วิทยานิพนธ์

การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบ และจัดการข้อมูลอาคารด้วยโปรแกรมภาษาจาวา

THREE-DIMENSIONAL OBJECT ORIENTED MODEL FOR BUILDING INFORMATION MODELING IN JAVA ENVIRONMENT

นายวราวิทย์ แสงแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมโยธา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลอาคาร ด้วยโปรแกรมภาษาจาวา

Three-Dimensional Object Oriented Model for Building Information Modeling in Java Environment

นามผู้วิจัย นายวราวิทย์ แสงแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์วรากร ไม้เรียง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลอาคาร ด้วยโปรแกรมภาษาจาวา

Three-Dimensional Object Oriented Model for Building Information Modeling in Java Environment

โดย

นายวราวิทย์ แสงแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
พ.ศ. 2550

วราวิทย์ แสงแก้ว 2550: การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลอาคารด้วยโปรแกรมภาษาจาวา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D. 113 หน้า

การนำแบบจำลองอาคาร 3 มิติ มาใช้ในงานก่อสร้างสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดในการออกแบบและเพิ่มความชัดเจนในการสื่อสารระหว่างบุคลากร แบบจำลองอาคาร 3 มิติยังเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง นับตั้งแต่การวางแผนและการประมาณราคาโครงการก่อสร้างตลอดจนถึงการบำรุงรักษาอาคาร ถึงแม้ว่าปัจจุบันนี้จะมีโปรแกรมสำเร็จรูปจำนวนมากที่สามารถสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติได้ แต่โปรแกรมเหล่านี้ล้วนมีข้อจำกัดและมีค่าลิขสิทธิ์ที่มีราคาสูงทำให้เป็นอุปสรรคต่อผู้ประกอบการและนักวิจัยชาวไทยในการนำโปรแกรมเหล่านี้มาใช้งานและการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ โปรแกรมภาษาจาวาเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ โดยไม่พึ่งพาโปรแกรมสำเร็จรูปจากต่างประเทศ โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาระเบียบวิธีในการนำโปรแกรมภาษาจาวามาใช้สร้างแบบจำลองอาคารเชิงวัตถุ 3 มิติ โดยใช้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 3 ชั้น เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าโปรแกรมภาษาจาวาเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการสร้างแบบจำลองอาคารเชิงวัตถุ 3 มิติ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถ 1) แสดงอาคารจากมุมมองต่างๆ ทั้งในลักษณะของมุมมอง 2 มิติและ 3 มิติ โดยไม่มีข้อจำกัด 2) แสดงภาพตัดและแบบแปลนของอาคารโดยผู้ใช้สามารถกำหนดระนาบการตัดภาพตามต้องการ 3) แสดงอาคารในลักษณะโปร่งแสง (Transparent) ซึ่งช่วยให้เห็นรายละเอียดและเหล็กเสริมในองค์อาคาร 4) แสดงอาคารในลักษณะเส้นโครง (Wireframe) 5) แสดงพื้นผิวภายนอก (Shading) ของอาคารอย่างละเอียดโดยผู้ใช้สามารถกำหนดสีและวัสดุพื้นผิวขององค์อาคารได้ตามต้องการ และ 6) คำนวนปริมาตรและขนาดพื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับแบบหล่อและพื้นที่ผิวส่วนที่ต้องทาสีของแต่ละชิ้นส่วน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Warawit Sangkaew 2007: Three-Dimensional Object Oriented Model for Building Information Modeling in Java Environment. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Mr. Suphawut Malaikrisanachalee, Ph.D. 113 pages.

A three-dimensional building model can minimize building design errors, improve communication within a construction project, and is a useful tool for construction project management throughout the project life cycle. Although a number of existing commercial software can generate a 3D building model, each software presents its own limitations and most of them are expensive. Most importantly, the software are proprietary and restricted for further research and development. Java offers an alternative platform for developing a 3D building model without having to rely on commercial software. This research investigated a practical approach for developing a 3D object-oriented building model in java environment where a three-storey reinforced concrete building was used as a case study. The result shows that java is a promising approach where the 3D object-oriented building model developed in java environment can 1) show both 2D and 3D views of the building from all angles; 2) automatically generate section and plan views of the building based on the section plane defined by user; 3) display in transparency mode to show inside details and reinforcing steels; 4) display in wireframe mode; 5) display in shading mode where user can easily define color and texture of each member; and 6) automatically calculate volume, formwork area, and panting area of each member.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student’s signature Thesis Advisor’s signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี ซึ่งเป็นประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้แนวคิดในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำวิธีการเขียนโปรแกรม ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนีรัตน์ กุศลาศัย กรรมการร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โชติกไกร ประธานการสอบวิทยานิพนธ์และดร.วิวัฒน์ แสงเทียน ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ขอกราบขอพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี

ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้ศึกษาขอมอบแด่ บิดา มารดา และคณะอาจารย์ที่ได้ให้กำลังใจและถ่ายทอดวิชาความรู้ให้ผู้วิจัยตลอดมาในทุกเรื่อง

วราวิทย์ แสงแก้ว

สิงหาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (3)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 4

การตรวจเอกสาร 5

อุปกรณ์และวิธีการ 22

- อุปกรณ์ 22
- วิธีการ 22

ผลและวิจารณ์ 28

- ผล 28
- วิจารณ์ 59

สรุปและข้อเสนอแนะ 64

- สรุป 64
- ข้อเสนอแนะ 65

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 66

ภาคผนวก 68

- ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานโปรแกรม 69
- ภาคผนวก ข พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary) 101

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปรายละเอียด Class ของโปรแกรมภาษาจาวา	35
2	ผลรวมปริมาตรและพื้นที่ผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างอาคาร	59
3	เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติของโปรแกรม Autodesk Revit (Version 7.0) กับโปรแกรมแกรมภาษาจาวา	61

ตารางผนวกที่

ข1	รายละเอียดของตาราง Pile	102
ข2	รายละเอียดของตาราง Footing	103
ข3	รายละเอียดของตาราง Column	104
ข4	รายละเอียดของตาราง Beam	105
ข5	รายละเอียดของตาราง Slab	106
ข6	รายละเอียดของตาราง Wall	107
ข7	รายละเอียดของตาราง Fence	107
ข8	รายละเอียดของตาราง Door	108
ข9	รายละเอียดของตาราง Window	109
ข10	รายละเอียดของตาราง Ceiling	109
ข11	รายละเอียดของตาราง Stair	110
ข12	รายละเอียดของตาราง Comp_prop	110
ข13	รายละเอียดของตาราง Sum	111
ข14	รายละเอียดของตาราง GridX	111
ข15	รายละเอียดของตาราง GridY	111
ข16	รายละเอียดของตาราง GridZ	112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของผนังที่ใช้ในการศึกษา	7
2	ชิ้นส่วนของ ฐานราก เสา คานที่เป็นส่วนประกอบของผนัง	8
3	รายละเอียดของเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	8
4	ส่วนประกอบต่างๆ ของผนัง	9
5	การนำเสนอในลักษณะของการแตกชิ้นส่วน	10
6	การนำเสนอในลักษณะโปร่งใส	10
7	การนำเสนอตามขั้นตอนการก่อสร้าง	11
8	การนำเสนอในลักษณะของการเลื่อนตำแหน่งของชิ้นส่วน	11
9	การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Wire frame Modeling	15
10	การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Surface Modeling	16
11	การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Solid Modeling	16
12	ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม Autodesk Revit	17
13	ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรมเขียนแบบเครื่องกล	19
14	แบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม ac3d	21
15	สถาปัตยกรรมระบบโปรแกรม (Software Integration Architecture)	23
16	หน้าต่างสำหรับบันทึกไฟล์ของโปรแกรม MS Access	25
17	หน้าต่างสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูล	26
18	หน้าต่างของโปรแกรม “Edit Plus” สำหรับเขียนซอร์สโคดของภาษาจาวา	27
19	ลักษณะฐานข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร	29
20	ชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ	31
21	ชุดคำสั่งในการแสดงรูปด้านของอาคาร	32
22	ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร	34
23	โครงสร้างของโปรแกรมภาษาจาวา	38
24	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติของอาคารขนาด 3 ชั้น	39
25	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสาเข็ม	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของฐานราก	40
27	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสา	41
28	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของคาน	42
29	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของพื้น	42
30	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของผนัง	43
31	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของรั้ว	44
32	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของประตู	44
33	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของหน้าต่าง	45
34	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันได	46
35	ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเพดาน	46
36	ลักษณะของ Graphic User Interface (GUI) ของโปรแกรม	47
37	ลักษณะมุมมองแบบแสดงผิวภายนอก	48
38	ลักษณะมุมมองแบบเส้นโครง	49
39	ลักษณะมุมมองแบบโปร่งแสง	49
40	การกำหนดวัสดุพื้นผิวและมาตราส่วนของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน	50
41	หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์สำหรับการกำหนดการแสดงผลรูปด้านของอาคาร	51
42	รูปด้านหน้าของอาคาร	51
43	รูปด้านหลังของอาคาร	52
44	รูปด้านซ้ายของอาคาร	52
45	รูปด้านขวาของอาคาร	53
46	รูปด้านบนของอาคาร	53
47	หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์สำหรับกำหนดการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร	54
48	รูปตัดทางขวางตามแกน X ของอาคาร	54
48	รูปตัดทางขวางตามแกน Y ของอาคาร	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
50	รูปตัดทางขวางตามแกน Z ของอาคาร	55
51	รูปแปลนฐานรากของอาคาร	56
52	รูปแปลนพื้นชั้น1 ของอาคาร	56
53	รูปแปลนพื้นชั้น 2 ของอาคาร	57
54	รูปแปลนพื้นชั้น 3 ของอาคาร	57
55	รูปแปลนพื้นชั้นดาดฟ้าของอาคาร	58

ภาพผนวกที่

ก1	ไอคอนของโปรแกรม jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	70
ก2	ขั้นตอนที่ 2 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	71
ก3	ขั้นตอนที่ 3 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	71
ก4	ขั้นตอนที่ 4 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	72
ก5	ขั้นตอนที่ 5 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	73
ก6	ขั้นตอนที่ 6 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	73
ก7	ขั้นสุดท้ายในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p	74
ก8	ไอคอนของโปรแกรม java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	74
ก9	ขั้นตอนที่ 2 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sk	75
ก10	ขั้นตอนที่ 3 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	75
ก11	ขั้นตอนที่ 4 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	76
ก12	ขั้นตอนที่ 5 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	77
ก13	ขั้นตอนที่ 6 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	77
ก14	ขั้นตอนสุดท้ายในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk	78
ก15	ไอคอน Data Sources (ODBC) ซึ่งอยู่ใน Control Panel >> Administrative Tool	79
ก16	ขั้นตอนที่ 2 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก17	ขั้นตอนที่ 3 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver	80
ก18	ขั้นตอนที่ 4 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver	80
ก19	ขั้นตอนที่ 5 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver	81
ก20	ขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver	81
ก21	ส่วนประกอบของหน้าจอ	82
ก22	ระบบพิกัดในระนาบ 3 มิติ ของโปรแกรมภาษาจาวา	84
ก23	หน้าต่างย่อยของการสร้างชิ้นส่วน	85
ก24	หน้าต่างย่อยสำหรับกำหนดขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วน	86
ก25	การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารจากข้อมูลเดิมในฐานข้อมูล	87
ก26	หน้าต่างสำหรับกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน	88
ก27	หน้าต่างสำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน	88
ก28	การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง ของชิ้นส่วน	89
ก29	การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง และกำหนด Cull เป็นแบบ Cull Front	89
ก30	การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง และกำหนด Cull เป็นแบบ Cull Back	90
ก31	การกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน	90
ก32	การกำหนดมุมมองโปร่งใส	91
ก33	การกำหนดวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน	92
ก34	หน้าต่างสำหรับกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน	93
ก35	แสดงการกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิว	94
ก36	หน้าต่างสำหรับการแสดงผลรูปด้านของอาคาร	95
ก37	รูปด้านซ้ายของอาคาร	95
ก38	หน้าต่างสำหรับกำหนดค่าเพื่อสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร	96
ก39	รูปตัดทางขวางตามแกน X ของอาคาร	97
ก40	การใช้เมาส์ Zoom เข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา	98
ก41	การกำหนดสีพื้นหลังของระนาบ 3 มิติให้เป็นสีดำ	100

การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลอาคาร ด้วยโปรแกรมภาษาจาวา

Three-Dimensional Object Oriented Model for Building Information Modeling in Java Environment

คำนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทยในปัจจุบันมีการแข่งขันสูง บริษัทผู้ประกอบการจำเป็นต้องสรรหาวิธีการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดปัจจุบัน การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติแสดงรายละเอียดขององค์อาคารในการออกแบบและวางแผนก่อสร้างเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทั้งยังช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการออกแบบและก่อสร้างซึ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งบริษัทผู้ประกอบการและต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างโดยรวมของประเทศไทย ทั้งยังจะช่วยลดความเสียเปรียบทางด้านเทคโนโลยีของบริษัทผู้ประกอบการชาวไทยต่อบริษัทผู้ประกอบการขนาดใหญ่จากต่างประเทศที่ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการออกแบบ วางแผน และบริหารโครงการก่อสร้างอย่างแพร่หลาย

การนำแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติมาช่วยในการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้างที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างสูงจะช่วยให้การออกแบบเป็นอย่างรวดเร็วและมีความถูกต้องมากขึ้นโดยสถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบลักษณะรูปร่าง และฟังก์ชั่นการใช้งานของอาคารจากมุมมองต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้จะช่วยลดข้อผิดพลาดในการออกแบบและปัญหาการเปลี่ยนแปลงแบบในระหว่างการก่อสร้างซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงการก่อสร้างล่าช้าและเกินงบประมาณที่กำหนดไว้ แบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติยังช่วยให้การสื่อสารภายในโครงการระหว่างเจ้าของงาน สถาปนิก และวิศวกรผู้ออกแบบรวมถึงบริษัทรับเหมาก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทำให้ผลงานที่ออกมาสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของเจ้าของงาน และยังช่วยลดข้อขัดแย้งภายในโครงการซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การดำเนินการของโครงการเป็นไปอย่างล่าช้า

แบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติยังช่วยลดเวลาการเขียนแบบ ถอดแบบและประมาณราคาโดยแบบรูป 2 มิติแสดงรูปด้านข้าง รูปด้านบน และรูปตัดทางขวางของอาคาร รวมทั้งแบบแสดง

รายละเอียดที่ใช้ประกอบการก่อสร้าง (Shop Drawing) รายการวัสดุก่อสร้างและปริมาณที่ใช้ สามารถจัดทำขึ้นได้โดยอัตโนมัติจากแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ ทำให้ช่วยลดต้นทุนและเวลาในการทำงาน ทั้งยังช่วยป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

นอกเหนือจากประโยชน์ที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว แบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลหรือฐานข้อมูลดิจิตอลอย่างมีระบบ การนำข้อมูลจากแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติมาประยุกต์ใช้หรือเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น ๆ อาทิเช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์โครงสร้างของอาคาร วางแผนและติดตามความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง หรือแม้แต่การนำแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติมาจัดทำสื่อการสอนแสดงขั้นตอนการก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัย Lisbon ในประเทศโปรตุเกส ได้ทำการศึกษาถึงการนำแบบจำลอง 3 มิติของอาคารมาใช้ในการสอนนักศึกษาในเรื่องของการศึกษาขั้นตอนการก่อสร้าง โดยใช้การสร้างผนังภายนอกของอาคารเป็นกรณีศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะได้ศึกษาถึงวัสดุที่ใช้และขั้นตอนในการก่อสร้าง โดยใช้เป็นสื่อการสอนในลักษณะที่เรียนภายในห้องเรียนและการเรียนในลักษณะ e-learning ผลปรากฏว่านักศึกษาสามารถเห็นภาพส่วนประกอบต่าง ๆ ของผนัง และขั้นตอนในการก่อสร้างได้อย่างชัดเจน ทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการทำงานจริงได้ การใช้สื่อการสอนในลักษณะนี้ ยังดึงดูดความสนใจของนักศึกษาให้ตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น การอธิบายบทเรียนทำได้อย่างง่ายดายและชัดเจน ส่งผลให้นักศึกษาเข้าใจบทเรียนได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปหลายโปรแกรมที่สามารถใช้สร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ อาทิเช่น โปรแกรมออโตแคด (AutoCAD) โปรแกรมออโตเดสค์รีวิท (Autodesk Revit) โปรแกรมอาร์คิแคด (ArchiCAD) โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solid Works) และโปรแกรมในกลุ่มเวอร์ชวลเรียลลิตี (Virtual Reality) ซึ่งบางโปรแกรมไม่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับใช้งานในสาขาวิศวกรรมโยธาโดยตรง ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านเทคนิคในการนำโปรแกรมสำเร็จรูปเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและวางแผนก่อสร้าง อาทิเช่น โปรแกรมในกลุ่มเวอร์ชวลเรียลลิตีถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเน้นการสร้างผลงานในรูปแบบแอนนิเมชัน (Animation) สำหรับงานภาพยนตร์และสื่อบันเทิงต่าง ๆ จะขาดซึ่งฟังก์ชันในการแสดงผลในรูปแฟ้มข้อมูลหรือตารางซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการนำแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้นมาใช้คำนวณในการถอดแบบและประเมินราคารวมทั้งการเชื่อมโยงแบบจำลอง 3 มิติกับเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น ๆ จึงเป็นไปได้ยาก

เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปเหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตชาวต่างชาติ โปรแกรมเหล่านี้จึงถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานความต้องการของผู้ใช้และมาตรฐานการออกแบบและก่อสร้างของต่างประเทศซึ่งมีแตกต่างกับความต้องการของผู้ใช้และมาตรฐานในประเทศไทย ตัวอย่างเช่น ภาษาที่ใช้ในโปรแกรม และวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างที่แตกต่างกัน อุปสรรคสำคัญอีกประการหนึ่งในการนำโปรแกรมสำเร็จรูปเหล่านี้มาใช้งานคือ ค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรมที่มีราคาสูง ทั้งนี้เป็นผลให้ผู้ประกอบการชาวไทยโดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดกลางและย่อยซึ่งมีต้นทุนการดำเนินการจำกัดไม่สามารถจัดซื้อโปรแกรมเหล่านี้มาใช้งานได้ ทำให้การนำแบบจำลอง 3 มิติมาใช้สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก

จากเหตุผลด้านเทคนิคและด้านค่าใช้จ่ายดังกล่าวข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาทางเลือกใหม่ในการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย โดยทางเลือกใหม่ที่พัฒนาขึ้นควรคำนึงถึงมาตรฐานการก่อสร้างและความต้องการของผู้ใช้ในประเทศไทยเป็นหลัก และควรเป็นอิสระจากโปรแกรมสำเร็จภาพที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาลิขสิทธิ์การใช้งานและลดการขาดดุลการค้าให้กับประเทศ

โปรแกรมภาษาจาวา เป็นโปรแกรมภาษาสาธารณสิทธิสำหรับเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Program) ที่ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอร์ฟแวร์ (Software) และระบบปฏิบัติการ (Operating System) ใด ๆ โปรแกรมภาษาจาวาเหมาะสมในการนำมาใช้พัฒนาแบบจำลองอาคาร 3 มิติสำหรับงานออกแบบอาคารและบริหารโครงการก่อสร้าง เนื่องจากโปรแกรมภาษาจาวามีคลาส (Class) สนับสนุนการขึ้นรูปและการวิเคราะห์เชิง 3 มิติซึ่งจะช่วยลดความซับซ้อนในการสร้าง การแสดงภาพ และการวิเคราะห์แบบจำลองอาคาร 3 มิติ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาระเบียบวิธีการในการนำโปรแกรมภาษาจาวามาใช้สร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ โดยใช้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 3 ชั้นเป็นกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์

ศึกษาวิธีการในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติด้วยโปรแกรมภาษาจาวา ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่ให้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทยในการนำแบบจำลอง 3 มิติมาประยุกต์ใช้โดยไม่ต้องพึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ทั้งนี้จะช่วยลดต้นทุนการดำเนินการของผู้ประกอบการและยังช่วยลดการขาดดุลการค้าเนื่องจากการนำเข้าโปรแกรมสำเร็จรูปจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นโครงการนำร่องให้นักวิจัยหรือองค์กรที่สนใจสามารถนำผลการศึกษา ทั้งระบบฐานข้อมูล ชุดคำสั่ง และ Source Code ภาษาจาวา ไปพัฒนาต่อยอดและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น

การตรวจเอกสาร

ลักษณะใช้งานแบบจำลอง 3 มิติ

ปัจจุบันนี้การนำแบบจำลอง 3 มิติ เข้ามามีบทบาทต่อการทำงานด้านต่าง ๆ มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านการก่อสร้าง ด้านการศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (GIS) ด้านกราฟิกแอนิเมชัน ตัวอย่างของการใช้งานแบบจำลอง 3 มิติ มีดังต่อไปนี้

1. การใช้แบบจำลอง 3 มิติในด้านการก่อสร้าง

การนำแบบจำลอง 3 มิติมาใช้ในด้านการก่อสร้างเป็นที่นิยมมากในต่างประเทศ ตัวอย่างของอาคารที่ใช้แบบจำลอง 3 มิติมาใช้ในการออกแบบและบริหารโครงการ เช่น อาคารยูเรก้า ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่ที่มีความสูงถึง 300 เมตร จำนวน 92 ชั้น งบประมาณของโครงการ 354 ดอลลาร์สหรัฐ ตั้งอยู่ที่เมืองเมล์เบิน ประเทศออสเตรเลีย ได้เริ่มทำการก่อสร้างเมื่อปี ค.ศ. 2004 โดยเจ้าของโครงการต้องการอาคารที่มีลักษณะที่ทันสมัย มีรูปร่างที่สวยงามเป็นธรรมชาติและดูเด่นแปลกตากว่าอาคารในลักษณะเก่า ๆ

ขนาดที่ใหญ่โตของอาคารเป็นอุปสรรคในการทำงาน เพราะฉะนั้นเครื่องมือที่จะนำมาช่วยในการออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ในการที่จะช่วยให้การทำงานและออกแบบเป็นไปอย่างรวดเร็วและตรงตามความต้องการ

ทีมงานผู้ออกแบบ ได้เลือกใช้วิธีการออกแบบโดยการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร แทนที่จะใช้ 2D CAD ในแบบเดิม ซึ่งมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น เรื่องของการใช้ระยะเวลาการทำงานที่ยาวนาน ความยุ่งยากและน่าเบื่อหน่ายในการทำงาน ความถูกต้องของผลงานน้อย อีกทั้งถ่ายทอดแนวความคิดของผู้ออกแบบออกมาได้ไม่ชัดเจนและยากลำบาก การออกแบบโดยใช้แบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร จึงเป็นทางเลือกที่นำมาใช้ในการออกแบบอาคารหลังนี้ด้วยการออกแบบในลักษณะที่เป็นรูปธรรม สามารถเห็นรูปลักษณ์ของอาคารที่ออกแบบอย่างชัดเจน อีกทั้งการให้แสงเงาตามธรรมชาติอย่างสมจริง สามารถเห็นถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทางอาคาร ส่งผลให้ผลงานที่ออกมามีคุณภาพดีและลดระยะเวลาในการทำงานลงได้มาก

ในขณะนั้น ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ ที่ทีมงานผู้ออกแบบให้ความสนใจพิจารณา มีอยู่ 3 โปรแกรม ได้แก่ ArchiCAD ซึ่งได้รับความนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในขณะนั้นกับซอฟต์แวร์ของค่าย Autodesk ได้แก่ Autodesk Architectural desktop และ Autodesk Revit ซึ่งกำลังเริ่มพัฒนาการใช้งานมากขึ้น โดยทีมงานผู้ออกแบบได้ทำการทดลองใช้งานโปรแกรมทั้ง 3 และสามารถสรุปได้ว่า ArchiCAD เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายที่สุด และมีความสามารถในการที่จะนำมาใช้ในการออกแบบอาคารยูเรก้าได้อย่างแน่นอน จึงเลือก ArchiCAD มาเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบอาคารหลังนี้

ขั้นตอนในการออกแบบเริ่มจาก การกำหนดแนวความคิดของอาคารให้ตรงตามความต้องการของเจ้าของ หลังจากนั้นจึงเริ่มสร้างรูปร่างลักษณะภายนอกของอาคารและสภาพแวดล้อมบริเวณรอบ ทำการให้แสงเงาตามธรรมชาติของอาคารในลักษณะต่าง ๆ ทำให้สามารถศึกษาวิเคราะห์ถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ที่จะเกิดเนื่องจากขนาดที่ใหญ่โตของอาคาร จากนั้นจึงสร้างรายละเอียดภายในของอาคารแต่ละชั้น ในส่วนของการตกแต่งภายในสามารถสร้างวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการตกแต่ง และสามารถจัดวางตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์รวมถึงอุปกรณ์ตกแต่งอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสม ด้วยการออกแบบและสร้างแบบจำลองของอาคารในลักษณะสมจริงสมจัง คล้ายกับว่าสามารถจับต้องได้จริง ซึ่งส่งผลให้การออกแบบสามารถสร้างผลงานออกมาได้อย่างมีคุณภาพและใช้ระยะเวลาในการทำงานน้อยลง

เอกสารในการก่อสร้างประมาณ 1,000 แผ่น ของกระดาษขนาด A1 สามารถสร้างออกมาจากแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร ซึ่งประกอบด้วย รายการประกอบ รูปด้าน รูปตัด และแบบแสดงรายละเอียดทั้งหมดของอาคาร ซึ่งสามารถพิมพ์ออกมาจากคุณสมบัติการพิมพ์ของ ArchiCad โดยน้ำหนักของเส้น การสร้างเส้นประ การระบายสี และรายละเอียดต่าง ๆ ของเนื้องานมีคุณภาพดี ไม่ต่างไปจากการสร้างงานด้วย 2d Cad อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบ สามารถทำได้ง่ายกว่า เนื่องจากเมื่อมีการแก้ไขส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคาร จะส่งผลให้ส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องแก้ไขตามไปโดยอัตโนมัติ อีกทั้งจำนวนเอกสารผิดพลาดยังมีจำนวนน้อยมากอีกด้วย

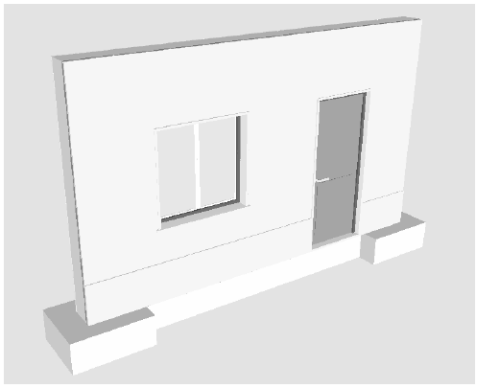
การสร้างส่วนของอาคารที่ลักษณะคล้าย ๆ กันหรือซ้ำ ๆ เช่น ห้องพักหรือห้องน้ำได้มีการสร้างไฟล์แยกส่วนไว้ต่างหาก แล้วจึงนำไปเชื่อมโยงกับส่วนของอาคารที่ใช้งาน การทำงานในลักษณะนี้ สามารถลดขนาดไฟล์ข้อมูลของอาคารลงได้มาก โดยไฟล์ข้อมูลของอาคารยูเรก้ามีขนาดทั้งหมดเพียง 300 MB สิ่งเหล่านี้ สามารถอธิบายได้ถึงความแตกต่างระหว่างการเลือกใช้

การออกแบบอาคารโดยการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ แทนที่การใช้ 2d Cad ในระบบเดิมได้เป็นอย่างดี

2. การใช้แบบจำลอง 3 มิติในด้านการศึกษา

โดยปกติแล้วการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบอาคารด้วยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ จะนำมาใช้ในการนำเสนอรูปร่างลักษณะของอาคารที่ทำการออกแบบ เช่น การนำเสนอในมุมมองแบบการเดินชม (Walk-Though) ซึ่งนำเสนอลักษณะทั้งภายในและภายนอกของอาคารได้อย่างชัดเจน แต่การสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้ไม่ได้มีการนำเสนอในลักษณะที่เป็นไปตามขั้นตอนในการก่อสร้าง ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในส่วนของการศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างและการวางแผนการทำงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะเป็นพื้นฐานของการสร้างแบบจำลอง 4 มิติ (3 มิติ+ระยะเวลา)

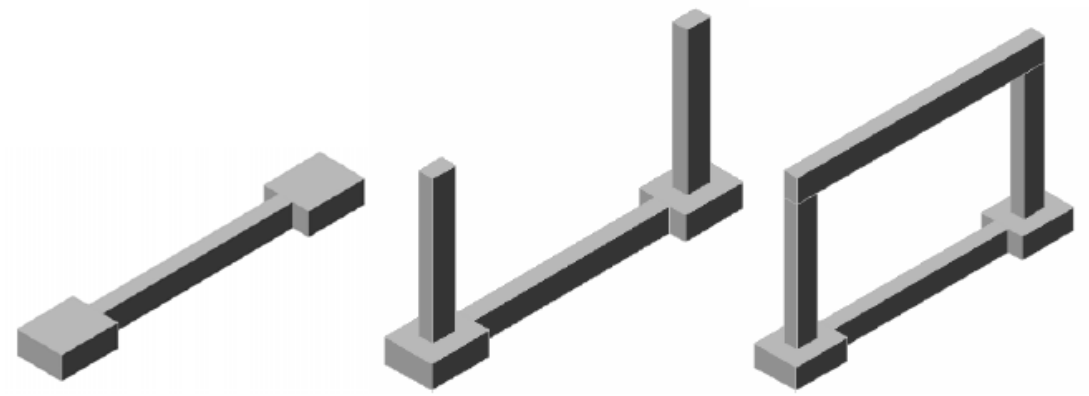
ด้วยเหตุผลนี้มหาวิทยาลัย Lisbon ในประเทศโปรตุเกส จึงได้ทำการศึกษาถึงการนำแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร มาใช้ในการจัดทำสื่อการสอน ในเรื่องของการศึกษาขั้นตอนการก่อสร้าง โดยใช้การสร้างผนังภายนอกของอาคารเป็นกรณีศึกษา ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของผนังที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะได้ศึกษาถึงวัสดุที่ใช้และขั้นตอนในการก่อสร้าง โดยใช้เป็นสื่อการสอนในลักษณะที่เรียนภายในห้องเรียนและการเรียนในลักษณะ e-learning



ภาพที่ 1 ลักษณะของผนังที่ใช้ในการศึกษา

ที่มา: Sampaio (2005)

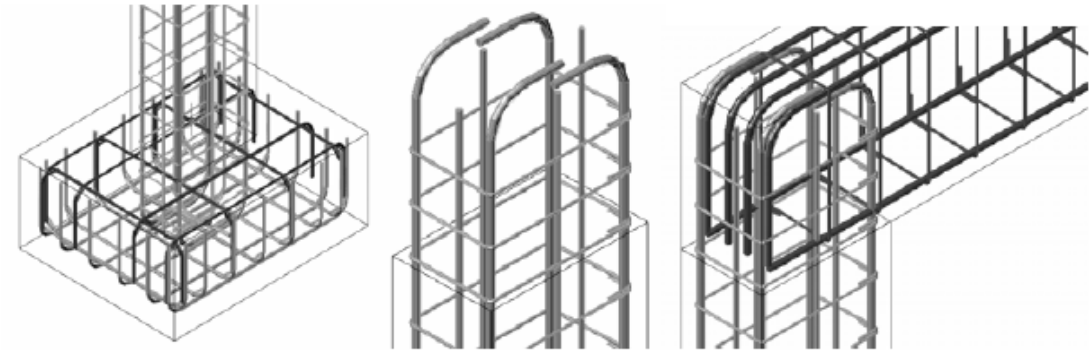
ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงของผนัง จะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผนังและส่งต่อมาทำการสร้างเป็นแบบจำลองเสมือนจริงโดยใช้โปรแกรม EON-Studio ชิ้นส่วนของผนังจะประกอบด้วยโครงสร้าง ซึ่งได้แก่ ฐานราก เสาและคาน ภาพที่ 2 แสดงชิ้นส่วนขอฐานราก เสา คานที่เป็นส่วนประกอบของผนัง



ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนของ ฐานราก เสา คานที่เป็นส่วนประกอบของผนัง

ที่มา: Sampaio (2005)

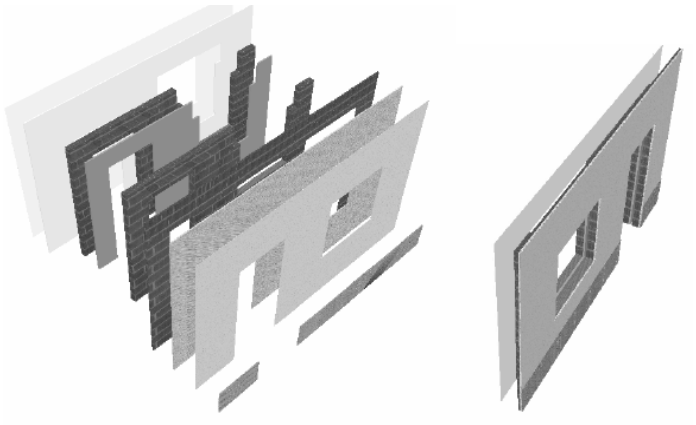
ซึ่งชิ้นส่วนของฐานราก เสา คานเหล่านี้จะเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีเหล็กเสริมเป็นโครงสร้างภายใน ภาพที่ 3 แสดงรายละเอียดของเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก



ภาพที่ 3 รายละเอียดของเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่มา: Sampaio (2005)

ส่วนของตัวผนังจะประกอบด้วย ชั้นของผนังกันความร้อน ชั้นของอิฐก่อ 2 ชั้น ชั้นพื้นผิวของการฉาบ 2 ชั้น ชั้นของพื้นผิวของการทาสี 2 ชั้น และช่องเปิดสำหรับประตูหน้าต่าง 2 ช่อง ภาพที่ 4 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของผนัง

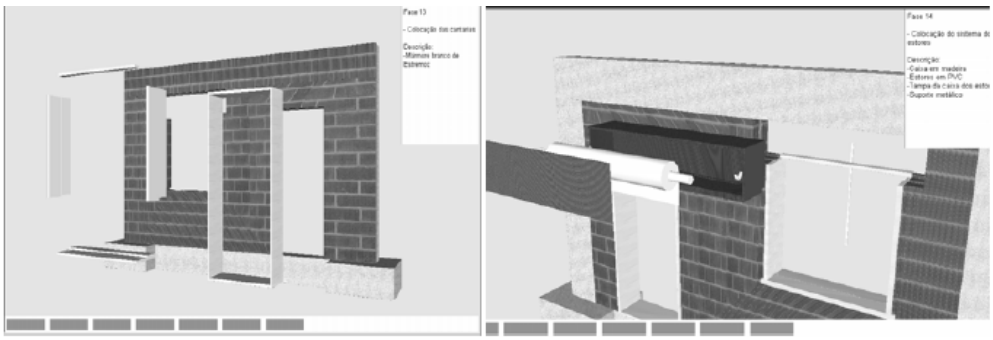


ภาพที่ 4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของผนัง

ที่มา: Sampaio (2005)

ซึ่งชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของผนังเหล่านี้ จะถูกสร้างขึ้นในลักษณะที่เป็นกล่องกราฟิกนำมาประกอบกัน ส่วนของเหล็กเสริมจะถูกสร้างในลักษณะของกล่องกราฟิกรูปทรงกระบอก ซึ่งการนำเสนอลักษณะของผนังสามารถนำเสนอได้ในหลาย ๆ รูปแบบ ได้แก่

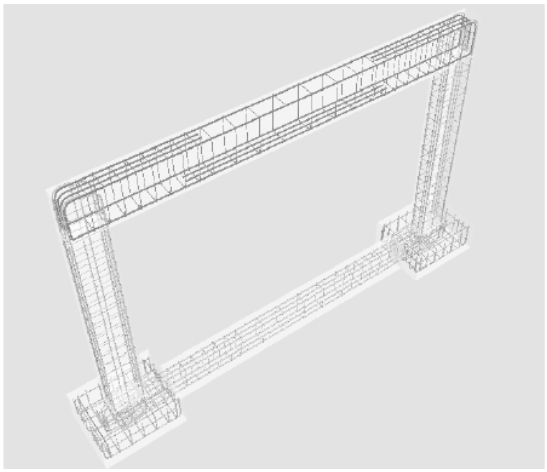
การนำเสนอชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผนัง ในลักษณะของการแตกชิ้นส่วน ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของผนังได้อย่างชัดเจน ภาพที่ 5 แสดงการนำเสนอในลักษณะของการแตกชิ้นส่วน



ภาพที่ 5 การนำเสนอในลักษณะของการแตกชิ้นส่วน

ที่มา: Sampaio (2005)

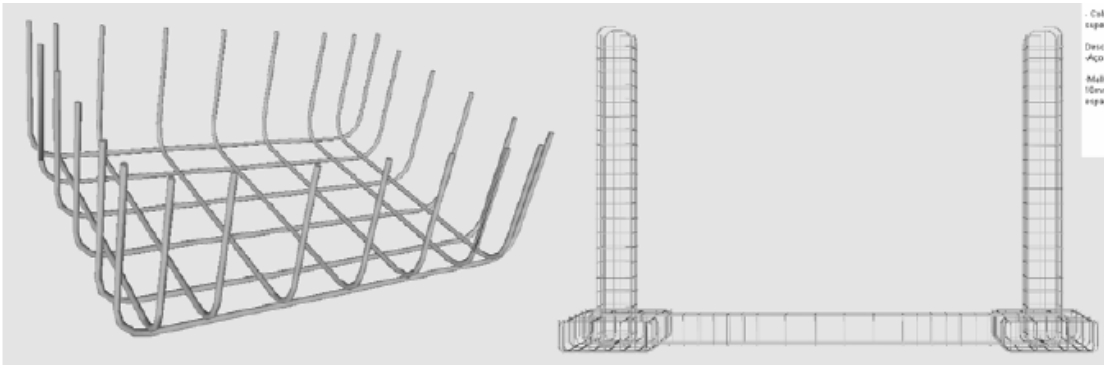
การนำเสนอการนำเสนอชิ้นส่วนโครงสร้างในลักษณะโปร่งใส ทำให้มองเห็นลักษณะของเหล็กเสริมภายในชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างชัดเจน สามารถชี้ให้เห็นถึงชิ้นส่วนของเหล็กเสริมที่ใช้รับแรงในลักษณะต่าง ๆ ภาพที่ 6 แสดงการนำเสนอในลักษณะโปร่งใส



ภาพที่ 6 การนำเสนอในลักษณะโปร่งใส

ที่มา: Sampaio (2005)

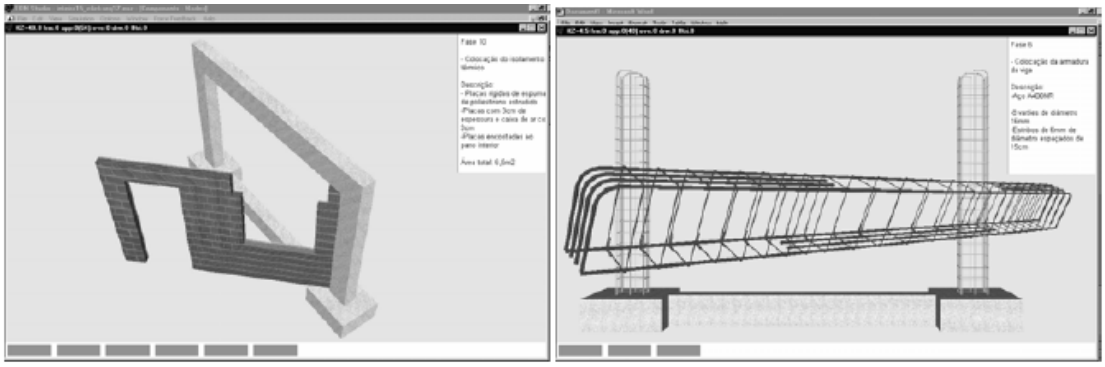
การนำเสนอตามขั้นตอนของการก่อสร้าง เช่น ขั้นตอนในการสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของฐานราก ซึ่งมีการประกอบเหล็กเสริมของฐานราก และการนำไปประกอบเชื่อมต่อกับเหล็กเสริมในส่วนอื่น ภาพที่ 7 แสดงการนำเสนอตามขั้นตอนการก่อสร้าง



ภาพที่ 7 การนำเสนอตามขั้นตอนการก่อสร้าง

ที่มา: Sampaio (2005)

การนำเสนอในลักษณะของการเลื่อนตำแหน่งของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลองเสมือนจริงสามารถแสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนในลักษณะต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ภาพที่ 8 แสดงการนำเสนอในลักษณะของการเลื่อนตำแหน่งของชิ้นส่วน



ภาพที่ 8 การนำเสนอในลักษณะของการเลื่อนตำแหน่งของชิ้นส่วน

ที่มา: Sampaio (2005)

จากคุณสมบัติของการนำเสนอในลักษณะต่าง ๆ สามารถทำให้เราสามารถเห็นภาพส่วนประกอบต่าง ๆ ของผนัง และขั้นตอนในการก่อสร้างได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เราสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการทำงานจริงได้

การใช้สื่อการสอนในลักษณะนี้ ยังสามารถดึงดูดความสนใจของนักศึกษาให้ตั้งใจเรียนมากยิ่งขึ้น การอธิบายบทเรียนทำได้อย่างง่ายดายและชัดเจน ส่งผลให้นักศึกษาเข้าใจบทเรียนได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

การสำรวจโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างแบบจำลอง 3 มิติสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ **โปรแกรมในกลุ่ม Computer Aided Design (CAD) โปรแกรมในกลุ่ม** Computer Aided Manufacturing (CAM) และโปรแกรมในกลุ่ม Virtual Reality ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมในกลุ่ม Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design (CAD) คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเริ่มขึ้นกลางทศวรรษที่ 1950 เมื่อกองทัพอากาศสหรัฐฯ เริ่มต้นนำการแสดงผลแบบรูปภาพ (Graphic) มาใช้กับระบบ SAGE (Semi Automatic Ground Environment) ซึ่งเป็นการแสดงผลของเรดาร์ตรวจจับ โดยใช้จอภาพหลอดรังสีคาโทด ระบบนี้ได้รับการพัฒนาโดยห้องแลบลินคอร์น ณ สถาบันเทคโนโลยี MIT หลังจากนั้น ในปี ค.ศ. 1960 Ivan Sutherland ใช้คอมพิวเตอร์รุ่น TX-2 ที่ห้องแลบลินคอร์น ณ สถาบันเทคโนโลยี MIT เพื่อสร้างโครงการ SKETCHPAD ซึ่งถือเป็นก้าวแรกของวงการ CAD ในขณะเดียวกันก็มีการพัฒนาเกิดขึ้นที่ ITEK และ General Motors โครงการที่ ITEK มีชื่อว่า The Electronic Drafting Machine (เครื่องทำ drawing อิเล็กทรอนิกส์) โดยใช้คอมพิวเตอร์ PDP-1 ของ Digital Equipment Corp. ซึ่งมีการแสดงผลแบบเวคเตอร์ (การเก็บข้อมูลกราฟิกโดยเก็บข้อมูลพิกัด) โดยใช้หน่วยความจำแบบดิสก์ขนาดใหญ่เพื่อทำการรีเฟรชภาพและใช้ปากกาแสงเพื่อป้อนข้อมูล

เทคโนโลยีของโปรแกรม CAD ได้ถูกพัฒนาเริ่มจากการเป็นโปรแกรมช่วยเขียนแบบ 2 มิติ (Drawing) เสมือนเป็นกระดานเขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีคำสั่งในการใช้งานซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้คำสั่ง โดยการใช้เมาส์เลือกที่เมนูบนจอภาพ หรือการป้อนคำสั่งจากแป้นพิมพ์ โปรแกรม CAD มีหลายกลุ่มคำสั่ง ได้แก่ คำสั่งในการวาดองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ เส้นตรง (Line) ส่วนโค้ง (Arc) วงกลม (Circle)วงรี (Ellipse) รูปเหลี่ยม (Polygon) เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และยังมีคำสั่งในการช่วยวาดองค์ประกอบเพิ่มเติม เช่น การสะท้อนให้เกิดภาพ (Mirror) การสำเนาองค์ประกอบที่มีอยู่ (Copy) นอกจากนี้ยังมีคำสั่งในการแก้ไขสิ่งที่ได้วาดลงไปแล้ว ได้แก่ คำสั่งลบออก (Erase) ตัดบางส่วน (Trim) เคลื่อนย้าย (Move) หมุนภาพ (Rotate) การจัดองค์ประกอบต่าง ๆ จำแนกอยู่ในชั้นต่าง ๆ (Layer) เพื่อความสะดวกในการทำงานเสมือนมีแบบหลาย ๆ แผ่นมาซ้อนทับกันอยู่ เช่น ในอาคารหนึ่งหลังจะมีทั้งแบบโครงสร้างแบบไฟฟ้า แบบผนัง ฯลฯ ซึ่งเป็นกระดาษไข เมื่อต้องการใช้ก็จะนำมาทาบกับคำสั่งดังกล่าวที่โปรแกรม CAD 2 มิติ มีให้นั้น ทำให้ผู้ใช้สะดวกและประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย คือเขียนแบบให้เสร็จในคอมพิวเตอร์ จากนั้นค่อยพล็อตออกทางเครื่องพล็อต (Plotter) ทำให้ประหยัดกระดาษ ประหยัดเวลาที่จะต้องเขียนแบบใหม่หมดหากเกิดข้อผิดพลาด ไม่ต้องใช้ใบมีดขูดแบบเพื่อลบเส้นที่ผิด แต่ด้วยการใช้โปรแกรม CAD ที่เป็น 2 มิตินี้ ผู้ใช้ยังคงต้องใช้จินตนาการและประสบการณ์ เพื่อวาดให้ได้แบบที่ถูกต้อง เช่น การวาดรูปด้านข้างของอาคารหรือของชิ้นส่วนที่มีความโค้งมนเหล่านี้ อาจทำให้แบบที่ออกมามีความผิดพลาดไป

โปรแกรม CAD อีกประเภทหนึ่งซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาสูงขึ้น คือ โปรแกรม CAD ที่มีการทำงานในระบบ 3 มิติ ซึ่งจะมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ การออกแบบหรือสร้างแบบจำลอง ลักษณะ 3 มิติ คือ มีขนาดทั้งความกว้าง ความยาว และความสูง (ความหนา) สามารถหมุนดูได้ทุกมุมมองที่ต้องการพิจารณา สามารถสร้างแบบรูป 2 มิติหลังจากการเสร็จสิ้นออกแบบ เพื่อนำไปผลิตและสามารถแก้ไขงานได้ทันทีที่ต้องการ ระบบการเขียนแบบ 3 มิติในโปรแกรม CAD มี 4 แบบ คือ

- ข้อมูลแบบ Wire frame การแสดงผลแบบนี้มักจะพบในโปรแกรมรุ่นเก่า ๆ ซึ่งจะเก็บข้อมูลของแบบจำลองเฉพาะ เส้นขอบ (ทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง) และพิกัดของจุด การแสดงผลแบบนี้ทำได้รวดเร็ว แต่ภาพที่ได้จะดูค่อนข้างยาก ว่าแสดงผลอยู่ในมุมมองใด

- ข้อมูลแบบ Surface การแสดงผลแบบนี้จะคล้ายกับการนำผืนผ้าสี่เหลี่ยมซึ่งถือเป็นหนึ่งผิวหน้า (face) มาเย็บต่อ ๆ กัน จะได้เป็นพื้นผิว (surface) บางคล้ายเปลือกนอก การเก็บข้อมูลแบบนี้จะเก็บข้อมูล เส้นขอบ พิกัดของจุด และข้อมูลของขอบผิวที่ติดกัน

- Constructive solid geometry (CSG) ข้อมูลแบบจำลอง 3 มิติ แบบนี้จะถูกเก็บในลักษณะของลำดับของการนำรูปทรงตันพื้นฐาน (Solid Primitives) เช่น ก้อนลูกบาศก์ ลูกกลม ทรงกระบอก, ลิ่ม, ปิรามิด ฯลฯ มาสร้างความสัมพันธ์กันด้วย Boolean Operator เช่น union (รวมกัน) subtract (ลบออก) intersection (เฉพาะส่วนที่ซ้อนทับกัน) และ difference (เฉพาะส่วนที่ไม่ทับกัน) เพื่อให้ได้รูปทรงที่ต้องการ รูปทรงที่ใช้วิธีนี้สร้างจะมีความถูกต้องสูง เนื่องจากใช้วิธีการทำ Boolean Operation เท่านั้นซึ่งเป็นวิธีที่ธรรมดาและโครงสร้างของข้อมูลก็ไม่ซับซ้อน

- Boundary representation (B-Rep) ข้อมูลแบบจำลอง 3 มิติแบบนี้ จะเก็บข้อมูลของพื้นผิวรอบนอกของทรงตันที่เชื่อมติดต่อกัน ซึ่งมีข้อมูลของ พื้นผิว (face) ขอบ (edge) จุดมุมของพื้นผิว (vertex) และความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสาม ข้อมูลแบบ B-Rep แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ระดับแรก คือ Facetted เป็น Solid ที่ถูกปิดล้อมด้วย planar surface ระดับที่สอง คือ Elementary เป็น Solid ที่ถูกปิดล้อมด้วย Panar, Quadric หรือ Toroidal surface ระดับสุดท้าย คือ Advanced เป็น Solid ที่ถูกปิดล้อมด้วย Planar, Quadric, Toroidal surface รวมถึง Spline surface (สร้างจาก B-Spline, Bzier, NURBS)

ตัวอย่างโปรแกรม CAD ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน สามารถแบ่งตามจุดประสงค์การใช้งานได้ ดังนี้

1.1 โปรแกรม AutoCAD พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Autodesk เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมากจนกระทั่งทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจผิดคิดว่าระบบเขียนแบบและออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ทำได้ด้วยโปรแกรมชนิดนี้เท่านั้น และบางครั้งถึงกับใช้คำว่า AutoCAD เรียกแทนระบบ CAD โดยลักษณะเด่นของโปรแกรม AutoCAD ได้แก่

1.1.1 มีประสิทธิภาพในการสร้างงานในรูปแบบ 2 มิติ AutoCAD เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการเขียนแบบทางด้านวิศวกรรมโยธา ออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรม และการออกแบบชิ้นงานทางด้านเครื่องกล เป็นเพราะความง่ายต่อการทำงานในลักษณะ 2 มิติ โดยการทำงานคล้าย

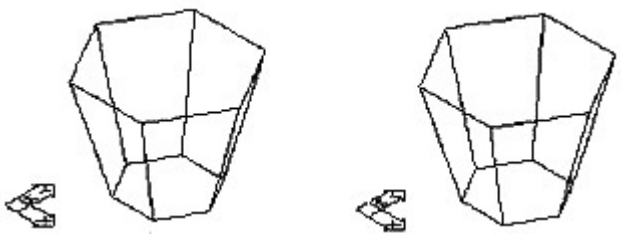
กับการใช้โต๊ะเขียนแบบ แต่มีความสามารถของการคำนวณและการประมวลผลของคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้เพื่อให้การทำงานที่ซ้ำ ๆ หรือการคำนวณทำได้รวดเร็วและแม่นยำ อีกทั้งการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบ ทำได้อย่างง่ายดาย ทำให้ AutoCAD เข้ามาแทนที่การเขียนแบบในระบบเดิมอย่างสิ้นเชิง

1.1.2 การทำงานโดยใช้ข้อมูลระบบ E-business เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทางด้าน Internet Publish to Web, AutoCAD Hyperlinks, E-Transmit, Host Meeting บน Internet & Intranet และเทคโนโลยี I-Drop ในการ Drag & Drop ข้อมูลหรือ Objects ผ่าน Web รวมถึงพัฒนา Display Performance, Dual Processor Performance และ 3D Performance Drop ในการ Drag & Drop ข้อมูลหรือ Objects ผ่าน Web รวมถึงพัฒนา Display Performance, Dual Processor Performance และ 3D Performance

1.1.3 ความสามารถคำนวณ โดยโปรแกรม AutoCAD มีฟังก์ชันในการคำนวณหาปริมาตร จุดศูนย์กลางของปริมาตร จุดศูนย์ถ่วงและอื่น ๆ ที่ใช้เป็นพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมได้

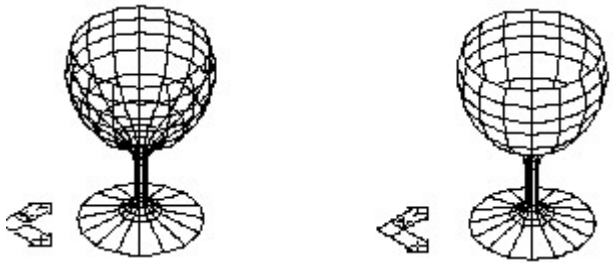
1.1.4 การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ สำหรับ AutoCAD แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ดังต่อไปนี้

ก. การขึ้นรูปแบบ Wire frame Modeling คือ การใช้เส้นโครงลวดกำหนดรูปร่างลักษณะของวัตถุ 3 มิติ ภาพที่ 9 แสดงการการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Wire frame Modeling รูปทรงลวด (Wire frame) ไม่มีพื้นผิวหน้า (Face) แต่มีเพียงเส้นขอบของโครงลวด ประกอบขึ้นเป็นรูป 3 มิติ การเขียนวัตถุ 3 มิติ ด้วยวิธีนี้เสียเวลามากเนื่องจากต้องเขียนเส้นทุกเส้นและกำหนดตำแหน่งใน 3 มิติที่ต้องการเอง ซึ่งเป็นการใช้โครงร่างของ Surface และSolid modeling ที่ซับซ้อน



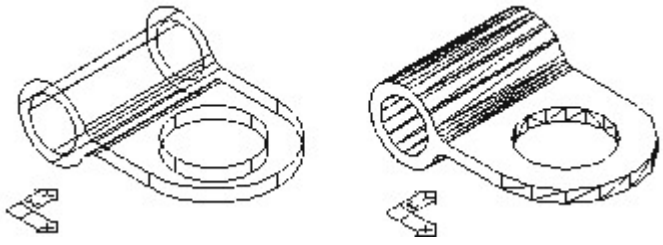
ภาพที่ 9 การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Wire frame Modeling

ข. การขึ้นรูปแบบ Surface Modeling มีวิธีการที่ซับซ้อนกว่า Wire frame Modeling เนื่องจากมีการกำหนดขอบ (Edges) และพื้นผิว (Surface) ของวัตถุ 3 มิติ Surface Modeling มีการกำหนดพื้นผิวโดยใช้โพลีกอนเมส (Polygon mesh) ซึ่งเป็นพื้นผิวสามเหลียมแบบราบหลาย ๆ ชิ้นเชื่อมต่อกัน หากพื้นผิวอยู่ในระนาบเดียวกันจะไม่ปรากฏขอบให้เห็น หากพื้นผิวทำมุมในระนาบต่างกัน ทำให้ปรากฏขอบของวัตถุ 3 มิติให้เห็น ภาพที่ 10 แสดงการการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Surface Modeling วิธีการนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการขึ้นรูป 3 มิติ ที่มีพื้นผิวเป็นส่วนโค้งส่วนเว้า หรือพื้นผิวที่ไม่ราบเรียบ เช่น ภูเขา ต้นไม้



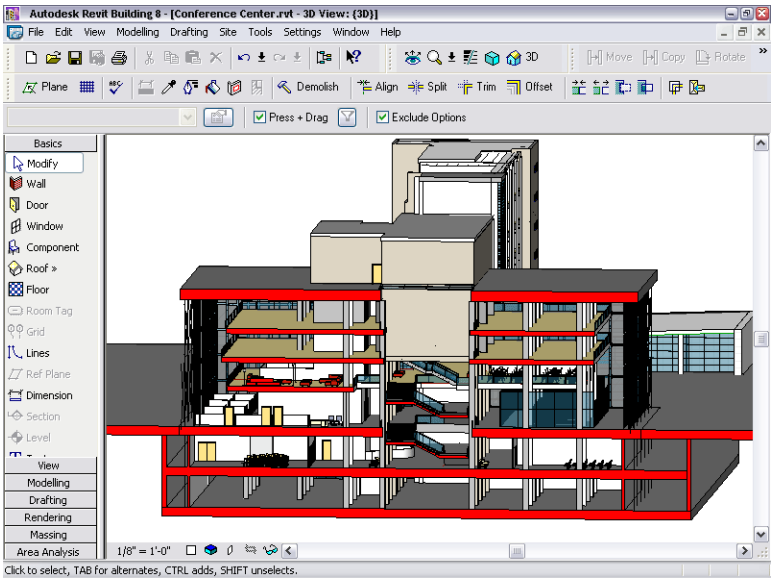
ภาพที่ 10 การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Surface Modeling

ค. การขึ้นรูปแบบ Solid Modeling เป็นวิธีการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ ที่ง่ายและสะดวกที่สุด สามารถที่จะเขียนวัตถุ 3 มิติเรขาคณิตพื้นฐาน เช่น Box, Cylinder, Cone แล้วรวมวัตถุเหล่านั้นเข้าด้วยกัน ภาพที่ 11 แสดงการการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Solid Modeling เพื่อสร้างวัตถุ 3 มิติ รูปใหม่ที่มีความซับซ้อนกว่า โดยการรวมวัตถุเข้าด้วยกัน (Union) หักลบวัตถุ 3 มิติออกจากกัน (Subtract) และหาส่วนของวัตถุที่ตัดกัน (Intersection) โดยใช้ส่วนของวัตถุที่ทับกันหรือตัดกันโดยปริมาตร สามารถสร้าง Solid จากวัตถุ 2 มิติ แบบปิดโดยยืดหรือหมุนวัตถุ 2 มิติไปตามแนว Path วิธีนี้เหมาะกับงานทางด้านสถาปัตยกรรม เช่น การขึ้นรูปบ้าน อาคาร



ภาพที่ 11 การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบ Solid Modeling

1.2 โปรแกรมออกแบบสถาปัตยกรรม ตัวอย่างโปรแกรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ Autodesk Revit, ArchiCad และ Autodesk Architectural Desktop (ADT) โปรแกรมในกลุ่มนี้เป็นโปรแกรมที่กำลังได้รับความนิยมในต่างประเทศโดยเฉพาะในการออกแบบอาคารสูงอย่าง Freedom Tower และ Eureka Tower ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม Autodesk Revit



ภาพที่ 12 ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม Autodesk Revit (http://usa.autodesk.com)

แบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมในกลุ่มนี้เป็นแบบจำลองเชิงวัตถุ (Object-Oriented) โดยมีการสร้างวัตถุและความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างวัตถุ ตัวอย่างเช่น เสาในแบบจำลองที่ไม่ใช่แบบจำลองเชิงวัตถุ เสาเป็นเพียงแค่กล่อง 1 ใบซึ่งไม่ต่างไปจากคานและพื้นซึ่งก็คือกล่องเช่นกัน แต่ในแบบจำลองเชิงวัตถุผู้ใช้สามารถกำหนดว่ากล่องนั้น ๆ คือเสา หรือคาน หรือพื้น ยิ่งไปกว่านั้นผู้ใช้สามารถกำหนดคุณสมบัติของเสา คาน หรือพื้นนั้น ๆ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างเสา คาน และพื้น ลักษณะเด่นของโปรแกรมในกลุ่มนี้ ได้แก่

1.2.1 การทำงานในแบบสามมิติเป็นหลัก ทำให้การออกแบบมีความชัดเจนถูกต้อง รวดเร็ว ขจัดแบบที่ผิดพลาดจากการเขียนแบบสองมิติ เนื่องจากแบบ 2 มิติ ที่ฉายจาก 3 มิติ จะปรับตามการแก้ไขตลอดเวลาด้วยระบบ parametric ทำให้มีความสะดวก ยืดหยุ่นในการสร้าง และปรับแก้ไขแบบ เช่น การแก้ไขขนาดห้อง สามารถจับกำแพงยืดออก ฝ้าเพดานและพื้นก็จะตาม ไปด้วย หรือจะใช้การใส่ระยะที่ยืดให้พอดีก็ได้

1.2.2 Integrated Visualization & Presentation สามารถสร้างภาพนำเสนอเหมือนจริงทั้ง ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว จากแบบสามมิติได้ โดยไม่ต้องส่งไปยังโปรแกรมอื่นอีก ทำให้สะดวกในการนำเสนองานอย่างมาก สามารถใส่องค์ประกอบภาพต่าง ๆ ได้ครบ ทั้งวัสดุ สี แสงเงา ภายนอกภายใน จำลองทิศแสงแดดตามพื้นที่และฤดูกาล คนและต้นไม้เงาตกกระทบที่มีเงาตก กระทบเหมือนจริง

1.2.3 สามารถแปลงข้อมูลแบบให้กับ AutoCAD โดยตั้งการแยก Layer ได้ ทำให้สามารถทำงานร่วมกับระบบเดิม หรือหน่วยงานภายนอกที่ใช้ AutoCAD ได้เป็นอย่างดี หากมีข้อมูลแบบเดิม จาก AutoCAD สามารถนำมาประกอบกับแบบในโปรแกรม หรือใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อประหยัดเวลาไม่ต้องขึ้นใหม่ทั้งหมด อีกทั้งนำเข้าเฉพาะ Layer ที่ต้องการได้ด้วย (http://www.pesik.com/product/revit.html)

1.3 โปรแกรมเขียนแบบเครื่องกล ตัวอย่างโปรแกรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ โปรแกรม CATIA, I-Deas, Pro/Engineer, SolidEdge, Unigraphics SolidWorks, Autodesk Mechanical Desktop, AutoCAD Mechanical และ Autodesk Inventor ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติ โดยโปรแกรมเขียนแบบเครื่องกล โปรแกรมในกลุ่มนี้เป็นโปรแกรมออกแบบผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรกล และยานยนต์ต่าง ๆ เช่น งานออกแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องจักรกล เฟอร์นิเจอร์ เซรามิค Packaging, Mold & Die, Construction Equipment, งานแผ่นคลี่โลหะแผ่น โดยมีวิธีการสร้างและขึ้นรูปแบบ Solid และ Surface Modeling ลักษณะเด่นของโปรแกรมเหล่านี้ ได้แก่

1.3.1 Assembly Modeling ประกอบชิ้นส่วน 3 มิติ ใช้หน่วยความจำน้อย สามารถสร้าง Drawing 2 มิติ จากแบบจำลอง 3 มิติ โดยอัตโนมัติ มี Adaptive ใช้หาขนาดที่เหมาะสมของ Mechanical Link และชิ้นส่วนที่ประกอบกันได้

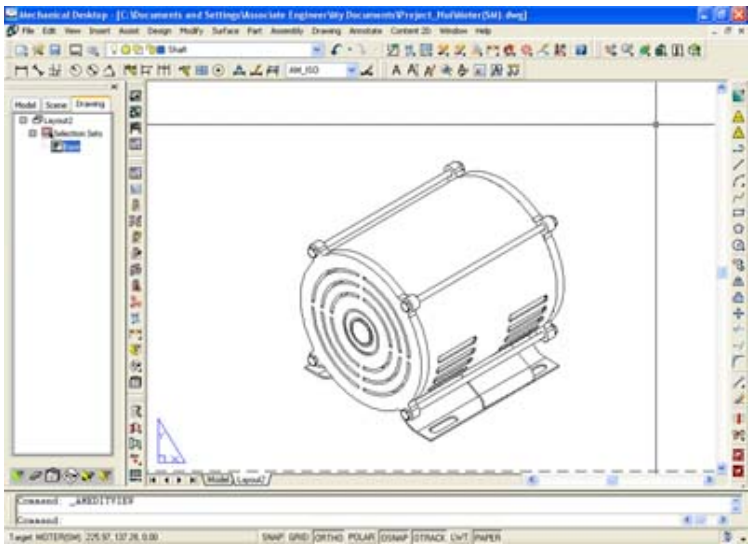
1.3.2 Motion ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ตรวจสอบหาชิ้นส่วนที่ขัดกัน สร้างภาพเคลื่อนไหว แสดงการทำงานของเครื่องจักร

1.3.3 Sheet Metal ออกแบบงานพับและแผ่นคลี่งานโลหะแผ่น

1.3.4 Design Accelerator การเลือกใช้ชิ้นส่วนเครื่องกลโดยมีคำนวณความแข็งแรงเชิงวิศวกรรม เช่น การคำนวณความแข็งแรงของฟันเฟือง

1.3.5 Impart Catalog สามารถสร้างชิ้นส่วนมาตรฐานด้วยตนเองโดย และสามารถ Link กับ MS Excel Library ชิ้นส่วนมาตรฐานงานออกแบบเครื่องกลได้

1.3.6 Presentation สร้างภาพเคลื่อนไหวแสดงการถอดและประกอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร



ภาพที่ 13 ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรมเขียนแบบเครื่องกล

2. โปรแกรม**ในกลุ่ม** Computer Aided Manufacturing (CAM)

CAM เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต ซึ่งจะใช้โปรแกรมเพื่อควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี (Computer Numerical Controlled) ให้สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว โปรแกรมในกลุ่ม CAM มีหลายประเภทให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม อาทิเช่น CAM MasterCAM, Delcam, Esprit, EdgeCAM, Gibbscam และ Solidcam ลักษณะเด่นของโปรแกรมกลุ่ม CAM คือ

2.1 รับข้อมูล 3 มิติจากโปรแกรม CAD ได้ในรูปแบบมาตรฐาน (IGES, STEP, STL)

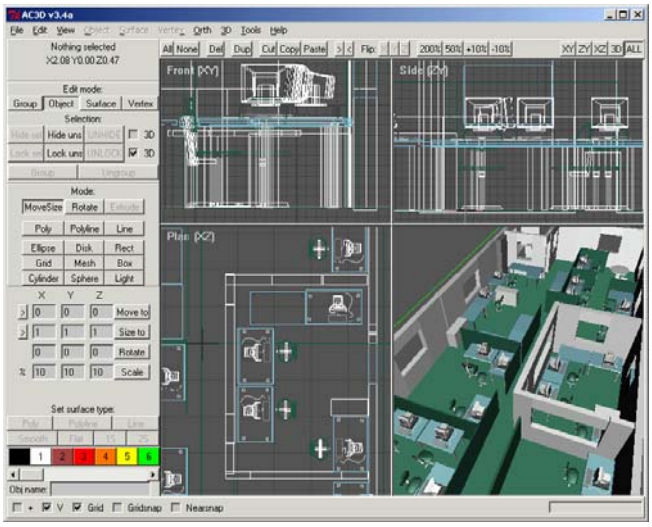
2.2 เลือก Tool หรือหัวกัดชิ้นงานตามขนาดที่ต้องการกำหนดการกัดงานด้วยรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่การกัดหยาบ, กัดละเอียด

2.3 ทดสอบการกัดชิ้นงาน บนจอภาพเพื่อตรวจสอบก่อนการกัดงานจริง (ส่วนนี้โปรแกรมบางตัวอาจยังไม่มีให้ใช้งาน)

2.4 สร้าง G-code ซึ่งเป็นรหัสเพื่อบอกให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง ซึ่งโปรแกรม CAM นั้นจะต้องสร้าง G-code ให้มีรูปแบบตรงกับรูปแบบที่เครื่องจักรรุ่นนั้น ๆ รู้จัก

3. โปรแกรมในกลุ่ม Virtual Reality

ตัวอย่างโปรแกรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ Maya, 3D Studio Max และ ac3d โปรแกรมในกลุ่มนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างรูปเสมือนจริงเป็นรูปภาพกราฟิก 3 มิติ นิยมใช้ในงานสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) บนอินเทอร์เน็ตหรือเรียกอีกอย่างว่าเป็นการสร้างโลกเสมือนจริงที่ผู้ใช้เสมือนได้เข้าไปอยู่ในโลกเสมือนจริงนั้น ภาพที่ 14 แบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม ac3d ลักษณะเด่นของโปรแกรมเหล่านี้ ได้แก่ การสร้างการโต้ตอบกับผู้ใช้ทันที (Real-time Interactive) และสนับสนุนการสร้างแสงและเสียง 3 มิติ(Create Light and Sound 3D) ปัจจุบันเริ่มมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมในกลุ่มนี้กับงานวิศวกรรมมากขึ้น อาทิเช่น การใช้โปรแกรม Virtual Reality จัดทำสื่อการสอนแสดงขั้นตอนการก่อสร้าง (Studer, 2005)



ภาพที่ 14 แบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม ac3d

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นงลักษณ์ (2538) ได้พัฒนาโปรแกรมด้านคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้ชุดคำสั่งเอกซ์วิวในการพัฒนา User Interface และใช้ซันฟิกส์รุ่น 2.0 ในการแสดงผล การสร้างภาพแบบจำลอง 3 มิติของโปรแกรม เริ่มตั้งแต่การสร้างรูปทรง 2 มิติ และนำมากำหนดเป็นรูปทรง 3 มิติให้วัตถุ แล้วจึงนำวัตถุเหล่านั้นประกอบกันเป็นแบบจำลอง จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้ไปใส่ในฉากและกำหนดข้อมูลแสง เพื่อทำการสร้างภาพของแบบจำลอง

สิทธิโชค (2541) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กราฟิกมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงานก่อสร้าง โดยการพัฒนาโปรแกรม 3-D CAD CAM ขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการเขียนแบบทางสถาปัตยกรรม มากำหนดกิจกรรมที่ใช้ในการก่อสร้างตลอดจนความสัมพันธ์ของกิจกรรมเหล่านั้นขึ้นอย่างอัตโนมัติ ทำให้ผู้เกี่ยวข้องมองเห็นความก้าวหน้าของโครงการ ณ เวลาต่าง ๆ อย่างชัดเจน และแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม 3-D CAD CAM แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเอาข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบไปใช้ในขั้นตอนการก่อสร้างทำให้การวางแผนงานก่อสร้างทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัยโครงการ มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์

2. เครื่องพิมพ์เอกสาร

3. โปรแกรมสำเร็จรูป ได้แก่

   3.1 โปรแกรม MS Access

   3.2 โปรแกรม Edit Plus

   3.3 โปรแกรมภาษาจาวา

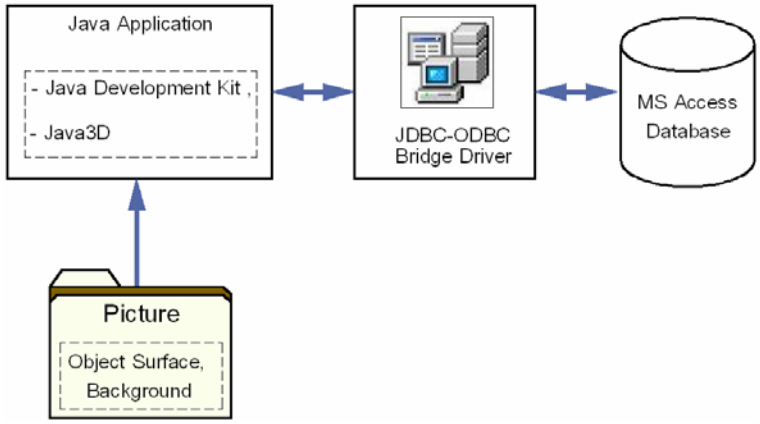
วิธีการ

ขั้นตอนการวิจัย เริ่มตั้งแต่การออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม การพัฒนาแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ของระบบฐานข้อมูล การพัฒนาชุดคำสั่งแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม การสร้างระบบฐานข้อมูลและเขียนโปรแกรม (Source Code) ด้วยภาษาจาวา สุดท้ายจะทำการทดสอบและปรับแก้โปรแกรม โดยรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1. การออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม

การออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม เป็นการกำหนดคุณสมบัติและจำนวนของ Software ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาระบบและวิธีการในการสื่อสารและเชื่อมโยงอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถทำงานร่วมกันอย่างเป็นเอกภาพและสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 15 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองอาคาร 3 มิติ ซึ่งประกอบด้วย Java Development Kit (JDK), Java3D Class, โปรแกรม Microsoft Access และแฟ้มข้อมูลภาพนิ่ง



ภาพที่ 15 สถาปัตยกรรมระบบโปรแกรม (Software Integration Architecture)

Java Development Kit (JDK) เป็นชุดโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการทำงานของโปรแกรมภาษาจาวา โปรแกรมภาษาจาวา มีลักษณะเป็นโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Program) คือ มีแนวคิดการมองสิ่งต่าง ๆ เป็นวัตถุ โดยวัตถุแต่ละชิ้นที่ถูกสร้างขึ้นมา สามารถนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นได้โดยที่ไม่ต้องเขียนขึ้นใหม่ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมได้อย่างมาก โดยมี Java3D เป็นโปรแกรมเสริมที่ช่วยให้สามารถสร้างวัตถุและวิเคราะห์เชิง 3 มิติได้ โปรแกรม Java3D นั้นสามารถใช้ได้กับ Java Development Kit ตั้งแต่เวอร์ชัน JDK 1.2 เป็นต้นไป หลักการทำงานของโปรแกรม สามารถทำงานโดยใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว (Stand Alone Application)

แฟ้มข้อมูลภาพนิ่งสำหรับจัดเก็บภาพในสกุล jpg เพื่อดึงข้อมูลภาพนิ่งไปใช้ในการกำหนดภาพพื้นหลังของระนาบ 3 มิติและกำหนดลักษณะพื้นผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างอาคาร ซึ่งจัดเก็บไว้ภายนอกฐานข้อมูลเพื่อลดขนาดการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้ฐานข้อมูลสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดเก็บข้อมูลของระบบใช้โปรแกรม Microsoft Access สำหรับจัดทำฐานข้อมูลของอาคาร โปรแกรม Microsoft Access เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันทั่วไป มีความสามารถในการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์แบบ การติดต่อเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมภาษาจาวากับโปรแกรม Microsoft Access ใช้ JDBC-ODBC Bridge เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมกับฐานข้อมูล

2. การพัฒนาแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ (Physical Model) ของระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลองเชิงสัมพันธ์เป็นการออกแบบระบบฐานข้อมูลโดยละเอียด แบบจำลองเชิงสัมพันธ์นั้นเปรียบเสมือนพิมพ์เขียวของระบบฐานข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล โดยมีการวางแผนการจัดเก็บข้อมูลให้สามารถตอบสนองความต้องการของระบบได้อย่างครบถ้วน การออกแบบฐานข้อมูลที่ดีจะช่วยป้องกันการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนทำให้ฐานข้อมูลมีขนาดเล็ก ทั้งยังช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูลและปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ทั้งนี้จะทำให้ระบบโดยรวมสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงต้องมีการตรวจสอบ Normalization เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการออกแบบระบบฐานข้อมูล

3. การพัฒนาชุดคำสั่ง (Algorithm) แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

การพัฒนาชุดคำสั่งแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม เป็นการวางแผนการทำงานของโปรแกรมเพื่อป้องกันความซ้ำซ้อนของการทำงาน โดยชุดคำสั่งหลักที่จะถูกพัฒนาขึ้นประกอบด้วย

3.1 ชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร

3.2 ชุดคำสั่งในการสร้างรูป 2 มิติจากแบบ 3 มิติของอาคารที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย

3.2.1 ชุดคำสั่งในการแสดงผลรูปด้านของอาคาร ได้แก่ รูปด้านหน้า รูปด้านหลัง รูปด้านซ้าย รูปด้านขวา และรูปด้านบนของอาคาร

3.2.2 ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร ได้แก่ รูปตัดตามแนวแกน X รูปตัดตามแนวแกน Y และรูปตัดตามแนวแกน Z ของอาคาร

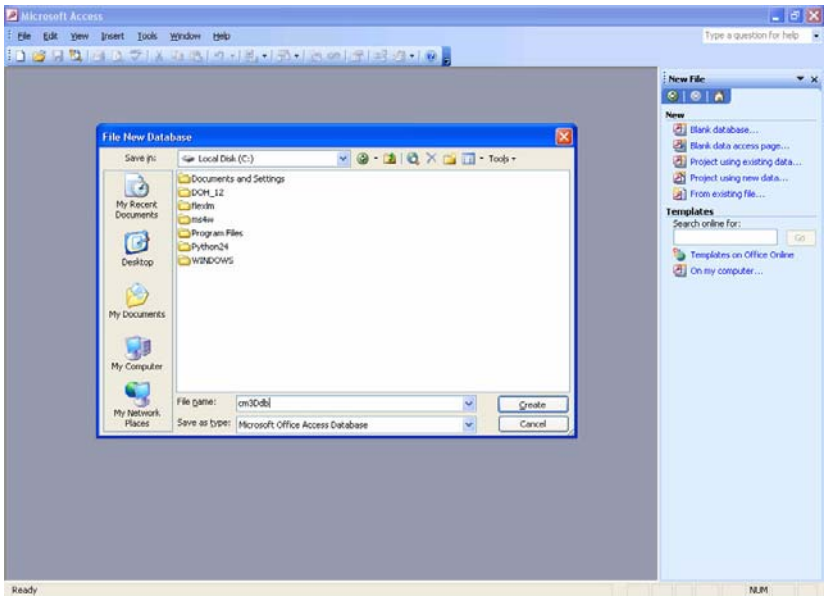
3.2.3 ชุดคำสั่งในการสร้างรูปแปลนพื้นของอาคาร

4. การสร้างระบบฐานข้อมูลและเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างระบบฐานข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้และการเขียนโปรแกรม (Source Code) ด้วยภาษาจาวา สำหรับการประมวลผลชุดคำสั่งและแสดงภาพแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ โดยมีรายละเอียดในการจัดทำ ดังนี้

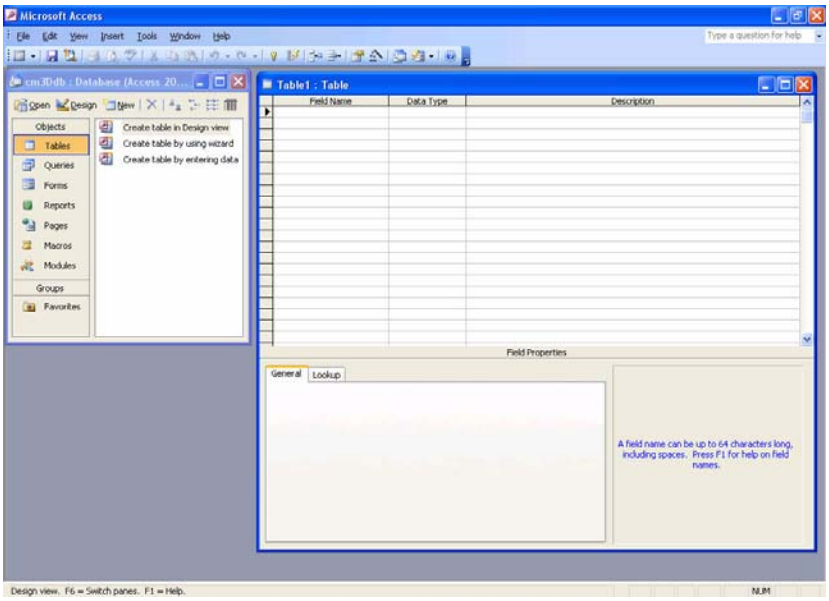
4.1 การสร้างระบบฐานข้อมูลใช้โปรแกรม MS Access เป็นโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งปกติแล้วโปรแกรม MS Access จะได้รับการติดตั้งไว้พร้อมกับการติดตั้งโปรแกรม MS Office ของเครื่องมีดังต่อไปนี้

4.1.1 ภาพที่ 16 แสดงหน้าต่างสำหรับบันทึกไฟล์ของโปรแกรม MS Access (version 2003) โดยเมื่อเปิดหน้าจอขึ้นมา ให้ทำการเลือกฐานข้อมูลเปล่าเพื่อทำการสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างให้บันทึกไฟล์ ให้ทำการพิมพ์ชื่อไฟล์ฐานข้อมูลในช่อง “File Name” แล้วคลิกปุ่ม “Create” โปรแกรมจะสร้างฐานข้อมูลเปล่าสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูล



ภาพที่ 16 หน้าต่างสำหรับบันทึกไฟล์ของโปรแกรม MS Access (version 2003)

4.1.2 เมื่อบันทึกไฟล์เรียบร้อยแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม “Table” แล้วดับเบิลคลิกที่ปุ่ม “Create table in Design view” จะปรากฏหน้าต่างสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูล ภาพที่ 17 แสดงหน้าต่างสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูล จากนั้นทำการสร้างตารางให้ครบถ้วนตามที่ได้รับการออกแบบไว้ในแบบจำลองเชิงสัมพันธ์



ภาพที่ 17 หน้าต่างสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูล

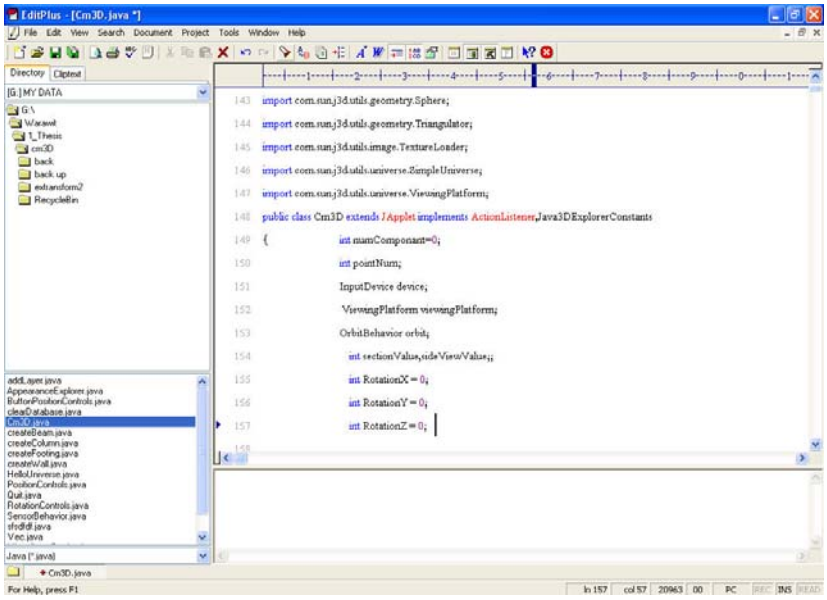
4.2 การเขียนโปรแกรม (Source Code) ด้วยภาษาจาวาสำหรับประมวลผลชุดคำสั่งแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โดยก่อนที่จะเริ่มการเขียนซอร์สโคด ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมเพื่อเตรียมใช้งาน ซึ่งโปรแกรมที่ต้องติดตั้งประกอบด้วย

4.2.1 โปรแกรม Java Development Kit (JDK) รุ่น jdk-1_5_0_08-windows-i586-p เป็นชุดโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการทำงานของโปรแกรมภาษาจาวา

4.2.2 โปรแกรม Java3D รุ่น java3d-1_3_1–windows-i586–opengl-sdk เป็นโปรแกรมเสริมของโปรแกรม Java Development Kit (JDK) ที่ช่วยให้สามารถสร้างวัตถุและวิเคราะห์เชิง 3 มิติได้

เมื่อติดตั้งโปรแกรม Java Development Kit (JDK) และ Java3D เรียบร้อยแล้ว ต้องการกำหนดค่า JDBC - ODBC Bridge Driver เพื่อสร้างการติดต่อระหว่างโปรแกรมภาษาจาวากับโปรแกรม MS Access ซึ่งเป็นโปรแกรมฐานข้อมูล รายละเอียดขั้นตอนและวิธีการติดตั้งโปรแกรม Java Development Kit (JDK), Java3D และการกำหนดค่า JDBC - ODBC Bridge Driver ได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ก

การเขียนโปรแกรม (Source Code) ภาษาจาวา ใช้โปรแกรม “Edit Plus” เป็นโปรแกรม Text Editor ในเขียนซอร์สโคด ซึ่งช่วยให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายและลดระยะเวลาในการทำงานลงได้มาก ภาพที่ 18 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม “Edit Plus” สำหรับเขียนซอร์สโคดของภาษาจาวา



ภาพที่ 18 หน้าต่างของโปรแกรม “Edit Plus” สำหรับเขียนซอร์สโคดของภาษาจาวา

5. ทดสอบและปรับแก้โปรแกรม

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทดสอบและปรับแก้โปรแกรมเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบและการเขียนโปรแกรม

ผลและวิจารณ์

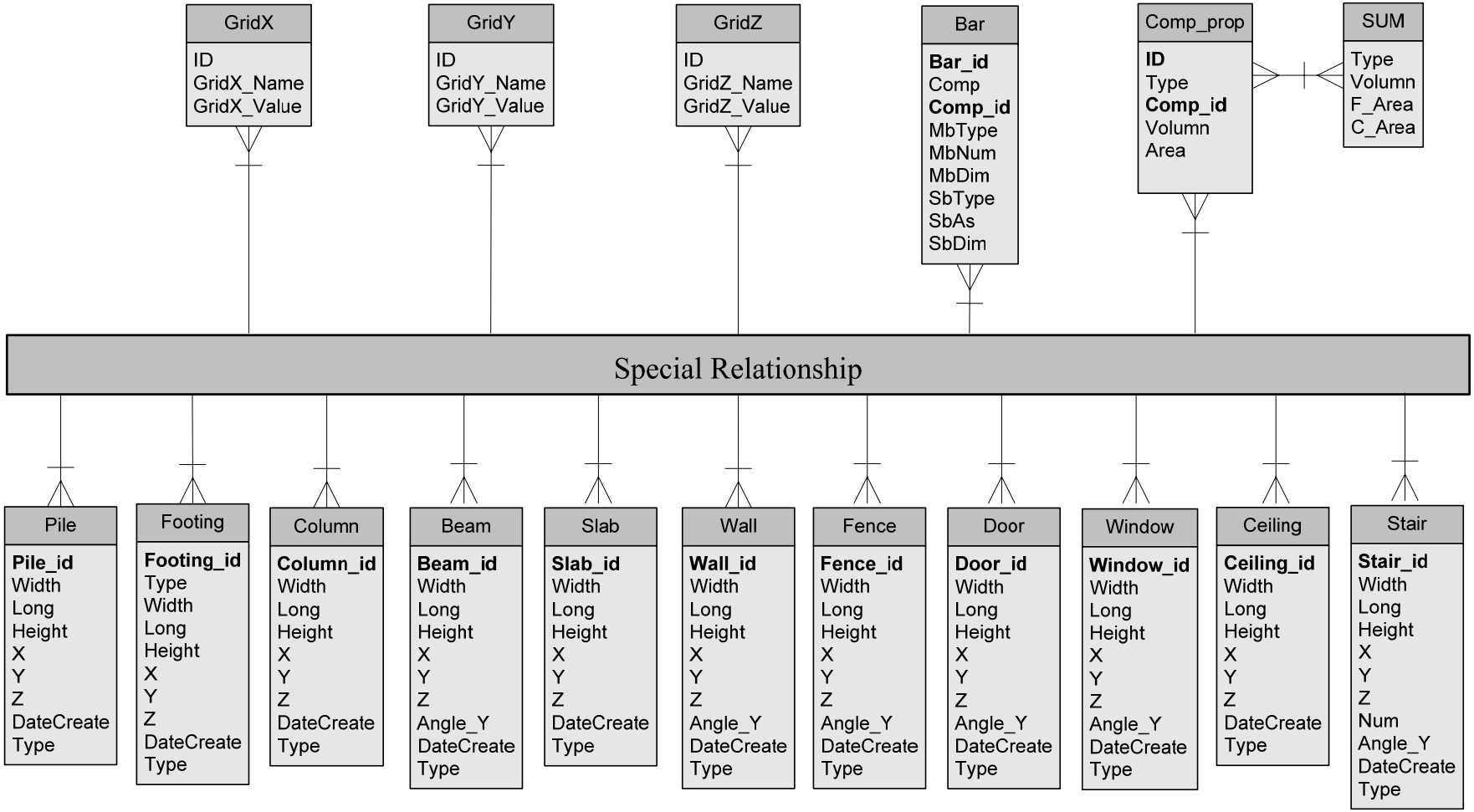
ผล

1. การพัฒนาแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ของระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ของระบบฐานข้อมูล ได้ออกแบบการเก็บข้อมูลให้แยกเป็นตาราง ภาพที่ 19 แสดงลักษณะฐานข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร โดยได้มีการตรวจสอบ Normalization เพื่อให้มั่นใจว่าฐานข้อมูลที่จะพัฒนาขึ้นจะไม่จัดเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนและป้องกันการขัดแย้งระหว่างข้อมูล ทั้งยังจะช่วยให้การปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเป็นไปอย่างสะดวกและถูกต้อง โดยรายละเอียดของการเก็บข้อมูลในตารางแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ฐานข้อมูลที่ออกแบบได้มีการจัดเก็บข้อมูลของชิ้นส่วนของอาคารแยกตามชนิดของชิ้นส่วนเพื่อง่ายต่อการจัดการ โดยแยกเป็นตาราง “Pile” ตาราง“Footing” ตาราง“Column” ตาราง“Beam” ตาราง“Slab” ตาราง“Wall” ตาราง“Fence” ตาราง“Door” ตาราง“Window” ตาราง“Ceiling” และตาราง“Stair” โดยแต่ละตารางมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของชิ้นส่วน ได้แก่ ขนาดของชิ้นส่วน พิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ข้อมูลรายละเอียดของเหล็กเสริมและวันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วนตามแผนการทำงาน เพื่อโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะได้เรียกข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการสร้างชิ้นส่วน 3 มิติ และจัดการข้อมูลอาคารต่อไป

ตาราง “Comp_prop” เป็นตารางที่ได้จากการนำข้อมูลชิ้นส่วนของโครงสร้างแต่ละชิ้นส่วนมาทำการวิเคราะห์หาปริมาตรของชิ้นส่วนและคำนวณพื้นที่ผิวของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการข้อมูลอาคาร โดยคิดพื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับไม้แบบและพื้นที่ผิวส่วนที่ต้องทาสี ตาราง ‘Sum” เป็นตารางสรุปผลปริมาตรและพื้นที่ผิวของอาคาร และตาราง “GridX”, “GridY”, “GridZ” เป็นการจัดเก็บข้อมูลเพื่อบอกตำแหน่งของชิ้นส่วนโครงสร้างแต่ละชิ้นส่วนในอาคาร

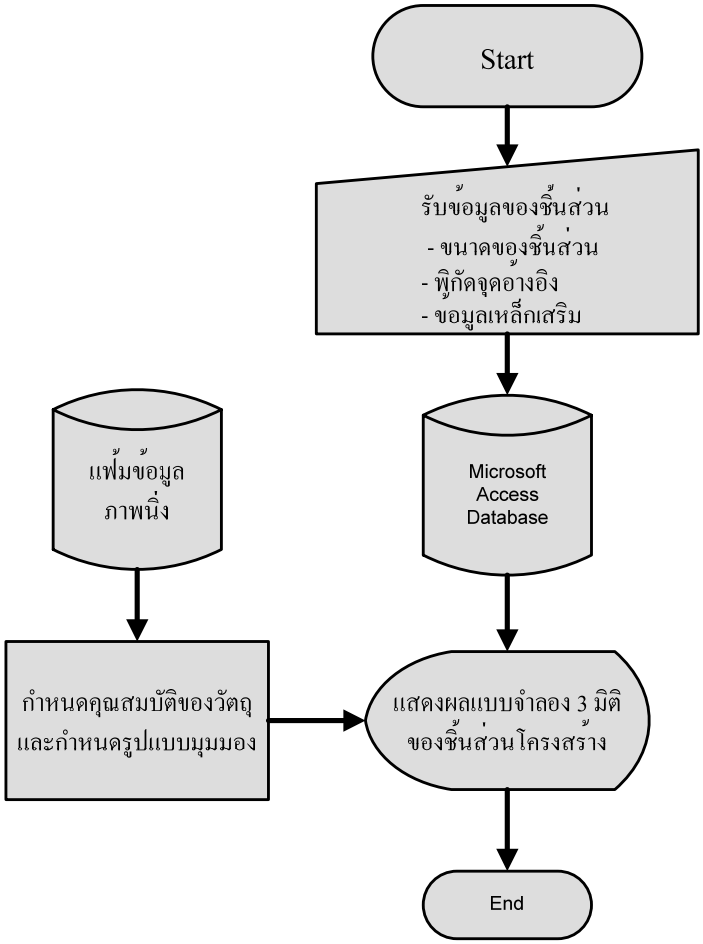


ภาพที่ 19 ลักษณะฐานข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคาร

2. การพัฒนาชุดคำสั่งแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ชุดคำสั่งแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ชุดคำสั่งหลักที่จะถูกพัฒนา ได้แก่ ชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ และชุดคำสั่งในการสร้างแบบรูป 2 มิติจากแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ ซึ่งประกอบด้วย ชุดคำสั่งในการสร้างรูปด้าน ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางและชุดคำสั่งในการสร้างรูปแปลนพื้นของอาคาร ซึ่งชุดคำสั่งต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ ภาพที่ 20 แสดงชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ โดยเมื่อเริ่มการทำงานโปรแกรมจะต้องมีการรับข้อมูลของชิ้นส่วนจากผู้ใช้งาน การป้อนข้อมูลนั้นจะมีวิธีการป้อนข้อมูล 2 วิธี คือ การป้อนข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์แบบกราฟิก (Graphic User Interface) สำหรับรับข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้น หรือป้อนข้อมูลผ่านทางตารางข้อมูลในฐานข้อมูลของโปรแกรม MS Access โดยตรงจากนั้นข้อมูลของชิ้นส่วนอาคารดังกล่าวจะถูกส่งไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นโปรแกรมจะดึงค่าข้อมูลต่าง ๆ จากฐานข้อมูล มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อที่สร้างชิ้นส่วนอาคารและแสดงผลในระนาบ 3 มิติของหน้าจอปฏิบัติการ โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน เช่น การกำหนดสีหรือวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยดึงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมาใช้งาน

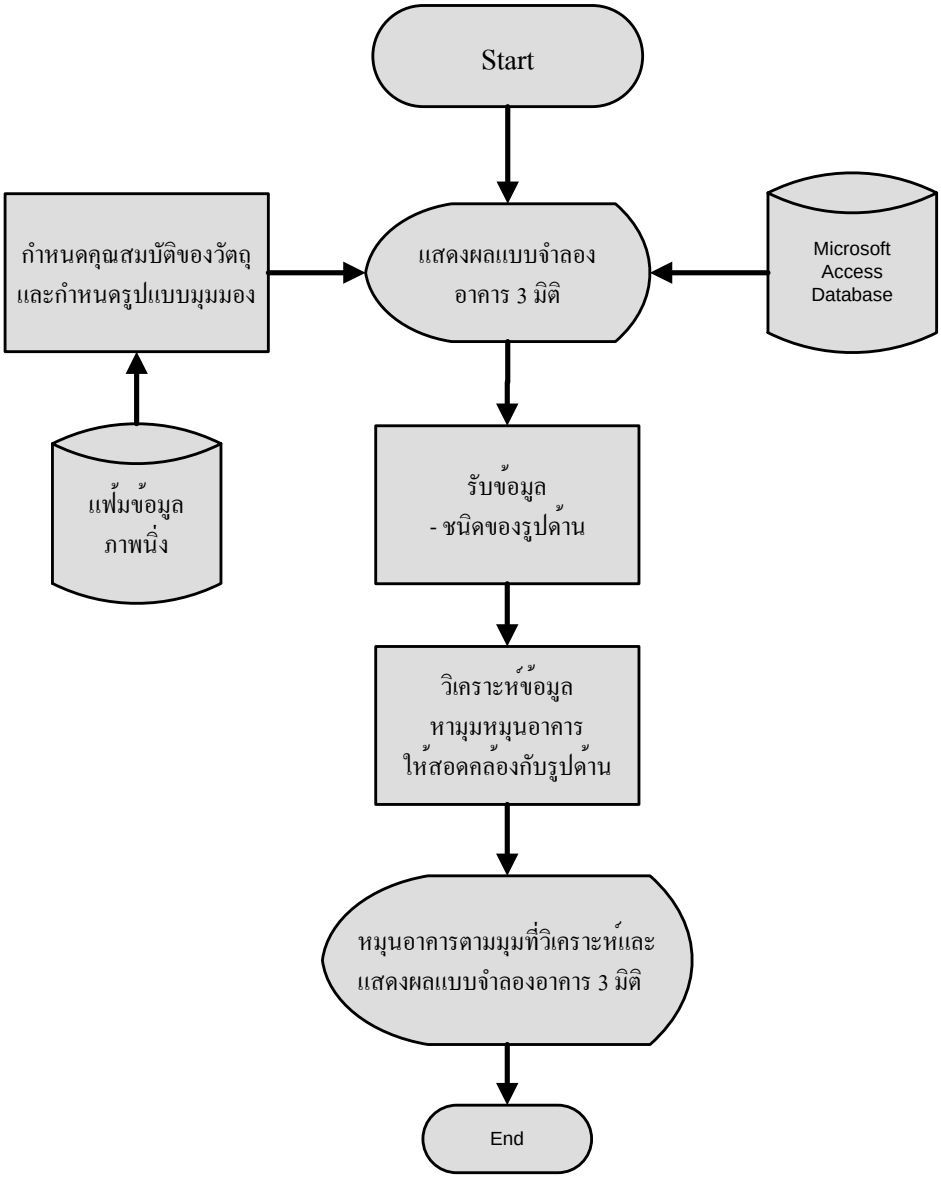


ภาพที่ 20 ชุดคำสั่งในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ

2.2 ชุดคำสั่งในการแสดงรูป 2 มิติจากแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย ชุดคำสั่งในการแสดงด้าน ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางและชุดคำสั่งในการสร้างรูปแปลนพื้นของอาคาร

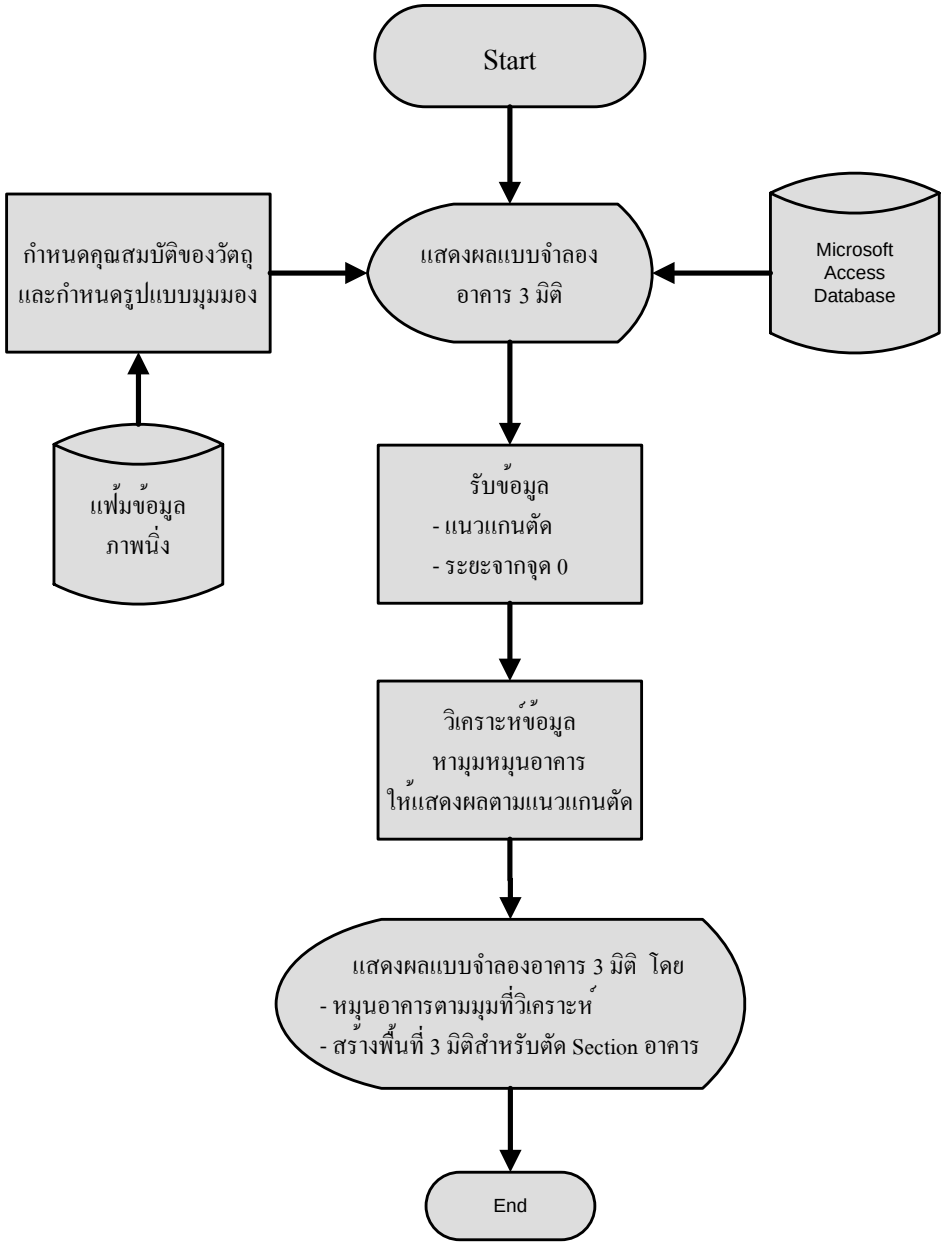
2.2.1 ชุดคำสั่งในการแสดงรูปด้านของอาคาร ได้แก่ รูปด้านหน้า รูปด้านหลัง, รูปด้านซ้าย รูปด้านขวา และรูปด้านบน ภาพที่ 21 แสดงชุดคำสั่งในการสร้างรูปด้านของอาคาร โดยเมื่อเริ่มต้นการทำงาน โปรแกรมจะดึงค่าข้อมูลต่าง ๆ จากฐานข้อมูล มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อสร้างชิ้นส่วนอาคารและแสดงผลในระนาบ 3 มิติที่หน้าจอปฏิบัติการ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน โดยดึงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมาใช้งาน จากนั้นโปรแกรมจะต้องรับข้อมูลชนิดของรูปด้านที่ต้องการพิจารณาจากผู้ใช้งาน แล้วโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์หามุมหมุนของอาคารที่สอดคล้องกับรูปด้านที่ต้องการพิจารณาและทำการประมวลผล

หมุนอาคารตามค่ามุมที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ แล้วจึงแสดงผลรูปด้านของอาคารทางในระนาบ 3 มิติที่หน้าจอปฏิบัติการ



ภาพที่ 21 ชุดคำสั่งในการแสดงรูปด้านของอาคาร

2.2.2 ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร ได้แก่ รูปตัดตามแนวแกน X รูปตัดตามแนวแกน Y และรูปตัดตามแนวแกน Z ขั้นตอนในการปฏิบัติการคล้ายกับชุดคำสั่งในการแสดงผลรูปด้านของอาคาร จะแตกต่างกันตรงที่ต้องมีการสร้างพื้นที่ 3 มิติสำหรับตัดอาคารส่วนที่ไม่ต้องการแสดงผลออก ภาพที่ 22 แสดงชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร โดยเมื่อเริ่มต้นการทำงาน โปรแกรมจะดึงค่าข้อมูลต่าง ๆ จากฐานข้อมูล มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อที่สร้างชิ้นส่วนอาคารและแสดงผลในระนาบ 3 มิติที่หน้าจอปฏิบัติการ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วนโดยดึงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมาใช้งาน จากนั้นโปรแกรมรับข้อมูลชนิดของรูปตัดทางขวางที่ผู้งานต้องการพิจารณาและระยะห่างของแนวตัดจากตำแหน่ง +0.00 ของแกนตัดจากผู้ใช้งาน แล้วโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์หามุมหมุนของอาคารที่สอดคล้องกับชนิดของรูปตัดทางขวางที่ต้องการพิจารณา จากนั้นจะทำการประมวลผลหมุนอาคารตามค่ามุมที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ และสร้างพื้นที่ 3 มิติสำหรับตัดอาคารส่วนที่ไม่ต้องการแสดงผลออกตามระยะห่างของแนวตัดที่กำหนด แล้วจึงแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคารในระนาบ 3 มิติที่หน้าจอปฏิบัติการ



ภาพที่ 22 ชุดคำสั่งในการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร

2.2.3 การสร้างรูปแปลนพื้นของอาคาร มีขั้นตอนในการปฏิบัติการคล้ายกับชุดคำสั่งในการแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคาร แตกต่างกันตรงที่การสร้างรูปแปลนพื้นของอาคารต้องเป็นการสร้างรูปตัดตามแกน Y โดยผู้ใช้งานต้องทำการกำหนดแนว ให้อยู่ที่ระดับกึ่งกลางชั้นที่ต้องการพิจารณาโปรแกรมจะประมวลผลแล้วจึงแสดงผลรูปด้านของอาคารในระนาบ 3 มิติที่หน้าจอปฏิบัติการ

3. การเขียนโปรแกรม (Source Code) ด้วยภาษาจาวา

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโปรแกรมภาษาจาวาเป็นโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Program) คือ มีแนวคิดการมองสิ่งต่าง ๆ เป็นวัตถุ โดยวัตถุแต่ละชิ้นที่ถูกสร้างขึ้นมา สามารถนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นได้ โดยที่ไม่ต้องเขียนขึ้นใหม่ การเขียนซอร์สโคดได้ทำการเขียนแยกเป็น Class เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้งาน ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียด Class ของโปรแกรมภาษาจาวาที่ได้ทำการจัดทำขึ้น

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียด Class ของโปรแกรมภาษาจาวา

Class name	Description
Cm3D	เป็น Class หลักสำหรับใช้เรียกใช้งานโปรแกรม ประกอบด้วย Method สำหรับติดต่อกับฐานข้อมูลและสร้างชิ้นส่วนอาคาร 3 มิติ
ClearDataBase	ทำหน้าที่ลบข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล
Quit	ทำหน้าที่ออกจากการทำงานของโปรแกรม
ButtonPositionControls	ควบคุมการทำงานของปุ่มสำหรับกำหนดตำแหน่งของอาคาร
PositionControls	กำหนดตำแหน่งของอาคาร
RotationControls	กำหนดทิศทางของอาคาร
SensorBehavior	คำนวณหาตำแหน่งปัจจุบันของอาคาร
IntEvent	ทำหน้าที่กำหนดสีสำหรับใช้ในโปรแกรม
IntChooser	ทำหน้าที่สร้างInterface สำหรับกำหนดสี
OffScreenCanvas3D	กำหนดขนาดของระนาบ3 มิติ
ColoringAttributesEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน
Color3fEditor	สร้างการกำหนดสีของชิ้นส่วน
Color3fEvent	ควบคุมการกำหนดสีของชิ้นส่วน
PolygonAttributesEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดการแสดงผลชิ้นส่วน

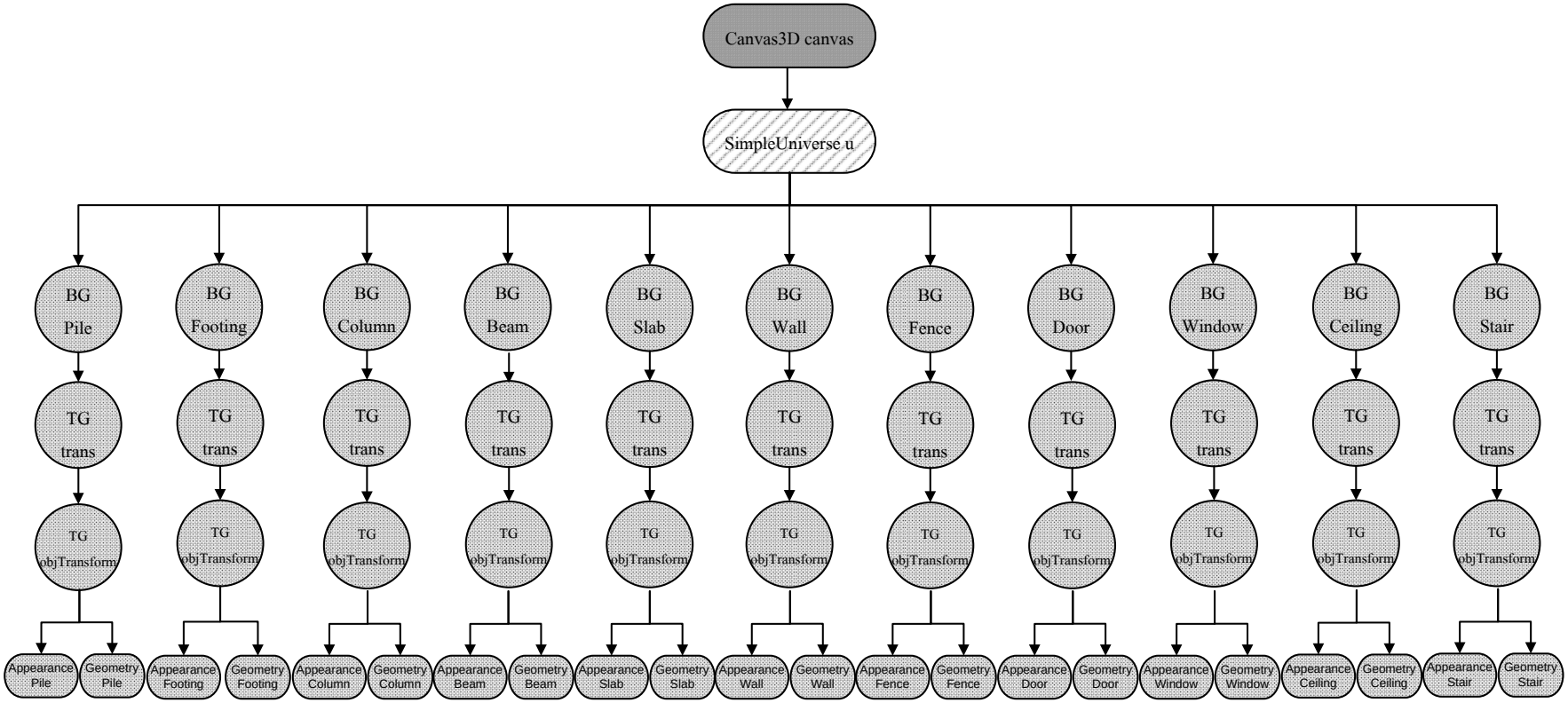
ตารางที่ 1 (ต่อ)

Class name	Description
RenderingAttributesEditor	หน้าที่ปิดเปิดการแสดงผลชิ้นส่วน
FloatLabelJSlider	สร้าง Interface ที่มีลักษณะเป็นแถบเลื่อน
FloatEvent	ควบคุมการทำงานของแถบเลื่อน
MaterialEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดวัสดุของชิ้นส่วน
TransparencyAttributesEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดความโปร่งแสงของชิ้นส่วน
Texture2DEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนด Mode ของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน
TextureAttributesEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน
TexCoordGenerationEditor	สร้าง Interface สำหรับกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน
MaterialPresetEditor	สร้างการกำหนดวัสดุของชิ้นส่วน
LeftAlignComponent	ควบคุมตำแหน่งของเครื่องมือของ Interface
BackgroundTool	การกำหนดพื้นหลังของระนาบ 3 มิติ
Color4fEvent	สร้างการกำหนดสีของชิ้นส่วน
Color4fEditor	สร้างการกำหนดสีของชิ้นส่วน

ภาพที่ 23 แสดงการออกแบบโครงสร้างของ Java3D โดยการสร้างวัตถุ 3 มิติของโปรแกรมภาษาจาวานั้นต้องมีการสร้าง Canvas3D ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหน้าจอปฏิบัติการสำหรับแสดงผลวัตถุ 3 มิติที่สร้างขึ้น หลังจากสร้าง Canvas3D แล้วทำการสร้าง SimpleUniverse ชื่อว่า "U" เพื่อทำการสร้างระนาบ 3 มิติ สำหรับสร้างวัตถุโดยใช้ระบบพิกัด 3 มิติ ได้ SimpleUniverse จะถูกบรรจุอยู่ใน Canvas3D

เนื่องจากชิ้นส่วนโครงสร้างของอาคารมีหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติและรูปแบบการสร้างชิ้นส่วนที่แตกต่างกัน ดังนั้นต้องมีการสร้าง BranchGroup ของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อเป็น Node แยกประเภทของชิ้นส่วนโครงสร้างที่จะสร้างขึ้นในระนาบ 3 มิติ เมื่อสร้าง

BranchGroup แล้ว ต่อจากนั้นต้องทำการสร้าง TransformGroup เพื่อใช้กำหนดตำแหน่ง ทิศทาง และมาตราส่วนของวัตถุ 3 มิติ โดย TransformGroup ชื่อ “Trans” แยกย่อยออกจาก BranchGroup ของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งจะทำหน้าเป็น Node สำหรับกำหนดตำแหน่ง ทิศทางและมาตราส่วนของวัตถุ 3 มิติ ส่วนTransformGroup ชื่อ “objTransform” แยกย่อยออกจาก Trans ทำหน้าเป็น Node สำหรับบรรจุ Goemetry และ Appearace ของวัตถุ 3 มิติที่สร้างขึ้น เพื่อที่จะสามารถแสดงผลวัตถุ 3 มิติบนระนาบ 3 มิติและสามารถกำหนดคุณสมบัติของวัตถุได้



ภาพที่ 23 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาจาวา

4. การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารขนาด 3 ชั้น

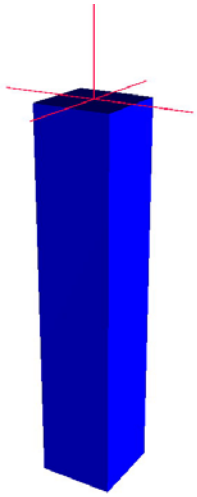
จากการสร้างระบบฐานข้อมูลและการเขียนโปรแกรม (Source Code) ด้วยภาษาจาวา สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 3 ชั้น ภาพที่ 24 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติของอาคารที่สร้างขึ้น โดยอาคารประกอบด้วยชิ้นส่วนของอาคาร ได้แก่ เสาเข็ม ฐานราก เสา คาน พื้น ผนัง รั้ว ประตู หน้าต่าง เพดาน และบันได รายละเอียดการสร้างชิ้นส่วนของอาคารแต่ละชิ้นส่วนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 24 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติของอาคารขนาด 3 ชั้น

4.1 การสร้างเสาเข็ม การสร้างชิ้นส่วนเสาเข็มต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งาน แล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของเสาเข็ม โดยข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของเสาเข็ม

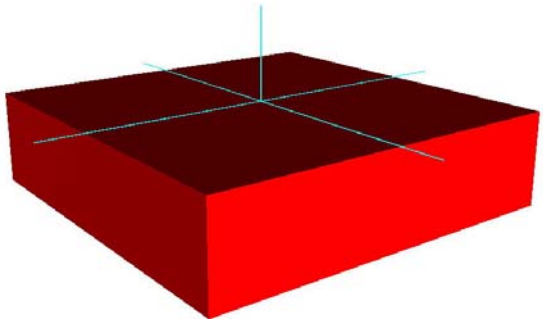
เพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้งานและง่ายต่อการนำข้อมูลมาประมวลผลเพื่อสร้างชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ จึงมีการกำหนดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนขึ้น โดยตำแหน่งอ้างอิงของชิ้นส่วนเสาเข็มอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางหน้าตัดด้านบนของชิ้นส่วน ภาพที่ 25 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสาเข็ม ผู้ใช้งานต้องป้อนข้อมูลพิกัดของจุดอ้างอิง ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตาม

แนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y และข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z ซึ่งโปรแกรมจะนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติของชิ้นส่วน



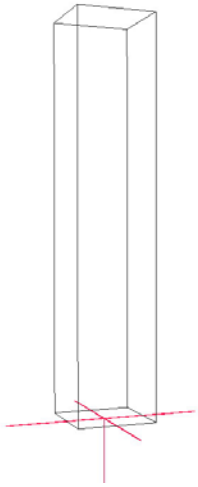
ภาพที่ 25 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสาเข็ม

4.2 การสร้างฐานราก การสร้างชิ้นส่วนฐานรากต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรมเช่นเดียวกับการสร้างเสาเข็ม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของฐานราก โดยข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของฐานรากกับข้อมูลตำแหน่งอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y และข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนฐานรากอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางหน้าตัดด้านบนของชิ้นส่วน ภาพที่ 26 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของฐานราก



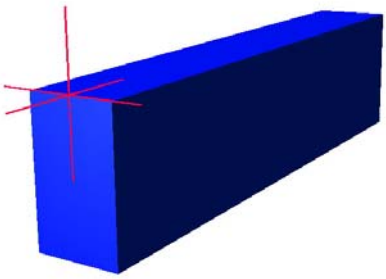
ภาพที่ 26 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของฐานราก

4.3 การสร้างเสา การสร้างชิ้นส่วนเสาต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้ว โปรแกรมจะดึงข้อมูลของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของเสา โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของเสากับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y และข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนเสาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางหน้าตัดด้านล่างของชิ้นส่วน ภาพที่ 27 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสา



ภาพที่ 27 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเสา

4.4 การสร้างคาน การสร้างชิ้นส่วนคานต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้ว โปรแกรมจะดึงข้อมูลของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของคาน โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของคาน กับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนคานอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 28 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของคาน



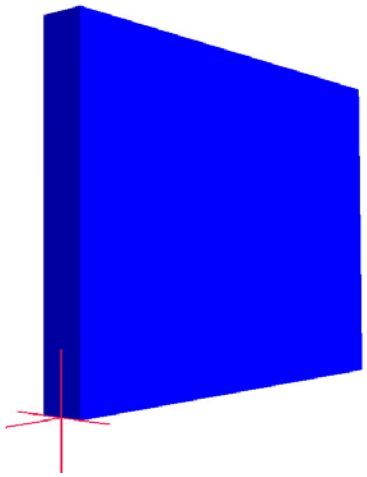
ภาพที่ 28 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของคาน

4.5 การสร้างพื้น การสร้างชิ้นส่วนพื้นต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของพื้น โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของพื้นกับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y และข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนพื้นอยู่ที่ตำแหน่งมุมบนซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 29 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของพื้น

ภาพที่ 29 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของพื้น

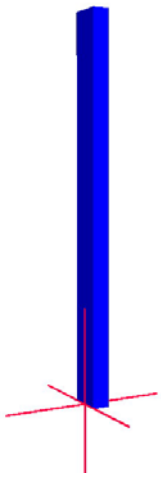
4.6 การสร้างผนัง การสร้างชิ้นส่วนผนังต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของผนัง โดยข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัดและความยาวของผนังกับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y

โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนผนังอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 30 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติ และตำแหน่งจุดอ้างอิงของผนัง



ภาพที่ 30 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของผนัง

4.7 การสร้างรั้ว การสร้างชิ้นส่วนรั้วต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของรั้ว โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของรั้วกับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนรั้วอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 31 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของรั้ว



ภาพที่ 31 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของรั้ว

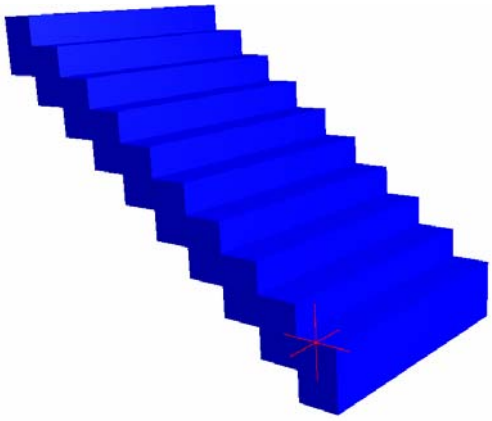
4.8 การสร้างประตู การสร้างชิ้นส่วนประตูต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของประตู โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของประตูกับข้อมูลตำแหน่งของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนประตูอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 32 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของประตู

ภาพที่ 32 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันไดหน้าต่างประตู

4.9 การสร้างหน้าต่าง การสร้างชิ้นส่วนหน้าต่างต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งาน แล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของหน้าต่าง โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของหน้าต่างกับข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Y ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนหน้าต่างอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 33 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันไดหน้าต่าง

ภาพที่ 33 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันไดหน้าต่าง

4.10 การสร้างบันได การสร้างชิ้นส่วนบันไดต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งานแล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของบันได โดยข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดลูกตั้ง ขนาดลูกนอน จำนวนขั้นของบันได ขนาดความกว้างของบันได และมุมหมุนของชิ้นส่วนรอบพิกัดจุดอ้างอิงตามแกน Y กับข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X, Y และ Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนบันไดนั้น อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนซ้ายของบันไดขั้นแรก ภาพที่ 34 แสดงลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันได



ภาพที่ 34 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของบันได

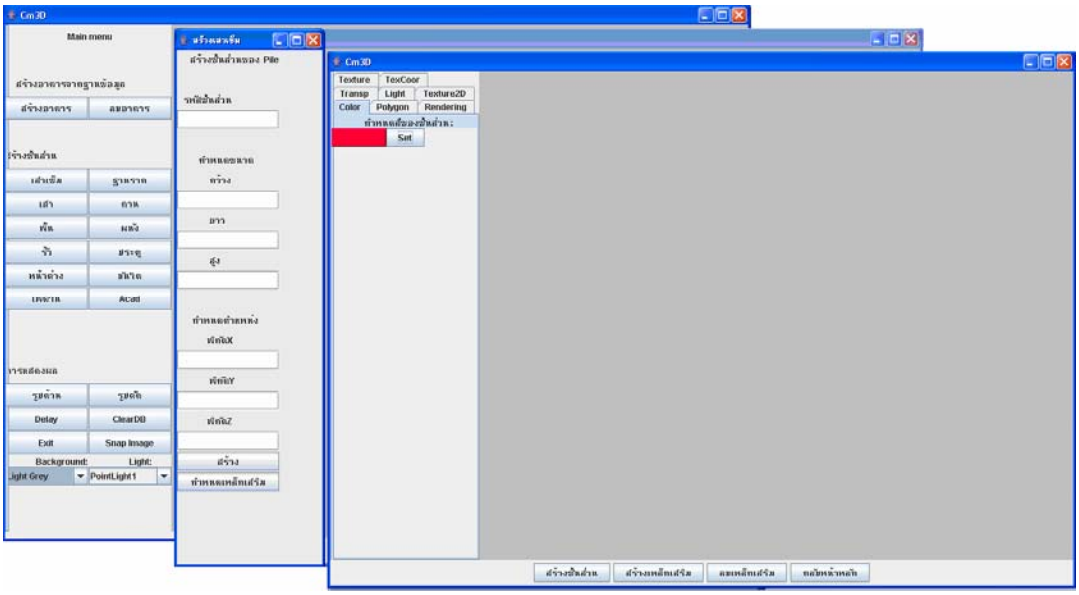
4.11 การสร้างเพดาน การสร้างชิ้นส่วนเพดานต้องมีการรับข้อมูลชิ้นส่วนจากผู้ใช้งาน แล้วนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม เมื่อเก็บข้อมูลแล้วโปรแกรมจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ของชิ้นส่วนจากฐานข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของเพดาน โดยข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของเพดาน ขนาดความยาวของเพดาน และความหนาของเพดานกับข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X, Y และ Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนในระนาบ 3 มิติ โดยพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนเพดานนั้น อยู่ที่ตำแหน่งมุมบนซ้ายของชิ้นส่วน ภาพที่ 35 แสดงพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วน

ภาพที่ 35 ลักษณะแบบจำลอง 3 มิติและตำแหน่งจุดอ้างอิงของเพดาน

การกำหนดสภาพแวดล้อมของระนาบ 3 มิติ ทำได้โดยการรับข้อมูลภาพจากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมากำหนดเป็นภาพพื้นหลังของระนาบ 3 มิติ เช่น การกำหนดเป็นภาพของท้องฟ้า ทั้งสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติของพื้นดินใต้ฐานราก แล้วกำหนดให้มีมุมมองแบบโปร่งแสง เพื่อให้สามารถมองเห็นลักษณะของชิ้นส่วนโครงสร้างใต้พื้นดิน

5. การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรม

การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรม มีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วยโปรแกรมภาษาจาวา สำหรับรับข้อมูลและกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน ภาพที่ 36 แสดงลักษณะของ Graphic User Interface (GUI) ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจอภาพประกอบด้วยส่วนที่เป็นระนาบ 3 มิติ สำหรับแสดงภาพแบบจำลอง 3 มิติของอาคารกับส่วนที่เป็นฟังก์ชันควบคุมการทำงานและรับข้อมูล โดยจะมีหน้าจอหลักสำหรับเลือกชนิดของชิ้นส่วน แล้วเชื่อมโยงไปยังหน้าต่างย่อยสำหรับการป้อนข้อมูลและกำหนดคุณสมบัติ โดยรายละเอียดส่วนประกอบของหน้าจอปฏิบัติการและวิธีการใช้งานโปรแกรมได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ก

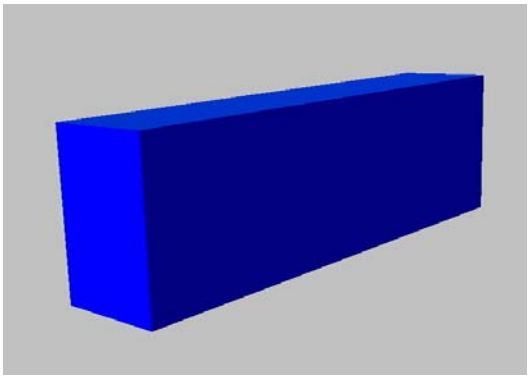


ภาพที่ 36 ลักษณะของ Graphic User Interface (GUI) ของโปรแกรม

6. การแสดงผลชิ้นส่วนในลักษณะมุมมองแบบต่าง ๆ

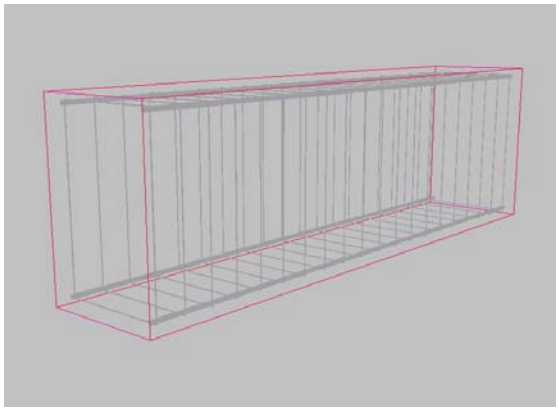
การแสดงผลแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น สามารถแสดงผลได้ในลักษณะมุมมองแบบต่าง ๆ ได้แก่

6.1 การแสดงผลในลักษณะมุมมองแบบแสดงผิวภายนอก คือ การเติมสีให้กับพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกสีของพื้นผิวได้ ผ่านทาง Graphic User Interface ภาพที่ 37 แสดงลักษณะมุมมองแบบแสดงผิวภายนอก ของชิ้นส่วน การแสดงผลรูปแบบนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการให้แสงเงากับชิ้นส่วนได้ ซึ่งจะทำให้สามารถมองเห็นด้านแต่ละด้านของชิ้นส่วนอย่างชัดเจน



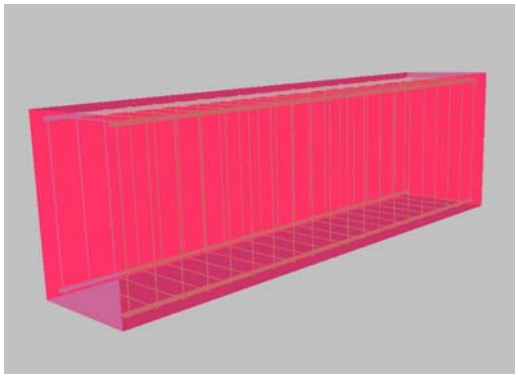
ภาพที่ 37 ลักษณะมุมมองแบบแสดงผิวภายนอก

6.2 ลักษณะมุมมองแบบเส้นโครง คือ การแสดงผลเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นขอบของชิ้นส่วนโครงสร้างเท่านั้น ภาพที่ 38 แสดงลักษณะมุมมองแบบเส้นโครง โดยการแสดงผลในลักษณะนี้จะสามารถมองเห็นส่วนประกอบภายในของชิ้นส่วนได้อย่างชัดเจน อีกทั้งผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าต้องการแสดงผลเส้นขอบทั้งหมดของชิ้นส่วน หรือต้องการแสดงผลเฉพาะเส้นขอบด้านหน้าหรือเฉพาะด้านหลังของชิ้นส่วน



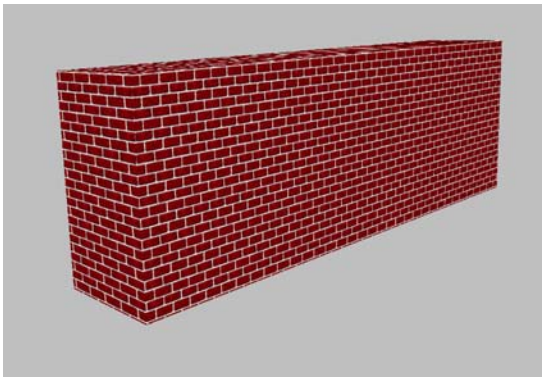
ภาพที่ 38 ลักษณะมุมมองแบบเส้นโครง

6.3 ลักษณะมุมมองแบบโปร่งแสง เป็นการกำหนดให้พื้นผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างมีความโปร่งแสง ทำให้สามารถมองทะลุเข้าไปภายในชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ความโปร่งแสงของพื้นผิวได้ ภาพที่ 39 แสดงลักษณะมุมมองแบบโปร่งแสง

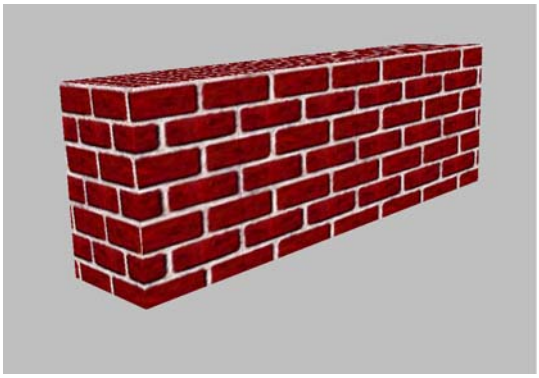


ภาพที่ 39 ลักษณะมุมมองแบบโปร่งแสง

6.4 การกำหนดวัสดุพื้นผิวให้กับชิ้นส่วน เป็นการดึงภาพสกุล jpg จากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมาทำการ Screen ลงบนพื้นผิวของชิ้นส่วน 3 มิติที่สร้างขึ้น ภาพที่ 40 แสดงลักษณะการกำหนดวัสดุพื้นผิวและมาตราส่วนของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยภาพที่ 40 (a) แสดงการกำหนดมาตราส่วนของวัสดุพื้นผิวให้มีความละเอียดมาก ภาพที่ 40 (b) แสดงการกำหนดมาตราส่วนของวัสดุพื้นผิวให้มีความละเอียดน้อย และภาพที่ 40 (c) แสดงแบบจำลอง 3 มิติของประตู หน้าต่าง ที่กำหนดลวดลายของบานประตูหน้าต่างบน ทำให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น



(a)



(b)

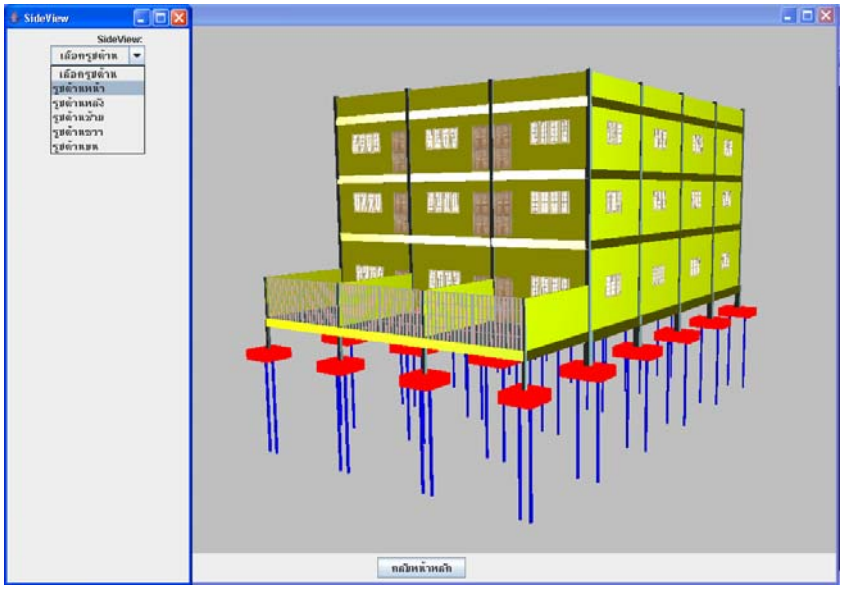
(c)

ภาพที่ 40 การกำหนดวัสดุพื้นผิวและมาตราส่วนของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน

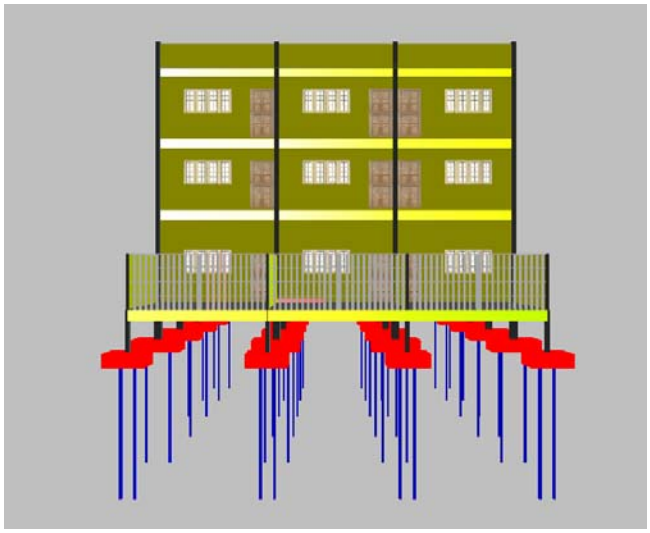
7. การสร้างรูป 2 มิติจากแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร

รูป 2 มิติที่สามารถสร้างได้จากแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร ได้แก่ รูปด้านของอาคาร รูปตัดทางขวางของอาคาร และรูปแปลนพื้นของอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

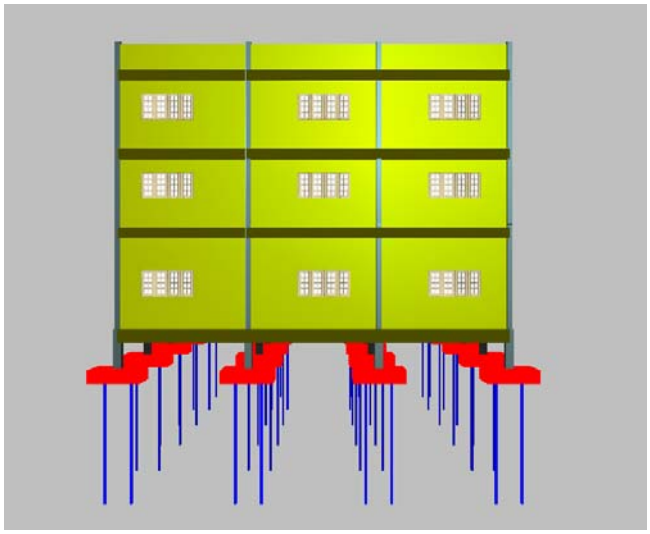
7.1 การแสดงผลรูปด้านของอาคาร แบบจำลองอาคาร 3 มิติที่สร้างขึ้นสามารถแสดงผลรูปด้านของอาคารได้โดยอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกให้โปรแกรมแสดงรูปด้านของอาคารในด้านใด โดยการกำหนดผ่าน Graphic User Interface(GUI) ที่พัฒนาขึ้น ภาพที่ 41 แสดงหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการกำหนดการแสดงผลรูปด้านของอาคาร โดยสามารถแสดงผล รูปด้านหน้า รูปด้านหลัง รูปด้านซ้าย รูปด้านขวา และรูปด้านบนของอาคาร ภาพที่ 42 – 46 แสดงรูปด้านต่าง ๆ ของอาคาร



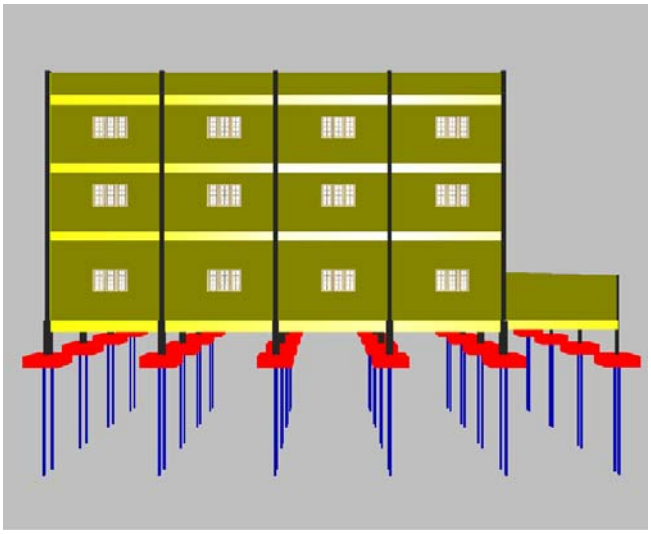
ภาพที่ 41 หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์สำหรับการกำหนดการแสดงผลรูปด้านของอาคาร



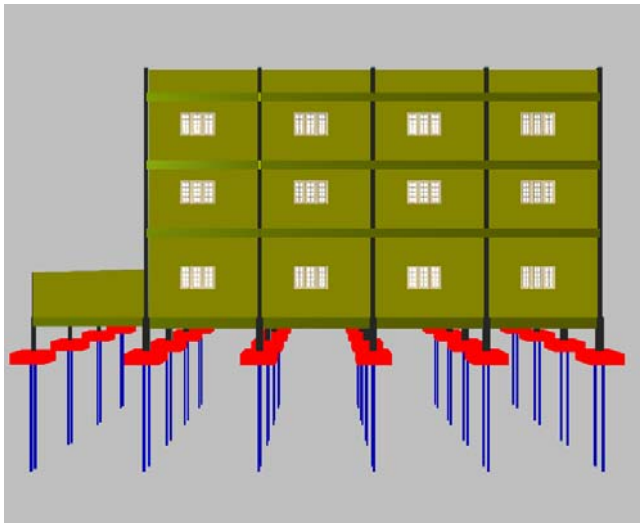
ภาพที่ 42 รูปด้านหน้าของอาคาร



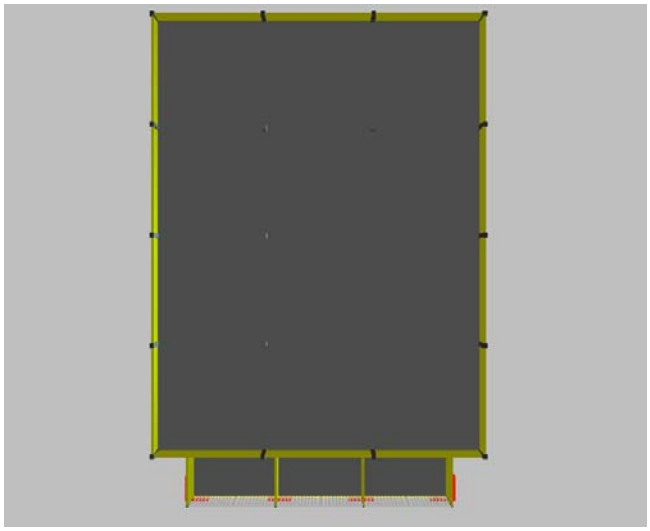
ภาพที่ 43 รูปด้านหลังของอาคาร



ภาพที่ 44 รูปด้านซ้ายของอาคาร

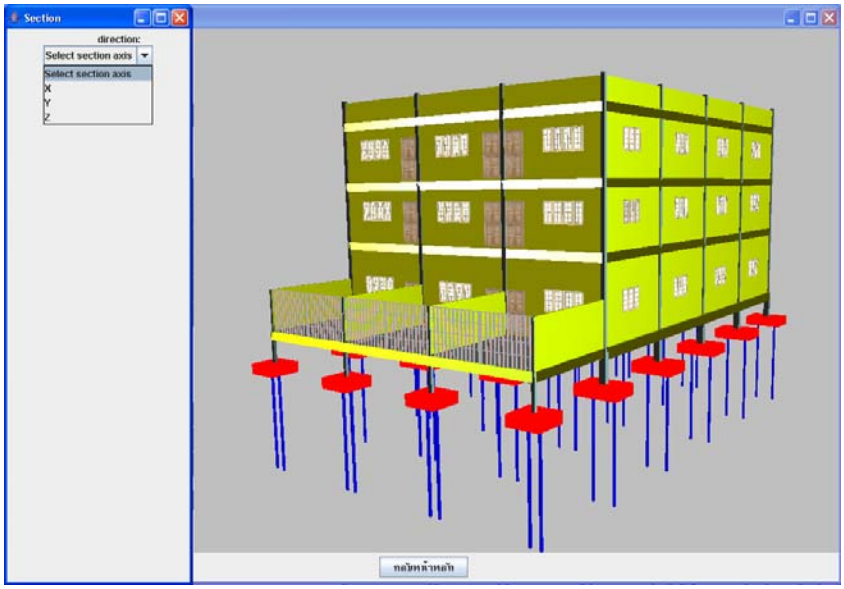


ภาพที่ 45 รูปด้านขวาของอาคาร

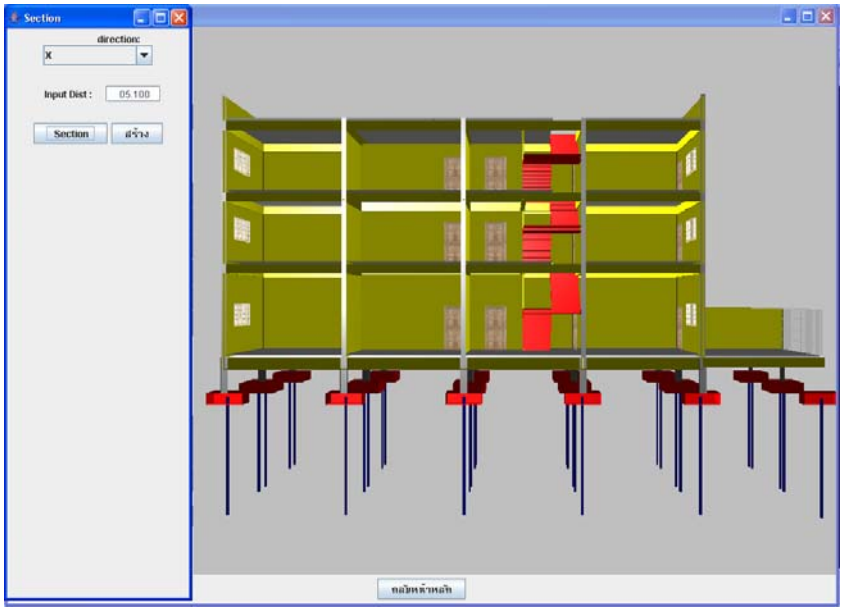


ภาพที่ 46 รูปด้านบนของอาคาร

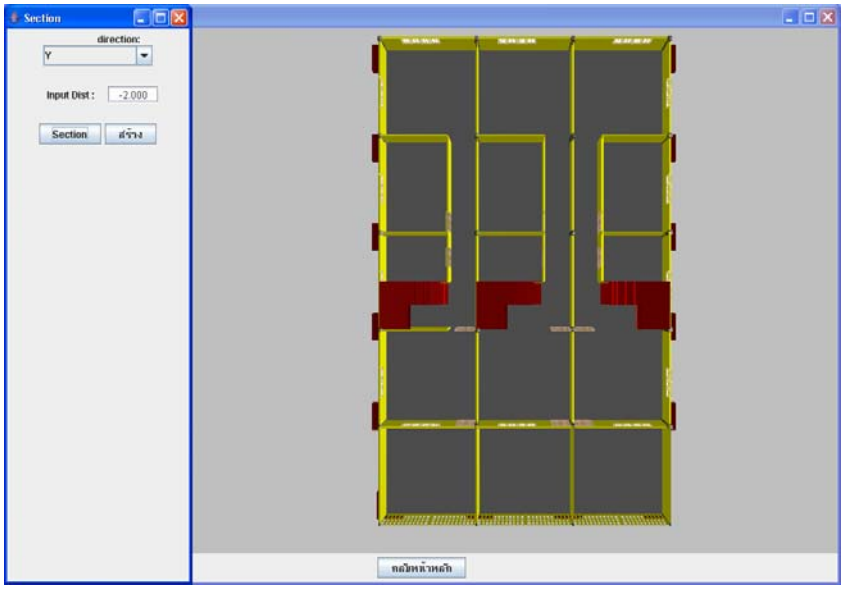
7.2 การแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคาร แบบจำลองอาคาร 3 มิติที่สร้างขึ้นสามารถสร้างรูปตัดทางขวางของอาคารได้โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งานสามารถเลือกแนวแกนในการสร้างรูปตัดทางขวางและสามารถกำหนดตำแหน่งของแนวตัดได้ โดยการกำหนดค่าผ่าน GUI ที่พัฒนาขึ้น ภาพที่ 47 แสดงหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการกำหนดการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร โดยรูปตัดทางขวางที่สามารถสร้างได้ประกอบด้วย รูปตัดทางขวางตามแนวแกน X รูปตัดทางขวางตามแนวแกน Y และรูปตัดทางขวางตามแนวแกน Z ภาพที่ 48 – 50 แสดงรูปตัดทางขวางตามแนวแกนต่าง ๆ ของอาคาร



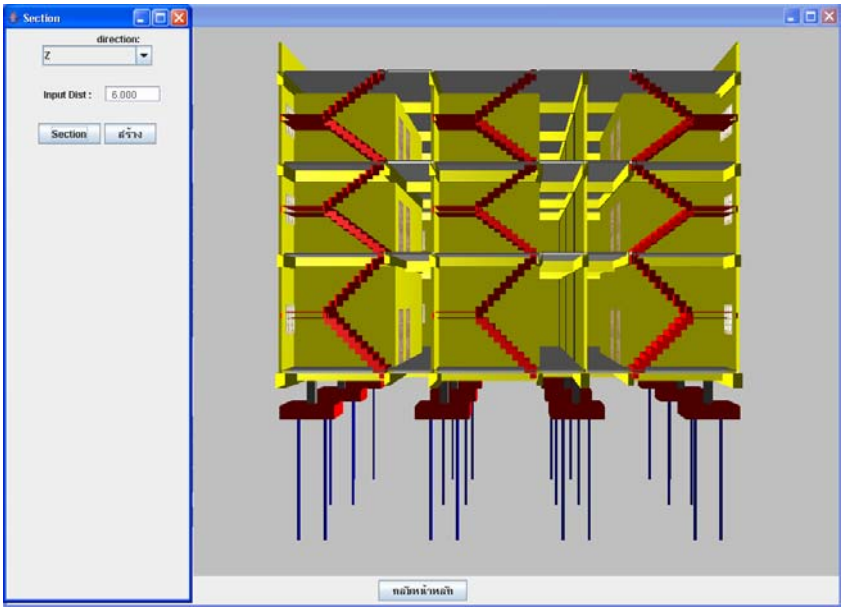
ภาพที่ 47 หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์สำหรับกำหนดการสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร



ภาพที่ 48 รูปตัดทางขวางตามแกน X ของอาคาร

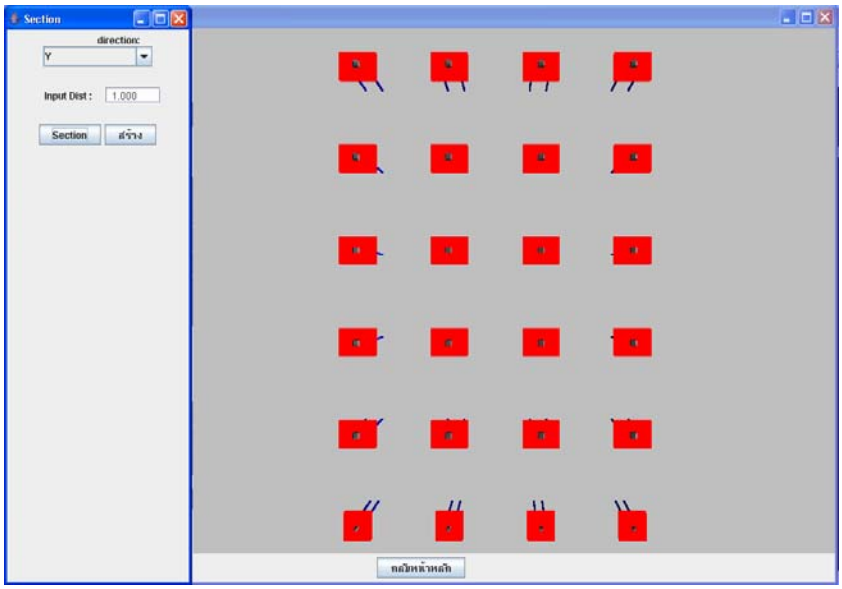


ภาพที่ 49 รูปตัดทางขวางตามแกน Y ของอาคาร

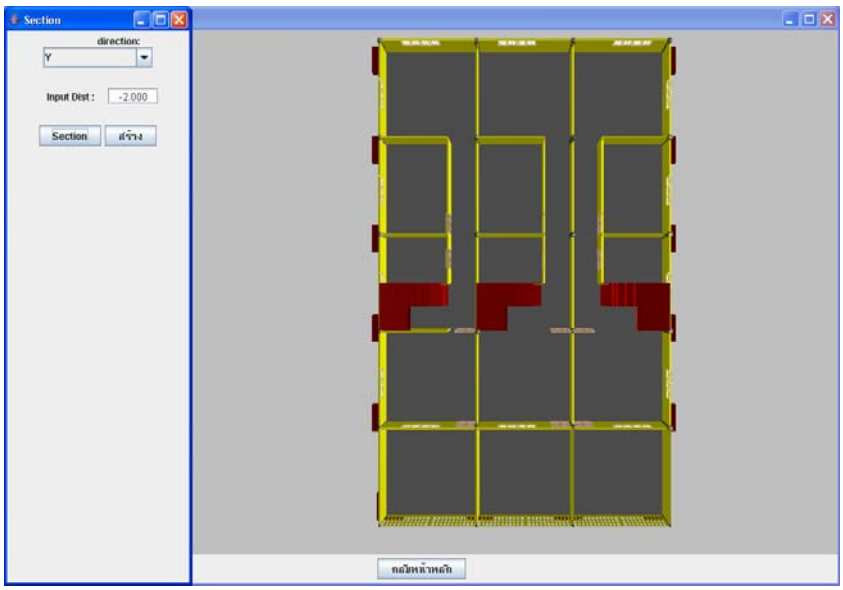


ภาพที่ 50 รูปตัดทางขวางตามแกน Z ของอาคาร

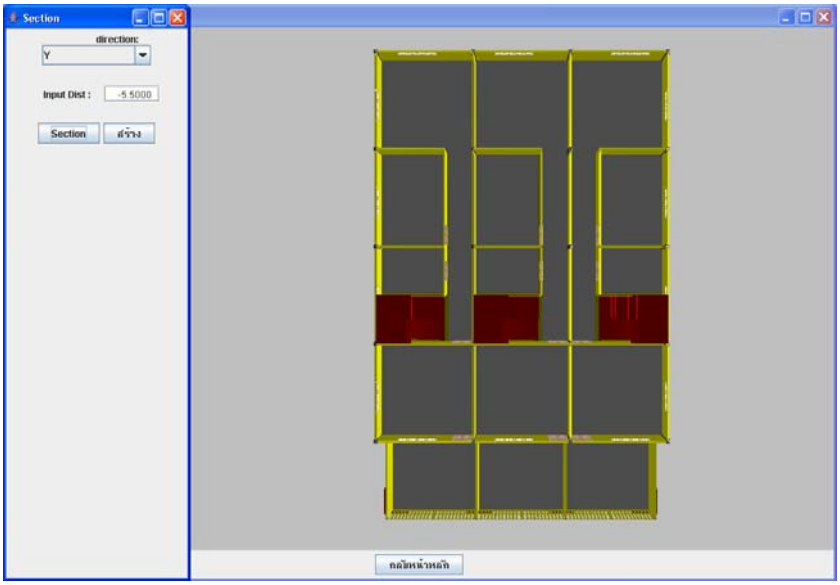
7.3 การสร้างรูปแปลนพื้นของอาคาร การสร้างรูปแปลนพื้นของอาคารเป็นการกำหนดให้โปรแกรมสร้างรูปตัดทางขวางของอาคารตามแนวแกน Y โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดตำแหน่งของแนวตัดให้อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางชั้นที่ต้องการพิจารณา โปรแกรมจะแสดงผลรูปแปลนพื้นของชั้นนั้น ๆ โดยอัตโนมัติ ภาพที่ 51 – 55 แสดงลักษณะรูปแปลนพื้นแต่ละชั้นของอาคาร



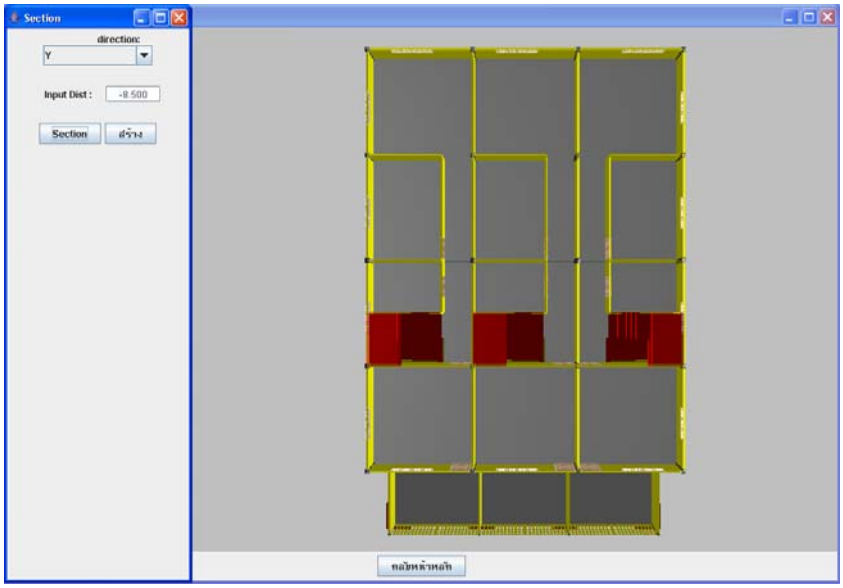
ภาพที่ 51 รูปแปลนฐานรากของอาคาร



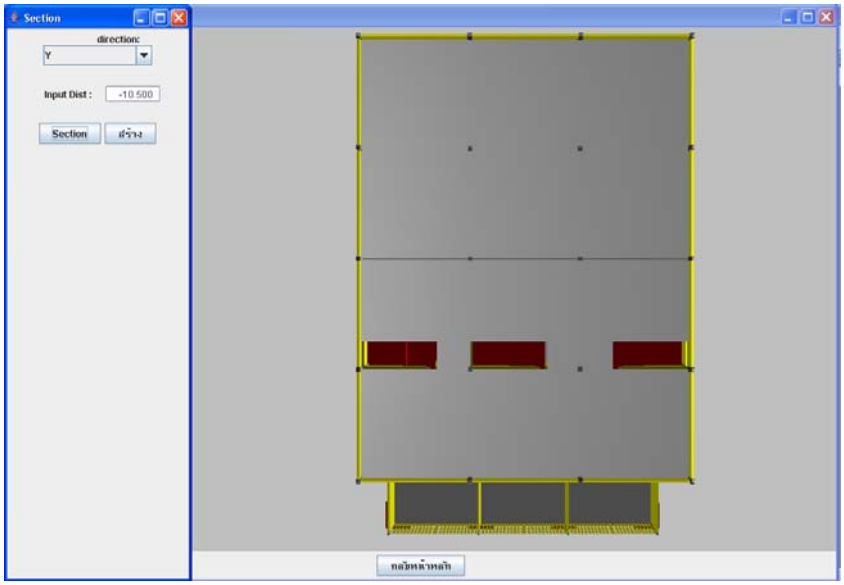
ภาพที่ 52 รูปแปลนพื้นชั้น 1 ของอาคาร



ภาพที่ 53 รูปแปลนพื้นชั้น 2 ของอาคาร



ภาพที่ 54 รูปแปลนพื้นชั้น 3 ของอาคาร



ภาพที่ 55 รูปแปลนพื้นชั้นดาดฟ้าของอาคาร

8. การแสดงผลชิ้นส่วนอาคารตามลำดับการวางแผนการทำงาน

การแสดงผลชิ้นส่วนอาคารตามลำดับการวางแผนการทำงาน เป็นการกำหนดให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนแสดงผลในระนาบ 3 มิติตามลำดับ การวางแผนการทำงานโดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดวันที่จะทำการก่อสร้างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้ โดยกำหนดวันก่อสร้างไปพร้อมกับการสร้างชิ้นส่วนอาคารชิ้นนั้น ๆ หรือจะกำหนดวันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วนในตารางของฐานข้อมูลของโปรแกรม MS Access โดยตรงก็ได้

9. ข้อมูลของอาคารที่ได้จากแบบจำลอง 3 มิติ

ผลจากการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร ข้อมูลพื้นฐานของชิ้นส่วนอาคารแต่ละชิ้นส่วนจะถูกจัดเก็บแยกตามชนิดของชิ้นส่วนในฐานข้อมูล โดยข้อมูลเหล่าสามารถเรียกข้อมูลไปใช้ในการคำนวณปริมาตรของชิ้นส่วน พื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับไม้แบบและพื้นที่ผิวส่วนที่ต้องทาสีของแต่ละชิ้นส่วนได้โดยอัตโนมัติ ดังตารางที่ 2 แสดงผลรวมปริมาตรและพื้นที่ผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างอาคาร

ตารางที่ 2 ผลรวมปริมาตรและพื้นที่ผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างอาคาร

Type	Volume(m^3)	FormWork Area(m^2)	Color Area(m^2)
Pile	2.40	96.48	0
Footing	34.50	151.00	0
Column	11.65	221.62	216.60
Beam	74.12	834.50	834.50
Slab	125.44	1291.88	0
Wall	161.81	3236.16	3236.16
Fence	0.42	0	43.79
Door	8.64	0	169.92
Window	8.70	0	172.44
Stair	21.75	117.60	134.10
Ceiling	9.17	0	916.88

ข้อมูลจากตารางที่ 2 สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในเรื่องของการประมาณราคา การออกแบบและวางแผนการใช้ไม้แบบ และการวางแผนการทาสีอาคาร

วิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นโครงการนำร่องในการศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติด้วยโปรแกรมภาษาจาวา ซึ่งผู้ศึกษาใช้ระยะเวลาในการศึกษาและจัดทำเป็นระยะเวลาช่วงสั้น ๆ ส่งผลให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นอาจยังไม่สมบูรณ์นักเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูปในท้องตลาด แต่งานวิจัยนี้ได้จัดทำระบบฐานข้อมูล ชุดคำสั่ง และโปรแกรม (Source Code) ภาษาจาวา ไว้สำหรับนักวิจัยที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น รายละเอียดของข้อวิจารณ์มีดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติ ยังขาดซึ่งความหลากหลายของชิ้นส่วนและวิธีการสร้างชิ้นส่วน ทำให้ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริง

1.1 ขาดความหลากหลายของชิ้นส่วน โดยงานวิจัยนี้สามารถสร้างชิ้นส่วนของเสาเข็ม ฐานราก เสา คาน พื้น ผนัง รั้ว ประตู หน้าต่าง เพดาน และบันได ซึ่งในการก่อสร้างจริงนั้น ส่วนประกอบของอาคารยังมีอีกหลายชิ้นส่วน เช่น หลังคา ราวกันตก หรือเสาเข็มรูปตัวไอ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถสร้างได้อย่างครบถ้วน การสร้างชิ้นส่วนของบันไดยังมีข้อจำกัดอยู่ โดยสามารถสร้างได้ครั้งไม่เกิน 10 ขั้นเท่านั้น หากต้องการสร้างบันไดที่มีจำนวนขั้นมากกว่านี้ต้องสร้างโดยการนำมาต่อกัน อีกทั้งการสร้างเหล็กเสริมของงานวิจัยนี้ สามารถสร้างเหล็กเสริมของชิ้นส่วนโครงสร้างได้เพียงแบบเดียว คือ มีเหล็กเสริมหลักเฉพาะ บริเวณมุมทั้ง 4 มุมของชิ้นส่วนเท่านั้น ซึ่งในการทำงานจริงมีวิธีการเสริมเหล็กมากมายหลายรูปแบบและยังขาดส่วนปลายงอของเหล็กเสริม ส่งผลให้ยังขาดซึ่งความหลากหลาย อาจยังไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริง

1.2 ขาดความหลากหลายของวิธีการสร้างชิ้นส่วน งานวิจัยนี้ใช้วิธีการสร้างชิ้นส่วนโดยการกำหนดข้อมูลผ่านทาง Graphic User Interface (GUI) ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งหากผู้ใช้งานเป็นบุคคลที่มีความรู้และความชำนาญในเรื่องของระบบพิกัด 3 มิติ จะทำให้การสร้างชิ้นส่วนผ่านทาง Graphic User Interface เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่หากเป็นบุคคลที่ขาดซึ่งความชำนาญอาจจะเป็นการยากที่จะสร้างชิ้นส่วนโดยใช้วิธีการนี้ ต่อไปอาจเพิ่มความหลากหลายของวิธีการสร้างชิ้นส่วนโดยการใช้เมาส์เป็นตัวกำหนดขนาดและพิกัดของชิ้นส่วนแทนการป้อนข้อมูลผ่าน GUI

2. ลักษณะการแสดงผลรูป 2 มิติของอาคารจากแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น ยังไม่เป็นรูป 2 มิติที่เป็นภาพฉายอย่างแท้จริง รูป 2 มิติที่สร้างขึ้น ได้แก่ รูปด้าน รูปตัดทางขวาง และรูปแปลนพื้นของอาคาร ลักษณะของรูป 2 มิติที่แสดงผลออกมา ควรมีการปรับปรุงให้เป็นรูป 2 มิติที่แท้จริง

3. การใช้โปรแกรมภาษาจาวาในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร มีข้อดีและข้อเสียดังนี้

3.1 ข้อดีของการใช้โปรแกรมภาษาจาวาในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร คือ มีความยืดหยุ่นในการทำงานและง่ายต่อการเขียนโปรแกรมเนื่องจากเป็น Objects Oriented Program ซึ่งสามารถนำ Source Code จากภายนอกมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมได้ และสะดวกการนำ Source Code ของโปรแกรมไปพัฒนาต่อยอด ซึ่งบุคคลหรือหน่วยงานอื่นที่สนใจจะนำไปพัฒนาต่อยอดไม่จำเป็นต้องเข้าใจ Source Code ทั้งหมดเพียงแต่ต้องทำความเข้าใจกับวิธีนำไปใช้งานก็พอ

3.2 ข้อเสียของการใช้โปรแกรมภาษาจาวาในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร คือ การเขียนโปรแกรม (Source Code) ภาษาจาวานั้น จะมีส่วนที่ยากตรงการสร้าง Interface ของโปรแกรม เนื่องจากการสร้าง Interface ของภาษาจาวานั้น ต้องเขียน Source Code ในการสร้างและเรียกใช้งาน Interface ซึ่งถือว่าซับซ้อนมาก หากเปรียบเทียบกับโปรแกรมภาษาอื่น เช่น VBA ซึ่งมี Interface สำเร็จรูปให้ผู้เขียนโปรแกรมเลือกใช้ ได้โดยสะดวก

4. ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติของโปรแกรม Autodesk Revit (Version 7.0) กับโปรแกรมภาษาจาวา โดยเมื่อพิจารณาเรื่องความสมบูรณ์ของโปรแกรมแล้วจะเห็นได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมภาษาจาวานี้อาจยังไม่สมบูรณ์นักเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม Autodesk Revit โดยยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความหลากหลายของชิ้นส่วนและการสร้างรูป 2 มิติจากแบบจำลอง 3 มิติของอาคารยังไม่เป็นภาพฉายที่แท้จริง แต่โปรแกรมภาษาจาวาจะมีความยืดหยุ่นกว่าในเรื่องของการสร้างสภาพแวดล้อมของอาคารที่สามารถใช้ภาพนิ่งมาเป็นพื้นหลังได้ ซึ่งช่วยลดการใช้ Virtual memory ของเครื่องคอมพิวเตอร์และลดระยะเวลาในการทำงานได้ อีกทั้งโปรแกรมภาษาจาวาสามารถสร้างเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างได้โดยอัตโนมัติซึ่งความสามารถนี้ โปรแกรม Autodesk Revit ไม่สามารถทำได้ อีกทั้งโปรแกรมภาษาจาวาเองไม่มีค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรมและไม่มีข้อจำกัดในการพัฒนาต่อยอดอีกด้วย

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองอาคาร 3 มิติของโปรแกรม Autodesk Revit (Version 7.0) กับโปรแกรมแกรมภาษาจาวา

ความสามารถของโปรแกรม	Autodesk Revit	Java
วิธีการสร้างชิ้นส่วน	ต้องกำหนดระดับแต่ละชั้นของอาคารก่อน แล้วจึงใช้เมาส์สร้างชิ้นส่วนในรูปแบบ 2 มิติในรูปแปลนแต่ละชั้นของอาคาร แล้วจึงแสดงผลอาคารในรูปแบบ 3 มิติ	กำหนดขนาดของชิ้นส่วนและตำแหน่งจุดอ้างอิงของชิ้นส่วนผ่านโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น แล้วจึงแสดงผลอาคารในรูปแบบ 3 มิติ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความสามารถของโปรแกรม	Autodesk Revit	Java
ความหลากหลายของชิ้นส่วนอาคาร	ชิ้นส่วนของอาคารที่สามารถสร้างได้ มีความหลากหลายครบทุกประเภทและสามารถสร้างชิ้นส่วนที่มีลักษณะโค้งงอได้	ชิ้นส่วนของอาคารที่สามารถสร้างได้ยังไม่ครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถสร้างได้เฉพาะชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมเท่านั้นไม่สามารถสร้างชิ้นส่วนที่มีลักษณะโค้งงอได้
การกำหนดสภาพแวดล้อมของอาคารและการให้แสงเงา	สามารถกำหนดสภาพแวดล้อมของอาคารและให้แสงเงาแก่อาคารได้ โดยใช้วิธีการ Render ซึ่งใช้ Virtual memory ของเครื่องคอมพิวเตอร์สูงและใช้ระยะเวลาในการจัดทำนาน	สามารถกำหนดสภาพแวดล้อมของอาคารและให้แสงเงาแก่อาคารได้ โดยใช้วิธีการดึงภาพนิ่งจากแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งมาเป็นสภาพแวดล้อม ซึ่งใช้ Virtual memory ของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่ำและใช้ระยะเวลาในการจัดทำสั้น
การสร้างรูป 2 มิติของอาคารจากแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น	สามารถรูป 2 มิติของอาคารได้โดยอัตโนมัติ โดยรูป 2 มิติที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ทั้งเรื่องของการกำหนดสเกลของแบบรูป การสร้างกรอบกระดาษและการเขียนตัวอักษร ซึ่งสามารถใช้เป็นแบบก่อสร้างจริงได้	สามารถรูป 2 มิติได้โดยอัตโนมัติ แต่รูป 2 มิติที่สร้างขึ้นยังไม่เป็นภาพฉายที่แท้จริง ทั้งยังไม่สามารถกำหนดสเกลและเขียนตัวอักษรได้ ซึ่งยังไม่สามารถใช้เป็นแบบก่อสร้างจริงได้
การสร้างเหล็กเสริมในชิ้นส่วนของอาคาร	ไม่สามารถสร้างเหล็กเสริมในชิ้นส่วนของอาคารได้	สามารถสร้างเหล็กเสริมในชิ้นส่วนของอาคารได้ แต่ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความสามารถของโปรแกรม	Autodesk Revit	Java
การแสดงข้อมูลของอาคาร	สามารถแสดงรายละเอียดชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ได้	สามารถแสดงรายละเอียดปริมาตรของชิ้นส่วน พื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสไม้แบบและพื้นที่ผิวส่วนที่ต้องทาสีของชิ้นส่วนได้
ค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรม	มีค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรม	ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรม
การพัฒนาต่อยอด	ไม่อนุญาตให้แก้ไขโปรแกรม	สามารถนำโปรแกรม (Source Code) ไปพัฒนาต่อยอดได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบและจัดการข้อมูลอาคารด้วยโปรแกรมภาษาจาวา โดยใช้อาคารขนาด 3 ชั้นเป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. สามารถสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ 3 มิติของอาคารที่มีส่วนประกอบของเหล็กเสริม โดยอาคารประกอบด้วยชิ้นส่วนของเสาเข็ม ฐานราก เสา คาน พื้น ผนัง รั้ว ประตู หน้าต่าง เพดานและบันได ซึ่งสามารถแสดงผลได้ในลักษณะมุมมองแบบแสดงผิวภายนอก มุมมองแบบเส้นโครงและมุมมองแบบโปร่งแสง สามารถกำหนดสีและวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างอาคารได้ การสร้างรูป 2 มิติจากแบบจำลอง 3 มิติของอาคารที่สร้างขึ้น สามารถแสดงผลรูปด้านของอาคาร รูปตัดทางขวางของอาคาร และรูปแปลนพื้นของอาคารได้โดยอัตโนมัติ อีกทั้งสามารถแสดงผลชิ้นส่วนอาคารตามลำดับการวางแผนการทำงานได้ การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรมได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับรับข้อมูลและกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นส่วนโครงสร้าง

2. ทำการออกแบบระบบฐานข้อมูล ชุดคำสั่ง และเขียนโปรแกรม(Source Code) ภาษาจาวา โดยข้อมูลของอาคารที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารถูกจัดเก็บในรูปแบบตาราง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access เป็นโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลขนาดและพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วน ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปคำนวณหาปริมาตรของชิ้นส่วน พื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับไม้แบบและพื้นที่ผิวส่วนที่ต้องทาสีของแต่ละชิ้นส่วนได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาต่อยอดได้ในเรื่องของการประมาณราคา การออกแบบและวางแผนการใช้ไม้แบบ และการวางแผนการทาสีอาคารได้

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าแบบจำลอง 3 มิติของอาคาร ได้พัฒนาขึ้นในลักษณะ Stand Alone Application สามารถทำงานได้โดยใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว แต่โปรแกรมภาษาจาวานั้น มีฟังก์ชันที่รองรับการปฏิบัติการบนอินเตอร์เน็ต ควรมีการพัฒนาต่อไปให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้บนอินเตอร์เน็ต

2. งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Access เป็นโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น เรื่องลิขสิทธิ์ของโปรแกรม ขนาดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัดและไม่เหมาะสมกับการใช้งานบนอินเตอร์เน็ต อาจเปลี่ยนไปใช้โปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า เช่น โปรแกรม PostgreSQL ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด (Open Source Software) เหมาะกับการทำงานบนอินเตอร์เน็ตและมีพื้นที่ในการเก็บข้อมูลมากกว่าโปรแกรม Microsoft Access

3. งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใหม่ตั้งแต่ต้น โดยใช้โปรแกรมภาษาจาวาซึ่งเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ในการนำไปพัฒนาต่อยอด ดังนั้นจึงสามารถนำระบบฐานข้อมูลชุดคำสั่ง และ Source Code ภาษาจาวา ของโปรแกรมไปพัฒนาต่อยอดได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ เช่น การวางแผนการก่อสร้าง การควบคุมโครงการ การออกแบบโครงสร้าง หรือการออกแบบและวางแผนการใช้งานแบบหล่อ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

สิทธิโชค ศิริวิวัฒน์. 2541. **การศึกษาการใช้โปรแกรมกราฟิก 3 มิติในการวางแผนงานก่อสร้างโดยอัตโนมัติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิวัฒน์ อุดมปีติทรัพย์. 2548. **Autodesk Revit เรียนลัดการสร้างงานออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างมืออาชีพ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. Engineer and Architect Plus Innovation Company, กรุงเทพมหานคร.

ภาณุพงษ์ ปัตติสิงห์. 2548. **คู่มือการใช้โปรแกรม AutoCAD 14: 3D Modeling.** พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), กรุงเทพมหานคร.

Ac3D. 2548. http://www.ac3d.org/pages/gallery.

Autodesk Revit. 2548. http://www.pesik.com/product/revit.html.

_____. 2549. http://usa.autodesk.com.

Doug, Twilleager. 2006. **Introduction to Graphics Programming with Java 3D Retrieves**. Available Source: http:// www.euclideanspace.com, April 10, 2007.

Khemlani, L. 2003. Should We BIM? Pushing the State of the Art in AEC. **Cadalyst USA.** Volume 6

_____. 2004. The Eureka Tower: A Case Study of Advanced BIM Implementation. **AECbytes USA.** Volume 6

Martin, J. B. 2007. **Coordinate Systems in Computer Systems and Simulators Retrieves.** Available Source: http:// www.euclideanspace.com, April 2, 2007.

Sampaio, A. Z. 2005. Learning Construction Processes Using Virtual Reality Models, Electronic **Journal of Information Technology in Construction, Portugal,** Volume 10: 141-151

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คู่การใช้งานโปรแกรม

คู่การใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้น จะต้องมีการติดตั้งโปรแกรมที่จำเป็นสำหรับใช้งานเสียก่อนโดยรายละเอียดการติดตั้งโปรแกรมจะกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1 หลังจากติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานต้องทำความเข้าใจกับส่วนประกอบของหน้าจอปฏิบัติการ ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 2 และวิธีการใช้งานโปรแกรมได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 -14

1. การติดตั้งโปรแกรมเพื่อเตรียมใช้งาน

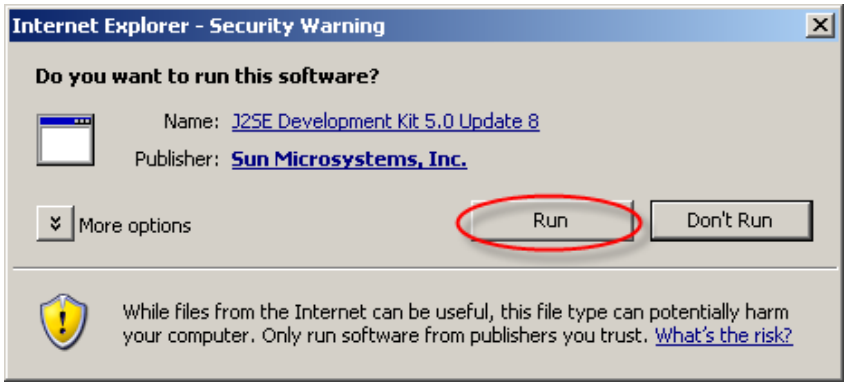
ขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมเพื่อเตรียมใช้งาน ขั้นตอนแรกต้องมีการติดตั้งโปรแกรม Java Development Kit (JDK) ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการทำงานของโปรแกรมภาษาจาวา ซึ่งใช้โปรแกรม JDK รุ่น jdk-1_5_0_08-windows-i586-p หลังจากที่ติดตั้งโปรแกรมภาษาจาวาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาต้องทำการติดตั้งโปรแกรม Java3D ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมที่ช่วยให้สามารถสร้างวัตถุและวิเคราะห์เชิง 3 มิติได้ โดยใช้โปรแกรม Java3D รุ่น java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk เมื่อติดตั้งโปรแกรม Java3D เรียบร้อบแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายต้องการกำหนดค่า JDBC- ODBC Bridge Driver เพื่อสร้างการติดต่อระหว่างโปรแกรมภาษาจาวากับโปรแกรม MS Access ซึ่งเป็นโปรแกรมฐานข้อมูล โดยปกติแล้วโปรแกรม MS Access จะได้รับการติดตั้งไว้พร้อมกับการติดตั้งโปรแกรม MS Office ของเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่แล้วจึงไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดการติดตั้งไว้ รายละเอียดขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมต่าง ๆ เป็นดังนี้

1.1 ขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรม jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.1 ดับเบิลคลิกที่ไอคอน jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

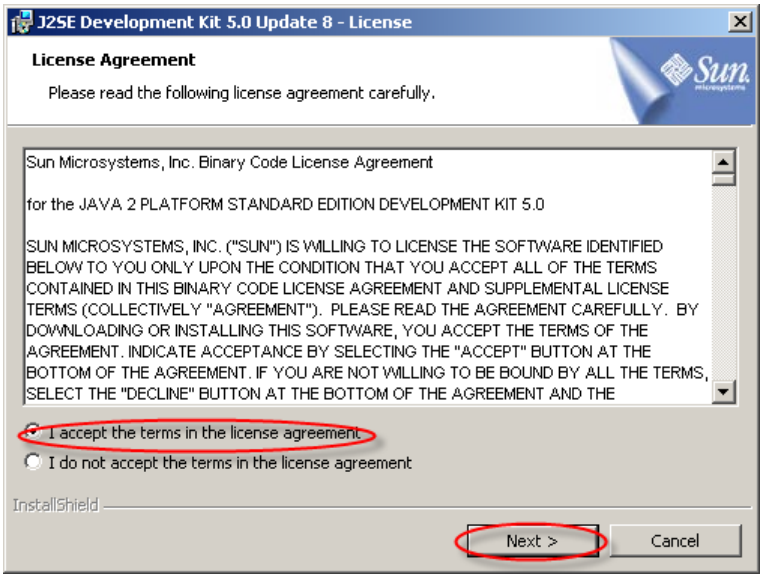
ภาพผนวกที่ ก1 ไอคอนของโปรแกรม jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.2 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้ ให้คลิกที่ปุ่ม “RUN” เพื่อเริ่มการติดตั้งโปรแกรม



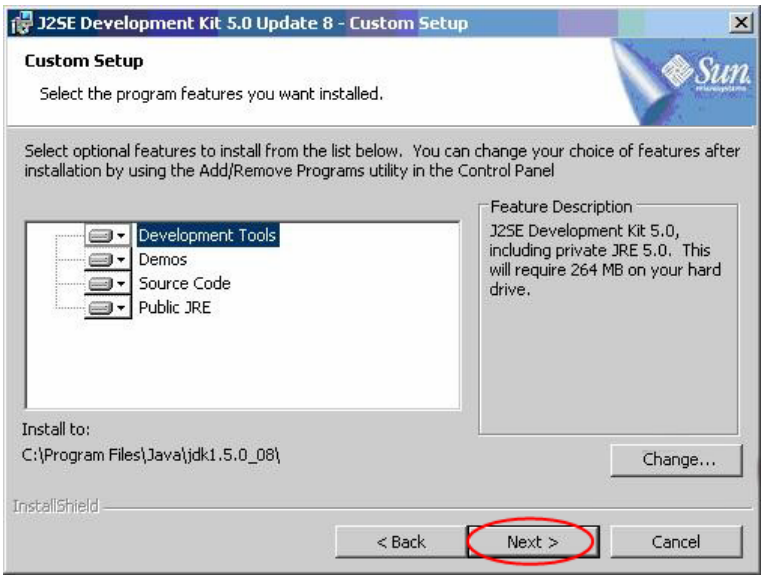
ภาพผนวกที่ ก2 ขั้นตอนที่ 2 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.3 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 2 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการทำข้อตกลงก่อนใช้ jdk-1_5_0_08-windows-i586-p เมื่ออ่านข้อตกลงเรียบร้อยแล้วให้คลิกในช่อง “I accept the terms in the license agreement” แล้วคลิกที่ปุ่ม Next



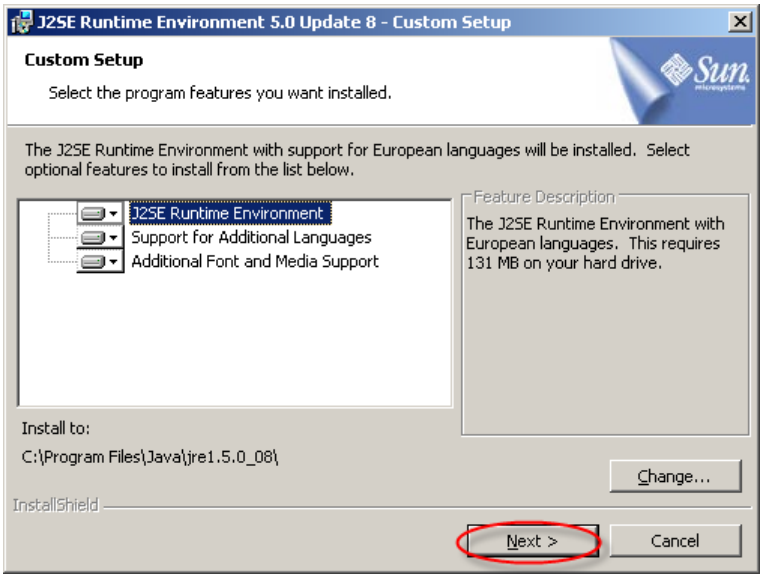
ภาพผนวกที่ ก3 ขั้นตอนที่ 3 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.4 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 3 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกว่าต้องการติดตั้งเครื่องมือใดของ Java jdk บ้าง และเลือก directory ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมโดยคลิกที่ปุ่ม Change และเมื่อทำการเลือกแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Next



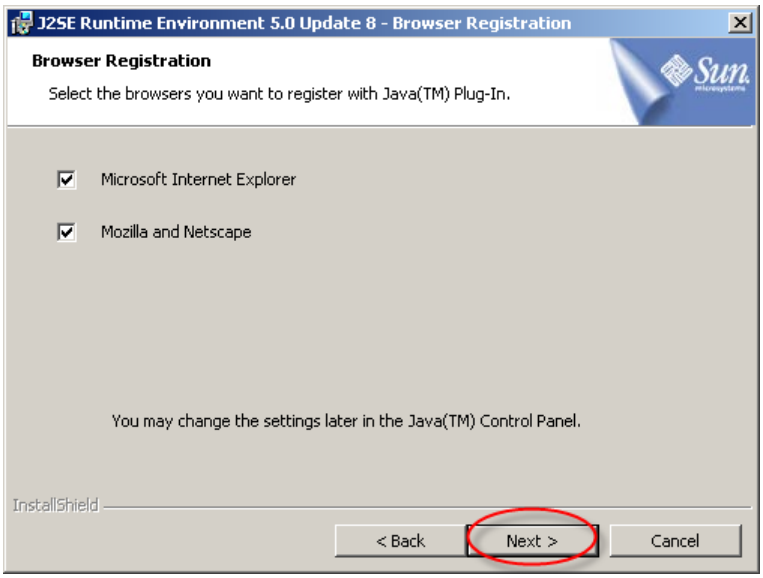
ภาพผนวกที่ ก4 ขั้นตอนที่ 4 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.5 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 4 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกว่าต้องการติดตั้งเครื่องมือใดของ Java jre บ้าง และเลือก directory ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมโดยคลิกที่ปุ่ม Change และเมื่อทำการเลือกแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Next



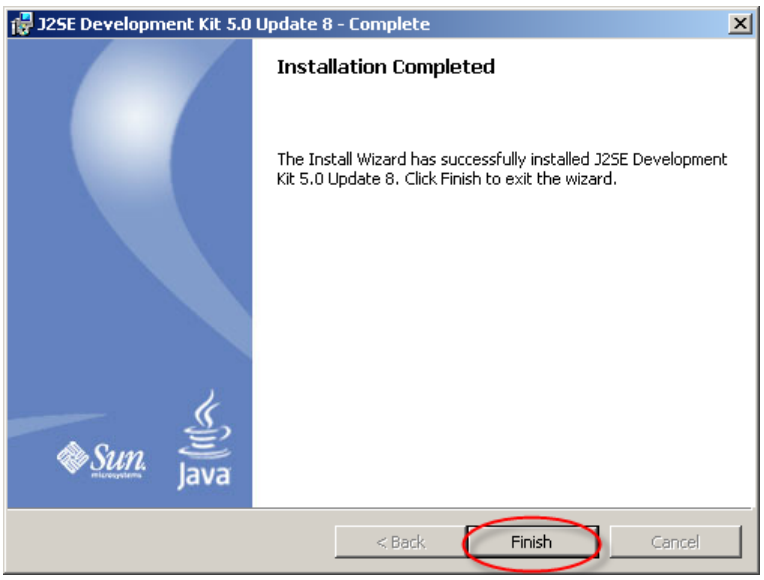
ภาพผนวกที่ ก5 ขั้นตอนที่ 5 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

1.1.6 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 5 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้ให้คลิกที่ปุ่ม Next เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม จากนั้นโปรแกรม jdk-1_5_0_08-windows-i586-p จะทำการติดตั้งโดยอัตโนมัติ -



ภาพผนวกที่ ก6 ขั้นตอนที่ 6 ในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

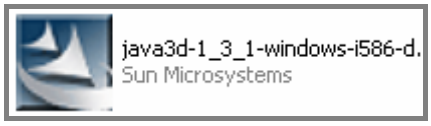
1.1.7 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 6 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบอกว่าผลการลงโปรแกรมสำเร็จหรือไม่ เมื่อสำเร็จแล้วให้คลิกที่ปุ่ม “Finish” เสร็จสิ้นการติดตั้ง



ภาพผนวกที่ ก7 ขั้นสุดท้ายในการติดตั้ง jdk-1_5_0_08-windows-i586-p

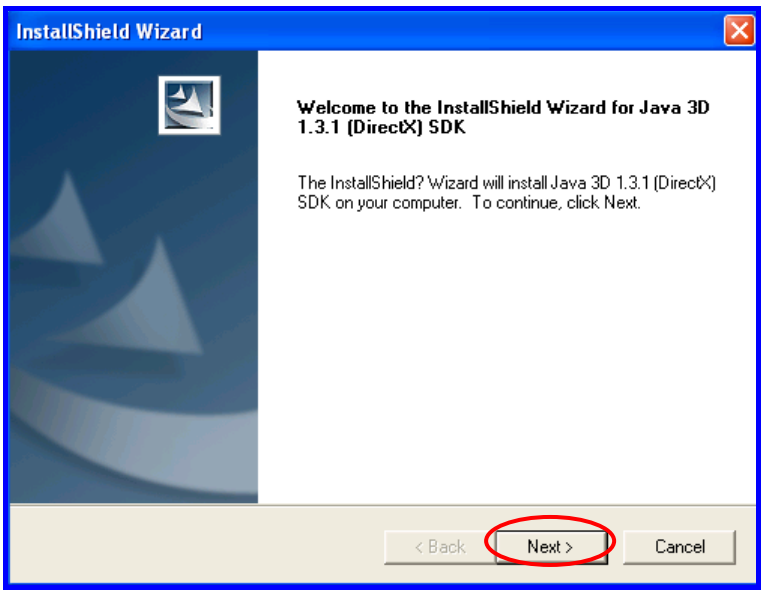
1.2 ขั้นตอนในการติดตั้ง JAVA3D-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.1 ดับเบิลคลิกที่ไอคอน java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk.exe p



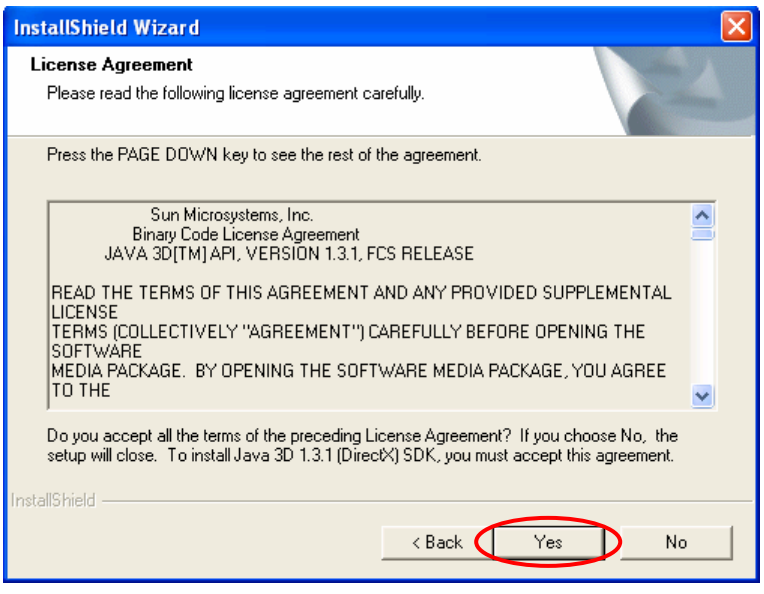
ภาพผนวกที่ ก8 ไอคอนของโปรแกรม java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.2 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้ ให้คลิกที่ปุ่ม “Next” เพื่อทำการ Run โปรแกรมติดตั้ง



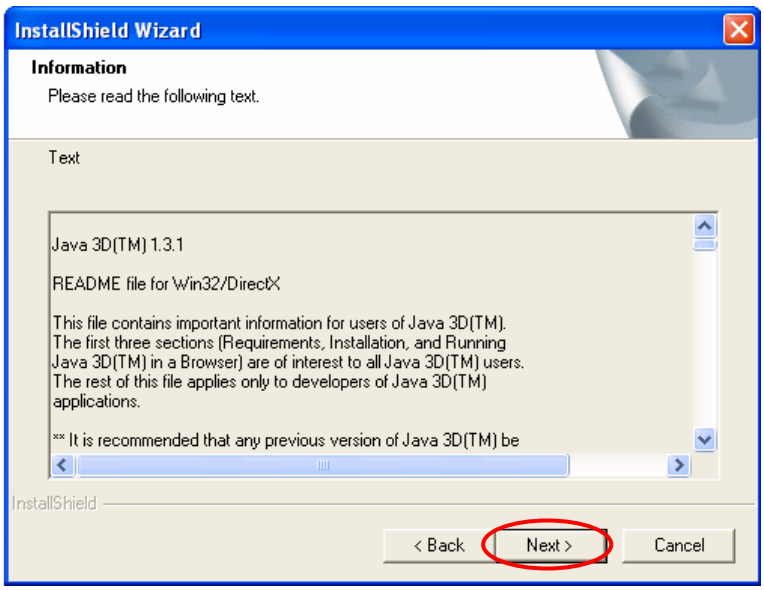
ภาพผนวกที่ ก9 ขั้นตอนที่ 2 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.3 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 2 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการทำข้อตกลงก่อนใช้ java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk.exe เมื่ออ่านข้อตกลงเรียบร้อยแล้วให้คลิกในช่อง “Yes”



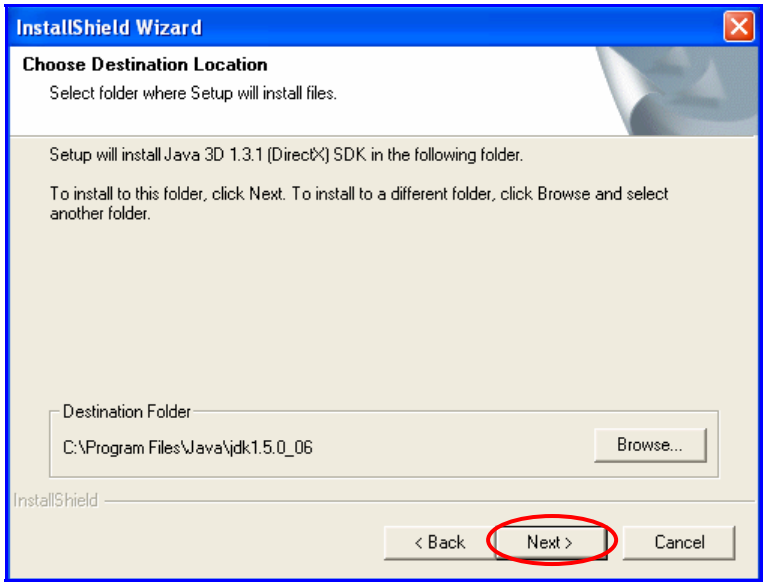
ภาพผนวกที่ ก10 ขั้นตอนที่ 3 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.4 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 3 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการทำข้อตกลงก่อนใช้งาน เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3 เมื่ออ่านข้อตกลงเรียบร้อยแล้วให้คลิกในช่อง “Next”



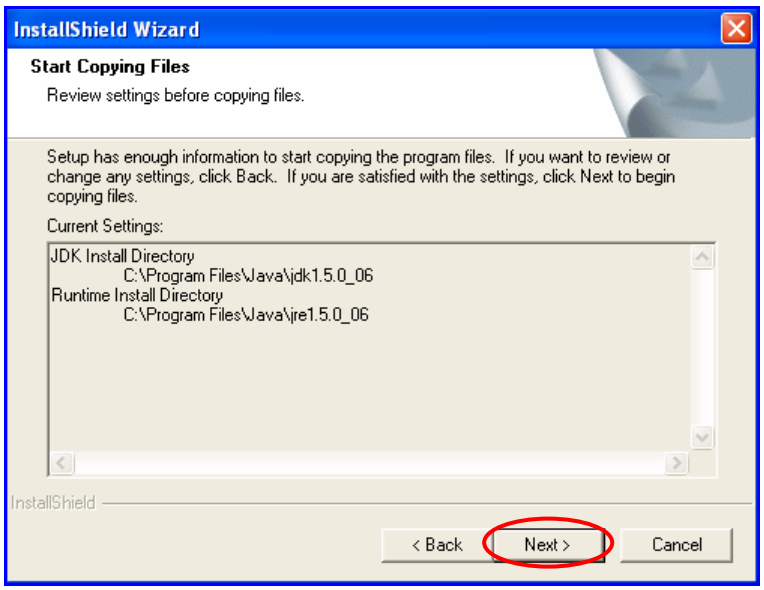
ภาพผนวกที่ ก11 ขั้นตอนที่ 4 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.5 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 4 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการเลือก directory ที่จะทำการลงโปรแกรม ให้เลือกไปยัง directory เดียวกันกับที่ได้ลงโปรแกรม jdk-1_5_0_08-windows-i586-p เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้โดยคลิกที่ปุ่ม Browse เพื่อทำการเลือก directory แล้วคลิกที่ปุ่ม Next



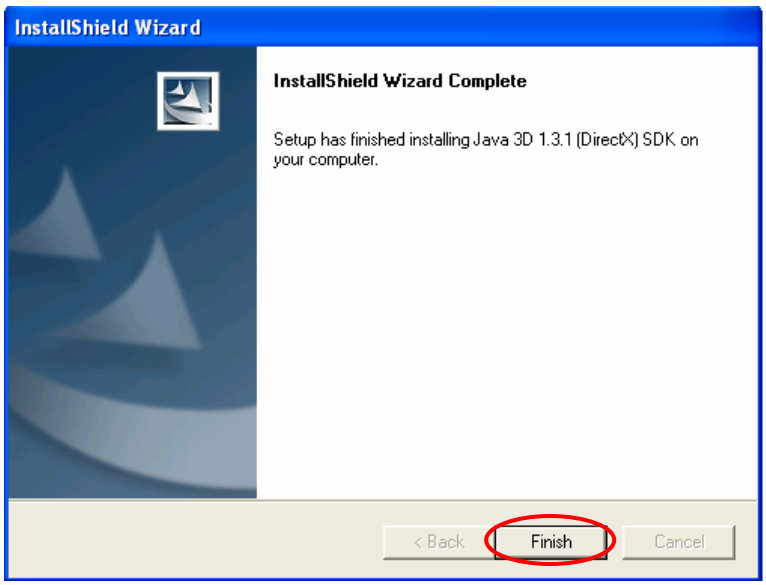
ภาพผนวกที่ ก12 ขั้นตอนที่ 5 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.6 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 5 เรียบร้อยแล้ว เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 4 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้ให้คลิกที่ปุ่ม “Next” เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรมลงยัง directory ที่เลือกไว้ จากนั้นโปรแกรมจะทำการติดตั้งโดยอัตโนมัติ



ภาพผนวกที่ ก13 ขั้นตอนที่ 6 ในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.2.7 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 6 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบอกว่าผลการลงโปรแกรมสำเร็จหรือไม่ เมื่อสำเร็จแล้วให้คลิกที่ปุ่ม “Finish” เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม



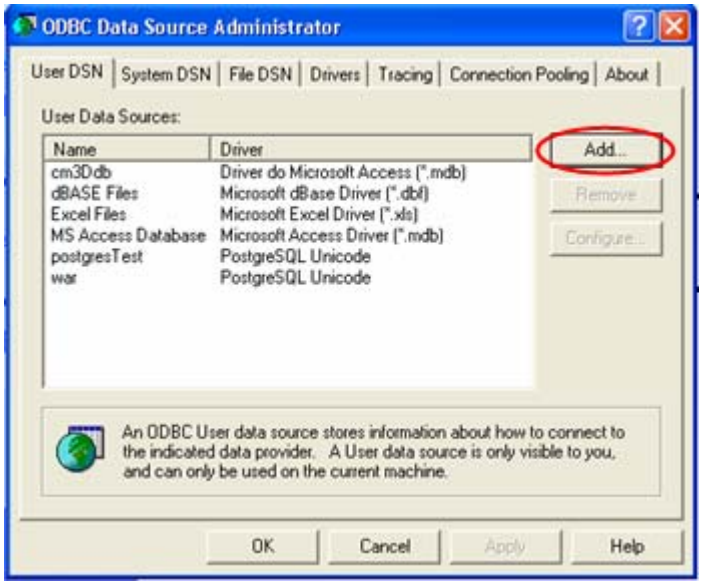
ภาพผนวกที่ ก14 ขั้นตอนสุดท้ายในการติดตั้ง java3d-1_3_1-windows-i586-opengl-sdk

1.3 การกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver เพื่อสร้างการติดต่อระหว่างโปรแกรมภาษาจาวากับโปรแกรม MS Access

1.3.1 ให้ Double คลิก ไอคอน Data Sources (ODBC) ซึ่งอยู่ใน Control Panel >> Administrative Tool

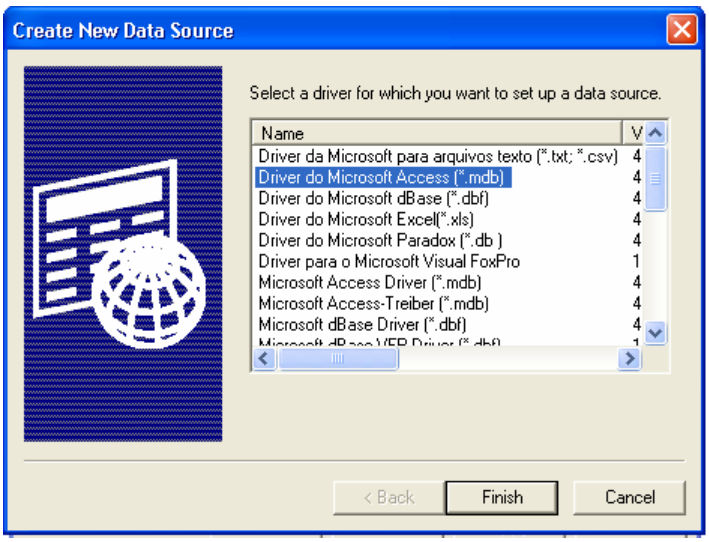
ภาพผนวกที่ ก15 ไอคอน Data Sources (ODBC) ซึ่งอยู่ใน Control Panel >> Administrative Tool

1.3.2 เมื่อเสร็จขั้นตอนที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนนี้ให้คลิกที่ปุ่ม “Add” เพื่อทำการเพิ่ม Driver การติดต่อ



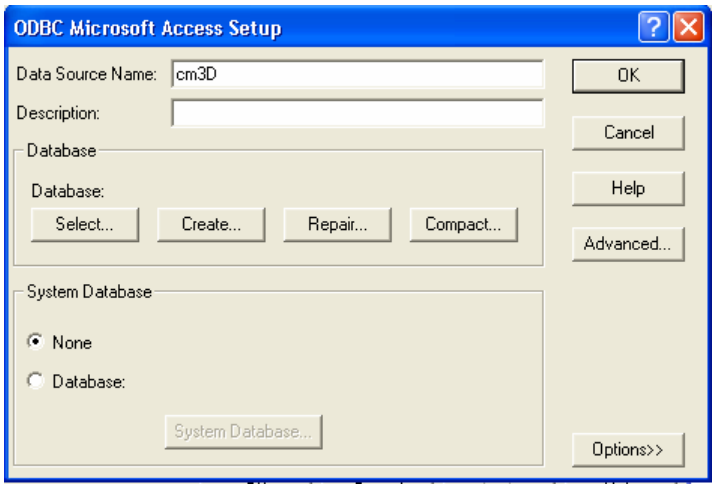
ภาพผนวกที่ ก16 ขั้นตอนที่ 2 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver

1.3.3 เมื่อเสร็จขั้นตอนที่ 2 แล้ว ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกชนิดของ Database Driver ที่ต้องการใช้งาน โดยให้เลือกที่ “Driver do Microsoft Access (*.mdb)” จากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม “Finish”



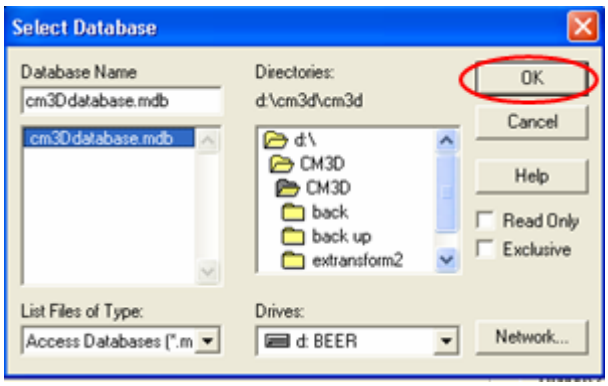
ภาพผนวกที่ ก17 ขั้นตอนที่ 3 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver

1.3.4 เมื่อเลือกชนิดของฐานข้อมูลในขั้นตอนที่ 3 แล้ว ให้ทำการกำหนดชื่อของ Data Source ในช่อง “Data Source Name” แล้วคลิกปุ่ม “Select”



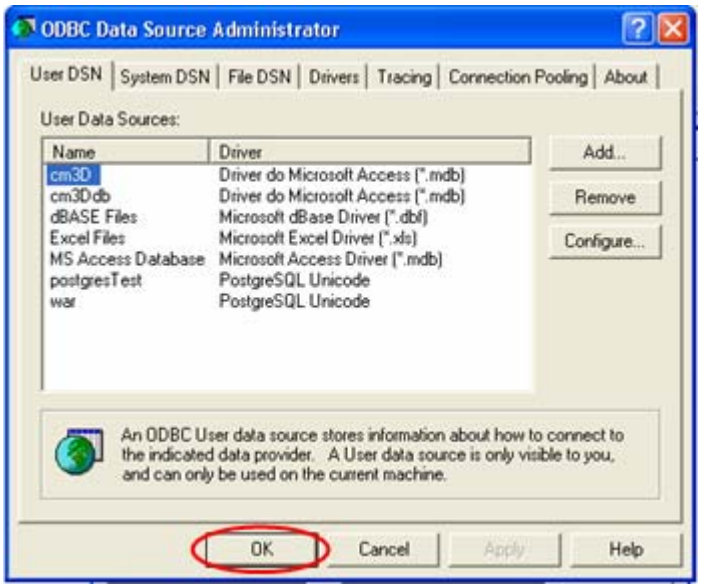
ภาพผนวกที่ ก18 ขั้นตอนที่ 4 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver

1.3.5 เมื่อเสร็จขั้นตอนที่ 4 แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Select Database ให้เลือกไฟล์ฐานข้อมูลที่ใช้งาน จากนั้นให้คลิกปุ่ม “OK”



ภาพผนวกที่ ก19 ขั้นตอนที่ 5 ในการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver

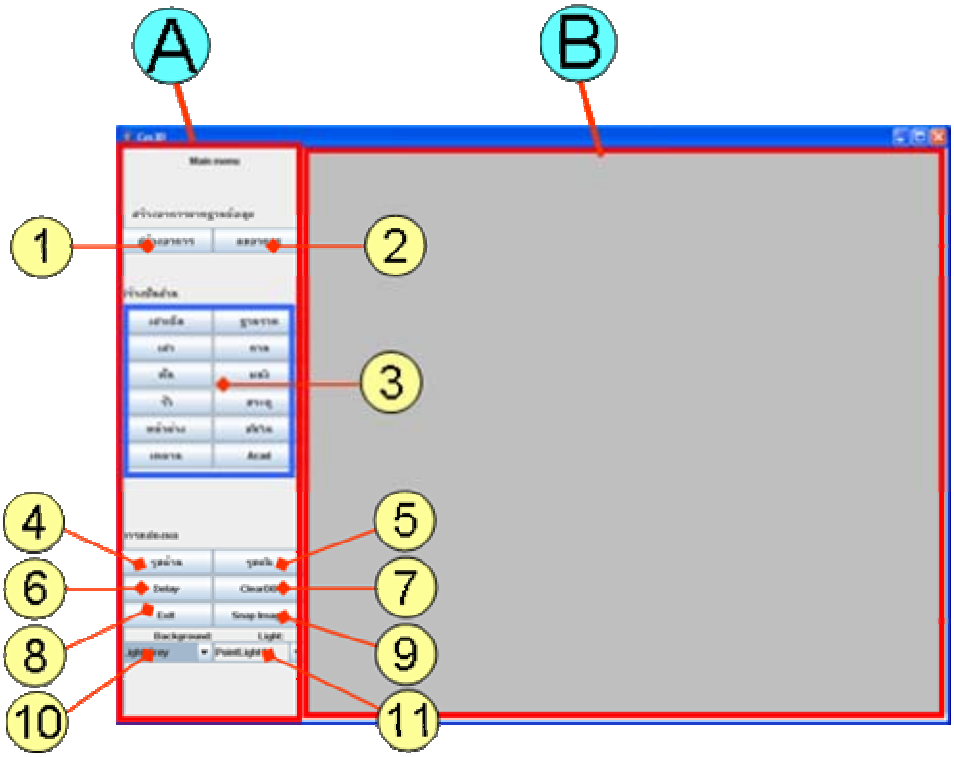
1.3.6 เมื่อเสร็จขั้นตอนที่ 5 แล้ว จะกลับมาที่หน้าต่าง ODBC Data Source Administrator อีกครั้งหนึ่ง สังเกตุได้ว่าจะมีชื่อ Data Source ที่สร้างขึ้นใหม่ปรากฏอยู่ หลังจากนั้นให้คลิกปุ่ม “OK” เสร็จสิ้นการสร้างการติดต่อระหว่างโปรแกรมภาษาจาวากับโปรแกรม MS Access



ภาพผนวกที่ ก20 ขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างการกำหนดค่า JDBC-ODBC Bridge driver

2. ส่วนประกอบของหน้าจอ

หน้าจอของโปรแกรม ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ พื้นที่ส่วนที่ใช้กำหนดการใช้งานของโปรแกรมกับส่วนที่เป็นระนาบ 3 มิติของอาคารสำหรับแสดงผลวัตถุ 3 มิติที่สร้างขึ้น ภาพผนวกที่ 21 แสดงส่วนประกอบหน้าจอของโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพผนวกที่ ก21 แสดงส่วนประกอบของหน้าจอ

2.1 พื้นที่ A เป็นพื้นที่สำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย User interface ต่าง ๆ ที่ใช้ควบควบคุมการทำงานของโปรแกรม

2.2 พื้นที่ B เป็นระนาบ 3 มิติสำหรับแสดงผลแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างขึ้น

2.3 ปุ่มหมายเลข 1 : ปุ่มสำหรับสร้างอาคารจากข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งหมด

2.4 ปุ่มหมายเลข 2 :ปุ่มสำหรับลบอาคารออกจากระนาบ 3 มิติ

2.5 พื้นที่หมายเลข 3 : สำหรับเลือกชนิดของชิ้นส่วนอาคารที่ต้องการสร้างและกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน

2.6 ปุ่มหมายเลข 4 : ปุ่มสำหรับกำหนดการแสดงรูปด้านของแบบจำลอง 3 มิติ

2.7 ปุ่มหมายเลข 5 : ปุ่มสำหรับกำหนดการแสดงรูปตัดทางขวางของแบบจำลอง 3 มิติ

2.8 ปุ่มหมายเลข 6 : ปุ่มสำหรับกำหนดการแสดงผลชิ้นส่วนแบบจำลอง 3 มิติ ตามลำดับแผนการก่อสร้างอาคาร

2.9 ปุ่มหมายเลข 7 : ปุ่มสำหรับลบข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูลเพื่อสร้างฐานข้อมูลใหม่

2.10 ปุ่มหมายเลข 8 : ปุ่มสำหรับจบการทำงานของโปรแกรม

2.11 ปุ่มหมายเลข 9 : ปุ่มสำหรับเก็บภาพแบบจำลอง 3 มิติที่แสดงบนระนาบ 3 มิติ เป็นไฟล์ภาพสกุล jpg ไปจัดเก็บยังแฟ้มข้อมูลภาพนิ่ง

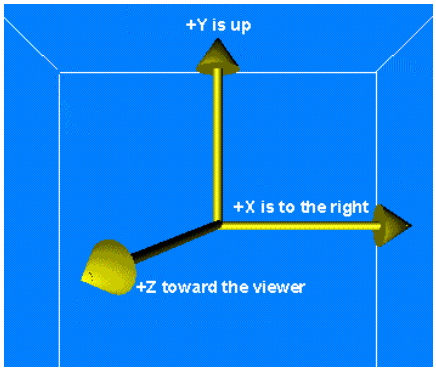
2.12 ปุ่มหมายเลข 10 : Combo Box สำหรับกำหนดสีและภาพพื้นหลังของระนาบ 3 มิติ

2.13 ปุ่มหมายเลข 11 : Combo Box สำหรับกำหนดลักษณะการให้แสงเงา กับแบบจำลอง 3 มิติ

3. การสร้างชิ้นส่วนของอาคาร

ก่อนที่จะสร้างชิ้นส่วนของอาคารได้ ผู้ใช้งานต้องทำความเข้าใจในเรื่องของระบบพิกัด 3 มิติของโปรแกรมเสียก่อน โดยระบบพิกัด 3 มิติในการสร้างและกำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนอาคารในระนาบ 3 มิติ สำหรับโปรแกรมภาษาจาวานั้น มีลักษณะดังภาพผนวกที่ 22 แสดงระบบพิกัดในระนาบ 3 มิติของโปรแกรมภาษาจาวา โดยแกน X คือ แกนที่พุ่งจากจุดกำเนิดไปในแนวซ้ายขวา โดยค่าที่พุ่งไปทางขวาจะมีค่าเป็นบวก แกน Y คือ แกนที่พุ่งจากจุดกำเนิดไปในแนว

บนล่าง โดยค่าที่พุ่งขึ้นไปด้านบนจะมีค่าเป็นบวก และแกน Z คือ แกนที่ตั้งฉากกับแกน X และแกน Y โดยมีทิศทางพุ่งเข้าออกจากจอภาพ ค่าที่พุ่งเข้าหาจอภาพจะมีค่าเป็นบวก

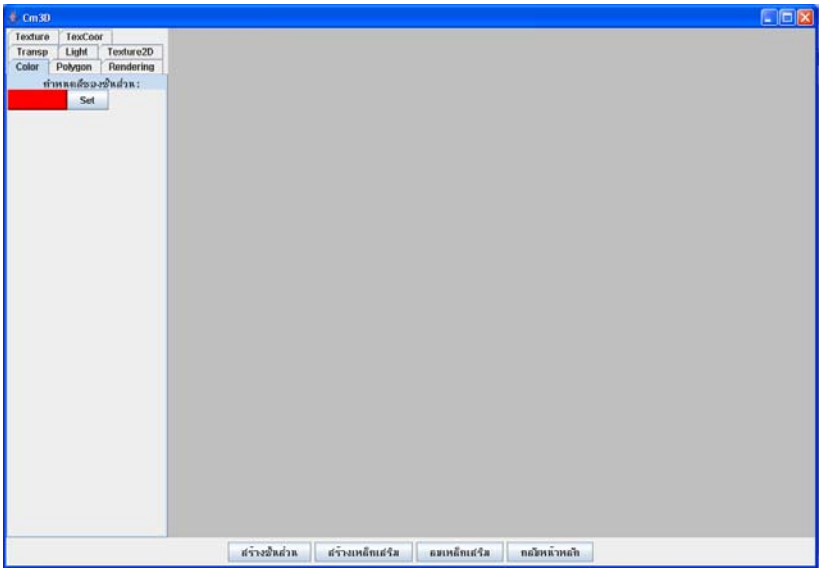


ภาพผนวกที่ ก22 ระบบพิกัดในระนาบ 3 มิติ ของโปรแกรมภาษาจาวา

3.1 การสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของอาคาร

3.1.1 การสร้างชิ้นส่วน 3 มิติของอาคาร เริ่มจากที่หน้าจอหลัก ให้เลือกคลิกที่ปุ่มบริเวณ “หมายเลข 3” เพื่อเลือกชนิดของชิ้นส่วนตามที่ผู้ใช้งานต้องการสร้าง

3.1.2 หลังจากขั้นตอนที่ 1 จะปรากฏหน้าต่างย่อยของการสร้างชิ้นส่วน ให้ผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม “สร้างชิ้นส่วน” บริเวณด้านล่างของหน้าจอ ภาพผนวกที่ 23 แสดงหน้าต่างย่อยของการสร้างชิ้นส่วน



ภาพผนวกที่ ก23 หน้าต่างย่อยของการสร้างชิ้นส่วน

3.1.2 หลังจากขั้นตอนที่ 2 จะปรากฏหน้าต่างสำหรับรับข้อมูลชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 24 แสดงหน้าต่างย่อยสำหรับกำหนดขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดข้อมูลของชิ้นส่วน ได้แก่

ก. ข้อมูลหมายเลขของชิ้นส่วน

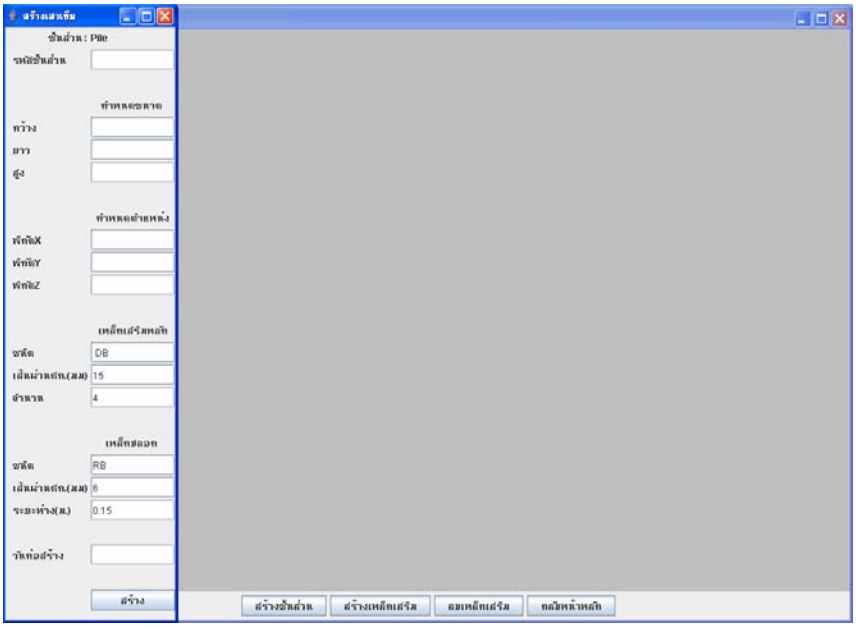
ข. ข้อมูลขนาดของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลขนาดความกว้างของหน้าตัด ขนาดความยาวของหน้าตัดและความยาวของเสา

ค. ข้อมูลพิกัดจุดอ้างอิงของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลพิกัดตามแนวแกน X พิกัดตามแนวแกน Yและข้อมูลพิกัดตามแนวแกน Z ของตำแหน่งจุดอ้างอิง

ง. ข้อมูลเหล็กเสริมของชิ้นส่วน ได้แก่ ข้อมูลชนิดของเหล็กเสริมหลัก จำนวนของเหล็กเสริมหลัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก ชนิดของเหล็กปลอกระยะห่างของเหล็กปลอกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก

จ. ข้อมูลวันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วนตามแผนการทำงาน

เมื่อกำหนดข้อมูลชิ้นส่วนครบถ้วนแล้วให้คลิกที่ปุ่ม “สร้าง” โปรแกรมจะทำการประมวลผลและสร้างชิ้นส่วน 3 มิติที่กำหนดบนระนาบ 3 มิติ

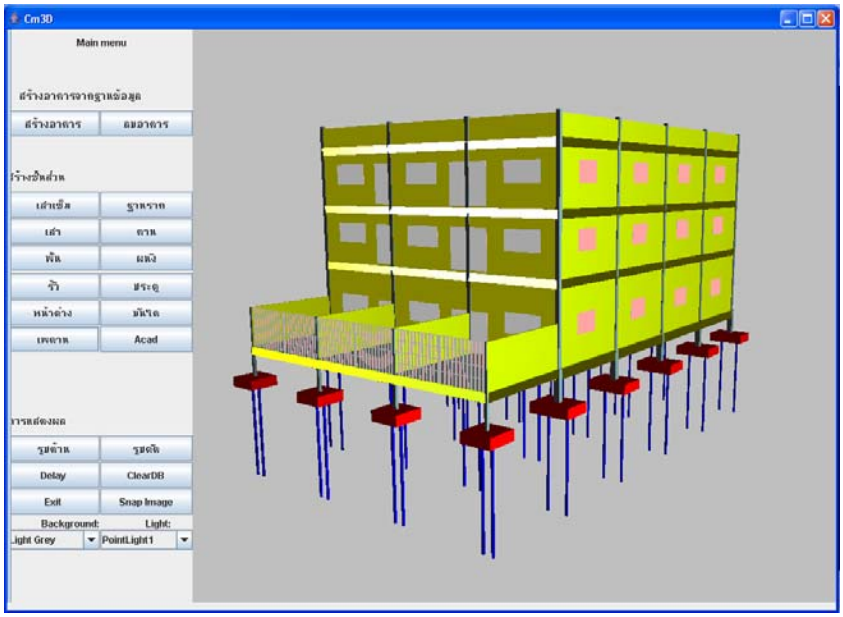


ภาพผนวกที่ ก24 หน้าต่างย่อยสำหรับกำหนดขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วน

4. การสร้างอาคารจากข้อมูลเดิมในฐานข้อมูลและการลบอาคาร

ในกรณีที่มีข้อมูลของอาคารซึ่งจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล ผู้ใช้งานต้องการสร้างอาคารจากข้อมูลเดิมในฐานข้อมูล ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “สร้างอาคาร” ในหน้าต่างหลักของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลและสร้างอาคารแบบจำลอง 3 มิติของอาคารบนระนาบ 3 มิติ ภาพผนวกที่ 25 แสดงการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารที่สร้างจากข้อมูลเดิมในฐานข้อมูล

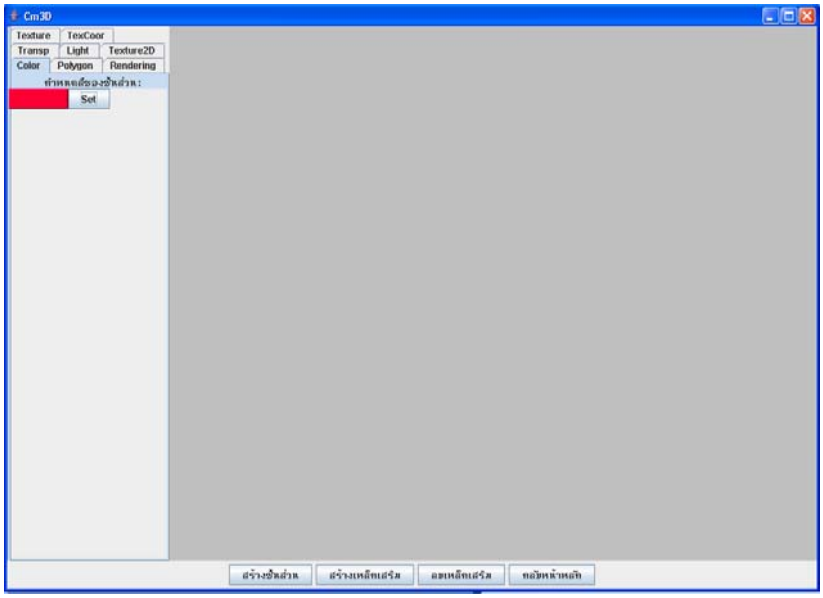
หากต้องการลบอาคารออกจากระนาบ 3 มิติ ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “ลบอาคาร” ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม ชิ้นส่วนของอาคารจะถูกลบออกจากระนาบ 3 มิติ



ภาพผนวกที่ ก25 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารจากข้อมูลเดิมในฐานข้อมูล

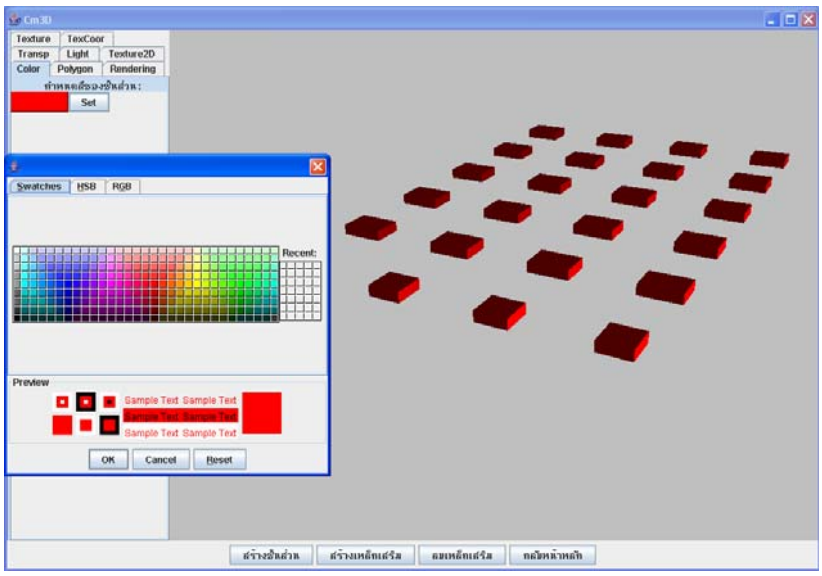
5. การกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน

การกำหนดสีของชิ้นส่วน ประกอบด้วย การกำหนดมุมมอง การกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน การกำหนดมุมมองโปร่งใส การกำหนดแสง การกำหนดวัสดุพื้นผิว การกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิวและการกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิว โดยเมื่อเข้ายังหน้าต่างย่อยของชิ้นส่วนจะปรากฏ Tab panel ให้ผู้ใช้งานเลือกว่าต้องการกำหนดคุณสมบัติใด ภาพผนวกที่ 26 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้



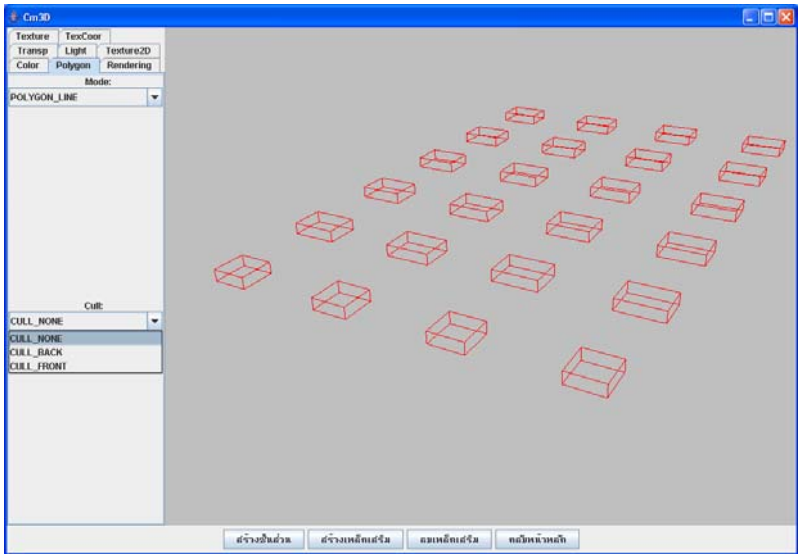
ภาพผนวกที่ ก26 หน้าต่างสำหรับกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน

5.1 การกำหนดสีของชิ้นส่วน เมื่อคลิกที่ Tab “Color” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 27 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน โดยเมื่อคลิกที่ปุ่ม “Set” จะปรากฏหน้าต่างสำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน เมื่อผู้ใช้งานเลือกสีแล้ว ให้คลิกปุ่ม “OK” สีของชิ้นส่วนจะเปลี่ยนไปตามสีที่กำหนด

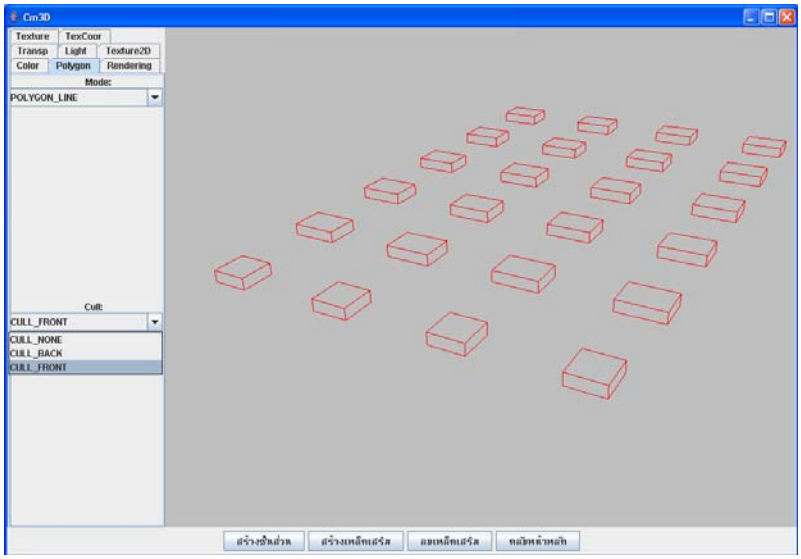


ภาพผนวกที่ ก27 หน้าต่างสำหรับกำหนดสีของชิ้นส่วน

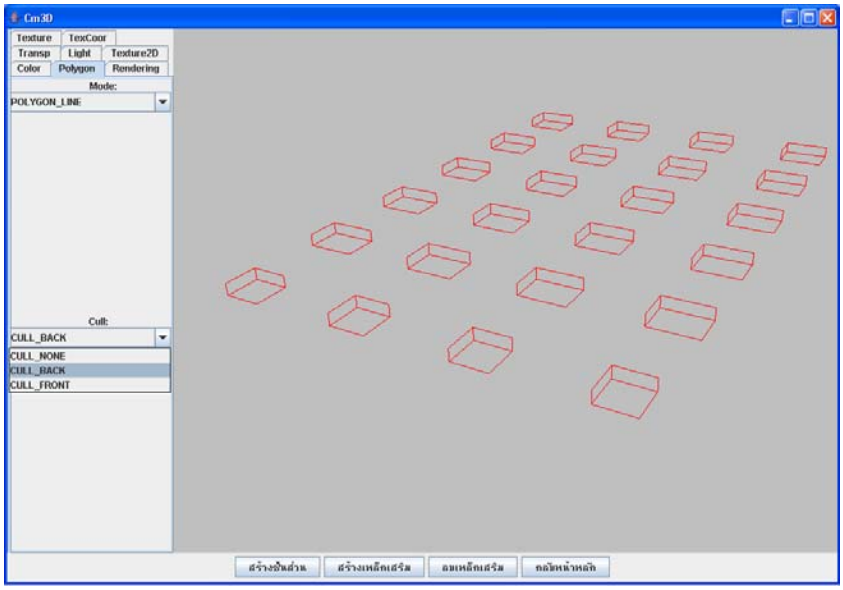
5.2 การกำหนดมุมมอง เมื่อคลิกที่ Tab “Polygon” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดมุมมองของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานสามารถเลือก Mode การแสดงผลชิ้นส่วนได้ 3 แบบ ได้แก่ มุมมองแบบแสดงผิวภายนอก, มุมมองแบบเส้นโครง และมุมมองแบบจุด โดยเมื่อมุมมองเป็นแบบ Wire Frame หรือมุมมองแบบจุด ผู้ใช้สามารถเลือกการแสดงผลชิ้นส่วน โดยการเลือกที่ Cull ภาพผนวกที่ 28-ภาพผนวกที่ 30 แสดงการกำหนดมุมมองแบบเส้นโครงของชิ้นส่วน ซึ่งสามารถเลือกได้แบบ NONE_CULL, CULL_BACK และCULL_FRONT



ภาพผนวกที่ ก28 การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง ของชิ้นส่วน

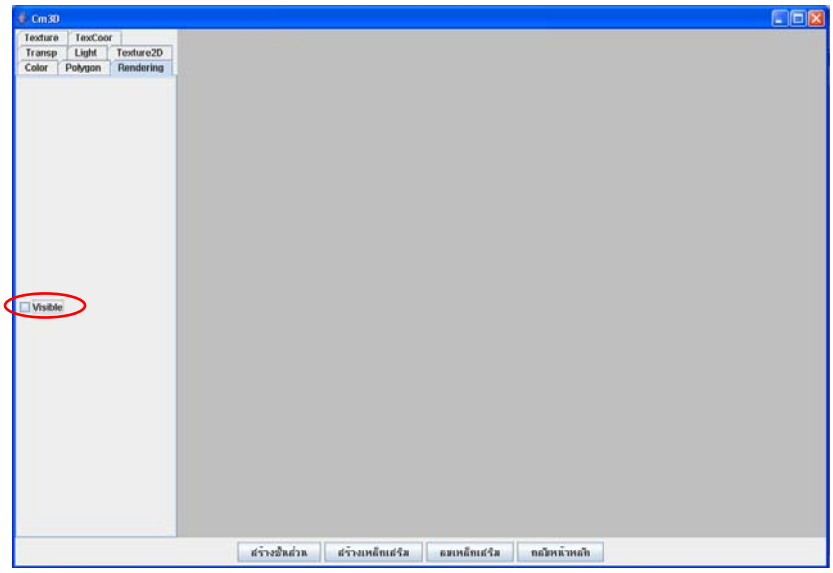


ภาพผนวกที่ ก29 การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง และกำหนด Cull เป็นแบบ Cull Front



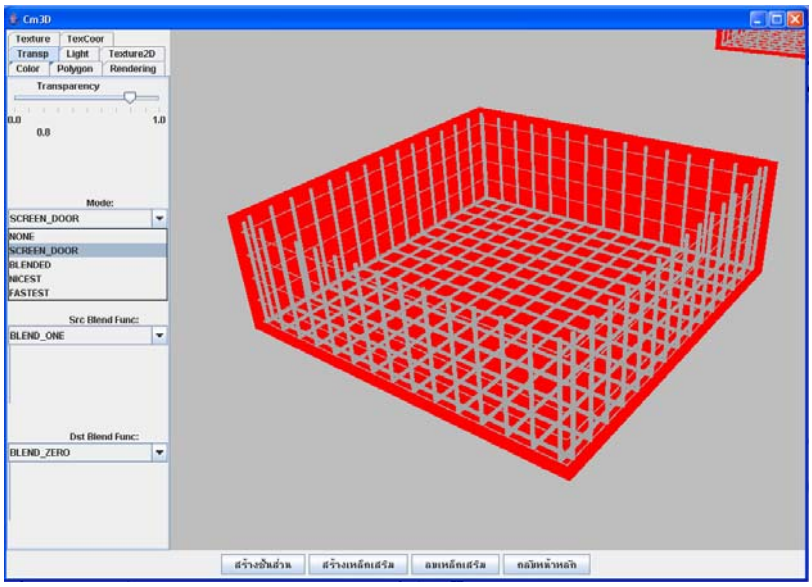
ภาพผนวกที่ ก30 การกำหนดมุมมองแบบเส้นโครง และกำหนด Cull เป็นแบบ Cull Back

5.3 การกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน เมื่อคลิกที่ Tab “Rendering” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 31 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานคลิกเอาเครื่องหมาย “/” ที่ Check box “Visible” ออก เป็นการปิดแสดงผลชิ้นส่วนบนระนาบ 3 มิติ



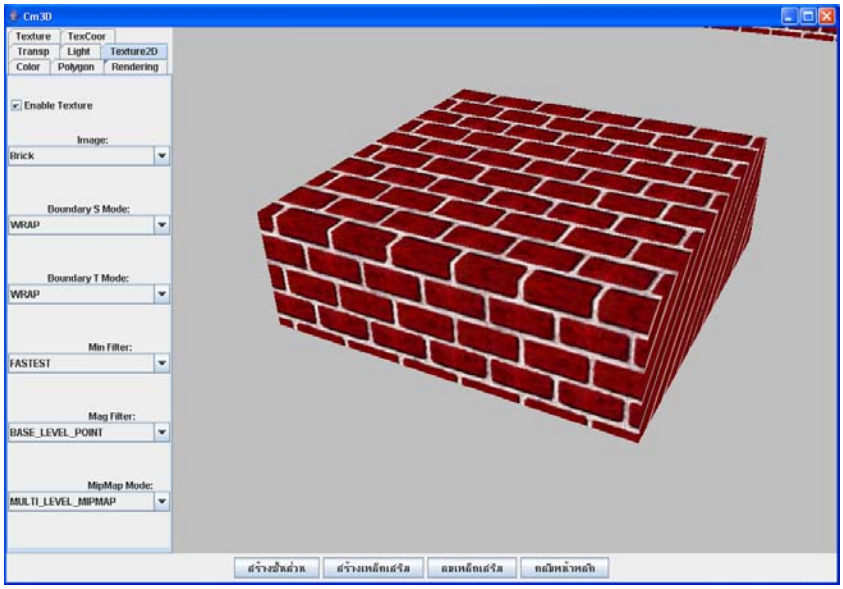
ภาพผนวกที่ ก31 การกำหนดไม่ให้แสดงผลชิ้นส่วน

5.4 การกำหนดมุมมองโปร่งใส เมื่อคลิกที่ Tab “Transp” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดความโปร่งแสงของชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 32 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดความโปร่งแสงของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานคลิกเลือก Mode สำหรับกำหนดลักษณะความโปร่งแสง และ Slider bar สำหรับปรับเปอร์เซ็นต์ความโปร่งแสงของชิ้นส่วนได้



ภาพผนวกที่ ก32 การกำหนดมุมมองโปร่งใส

5.5 การกำหนดวัสดุพื้นผิว เมื่อคลิกที่ Tab “Texture2D” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 33 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานคลิกเลือก ที่ Check box “Enable Texture” จะสามารถกำหนดวัสดุพื้นผิวให้กับชิ้นส่วนได้ โดยเลือกชนิดของวัสดุได้ตามรายละเอียดของ Combo box “Image” และสามารถกำหนด Mode การแสดงผลได้ใน 2 ทิศทาง คือทิศทางในแนวนอนกำหนดที่ Combo box “Boundary S Mode” และทิศทางในแนวตั้งกำหนดที่ Combo box “Boundary T Mode”



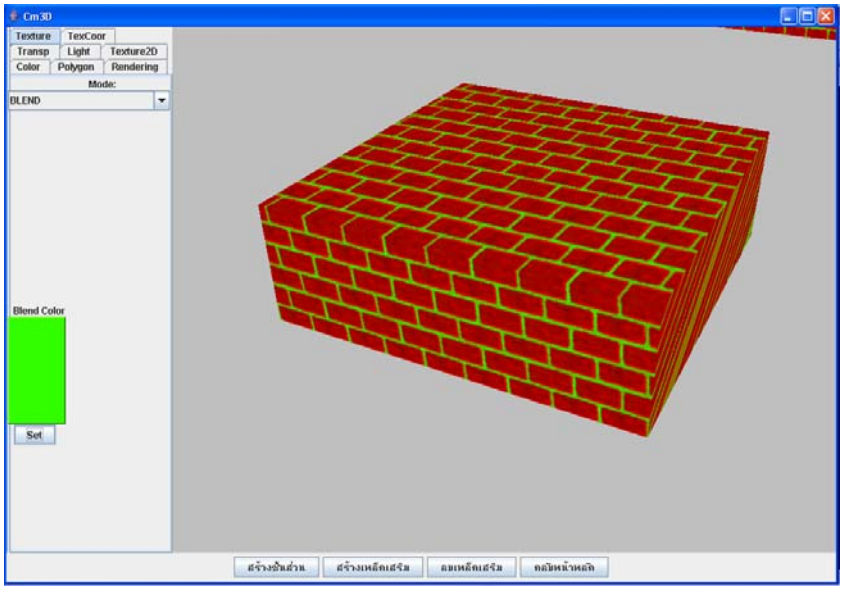
ภาพผนวกที่ ก33 การกำหนดวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน

5.6 การกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิว เมื่อคลิกที่ Tab “Texture” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิว ของชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 34 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยผู้ใช้งานสามารถเลือก Mode สำหรับกำหนดการแสดงผลได้ 4 แบบ ได้แก่

Mode “Replace” เป็นการนำภาพวัสดุที่เลือกมาแทนที่พื้นผิวโดยตรง

Mode “Modulate” เป็นการนำสีของแสงที่ผู้ใช้ได้กำหนดค่าไว้มากระทำต่อชิ้นส่วน ทำให้เกิดแสงเงา สามารถมองเห็นเส้นขอบของชิ้นส่วนชัดเจน

Mode “Blend” เป็นการนำเอาสีที่ผู้ใช้เลือกจากBlend Color มากระทำต่อชิ้นส่วนมาผสมกับสีของแสงเงาที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ ทำให้มีความหลากหลายในการกำหนดสีให้กับชิ้นส่วน

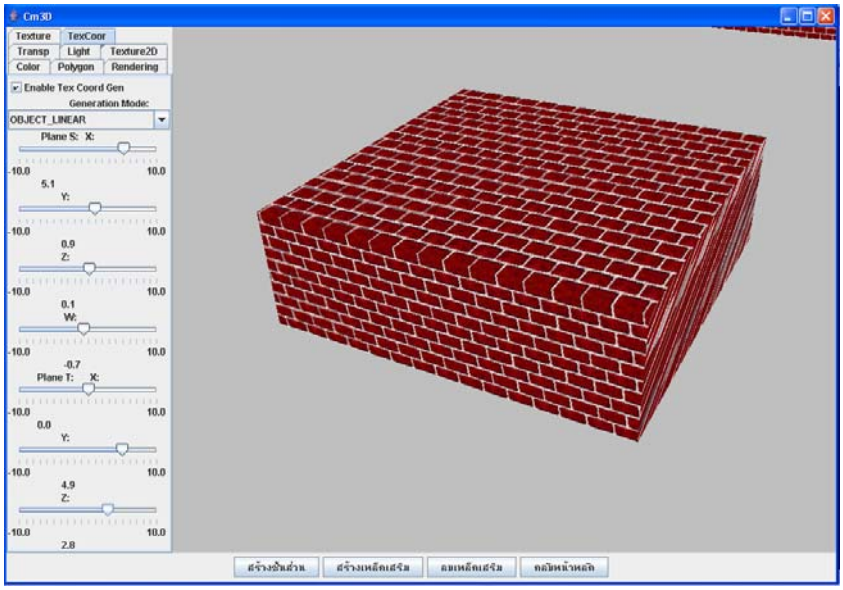


ภาพผนวกที่ ก34 หน้าต่างสำหรับกำหนด Mode การแสดงผลวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน

5.7 การกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิว เมื่อคลิกที่ Tab “TexCoor” จะเข้ามายัง Tab panel สำหรับกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน ภาพผนวกที่ 35 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิวของชิ้นส่วน เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่ Check box “Enable text Coord Gen” จะสามารถกำหนดความละเอียดของพื้นผิวได้ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือก Generate Mode สำหรับกำหนดการแสดงผลได้ 3 แบบ ได้แก่ Mode “OBJECT_LINEAR”, Mode EYE_LINEAR และ Mode “SPHERE_MAP” การกำหนดความละเอียดของพื้นผิว สามารถกำหนดได้ใน 2 ทิศทาง คือ

5.7.1 ทิศทางตามแนวนอน ให้กำหนดในแนว Plane S ซึ่งสามารถกำหนดขนาดความละเอียดตามแนวแกน X, แกน Y, แกน Z และสามารถเลื่อนตำแหน่งของพื้นผิวได้ที่ Slid bar “W”

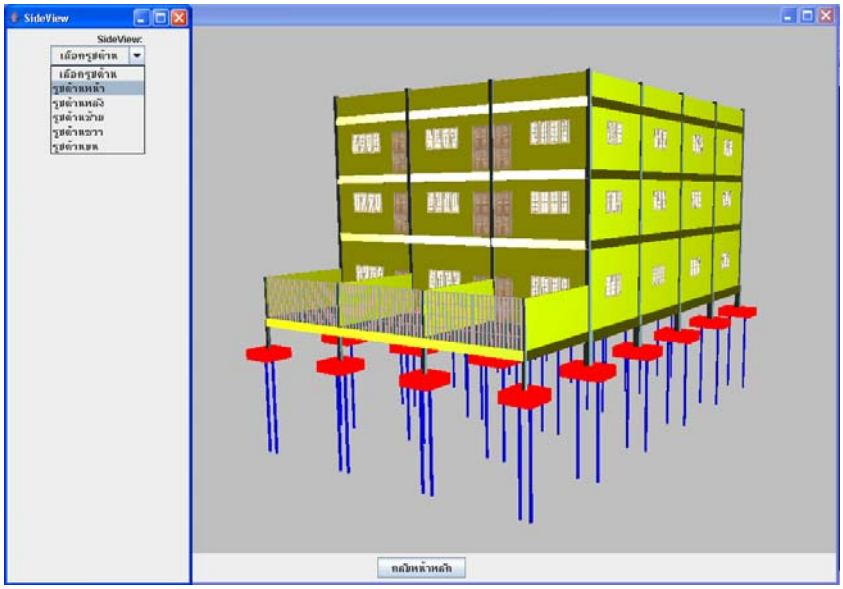
5.7.2 ทิศทางตามแนวตั้ง ให้กำหนดในแนว Plane T ซึ่งสามารถกำหนดขนาดความละเอียดตามแนวแกน X, แกน Y, แกน Z และสามารถเลื่อนตำแหน่งของพื้นผิวได้ที่ Slid bar “W” เช่นเดียวกัน



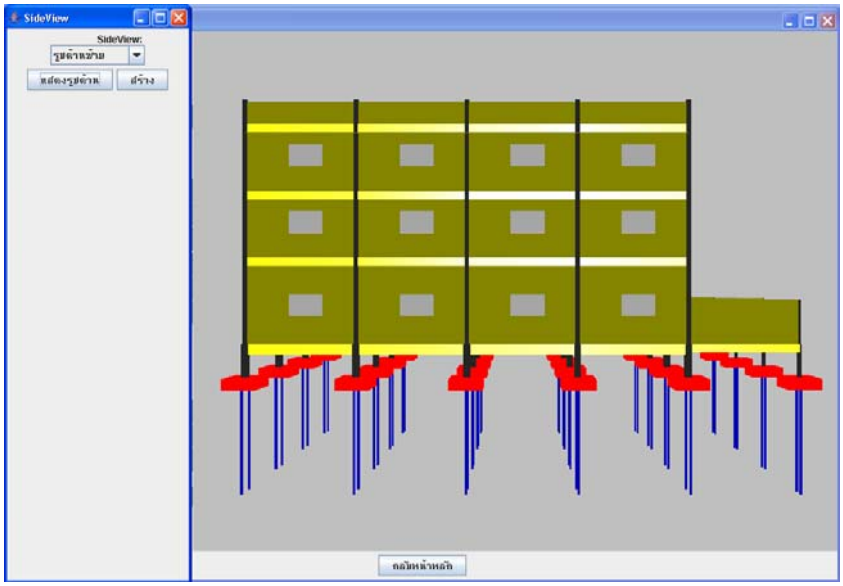
ภาพผนวกที่ ก35 แสดงการกำหนดความละเอียดของวัสดุพื้นผิว

6. การแสดงผลรูปด้านของอาคาร

การแสดงผลรูปด้านของอาคารสามารถทำได้โดยที่หน้าจอหลักของโปรแกรมให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 4” จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างสำหรับเลือกชนิดของรูปด้าน ภาพผนวกที่ 36 แสดงหน้าต่างสำหรับการแสดงผลรูปด้านของอาคาร ให้ผู้ใช้งานเลือกชนิดของรูปด้านที่ต้องการพิจารณา ซึ่งประกอบด้วย รูปด้านหน้า รูปด้านหลัง รูปด้านซ้าย รูปด้านขวาและรูปด้านบน จากนั้นจะปรากฏปุ่มสำหรับกำหนดให้แสดงรูปด้านและปุ่มสร้างสำหรับยกเลิกการแสดงรูปด้าน เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “แสดงรูปด้าน” จะปรากฏรูปด้านของอาคารตามที่ผู้ใช้งานเลือกพิจารณาในระนาบ 3 มิติ พร้อมทั้งปรากฏ Panel สำหรับควบคุมตำแหน่งของอาคาร ภาพผนวกที่ 37 แสดงรูปด้านซ้ายของอาคาร เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “สร้าง” จะเป็นการยกเลิกการแสดงผลรูปด้านของอาคาร



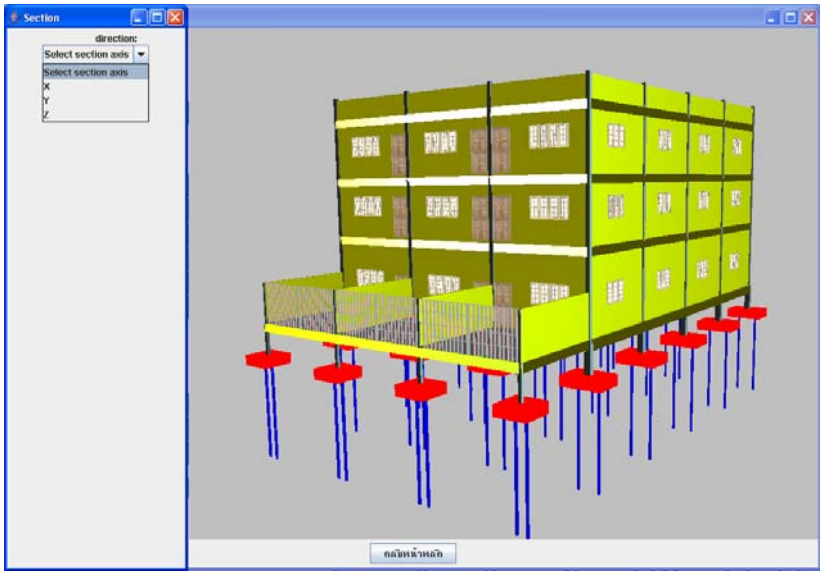
ภาพผนวกที่ ก36 หน้าต่างสำหรับการแสดงผลรูปด้านของอาคาร



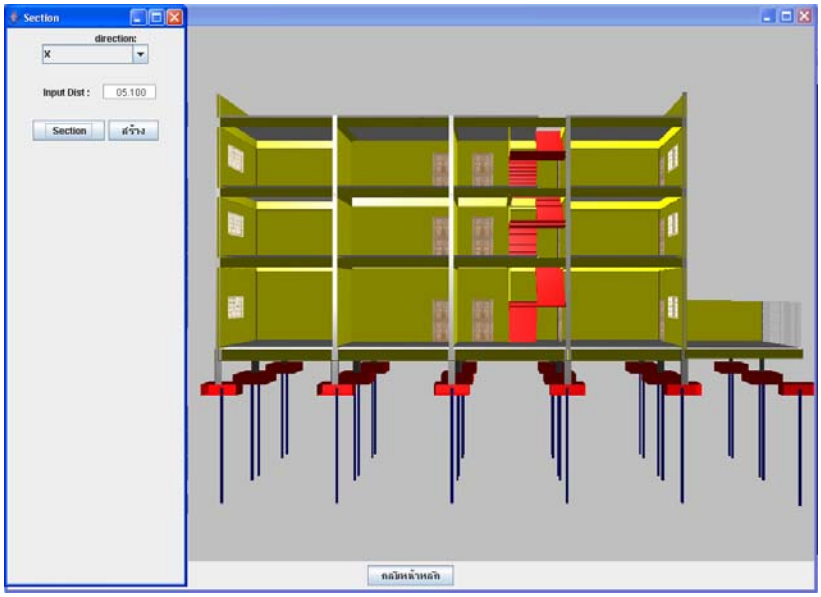
ภาพผนวกที่ ก37 รูปด้านซ้ายของอาคาร

7. การแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคาร

การแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคารสามารถทำได้โดยที่หน้าจอหลักของโปรแกรมให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 5” จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างสำหรับเลือกชนิดของรูปตัดทางขวาง ภาพผนวกที่ 38 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดค่าเพื่อสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร ให้ผู้ใช้งานเลือกชนิดของรูปตัดทางขวางด้านที่ต้องการพิจารณา ซึ่งประกอบด้วย รูปตัดตามแนวแกน X รูปตัดตามแนวแกน Y และรูปตัดตามแนวแกน Z จากนั้นจะปรากฏ Input box สำหรับรับข้อมูลระยะห่างจากตำแหน่ง +0.00 ไปยังระนาบที่ต้องการตัดอาคาร ให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลและเมื่อคลิกที่ปุ่ม “Section” จะปรากฏรูปตัดทางขวางของอาคารตามที่ผู้ใช้งานกำหนดค่า เมื่อคลิกที่ปุ่ม “สร้าง” จะเป็นการยกเลิกการแสดงผลรูปตัดทางขวางของอาคาร ภาพผนวกที่ 39 แสดงรูปตัดทางขวางตามแกน X ของอาคาร



ภาพผนวกที่ ก38 หน้าต่างสำหรับกำหนดค่าเพื่อสร้างรูปตัดทางขวางของอาคาร



ภาพผนวกที่ ก39 รูปตัดทางขวางตามแกน X ของอาคาร

8. การแสดงผลอาคารตามลำดับการวางแผนการก่อสร้าง

เป็นการกำหนดให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนแสดงผลขึ้นในระนาบ 3 มิติ ตามลำดับการวางแผนการทำงาน โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดวันที่จะทำการก่อสร้างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้ โดยการกำหนดวันก่อสร้างไปพร้อมกับการสร้างชิ้นส่วนอาคารชิ้นนั้น ๆ หรือจะกำหนดวันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วนในตารางของฐานข้อมูลของโปรแกรม MS Accessโดยตรง โดยที่หน้าจอหลักของโปรแกรมให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 6” จากนั้นโปรแกรมจะลบแบบจำลอง 3 มิติของอาคารทั้งหมดออกจากระนาบ 3 มิติ แล้วจะเริ่มแสดงผลชิ้นส่วนของอาคารขึ้นมาใหม่ตามลำดับของแผนการทำงานที่ได้กำหนดไว้

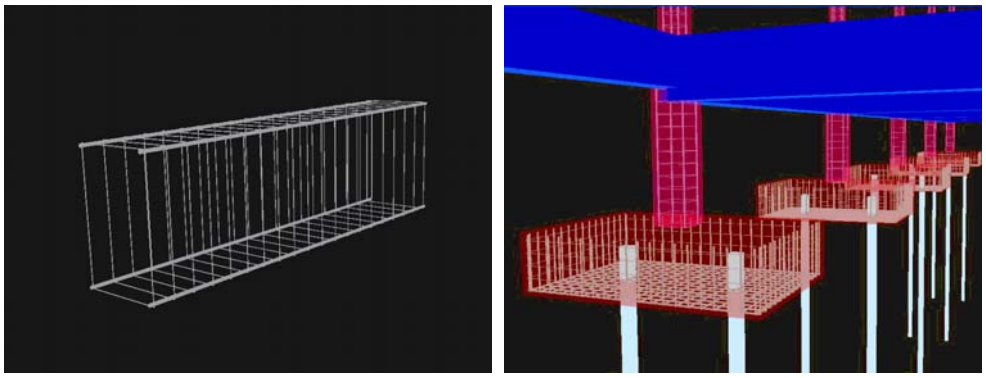
9. การกำหนดมุมมองของอาคารโดยการใช้เมาส์

9.1 การเลื่อนตำแหน่งวัตถุในระนาบ 3 มิติ ให้คลิกขวาที่เมาส์ค้างไว้ จะสามารถเลื่อนวัตถุไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณาได้

9.2 การ “Zoom” ไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา ให้กดปุ่ม “Alt” ที่คีย์บอร์ดและคลิกซ้ายที่เมาส์ค้างไว้ หากเลื่อนตำแหน่งของเมาส์ไปทางขวามือจะสามารถทำการ “Zoom in ” เข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา แต่หากเลื่อนตำแหน่งของเมาส์ไปทางซ้ายมือจะเป็นการ “Zoom out ” ออกห่างจากวัตถุ

9.3 การหมุนวัตถุในระนาบ 3 มิติ ให้คลิกซ้ายที่เมาส์ค้างไว้ แล้วเลื่อนตำแหน่งของเมาส์ วัตถุจะหมุนไปในทิศทางที่ต้องการ

ภาพผนวกที่ ก40 แสดงตัวอย่างการใช้เมาส์ “Zoom” เข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา โดยสามารถ “Zoom” เข้าไปยังตำแหน่งของเหล็กเสริมและตำแหน่งของฐานรากเพื่อพิจารณารายละอียดของชิ้นส่วน



ภาพผนวกที่ ก40 การใช้เมาส์ Zoom เข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการพิจารณา

10. การจัดเก็บภาพอาคาร

ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม ให้ผู้ใช้งาน คลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 7” โปรแกรมจะทำการบันทึกภาพของอาคารที่ปรากฏในระนาบ 3 มิติ เป็นไฟล์ภาพสกุล jpg ไปจัดเก็บในแฟ้มข้อมูลภาพนิ่งของโปรแกรม

11. การสร้างฐานข้อมูลใหม่

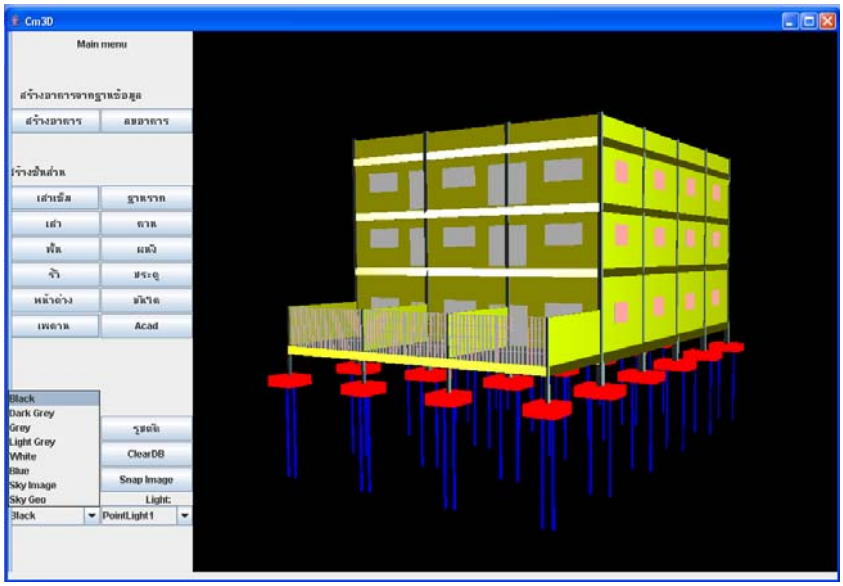
การสร้างฐานข้อมูลใหม่ ให้ผู้ใช้งานคัดลอกไฟล์ฐานข้อมูลของโปรแกรมไปจัดเก็บไว้ก่อน จากนั้นที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 8” โปรแกรมจะทำการลบข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล ไฟล์ฐานข้อมูลจะเป็นไฟล์ที่ว่างเปล่า ผู้ใช้งานสามารถสร้างอาคารหลังใหม่ได้ตามปกติ

12. การออกจากโปรแกรม

การออกจากโปรแกรม ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “หมายเลข 9” ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะสิ้นสุดการทำงานและออกจากโปรแกรมตามลำดับ

13. การกำหนดสีและภาพพื้นหลังของระนาบ 3 มิติ

การกำหนดสีและภาพพื้นหลังของระนาบ 3 มิติให้ผู้ใช้งานคลิกที่ Combo Box “หมายเลข 10” ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม จากนั้นซึ่งจะมีรายละเอียดสีและภาพของพื้นหลังให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกกำหนดได้ตามที่ต้องการ เมื่อเลือกแล้วพื้นหลังของระนาบ 3 มิติจะเปลี่ยนไปตามที่ผู้ใช้งานกำหนด ภาพผนวกที่ 41 แสดงการกำหนดสีพื้นหลังของระนาบ 3 มิติให้เป็นสีดำ



ภาพผนวกที่ ก41 การกำหนดสีพื้นหลังของระนาบ 3 มิติให้เป็นสีดำ

14. การกำหนดแสงเงาของแบบจำสอง 3 มิติ

การกำหนดแสงเงาของแบบจำสอง 3 มิติ ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ Combo Box “หมายเลข 11” ที่หน้าต่างหลักของโปรแกรม จากนั้นซึ่งจะมีรายละเอียดลักษณะของแสงเงา ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกกำหนดได้ตามที่ต้องการ เมื่อเลือกแล้วลักษณะของแสงเงาแก่ของแบบจำสอง 3 มิติจะเปลี่ยนไปตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

ภาคผนวก ข

พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)

ตารางผนวกที่ ข1 รายละเอียดของตาราง Pile

Codes	Description
Pile_id	รหัสชิ้นส่วนเสาเข็ม
Width	ความกว้างของหน้าตัดเสาเข็ม(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของหน้าตัดเสาเข็ม(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความยาวของเสาเข็ม(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงเสาเข็ม
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงเสาเข็ม
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงเสาเข็ม
MbType	ชนิดของเหล็กเสริมหลัก
MbNum	จำนวนของเหล็กเสริมหลัก
MbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก
SbType	ชนิดของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbAs	ระยะห่างของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข2 รายละเอียดของตาราง Footing

Codes	Description
Footing_id	รหัสชิ้นส่วนฐานราก
Width	ความกว้างของฐานราก(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของฐานราก(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความลึกของฐานราก(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงฐานราก
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงฐานราก
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงฐานราก
MbType	ชนิดของเหล็กเสริมหลัก
MbNum	จำนวนของเหล็กเสริมหลัก
MbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก
SbType	ชนิดของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbAs	ระยะห่างของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข3 รายละเอียดของตาราง Column

Codes	Description
Column_id	รหัสชิ้นส่วนเสา
Width	ความกว้างของหน้าตัดเสา(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของหน้าตัดเสา(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงของเสา(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงเสา
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงเสา
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงเสา
MbType	ชนิดของเหล็กเสริมหลัก
MbNum	จำนวนของเหล็กเสริมหลัก
MbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก
SbType	ชนิดของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbAs	ระยะห่างของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข4 รายละเอียดของตาราง Beam

Codes	Description
Beam_id	รหัสชิ้นส่วนคาน
Width	ความยาวของหน้าตัดคาน(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความกว้างของหน้าตัดคาน(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความลึกของคาน(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของคาน
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของคาน
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของคาน
Angle_Y	ค่ามุมหมุนรอบแกน Y ของชิ้นส่วน
MbType	ชนิดของเหล็กเสริมหลัก
MbNum	จำนวนของเหล็กเสริมหลัก
MbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก
SbType	ชนิดของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbAs	ระยะห่างของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข5 รายละเอียดของตาราง Slab

Codes	Description
Slab_id	รหัสชิ้นส่วนพื้น
Width	ความกว้างของพื้น(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของพื้น(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความหนาของพื้น(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของพื้น
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของพื้น
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของพื้น
MbType	ชนิดของเหล็กเสริมหลัก
MbNum	จำนวนของเหล็กเสริมหลัก
MbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมหลัก
SbType	ชนิดของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbAs	ระยะห่างของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
SbDim	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข6 รายละเอียดของตาราง Wall

Codes	Description
Wall_id	รหัสชิ้นส่วนผนัง
Width	ความกว้างของผนัง(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความหนาของผนัง(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงของผนัง(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของผนัง
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของผนัง
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของผนัง
Angle_Y	ค่ามุมหมุนรอบแกน Y
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข7 รายละเอียดของตาราง Fence

Codes	Description
Fence_id	รหัสชิ้นส่วนรั้ว
Width	ความกว้างของหน้าตัดรั้ว(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของหน้าตัดรั้ว(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงของรั้ว(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของรั้ว
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของรั้ว
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของรั้ว

ตารางผนวกที่ ข7 (ต่อ)

Codes	Description
Angle_Y	ค่ามุมหมุนรอบแกน Yของชิ้นส่วน
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข8 รายละเอียดของตาราง Door

Codes	Description
Door_id	รหัสชิ้นส่วนประตู
Width	ความกว้างของประตู(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความหนาของประตู(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงของประตู(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของประตู
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของประตู
Angle_Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของประตู
Z	ค่ามุมหมุนรอบแกน Yของชิ้นส่วน
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข9 รายละเอียดของตาราง Window

Codes	Description
Window_id	รหัสชิ้นส่วนหน้าต่าง
Width	ความกว้างของหน้าต่าง(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความหนาของหน้าต่าง(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงของหน้าต่าง(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของหน้าต่าง
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของหน้าต่าง
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของหน้าต่าง
Angle_Y	ค่ามุมหมุนรอบแกน Y ของชิ้นส่วน
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข10 รายละเอียดของตาราง Ceiling

Codes	Description
Ceiling_id	รหัสชิ้นส่วนฝ้าเพดาน
Width	ความกว้างของฝ้าเพดาน(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวของฝ้าเพดาน(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความหนาของฝ้าเพดาน(ความยาวตามแนวแกน Y)
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของฝ้าเพดาน
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของฝ้าเพดาน
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของฝ้าเพดาน
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข11 รายละเอียดของตาราง Stair

Codes	Description
Stair_id	รหัสชิ้นส่วนบันได
Width	ความกว้างของฝ้าบันได(ความยาวตามแนวแกน X)
Long	ความยาวลูกตั้งของขั้นบันได(ความยาวตามแนวแกน Z)
Height	ความสูงลูกตั้งของขั้นบันได(ความยาวตามแนวแกน Y)
Num	จำนวนของขั้นบันได
X	ค่าพิกัดตามแนวแกน X ของพิกัดจุดอ้างอิงของบันได
Y	ค่าพิกัดตามแนวแกน Y ของพิกัดจุดอ้างอิงของบันได
Z	ค่าพิกัดตามแนวแกน Z ของพิกัดจุดอ้างอิงของบันได
DateCreate	วันที่ทำการก่อสร้างชิ้นส่วน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลชิ้นส่วนพื้นตามลำดับแผนการทำงาน
TYPE	ชนิดของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข12 รายละเอียดของตาราง Comp_prop

Codes	Description
Type	ชนิดของชิ้นส่วนโครงสร้าง
Comp_id	รหัสของชิ้นส่วนโครงสร้าง
Volumn	ปริมาตรของชิ้นส่วน
F_Area	พื้นที่ผิวเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับไม้แบบของชิ้นส่วน
C_Area	พื้นที่ผิวเฉพาะส่วนที่ต้องทาสีของชิ้นส่วน

ตารางผนวกที่ ข13 รายละเอียดของตาราง Sum

Codes	Description
ID	รหัสของชิ้นส่วน
Volumn	ปริมาตรของชิ้นส่วนรวมทั้งอาคาร
F_Area	พื้นที่ผิวเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับไม้แบบรวมทั้งอาคาร
C_Area	พื้นที่ผิวเฉพาะส่วนที่ต้องทาสีรวมทั้งอาคาร

ตารางผนวกที่ ข14 รายละเอียดของตาราง GridX

Codes	Description
ID	รหัสของGrid
GridX_Name	ชื่อของGrid ตามแนวแกน X
GridX_Value	ค่าของGrid ตามแนวแกน X

ตารางผนวกที่ ข15 รายละเอียดของตาราง GridY

Codes	Description
ID	รหัสของGrid
GridY_Name	ชื่อของGrid ตามแนวแกน Y
GridY_Value	ค่าของGrid ตามแนวแกน Y

ตารางผนวกที่ ข16 รายละเอียดของตาราง GridZ

Codes	Description
ID	รหัสของGrid
GridZ_Name	ชื่อของGrid ตามแนวแกน Z
GridZ_Value	ค่าของGrid ตามแนวแกน Z

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายวราวิทย์ แสงแก้ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย (พ.ศ. 2548)
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรโยธา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/ หรือรางวัลทางวิชาการ	รางวัล “วิทยานิพนธ์ดี” จากการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1 ณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต