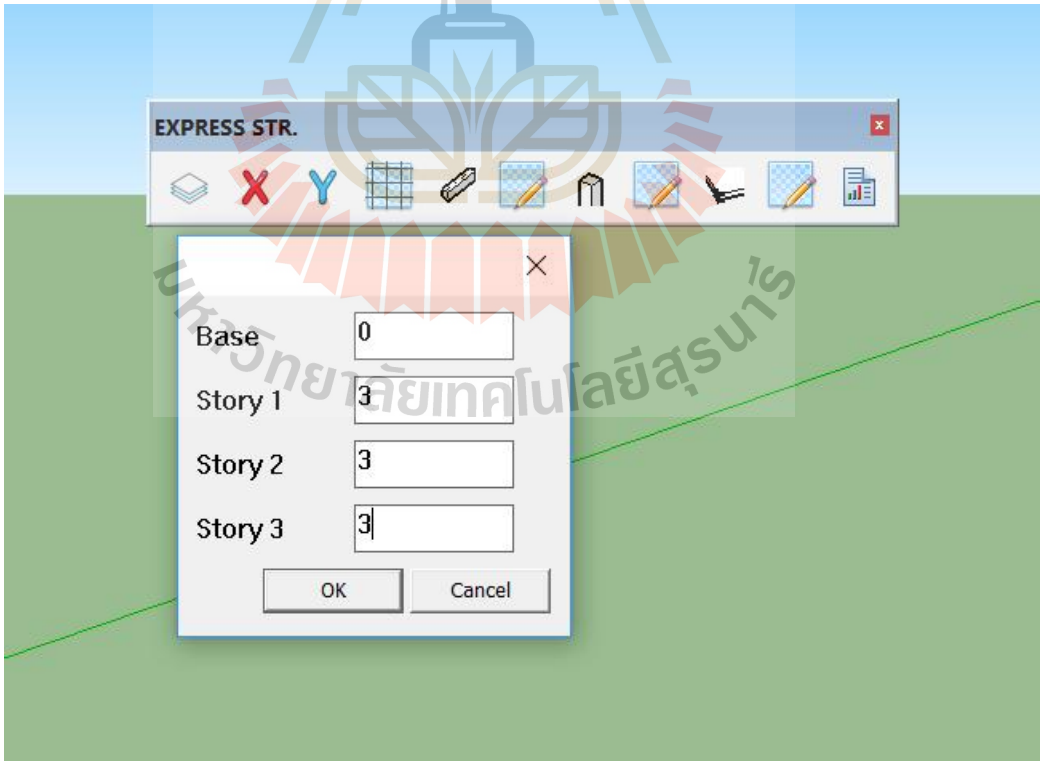
รูปที่ 3.20 การทดสอบ Extension เมนูหลัก Express Structure



รูปที่ 3.21 การทดสอบ Extension เมนูหลัก Grid System

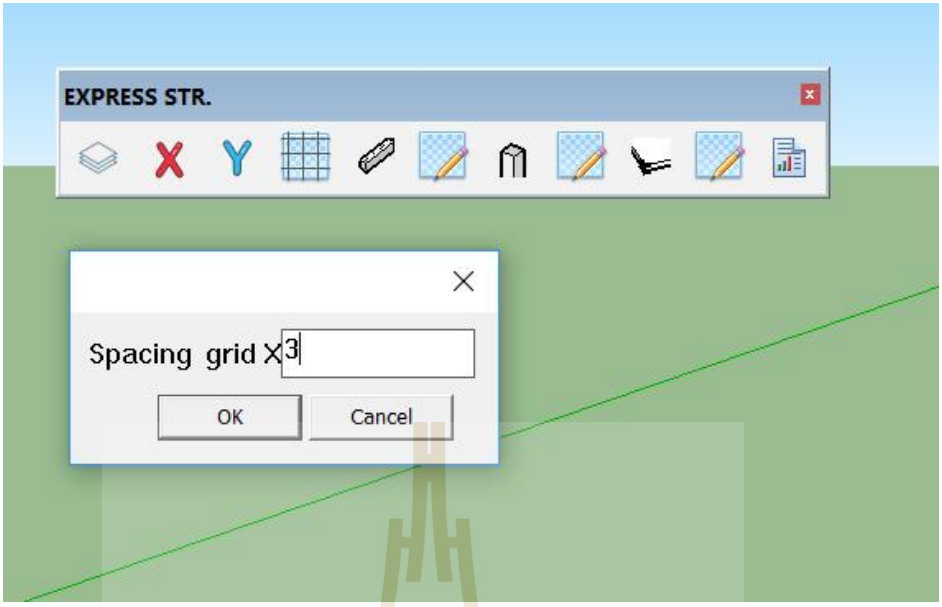


รูปที่ 3.22 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าจำนวนชั้น

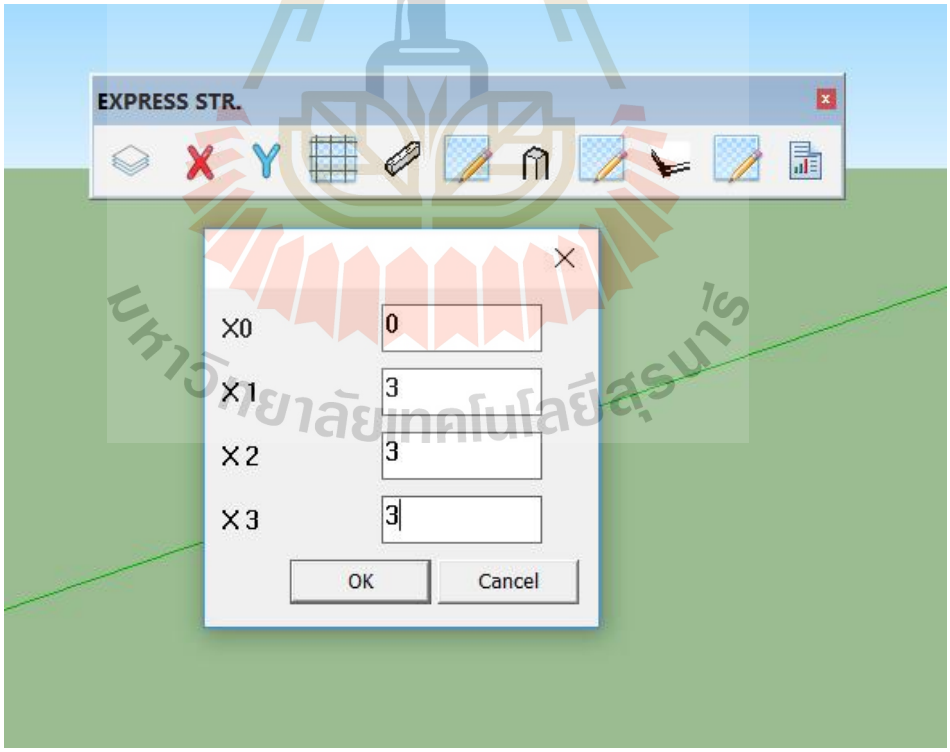


รูปที่ 3.23 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าความสูงชั้นแต่ละชั้น

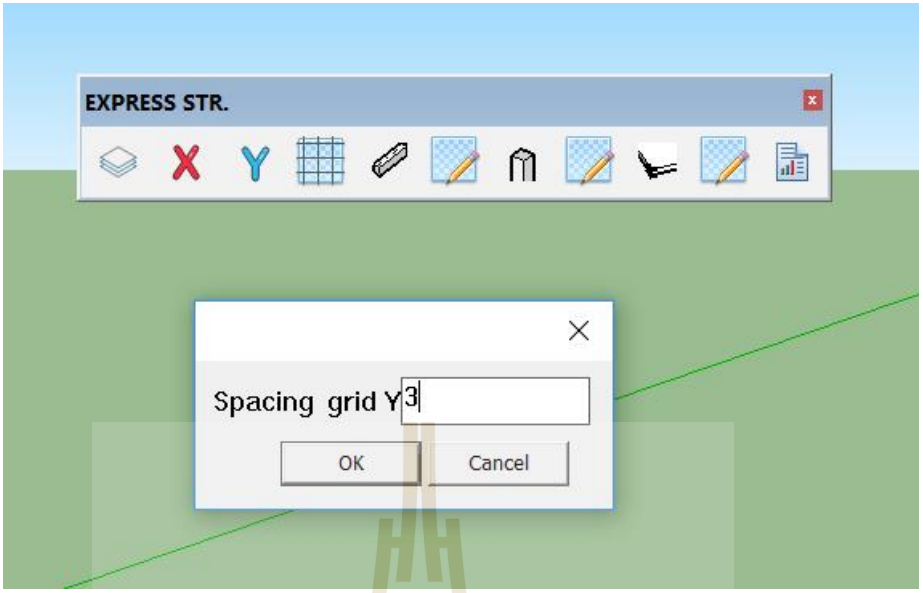
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



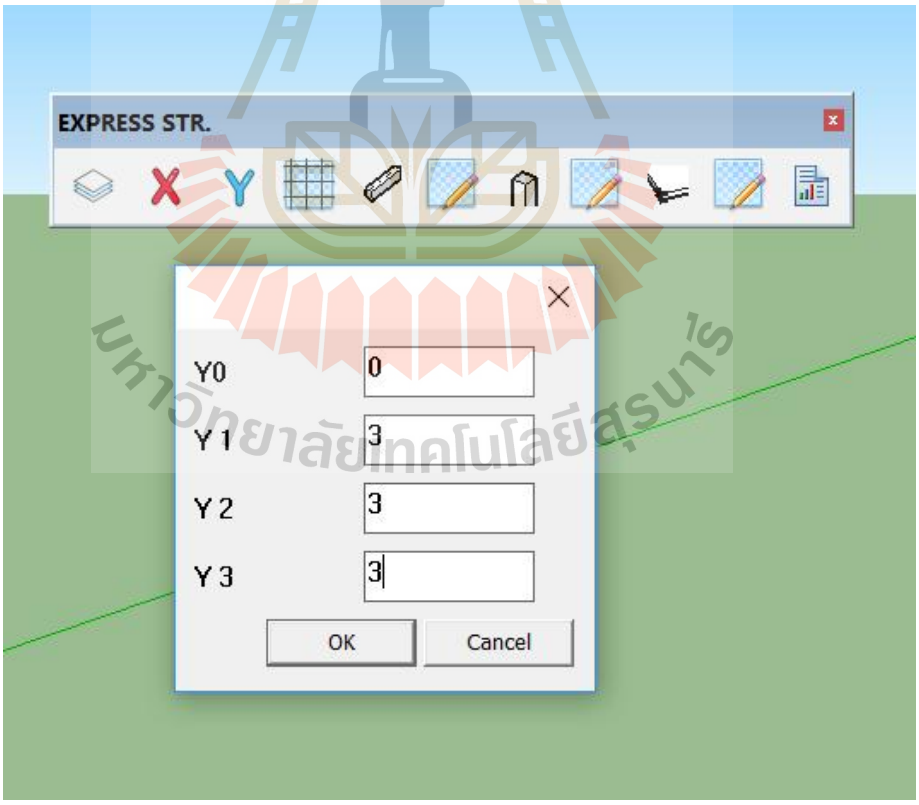
รูปที่ 3.24 การทดสอบ Extensionด้วยคำสั่งSpacing grid X เพื่อรับค่าจำนวนเส้นในแนวแกนX



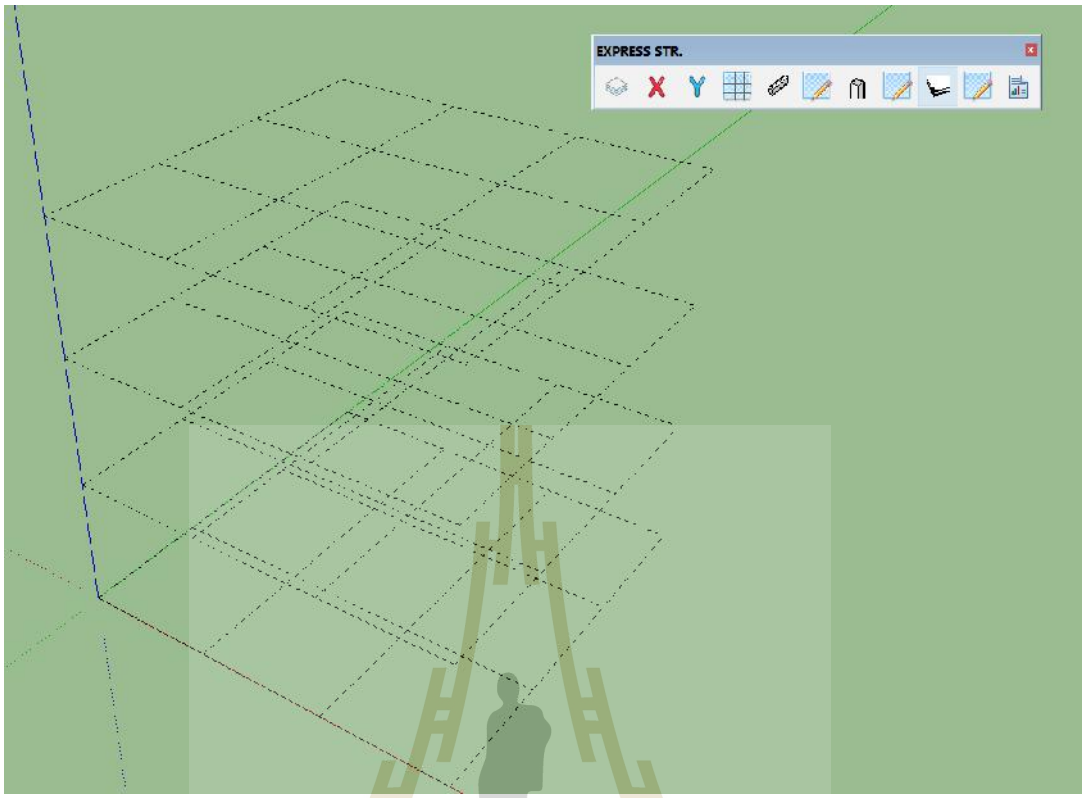
รูปที่ 3.25 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Spacing grid X เพื่อรับค่าระยะห่างระหว่างเส้น



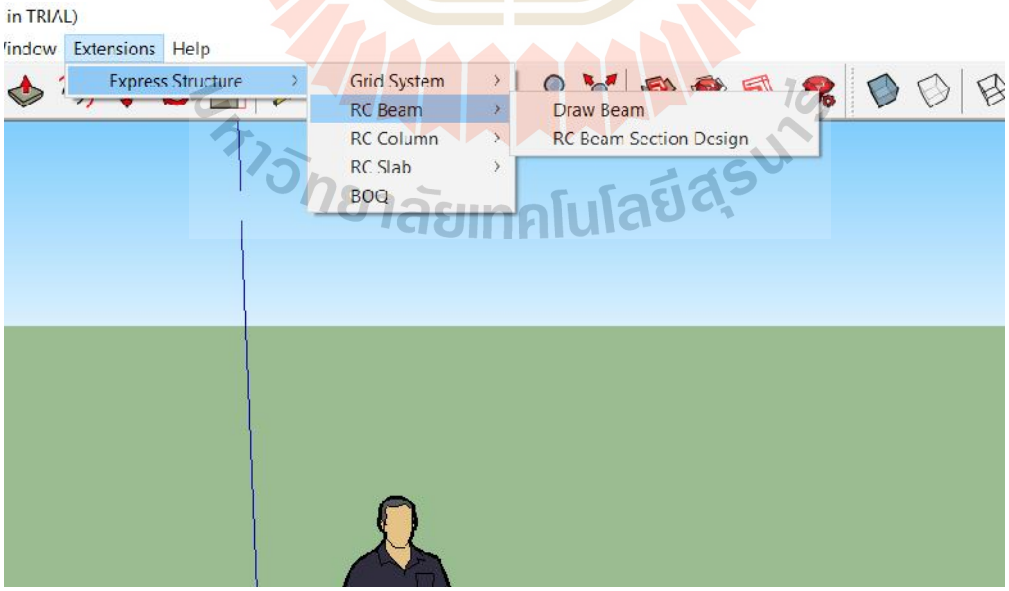
รูปที่ 3.26 การทดสอบ Extensionด้วยคำสั่งSpacing grid Y เพื่อรับค่าจำนวนเส้นในแนวแกนY



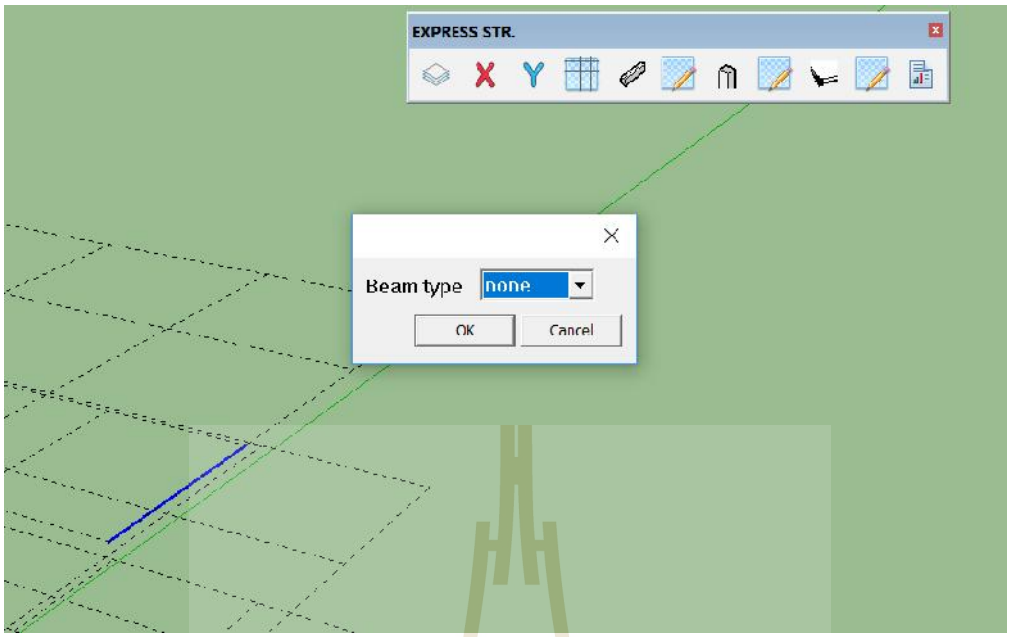
รูปที่ 3.27 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Spacing grid Y เพื่อรับค่าระยะห่างระหว่างเส้น



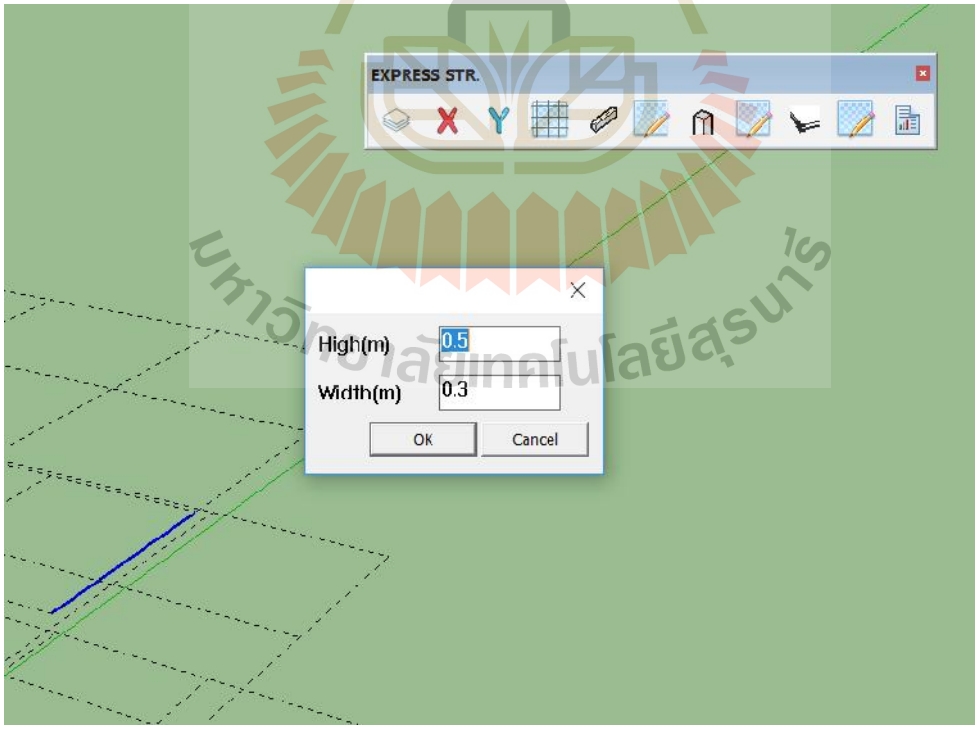
รูปที่ 3.28 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw grid data เพื่อทำการวาดเส้นกริดจากข้อมูลที่ได้มา



รูปที่ 3.29 การทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Beam

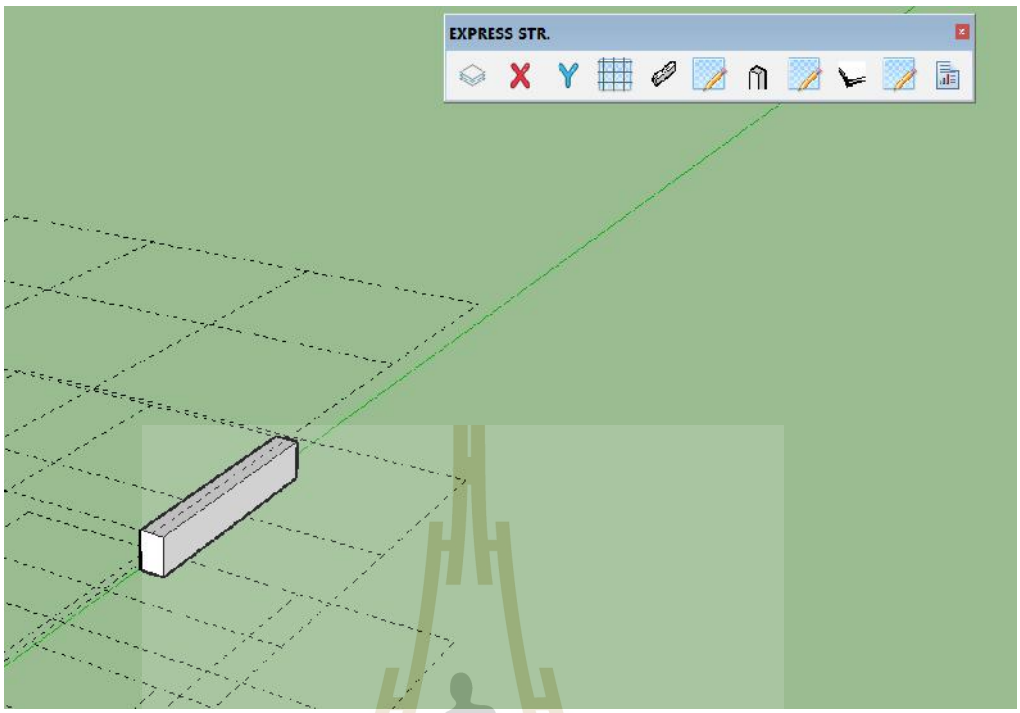


รูปที่ 3.30 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคานโดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดคาน

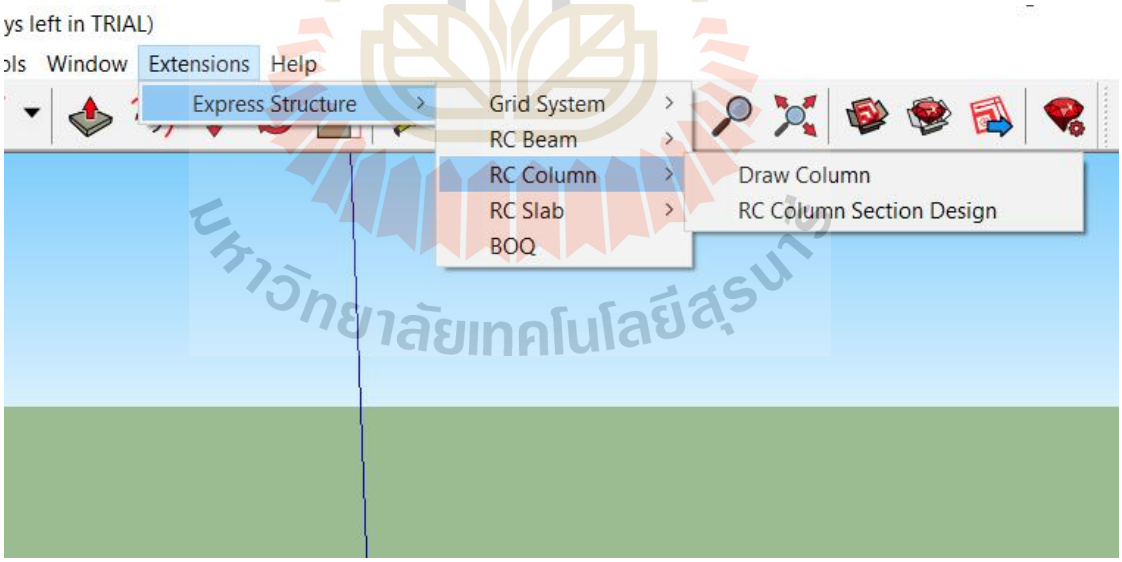


รูปที่ 3.31 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคานโดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดคาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

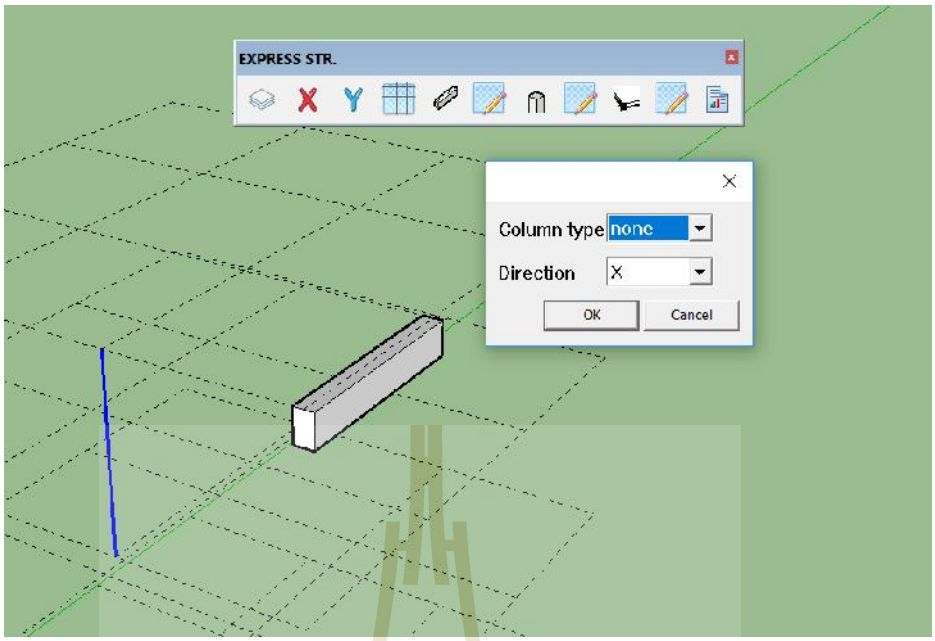


รูปที่ 3.32 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Beam เพื่อทำการวาดคาน

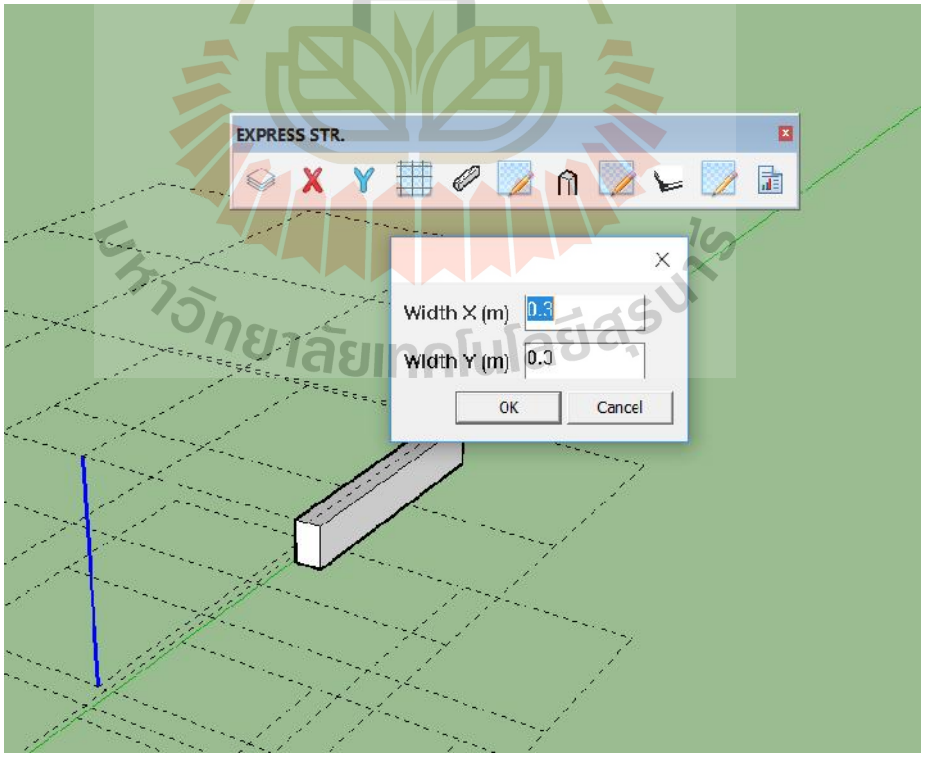


รูปที่ 3.33 การทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Column

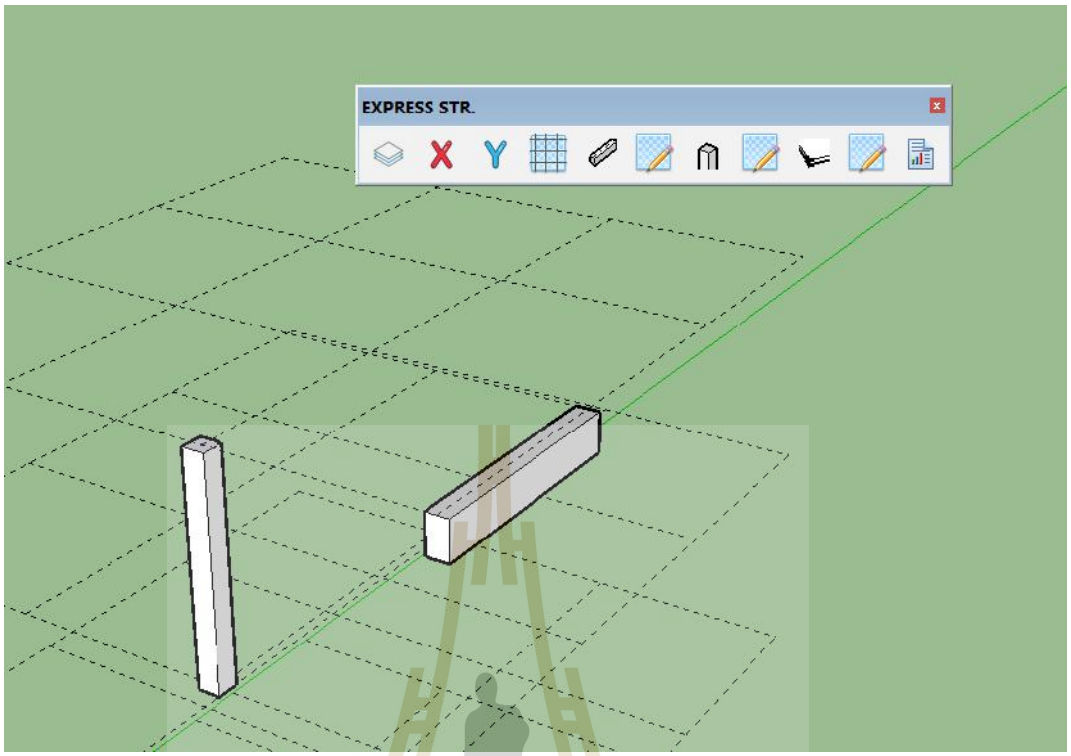
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



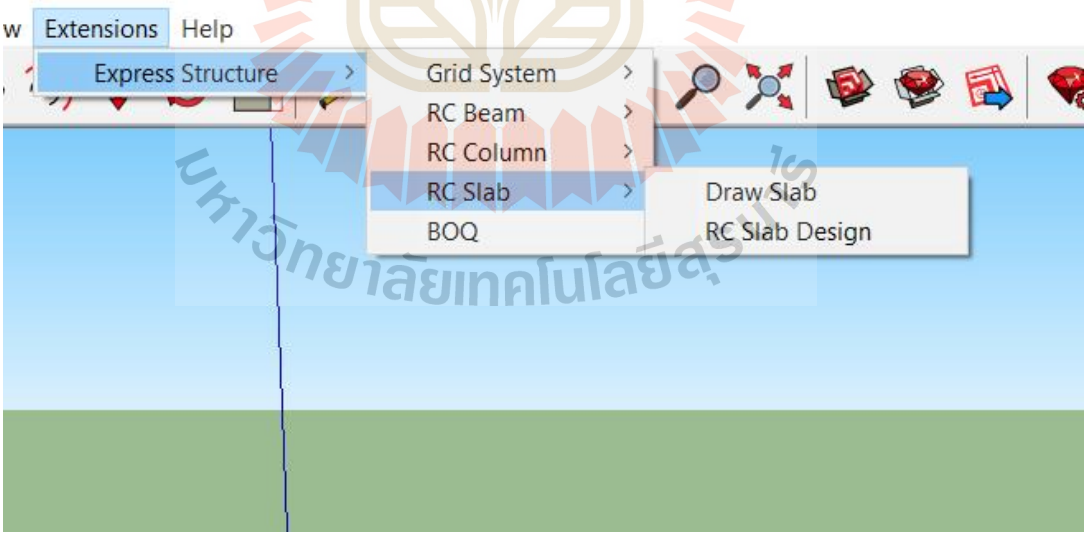
รูปที่ 3.34 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสาโดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดเสาและกำหนดทิศทางรับการดัด



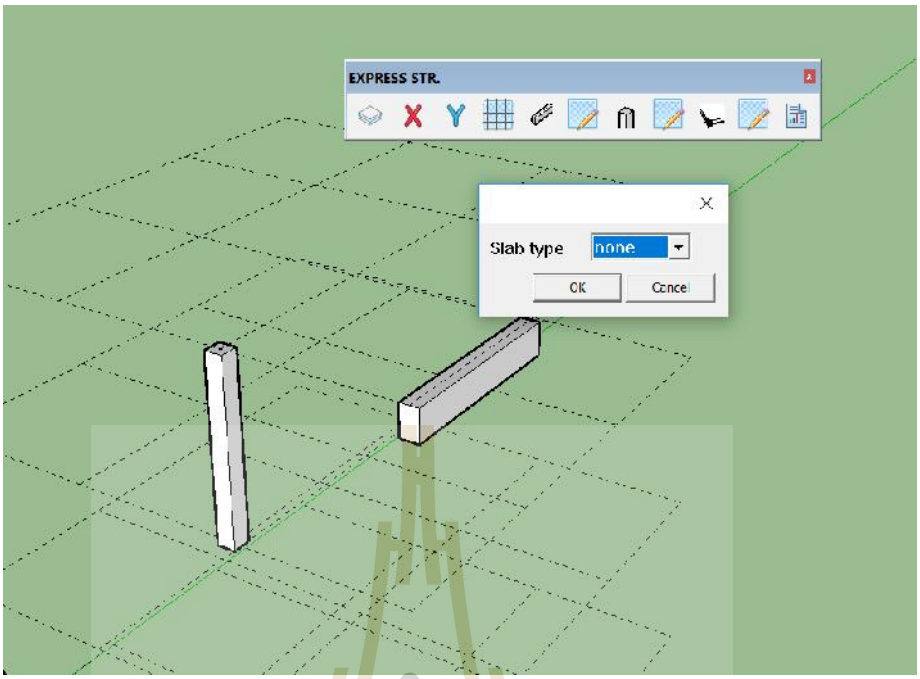
รูปที่ 3.35 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสาโดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดเสา



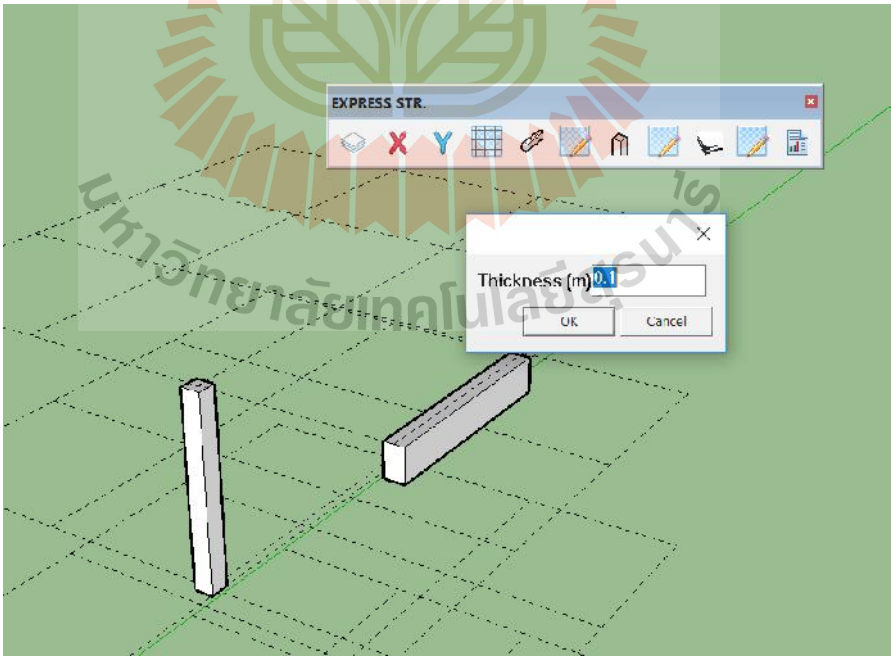
รูปที่ 3.36 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Column เพื่อทำการวาดเสา



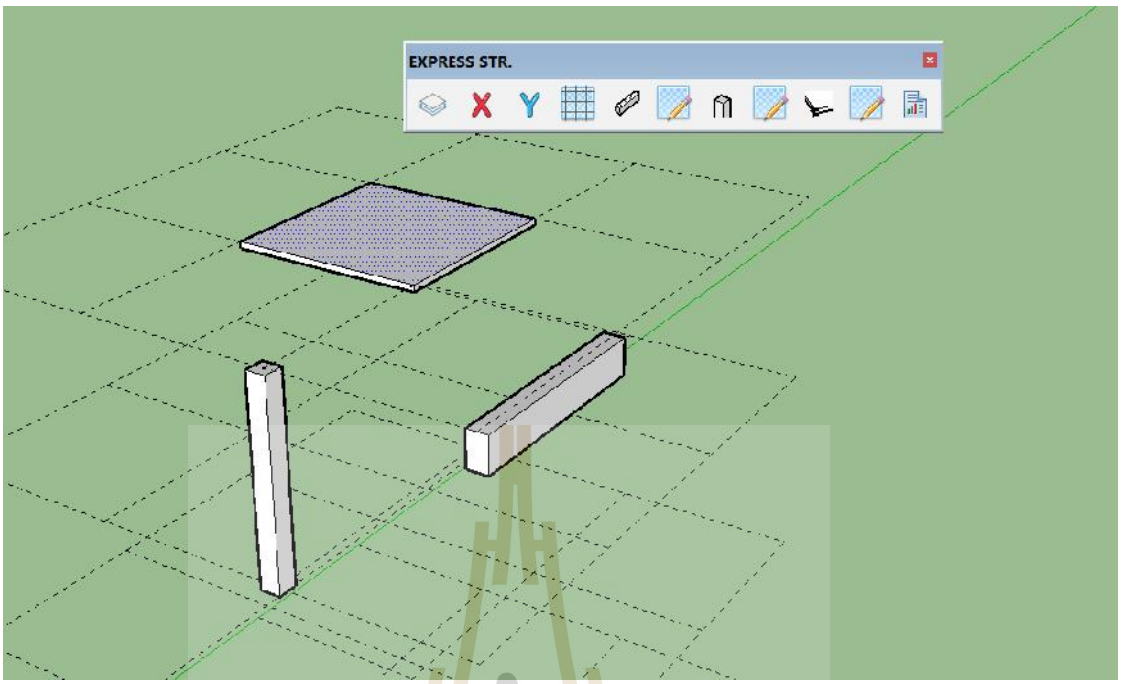
รูปที่ 3.37 การทดสอบ Extension เมนูหลัก RC Slab



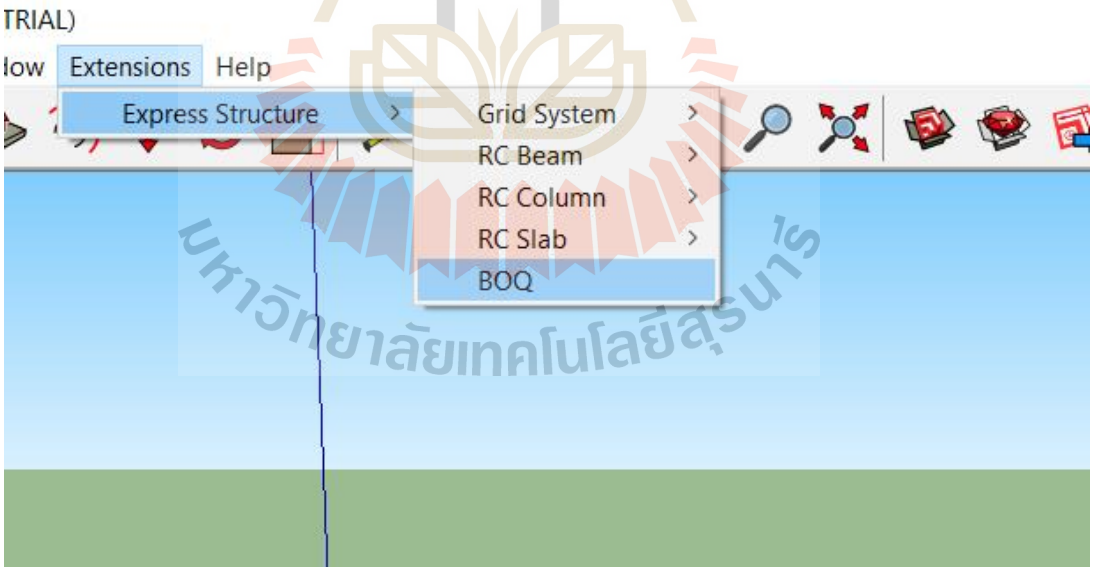
รูปที่ 3.38 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้น โดยขั้นตอนแรกเลือกชนิดพื้น



รูปที่ 3.39 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้น โดยขั้นตอนที่สองกำหนดขนาดพื้น



รูปที่ 3.40 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw Slab เพื่อทำการวาดพื้น



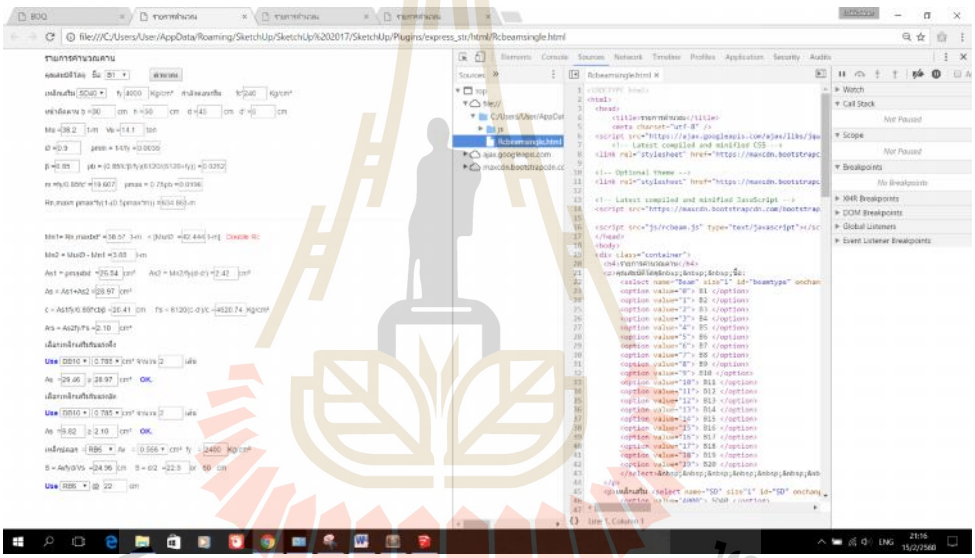
รูปที่ 3.41 การทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง BOQ เพื่อทำการถอดปริมาณวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ในขั้นตอนนี้ยังไม่สามรถแสดงผลได้ต้องอาศัยการเขียนบน Web Dialogs คำสั่ง RC Beam Section Design, RC Column Section Design, RC Slab DesignและBOQยังไม่สามรถแสดงผลได้ต้องอาศัยการเขียนบน Web Dialogs ที่มีJava Script ช่วยในการคำนวณผล

3.6 ศึกษาการเขียน HTML 5 บนเว็บเบราเซอร์

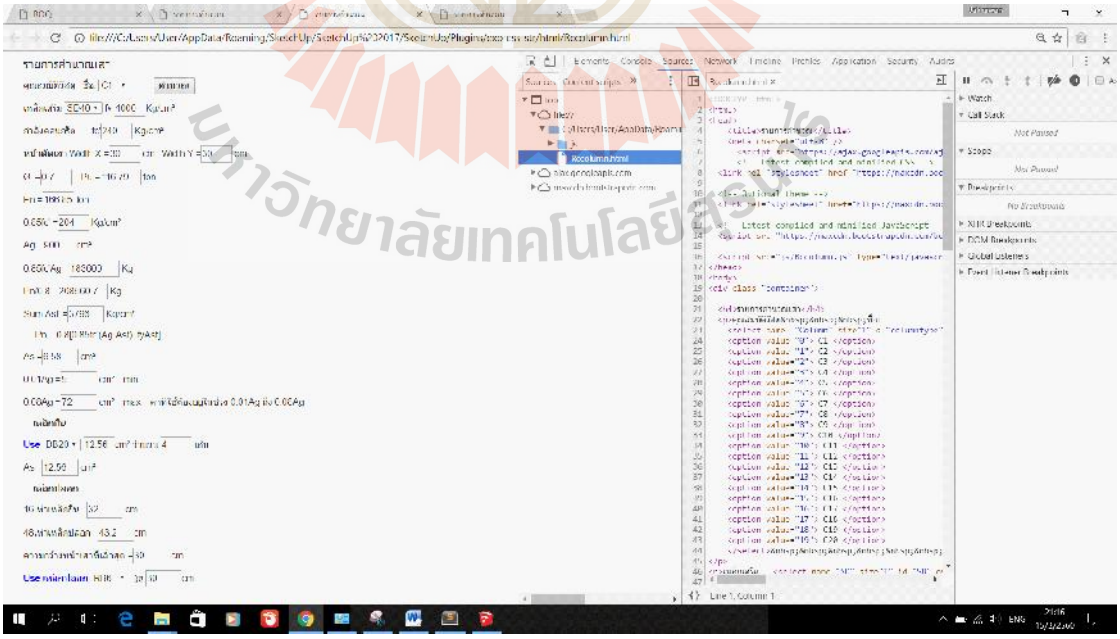
ทำการเขียนHTML5 บน Sublime Text จากนั้นตรวจสอบการทำงานบนWeb browser ด้วย Console ส่วนที่1.ทำรายการคำนวณคาน



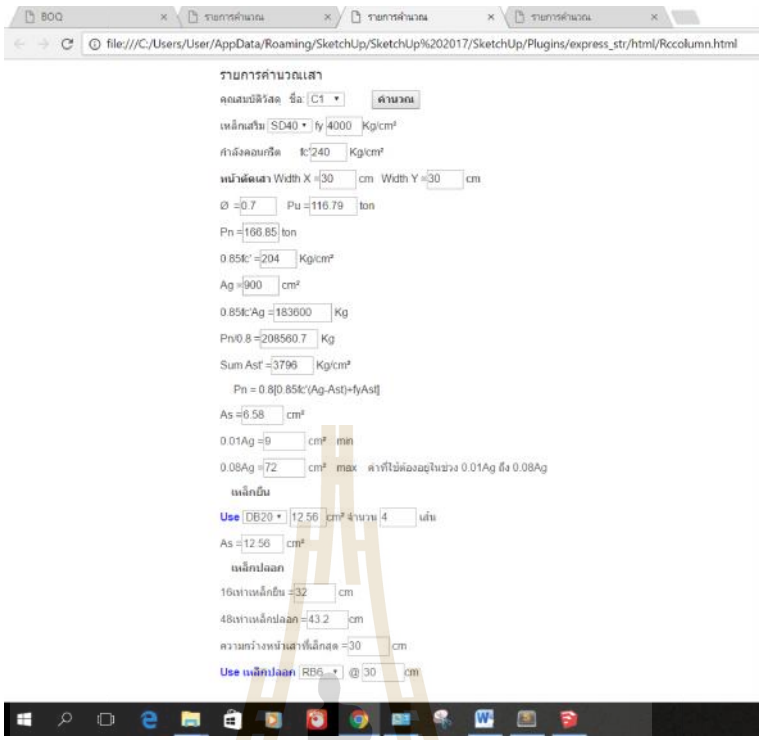
รูปที่ 3.42 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณคานด้วย HTML5 บน Web browser

รูปที่ 3.43 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณคานด้วย HTML5 บน Web browser

ส่วนที่ 2.ทำรายการคำนวณเสา



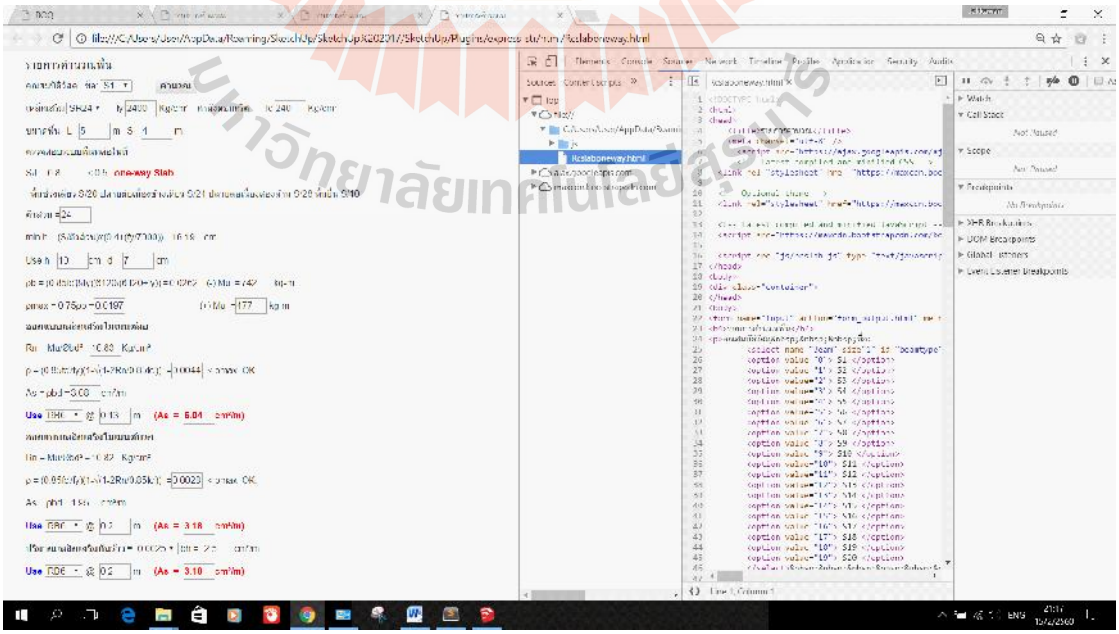
รูปที่ 3.44 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณเสาด้วย HTML5 บน Web browser



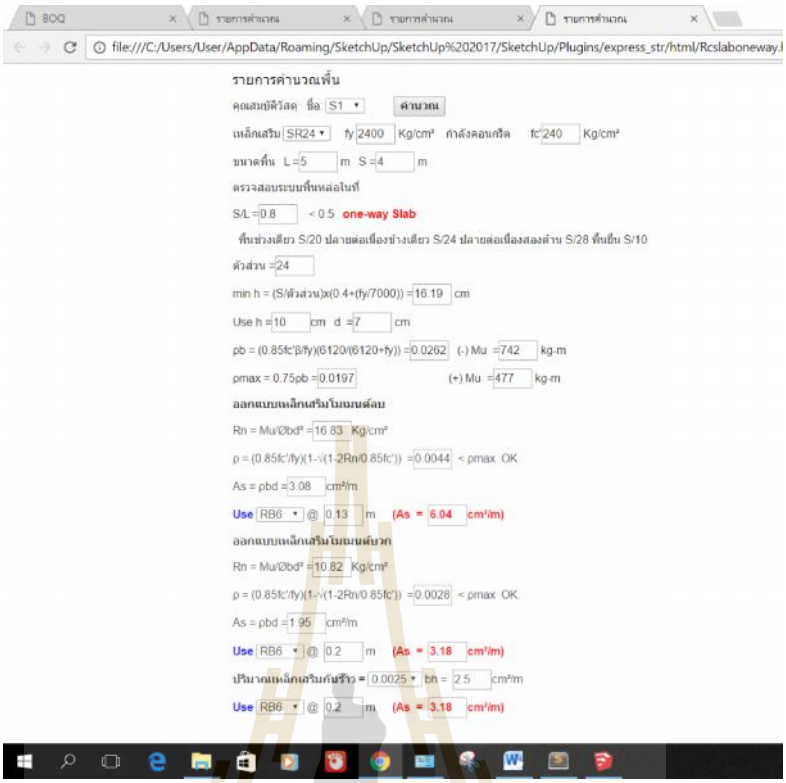
รูปที่ 3.45 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณเสาด้วย HTML5 บน Web browser

ส่วนที่3.ทำรายการคำนวณพื้น

ส่วนที่3.ทำรายการคำนวณพื้น



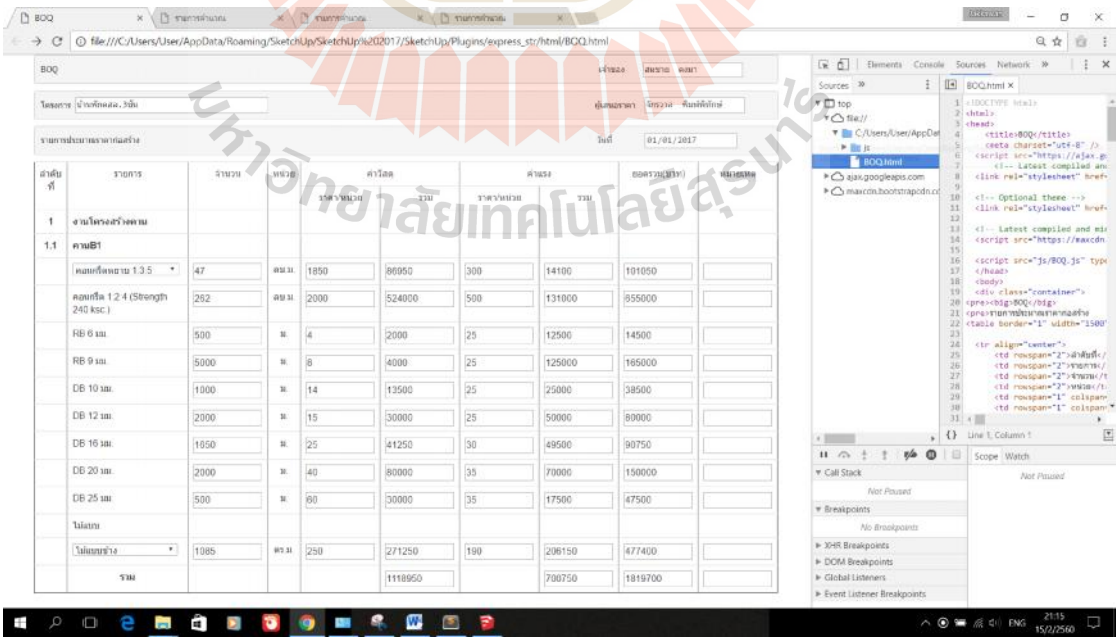
รูปที่ 3.46 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณพื้นด้วย HTML5 บน Web browser



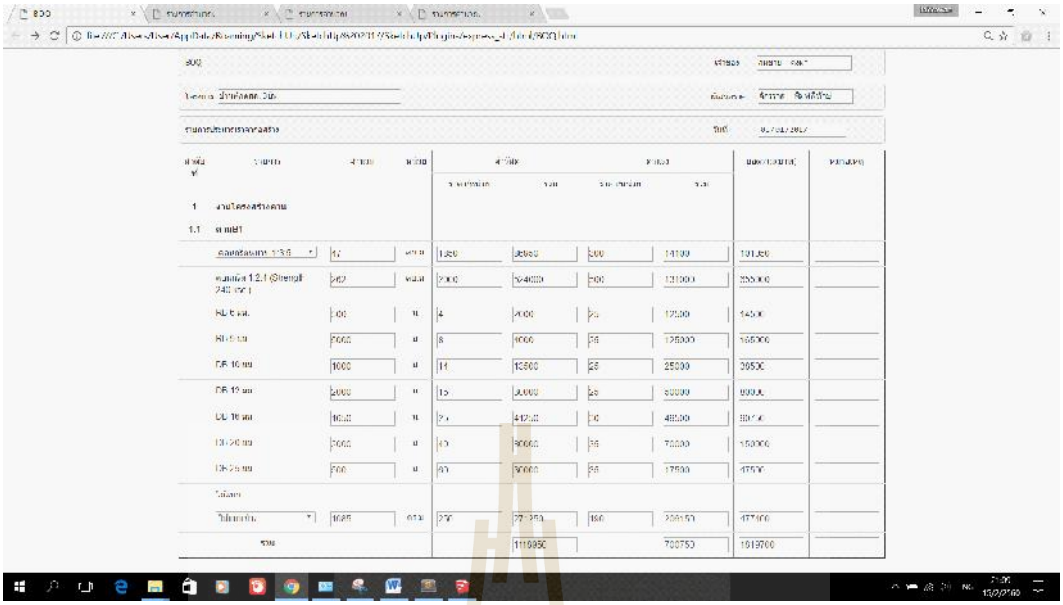
รูปที่ 3.47 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณพื้นด้วย HTML5 บน Web browser

ส่วนที่4.ทำรายการคำนวณปริมาณวัสดุ (BOQ)

ส่วนที่4.ทำรายการคำนวณปริมาณวัสดุ (BOQ)



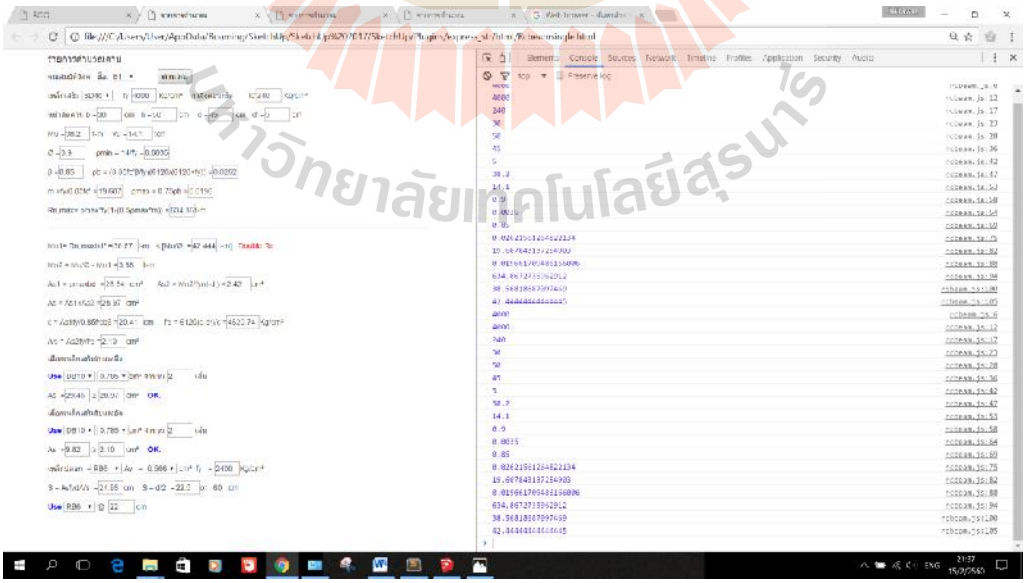
รูปที่ 3.48 ตรวจสอบรูปแบบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย HTML5 บน Web browser



รูปที่ 3.49 แสดงผลการทดสอบรูปแบบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย HTML5 บน Web browser

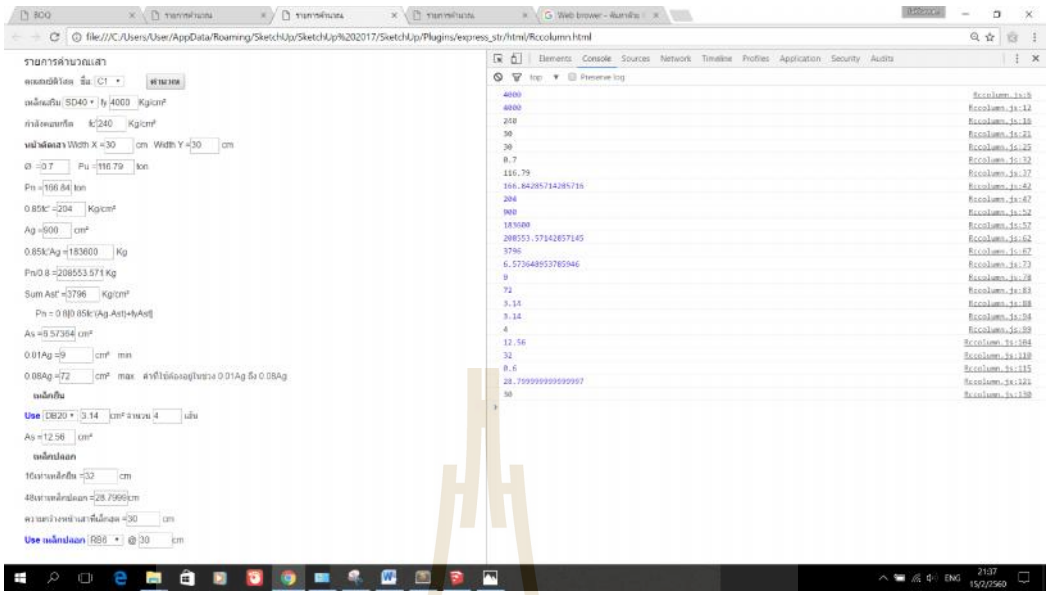
3.7 ทดสอบการเขียน Java Script ให้สามารถคำนวณค่าต่างๆบน HTML5 ได้

ทำการเขียนJava Scriptบน Sublime Text จากนั้นตรวจสอบการทำงานบนWeb browser ด้วย Console ส่วนที่1.ทดสอบรายการคำนวณคาน



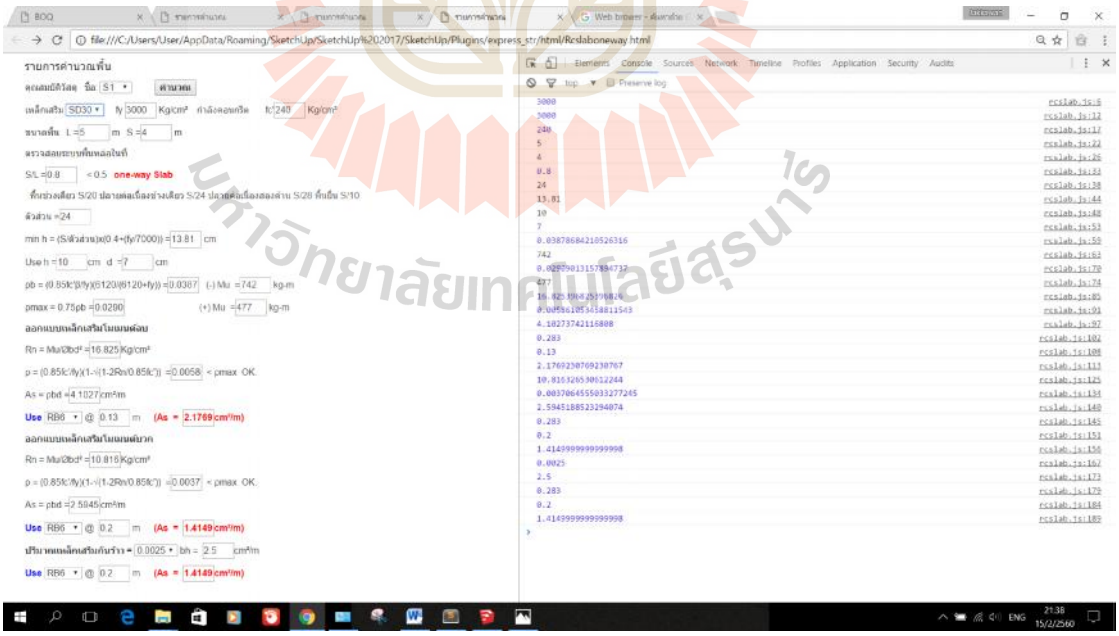
รูปที่ 3.50 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณคานด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser

ส่วนที่2.ทดสอบรายการคำนวณเสา



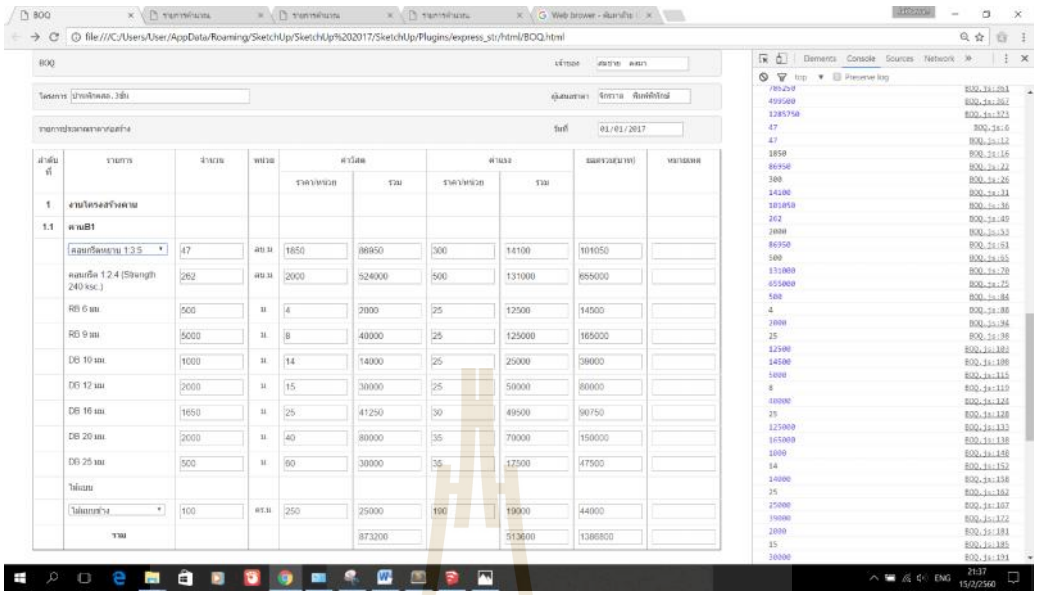
รูปที่ 3.51 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณเสาด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser

ส่วนที่3.ทดสอบรายการคำนวณพื้น



รูปที่ 3.52 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณพื้นด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser

ส่วนที่4.ทดสอบรายการคำนวณปริมาณวัสดุ (BOQ)

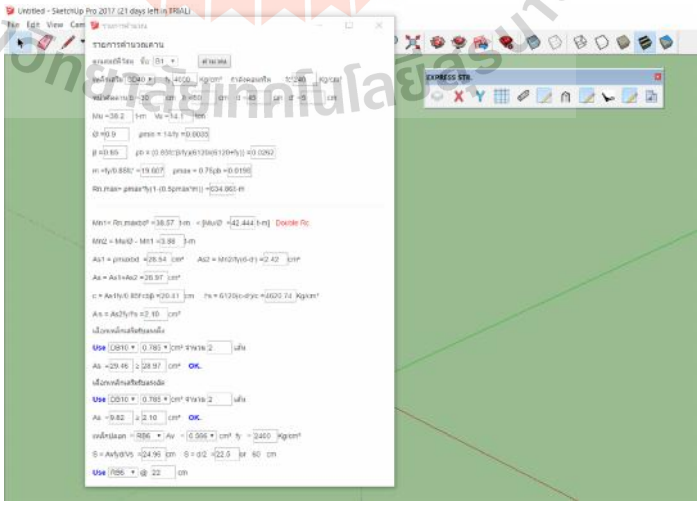


รูปที่ 3.53 แสดงผลการทดสอบรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย Java Script ร่วมกับHTML5 บน Web browser

3.8 ทดสอบ Extension ที่เขียนด้วย Ruby Script ให้สามารถทำงานร่วมกับ Web Dialogs ที่เขียนด้วย HTML 5 ได้

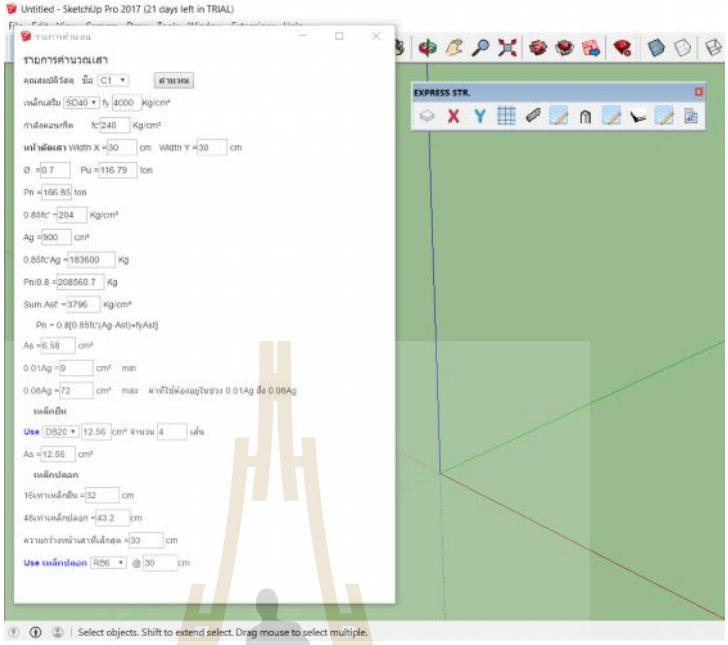
ทดสอบ Extension ที่เขียนด้วย Ruby Script ให้สามารถทำงานร่วมกับ Web Dialogs ที่เขียนด้วย HTML 5 บนโปรแกรมSketch up

1.ทดสอบรายการคำนวณคานด้วย Web Dialogs



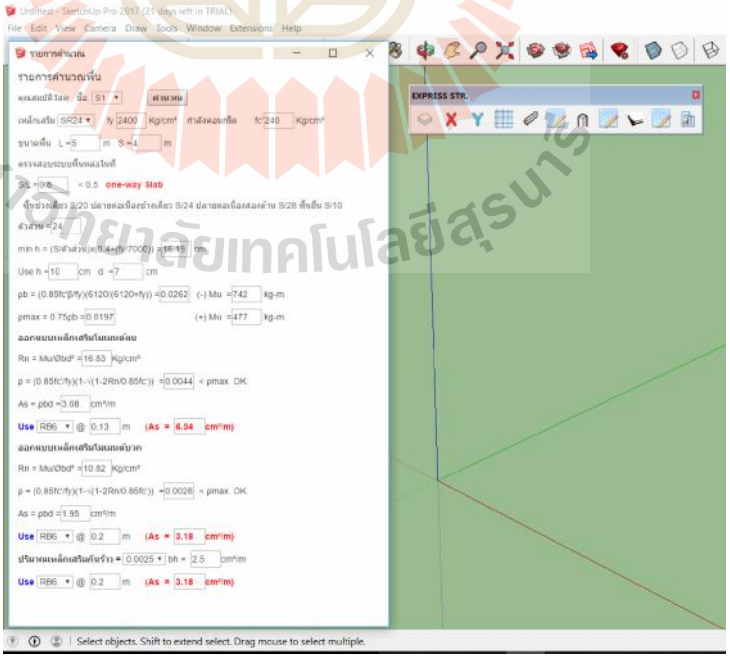
รูปที่ 3.54 แสดงผลรายการคำนวณคานด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up

2.ทดสอบรายการคำนวณเสาด้วย Web Dialogs



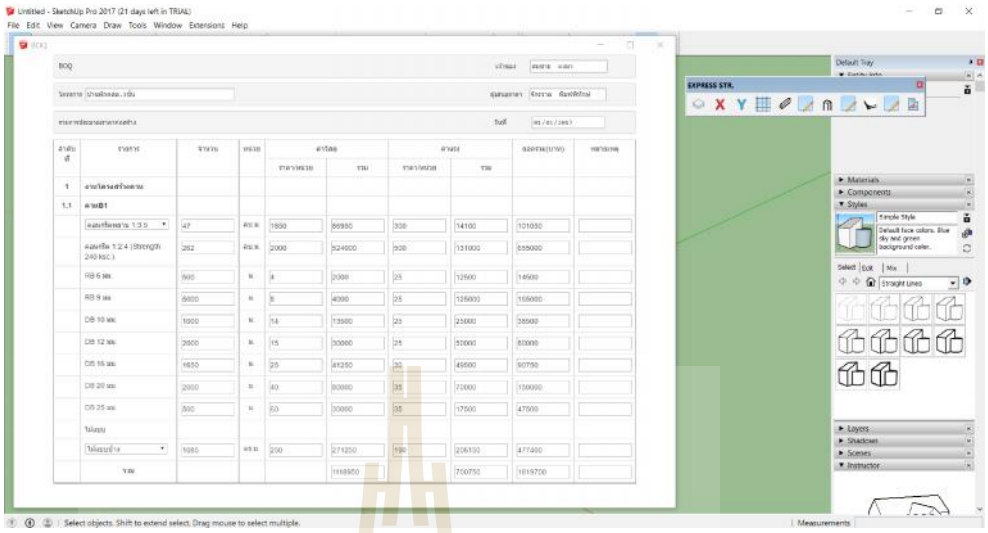
รูปที่ 3.55 แสดงผลรายการคำนวณเสาด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up

3.ทดสอบรายการคำนวณพื้นด้วย Web Dialogs



รูปที่ 3.56 แสดงผลรายการคำนวณพื้นด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up

4.ทดสอบรายการคำนวณปริมาณวัสดุ (BOQ)ด้วย Web Dialogs

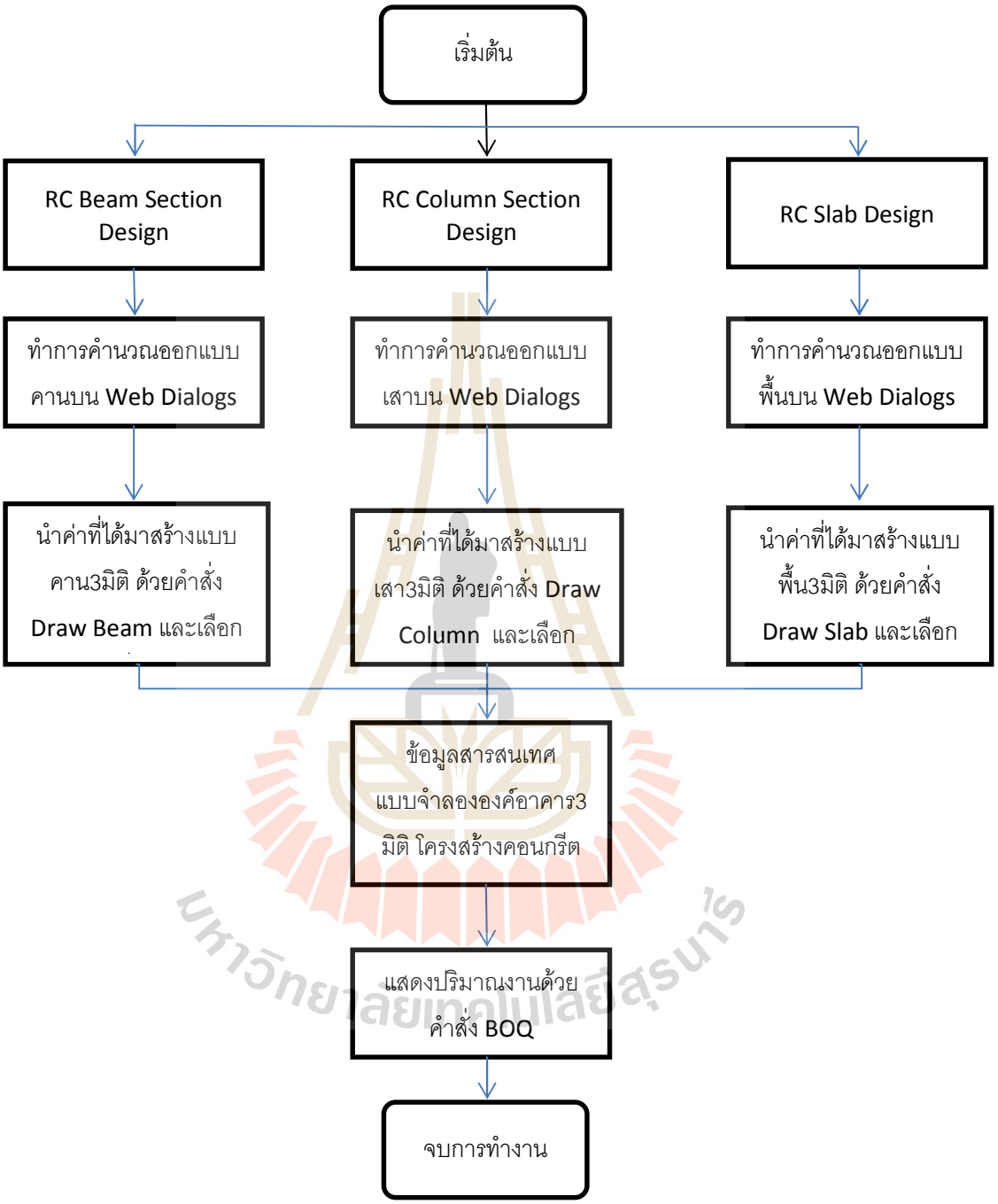


รูปที่ 3.57 แสดงผลรายการคำนวณปริมาณวัสดุด้วย Web Dialogs บนโปรแกรมSketch up

3.9 ทดสอบ Extension ที่เขียนขึ้นให้สามารถออกแบบและถอดปริมาณงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

กระบวนการทดสอบการดำเนินงานวิจัยเพื่อทดสอบ Extension ที่เขียนขึ้นให้สามารถออกแบบและถอดปริมาณงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้ดังแผนผังที่แสดงรูปที่ 3.58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

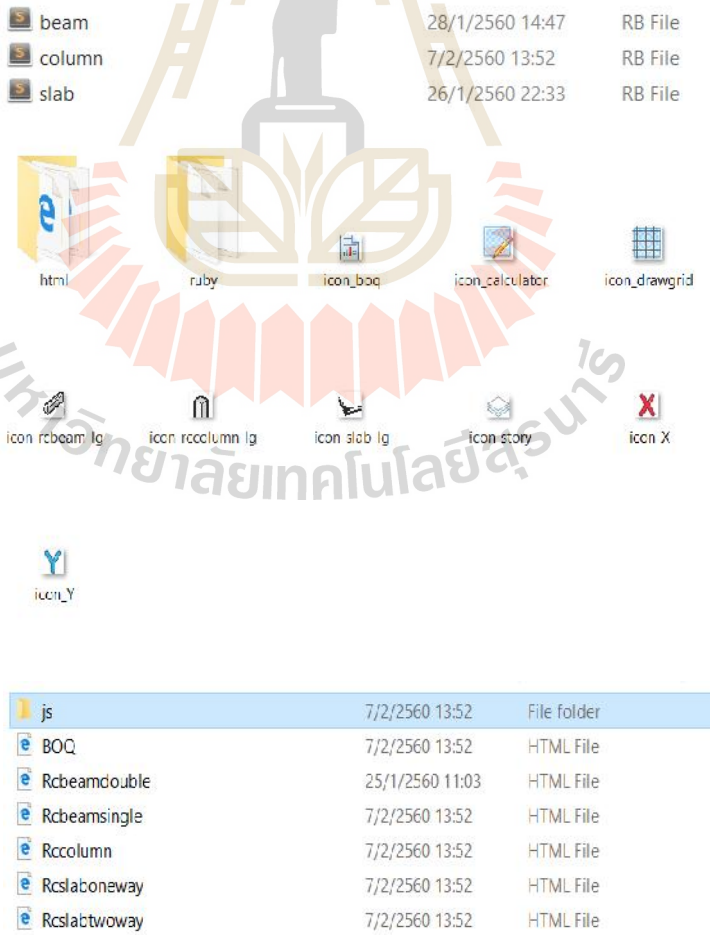


รูปที่ 3.58 แผนผังทดสอบ Extension

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์

ผลการทดสอบ

จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมSketch upร่วมกับRuby Script, HTMLและJava Script เพื่อช่วยในการสร้างโมเดลสามมิติที่รวบรวมข้อมูลสารสนเทศอาคารในส่วนของการออกแบบ สร้างแบบสามมิติและถอดปริมาณราคาโดยการทำงานร่วมกันของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมเสริมหรือExtensionที่มีชื่อว่าExpress Structure ได้ผลทดสอบดังนี้



boq	7/2/2560 13:52	JavaScript File
rcbeam	7/2/2560 13:52	JavaScript File
rccolumn	7/2/2560 13:52	JavaScript File
rcslab	7/2/2560 13:52	JavaScript File

รูปที่ 4.1 แสดงไฟล์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างExtension

เลือกแบบแปลนบ้านตัวอย่างใช้ในการทดสอบ Extension ชื่อ Express Structure โดยการในทดสอบเลือกแบบบ้านเป็นบ้าน 2 ชั้น

รูปที่ 4.2 แสดงแบบแปลนบ้านชั้น 1

รูปที่ 4.3 แสดงแบบแปลนบ้านชั้น 2

จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างจากโหลดที่กระทำตามมาตรฐาน วสท. โดยเลือกใช้โปรแกรมEtabs2016 และ SAFE2016 ในการวิเคราะห์และออกแบบเสา คานและพื้น โดยกำหนดให้

<u>ข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบ</u>

วัสดุโครงสร้างหลัก

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f'_c) = 240 ksc (กำลังอัดรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน)

แรงดึงประลัยของเหล็กเส้นกลม (f_y) = 2400 ksc(SR 24)

แรงดึงใช้งานของเหล็กเส้นกลม (f_s) = 1200 ksc(SR 24)

แรงดึงประลัยของเหล็กข้ออ้อย (f_y) = 4000 ksc(SD 40)

แรงดึงใช้งานของเหล็กข้ออ้อย (f_s) = 1700 ksc(SD 40)

แรงดึงประลัยเหล็กรูปพรรณ (f_y) = 4000 ksc(ASTM A 36)

แรงดึงใช้งานเหล็กรูปพรรณ (f_s) = 2400 ksc(ASTM A 36)

โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก (E_s) = 2.1×10^6 ksc

วิธีการออกแบบ : คอนกรีตเสริมเหล็กวิธีกำลัง (Strength Design Method) SDM

: เหล็กรูปพรรณวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stess) ASD

มาตรฐานในการออกแบบ: พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ประเภทองค์อาคาร : บ้านพักอาศัย 2 ชั้น

: โครงสร้างหลักองค์อาคาร คือ คอนกรีตเสริมเหล็ก

<u>รายการน้ำหนักบรรทุก</u>

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) DL.

น้ำหนักคอนกรีตเสริมเหล็ก	=	2,400 kg/m^3
น้ำหนักเหล็ก	=	7,850 kg/m^3

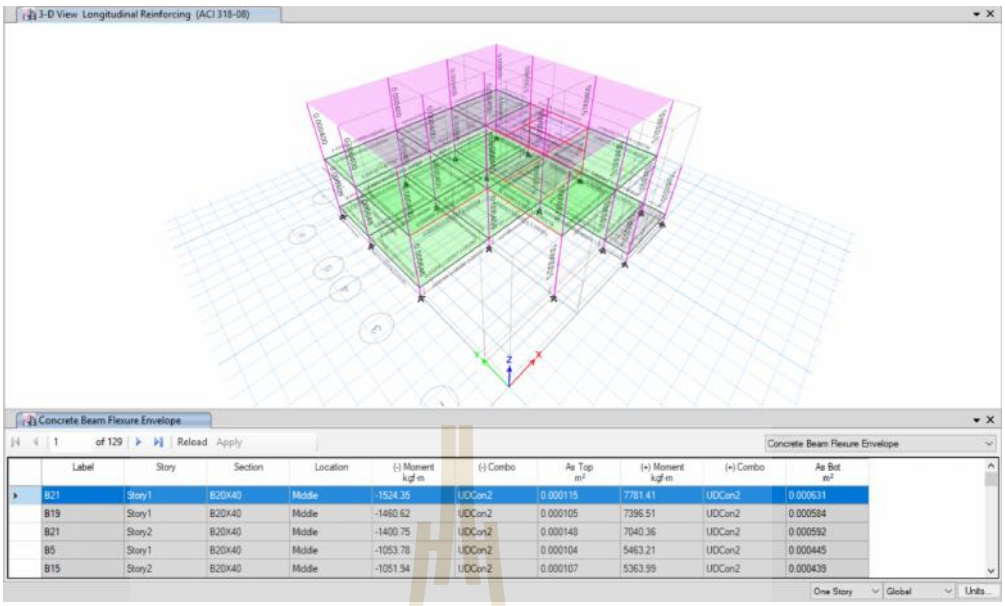
น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) LL.

หลังคา	=	30 kg/m^2
พื้นกันสาดหรือพื้นหลังคาคอนกรีต	=	100 kg/m^2
ที่พักอาศัย ห้องน้ำ ห้องส้วม	=	150 kg/m^2

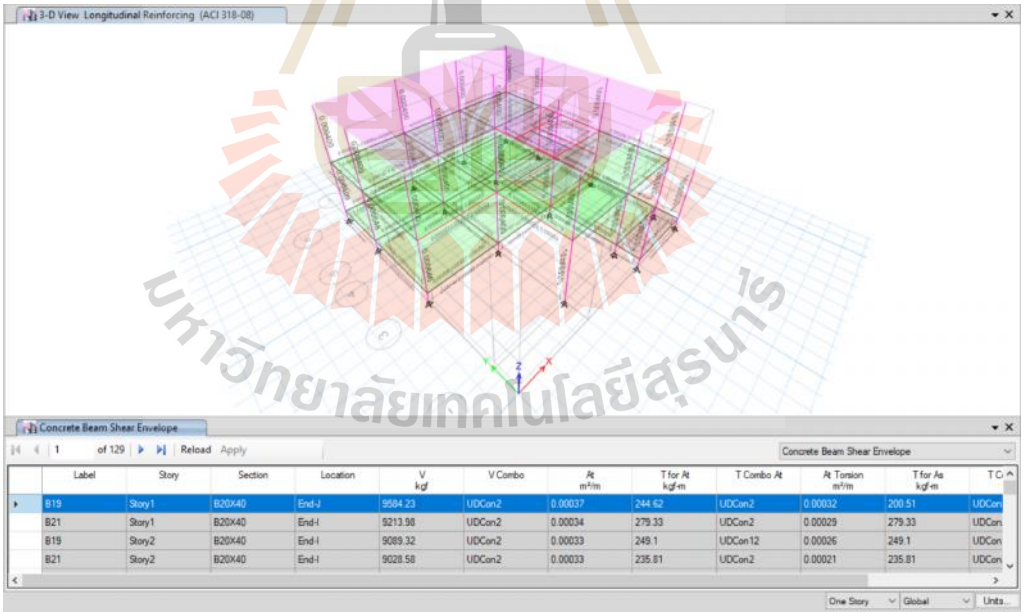
น้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load) SDL.

น้ำหนักวัสดุปูผิวพื้น	=	120 kg/m^2
น้ำหนักกระเบื้องซีแพคโมเนีย	=	50 kg/m^2
น้ำหนักผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบเรียบ	=	180 kg/m^2

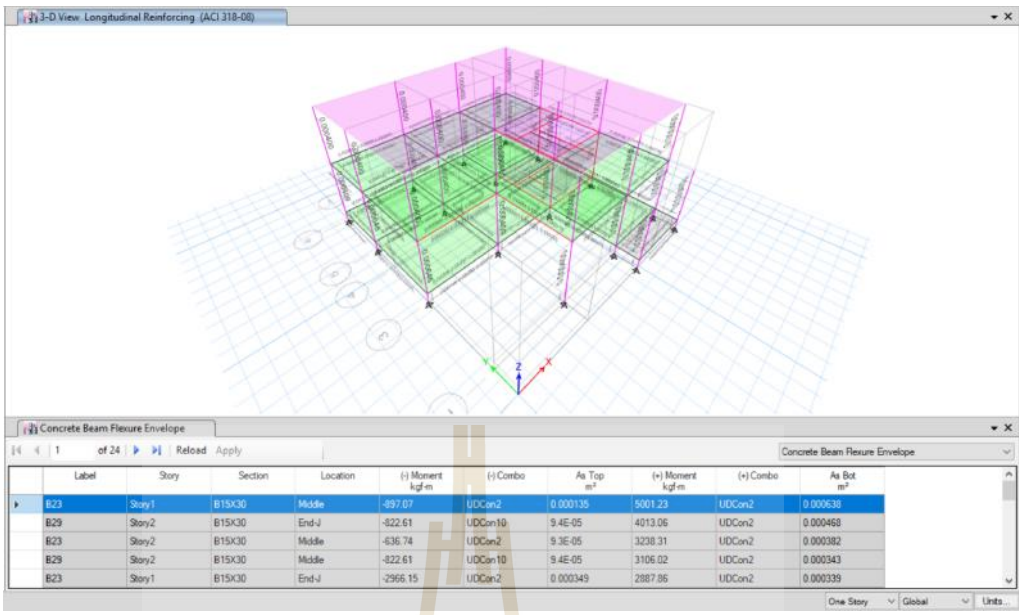
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



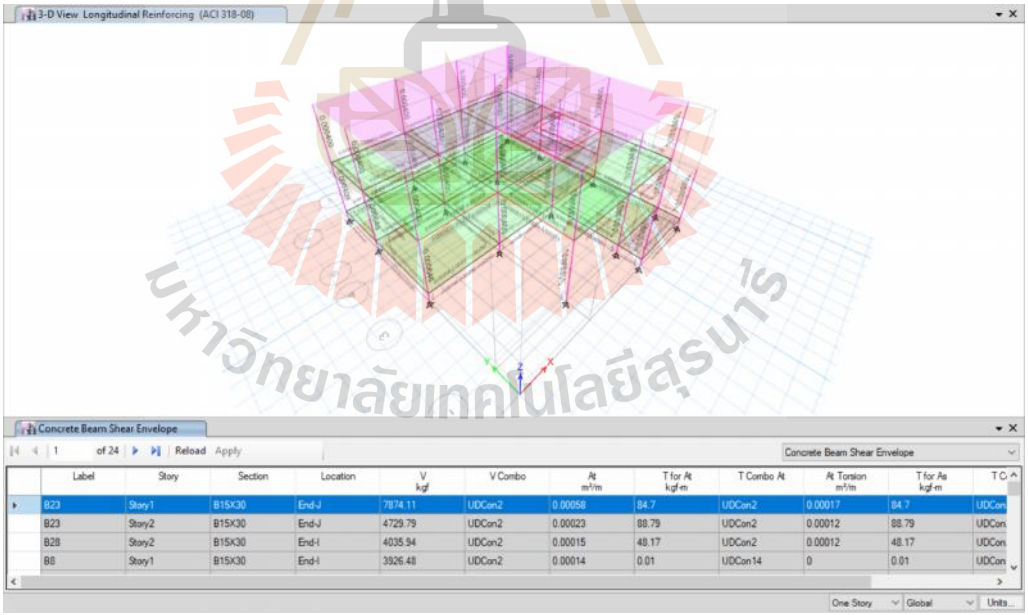
รูปที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับคาน B1 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม Etabs2016



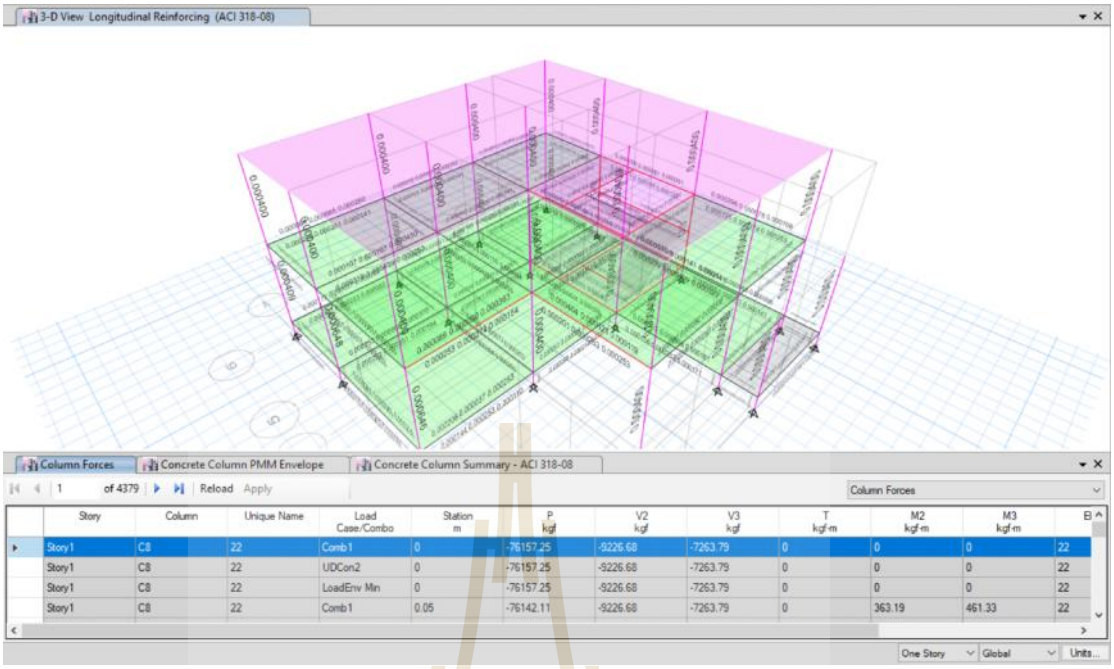
รูปที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับคาน B1 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม Etabs2016



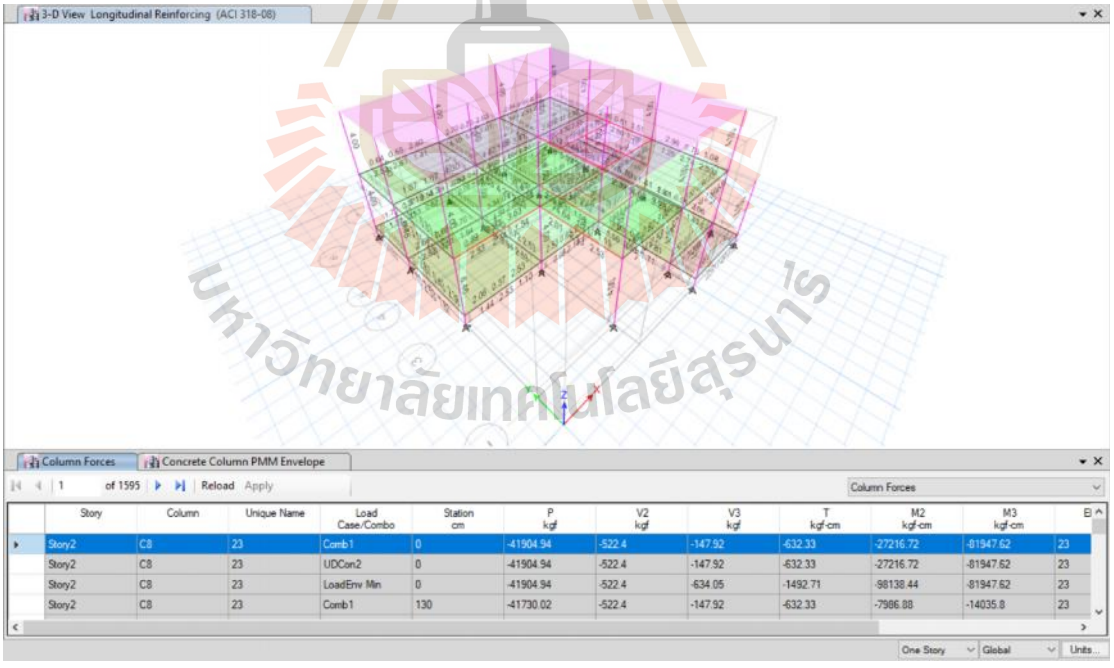
รูปที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับคาน B2 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม Etabs2016



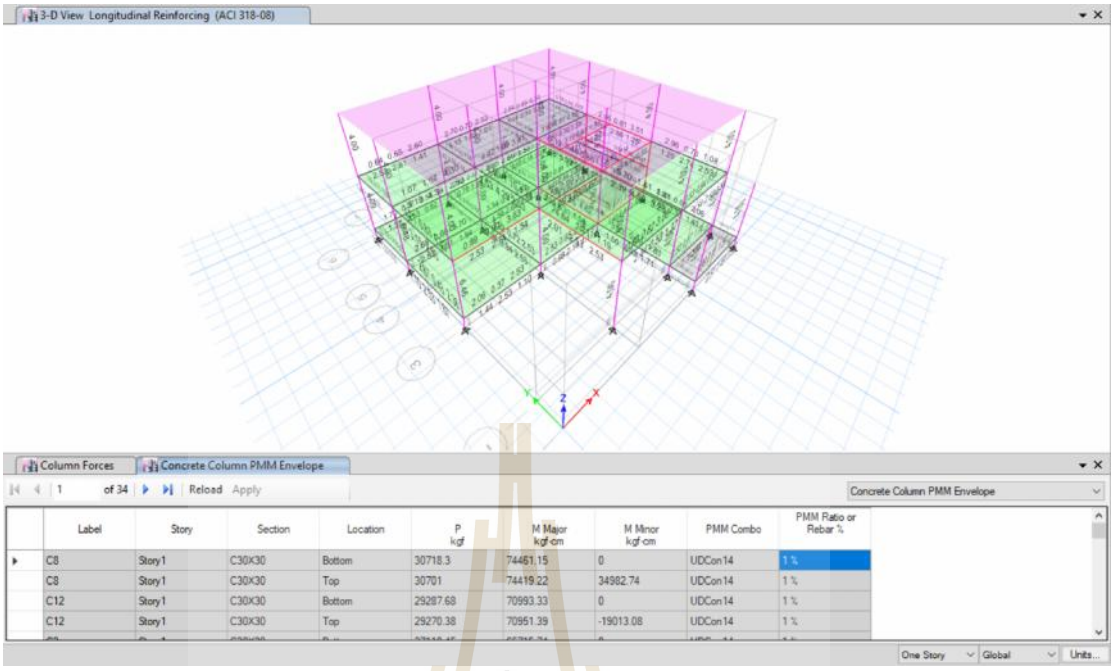
รูปที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่เกิดขึ้นกับคาน B2 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม Etabs2016



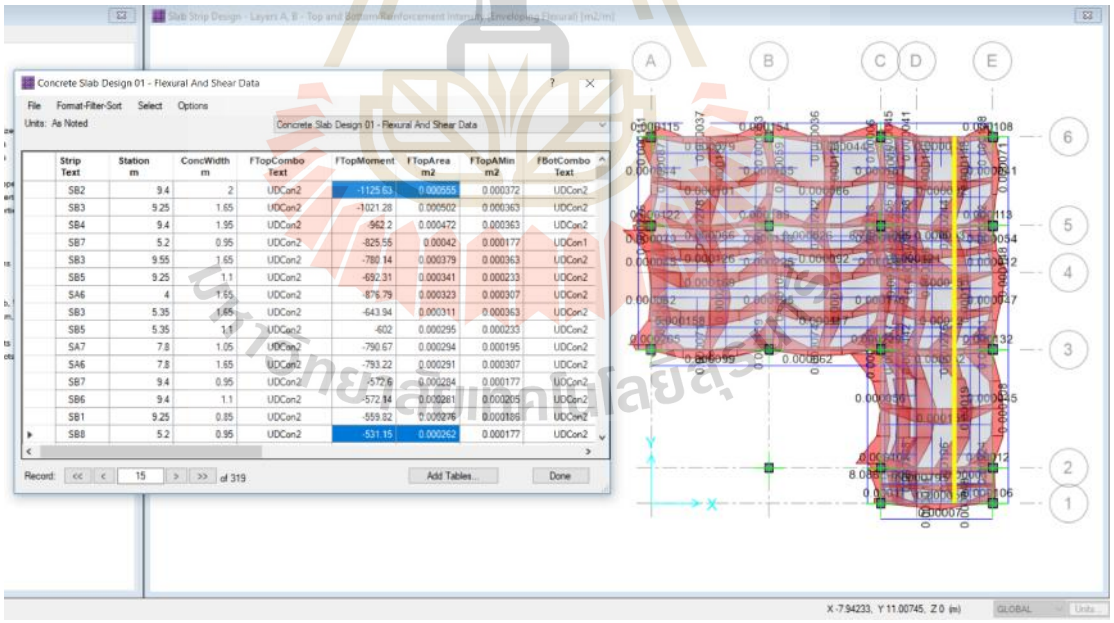
รูปที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์แรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นกับตอม่อ C1 โดยโปรแกรม Etabs2016



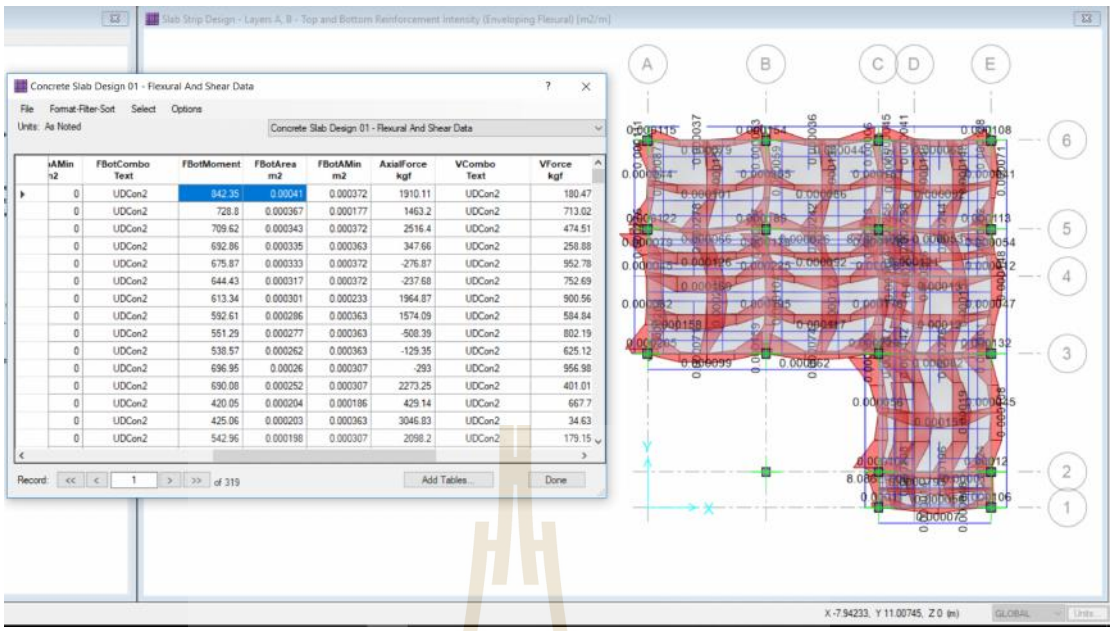
รูปที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์แรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นกับเสา C2 โดยโปรแกรม Etabs2016



รูปที่ 4.10 แสดงผลการออกแบบเหล็กเสริมตอม่อและเสา C1,C2 โดยโปรแกรม Etabs2016



รูปที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับพื้น S1,S2 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม SAFE 2016



รูปที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับพื้น S1,S2 และผลการออกแบบเหล็กเสริมโดยโปรแกรม SAFE 2016

<u>สรุปแรงกระทำที่เลือกมาคำนวณ</u>

คาน		**M_{max}(t-m)**		**V_{max}(ton)**	
B1	ขนาด 20 x 40 ซม.	7.78		9.58	
ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม		6.31	cm^2	3.7	cm^2/m
B2	ขนาด 15 x 30 ซม.	5		7.87	
ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม		6.38	cm^2	5.8	cm^2/m
เสาและตอม่อ		**P_{max}(ton)**			
C1	ขนาด 30 x 30 ซม.	76.2			
ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม		Rebar 1 %			
C2	ขนาด 20 x 20 ซม.	42			
ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม		Rebar 1 %			
พื้น	**One-way Slab**	**M-(kg-m)**		**M+(kg-m)**	
S1		531		842.35	
ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม		2.62	cm^2	4.1	cm^2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พื้น	**Two-way Slab**	**Mด้านสั้น(kg-m)**		**Mด้านยาว(kg-m)**	
	S2	1125.6		1125.6	
	ปริมาณเหล็กเสริมจากโปรแกรม	5.55	cm^2	5.55	cm^2

จากนั้นเมื่อทราบค่าต่างๆในการวิเคราะห์โครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดโปรแกรม SketchUp 2017 เพื่อทดสอบ Extension ชื่อ Express Structure เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วทำการเรียกใช้ Extension ดังกล่าวโดยเริ่มกระบวนการจาก

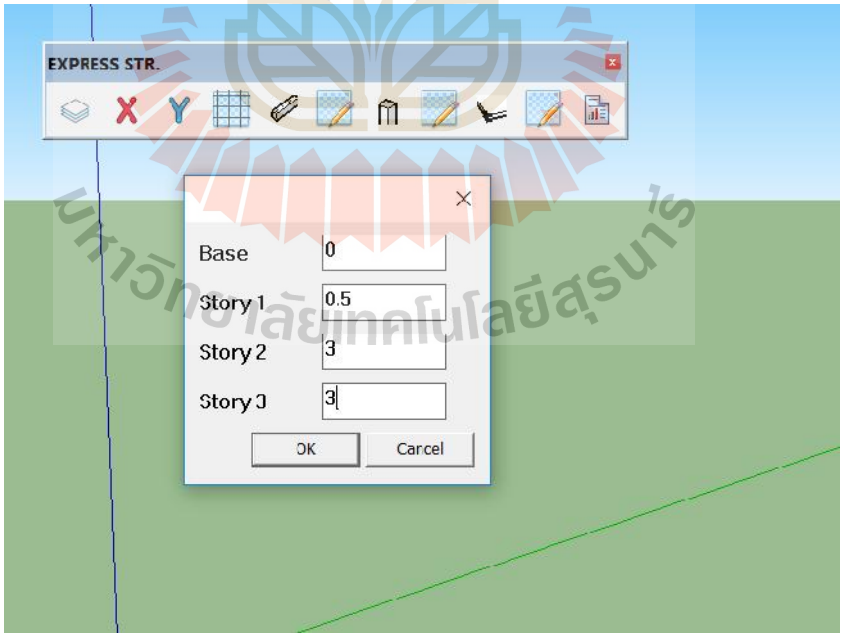
1.กระบวนการสร้างเส้นกริด

2.กระบวนการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้น

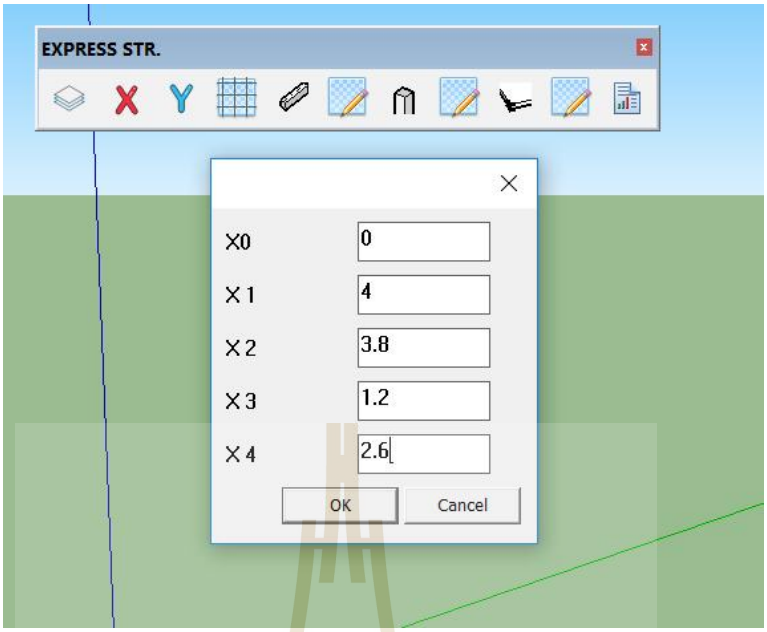
3.กระบวนการขึ้นรูปสามมิติพร้อมรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้น

4.กระบวนการคำนวณค่าแสดงผลรายการประมาณราคาก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก(BOQ)

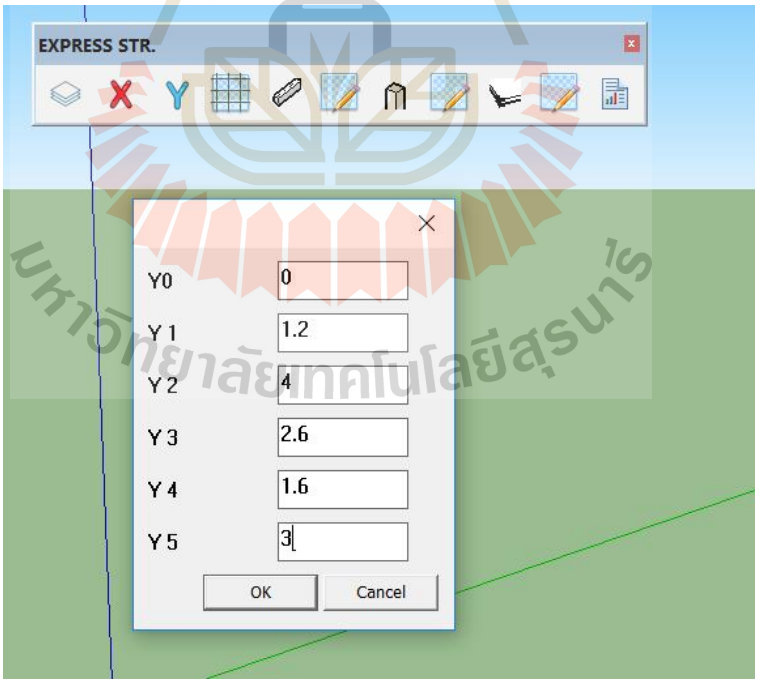
เริ่มจากกระบวนการสร้างเส้นกริดดังภาพแสดงผลต่อไปนี้



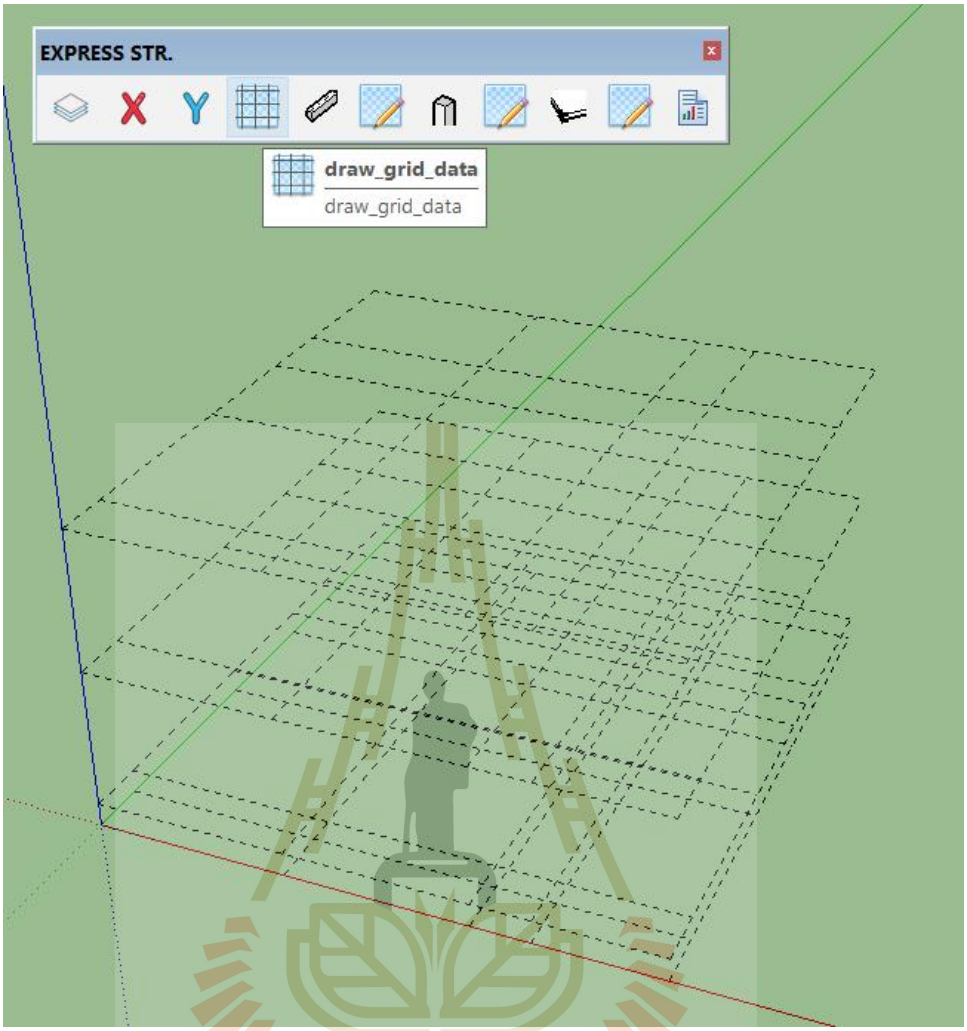
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Number of Story เพื่อรับค่าความสูงของเส้นกริดแต่ละชั้น



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Spacing grid X เพื่อรับค่าความกว้างของเส้นกริดแต่ละเส้นในแนวแกน X



รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่างคำสั่ง Spacing grid Y เพื่อรับค่าความกว้างของเส้นกริดแต่ละเส้นในแนวแกน Y

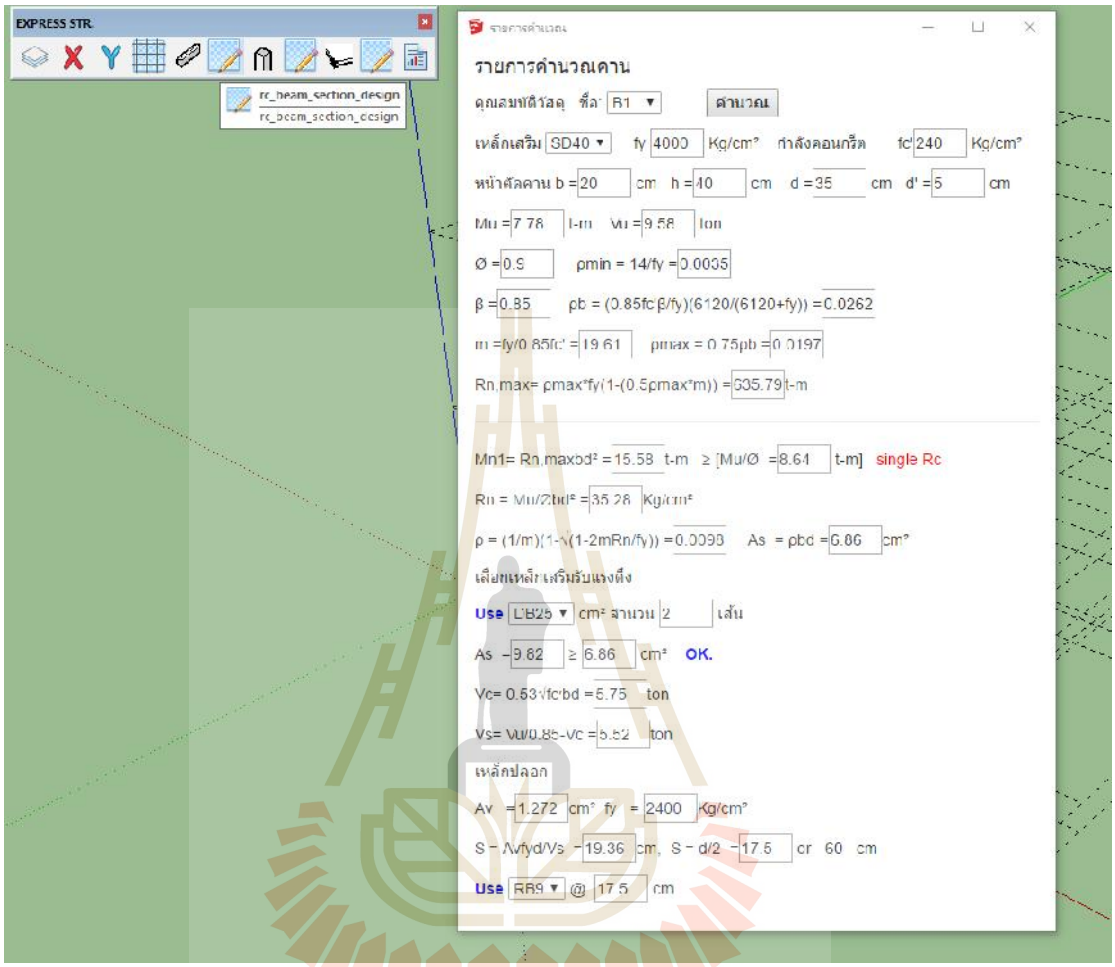


รูปที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw grid data เพื่อทำการวาดเส้นกริด

จากนั้นเมื่อสร้างเส้นกริดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบ Extension ในส่วนของคำสั่งกระบวนการต่อไปคือ กระบวนการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้น

เริ่มกระบวนการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้นดังภาพแสดงผลต่อไปนี้

ออกแบบคาน B1



รูปที่ 4.17 แสดงผลการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก B1

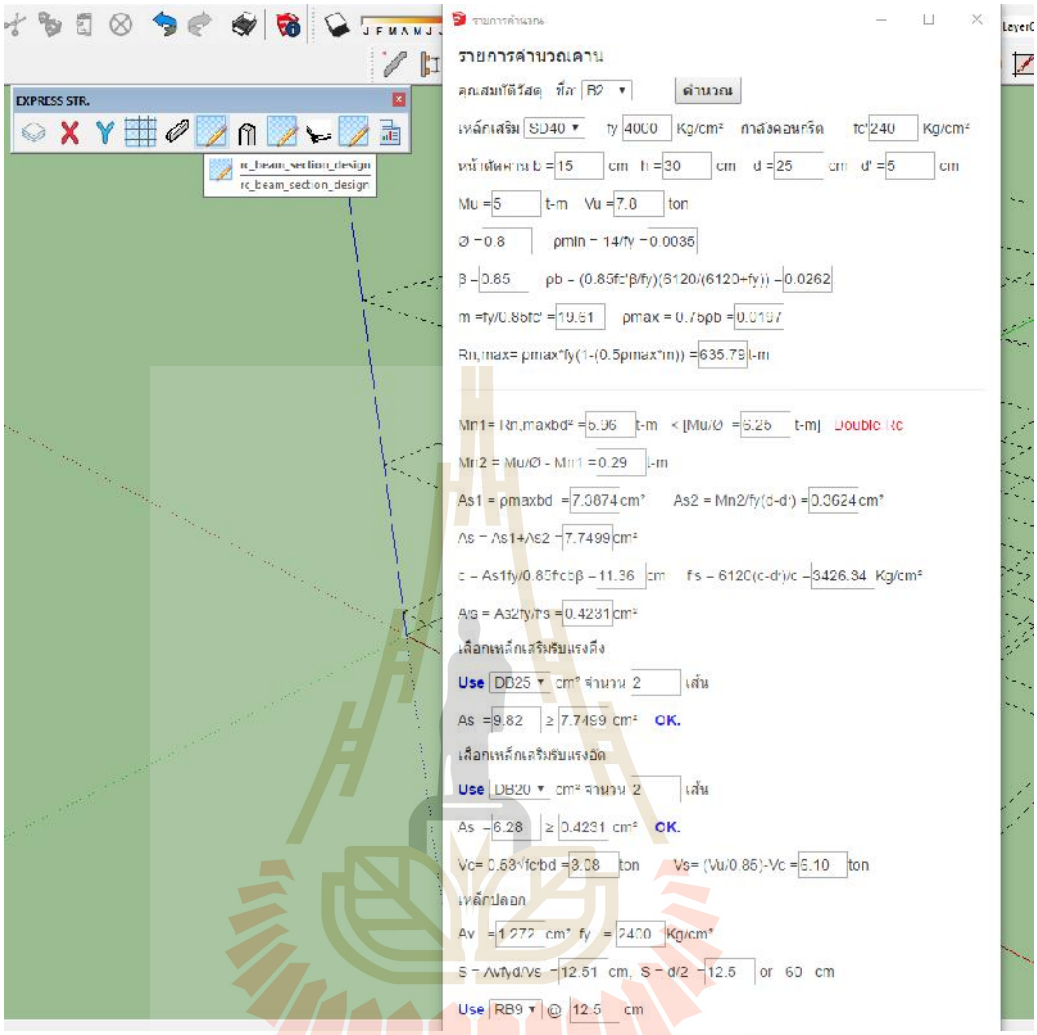
เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบคาน B1 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Etabs2016 พบว่ามีผลดังนี้

คาน Single RC		**เหล็กเสริมรับแรงดึง**		**เหล็กเสริมรับแรงเฉือน**	
B1	ขนาด 20 x 40 ซม.				
ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure		6.86	cm^2	6.36	cm^2/m
ปริมาณเหล็กเสริมจาก Etabs2016		6.31	cm^2	3.7	cm^2/m

OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออกแบบคาน B2



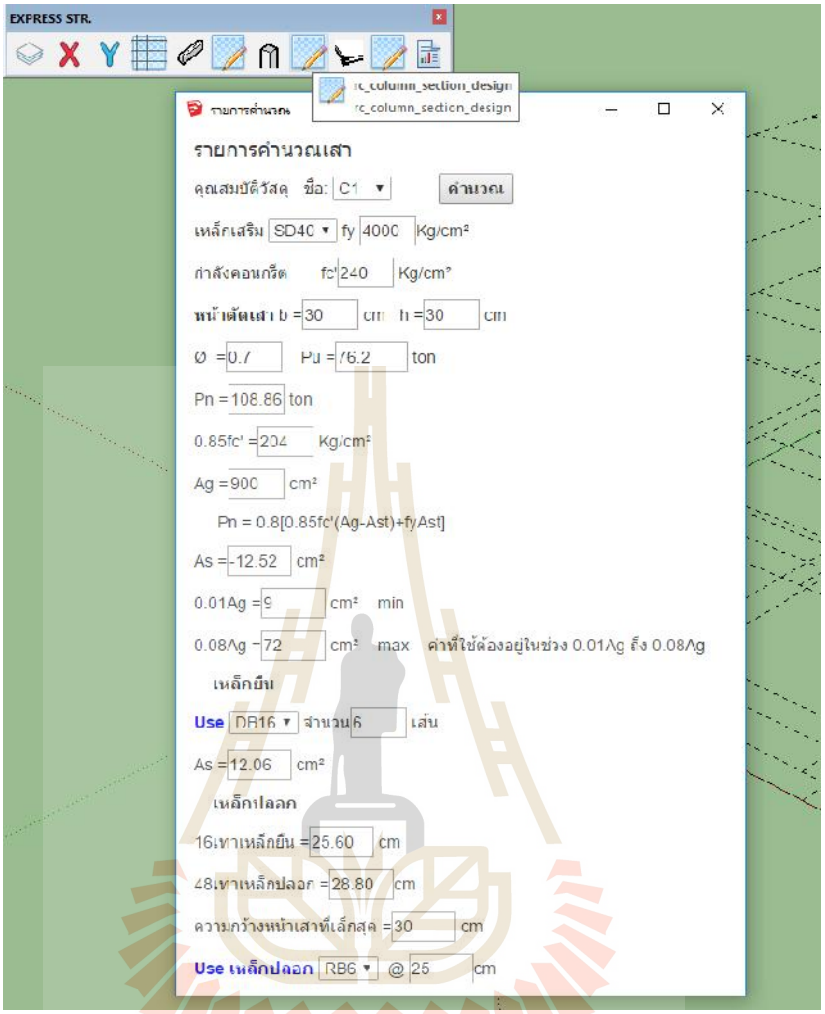
รูปที่ 4.18 แสดงผลการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก B2

เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบคาน B2 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Etabs2016 พบว่ามีผลดังนี้

คาน	**Double RC**		**เหล็กเสริมรับแรงดึงและอัด**		**เหล็กเสริมรับแรงเฉือน**	
B2	ขนาด 15 x 30 ซม.					
ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure		9.82,6.28	cm^2	10.1	cm^2/m	
ปริมาณเหล็กเสริมจาก Etabs2016		6.38,3.5	cm^2	5.8	cm^2/m	

OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

ออกแบบเสาตอม่อ C1



รูปที่ 4.19 แสดงผลการออกแบบเสาตอม่อคอนกรีตเสริมเหล็ก C1

เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเสา C1 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Etabs2016 พบว่ามีผลดังนี้

เสา **เหล็กยืน**

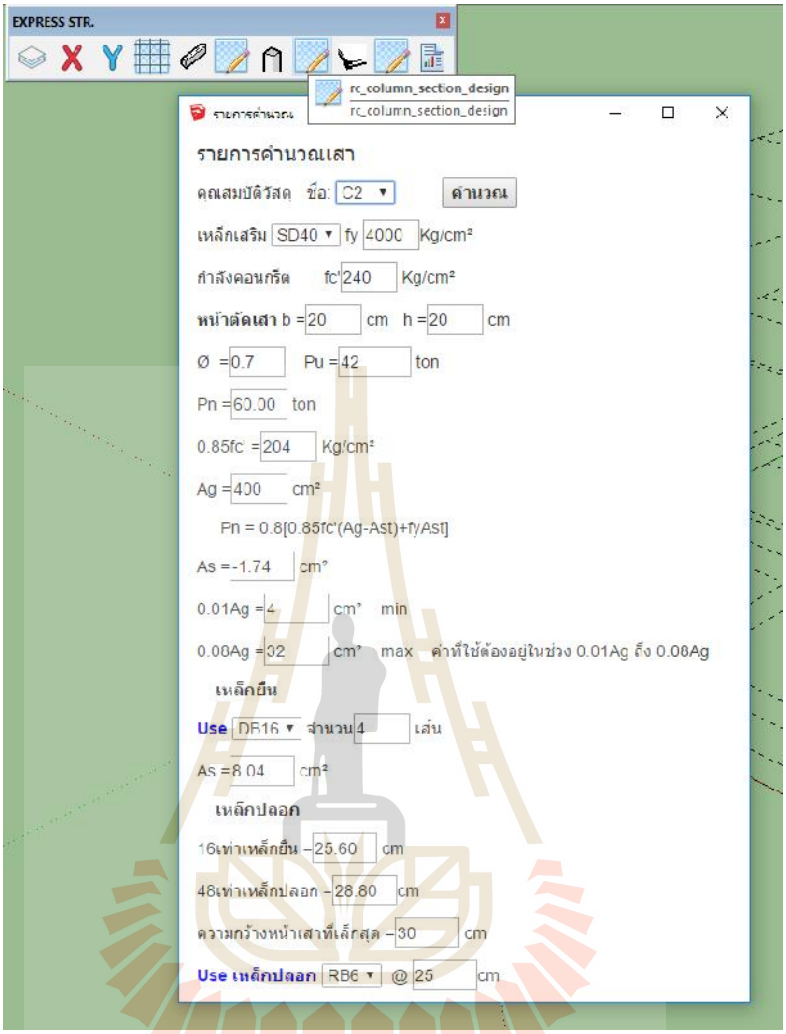
C1 ขนาด 30 x 30 ซม.

ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure 12.06 cm^2

ปริมาณเหล็กเสริมจาก Etabs2016 Rebar 1 % 9 cm^2

OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

ออกแบบเสา C2



รูปที่ 4.20 แสดงผลการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก C2

เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเสา C2 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Etabs2016 พบว่ามีผลดังนี้

เสา **เหล็กยืน**

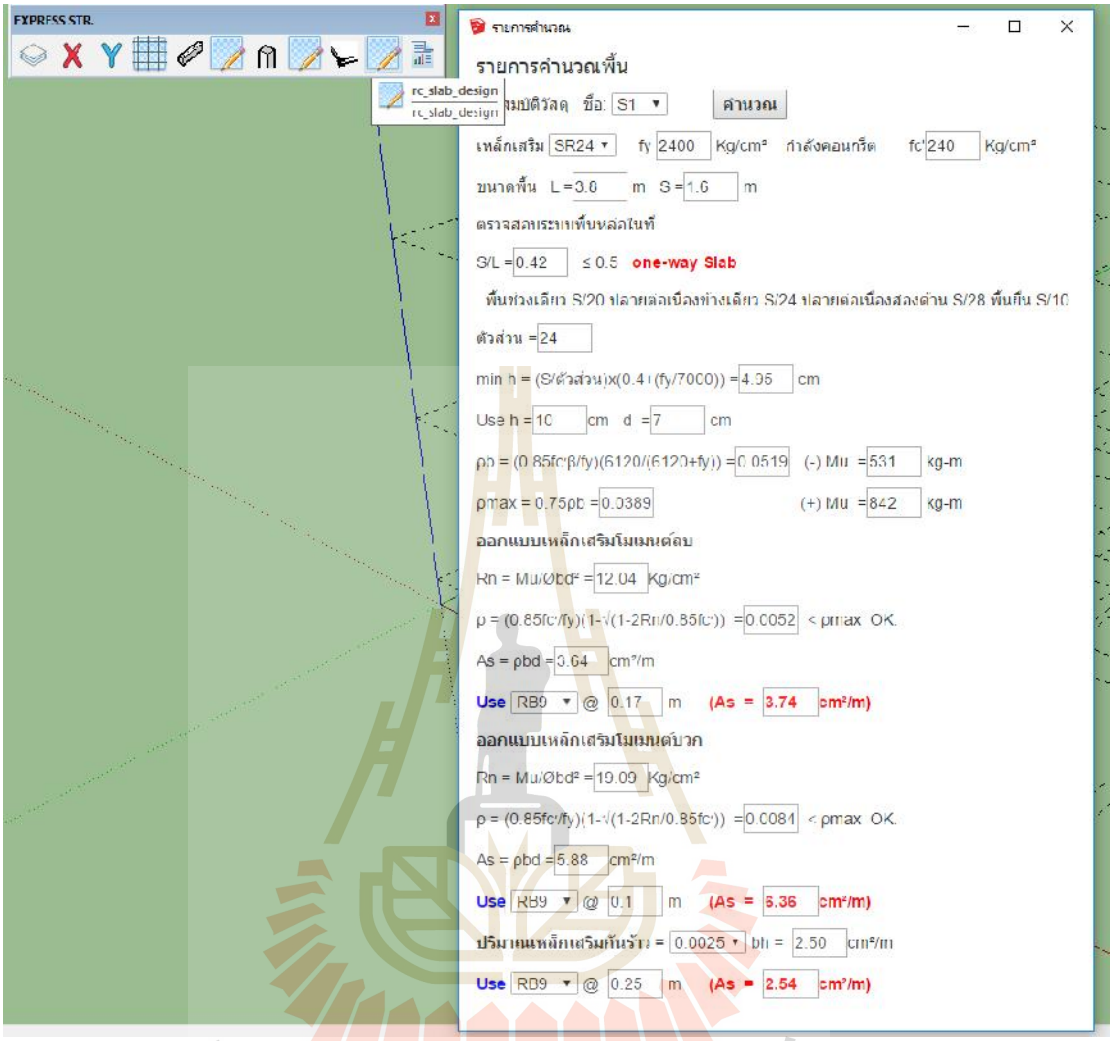
C2 ขนาด 20 x 20 ซม.

ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure 8.04 cm^2

ปริมาณเหล็กเสริมจาก Etabs2016 Rebar 1 % 4 cm^2

OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

ออกแบบพื้น S1



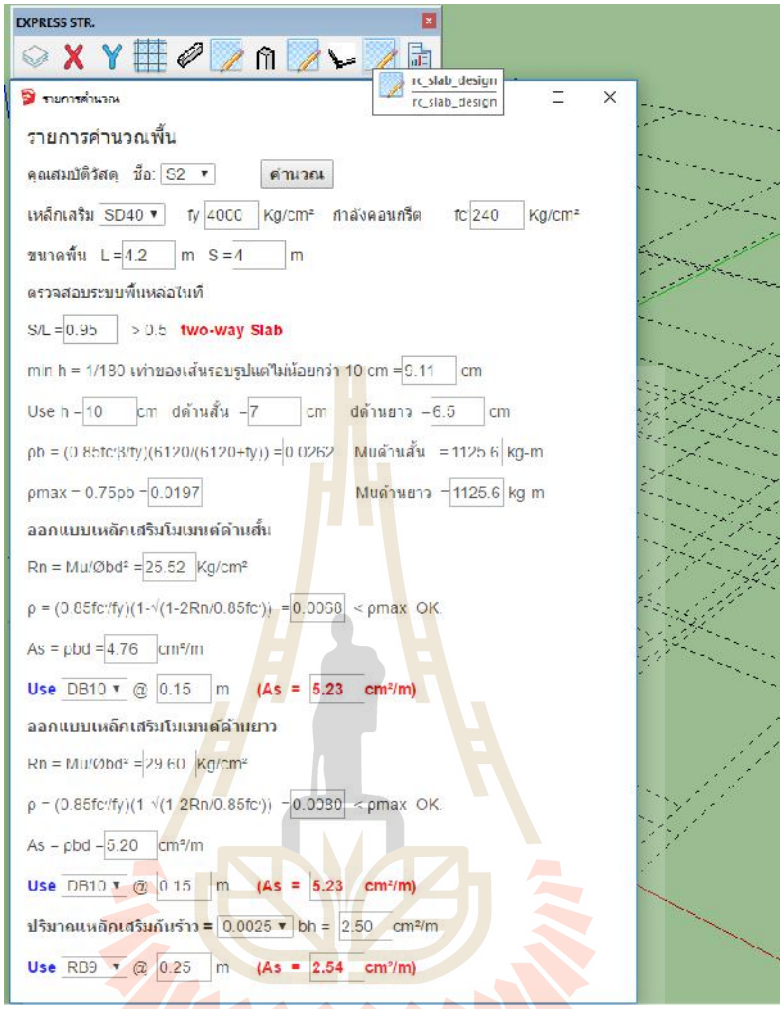
รูปที่ 4.21 แสดงผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก S1

เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้น S1 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง SAFE2016 พบว่ามีผลดังนี้

พื้น	**One way Slab**	**เหล็กเสริมโมเมนต์ลบและบวก**		**เหล็กเสริมกันร้าว**	
	S1 หนา 10 ซม.				
	ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure	3.74,6.36	cm^2/m	2.54	cm^2/m
	ปริมาณเหล็กเสริมจาก SAFE2016	2.62,3.72	cm^2/m	2.54	cm^2/m

OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

ออกแบบพื้น S2



รูปที่ 4.22 แสดงผลการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก S2

เมื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้น S2 จากExtensionที่เขียนขึ้นและโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง SAFE2016 พบว่ามีผลดังนี้

พื้น Two way Slab **เหล็กเสริมโมเมนต์ด้านสั้นและด้านยาว**

S2 หนา 10 ซม.

ปริมาณเหล็กเสริมจาก Express Structure 5.23,5.23 cm^2/m

ปริมาณเหล็กเสริมจาก SAFE2016 5.55,5.55 cm^2/m

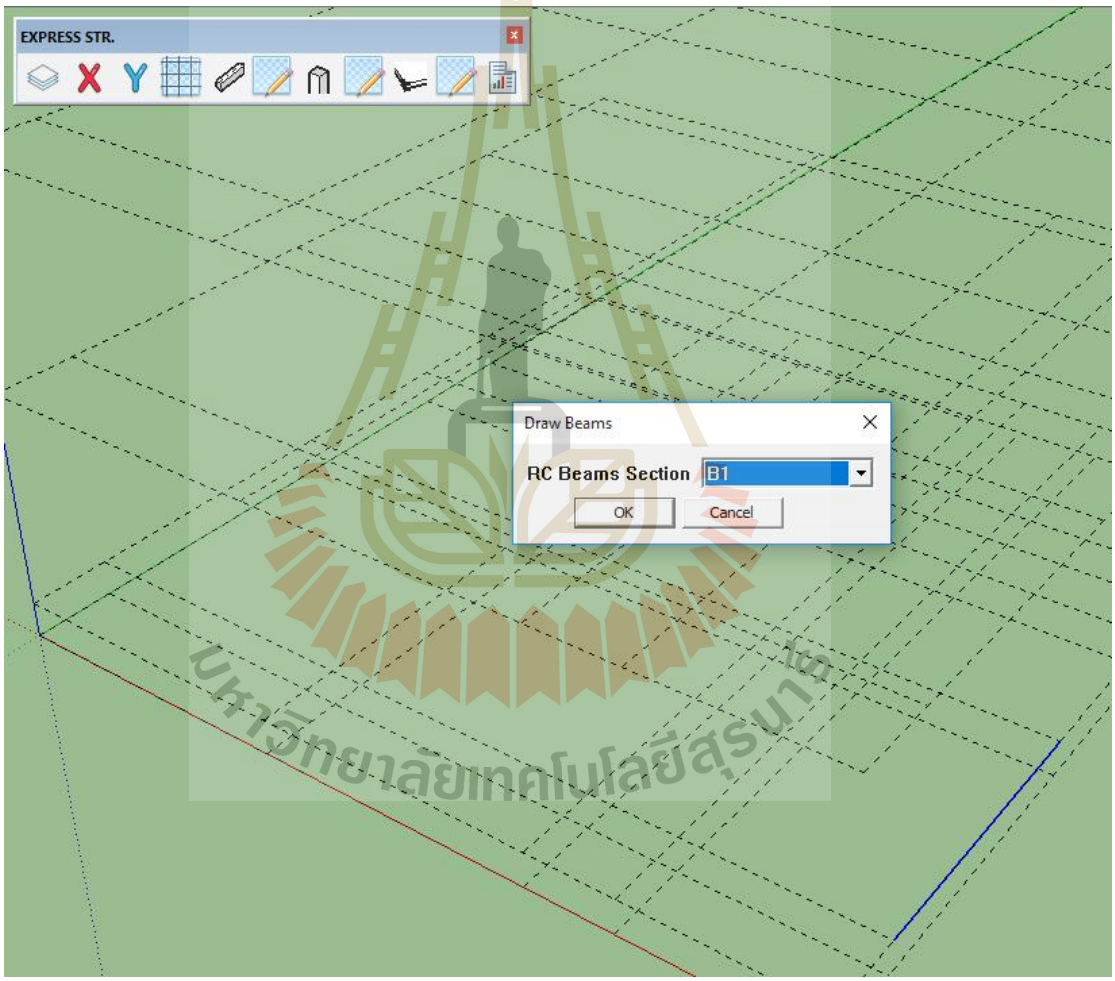
OK. Express Structureสามารถออกแบบได้ปลอดภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

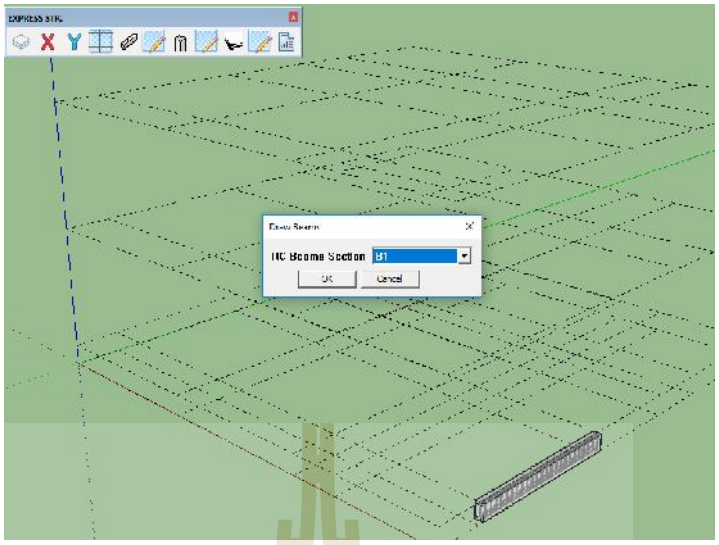
จากนั้นเมื่อเสร็จกระบวนการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้นของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบ Extension ในส่วนของคำสั่งกระบวนการต่อไปคือ กระบวนการขึ้นรูปสามมิติพร้อมรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้น

เริ่มกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพร้อมรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้นดังภาพแสดงผลต่อไปนี้

ขึ้นรูปสามมิติคาน B1

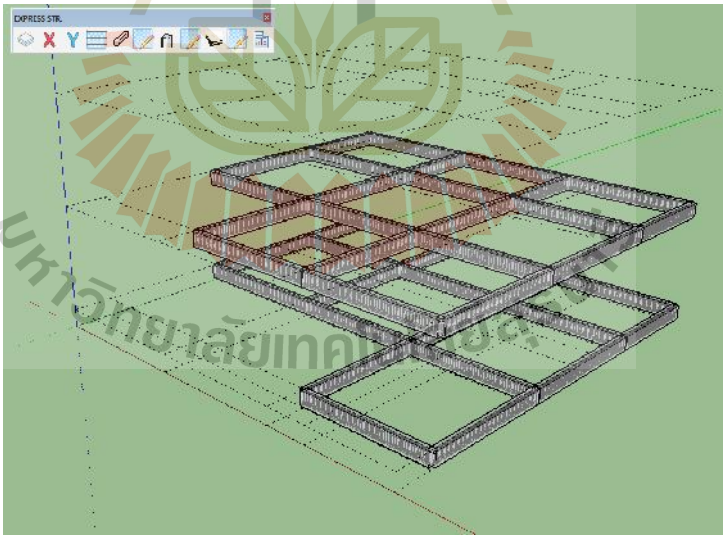


รูปที่ 4.23 แสดงกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย



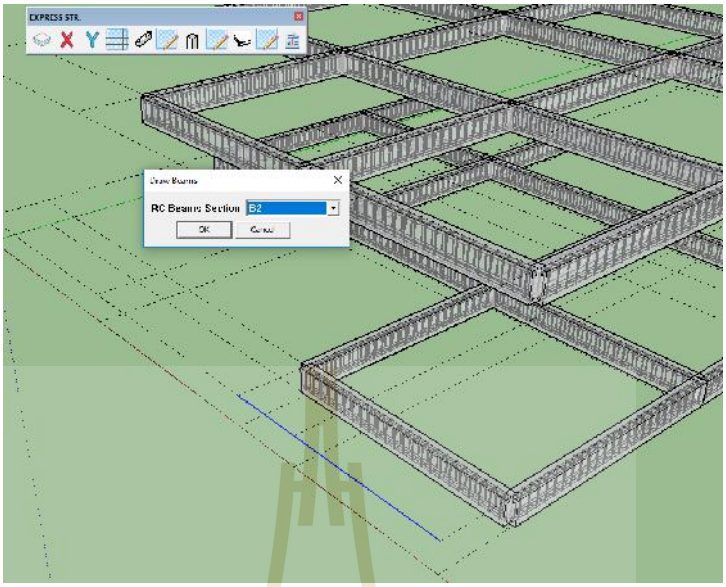
รูปที่ 4.24 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1

โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Beams และเลือกRC Beams Section เป็น B1 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น

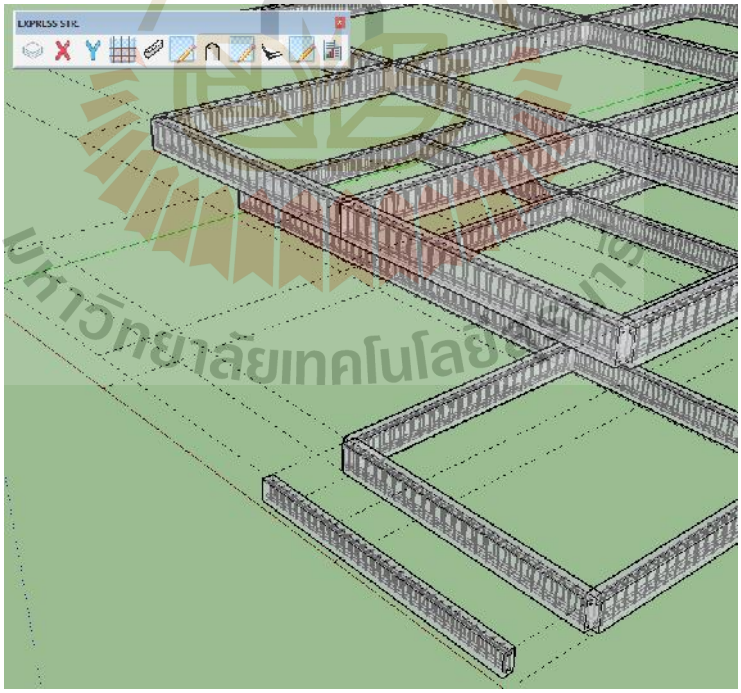


รูปที่ 4.25 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

ขึ้นรูปสามมิติคาน B2

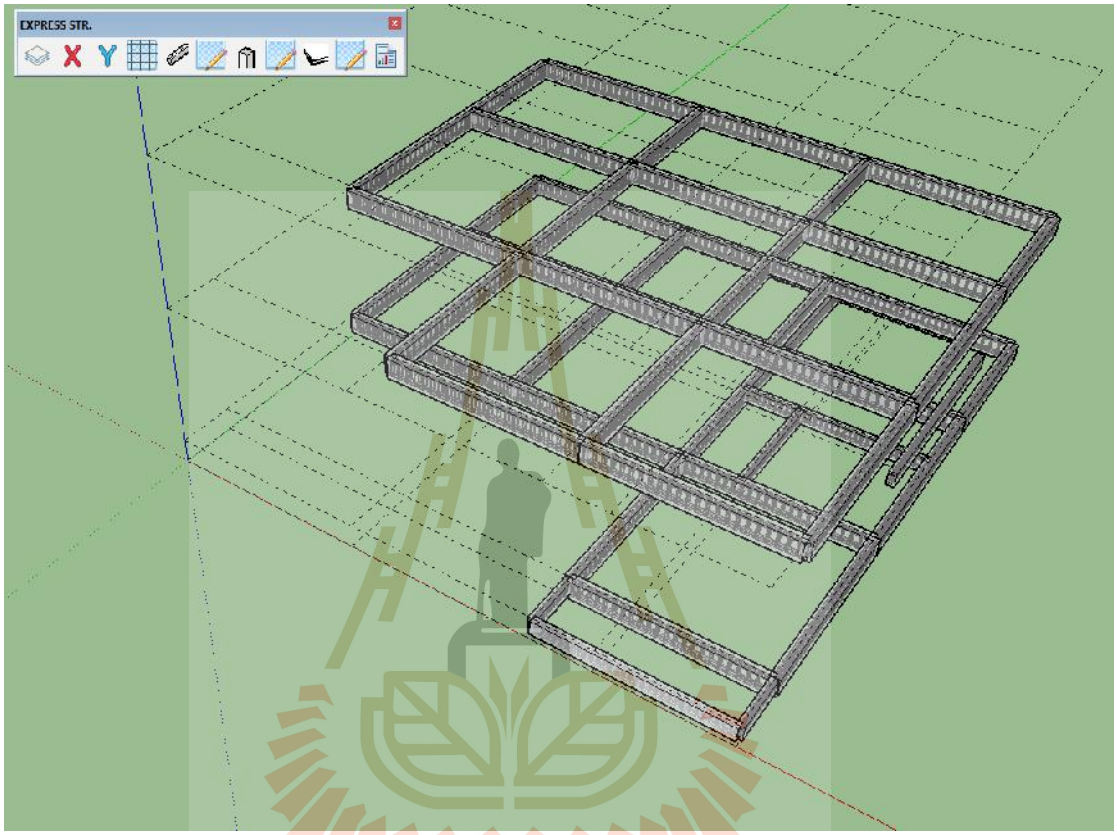


รูปที่ 4.26 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย



รูปที่ 4.27 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2

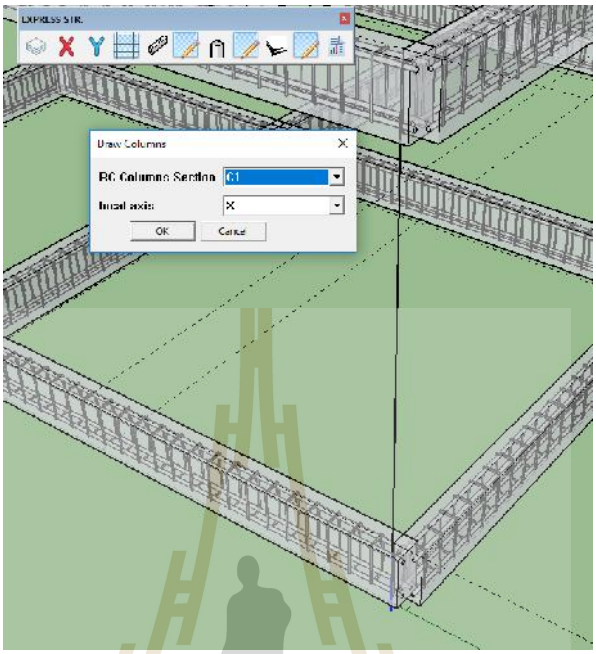
โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Beams และเลือกRC Beams Section เป็น B2 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น



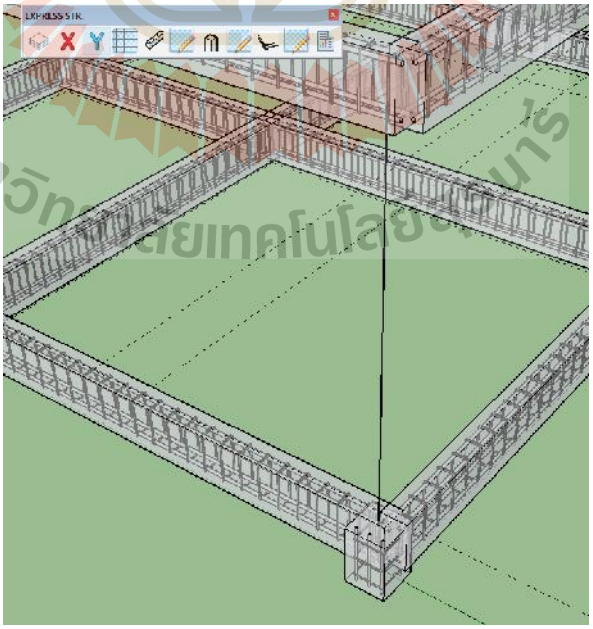
รูปที่ 4.28 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติคาน B2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1

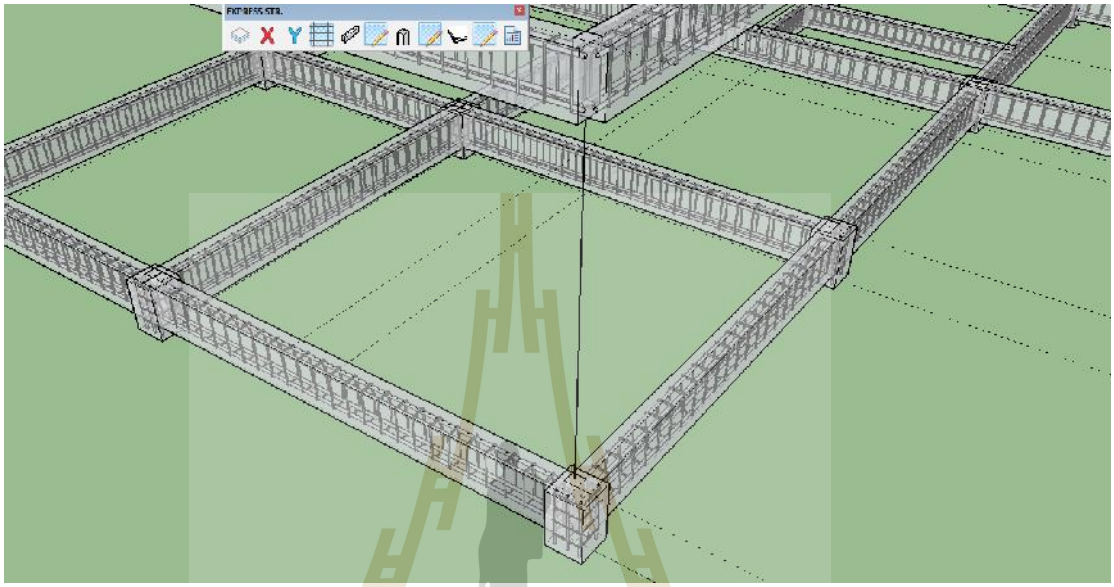


รูปที่ 4.29 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย



รูปที่ 4.30 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1

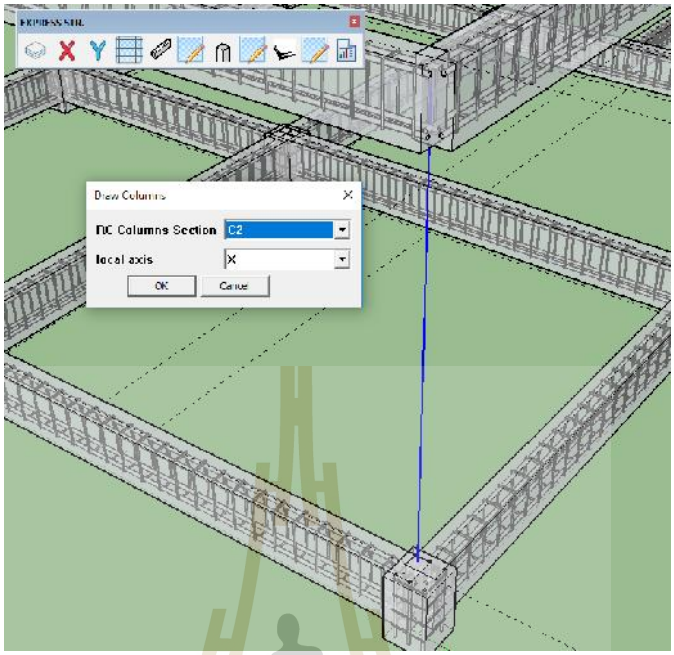
โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Columns และเลือกRC Columns Section เป็น C1 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น



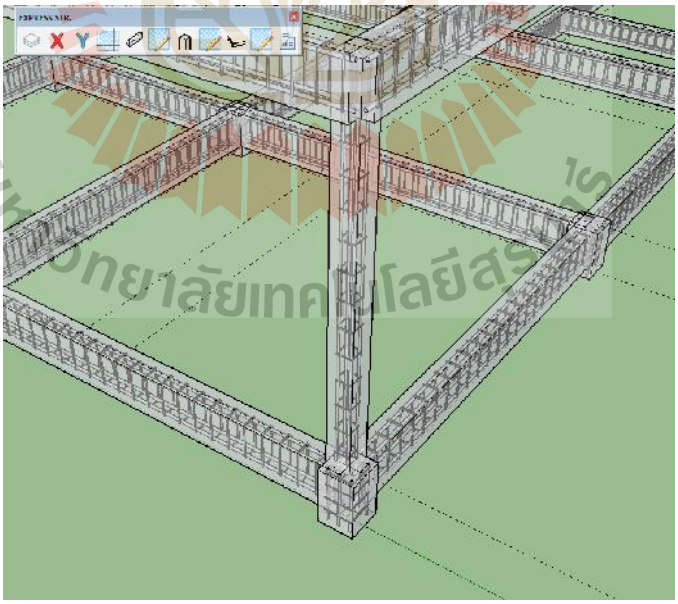
รูปที่ 4.31 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสาตอม่อ C1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขึ้นรูปสามมิติเสา C2

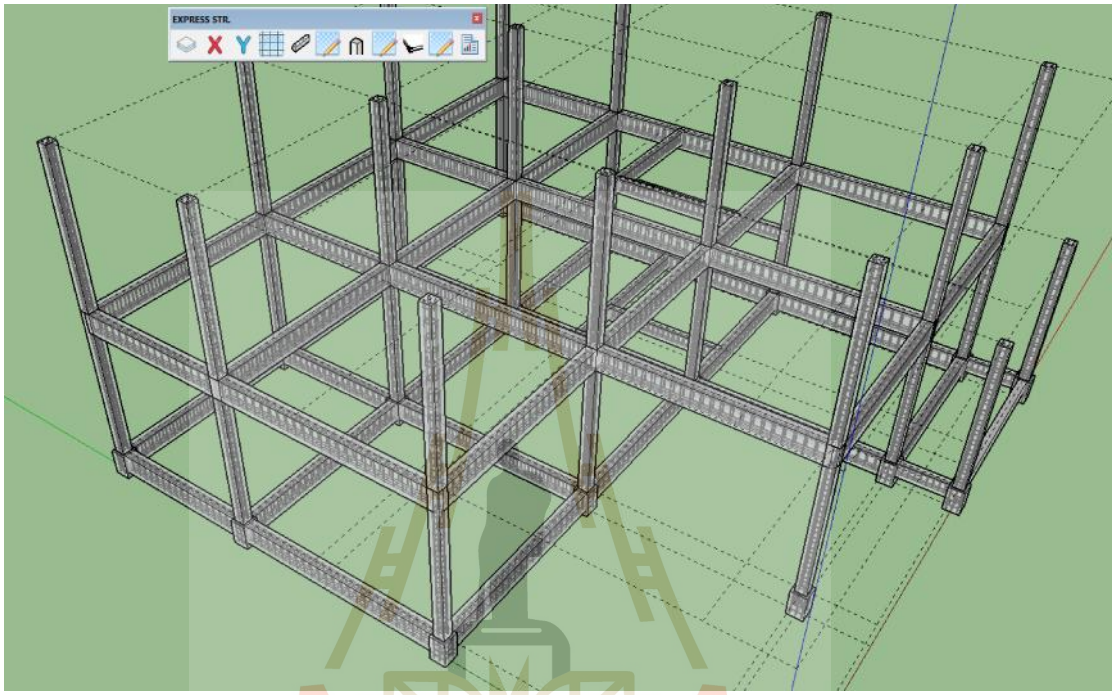


รูปที่ 4.32 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย



รูปที่ 4.33 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2

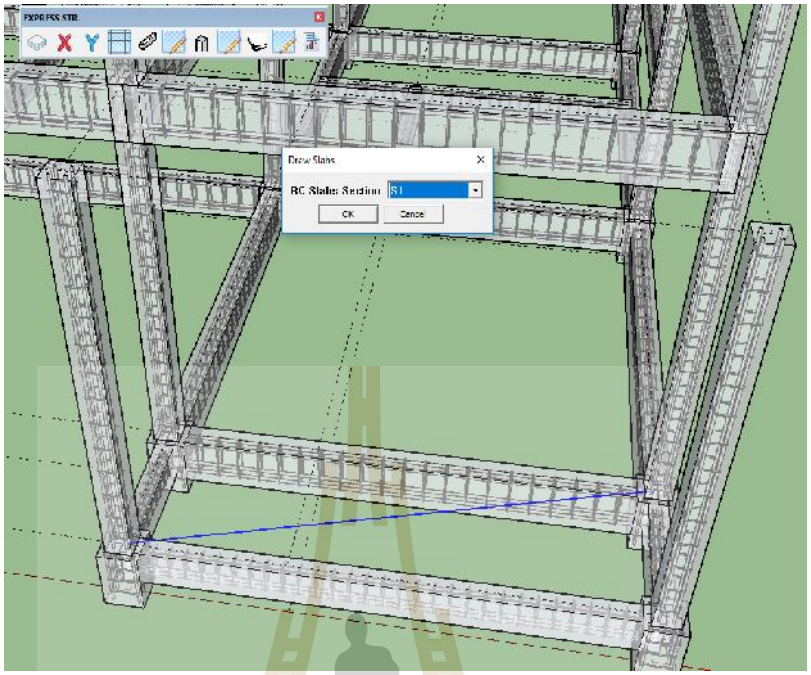
โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Columns และเลือกRC Columns Section เป็น C2 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น



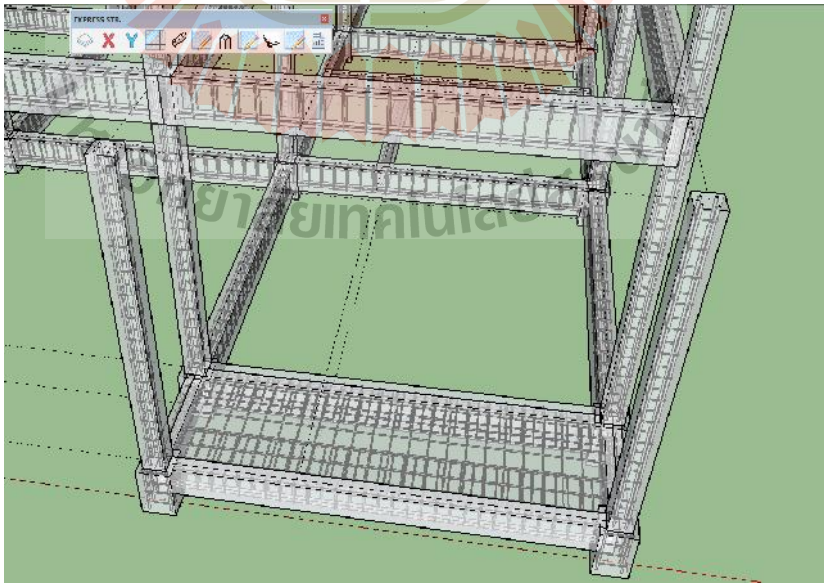
รูปที่ 4.34 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติเสา C2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขึ้นรูปสามมิติพื้น S1

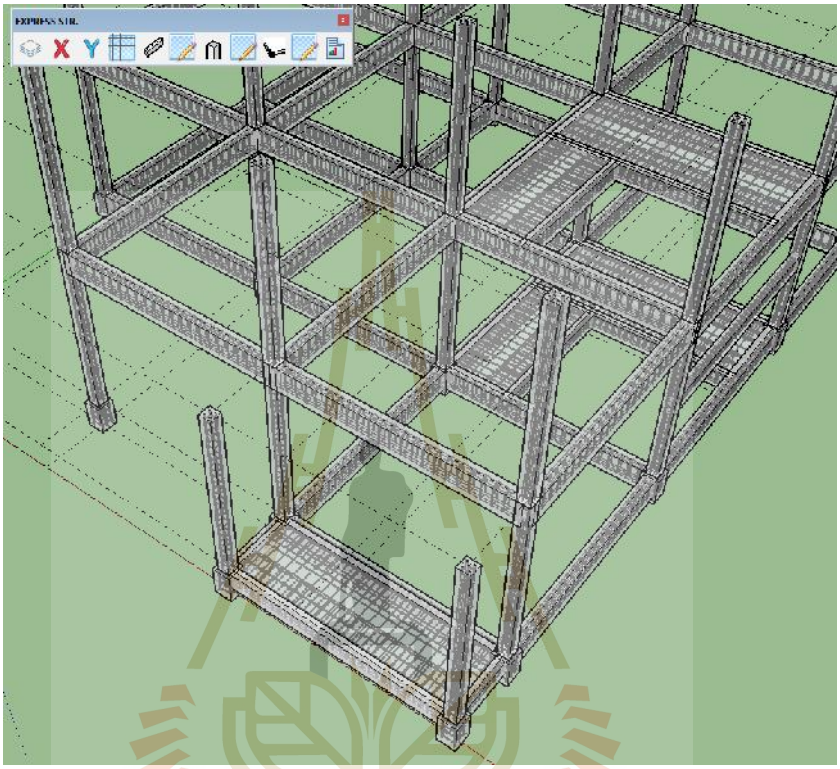


รูปที่ 4.35 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวทแยงมุมที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเพื่อคำนวณหาด้านสั้นด้านยาว



รูปที่ 4.36 แสดงกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1

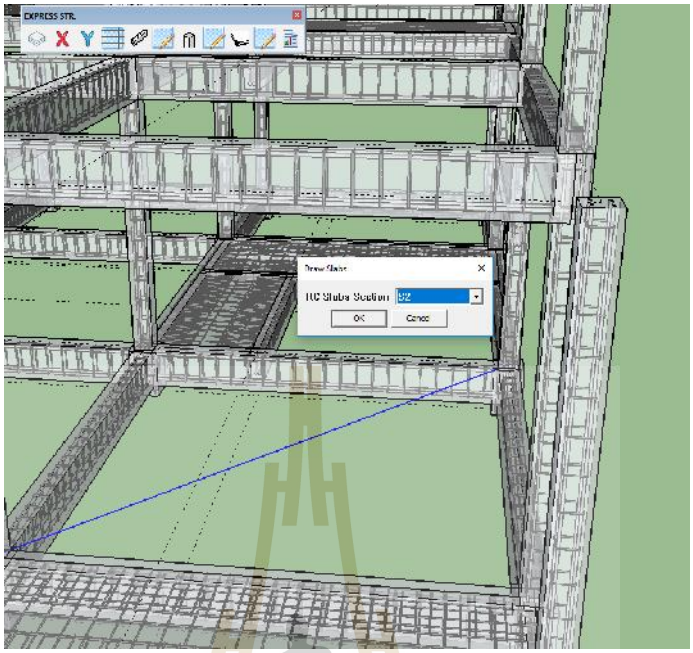
โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Slabs และเลือกRC Slabs Section เป็น S1 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น



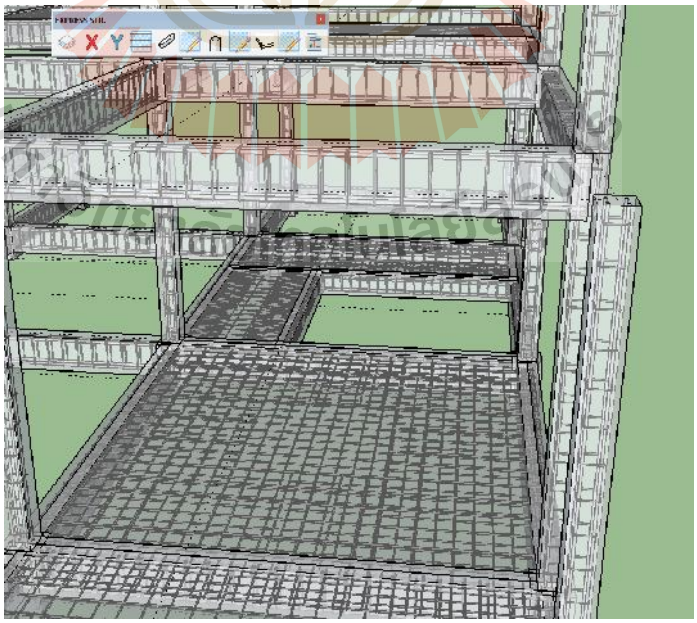
รูปที่ 4.37 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S1 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขึ้นรูปสามมิติพื้น S2

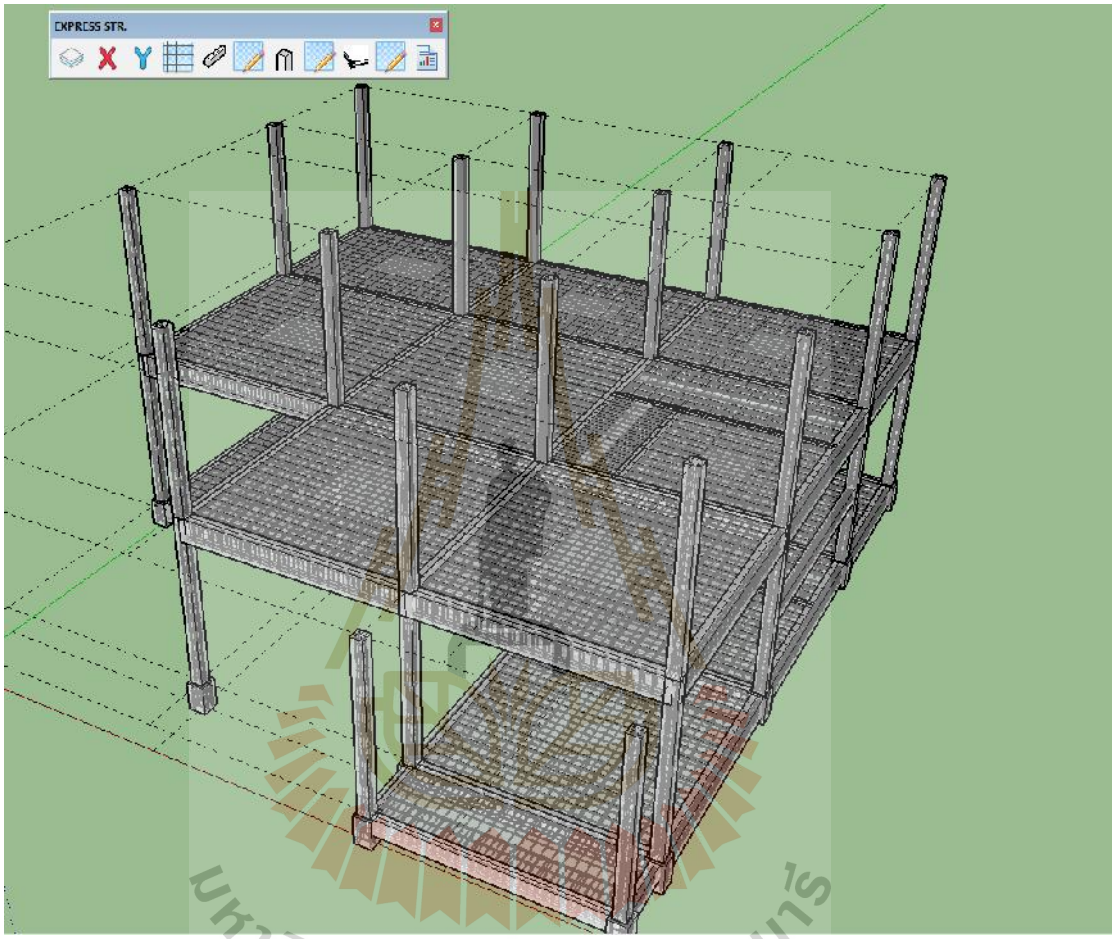


รูปที่ 4.38 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2 โดยจะต้องวาดเส้นตรงในแนวทแยงมุมที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อเป็นพิกัดในการอ้างอิงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเพื่อคำนวณหาด้านสั้นด้านยาว



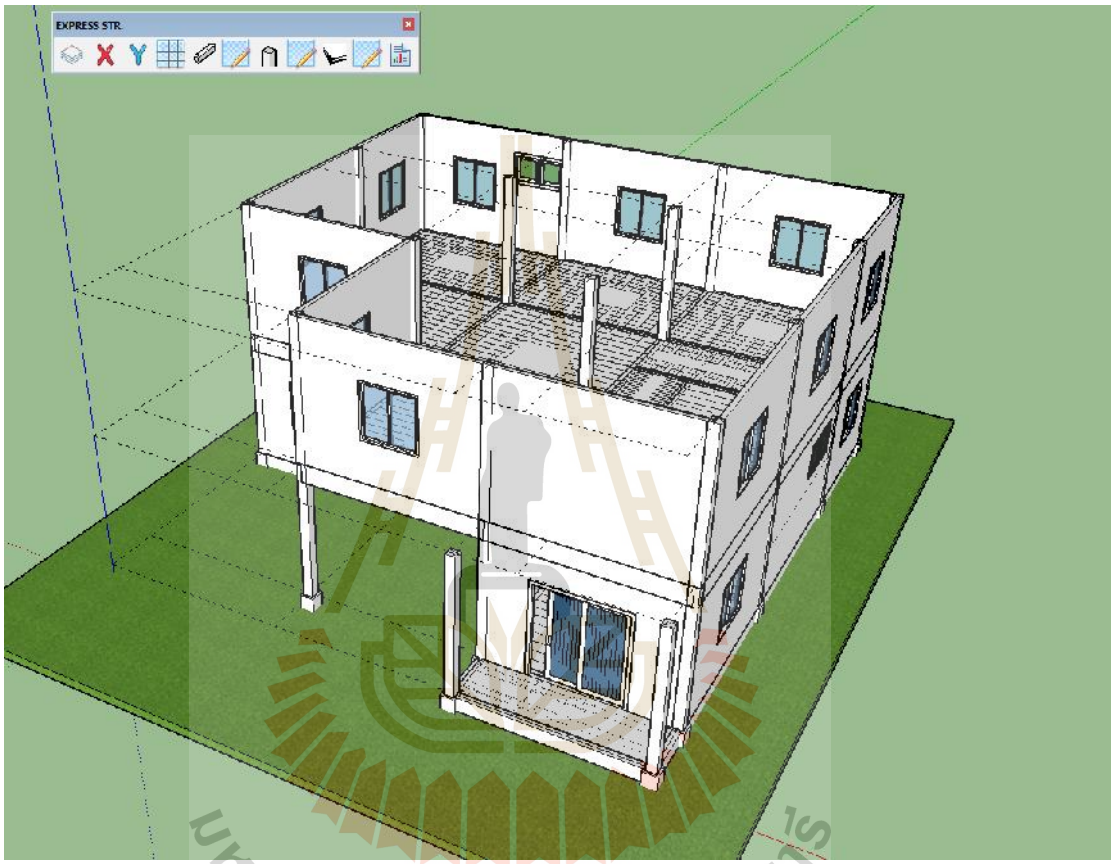
รูปที่ 4.39 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2

โดยเมื่อทำการเลือกเส้นเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง Draw Slabs และเลือกRC Slabs Section เป็น S2 โปรแกรมจะทำตามขึ้นรูปตามแนวเส้นที่ต้องการและรายละเอียดเหล็กเสริมจะเป็นไปตามที่ออกแบบเอาไว้ข้างต้น

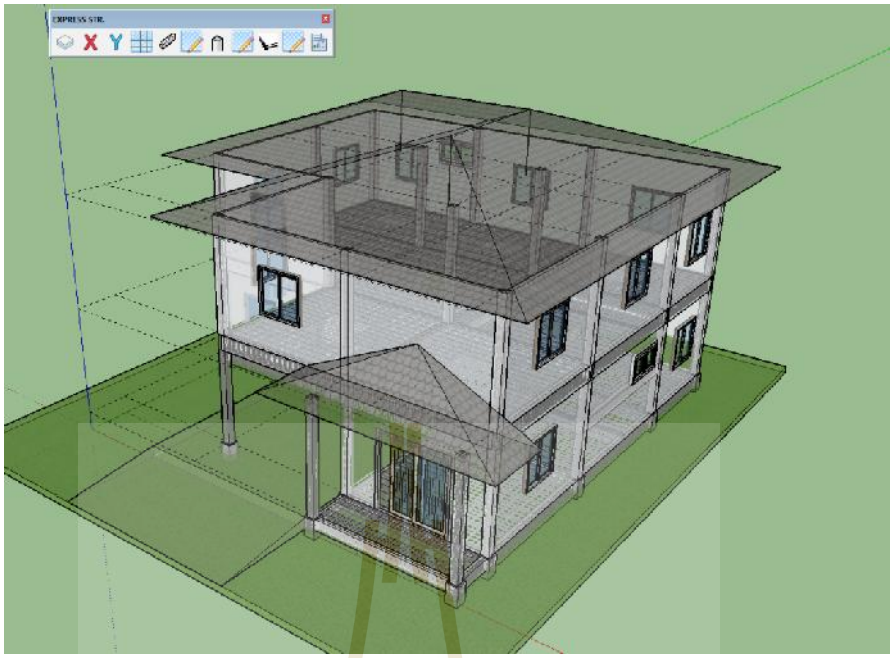


รูปที่ 4.40 แสดงผลกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพื้น S2 ทั้งหมดของโครงสร้างองค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว

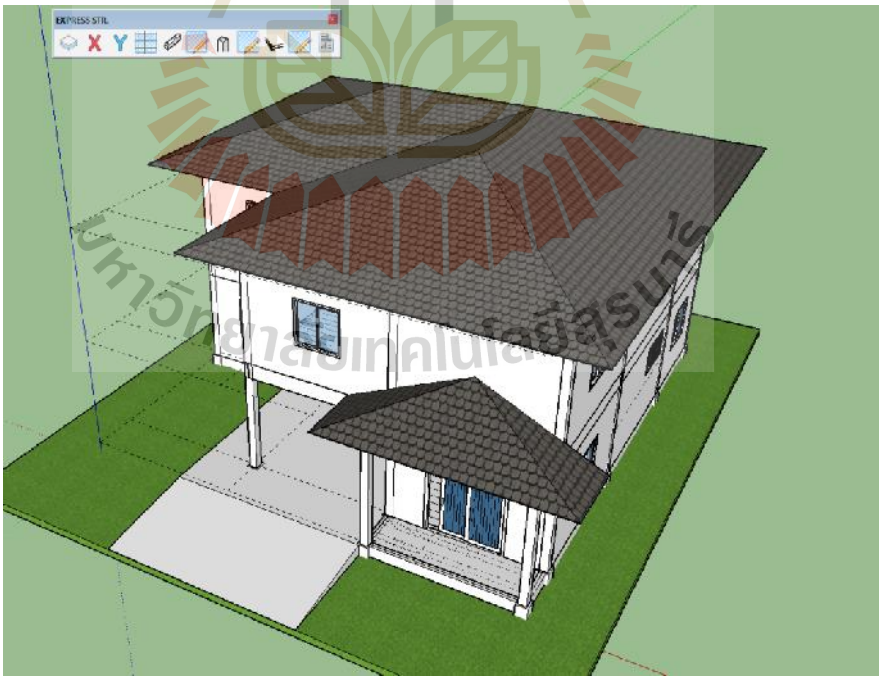
เมื่อกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพร้อมรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสาและพื้น องค์อาคารที่พักอาศัยเรียบร้อยแล้ว ก็จะเห็นได้ว่าตัวโปรแกรมExtensionมีส่วนช่วยให้กระบวนการทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้นพร้อมทั้งมีรายละเอียดเหล็กเสริมครบถ้วนเพื่อให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์เราจึงต้องทำการเขียนรายละเอียดเพิ่มเติมดังภาพที่แสดงต่อไปนี้



รูปที่ 4.41 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดย เขียนพื้นที่บริเวณรอบบ้านและผนัง ประตู หน้าต่าง

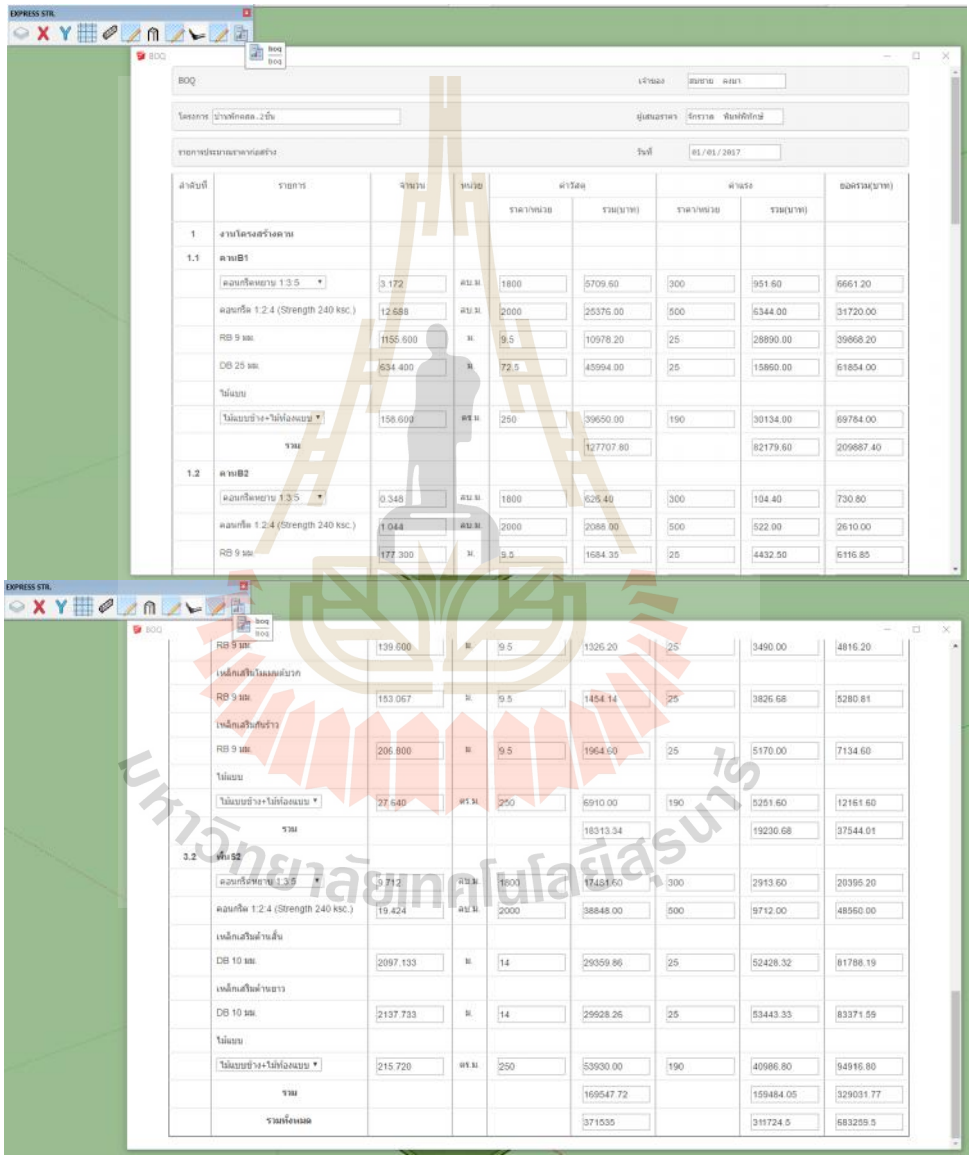


รูปที่ 4.42 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น แบบX-Ray เพื่อแสดงเหล็กเสริมคอนกรีต ที่เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

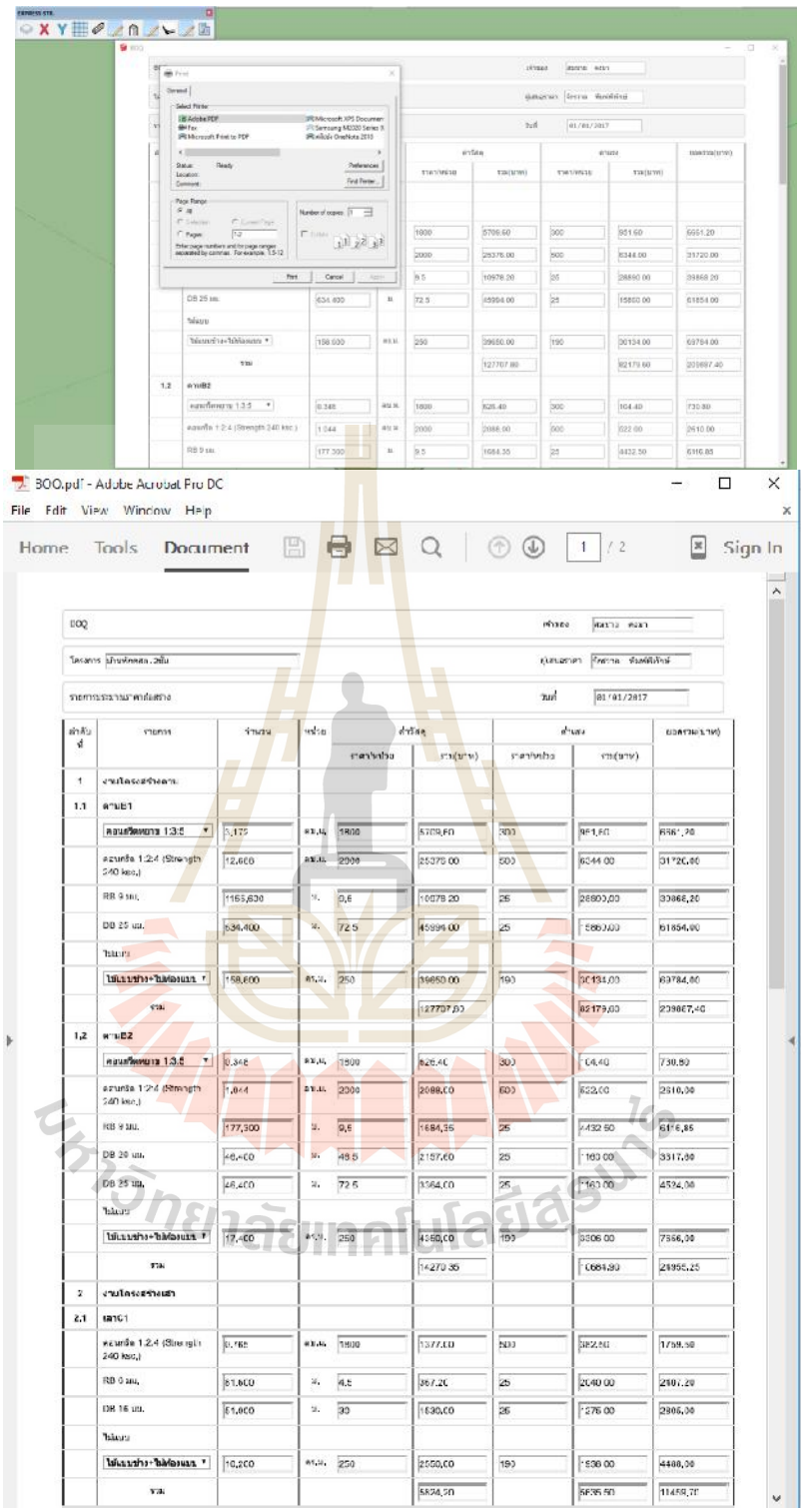


รูปที่ 4.43 แสดงผลการเขียนแบบสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

เมื่อกระบวนการขึ้นรูปสามมิติพร้อมรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คาน เสา พื้น และรายละเอียดของแบบสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นครบถ้วนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้เลือกคำสั่ง BOQ เพื่อแสดงรายการประมาณราคาก่อสร้างงานโครงสร้างทั้งหมดที่เราใช้ Extension ตัวนี้ในการออกแบบขึ้นรูปโปรแกรมจะทำการไปอ่านค่าโมเดลสามมิติทั้งหมดที่ถูกสร้างโดย Express Structure และแสดงรายการออกมาได้ถูกต้องแม่นยำดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 4.44 แสดงผลรายการปริมาณวัสดุและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากโมเดลสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์



รูปที่ 4.45 แสดงผลรายการปริมาณวัสดุและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากโมเดลสามมิติของอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่เสร็จเรียบร้อยโดยสามารถ Print เป็นไฟล์ PDF ได้

ผลการวิเคราะห์

จากการศึกษาการทดสอบพบว่าโปรแกรมSketch upสามารถรับส่งค่าข้อมูลกับผู้ใช้ด้วยการแสดงผลDisplay ผ่าน Ruby Script API ได้ 2 ลักษณะ คือ UI และ Web Dialog

- UI สามารถสร้างอินเทอร์เฟซสำหรับรับ-ส่ง หรือแสดงข้อมูลแบบเบื้องต้นในลักษณะของ messagebox, inputbox หรือ dropdownlist
- Web Dialog สามารถสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความสลับซับซ้อนได้เกือบเท่ากับ หน้าWeb Page ทั่วไป เนื่องจาก Web Dialog มีพื้นฐานการทำงานอยู่ภายใต้โครงสร้างภาษาHTML

การสร้างอินเทอร์เฟซ (Interface) ของโปรแกรมเสริมเพื่อแสดงข้อมูลหรือให้ผู้ใช้งานป้อนค่าตัวแปร หากใช้เฉพาะ UI อย่างเดียวจะทำให้ไม่สามารถสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความซับซ้อนได้ เนื่องจาก UI สามารถสร้างอินเทอร์เฟซได้เพียง Message box, Input box หรือ Dropdown list ดังนั้นเมื่อต้องการสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความสลับซับซ้อน เพื่อแสดงรายละเอียดหรือสื่อสารกับผู้ใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น การใช้รูปภาพบนอินเทอร์เฟซจำเป็นจะต้องใช้งาน WebDialog และจำเป็นจะต้องศึกษาเรียนรู้พื้นฐานภาษา HTML เพิ่มเติม เพื่อสร้าง Web Page เพื่อนามาใช้ในการสร้างอินเทอร์เฟซผ่าน WebDialog ซึ่ง Windows โดยส่วนใหญ่ของโปรแกรมSketchUp ยกตัวอย่างเช่น Component Options, Component Attribute หรือแม้แต่ Help Tools ก็มีการใช้ Web Page เข้ามาช่วยในการแสดงข้อมูลที่ซับซ้อน

เมื่อเรามีการรับส่งค่าข้อมูลกับผู้ใช้งานExtensionเพื่อนำเข้าเก็บข้อมูลเพื่อมาแสดงผลการคำนวณออกแบบ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปในรูปของตัวแปรเพื่อทำตามสร้างแบบโมเดลสามมิติ เสา คาน พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กตามที่ผู้ใช้ต้องการจากนั้นเมื่อผู้ใช้ทำการเรียกใช้คำสั่งBOQให้นำเข้าข้อมูลเพื่อถอดปริมาณวัสดุพบว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำตามแบบจำลองสามมิติยิ่งแบบจำลองมีความละเอียดในเนื้องานมากยิ่งทำให้ปริมาณวัสดุมีความละเอียดแม่นยำตามแบบโมเดลสามมิติด้วยเช่นกัน

บทที่ 5
บทสรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาผลการศึกษาการประยุกต์โปรแกรมSketch upร่วมกับRuby Script, HTMLและ Java Script เพื่อช่วยในการสร้างโมเดลสามมิติที่จัดการข้อมูลสารสนเทศอาคารในส่วนของการออกแบบ สร้างแบบสามมิติและถอดปริมาณวัสดุโดยการทำงานร่วมกันของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมเสริมหรือExtensionที่มีชื่อว่าExpress Structure จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ผลคือสามารถพัฒนาโปรแกรมอย่างSketch up ที่เป็นที่นิยมในการใช้งานสร้างแบบสามมิติได้รวดเร็วยิ่งขึ้นโดยงานวิจัยนี้ได้เขียนExtensionบนโปรแกรม SketchUp ที่มีชื่อว่า Express Structure ซึ่งเป็นมีเครื่องมือในการสร้างโมเดลสามมิติโดยกระบวณการทำงานเริ่มจากเครื่องมือในการช่วยสร้างเส้นกริดเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการขึ้นรูป มีคำสั่งที่ช่วยให้สามารถคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กคาน เสาและพื้นซึ่งการออกแบบจะประกอบด้วย

1. คานสามารถออกแบบได้ทั้งSingle RCและDouble RC ซึ่งผลที่ได้คือ ออกแบบได้ปลอดภัยถูกต้องแม่นยำ

2. เสาสามารถออกแบบได้โดยคิดจากน้ำหนักบรรทุกในแนวแกน ซึ่งผลที่ได้คือ ออกแบบได้ปลอดภัยถูกต้องแม่นยำ

3. พื้นสามารถออกแบบได้ทั้ง One way Slabs และ Two way Slabs ซึ่งผลที่ได้คือ ออกแบบได้ปลอดภัยถูกต้องแม่นยำ

อีกทั้งยังส่งค่าเหล็กเสริมที่ทำการออกแบบแล้วไปสร้างแบบสามมิติที่มีรายละเอียดเหล็กเสริมครบถ้วนตามที่ออกแบบ เมื่อทำการสร้างแบบสามมิติแล้วก็สามารถทำงานร่วมกับคำสั่งพื้นฐานในการสร้างแบบสามมิติในส่วนของงานระบบและงานสถาปัตยกรรมโดยไม่มีผลกระทบต่อเส้นกริดโมเดลโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและปริมาณวัสดุแต่อย่างใด โดยเมื่อทำการสร้างแบบสามมิติเสร็จสมบูรณ์เป็นที่เรียบร้อยExtension (“Express Structure”)ที่เขียนขึ้นก็จะทำการประมวลผลอ่านค่าที่ได้จากโมเดลที่แบบเขียนใช้คำสั่งของExtension(“Express Structure”)ที่เราทำ

ขึ้นไปแสดงยังหน้าต่างคำสั่งBOQค่าที่มาแสดงผลปริมาณวัสดุในส่วนของโครงสร้างคาน เสาและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กได้ถูกต้องแม่นยำและนำไปใช้งานจริงได้

ทั้งนี้Extensionจากงานวิจัยครั้งนี้มีส่วนช่วยในการทำแบบให้ละเอียดขึ้นและลดขั้นตอนทำงานพร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้นและแก้ไขความผิดพลาดต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นจากมนุษย์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการวิจัยนี้พบว่าการประยุกต์ใช้และพัฒนาโปรแกรมSketch up ภายใต้แนวคิด BIM สามารถนำได้พัฒนาต่อยอดในการสร้างโมเดลสามมิติได้หลายส่วนตามหลักการและแนวคิดของระบบBIMแต่ในส่วนงานวิศวกรโยธาในทางงานโครงสร้างยังมีแนวทางการพัฒนาได้หลายประการ เช่น พัฒนาExtensionให้สามารถออกแบบ เขียนแบบและถอดปริมาณวัสดุโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กขั้นสูง,โครงสร้างเหล็กโครงสร้างเหล็กขั้นสูง,งานโครงสร้างสำเร็จรูป Precast ร่วมไปถึงการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อลดความผิดพลาดความคลาดเคลื่อนจากมนุษย์ ทั้งนี้ยังสามารถบูรณาการวิธีการออกแบบ สร้างแบบให้สามารถนำข้อมูลจากกระบวนการดังกล่าวไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานภายใต้ระบบBIMในส่วนอื่นตามหลักการและแนวคิด เช่น หลักการบริหารจัดการก่อสร้างอาคาร การตรวจสอบระบบงานโครงสร้างเพื่อสะดวกในการต่อเติมซ่อมแซม เป็นต้น ดังนั้นเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างให้สามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ผู้ที่สนใจในงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาต่อมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมหลักๆที่ควรศึกษา คือ

1.ศึกษาหลักการของ UI (user interface) ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้มากขึ้นในการ Call Back เรียกแสดงผลแบบ Real time

2.ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-oriented programming, OOP) คือหนึ่งในรูปแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความสำคัญกับวัตถุ

3.ศึกษาหลักการ โครงสร้างของ API โปรแกรม SketchUp ให้มากขึ้น

4.ศึกษาหลักการของ Observable & Observer ในการรับส่งชุดข้อมูล

5.ศึกษาหลักการของ Class เพื่อให้โครงสร้างของ object โดย class เป็นตัวกำหนดว่า Object นั้นจะมี data หรือคุณลักษณะต่างๆ และมี method อะไรบ้าง เปรียบเสมือนพิมพ์เขียว (template)

ถ้ามีการศึกษาและเข้าใจหลักการต่างๆนี้มากขึ้นจะทำให้Extensionที่เขียนขึ้นตอบโจทย์ผู้ใช้และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและส่งผลให้มีส่วนช่วยพัฒนาภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างได้

รายการอ้างอิง

สมลักษณ์ บุญณรงค์ (2555). การใช้ Trimble Sketchup Pro 8ช่วยออกแบบงานสถาปัตยกรรม จัดพิมพ์โดยภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

มงคล จิรวัชรเดช (2557). REINFORCED CONCRETE DESIGN :Strength Design Method พิมพ์ครั้งที่1 Frist edition ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จิรวัชรเดช สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ยุทธนา เกาะกิ่ง (2555). การวางแผนและจัดการต้นทุนงานก่อสร้างด้วยโปรแกรม Microsoft project 2010 พิมพ์ครั้งที่1 กรกฎาคม 2555 โดยภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2558). การศึกษาการใช้ “Ruby Script” ในการสร้างรายละเอียดเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 1, No. 2, July–December 2015

ธารา จำเนียรดำรงการ (2555). การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV).

HyunWoo Lee, Hyuntak Oh, Youngchul Kim, Kunhee Choi, Quantitative analysis of warnings in building information modeling (BIM), Automation in Construction.51 (2015) 23–31.

Shih-HsuWang, Wei-Chih Wang, Kun-ChiWang, Shih-Yu Shih, Applying building information modeling to support fire safety management, Automation in Construction 59 (2015) 158–167.

Yong-Cheol Lee, Charles M. Eastman, Wawan Solihin, Richard See, Modularized rule-based validation of a BIM model pertaining to model views, Automation in Construction 63 (2016) 1–11.

Changhai Peng, Calculation of a building's life cycle carbon emissions based on Ecotect and building information modeling, Journal of Cleaner Production 112 (2016) 453-465.

Saeed Rokooei, Building Information Modeling in Project Management: Necessities,Challenges and Outcomes, Procedia - Social and Behavioral Sciences 210 (2015) 87 – 95.

Abdulkadir Ganah, Godfaurd A. John, Integrating Building Information Modeling and Health and Safety for Onsite Construction, Safety and Health at Work 6 (2015) 39-45.

The Association of Siamese Architects under Royal , Thailand BIM Guideline. Bangkok: Plus Press, 2015 (in Thai).

Eastman, C. M. (1975). "The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design." Journal of the American Institute of Architects, March: 46–50.C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, BIMHandbook: a Guide to Building Information Modeling for

Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Second

Ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2011.

Nawari O. Nawari,Michael Kuenstle(2014) Building Information Modeling Framework for Structural Design . CRC PressTaylor & Francis Group6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300Boca Raton, FL 33487-2742

Matthew Scarpino (2010) Automatic SketchUp Creating 3-D Models in Ruby Copyright © 2010, Eclipse Engineering LLC. All rights reserved.

Jim Leggitt,Thom Thom,Hussain Fadlallah, Klara Theresya,Jeferson Olortegui Lopez (March 2012) Sketchup- ur-Space march2012. www.sketchup-ur-space.com

www.tutorialspoint.com. (2015) Ruby programming language tutorialspoint simplyeasylearning @ Copyright 2015 by Tutorials Point (I) Pvt. Ltd.

Ruby.[Online].http://www.rubylang.org/en/about/

Ruby.[Online].http://www.rubylang.org/en/documentation/ quickstart/

Ruby.[Online].http://en.wikipedia.org/wiki/Ruby

Sketch Up.[Online].http://ruby.sketchup.com/

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในระหว่างการศึกษา

จักรวาล พิมพ์พิทักษ์ และมงคล จิรวัชรเดช (2560). **การพัฒนาโปรแกรมสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติ.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22 วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2560 จ.นครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22
วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2560 จ.นครราชสีมา

The 22nd National Convention on Civil Engineering
July 18-20, 2017, Nakhon Ratchasima, THAILAND

การพัฒนาโปรแกรมสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติ

DEVELOPMENT OF BUILDING INFORMATION MODELING PROGRAM FOR 3D REINFORCED CONCRETE STRUCTURE.

จักรวาล พิมพ์พิทักษ์[1] และมงคล จิรวัชรเดช[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา
[1]*Corresponding author; E-mail address: jakkawanpimpitak@gmail.com
[2]*Co-author; E-mail address: mongkol_1001@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการสร้างโมเดลสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) โปรแกรมถูกพัฒนาเป็นส่วนขยายทำงานในโปรแกรมสร้างโมเดลสามมิติ SketchUp โดยใช้ชุดคำสั่งภาษา Ruby โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมีความสามารถในการออกแบบ, สร้างโมเดลสามมิติ และคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กอันได้แก่ พื้น, คาน และ เสา

คำสำคัญ: โมเดลสารสนเทศอาคาร, โปรแกรม Sketch up , ภาษา Ruby Script, อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

Abstract

This paper presents the development of a program to create a building information model. The program is developed as an extension in a 3D modeling SketchUp program by using a script command in Ruby language. The developed program capabilities are design, 3D modeling and material quantities take-off of the reinforced concrete members such as slab, beam and column.

Keywords: building information model, SketchUp, Ruby Script, reinforced concrete members

1. บทนำ

เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างสูญเสียรายได้จากความด้อยประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรและความฟุ่มเฟือยโดยไม่จำเป็น ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology) เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ทั้งในแง่เทคโนโลยี ขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้างและกระบวนการทางธุรกิจและระบบ Building Information Modeling (BIM)แนวโน้มการใช้งานกันในต่างประเทศมีมากขึ้นและแพร่หลายไปทั่วโลก BIM สามารถประยุกต์ใช้ได้ตลอดกระบวนการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนวางแผน ออกแบบ ก่อสร้าง การบริหารอาคาร จนถึงขั้นตอนการปรับปรุง ซ่อมแซมอาคารทำให้เกิดการสื่อสาร ความร่วมมือกันของหลายฝ่ายในกระบวนการก่อสร้าง

Building Information Modeling (BIM) คือการสร้างแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบริหารจัดการสารสนเทศอาคารหรืองานก่อสร้างซึ่งมีจุดประสงค์ช่วยให้มองเห็นภาพ การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม แก้ปัญหาความขัดแย้งความไม่ชัดเจนของแบบ การสร้างฐานข้อมูลและอื่นๆ แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแหล่งความรู้สำหรับการจัดการสารสนเทศตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร (Building Lifecycle)นิยามของ BIM พื้นฐานของการสร้างแบบจำลองคือการร่วมมือกันของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholder) เช่น เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมา ในทุกช่วงเวลาก่อสร้าง เพื่อเพิ่มเติมคัดลอก ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงข้อมูลในกระบวนการก่อสร้างรวมถึงสนับสนุนการใช้งานสารสนเทศของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง" (Smith, 2007)

รูปที่ 1 อธิบายแนวคิดของ BIM

Sketch up เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุสามมิติ การแสดงผลของแบบก่อสร้างสองมิติแบบดั้งเดิมค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบสามมิติมากในเรื่องความครบถ้วนและความสะดวกในการอ่านแบบ โปรแกรม Sketch up สามารถแสดงผลเป็นแบบสามมิติเพื่อทำให้แบบก่อสร้างมีความชัดเจนและเข้าใจแบบได้ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบก่อสร้างที่เป็นรายละเอียดของจุดต่างๆซึ่งมีความเข้าใจได้ยาก ก็จะมีความชัดเจนมากขึ้นประกอบกับการพัฒนาทางโปรแกรมสามมิติคอมพิวเตอร์กราฟิกเริ่มเป็นที่นิยมในการออกแบบงานก่อสร้าง

อาคาร การใช้คอมพิวเตอร์สร้างภาพจำลอง Sketch up เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุสามมิติมีความสามารถการใช้ภาษา "Ruby Script" เพื่อช่วยสร้างแบบจำลองใส่ภาษา "Ruby Script" ในโปรแกรม "Sketch up" ทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนส่วนเสริม Extensionเพิ่มความสามารถในการทำงานของโปรแกรมได้ ซึ่งข้อได้เปรียบของการเขียนสคริปต์ในการสร้างแบบจำลอง สามมิติ และคำสั่งในการควบคุมโปรแกรม "Sketch up" คือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า "Ruby" ซึ่งเป็นภาษาเชิงวัตถุ(Object Oriented Programming)ในลักษณะอินเทอร์พรีเตอร์ ความหมายคือ แปลผลทีละบรรทัด ร่วมกับ "Sketch up API" เพื่อทำการควบคุมโปรแกรม "Sketch up" รหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรม "Sketch up" จะถูกเรียกว่าสคริปต์ รหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโปรแกรมในรูปแบบ Text File หรืออาจเรียกว่า "Ruby Script" เพราะถูกเขียนด้วยพื้นฐานโครงสร้างภาษา Ruby "Sketch up Ruby API" เป็น API (Application Programming Interface) ที่ติดตั้งอยู่ในโปรแกรม "Sketch up" เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือนักพัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนสคริปต์เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรมนอกเหนือไปจากคำสั่งพื้นฐานเพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรม "Sketch up" ควรใช้เครื่องมือหรือซอฟท์แวร์สำหรับช่วยในการเขียนสคริปต์ที่เรียกว่าโปรแกรม Text Editor ที่มีความสามารถในการสนับสนุนการทำงานที่เอื้อต่อการเขียนหรือแก้ไขสคริปต์ซึ่งประกอบด้วยรหัสคำสั่งที่มีความสลับซับซ้อนได้ดีขึ้น

ข้อดีของพัฒนาการทำงานด้วยระบบ BIM ร่วมกับโปรแกรม Sketch upทำให้ขั้นตอนการออกแบบ สามารถควบคุมกระบวนการต่างๆให้มีความสอดคล้องและถูกต้อง โดยการกำหนดข้อมูล องค์อาคาร สามารถตรวจสอบผลกระทบของงาน ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนก่อนไปดำเนินการก่อสร้าง และด้วยคุณสมบัติของการทำงานด้วยระบบ BIM ทำให้ข้อมูลที่ได้ มีความถูกต้อง ครบถ้วนทั้งในเรื่องของการถอดแบบราคาและปริมาณวัสดุสำหรับงานก่อสร้าง และที่สำคัญช่วยลดปัญหาในการแก้ไขแบบ ลดระยะเวลา หรือข้อผิดพลาดต่างๆได้ นอกจากนี้ BIM ยังมีการสร้างความสัมพันธ์ด้านตัวแปรระหว่างแบบจำลองอาคารทำให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดและระยะต่างๆของงานออกแบบได้อย่างรวดเร็ว

เหตุผลในการเลือกใช้ระบบ BIM ร่วมกับโปรแกรม Sketch up ในการศึกษาวิจัยเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการออกแบบ เขียนแบบและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ไปใช้สำหรับการบริหารการก่อสร้างอาคารต่อไป

การพัฒนาการเขียนแบบสามมิติด้วยระบบBIMบนโปรแกรม Sketch upเนื่องจากในปัจจุบันโปรแกรม Sketch upได้มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสะดวกและเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้อย่างอิสระสะดวกต่อการพัฒนาโดยการทำExtensionโดยใช้ภาษา Ruby script ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมและสะดวกที่จะพัฒนา

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและแนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) เป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) พร้อมข้อมูลสารสนเทศ (Information) ในองค์ประกอบของแบบจำลองอาคารนั้นๆ จำลองการก่อสร้างอาคารจริง แนวคิดของ BIM ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charles M.Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปี ค.ศ.1975 ในครั้งนั้นใช้ชื่อว่า "Building Description System" จนเมื่อปี ค.ศ.1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า "Building Information Modeling"ที่นำเสนอโดย Robert Aish ปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้งานออกแบบสถาปัตยกรรมและงานก่อสร้างอาคารมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการผนวกการทำงานออกแบบงานก่อสร้างทั้งวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ทั้ง2มิติและ 3มิติ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.1 ด้านการบริหารการก่อสร้าง

โดยการใส่ข้อมูลด้านเวลา ประกอบเข้าไปกับองค์ประกอบอาคาร เช่น กำหนดวันเริ่มงานและวันแล้วเสร็จของงาน เมื่อประกอบเข้ากับข้อมูลปริมาณวัสดุที่ได้จาก BIM ผู้บริหารงานก่อสร้างและผู้รับเหมาก่อสร้างก็สามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารการก่อสร้างโดยสามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติของอาคารและองค์ประกอบต่างๆของอาคารเสมือนจริงได้อย่างชัดเจน และเป็นไปตามช่วงเวลาของแผนงานเปรียบเทียบกับการก่อสร้างจริง อีกทั้งยังสามารถคำนวณปริมาณวัสดุที่ต้องใช้งานในช่วงเวลานั้นๆได้อีกด้วย

2.2.2 ด้านการประเมินสมรรถนะอาคาร

เนื่องจาก BIM ประกอบไปด้วยข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร จึงสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการจำลองเพื่อประเมินสมรรถนะของอาคารในด้านต่างๆได้ เช่น การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารการประเมินความเป็นอาคารเขียว การประเมินด้านความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว หรือแรงลม ตลอดจนการจำลองพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในสถานการณ์ต่างๆ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคาร เป็นต้น

2.2.3 ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคาร

เมื่อ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงข้อมูลของอาคารได้แทบครบถ้วนก่อนอาคารสร้างเสร็จ ผู้ใช้งานจึงสามารถทดลองบริหารจัดการอาคารโดยไม่ต้องรอให้อาคารสร้างเสร็จ เช่น การจัดการพื้นที่ทำงานของฝ่ายต่างๆ ที่สามารถแสดงขนาดพื้นที่ที่ต้องการจัดสรรให้แต่ละผู้ใช้อาคารได้ทันที สามารถคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานอาคารภายหลังจากอาคารสร้างแล้วเสร็จและใช้งานไปแล้วหลายๆปี สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาอาคารโดยอาศัยข้อมูลที่เพิ่มเติมเข้าไป ทำให้เจ้าของโครงการหรือผู้บริหารอาคาร มองเห็นแนวทางในการดูแลและซ่อมบำรุง ตลอดจนค่าใช้จ่าย สามารถที่จะวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคารได้ล่วงหน้าก่อนที่อาคารจะถูกสร้างแล้วเสร็จระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคาร เป็นต้น

2.2.4 ด้านการกระบวนการในการออกแบบอาคาร

กระบวนการออกแบบด้วยวิธีดั้งเดิม ผู้ออกแบบจะมีการแบ่งงานกันทำในแต่ละส่วนงาน เช่น ส่วนงานผังพื้น งานรูปด้าน งานรูปตัด

และงานแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากข้อมูลและแบบที่ไม่ตรงกัน เนื่องจากการทำงานที่แยกส่วนกัน แต่การทำงานด้วย BIM นั้น คณะทำงานจะทำงานร่วมกันผ่านแบบจำลองที่เป็นข้อมูลกลาง ดังนั้น เมื่อมีการปรับเปลี่ยนแก้ไขส่วนใด ๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแก้ไขตาม ทำให้ลดปัญหาหรือไม่ปัญหาเรื่องการขัดแย้งของข้อมูลและแบบ

2.2.5 ด้านการผลิตชิ้นส่วนองค์ประกอบอาคาร

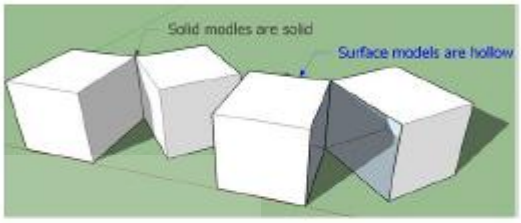
ด้วยความสามารถในการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอาคารเป็น 3 มิติในแบบจำลองของ BIM จึงสามารถส่งออกข้อมูลแบบ 3 มิตินี้ ไปยังระบบอื่น ๆ เช่นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต หรือ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อนำไปผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป หรือส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อสร้างเป็นชิ้นส่วนหรือหุ่นจำลองอาคารต้นแบบ (Prototype) ได้อย่างง่ายดาย โดยมีความถูกต้องแม่นยำตามความต้องการ

2.2 แบบจำลองและแนวคิดการขึ้นรูปสามมิติโดยโปรแกรม"Sketch up"

แบบจำลอง สามมิติของโปรแกรม Sketch up มีแนวคิดในการออกแบบขึ้นรูปโมเดลของโปรแกรมเน้นหนักไปที่ความง่ายในการขึ้นรูปเพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถถ่ายทอดแนวความคิดในการออกแบบให้ออกมาได้อย่าง รวดเร็วที่สุด และมีขั้นตอนน้อยที่สุด ประกอบกับความยืดหยุ่นในการปรับแต่งโดยง่ายในลักษณะของการทำแบบร่างในกระบวนการออกแบบโดยทั่วไป โดยคุณสมบัติเด่นของโปรแกรมคือ ใช้งานง่าย ใช้ทรัพยากรเครื่องคำ กินเนื้อที่เครื่องน้อย ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 2 ตัวอย่างรูปแบบจำลองแบบสามมิติโปรแกรม Sketch up

แนวคิดของการขึ้นรูปโมเดลใน Sketch up จะแตกต่างจากโมเดลในโปรแกรม สามมิติอื่นๆ ซึ่งมีส่วนที่ทำให้โมเดลที่ขึ้นรูปใน Sketch up นั้น มีความง่ายและปรับเปลี่ยนได้ง่าย กล่าวคือลักษณะของโมเดลใน Sketch up จะมีลักษณะแบบวัตถุแบบแผ่นแทนที่จะเป็นลักษณะแบบวัตถุทึบตันซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการแก้ไขได้ง่ายโดยที่ไม่มีการเพิ่มพื้นผิวเพิ่มเติมแต่อย่างใด อาจจะกล่าวได้ว่าลักษณะของ โครงสร้างในการสร้างโมเดลของโปรแกรม Sketch up นั้นเป็นการสร้างหรือขึ้นรูปทรงจากเส้น (Line) เป็นหลักหรือในที่นี้เรียกว่า เส้นขอบ (Edge) และมีการตรวจสอบว่าเส้นขอบดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นที่มีการปิดให้เกิดแผ่นระนาบ หรือไม่ หากมีการปิดของเส้นขอบจนเกิดแผ่นระนาบก็จะมีการสร้างแผ่นพื้นผิว (Face) ขึ้นมาโดยอัตโนมัติ สำหรับแผ่นระนาบเดิมที่มีอยู่หากมีการขีดเส้นพาดลงไปแล้วแบ่งพื้นที่ออกจากกันก็จะมีการแยกระนาบนั้นออกทันที และหากมีการลบ เส้นนั้นทิ้ง ระนาบดังกล่าวก็จะเชื่อมกันดังเดิมและโปรแกรม Sketch up จะมีภาษาRuby ที่ช่วยทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนส่วนเสริมExtension เพิ่มความสามารถในการทำงานของโปรแกรมได้



รูปที่ 3 หลักการขึ้นรูปสามมิติของโปรแกรม "Sketch up"

2.3 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา "Ruby"

Ruby เป็นภาษาที่เรียนรู้ง่าย การเริ่มต้นเรียนรู้ภาษา Ruby ไม่ใช่เรื่องยากมากนัก เป็นภาษาที่ตรงไปตรงมา ใช้ภาษาอังกฤษตรงๆในการเขียน ตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป และเหลือไว้แค่เพียงสิ่งจำเป็น หลักการของภาษานั้นเน้นการออกแบบระบบว่าควรให้ความสำคัญกับความจำเป็นของมนุษย์ มากกว่าความจำเป็นของเครื่องคอมพิวเตอร์ การเขียนงานของภาษานี้จึงดูเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน รูปแบบการเขียนใกล้เคียงกับภาษา C แต่ก็ไม่ทิ้งห่างกับภาษา PHP มากนัก ซึ่งหากคนที่มีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมมาบ้างแล้วน่าจะสามารถข้ามมาศึกษาภาษานี้ได้ไม่ยากนัก

Ruby เป็นภาษาที่มองทุกอย่างเป็น Object แล้วมันคืออย่างไร การที่ภาษา Ruby ใช้วิธีมองทุกอย่างเป็นรูปแบบของวัตถุนั้นทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ เพราะในทุกๆ Object นั้นก็จะประกอบไปด้วย properties, action หรือองค์ประกอบและการกระทำของวัตถุนั้นๆ อย่าง PHP เองก็ทำงานด้วยรูปแบบของ OOP กันหมดแล้ว

Ruby มีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูง สามารถเขียนได้หลากหลายรูปแบบเพื่อแสดงผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ทำอะไรที่ยากๆหลายๆบรรทัดในภาษาอื่นๆจบง่ายๆในบรรทัดเดียว ทำงานได้กับทุก Operation System ทำงานได้ในความหลากหลายของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

เราสามารถใช้ Ruby ทำอะไรได้บ้าง Ruby เป็นภาษาที่ถูกออกแบบออกมาให้ทำงานได้ทั้งในรูปแบบของ Stand alone เป็นหลักในตอนต้นซึ่งก็นับว่าทำได้ดีมากๆเพราะง่ายกว่าการใช้ภาษา C มาเขียน แต่หลังจากที่ Rail หรือ ROR ซึ่งเป็น Framework เพื่อการใช้ภาษา Ruby พัฒนาเว็บไซต์ถูกปล่อยออกมาทุกอย่างก็เริ่มเปลี่ยนไปเพราะมันสร้างขึ้นมาเพื่อให้เราทำเว็บได้ง่ายขึ้น เร็วขึ้นอย่างน่าประหลาดใจ เว็บไซต์ที่ไม่ใหญ่มากนัก ต้องการการทำงานในรูปแบบของ web application เชื่อมต่อฐานข้อมูล ติดต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Ruby

2.4 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา "HTML"

HTML (Hypertext Markup Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่งของคอมพิวเตอร์เพื่อตอบสนองในการแสดงผลบนจอภาพในระบบอินเทอร์เน็ตในลักษณะของเว็บเพจ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ รวมทั้งรูปทรงกราฟิก, ภาพนิ่ง, ภาพเคลื่อนไหว, เสียง หรือแม้กระทั่งการเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่นๆในระบบอินเทอร์เน็ต

ภาษาHTML เป็นภาษาที่มีลักษณะของโค้ด กล่าวคือ จะเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรในมาตรฐานของรหัสแอสกี(ASCII Code) โดยเขียนอยู่ในรูปของเอกสารข้อความ (Text Document) ดังนั้นจึงทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ สามารถกำหนดรูปแบบและโครงสร้างได้ง่ายด้วย ภาษา HTML นี้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ง่ายขึ้นและตอบสนองต่อการใช้ภาพทางกราฟิก โดยเริ่มพัฒนาตั้งแต่รุ่น 1.0,2.0,3.0 จนถึงรุ่น 5.0 ในปัจจุบัน

2.5 หลักการและแนวทางการใช้ภาษา "Java Script"

ตัวอักษรภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุแบบไดนามิกไทป์ (Dynamic Types) ซึ่งไวยากรณ์ของมันได้นำโครงสร้างมาจากภาษายอดนิยมอย่าง Java และ C จึงทำให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ส่วนรู้จัก และเรียนรู้ใช้งานได้ไม่ยากนัก และถือได้ว่าเป็นภาษาที่คนนิยมใช้กันมากภาษาหนึ่ง แต่ทว่าคนส่วนใหญ่กลับไม่ค่อยเข้าใจมันมากที่สุดเช่นกัน จนหารู้ไม่ว่ามันมีความสามารถแฝงที่ซ้อนอยู่เยอะมาก ตัวของโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยจาวาสคริปต์ จะต้องทำงานอยู่บนจาวาสคริปต์เอ็นจิ้น (Java Script Engine) ที่เป็นทั้งตัวแปลภาษา (Interpreter) และใช้ในการรันโปรแกรม สำหรับการทำงานของจาวาสคริปต์ที่เราคุ้นเคยกันดี จะทำงานอยู่บนเว็บเบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox เป็นต้น ซึ่งจะมีจาวาสคริปต์เอ็นจิ้นติดตั้งมาให้อยู่แล้ว

ปกติแล้วจาวาสคริปต์จะนิยมนำไปใช้พัฒนาเว็บไซต์ เพราะถือเป็น 1 ใน 3 ภาษาที่สำคัญฝั่งเว็บ โดย 3 ภาษาดังกล่าวจะประกอบไปด้วย

1.ภาษา HTML (ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น HTML5) เป็นภาษาที่ใช้แท็ก (Tag) กำหนดเนื้อหาที่แสดงผลบนหน้าเว็บ

2.ภาษา CSS (ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น CSS3) ใช้สำหรับจัดรูปแบบการแสดงผลของแท็กต่างๆในภาษา HTML

3.ส่วนภาษาจาวาสคริปต์จะใช้เพิ่มความสามารถของภาษา HTML ด้วยการเพิ่มลอจิกเข้าไปในหน้าเว็บทำให้การแสดงผลด้วย HTML แบบเดิมๆ ดูดีมีชีวิตชีวา สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานหน้าเว็บได้

2.6 สรุปหลักการออกที่ใช้ในการออกแบบโครงคอนกรีตเสริมเหล็ก

งานวิจัยนี้ใช้หลักการในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กประเภท คาน เสาและพื้นโดยใช้การออกแบบด้วยวิธีกำลังซึ่งหลักการออกแบบประกอบด้วย

1.การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

- การออกแบบคานชนิดเหล็กเสริมรับแรงดึง Single RC
- การออกแบบคานชนิดเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด Double RC

2.การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

- การออกแบบชนิดเสาสั้น

3.การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

- การออกแบบพื้นทางเดียว One way Slab
- การออกแบบพื้นสองทาง Two way Slab

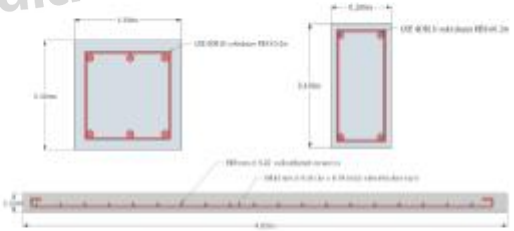
3. วิธีดำเนินการทดสอบโปรแกรมเสริมช่วยสร้างโมเดลสามมิติโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบ การใช้งานโปรแกรมทดสอบจะประกอบไปด้วยโปรแกรมSublime Text, Google Chromeและ Sketch up โดยจะเริ่มการทดสอบการเขียนภาษาต่างๆตามหลักการและมาตรฐานของภาษานั้นๆลงบนText Editor จากนั้นจึงจะเริ่มทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมบนConsoleในโปรแกรมSketch up และเว็บเบราว์เซอร์อย่างGoogle Chrome แล้วจึงทำการทดสอบการเขียนExtensionบนโปรแกรม Sketch up ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและทดสอบการใช้ภาษาRubyร่วมกับ "Sketch up Ruby API"

ในการศึกษาข้อมูลของวิธีการออกแบบ เขียนแบบแสดงรายละเอียดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กชนิด เสา คานและพื้นเพื่อให้สามารถออกแบบได้อย่างสะดวกถูกต้องแม่นยำโดยอาศัยหลักการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง ซึ่งช่วยลดกระบวนการการทำงานแยกส่วนเรานำหลักการและวิธีการออกแบบตามหลักการวิชาชีพมาเขียนลงบนโปรแกรมเขียนแบบอย่างSketch upและแบบที่ได้มาสร้างโมเดลสามมิติเพื่อเห็นถึงลักษณะการเสริมเหล็ก รายละเอียดในแบบ ทั้งขนาดของโครงสร้างและตำแหน่งชิ้นงาน



รูปที่ 5 แสดงรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กชนิด เสา คานและพื้น

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีขั้นตอนการตรวจสอบ Source codeของโปรแกรมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของSource codeเพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของโปรแกรม สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของการที่จะพัฒนาภาษา Ruby ร่วมกับ Ruby SketchUp API เพื่อใช้พัฒนาโปรแกรมเสริมสำหรับโปรแกรม SketchUp ควรทำโดยการตรวจสอบผ่านเครื่องมือ Ruby Console ในโปรแกรม SketchUp เนื่องสามารถแสดงหน้าต่างของ Ruby Console ทดสอบการใช้ภาษา Ruby Script ตรวจสอบความสัมพันธ์ในการทำงานของSource codeได้อีกทั้งถ้าเกิดข้อผิดพลาดต่างๆ Ruby Console ก็ทำการแสดงหน้าต่างของ Ruby Console ในการตรวจสอบแจ้งเตือนError

รูปที่ ๖ แสดงหน้าต่างของ Ruby Console ทดสอบการใช้ภาษา Ruby Script

รูปที่ ๗ แสดงหน้าต่างของ Ruby Console ในการตรวจสอบแจ้งเตือนError

โดยปกติเมื่อเราเรียกโปรแกรม SketchUp ขึ้นมาใช้งานโปรแกรม SketchUp จะทำการอ่านโปรแกรมเสริม (Extension) ทั้งหมดที่ทำการติดตั้งอยู่ในตำแหน่ง C:\Users\User\AppData\Roaming\SketchUp 2017\SketchUp\Plugins โดยอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อทำการพัฒนาโปรแกรมเสริมควรจะให้ตำแหน่งไฟล์ที่พัฒนาในการเขียนExtensionอยู่ในโฟลเดอร์ดังกล่าวเนื่องจากง่ายต่อการตรวจสอบ ทดลองการทำงาน Script

รูปที่ ๘ ตำแหน่งไฟล์ที่พัฒนาในการเขียนExtension

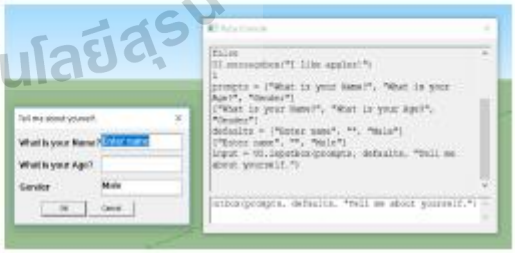
SketchUp Ruby API เป็น API (Application Programming Interface) ที่ติดตั้งอยู่ในโปรแกรม SketchUp เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือนักพัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนสคริปต์เพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรมนอกเหนือไปจากคำสั่งพื้นฐานแผนผัง SketchUp Ruby API Classes มี Objects Diagram

ภาษาที่ใช้สำหรับสื่อสารกับผู้เขียนโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp จะเรียกว่าModel หรือ Model Class ซึ่งจะเป็นพื้นที่ให้ SketchUp Ruby API Classes ส่วนใหญ่จะทำงานร่วมกันใน Class ของวัตถุของแบบจำลองสามมิติของโปรแกรม SketchUp จะเรียกว่า "Entity" ซึ่ง เป็นEntity พื้นฐานที่ควรรู้จักเพื่อใช้ในการพัฒนาเพราะมีความสัมพันธ์กับModelโดยตรงทำให้มีผลต่อทุกClass ในAPI

ทดสอบการทำงานของ Sketch up Ruby API บนRuby Console

ทดสอบAPIด้วย UI.inputbox

```
prompts = ["What is your Name?", "What is your Age?", "Gender"]
defaults = ["Enter name", "", "Male"]
input = UI.inputbox(prompts, defaults, "Tell me about yourself.")
```

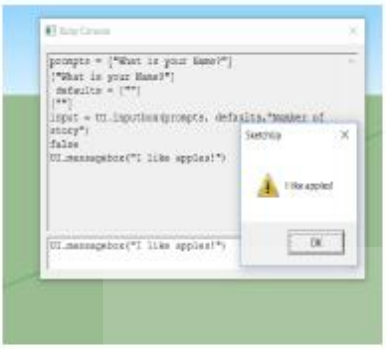


รูปที่ ๙ แสดงการทดลอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI.inputbox

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI. Messagebox

UI.messagebox("I like apples!")



รูปที่ 10 แสดงการทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ด้วยคำสั่ง UI. Messagebox

ทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ให้อ่านค่าเส้นที่ถูกเขียนขึ้นด้วยคำสั่ง lines เริ่มต้นเขียนเส้นที่จุด (0,0,0)ด้วยระยะ4เมตรในแนวแกนx(4,0,0)

Sketchup.active_model.selection.first.length

แสดงความยาวของเส้นในหน่วยม.

Sketchup.active_model.selection.first.length.to_cm

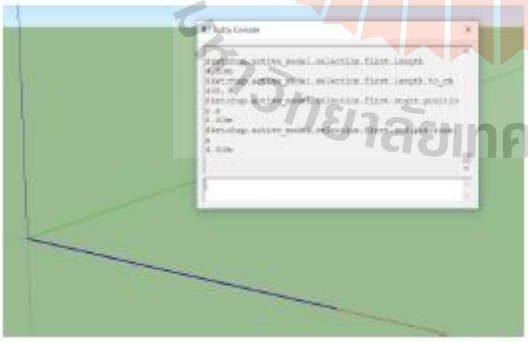
แสดงความยาวของเส้นในหน่วยซม.

Sketchup.active_model.selection.first.start.position.x

แสดงจุดเริ่มต้นเส้นที่ตำแหน่งx

Sketchup.active_model.selection.first.end.position.x

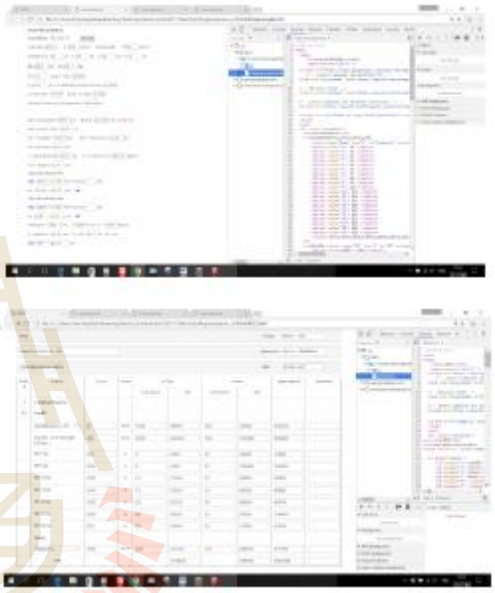
แสดงจุดสุดท้ายเส้นที่ตำแหน่งx



รูปที่ 11 ทดสอบ Sketch up Ruby API บนRuby Console ให้อ่านค่าเส้นที่ถูกเขียนขึ้นด้วยคำสั่ง lines

3.2 ดำเนินการทดสอบสร้างรายการคำนวณโดยใช้ภาษา "HTML" ร่วมกับ "Java Script"

ทำการเขียนHTML (Hypertext Markup Language) เพื่อสร้างแบบฟอร์มรายการคำนวณเพื่อการแสดงผลบนจอภาพในระบบอินเทอร์เน็ตในลักษณะของเว็บเพจจากนั้นทำการเขียน Java Script เพื่อช่วยให้HTMLมีการโต้ตอบกับผู้ใช้รับผลประมวลค่าต่างๆเพื่อแสดงรายการคำนวณของคาน เสา พื้น ปริมาณวัสดุ(BOQ)และเก็บค่าเพื่อส่งไปยังRuby Scriptเพื่อทำการสร้างโมเดลสามมิติต่อไปโดยทำการเขียนHTML5 บน Sublime Text จากนั้นตรวจสอบการทำงานบนWeb browser ด้วย Console

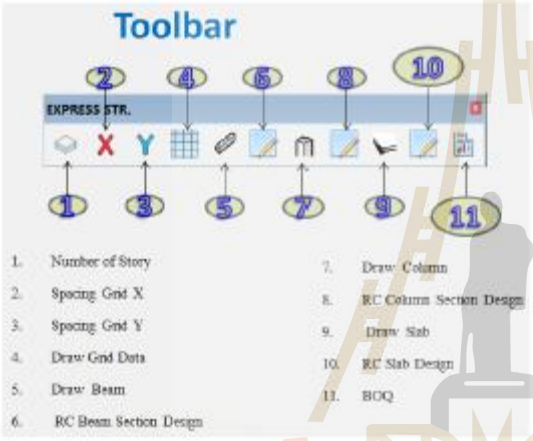


รูปที่ 12 ทดสอบเขียนHTML5สร้างฟอร์มรายการคำนวณและBOQ

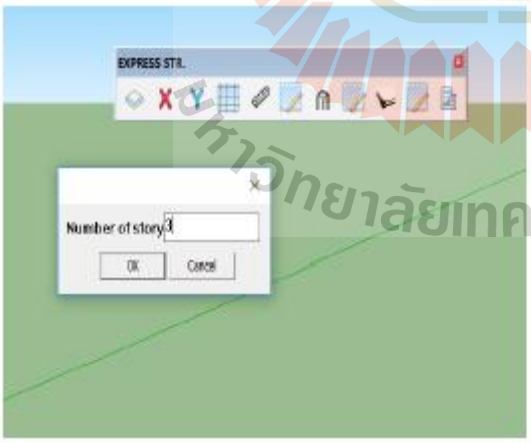
รูปที่ 13 ทดสอบเขียนJava Scriptให้สามารถคำนวณค่าบนHTML5ได้

3.3 ดำเนินการทดสอบโปรแกรมเสริม(Extension)เพื่อช่วยออกแบบ เขียนแบบและถอดปริมาณไม้เคลสามมิติ

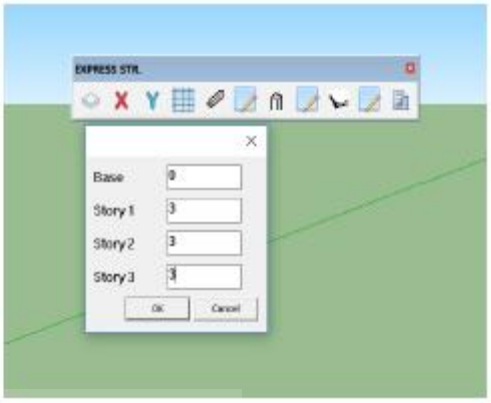
ทำการทดสอบโปรแกรมเสริมหรือ Extension ในชื่อว่า "Express Structure" โดยโปรแกรมจะถูกสร้างขึ้นโดย Ruby Script และSketch up Ruby API ร่วมกับการทำงานของHTML5โดยให้Ruby Script เรียกใช้ Web Dialogsเพื่อรูปแบบที่สวยงามและสามารถกรองข้อมูลในการคำนวณและประมาณราคาได้อย่างละดวกโดย"Express Structure" ที่เขียนขึ้นสามารถสร้างเส้นกริด สามารถออกแบบ เขียนแบบและถอดแบบโครงสร้างคาน เสา พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความแม่นยำในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามมิติและการถอดแบบประมาณราคาโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก



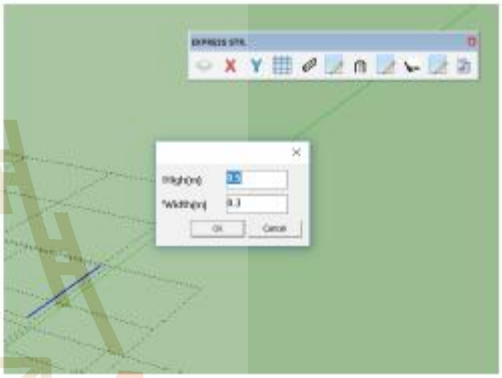
รูปที่ 14 แสดงสัญลักษณ์Toolbarของ Express Structure



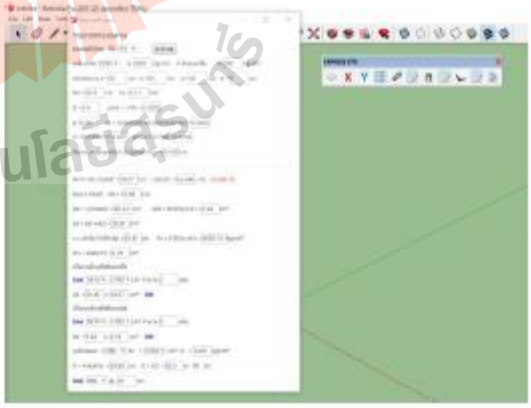
รูปที่ 15 ทดสอบExtensionให้รับค่าจำนวนชั้นเพื่อวาดเส้นกริด



รูปที่ 16 ทดสอบExtensionให้รับค่าความสูงแต่ละชั้นเพื่อวาดเส้นกริด

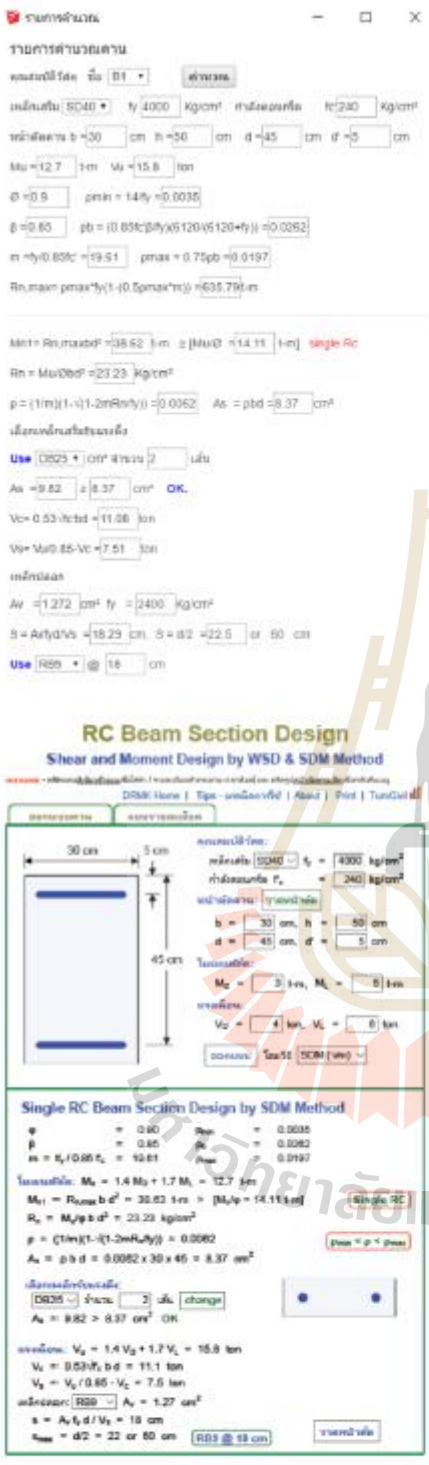


รูปที่ 17 ทดสอบExtensionให้รับค่าเพื่อวาดโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ 18 ทดสอบExtensionให้เรียกใช้Web Dialogsเพื่อออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมและถอดปริมาณวัสดุ

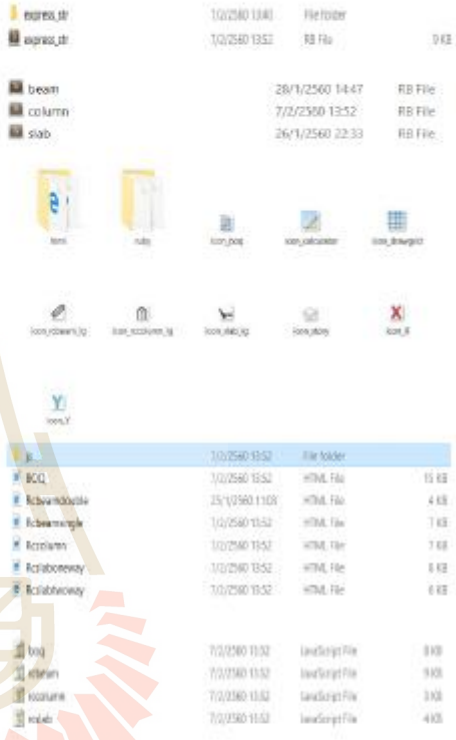
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



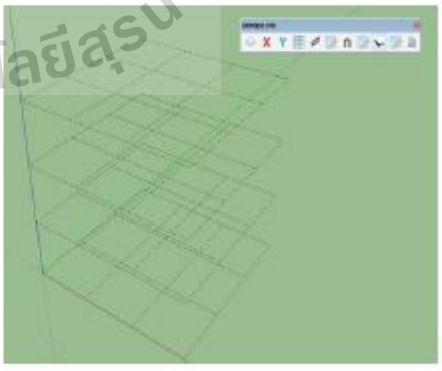
รูปที่ 19 ทดสอบExtensionเปรียบเทียบรายการคำนวณกับโปรแกรมที่เชื่อถือได้อย่างDRMK Computing

4. ผลการทดสอบ

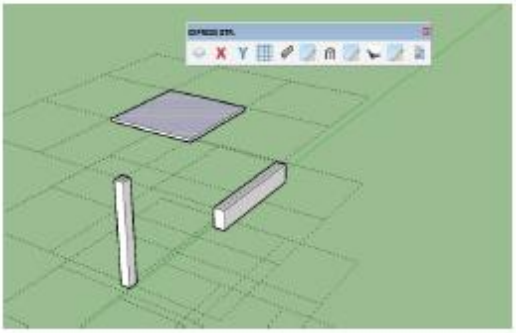
จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมSketch upร่วมกับRuby Script, HTMLและJava Script เพื่อช่วยในการสร้างโมเดลสามมิติที่รวบรวมข้อมูลสารสนเทศอาคารในส่วนของการออกแบบ สร้างแบบสามมิติและถอดปริมาณราคาโดยการทำงานร่วมกันของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมเสริมหรือExtensionที่มีชื่อว่าExpress Structure ได้ผลทดสอบดังนี้



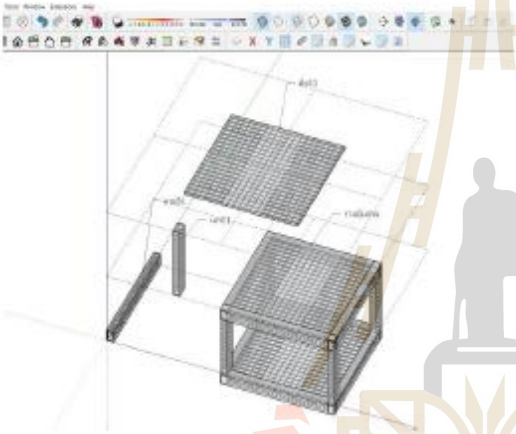
รูปที่ 20 แสดงไฟล์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างExtension



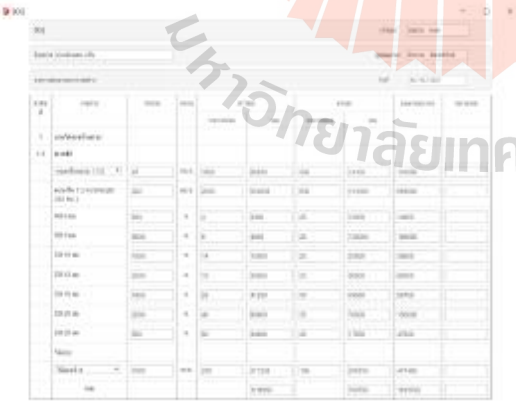
รูปที่ 21 แสดงผลการทดสอบ Extension ด้วยคำสั่ง Draw grid data เพื่อทำการวาดเส้นกริด



รูปที่ 22 แสดงการทดสอบ Extension เพื่อทำการวาดคาน เสาและพื้นสามมิติที่ยังไม่ทำการออกแบบเหล็กเสริม



รูปที่ 23 แสดงการทดสอบ Extension เพื่อทำการวาดคาน เสาและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสามมิติที่ทำการออกแบบเหล็กเสริมแล้ว



รูปที่ 24 แสดงรายการปริมาณวัสดุและประมาณราคางานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากโมเดลสามมิติ

จากการศึกษาการทดสอบพบว่าโปรแกรมSketch up สามารถรับส่งค่าข้อมูลกับผู้ใช้ด้วยการแสดงผลDisplay ผ่าน Ruby Script API ได้ 2 ลักษณะ คือ UI และ Web Dialog

- UI สามารถสร้างอินเทอร์เฟซสำหรับรับ-ส่ง หรือแสดงข้อมูลแบบเบื้องต้นในลักษณะของ messagebox, inputbox หรือ dropdownlist
- Web Dialog สามารถสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความสลับซับซ้อนได้เกือบเท่ากับ หน้าWeb Page ทั่วไป เนื่องจาก Web Dialog มีพื้นฐานการทำงานอยู่ภายใต้โครงสร้างภาษาHTML

การสร้างอินเทอร์เฟซ (Interface) ของโปรแกรมเสริมเพื่อแสดงข้อมูลหรือให้ผู้ใช้งานป้อนค่าตัวแปร หากใช้เฉพาะ UI อย่างเดียวจะทำให้ไม่สามารถสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความซับซ้อนได้เนื่องจาก UI สามารถสร้างอินเทอร์เฟซได้เพียง Message box, Input box หรือ Dropdown list ดังนั้นเมื่อต้องการสร้างอินเทอร์เฟซที่มีความสลับซับซ้อน เพื่อแสดงรายละเอียดหรือสื่อสารกับผู้ใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น การใช้รูปภาพบนอินเทอร์เฟซจำเป็นจะต้องใช้งาน WebDialog และจำเป็นจะต้องศึกษาเรียนรู้พื้นฐานภาษา HTML เพิ่มเติม เพื่อสร้าง Web Page เพื่อนำมาใช้ในการสร้างอินเทอร์เฟซผ่าน WebDialog ซึ่ง Windows โดยส่วนใหญ่ของโปรแกรมSketchUp ยกตัวอย่างเช่น Component Options, Component Attribute หรือแม้แต่ Help Tools ก็มีการใช้ Web Page เข้ามาช่วยในการแสดงข้อมูลที่ซับซ้อน

เมื่อเรามีการรับส่งค่าข้อมูลกับผู้ใช้งานExtensionเพื่อนำเข้าเก็บข้อมูลเพื่อมาแสดงผลการคำนวณออกแบบ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปในรูปของตัวแปรเพื่อทำตามสร้างแบบโมเดลสามมิติเสา คาน พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กตามที่ผู้ใช้ต้องการจากนั้นเมื่อผู้ใช้ทำการเรียกใช้คำสั่งBOQ ให้นำเข้าข้อมูลเพื่อถอดปริมาณวัสดุพบว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำตามแบบจำลองสามมิติยิ่งแบบจำลองมีความละเอียดในเนื้องานมากยิ่งทำให้ปริมาณวัสดุมีความละเอียดแม่นยำตามแบบโมเดลสามมิติด้วยเช่นกัน

5. สรุปผล

ผลการศึกษาการประยุกต์โปรแกรมSketch upร่วมกับRuby Script, HTMLและJava Script เพื่อช่วยในการสร้างโมเดลสามมิติที่จัดการข้อมูลสารสนเทศอาคารในส่วนของการออกแบบ สร้างแบบสามมิติและถอดปริมาณวัสดุโดยการทำงานร่วมกันของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมเสริมหรือExtensionที่มีชื่อว่าExpress Structure

ผลคือสามารถพัฒนาโปรแกรมอย่างSketch up ที่เป็นที่นิยมในการใช้งานสร้างแบบสามมิติให้สามารถคำนวณแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างถูกต้องแม่นยำ อีกทั้งยังส่งค่าเหล็กเสริมที่ทำการออกแบบแล้วไปสร้างแบบสามมิติที่มีรายละเอียดเหล็กเสริมครบถ้วนตามที่ออกแบบ เมื่อทำการสร้างแบบสามมิติแล้วค่าที่อ่านได้จากโมเดลยังสามารถส่งค่ามาแสดงผลปริมาณวัสดุในส่วนของโครงสร้างคาน เสาและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กได้ถูกต้องแม่นยำและนำไปใช้งานจริงได้

6. ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางานวิจัย

ผลการศึกษาการวิจัยนี้พบว่าการประยุกต์ใช้และพัฒนาโปรแกรม Sketch up ภายใต้แนวคิดBIMสามารถนำได้พัฒนาต่อยอดในการสร้างโมเดลสามมิติได้หลายส่วนตามหลักการและแนวคิดของระบบแต่ในส่วนงานวิศวกรโยธาในทางงานโครงสร้างยังมีแนวทางการพัฒนาได้หลายประการ เช่น พัฒนาExtensionให้สามารถออกแบบ เขียนแบบและถอดปริมาณวัสดุโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กขั้นสูง,โครงสร้างเหล็กโครงสร้างเหล็กขึ้นสูง,งานโครงสร้างสำเร็จรูป Precast ร่วมไปถึงการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อลดความผิดพลาดความคลาดเคลื่อนจากมนุษย์ ทั้งนี้ยังสามารถบูรณาการวิธีการออกแบบสร้างแบบให้สามารถนำข้อมูลจากกระบวนการดังกล่าวไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานภายใต้ระบบBIMในส่วนอื่นตามหลักการและแนวคิด เช่น หลักการบริหารจัดการก่อสร้างอาคาร การตรวจสอบระบบงานโครงสร้างเพื่อสะดวกในการต่อเติมซ่อมแซม เป็นต้น ดังนั้นเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างให้สามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่อไปนี้ ที่ได้ช่วยชี้แนะให้คำปรึกษา รวมถึงให้การช่วยเหลืออย่างดีเสมอมา ไม่ว่าจะเป็นการให้ความรู้ให้และแนะนำสิ่งที่ถูกต้องจนงานงานวิจัยนี้สามารถริเริ่ม และลุล่วงไปได้ด้วยดีเสมอมา ก่อนอื่นข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและครอบครัวที่ให้การสนับสนุนอบรมสั่งสอนให้ความรู้ด้วยดีเสมอมา

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มงคล จิรวัชรเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ถ่ายทอดวิชาความรู้ แนวคิด เป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิต และให้คำปรึกษาเรื่องงานวิจัยตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขปัญหาและชี้แนะให้วิทยานิพนธ์ดำเนินการจนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุชลันต์ หอพิบูลสุข ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ ตันเสังกรรมการ ที่กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและประสบการณ์ ให้แนวคิด ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลากร เจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะและช่วยเหลือจนกระทั่งการทำวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] The Association of Siamese Architects under Royal , Thailand BIM Guideline. Bangkok: Plus Press, 2015 (in Thai).

[2] Eastman, C. M. (1975). "The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design." Journal of the American Institute of Architects, March: 46–50.

[3] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, BIMHandbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Second
Ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2011.

[4] Nawari O. Nawari,Michael Kuenstle(2014) Building Information Modeling Framework for Structural Design . CRC PressTaylor & Francis Group6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300Boca Raton, FL 33487-2742

[5] Matthew Scarpino (2010) Automatic SketchUp Creating 3-D Models in Ruby Copyright © 2010, Eclipse Engineering LLC. All rights reserved.

[6] Jim Leggitt,Thom Thom,Hussain Fadlallah, Klara Theresya,Jeferson Olortegui Lopez (March 2012) Sketchup-ur-Space march2012. www.sketchup-ur-space.com

[7] www.tutorialspoint.com. (2015) Ruby programming language tutorialspoint simplyeasylearning @ Copyright 2015 by Tutorials Point (I) Pvt. Ltd.

[8] Ruby.[Online].http://www.rubylang.org/en/about/

[9] Ruby.[Online].http://www.rubylang.org/en/documentation/quickstart/

[10] Ruby.[Online].http://en.wikipedia.org/wiki/Ruby

[11] Sketch Up.[Online].http://ruby.sketchup.com/

[12] จักรี คิยะวงศ์สุวรรณ (2015) การศึกษาการใช้ "Ruby Script" ในการสร้างรายละเอียดเหล็กเสริม
สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 1, No. 2, July–December 2015

[13] ชารา จำเนียรสำรางการ(2012) การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV).

[14] Saeed Rokooei (2015) Building Information Modeling in P Project Management:Necessities,Challenges and Outcomes Procedia - Social and Behavioral Sciences 210 (2015) 87 – 95

[15] ลมลักษณ์ บุญณรงค์(2012)การใช้ Trimble Sketchup Pro 8ช่วยออกแบบงานสถาปัตยกรรม จัดพิมพ์โดยภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

[16] มงคล จิรวัชรเดช (2014) REINFORCED CONCRETE DESIGN :Strength Design Method พิมพ์ครั้งที่1 Frist edition ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จิรวัชรเดช สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[17] ยุทธนา เกาะกิ่ง(2012)การวางแผนและจัดการต้นทุนงานก่อสร้างด้วยโปรแกรม Microsoft project 2010 พิมพ์ครั้งที่1 กรกฎาคม 2555 โดยภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

ประวัติผู้เขียน

จักรวาล พิมพ์พิทักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 2 เดือนกันยายน พ.ศ.2535 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนลาซาลกรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนมาเรียลัย จากนั้นได้เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา2557 เมื่อเรียนในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาครบถ้วนเนื้อหาหลักสูตรก็ได้มีโอกาสฝึกงานที่บริษัท พฤกษาเรียลเอสเตท จำกัด(มหาชน) ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 ถึง กุมภาพันธ์ 2558 และเข้าทำงานตำแหน่งวิศวกรโยธาที่บริษัท ไทยชิงยา จำกัด ช่วงเดือนมีนาคม 2558 ถึง มิถุนายน 2558 หลังจากนั้นได้มีโอกาสได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมโยธา(วิศวกรรมโครงสร้าง) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปีการศึกษา 2558 ช่วงระหว่างศึกษาได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าได้นำประสบการณ์ และความรู้ที่ได้จากการทำงานและเป็นผู้ช่วยสอนมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของข้าพเจ้าได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี