การใช้โปรแกรม SPREADSHEET สำหรับออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต

นายฤทธิรงค์ บัวสถิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2560

การใช้โปรแกรม SPREADSHEET สำหรับออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ปรียาพร โกษา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(ดร.อิทธิกร ภูมิพันธ์)
กรรมการ

_____

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฤทธิรงค์ บัวสถิตย์ : การใช้โปรแกรม SPREADSHEET สำหรับออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต (THE USE OF SPREADSHEET PROGRAM FOR CONCRETE FORMWORK DESIGN AND COST ESTIMATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา

ในงานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบหล่อคอนกรีตเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ ปัญหาที่มักพบในการก่อสร้างคือการทำแบบหล่อคอนกรีตที่ไม่มีการคำนวณออกแบบแต่ทำโดยอาศัยประสบการณ์ ซึ่งอาจเกิดปัญหาแบบรั่วเสียรูปร่างจนถึงขั้นวิบัติ หรือความสิ้นเปลืองจากการทำแบบหล่อที่เกินความจำเป็น โครงงานมหาบัณฑิตนี้ มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรม Microsoft-Excel เพื่อช่วยออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต ตามหลักการออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress Design) โดยการใช้ Visual basic for application (VBA) และMacro เป็นเครื่องมือในการช่วยพัฒนา จากการพัฒนาทำให้ได้โปรแกรมประยุกต์ ที่สามารถออกแบบแบบหล่อตามโครงสร้างคอนกรีตได้ 5 รูปแบบ คือ ฐานราก เสา คาน พื้นและผนัง วัสดุในการออกแบบเลือกได้ 2 ประเภท คือไม้และเหล็กรูปพรรณ ผู้ออกแบบสามารถกำหนดประเภท ขนาดโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ โปรแกรมจะทำการออกแบบระยะห่างของวัสดุ คำนวณปริมาณวัสดุ และประมาณราคา โดยอาศัยฐานข้อมูลคุณสมบัติและราคาวัสดุที่โปรแกรมมีให้ ทำให้การออกแบบแบบหล่อสะดวกรวดเร็วขึ้น รวมถึงช่วยลดปัญหาความผิดพลาดจากการคำนวณ ผู้ใช้สามารถสั่งพิมพ์รายการคำนวณออกแบบและประมาณราคานำเสนอต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง อีกทั้งผู้ออกแบบยังสามารถทำการแก้ไขปรับปรุงฐานข้อมูลวัสดุให้เป็นปัจจุบัน หรือให้เหมาะสมกับโครงการของตน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

RITTIRONG BUASATIT : THE USE OF SPREADSHEET PROGRAM FOR CONCRETE FORMWORK DESIGN AND COST ESTIMATION.
ADVISOR : ASST. PROF. PREEYAPHORN KOSA, Ph.D.

Concrete formwork is one of the significant issues relating to a construction of reinforced concrete buildings. Since it was predicted generally by experience instead of using an appropriate calculation, various problems such as unshapely formworks, catastrophe problems and losing budget from an unnecessary shuttering are often found. This research intends to develop the Microsoft-Excel software program for assisting the concrete formwork design and estimating its cost regarding the principle of Allowable Stress Design by using Visual Basic for Application (VBA) and Macro, a set of instructions that performs automatically in Microsoft-Excel, as developing mechanisms. This software consists of five parts of the concrete building formworks including footing, column, beam, slab, and wall. The material used in the design was divided into two types: wood and steel, and the dimension of structures and formwork material can be specified by users. This software can design the material spacing, calculate quantities of material used and estimate the cost of work by using the availiable database of qualifications and material prices, Consequently, this software can help the process of formwork design conveniently. Furthermore, it might decrease mistakes that occur from unsystematic calculations. Additionally, users can print out the results for presenting to stakeholders and update the databases by themselves or modify them to suit their projects.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Construction and Infrastructure Management Student's Signature_____
Academic Year 2017 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาโครงงานมหาบัณฑิตครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยพระคุณ ความดี ความเมตตาของหลายฝ่ายโดยเฉพาะท่านอาจารย์ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้านวิศวกรรมโยธาด้านบริหารงานก่อสร้างจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทั้งในการศึกษาระดับปริญญาตรี และในระดับปริญญาโท อีกทั้งผู้ศึกษาขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมถึงการช่วยอำนวยความสะดวกในการหาข้อมูล ศึกษาค้นคว้าโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข ประธานหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา อาจารย์ที่ปรึกษา และกรรมการสอบ ดร.อิทธิกร ภูมิพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ผู้สอนประจำสาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่กรุณาชี้แนะให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่ง ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และเพื่อนพี่น้องนักศึกษาปริญญาโทรุ่น 14 หลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภคทุกท่าน ที่แบ่งปันความรู้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ คอยเป็นแรงผลักดัน จนกระทั่งการดำเนินงานศึกษาโครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์จากการศึกษาค้นคว้านี้ ขอน้อมรำลึกพระคุณบิดา มารดา ตลอดจน บูรพาจารย์และผู้ที่มีพระคุณที่ให้การแนะนำอบรมเลี้ยงดู ทั้งให้การสนับสนุนคอยเป็นกำลังใจ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ฤทธิรงค์ บัวสถิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูปภาพ ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ในการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต 3

2.1.1 ประเภทของแบบหล่อ 3

2.1.2 ทฤษฎีน้ำหนักและแรงดันคอนกรีต 3

2.1.2.1 น้ำหนักและแรงกระทำในแนวดิ่ง 3

2.1.2.2 แรงดันด้านข้างของคอนกรีต 4

2.1.3 ทฤษฎีการคำนวณลักษณะแรงต่าง ๆ ที่กระทำกับชิ้นส่วนของแบบหล่อ 7

2.1.3.1 แรงดัด (Flexure) 7

2.1.3.2 แรงเฉือน (Shearing) 8

2.1.3.3 แรงดึง (Tensile) 10

2.1.3.4 แรงอัด (Compression) 11

2.1.3.5 การแอ่นตัว (Deflection) 13

2.2 ทฤษฎีการประมาณราคาของแบบหล่อ 14

2.3 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ 14
2.3.1 ไม้แปรรูป 14
2.3.2 ไม้อัด 15
2.3.3 เหล็ก 15
2.3.4 เหล็กยึดรั้ง 16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
3 วิธีดำเนินการศึกษา 22
3.1 หลักการสมมติฐานและขอบเขตในการพัฒนาโปรแกรม 22
3.2 ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม 23
3.2.1 ขั้นตอนการวางแผนงานการจัดทำโปรแกรม 23
3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรม 23
3.2.2.1 แรงดัด 23
3.2.2.2 แรงเฉือน 25
3.2.2.3 ค่าแอ่นตัว 26
3.2.3 ขั้นตอนของโปรแกรมในการออกแบบแบบหล่อแต่ละประเภท 26
3.2.3.1 การออกแบบแบบหล่อฐานราก 26
3.2.3.2 การออกแบบแบบหล่อคาน 29
3.2.3.3 การออกแบบแบบหล่อเสา 33
3.2.3.4 การออกแบบแบบหล่อพื้น 37
3.2.3.5 การออกแบบแบบผนัง 39
3.2.4 การประมาณราคาแบบหล่อ 42
3.2.5 การแสดงผลการออกแบบและรายงานประกอบ 42
3.2.6 การจัดเก็บฐานข้อมูลที่ใช้ออกแบบ 42
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 43
4.1 การกำหนดวิธีการและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและรูปแบบของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณและการแสดงผล 43
4.2 การจัดทำโปรแกรมคำนวณออกแบบและประมาณราคาตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ 45
4.2.1 การออกแบบฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลเข้าและเก็บข้อมูล 45
4.2.2 การออกแบบฟอร์มแสดงผล 48

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.3 การเขียนสูตรและฟังก์ชั่นในการคำนวณออกแบบ 50
4.2.4 การสร้างรูปแบบหน้าตา (Interface) 51
4.3 การตรวจสอบ ความถูกต้องและการใช้งานของโปรแกรม 55
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 62
5.1 สรุปผล 62
5.2 ข้อจำกัด 62
5.3 ข้อเสนอแนะ 63
เอกสารอ้างอิง 64
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม 65
ประวัติผู้เขียน 77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 น้ำหนักบรรทุกจรเพื่อใช้ในการออกแบบโดยมาตรฐาน CEB และ CIRA 4

2.2 สูตรคำนวณพฤติกรรมแบบคาน 8

2.3 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานอาคารไม้ (ว.ส.ท.) 15

2.4 หน่วยแรงที่ยอมให้ APA 15

2.5 รูปแบบของเหล็กยึดรั้ง 16

2.6 กำลังดึงทดสอบของเหล็กยึดรั้ง 17

4.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อฐานรากจาก
โปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข 56

4.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อคานจาก
โปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข 57

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อเสาจาก
โปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข 58

4.4 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อพื้นจาก
โปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข 59

4.5 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อผนังจาก
โปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข 60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
3.1	แผนภูมิรูปแบบการทำงานของโปรแกรมออกแบบแบบหล่อ	24
3.2	รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อฐานราก	26
3.3	แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อฐานราก	28
3.4	รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อคาน	29
3.5	แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อคาน	33
3.6	รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อเสา	34
3.7	แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อเสา	36
3.8	รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อพื้น	37
3.9	แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อพื้น	39
3.10	รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อผนัง	39
3.11	แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อผนัง	41
4.1	แผนภูมิหลักการทำงานโดยรวมของโปรแกรม	44
4.2	UserForm ข้อมูลโครงการ	46
4.3	ตัวอย่าง UserForm ข้อมูลขนาดของโครงสร้างที่ต้องการออกแบบ	46
4.4	ตัวอย่าง UserForm ข้อมูลชนิดของวัสดุและข้อมูลประกอบการออกแบบ	47
4.5	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลวัสดุ	46
4.6	ตัวอย่างตารางฟอร์มการแสดงผล	49
4.7	ตัวอย่างตารางฟอร์มการแสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ	50
4.8	ตัวอย่าง Spreadsheet การคำนวณ	51
4.9	UserForm เริ่มต้นโปรแกรม	52
4.10	การแทรก UserForm ใหม่	53
4.11	การเรียกใช้กรอบโต้ตอบ GetOpenFilename	55
ก.1	แถบเมนู"แฟ้ม"	66
ก.2	ไดอะล็อกบล็อก"ตัวเลือกของ Excel"	67
ก.3	ไดอะล็อกบล็อก"ศูนย์ความเชื่อถือ"	68
ก.4	หน้าจอเมนูหลัก	68
ก.5	ส่วนข้อมูลโครงการ	69

ก.6 ส่วนข้อมูลขนาดของคาน 70
ก.7 ส่วนเลือกชนิดและขนาดของวัสดุทำแบบ 71
ก.8 Sheet แสดงผลการออกแบบ 73
ก.9 Sheet แสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ 74
ก.10 Sheet แสดงรายงานการคำนวณออกแบบแบบหล่อคาน 75
ก.11 เมนูฐานข้อมูลการออกแบบ 75
ก.12 Sheet ฐานข้อมูลการวัสดุไม้เนื้ออ่อนแปรรูป 76

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อคอนกรีตมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นตัวกำหนดรูปร่างความสวยงามของคอนกรีตเหลวที่มาหล่อ ซึ่งแบบหล่อจะต้องทำหน้าที่รับน้ำหนักคอนกรีตเหลวจากการเท รับน้ำหนักของตัวแบบหล่อเอง น้ำหนักจากวัสดุ เครื่องมือ และคนงาน ปัญหาที่พบคือในหน้างานก่อสร้างคือ การทำแบบหล่อคอนกรีตมักปล่อยให้เป็นหน้าที่ของช่างไม้ซึ่งขาดความรู้ทางด้านเทคนิคและพฤติกรรมของแรงกระทำ อาศัยทำตามประสบการณ์ที่เคยทำ แต่ถ้าขนาดลักษณะของชิ้นส่วนโครงสร้างแตกต่างออกไปจากที่เคยทำอาจเกิดปัญหาแบบรั่วเสียรูปร่างจนถึงขั้นวิบัติและพังทลายลงมาได้ (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546) ดังนั้นแบบหล่อควรจะได้รับการออกแบบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการให้มีความแข็งแรง เพื่อความปลอดภัยของคนงานก่อสร้างและป้องกันความเสียหายต่อรูปร่างของคอนกรีตที่ได้หล่ออันเกิดจากความไม่แข็งแรงของแบบหล่อ

ต้นทุนการก่อสร้างจากค่าแบบหล่อคอนกรีตยังเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนส่วนอื่น ดังนั้นการคำนวณออกแบบควรต้องพิจารณาถึงการใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ การเข้าแบบ แลการถอดแบบที่ง่าย ไม่ทำให้ฉีกขาดหรือหักพัง รวมถึงวางแผนการใช้งานแบบหล่อให้มีจำนวนครั้งในการใช้แบบหล่อซ้ำเป็นกลไกที่สำคัญอันหนึ่ง ในการควบคุมต้นทุนในส่วนค่าแบบหล่อคอนกรีตให้ประหยัด มีเฉพาะค่าแรงเท่านั้นที่จะแปรตามจำนวนครั้งที่ใช้ (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

จากความสำคัญของการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต และการประมาณราคาต้นทุนต่อหน่วยของแบบหล่อ ผู้ศึกษาจึงสนใจที่ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถการทำงานสูง โดยเฉพาะงานทางด้านการคำนวณประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ทางด้านวิศวกรรม รวมถึงการสร้างชุดคำสั่ง ซึ่งมีเครื่องมือที่สำคัญคือ การบันทึก Macro และการเขียนโปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) (วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์, 2554) มาช่วยในการออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต เพื่อความสะดวก ลดระยะเวลาที่ใช้และลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการคำนวณออกแบบ ทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเพื่อการตัดสินใจได้อย่างสะดวกรวดเร็ว อีกทั้งการใช้โปรแกรม MS-Excel มาช่วยคำนวณยังสามารถใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับงานโดยทั่วไป และสามารแก้ไข

ดัดแปลง พัฒนาปรับปรุงเพื่อให้เหมาะกับสภาพงานและวัสดุที่ใช้ในแต่ละโครงการได้อย่างสะดวกและเป็นปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel โดยใช้ Visual basic for application (VBA) เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีตเพื่อลดเวลาในการทำงานและลดปัญหาความผิดพลาดในการคำนวณที่เกิดจากผู้ออกแบบ

1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel โดยใช้ Visual basic for application (VBA) เป็นเครื่องมือช่วยในการประมาณราคาค่าวัสดุของแบบหล่อที่ได้ออกแบบเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้แบบหล่อ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษารูปแบบและลักษณะวิธีการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel และศึกษาปัญหาและข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel ช่วยคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีตและทำการออกแบบรูปแบบเอกสารรายการคำนวณ เพื่อนำไปใช้ในการนำเสนอต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษารูปแบบและลักษณะวิธีการประมาณราคาค่าวัสดุของแบบหล่อคอนกรีต โดยใช้ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้โปรแกรมที่ประยุกต์จากโปรแกรม MS-Excel ในการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต

1.4.2 ได้รายการคำนวณการออกแบบแบบหล่อคอนกรีต และราคาแบบหล่อคอนกรีต เพื่อนำเสนอต่อผู้มีส่วนเกี่ยวของในงานก่อสร้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและสืบค้นข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย เรื่อง โปรแกรมออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต ผู้ศึกษาได้รวบรวมเอกสาร ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ประกอบในการศึกษาวิจัย โดยกำหนดประเด็นของการศึกษาวิจัย ไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ในการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต
2. ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต
3. ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ในการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต

2.1.1 ประเภทของแบบหล่อ

สามารถจำแนกประเภทแบบหล่อได้หลายลักษณะ ถ้าแยกตามประเภทโครงสร้างอาจจำแนกออกเป็นแบบหล่อคอนกรีตสำหรับพื้น กำแพง เสา คานฯ แต่ถ้าพิจารณาในแง่ลักษณะของแรงดันและน้ำหนักคอนกรีตที่กระทำ อาจแบ่งคอนกรีตได้ 2 ลักษณะคือ ชิ้นส่วนที่รับแรงดันด้านข้างและชิ้นส่วนที่รับน้ำหนักในแนวดิ่ง ซึ่งในส่วนของแรงกระทำนี้เองที่ผู้ออกแบบต้องพิจารณานำไปใช้ในการคำนวณแบบหล่อคอนกรีต

2.1.2 ทฤษฎีน้ำหนักและแรงดันคอนกรีต

แรงจากคอนกรีตที่กระทำต่อแบบหล่อ แบ่งออกได้เป็น แรงที่กระทำตามแนวดิ่ง ได้แก่ ผลรวมของน้ำหนักที่แบบหล่อต้องรับ และแรงที่กระทำต่อแบบหล่อด้านข้าง ได้แก่แรงดันของคอนกรีตเหลว

2.1.2.1 น้ำหนักและแรงกระทำในแนวดิ่ง

แรงในแนวดิ่งที่กระทำกับแบบหล่อ ประกอบด้วยแรงจากน้ำหนักของ 3 ส่วน คือคอนกรีต แบบหล่อ และแรงกระแทกในระหว่างการเทคอนกรีต ดังสมการ

$$W_T = W_{Dc} + W_{Df} + W_L \qquad \text{.....(2.1)}$$

โดย W_T คือ ค่ารวมของแรงแนวดิ่งที่กระทำต่อแบบหล่อคอนกรีต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

W_{Dc} คือ ค่าน้ำหนักของคอนกรีต โดยปกติอยู่ที่ 2,400 กก./ม.^{3} ซึ่งเมื่อรวมกับเหล็กเสริม ทาง ACI และ Comite Euro-International deBeton (CEB) ได้แนะนำให้ใช้น้ำหนักของคอนกรีตเสริมเหล็ก 2,400 กก./ม.^{3} ในขณะที่ทางอังกฤษ หรือ Construction Industrial Research and Information Association (CIRA) นิยมใช้ 2,500 กก./ม.^{3}

W_{Df} คือ ค่าน้ำหนักแบบหล่อโดยทั่วไปแบบหล่อควรมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-75 กก./ม.^{2} แตกต่างกันตามชนิดของวัสดุ เพื่อความสะดวกจึงมีการเลือกใช้ค่าเฉลี่ยสำหรับน้ำหนักของแบบหล่อที่ 50 กก./ม.^{2}

W_L คือ ค่าน้ำหนักจรและแรงกระแทก ซึ่งเกิดจากคนงานเครื่องมือ ในระหว่างการเทคอนกรีต มีค่าแปรผันได้จาก 200 กก./ม.^{2}ถึง 500 กก./ม.^{2} ทาง ACI กำหนดว่าจะต้องไม่น้อยกว่า 245 กก./ม.^{2} ส่วนทาง CEB และทาง CIRA ได้กำหนดให้ใช้แปรผันตามความหนาของคอนกรีตที่เท ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักบรรทุกจรเพื่อใช้ในการออกแบบโดยมาตรฐาน CEB และ CIRA

ความหนาของคอนกรีต (ม.)	**น้ำหนักจร (กก./ม.)^2**
0 – 0.20	100
0.20 – 0.30	150
0.30-0.60	200
>0.60	250

2.1.2.2 แรงดันด้านข้างของคอนกรีต

แรงดันของคอนกรีตมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับ ปัจจัยต่าง ๆดังนี้

ก) ส่วนผสมของคอนกรีต โดยคอนกรีตยิ่งเหลวมากจะให้แรงดันใกล้เคียงกับแรงดันของเหลว

ข) อุณหภูมิของคอนกรีต มีผลต่อการก่อตัวของคอนกรีต ทำให้เทคอนกรีตในอุณหภูมิสูงการก่อตัวจะเร็วมีผลให้แรงดันจะน้อยกว่าเมื่อทำงานในอากาศหนาว

ค) การก่อตัวของคอนกรีต มีผลต่อแรงดันคล้ายคลึงกับการหน่วงเวลาการก่อตัวของคอนกรีตจากอุณหภูมิ

ง) อัตราการเทคอนกรีต มีผลต่อแรงดันมาก ถ้าระดับคอนกรีตเพิ่มขึ้น แรงดันจะใกล้เคียงกับแรงดันของๆเหลวมาก

จ) วิธีการเท และการจี้คอนกรีต การเทมีผลต่อแรงดันโดยแรงกระแทกในขณะที่ปล่อยคอนกรีตลงสู่แบบยิ่งระยะห่างยิ่งมากแรงดันยิ่งสูง ส่วนการใช้เครื่องจี้ ACI-622 ได้เสนอแนะว่าควรเพิ่มแรงดันถึง 10-20%

ฉ) รูปร่างและขนาดของแบบหล่อคอนกรีต โครงสร้างคอนกรีตที่บาง หรือพื้นที่ผิวของแบบหล่อมากเมื่อเทียบกับปริมาณของเนื้อคอนกรีต ซึ่งจะช่วยลดแรงดันลง แต่ถ้ามีการจี้คอนกรีตระหว่างเทอาจไม่ต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณแบบหล่อ

ช) จำนวนและการกระจายของเหล็กเสริม แรงดันของคอนกรีตอาจแบ่งรับโดยการช่วยโอบอุ้มเนื้อคอนกรีตไปได้จำนวนหนึ่งด้วยเหล็กเสริม และยังเพิ่มแรงเสียดทานในเนื้อคอนกรีตเหลวด้วย

ซ) น้ำหนักของคอนกรีต และ ความลึกของแบบหล่อ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการคำนวณแรงดันที่คอนกรีตกระทำต่อแบบหล่อ มักเปรียบเสมือนว่าคอนกรีตเป็นของเหลว ผลกระทบโดยตรงต่อความดันคือน้ำหนักหรือความหนาแน่นของคอนกรีตและความลึกของแบบหล่อ

จากปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อแรงดันดังกล่าว สถาบันที่เกี่ยวกับงานคอนกรีตได้สรุปข้อเสนอแนวคิดที่นิยมใช้เป็นบรรทัดฐานในการออกแบบทั่วๆไป

ก) การคำนวณตาม ACI-347 (American Concrete Institute) จะพิจารณาเฉพาะอัตราในการเท ไม่ควรเกิน 3 เมตรต่อชั่วโมง และค่ายุบตัวของคอนกรีตไม่เกิน 10 ซม. และจี้คอนกรีตจุ่มลึกไม่เกิน 1.2 ม. โดยมีสูตรแยกตามรูปร่างของโครงสร้างดังนี้

แบบหล่อกำแพง

$$P = 0.078 + \frac{8}{(Tc+17.8)}R \quad \text{เมื่ออัตราการเทคอนกรีต} \leq 2 \text{ ม./ชม.} \quad \text{..... (2.2)}$$

$$P = 0.078 + \frac{11.7}{(Tc+17.8)} + \frac{2.49\,R}{(Tc+17.8)} \quad \text{เมื่ออัตราการเทคอนกรีต} > 2 \text{ ม./ชม.} \quad \text{..... (2.3)}$$

โดยค่าความดันที่คำนวณได้ต้องน้อยกว่า 0.9760 กก./ซม.^{2} หรือผลคูณระหว่างน้ำหนักต่อหน่วย 2,400 กก./ม.^{2} และความสูงของคอนกรีตที่เท

แบบหล่อเสา

$$P = 0.07 + \frac{8}{(Tc+17.8)} R \qquad \text{.....(2.4)}$$

โดย

P = แรงดันด้านข้างของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

R = อัตราการเทของคอนกรีต (ม./ชม.)

Tc = อุณหภูมิของคอนกรีต (องศาเซลเซียส)

H = ความสูงของคอนกรีตเมื่อเทเสร็จ (ม.)

โดยค่าแรงดันที่ใช้ในการออกแบบต้องน้อยกว่า 1.464 กก./ซม.^{2} หรือ ผลคูณระหว่างน้ำหนักต่อหน่วย 2,400 กก./ม.^{2} และความสูงของคอนกรีตที่เท

ข) การคำนวณตาม CEB (Comite Euro-International deBeton) ได้เสนอการคำนวณไว้ 3 กรณีให้เลือกค่าต่ำสุดเพื่อการคำนวณออกแบบ คือ

1) คิดแบบความดันของเหลว $P = \gamma H$ ..... (2.5)

โดย P = แรงดันน้ำหนักของคอนกรีตแบบของเหลว (กก. /ม.^{2})

γ = น้ำหนักของคอนกรีตต่อหน่วยปริมาตร (กก. /ม.^{2})

H = ความสูงของคอนกรีตที่เท (ม.)

2) คิดโดยพิจารณาการก่อตัว $P_s = 2{,}400\ kR + 500$ ..... (2.6)

โดย P_s = แรงดันของคอนกรีตพิจารณาการก่อตัว (กก. /ม.^{2})

R = อัตราการเทคอนกรีต (ม./ชม.)

k = ค่าปรับให้สอดคล้องกับอุณหภูมิ และความข้นเหลวของคอนกรีต โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.35-2.75 ขึ้นกับอุณหภูมิและการยุบตัวของคอนกรีต

3) คิดผลกระทบจากขนาดด้านแคบ

$$P_a = 300\ R + 10{,}000d + 1500 \qquad \text{.....(2.7)}$$

โดย P_a = แรงดันของคอนกรีตจากผลของขนาดด้านแคบ (กก. /ม^2)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

R = อัตราการเทคอนกรีต (ม. /ชม.)

d = ขนาดด้านแคบของแบบหล่อ (ม.)

ค) การคำนวณตาม CIRA (Construction Industrial Research and Information Association) การคำนวณแรงดันของคอนกรีตตาม CIRA นั้น พยายามอิงหลักการของ CEB เป็นเกณฑ์ แล้วปรับปรุงค่าต่าง ๆ ให้เหมาะกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศอังกฤษ

การเลือกใช้วิธีการคำนวณหาแรงดันด้านข้างของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้นเป็นการยากที่จะระบุให้แน่ชัดเพราะการศึกษาที่ได้รวบรวมมาส่วนมากจะสอดคล้องกับภูมิประเทศในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว ดังนั้นงานโครงงานนี้จะยึดการคำนวณหาแรงดันด้านข้างของคอนกรีตอ้างอิงตามมาตรฐานของ ACI ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้อ้างอิงในงานคอนกรีตโดยทั่วไป

2.1.3 ทฤษฎีการคำนวณลักษณะแรงหลักต่าง ๆ ที่กระทำกับชิ้นส่วนของแบบหล่อ

2.1.3.1 แรงดัด (Flexure)

ชิ้นส่วนส่วนใหญ่ของแบบหล่อจะมีพฤติกรรมแรงดัดแบบคาน โดยที่ลักษณะการกระทำของแรงเป็นแบบจุดหรือแบบแผ่กระจาย และลักษณะการรองรับที่แตกต่างกัน การคำนวณนี้สามารถใช้สูตรในตารางที่ 2.2

หน่วยแรงดัดของวัสดุ(Flexural Stress)

การคำนวณหน่วยแรงดัดของวัสดุจะพิจารณาที่จุดที่ห่างจากแกนสะเทินมากที่สุดจากสมการ

$$f_b = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S}\ ; f_b \leq F_b \qquad \text{..... (2.8)}$$

โดย f_b = หน่วยแรงดัดที่พิจารณา (กก./ซม.^{2})

F_b = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของวัสดุ (กก./ซม^2)

M = แรงดัดสูงสุดที่ใช้ในการคำนวณ (กก.-ซม.)

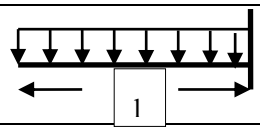
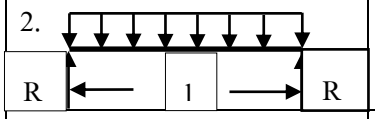
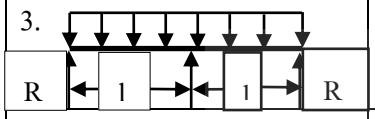
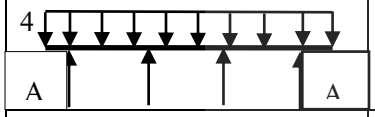
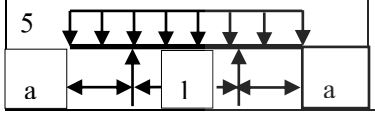
C = ระยะไกลสุดจากแกนสะเทินของหน้าตัด (ซม)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัด (ซม.^{4})

S = โมดูลัสของหน้าตัด (ซม.^{2})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 สูตรคำนวณพฤติกรรมแบบคาน

แบบคานและน้ำหนักบรรทุก	แรงเฉือน (กก.)	แรงดัด (กก.-ซม.)	การแอ่นตัว (ซม.)
1. 	wl	$\frac{wl2}{2}$	$\frac{\mathrm{wl}}{8\mathrm{EI}}$
2. 	$\frac{\mathrm{wl}}{2}$	$\frac{wl2}{8}$	$\frac{5wl4}{384EL}$
3. 	$\frac{5wl}{8}$	$\frac{wl2}{8}$	$\frac{wl4}{185EL}$
4 	$\frac{5wl}{8}$	$\frac{wl2}{10}$	$\frac{wl4}{128EL}$
5 	$\frac{wl}{2}$ หรือ wa	$\frac{wl^2}{8}-\frac{wa^2}{2}$	$\frac{wa}{4EI}\left[\frac{l^3}{6}-a^2l+\frac{a^3}{2}\right]$

2.1.3.2 แรงเฉือน (Shearing)

โดยทั่วไปแรงเฉือนจะมีค่าสูงใกล้จุดรองรับ สามารถใช้ค่าได้จากตารางที่ 2 แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณอาจใช้ค่าประมาณได้ดังนี้

คานช่วงเดียว

$$V = \frac{wL}{2} \qquad \text{.....(2.9)}$$

คานต่อเนื่อง

$$V = \frac{5wl}{8} \qquad \text{.....(2.10)}$$

โดย

V = ค่าแรงเฉือนของคาน (กก.)

W = น้ำหนักบรรทุกแบบแพร่กระจาย (กก./ม.)

L = ความยาวช่วงระหว่างช่วงรอบรับ (ม.)

หน่วยแรงเฉือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลจากแรงเฉือนก่อให้เกิดหน่วยแรงเฉือนบนหน้าตัดแบ่งออกได้เป็น หน่วยแรงเฉือนแนวดิ่งมีทิศทางแนวเดียวกับแรงที่กระทำ และหน่วยแรงเฉือนแนวนอนมีทิศทางตั้งฉากกับแรงที่กระทำ ตามปกติที่จุดใดจุดหนึ่งบนหน้าตัดจะมีค่าหน่วยแรงเฉือนทั้งสองทิศทางเท่ากัน โดยคำนวณได้จาก

$$v = \frac{VQ}{Ib} \qquad \text{.....(2.11)}$$

โดย

v = หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.)

V = แรงเฉือน (กก.)

Q = โมเมนต์อันดับ 1 ของพื้นที่หน้าตัด (ซม.^{3})

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัด (ซม.^{4})

b = ความกว้างของหน้าตัด ณ จุดพิจารณา (ซม.)

ในกรณีหน้าตัดไม้รูปสี่เหลี่ยมจะมีจุดอ่อนในการแยกตัวในเนื้อไม้ตามแนวเสี้ยน ซึ่งแสดงว่าแรงเฉือนในแนวแกนเป็นตัวควบคุมความสามารถในการรับแรง ดังนั้นในการออกแบบต้องใช้หน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นในหน้าตัดมาพิจารณา คือ

$$v = \frac{3V}{2bd} \qquad \text{.....(2.12)}$$

โดย

v = หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.)

V = แรงเฉือน ณ จุดพิจารณา (กก.)

b = ความกว้างของหน้าตัด (ซม.)

d = ความลึกของหน้าตัด (ซม.)

ทาง American Institute of Timber Construction (AITC) ได้แนะนำมาตรฐานการออกแบบตงหรือคานไม้ จะลดความยาวช่วงลงได้ 2 เท่าของความลึกโดยลดปลายละ 1 เท่าของความลึก ดังนั้นสมการการคำนวณจะได้

คานช่วงเดียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$V = \frac{w}{2}(L - 2d) \quad \text{.....(2.13)}$$

คานต่อเนื่อง

$$V = \frac{5w}{8}(L - 2d) \quad \text{.....(2.14)}$$

ในกรณีหน้าตัดรูปอื่นซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเหล็ก เช่น รูปตัวไอ รูปรางน้ำ รูปกล่อง หรือ เหล็กเกจบาง หน่วยแรงเฉือนสูงสุดบนหน้าตัดจะมีค่าใกล้เคียงกับหน่วยแรงเฉือนเฉลี่ยมาก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$v = \frac{V}{b_w d} \quad \text{.....(2.15)}$$

โดย

v = หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.)

V = แรงเฉือน ณ จุดพิจารณา (กก.)

b_w = ความกว้างของหน้าตัด (ซม.)

d = ความลึกของหน้าตัด (ซม.)

2.1.3.3 แรงดึง (Tensile)

หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในวัสดุได้แก่

$$f_s = \frac{T}{A_t} \quad \text{.....(2.16)}$$

ซึ่งหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของวัสดุตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย กำหนดว่า เหล็ก

$$f_t = 0.60F_y \quad \text{.....(2.17)}$$

ไม้

$$F_t = \frac{Fh}{F,S.} \quad \text{.....(2.18)}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดย

T = แรงดึง (กก.)

f_s = หน่วยแรงดึง (กก./ซม.^{2})

A_t = เนื้อที่หน้าตัดรับแรงดึง (ซม.^{2})

F_t = แรงดึงที่ยอมให้ของวัสดุ (กก.)

F_{ll} = แรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้ (กก.)

F.S. = ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (กก.)

2.1.3.4 แรงอัด (Compression)

ชิ้นส่วนของแบบหล่อคอนกรีตที่รับแรงอัดส่วนใหญ่จะเป็นนั่งร้านหรือค้ำยัน ซึ่งรองรับน้ำหนักของคอนกรีตและส่วนอื่น ๆ สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ คือ

1) กำลังของเสาค้ำยัน
2) การชะลูดของเสา
3) การเฉศูนย์ของแรงบนหน้าตัด

ค่าหน่วยแรงของวัสดุ แบ่งออกได้เป็น

เสาไม้ ทาง AITC ได้เสนอสูตรหาหน่วยแรงอัดของวัสดุโดยยึดถือกำลังอัดขนาด เสี้ยนควบคู่ไปกับความชะลูด คือ

$$F_a = \frac{0.3E}{(L/d)^2} \qquad \text{.....(2.19)}$$

โดย

F_a = หน่วยแรงอัด (กก. /ซม.^{3})

E = โมดูลัสยืดหยุนของไม้ (กก. /ซม.^{2})

L = ความสูงของเสา (ซม.)

d = ความหนาของหน้าตัดไม้ (ซม.)

F_aที่เกิดขึ้นจะต้องมีค่าไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ซึ่งจะพิจารณาค่าหน่วยแรงอัดที่ขนาดกับแนวเสี้ยนเป็นหลัก และอัตราส่วนความชะลูด (L/d) ต้องมีค่าไม่เกิน 50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เสาเหล็ก จะมีปัญหาส่วนใหญ่เรื่องความชะลูด ซึ่งต้องพิจารณาการยึดรั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรง ตามมาตรฐานกำหนดของ American Association State Highway and Transportation Officials (AASHO) หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของวัสดุ คือ

$$F_a = 1{,}120 - 0.021\,(L/r)^2 \quad \text{(Riveted Ends)} \qquad \text{……..(2.20)}$$

$$F_a = 1{,}120 - 0.027\,(L/r)^2 \quad \text{(Pinned Ends)} \qquad \text{…….. (2.21)}$$

โดย

F_a = ค่าหน่วยแรงอัดของวัสดุ (กก./ซม.^{2})

L = ความยาวของวัสดุ (ซม.)

r = รัศมีไจเรชั่น($r = \sqrt{I/A}$) (ซม.)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชีย (ซม.^{4})

A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ (ซม.^{2})

เหล็กที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเหล็กประเภท A-36 ซึ่งมีกำลังแรงดึงที่จุดคลาด 2,500 กก./ซม.^{2} สูตรคำนวณอาจปรับปรุงจากสูตรในมาตรฐาน AASHO (สมการที่ 2.22 และ 2.23) ได้ดังนี้ (เอกสิทธิ์, 2538)

$$F_a = 1{,}250 - 0.033\,(L/r)^2;\ L/r < 132 \qquad \text{…….. (2.22)}$$

$$F_a = \frac{10{,}000{,}000}{(L/r)2};\ L/r \geq 132 \qquad \text{…….. (2.23)}$$

โดย

F_a = ค่าหน่วยแรงอัดของวัสดุ (กก./ซม.^{2})

L = ความยาวของวัสดุ (ซม.)

r = รัศมีไจเรชั่น($r = \sqrt{I/A}$) (ซม.)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชีย (ซม.^{4})

A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ (ซม.^{2})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามสมการที่ 19 และ 20 ต้องไม่เกิน 1,000 กก./ซม.^{2} ตามเทศบัญญัตินครกรุงเทพ ถ้ามีค่าสูงกว่า 1,000 กก./ซม.^{2} เป็นค่าหน่วยแรงอัดของวัสดุ

2.1.3.5 การแอ่นตัว (Deflection)

การคำนวณการแอ่นตัวของแบบหล่อคอนกรีตไม่จำเป็นต้องให้ละเอียดตามการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง ทั้งนี้เพราะมีความไม่แน่นอนของสภาพการยึดรั้ง ค่าโมดูลัสของวัสดุโดยเฉพาะไม้เมื่อเปียกน้ำกับตอนที่แห้งมีค่าแตกต่างกันมาก ACI ได้กำหนดสูตรคำนวณการแอ่นตัวของชิ้นส่วนแบบหล่อ คือ

คานช่วงเดียว

$$\Delta_{max} = \frac{5}{384}\frac{wL\,4}{El} \qquad \text{…….. (2.24)}$$

คานต่อเนื่อง

$$\Delta_{max} = \frac{1}{128}\frac{wL\,4}{El} \qquad \text{…….. (2.25)}$$

โดย

Δ_{max} = ค่าการแอ่นตัว (ซม.)

w = น้ำหนักบรรทุก (กก./ซม.^{2})

a = ความยาวช่วง (ซม.)

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแบบหล่อ (กก. /ซม.^{4})

I = โมเมนต์อินเนอร์เชีย (ซม.^{4})

ระยะแอ่นตัวสูงสุดที่กำหนดไว้มีค่าเท่ากับแผ่นผิวคือ $\frac{L}{360}$ ดังนั้นถ้าควบคุมการแอ่นตัวตามที่กำหนดจะสามารถคำนวณหาความยาววิกฤติ (L_{cr}) ได้คือ

คานช่วงเดียว

$$\frac{L}{360} = \frac{5}{384} \text{ x } \frac{wL4}{EL}$$

$$L^3 = \frac{384}{360} \times \frac{wL}{w}$$

$$L_{cr} = 0.60 \times \sqrt[3]{\left(\frac{E}{W}\right)} \quad \text{…….. (2.26)}$$

คานต่อเนื่อง

$$\frac{L}{360} = \frac{1}{128} \times \frac{wL4}{EL}$$

$$L^3 = \frac{128}{360} \times \frac{wL}{w}$$

$$L_{cr} = 0.71 \times \sqrt[3]{\left(\frac{E}{W}\right)} \quad \text{…….. (2.27)}$$

2.2 ทฤษฎีการประมาณราคาของแบบหล่อ

การประมาณราคาแบบหล่อเพื่อความสะดวกนิยมวิเคราะห์ราคาเป็นราคาต่อหน่วยพื้นที่แบบหล่อที่สัมผัสกับคอนกรีต ซึ่งองค์ประกอบราคาแบบหล่อประกอบด้วย

1. วัสดุแบบหล่อ ได้แก่ วัสดุแบบหล่อที่ใช้ประกอบเป็นแบบ ซึ่งมีทั้งไม้และเหล็กตามที่ได้คำนวณออกแบบการใช้แบบหล่อแล้ว
2. อุปกรณ์ประกอบแบบ เช่นสลักเกลียว เหล็กยึดรั้ง ตะปู
3. น้ำมันทาแบบ การใช้น้ำมันทาแบบทำให้การรื้อถอดแบบได้ง่าย ลดความเสียหายและยังช่วยให้ลดการดูดน้ำของแบบหล่อจากคอนกรีต ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบบหล่อนานขึ้น ปกติแล้วน้ำมันทาแบบ 1 ลิตร จะใช้ทาแบบได้ประมาณ 10 ตร.ม.
4. ค่าแรงติดตั้งแบบหล่อ ขึ้นอยู่กับ ขนาดของแบบหล่อ วัสดุที่ใช้ รูปร่างของโครงสร้าง เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ รวมไปถึงประสิทธิภาพการทำงานของช่าง

2.3 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ

2.3.1 ไม้แปรรูป

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้โดยอาศัยผลการทดสอบ แรงดัด กำลังอัด และแรงเฉือน โดยแบ่งตามกลุ่มตามชนิดของไม้ ได้แก่ ไม้เนื้ออ่อนมาก ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง ไม้เนื้อแข็ง และไม้เนื้อแข็งมาก ทั้งนี้ใช้ตัวคูณเพื่อความปลอดภัย

แตกต่างกันตามประเภทของกลสมบัติ อย่างไรก็ตามในสภาพการทำแบบหล่อคอนกรีตนั้นอาจพิจารณาค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามกลุ่มชนิดไม้ตามตารางที่ 2.3 โดยหน่วยแรงแรงดึงที่ยอมให้มีค่าเท่ากับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน

ตารางที่ 2.3 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานอาคารไม้ (ว.ส.ท.)

ประเภทไม้	โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2})	แรงดัด (กก./ซม.^{2})	แรงอัด (กก.ซม.^{2})		แรงเฉือน (กก./ซม.^{2})
			//	⊥	
ไม้เนื้ออ่อนมาก	78,900	60	45	12	-
ไม้เนื้ออ่อน	94,100	80	60	16	8
ไม้เนื้อปานกลาง	112,300	100	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	136,300	120	90	30	12
ไม้เนื้อแข็งมาก	189,000	150	110	40	15

2.3.2 ไม้อัด

คุณสมบัติเชิงกลของไม้อัดตามมาตรฐาน American Plywood Association (APA) ซึ่งแบ่งตามประเภทของการใช้งานคือ Class I Class II และ Structure I ตามตารางที่ 2.4 เป็นหน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับการออกแบบ ส่วนค่าแอ่นตัวที่ยอมให้นิยมใช้ L/360

ตารางที่ 2.4 หน่วยแรงที่ยอมให้ APA

รายการ		Class I	Class II	Structure I
หน่วยแรงตัด	(ปอนด์/ตร.นิ้ว)	1,930	1,330	1,930
	(กก./ตร.ซม.)	135	93	135
หน่วยแรงเฉือน	(ปอนด์/ตร.นิ้ว)	80	72	102
	(กก./ตร.ซม.)	5.6	5.0	7.1
โมดูลัสยืดหยุ่น	(หอนด์/ตร.นิ้ว)	1,650,000	1,430,000	1,600,000
	(กก./ตร.ซม.)	115,500	100,000	112,000

2.3.3 เหล็ก

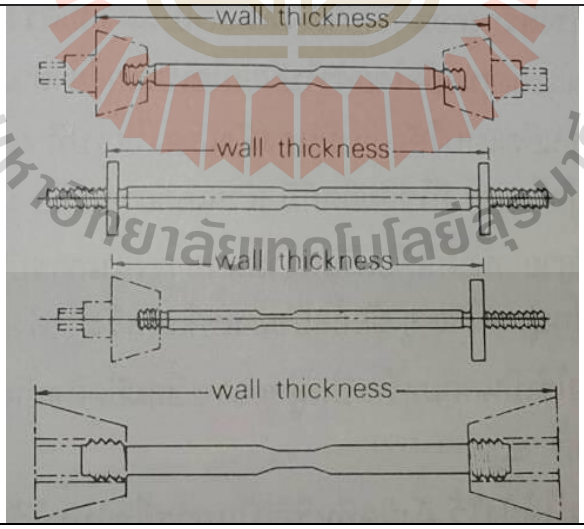
เหล็กที่จำหน่ายให้ท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นโครงสร้าง A-36 ตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM)คือมีกำลังดึงที่จุดคราก 2,520 กก./ซม.^{2} มี

กำลังประลัยอยู่ระหว่าง 4,000 – 5,600 กก./ซม.^{2} และให้การยืดตัวสูงสุดเกินกว่า 20% ส่วนเหล็กหน้าตัดบางมีสองระดับกำลังคือ 2,400 กก./ซม.^{2} และ 3,200 กก.ซม.^{2} ในท้องลาดส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่มีกำลังดึงที่จุดคราก 2,400 กก./ซม.^{2} กำลังดึงประลัย 4,100 กก./ซม.^{2} และมีการยืดตัวสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 23% หน่วยแรงที่ยอมให้อาจพิจารณาใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ว.ส.ท. 1003-18 หรือตามมาตรฐานการออกแบบของ AISC แห่งสหรัฐอเมริกา

2.3.4 เหล็กยึดรั้ง

เหล็กยึดรั้งที่นิยมใช้กันในการก่อสร้าง ได้แก่ เหล็กกลมขนาดปกติมีขายตามท้องตลาดและเหล็กยึดรั้งประเภทเหล็กยึดรั้งสำเร็จรูปซึ่งเหล็กยึดรั้งสำเร็จรูปนี้ขนาดของเหล็กยึดรั้งแตกต่างกันตามแต่ผู้ผลิต การเลือกใช้ควรพิจารณาจากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ขนาดจะแปลตามระยะห่างระหว่างจุด ขนาดของแผงแบบและตัวเสริมกำลังของแบบหล่อ ซึ่งที่มีจำหน่ายมีอยู่ 4 แบบ ดังตารางที่ 2.5 แบบ B สำหรับคอนกรีตเปลือยทั้ง 2 ผิว แบบ C สำหรับคอนกรีตที่มีการฉาบทั้ง 2 ด้าน แบบ BC เหมาะสำหรับคอนกรีตเปลือยด้านหนึ่งและตกแต่งอีกด้านหนึ่ง และแบบ D ใช้สำหรับงานคอนกรีตที่มีความดันสูงมาก ๆ กำลังในการรับแรงดึงของเหล็กยึดรั้งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 รูปแบบของเหล็กยึดรั้ง

Type	Dimensional Diagrams	Use
Inner Unit B		Both sides exposed. W 3/8
Inner Unit C		Both sides finished. W3/8
Inner Unit BC		One side finished and other side Expose. W3/8
Inner Unit D		Both sides exposed. W 1/2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 กำลังดึงทดสอบของเหล็กยึดรั้ง

ชนิด	ขนาด (นิ้ว)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	กำลังประลัย (กก.)	กำลังใช้งาน (กก.)	ความยาว (ซม.)
B, C, BC	3/8	0.50	3,000	2,100	18 – 31
D	1/2	0.90	4,000	2,800	25 - 36

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lee (1980) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบหล่อ ได้สรุปว่า การออกแบบแบบหล่อไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงทางโครงสร้างของชิ้นส่วนที่สามารถรับน้ำหนักคงที่และน้ำหนักจรที่เกิดจากคอนกรีตสด เครื่องมือ คนงาน แต่ต้องเป็นไปตามความต้องการเบื้องต้นดังนี้

1. แข็งแรงพอที่จะต้านแรงดันจากน้ำหนักของคอนกรีตเหลวและน้ำหนักที่กระทำบนแบบหล่อคอนกรีต
2. แข็งแรงพอที่จะรักษาไม่ให้เสียรูปทรง
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของแบบหล่อ คอนกรีต และการตกแต่งผิว
4. ความง่ายของการก่อสร้างที่จะประหยัดค่าแรงงาน

แบบหล่อควรจะถูกออกแบบโดยผู้มีความรู้ทางวิศวกรรม ไม่ควรคาดคะเนหาขนาดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายจากการพังทลายหรือความสิ้นเปลืองจากวัสดุที่เกินความจำเป็น โดยผู้ออกแบบต้องพิจารณาถึงรายละเอียดในการผลิต การประกอบ การเทคอนกรีตและการถอดแบบหล่อ

สุชาติ สาริกานพคุณ (2539) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมออกแบบแบบหล่อคอนกรีตสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปประกอบด้วย ฐานราก เสา คาน พื้น กำแพง แบบหล่อตั้งโต๊ะ และVertical Slip Form สามารถเลือกรูปแบบ ชนิด และขนาดวัสดุที่ใช้ออกแบบเป็นไม้และเหล็ก ผลที่ได้จะประกอบด้วยปริมาณวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ และรูปรายละเอียดวัสดุประกอบแบบหล่อโปรแกรมนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Turbo Pascal ซึ่งเป็นภาษาหนึ่งทางคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเขียนโปรแกรม มีส่วนที่ให้กรอกแสดงรายละเอียดของงานออกแบบ เช่นชื่อของโครงการ ชื่อของวิศวกร ชนิดของโครงสร้างที่ออกแบบ หมายเลขชั้นอาคาร หมายเลขพิกัดหลักการพัฒนาโปรแกรมผู้วิจัยได้คำนึงถึงความสะดวกในการใช้ และแก้ไข ดังนั้นจึงใช้วิธีสร้าง Sub Program ซึ่งแยกออกเป็น 7 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็น Sub Program ในการลบข้อมูล (Clear Data)

ส่วนที่ 2 เป็น Sub Program ในการแก้ไขข้อมูล (Edit Data)

ส่วนที่ 3 เป็น Sub Program ในการเก็บบันทึกข้อมูล (Save Data)

ส่วนที่ 4 เป็น Sub Program ในการเรียกข้อมูล (Load Data)

ส่วนที่ 5 เป็น Sub Program ในการประมวลผล (Calculation)

ส่วนที่ 6 เป็น Sub Program ในการแสดงข้อมูล (Print Data)

ส่วนที่ 7 เป็น Sub Program ในการแสดงผล (Print Report)

ขอบเขตของโปรแกรมนี้ รูปแบบของโปรแกรมจะใช้ไม้และเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมาเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างประกอบแบบหล่อ ยังขาดส่วนของการประมาณราคาแบบหล่อซึ่งต้องนำเอาข้อมูลปริมาณวัสดุที่ได้ไปคูณด้วยราคาวัสดุต่อหน่วยอีกครั้งหนึ่ง และยังขาดในส่วนของรายงานรายละเอียดการคำนวณซึ่งจำเป็นในการตรวจสอบและนำเสนอต่อผู้ควบคุมงาน รวมถึงการแก้ไข เพิ่มเติมฐานข้อมูลของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบยังทำได้โดยยาก

โอพาร พรประสิทธิ์ (2543) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและประมาณราคาระบบแบบหล่อทางดิ่งสำหรับงานอาคารสูง ใช้ชื่อว่า V-Form โดยระบบแบบหล่อที่ออกแบบมี 4 ระบบได้แก่ ระบบ Conventional Wood,ระบบ Conventional steel, ระบบ Slipform และระบบClimbformโดยสามารถทำการเปรียบเทียบราคาของแบบหล่อทางดิ่งในแต่ละระบบตั้งแต่ราคาแบบหล่อเบื้องต้น,ราคาต่อพื้นที่แบบหล่อ,ราคาแบบหล่อที่แปรผันตามอายุการใช้งานตลอดจนจำนวนวันที่ใช้ในการทำงานกิจกรรมแบบหล่อต่อชั้น

โปรแกรม V-Form ใช้โปรแกรม Visual Basic 6 Enterprise Edition มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม โดยแบ่งเป็นโมดูลหลัก 4 โมดูล คือ

1. โมดูลสำหรับติดต่อกับผู้ใช้ ทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับข้อมูล และแสดงผล
2. โมดูลการคำนวณค่าแรงดันคอนกรีตเหลวที่กระทำต่อแบบ โดยใช้ตามวิธีของ CEB (Comite Euro-International de Beton) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบแบบหล่อ
3. โมดูลการออกแบบ ทำหน้าที่คำนวณระยะห่างที่ปลอดภัยในการรับแรงดันของคอนกรีตเหลวสำหรับวัสดุที่เลือกใช้ในการออกแบบ และคำนวณหาปริมาณวัสดุโดยแบ่งย่อยออกตามระบบแบบหล่อทั้ง 4 ระบบ
4. โมดูลการประมาณราคา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากโมดูลการออกแบบ

จุดเด่นของโปรแกรมนี้คือผู้ใช้สมมารถใช้งานได้ง่าย มีรูปแบบหน้าจอแสดงผลที่มีรูปภาพประกอบสามารถใส่ข้อมูลและแก้ไขได้สะดวก ทั้งยังมีฐานข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและราคาของวัสดุท

ใช้ทำแบบหล่อทั้งผู้ใช้ยังสามารถเพิ่มข้อมูลเข้าไปในระบบได้อีกด้วย แต่โปรแกรมยังมีส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมคือ

1. โปรแกรมใช้สำหรับออกแบบแบบหล่อทางดิ่งคือโครงสร้างช่องลิฟต์เท่านั้น
2. โปรแกรมไม่มีการแสดงแบบรายละเอียดการคำนวณออกแบบ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบและนำเสนอต่อผู้ควบคุมงาน

ณัฐพงศ์ โตวิวัฒน์ (2548) ได้พัฒนาซอฟท์แวร์ออกแบบและประมาณราคาของแบบหล่อคอนกรีต โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 Enterprise Edition ขอบเขตของซอฟแวร์สามารถออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้ดังนี้

1. แบบหล่อแผ่นพื้น 1 รูปแบบ
2. แบบหล่อคาน 1 รูปแบบ
3. แบบหล่อเสา 2 รูปแบบ ได้แก่เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมและเสาหน้าตัดกลม
4. แบบหล่อกำแพง 1 รูปแบบ
5. แบบหล่อฐานราก 1 รูปแบบ
6. แบบหล่อบันได 1 รูปแบบ

โดยมีการพัฒนาแบ่งเป็นโมดูลหลัก5 ส่วนคือ

1. โมดูลกำหนดและป้อนข้อมูลโครงการเพื่อออกแบบแบบหล่อ
2. โมดูลกำหนดและป้อนข้อมูลขนาดชิ้นส่วนโครงสร้างและเลือกวัสดุทำแบบหล่อ
3. โมดูลออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อตามที่ผู้ใช้เลือกวัสดุ
4. โมดูลทำการออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อเพื่อให้ผู้ใช้เปรียบเทียบผลการออกแบบ
5. โมดูลแสดงผลการประมาณราคาและผลการออกแบบแบบหล่อตามที่ผู้ใช้เลือกวัสดุและตามที่ซอฟท์แวร์แนะนำ

จุดเด่นของโปรแกรมนี้คือ ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูล ขนาดโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อได้พร้อมกันหลายหน้าตัดตามประเภทโครงสร้างที่ออกแบบ การแสดงผลซอฟท์แวร์จะแสดงผลการออกแบบทั้งรายงานประกอบการคำนวณ (ได้ใช้โปรแกรม Critical Report มาช่วยพัฒนา) และภาพประกอบสามมิติเพื่อง่ายต่อการเข้าใจ ในส่วนของการประมาณราคายังสามารถคำนวณในแต่ละชิ้นส่วนเป็นค่าวัสดุอย่างเดียว และการประมาณราคารวมทั้งโครงการซึ่งเป็นการประมาณราคาที่ประกอบด้วย ค่าวัสดุแบบหล่อ ค่าแรงประกอบแบบ ติดตั้งและรื้อถอน ค่าน้ำมันทาแบบ ในส่วนของฐานข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบแบบหล่อ ได้แก่ ขนาดชิ้นส่วน วัสดุของแบบหล่อ คุณสมบัติของวัสดุ และข้อมูลของการประมาณราคาของแบบหล่อ ซึ่ง

ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Access มาร่วมพัฒนาในส่วนฐานข้อมูล และสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมได้

แม้ว่าโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถแก้ไขได้ไม่ยุ่งยาก แต่โปรแกรมยังมีส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมคือการคำนวณโครงสร้างแบบหล่อที่ใช้นั่งร้านในการรองรับน้ำหนัก รวมถึงในส่วนของฐานข้อมูลแรงงานที่ให้กรอกข้อมูลเป็นค่าแรงคนต่อเวลา ยังไม่มีการคิดราคาค่าแรงในอัตราการเหมา

รังสรรค์ ชั้นกลาง (2554) ได้จัดทำโปรแกรมช่วยคำนวณการประมาณราคางานก่อสร้างทางและระบบระบายน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Ms-Excel มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม โดยแบ่งโครงสร้างออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1. ส่วนป้อนข้อมูล เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลรายละเอียดที่จำเป็น
2. ส่วนเก็บข้อมูล เป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลรายละเอียดเพื่อเป็นฐานข้อมูล
3. ส่วนคำนวณข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลมา คำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นของโปรแกรม Ms-Excel
4. ส่วนแสดงผล ออกแบบให้เป็นส่วนที่จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณจากการป้อนข้อมูลจะแสดงเป็นแบบฟอร์มต่าง ๆที่เกี่ยวข้องในการประมาณราคา

จุดเด่นของโปรแกรมอยู่ที่การเลือกใช้ฟังก์ชั่นของโปรแกรม Ms-Excel มาช่วยคำนวณการประมาณราคางานก่อสร้าง ซึ่งมีการคำนวณที่ละเอียดแยกย่อยหลายรายการ ทำให้การคำนวณทำได้สะดวกรวดเร็ว อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ใช้ Macro และ Visual Basic for Application ซึ่งเป็นเครื่องมือใน Ms-Excel มาช่วยในการเขียนโปรแกรม มีการสร้างรูปแบบหน้าตา (Interface) ที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้งาน ส่วนที่งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมคือไม่มีส่วนของการคำนวณออกแบบโครงสร้างใดๆ

ธนินพัชร์ ทองธนาวัฒน์ (2555) ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Ms- Excel มาช่วยในการคำนวณงานที่ล่าช้าและคำนวณการเพิ่มปริมาณแรงงานเพื่อเร่งรัดงานใน S-Curve โดยการแยกใช้ Spreadsheet ใน Excel เป็น 3 ส่วนคือ

ก. แผ่นงาน “BOQ.”

ข. แผ่นงาน ”Planning”

ค. แผ่นงาน “S-Curve”

โดยการพัฒนาโปรแกรมใน แผ่นงาน (Spreadsheet) แบ่งโมดูลหลักเป็น 4 ส่วนคือ

1. BOQ

2. Planning
3. Progress Work
4. Report

จุดเด่นของโปรแกรมนี้คือ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Ms-Excel มาเขียนตารางคำนวณเพื่อใช้ควบคุมและรายงานผลงานการก่อสร้างด้วยวิธี Earned Value และ S-Curve โดยการใช้งานไม่ยุ่งยากกรอกเพียงข้อมูลพื้นฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป และงานแสดงผลมีทั้งรูปกราฟแท่งและกราฟเส้นที่เข้าใจง่าย แสดงให้เห็นถึงความสามารถของโปรแกรม Ms-Excel ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการคำนวณและการรายงานทางวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี ส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมของงานวิจัยนี่คือ ยังไม่มีใช้ Visual Basic for Application ในการเขียนโปรแกรม อีกทั้งการคำนวณยังเป็นการคำนวณตัวเลขต่างเป็นเพียงสูตรคำนวณง่ายๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การประยุกต์โปรแกรม Spreadsheet สำหรับคำนวณออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีตนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ใช้ดำเนินงานด้วยความรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณด้วยมือ การพัฒนาโปรแกรมในโครงงานนี้ จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel Version 2010 โดยใช้ Visual Basic for Application เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนา ประกอบด้วยโปรแกรมที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันคือ โปรแกรมคำนวณออกแบบ บัญชีฐานข้อมูลวัสดุ ซึ่งจะบันทึกเป็น Excel File

3.1 หลักการสมมติฐานและขอบเขตในการพัฒนาโปรแกรม

หลักในการพัฒนาโปรแกรมออกแบบหล่อนี้คือ การออกแบบแบบหล่อให้มีกำลังพอเพื่อที่จะแบกรับน้ำหนักได้ อย่างปลอดภัยและมีความแข็งแรง สามารถรักษารูปร่างไว้คงเดิมภายใต้น้ำหนักสูงสุดที่เกิดขึ้น โดยจะต้องออกแบบให้แบบหล่อประหยัดที่สุดและสามารถเลือกใช้วัสดุในการออกแบบแบบหล่อได้ทั้งไม้และเหล็กตามขนาดที่มีจำหน่ายได้ทั่วไป จากปัจจัยต่าง ๆเช่น แรงดันคอนกรีต คุณภาพวัสดุ ฝีมือแรงงาน ซึ่งทำให้งานแบบหล่อคอกรีตเกิดความไม่แน่นอน ดังนั้นการคำนวณออกแบบจึงไม่ทำละเอียดมากจนมากเกินไป โดยยึดถือตามสมมติฐานดังนี้

1. น้ำหนักในแต่ละชิ้นส่วนของแบบหล่อคอนกรีตถือว่ากระจายเท่ากันหมด เช่น น้ำหนักบนแผ่นผิว, เคร่ายึดค้ำยัน ฯลฯ การออกแบบนิยมใช้ขนาดเดียวกันตลอด
2. คานหรือพื้นที่รองรับเท่ากับหรือเกินกว่า 3 ช่วงขึ้นไป ให้ถือเป็นคานหรือพื้นต่อเนื่อง สามารถใช้สูตรประมาณได้
3. คานหรือพื้นเพียง 2 ช่วง อาจพิจารณาใช้สูตรคำนวณช่วงเดียว เพื่อการตรวจสอบการแอ่นตัวได้อย่างปลอดภัย
4. กำลังของการตอกยึดด้วยตะปูจะไม่คิดในการเลือกขนาดชิ้นส่วนแบบหล่อคอนกรีต ยกเว้นในกรณีของการต่อ ค้ำยัน เป็นต้น

โดยขอบเขตของโปรแกรมออกแบบและประมาณราคานี้ ครอบคลุมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนี้

1. แบบหล่อฐานราก 1 รูปแบบ
2. แบบหล่อคาน 1 รูปแบบ
3. แบบหล่อเสา 1 รูปแบบ
4. แบบหล่อแผ่นพื้น 1 รูปแบบ
5. แบบหล่อผนัง 1 รูปแบบ

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

การจัดทำโปรแกรมออกแบบและประมาณราคานี้ สามารถแบ่งลำดับขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการวางแผนงานการจัดทำโปรแกรม

ในขั้นตอนแรกจะทำการวางแผนเพื่อแยกโครงสร้างของโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อย ๆ ก่อน โดยกำหนดตามการใช้ข้อมูล ซึ่งในการจัดทำโปรแกรมนี้ผู้วิจัยจะแบ่งโครงสร้างออกเป็น 4 ส่วนหลักๆได้แก่

1) ส่วนป้อนข้อมูล เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลรายละเอียดที่จำเป็นต่าง ๆ ของโครงการที่จะทำการออกแบบ ได้แก่ ข้อมูลโครงการ ชนิดของโครงสร้าง ขนาดของโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องการหล่อ
2) ส่วนเก็บข้อมูล เป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณออกแบบ เช่น คุณสมบัติของวัสดุ ค่าคงที่ในสูตรคำนวณต่าง ๆ
3) ส่วนคำนวณข้อมูล ถือเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของโปรแกรมเนื่องจากทำหน้าที่รับข้อมูลที่ป้อนจากส่วนป้อนข้อมูล เพื่อนำไปอ้างอิงกับส่วนเก็บข้อมูลแล้วจึงทำการประมวลผล จากนั้นจะส่งผลไปแสดงค่าในส่วนแสดงผล ในขั้นตอนนี้จะมีการใช้ฟังก์ชั่นการคำนวณ การกำหนด Macro และการใช้ Visual Basic Application (VBA) ออกมาใช้งาน
4) ส่วนแสดงผลจะแสดงผลการออกแบบทั้งรายการประกอบการคำนวณเพื่อส่งให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบ และรายละเอียดการประมาณราคาเพื่อส่งให้ผู้บริหารตัดสินใจ

จากโครงสร้างส่วนย่อยๆขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรมแสดงได้ตามรูปแผนภูมิภาพที่ 3.1

3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรม

แนวทางการออกแบบโปรแกรมจะทำในลักษณะให้ผู้ใช้กำหนดวัสดุและขนาดของชิ้นส่วนแบบหล่อ แล้วคำนวณหาระยะรองรับแต่ละชิ้นส่วน ดังนั้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการคำนวณแบบหล่อจึงต้องเปลี่ยนรูปเพื่อให้สอดคล้องต่อการคำนวณระยะรองรับของแต่ละชิ้นส่วน ดังนี้

3.2.2.1 แรงดัด

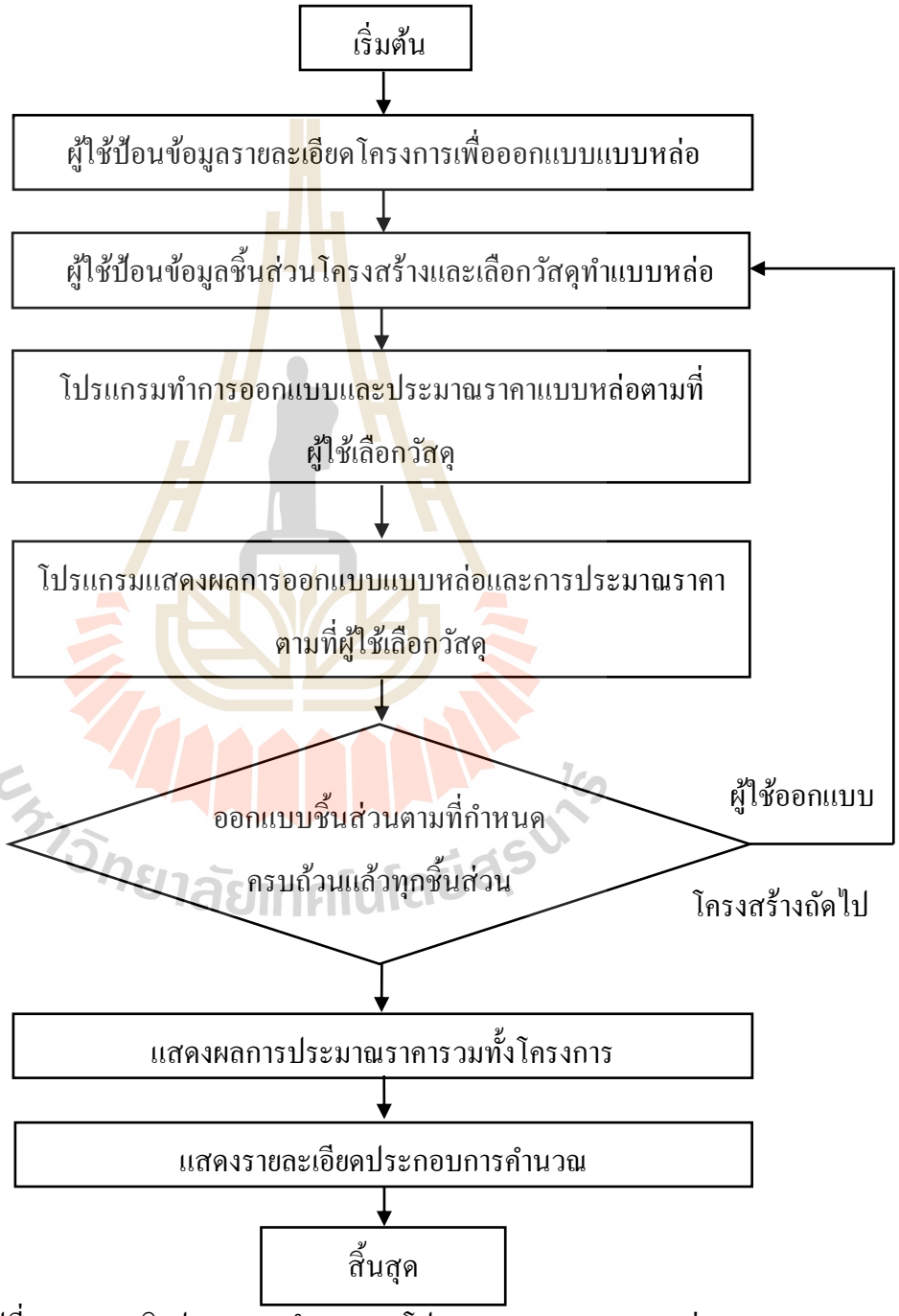
จากสูตรคำนวณแรงดัดที่เกิดขึ้นเทียบกับความสามารถรับแรงดัดของชิ้นส่วนวัสดุ ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปจากสมการที่ 2.8 ได้ดังนี้

หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้น = หน่วยแรงดัดที่วัสดุรับได้

$$\frac{M}{S_x} = F_b$$

$$\frac{WL^2}{10} \times \frac{1}{S_x} = F_b$$

$$L = \sqrt{10x\left(\frac{F_b \times S_x}{W}\right)} \quad \text{.....(3.1)}$$



รูปที่ 3.1 แผนภูมิรูปแบบการทำงานของโปรแกรมออกแบบแบบหล่อ

สำหรับการคำนวณแรงดัดของคานรัดแบบของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีความพิเศษ คือการรับแรงดัดของคานรัดแบบจะเกิดแรงกระทำในแนวแกนด้วย เพื่อง่ายต่อการพัฒนาการออกแบบดังนั้นการคำนวณ คือ

หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้น = หน่วยแรงดัดที่วัสดุรับได้

$$\frac{M}{S_x} + \frac{P}{A_S} = F_b$$

$$\frac{W\ x\ L_1{}^2}{8\ x\ S_x} + \frac{W\ x\ L_2}{2\ x\ A_S} = F_b$$

$$L_1 = \sqrt{\left[F_b - \left[\frac{W\ x\ L_2}{2A_s}\right]\right]\ x\ \frac{8\ x\ S_x}{W}} \quad .....(3.2)$$

โดยที่ L_1 และ L_2 คือความยาวของคานรัดแบบในแต่ละด้าน

3.2.2.2 แรงเฉือน

ตามทฤษฎีการคำนวณแรงเฉือนที่เกิดขึ้นของวัสดุสามารถจำแนกออกได้ตามประเภทวัสดุ ดังนี้

1) วัสดุไม้ ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปสมการที่ 2.11 ได้ ดังนี้

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น = หน่วยแรงเฉือนที่วัสดุรับได้

$$\frac{3V}{2bd} = \boldsymbol{F_v}$$

$$\frac{3}{2bd}\ x\ \frac{5}{8}W\ (L - 2d) = \boldsymbol{F_v}$$

$$L = \frac{16\ x\ F_v\ x\ b\ x\ d}{15\ x\ W} + 2d \quad .....(3.3)$$

2) วัสดุเหล็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปสมการที่ 2.11 ได้ ดังนี้

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น = หน่วยแรงเฉือนที่วัสดุรับได้

$$\frac{V}{b_w d} = \boldsymbol{F_v}$$

$$\frac{1}{b_w d}\ x\ \frac{5}{8}\ Wd = \mathbf{0.4}\ \boldsymbol{F_v}$$

$$L = \frac{8\ x\ 0.4\ x\ F_y\ x\ b\ x\ d}{5\ x\ W} \quad .....(3.4)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2.3 ค่าแอ่นตัว

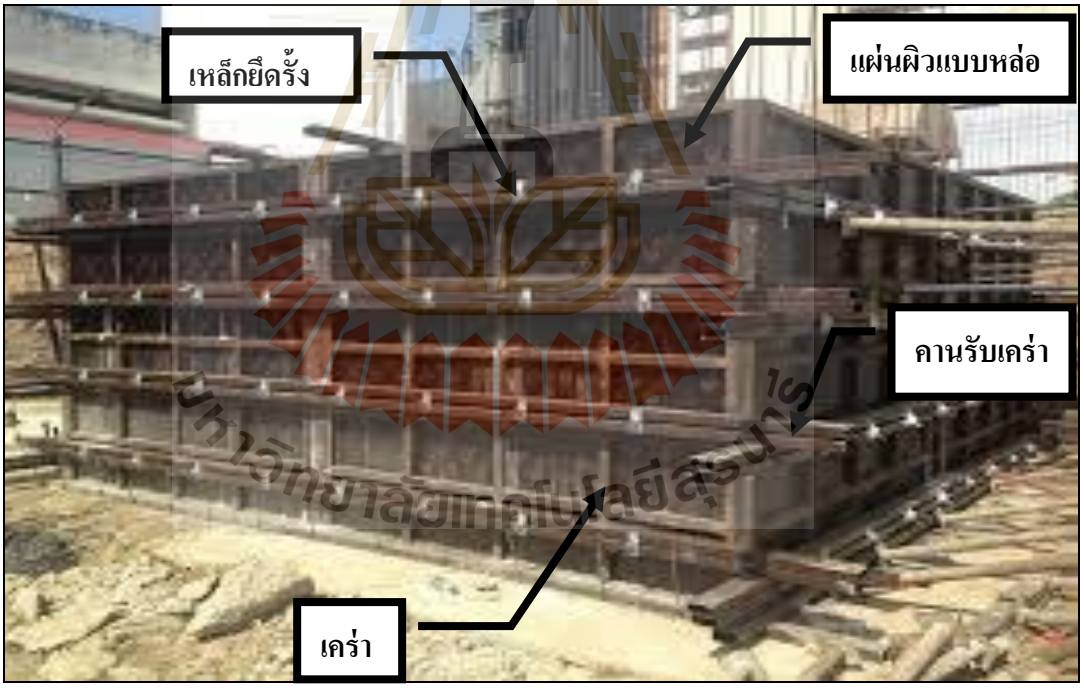
สำหรับค่าแอ่นตัวของวัสดุในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้มีการพิสูจน์สูตรการคำนวณในรูปแบบของระยะรองรับแล้วตามสมการที่ ... ซึ่งสูตรที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมนี้คือ

$$L = 0.71 \times \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} \quad \text{.....(3.5)}$$

3.2.3 ขั้นตอนของโปรแกรมในการออกแบบแบบหล่อแต่ละประเภท มีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 การออกแบบแบบหล่อฐานราก

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อฐานราก จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและพฤติกรรมทางโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ ซึ่งสำหรับแบบหล่อฐานรากมีชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อฐานราก

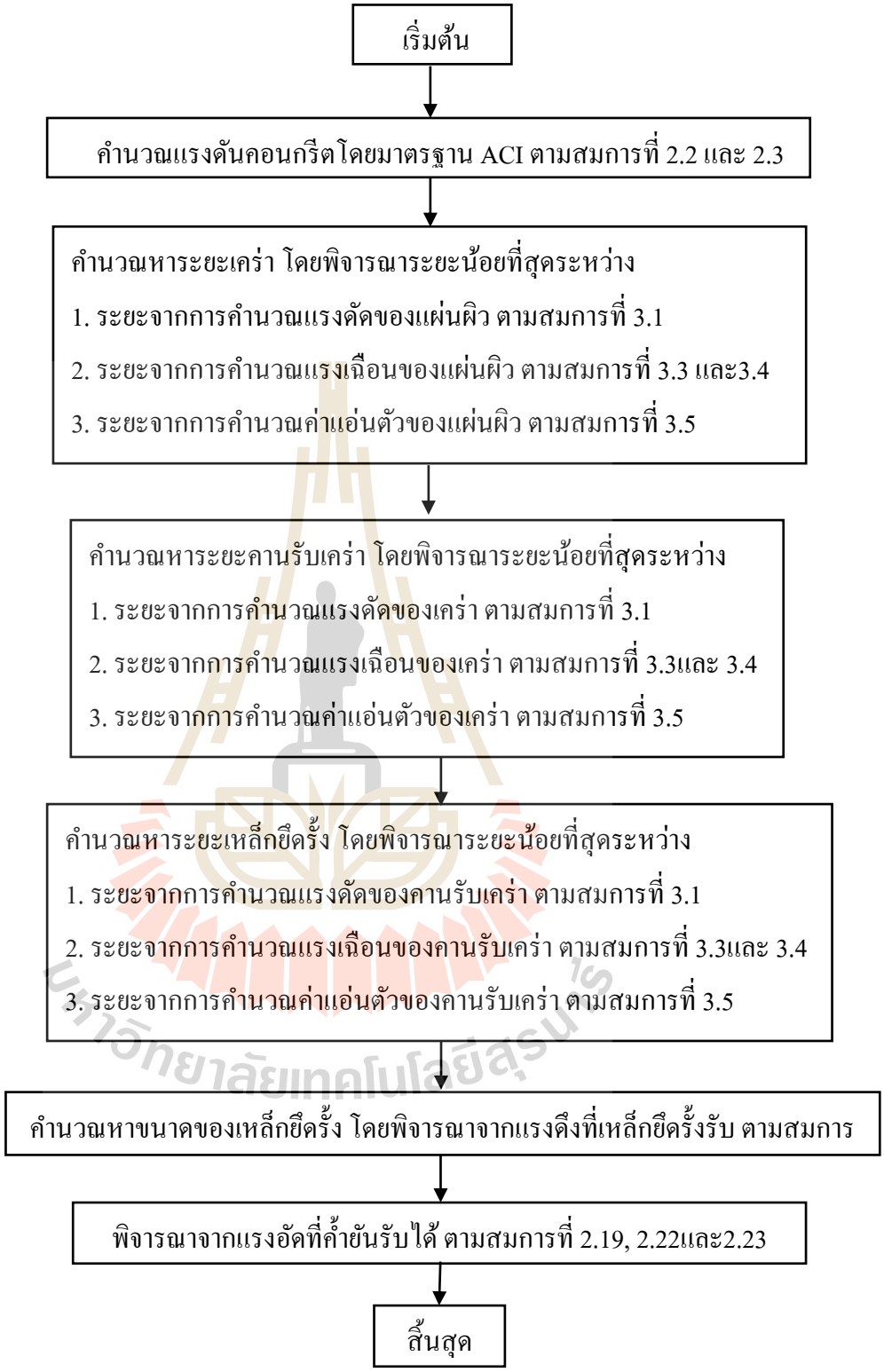
โดยสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1) การออกแบบเริ่มต้นจากการหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อ ซึ่งได้แก่ แรงดันจากคอนกรีตเหลวที่กระทำต่อแผ่นผิวด้านข้างของแบบหล่อ

2) คำนวณแรงที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิวด้านข้าง และกำหนดวัสดุแผ่นผิว
3) คำนวณหาระยะห่างเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิว โดยคำนวณจาก
4) ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัวของแผ่นผิว
5) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เคร่าจากแผ่นผิวด้านข้าง และกำหนดวัสดุเคร่า
6) คำนวณหาระยะห่างคานรับเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของเคร่า
7) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรับเคร่าจากเคร่า และกำหนดวัสดุคานรับเคร่า
8) คำนวณหาระยะห่างเหล็กยึดรั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรับเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน ระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับเคร่า
9) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งจากคานรับเคร่า
10) คำนวณหาขนาดเหล็กยึดรั้งที่สามารถรับแรงที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งได้ ซึ่งพิจารณาจาก ความสามารถในการรับแรงดึงของเหล็กยึดรั้ง

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการออกแบบแบบหล่อฐานรากแสดงได้ดังรูปแผนภูมิภาพที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อฐานราก

3.2.3.2 การออกแบบแบบหล่อคาน

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อคาน จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและพฤติกรรมทางโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ ซึ่งสำหรับแบบหล่อคานมีชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อตามรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อคาน

ขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อคานสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอนดังนี้

1) การออกแบบเริ่มต้นจากการหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อในแนวดิ่ง ซึ่งได้แก่น้ำหนัก รวมจาก น้ำหนักคอนกรีต น้ำหนักจร และน้ำหนักแบบหล่อเอง
2) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิวด้านล่างและกำหนดวัสดุแผ่นผิวด้านล่าง
3) คำนวณหาระยะห่างตง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิวด้านล่างโดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่

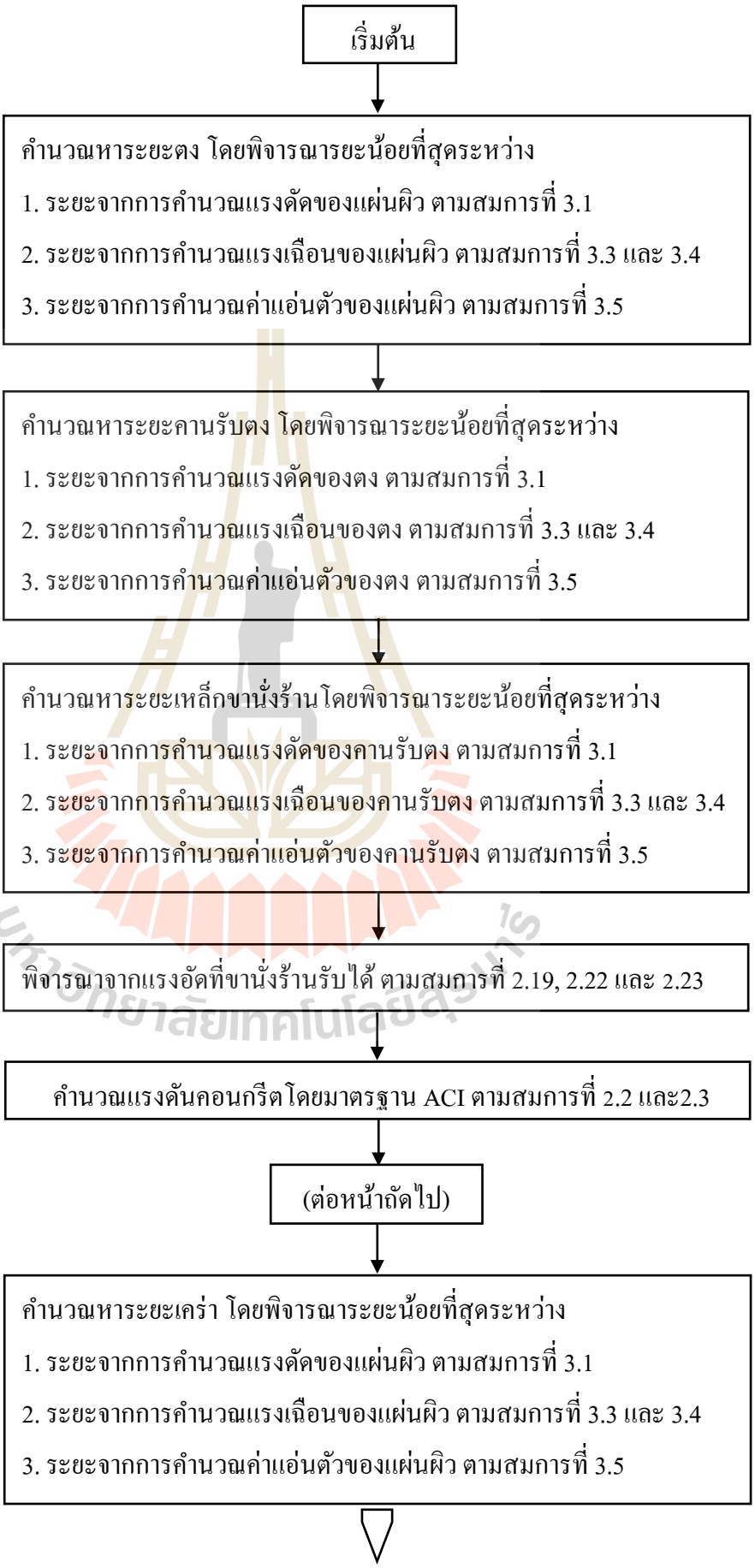
พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของแผ่นผิวด้านล่าง

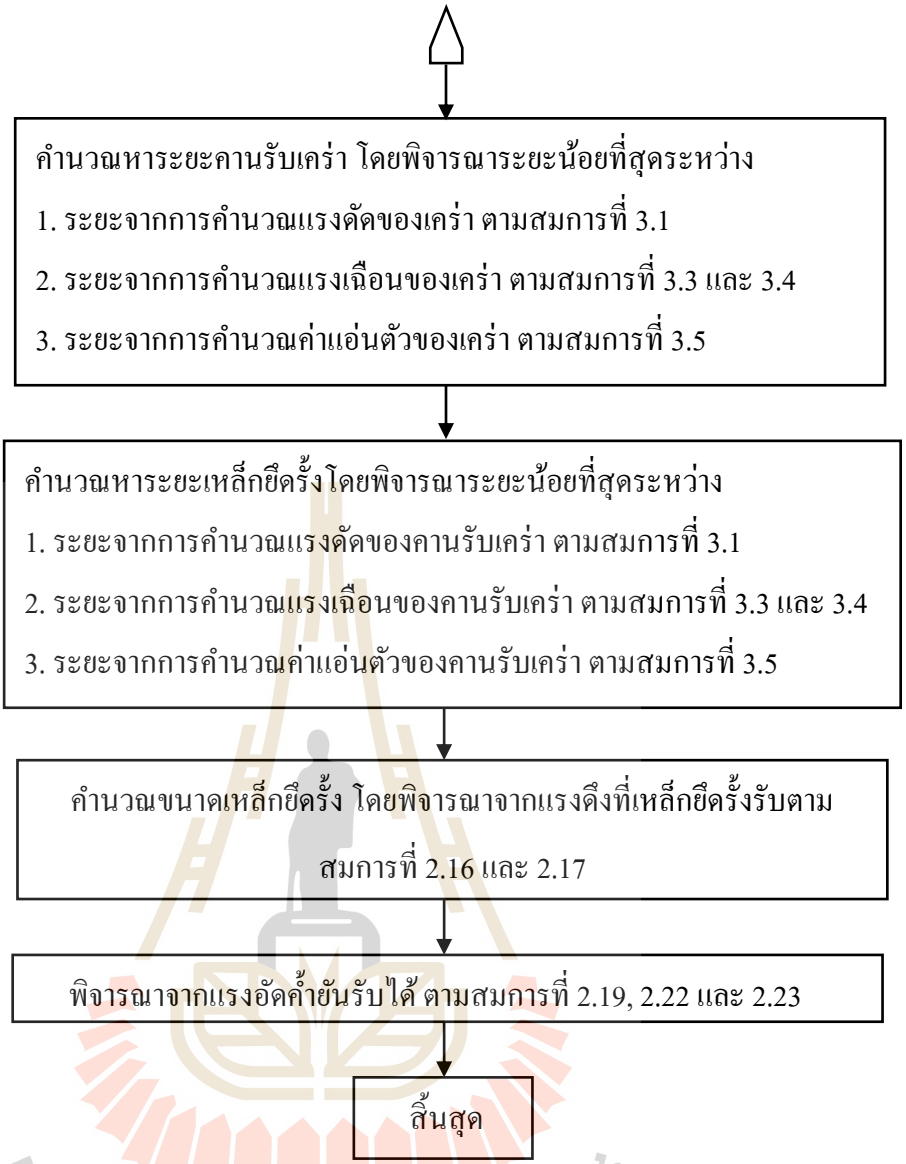
4) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ตงจากแผ่นผิวด้านล่าง และกำหนดวัสดุตง
5) คำนวณหาระยะห่างคานรับตง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของตง โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และ ระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับตง
6) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรับตงจากตง และกำหนดวัสดุคานรับตง
7) คำนวณหาระยะห่างขานั่งร้าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรับตง โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับตง
8) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ขานั่งร้านจากคานรับตง และกำหนดชนิดขานั่งร้าน
9) พิจารณาความสามารถในการรับแรงอัดของขานั่งร้านเปรียบเทียบกับแรงที่ขานั่งร้านรับ
10) คำนวณหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อในแนวราบ ซึ่งได้แก่แรงดันจากคอนกรีตเหลวที่กระทำต่อแผ่นผิวด้านข้างของแบบหล่อ
11) คำนวณแรงที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิวด้านข้าง และกำหนดวัสดุแผ่นผิวคานข้าง
12) คำนวณหาระยะห่างเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิวด้านข้าง โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจาณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของแผ่นผิวด้านข้าง
13) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เคร่าจากแผ่นผิวด้านข้างและกำหนดวัสดุเคร่า
14) คำนวณหาระยะห่างคานรับเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของเคร่า
15) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรับเคร่าจากเคร่า และกำหนดวัสดุคานรับเคร่า

16) คำนวณหาระยะห่างเหล็กยึดรั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรับเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจาณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับเคร่า
17) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งจากคานรับเคร่า
18) คำนวณหาขนาดเหล็กยึดรั้งที่สามารถรับแรงที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งได้ ซึ่งพิจาณาความสามารถในการรับแรงดึงของเหล็กยึดรั้ง
19) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ค้ำยันด้านข้างจากแรงลมที่กระทำต่อแบบหล่อ และกำหนดวัสดุค้ำยันด้านข้าง
20) พิจารณาความสามารถในการรับแรงอัดของค้ำยันด้านข้างเปรียบเทียบกับแรงที่ค้ำยันด้านข้างรับจากแรงลม

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการออกแบบแบบหล่อคานเป็นดังตามรูปแผนภูมิภาพที่ 3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี


เริ่มต้น
คำนวณหาระยะตง โดยพิจารณารยะน้อยที่สุดระหว่าง
1. ระยะจากการคำนวณแรงดัดของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.1
2. ระยะจากการคำนวณแรงเฉือนของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.3 และ 3.4
3. ระยะจากการคำนวณค่าแอ่นตัวของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.5
คำนวณหาระยะคานรับตง โดยพิจารณาระยะน้อยที่สุดระหว่าง
1. ระยะจากการคำนวณแรงดัดของตง ตามสมการที่ 3.1
2. ระยะจากการคำนวณแรงเฉือนของตง ตามสมการที่ 3.3 และ 3.4
3. ระยะจากการคำนวณค่าแอ่นตัวของตง ตามสมการที่ 3.5
คำนวณหาระยะเหล็กขานั่งร้านโดยพิจารณาระยะน้อยที่สุดระหว่าง
1. ระยะจากการคำนวณแรงดัดของคานรับตง ตามสมการที่ 3.1
2. ระยะจากการคำนวณแรงเฉือนของคานรับตง ตามสมการที่ 3.3 และ 3.4
3. ระยะจากการคำนวณค่าแอ่นตัวของคานรับตง ตามสมการที่ 3.5
พิจารณาจากแรงอัดที่ขานั่งร้านรับได้ ตามสมการที่ 2.19, 2.22 และ 2.23
คำนวณแรงดันคอนกรีตโดยมาตรฐาน ACI ตามสมการที่ 2.2 และ2.3
(ต่อหน้าถัดไป)
คำนวณหาระยะเคร่า โดยพิจารณาระยะน้อยที่สุดระหว่าง
1. ระยะจากการคำนวณแรงดัดของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.1
2. ระยะจากการคำนวณแรงเฉือนของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.3 และ 3.4
3. ระยะจากการคำนวณค่าแอ่นตัวของแผ่นผิว ตามสมการที่ 3.5

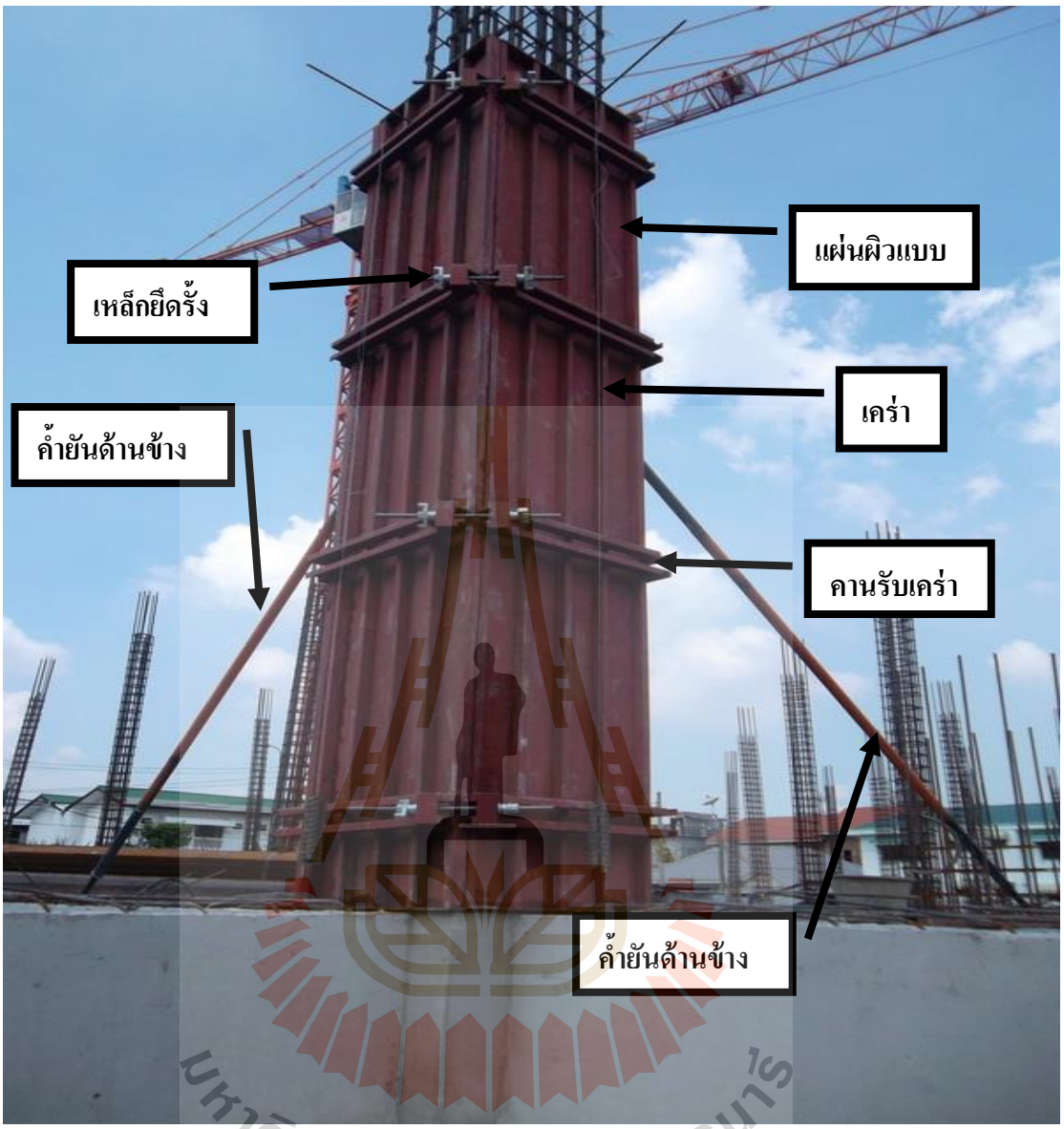


รูปที่ 3.5 แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อคาน

3.2.3.3 การออกแบบหล่อเสา

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อเสา จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและพฤติกรรมทางโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ โดยเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม สำหรับแบบหล่อเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อตามรูปที่ 3.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.6 รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อเสา

ขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอนดังนี้

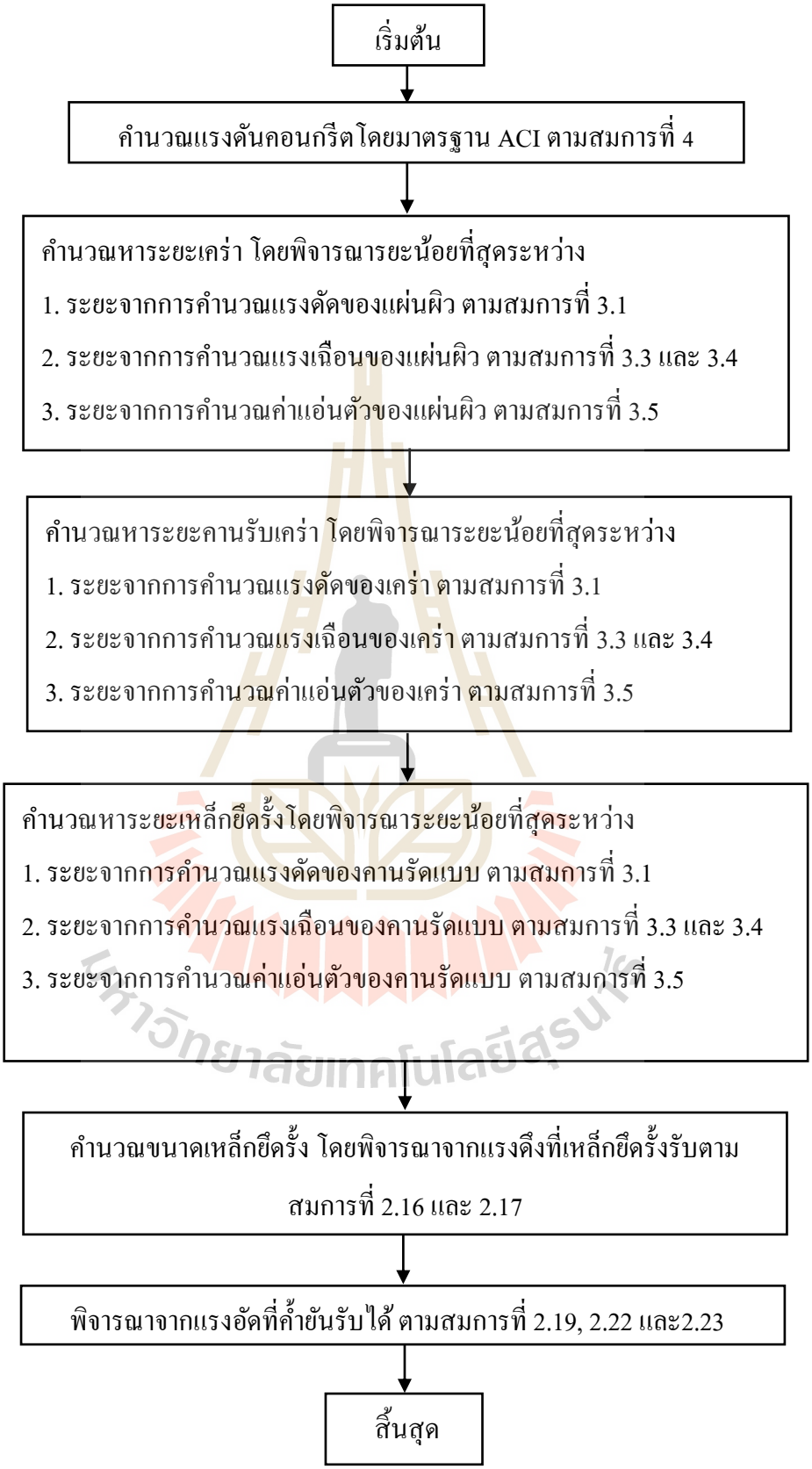
1) การออกแบบเริ่มต้นจากการหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อ ซึ่งได้แก่ แรงดันจากคอนกรีตเหลวที่กระทำต่อแผ่นผิวของแบบหล่อ
2) คำนวณแรงที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิว และกำหนดวัสดุแผ่นผิว
3) คำนวณหาระยะห่างเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิว โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่

พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของแผ่นผิว

4) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เคร่าจากแผ่นผิวด้านข้าง และกำหนด
5) คำนวณหาระยะห่างคานรัดแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรดดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัวของเคร่า
6) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรัดแบบจากเคร่า และกำหนดวัสดุคานรัดแบบ
7) คำนวณหาระยะห่างเหล็กยึดรั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรัดแบบ โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัวของคานรัดแบบ
8) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งจากคานรัดแบบ
9) คำนวณหาขนาดเหล็กยึดรั้งที่สามารถรับแรงที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งได้ ซึ่งพิจารณาจากความสามารถในการรับแรงดึงของเหล็กยึดรั้ง
10) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ค้ำยันด้านข้างจากแรงลมที่กระทำต่อแบบหล่อ และกำหนดวัสดุค้ำยันด้านข้าง
11) พิจารณาความสามารถในการรับแรงอัดของค้ำยันด้านข้างเปรียบเทียบกับแรงที่ค้ำยันด้านข้างรับจากแรงลม

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการออกแบบแบบหล่อเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม แสดงตามรูปแผนภูมิภาพที่ 3.7

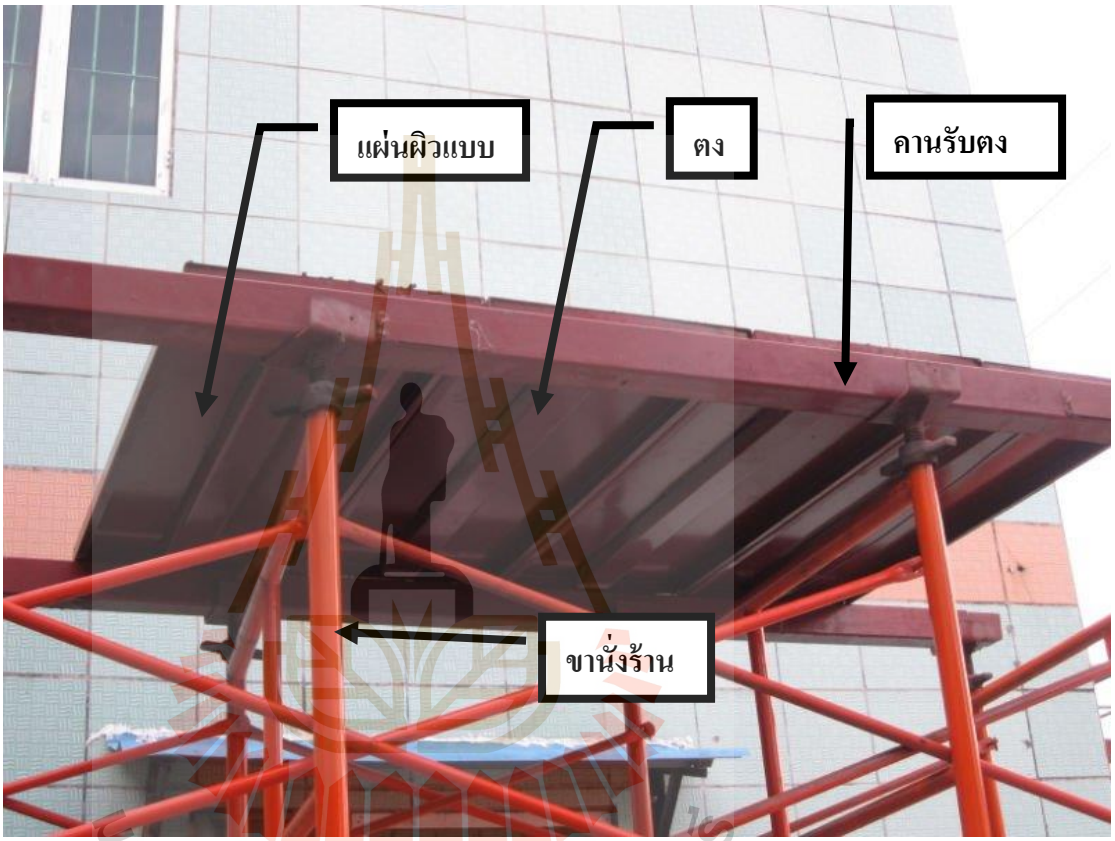
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.7 แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อเสา

3.2.3.4 การออกแบบแบบหล่อพื้น

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อโครงสร้างพื้น จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและพฤติกรรมทางโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ ซึ่งสำหรับแบบหล่อพื้นมีชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อตามรูปที่ 3.8

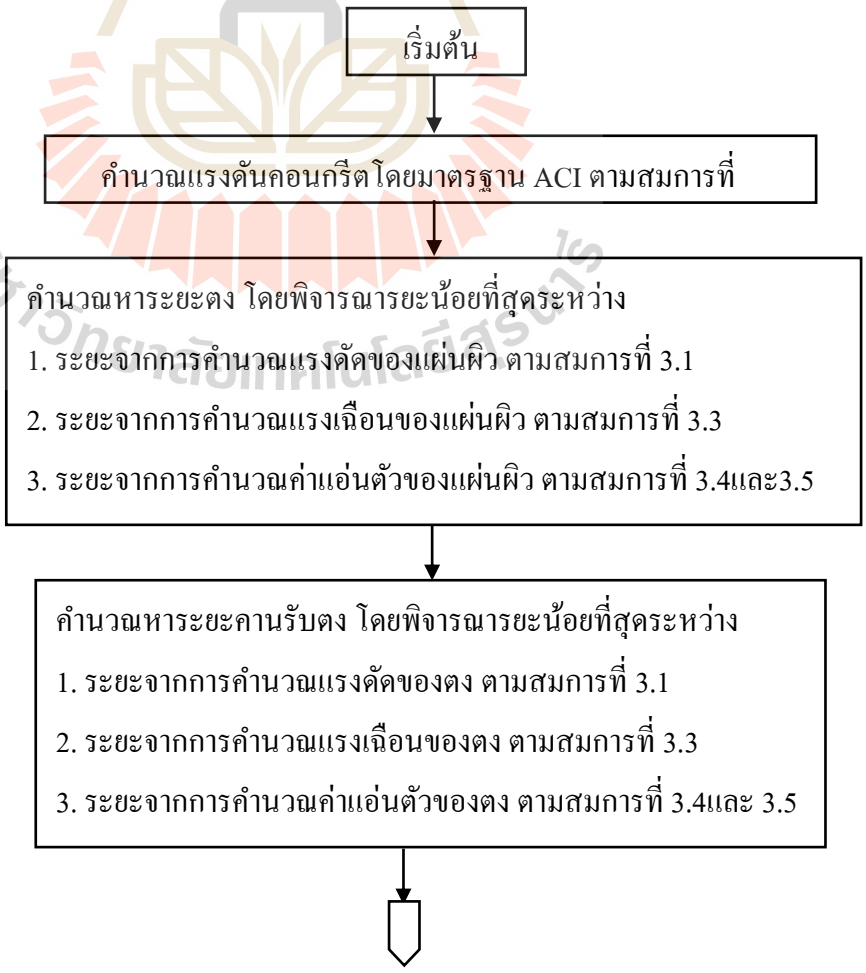


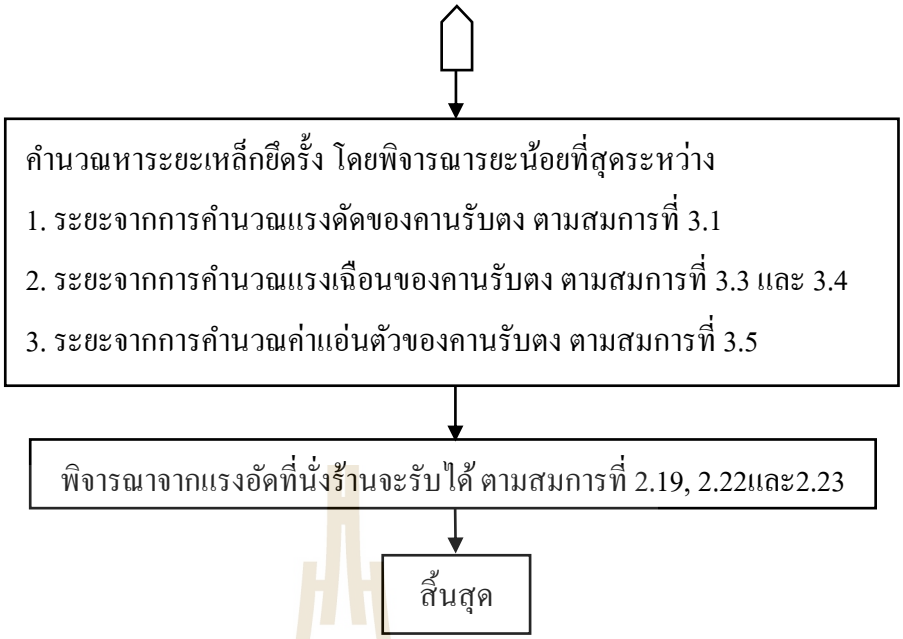
รูปที่ 3.8 รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อพื้น

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อพื้นสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1) การออกแบบเริ่มต้นจากการหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อ ซึ่งได้แก่น้ำหนักรวมจาก น้ำหนักคอนกรีต น้ำหนักจร และน้ำหนักแบบหล่อเอง
2) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิว และกำหนดวัสดุแผ่นผิว
3) คำนวณระยะห่างตง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิว โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของแผ่นผิว

4) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ตงจากแผ่นผิว และกำหนดวัสดุตง
5) คำนวณหาระยะห่างคานรับตง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของตง โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัวของตง
6) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรับตงจากตง และกำหนดวัสดุคานรับตง
7) คำนวณหาระยะห่างนั่งร้าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรับตง โดยคำนวณจากระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับตง
8) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่นั่งร้านจากคานรับตง และกำหนดวัสดุนั่งร้าน
9) พิจารณาความสามารถในการรับแรงของนั่งร้านเปรียบเทียบกับแรงที่นั่งร้านรับ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการออกแบบหล่อพื้น แสดงตามแผนภูมิภาพที่ 3.9

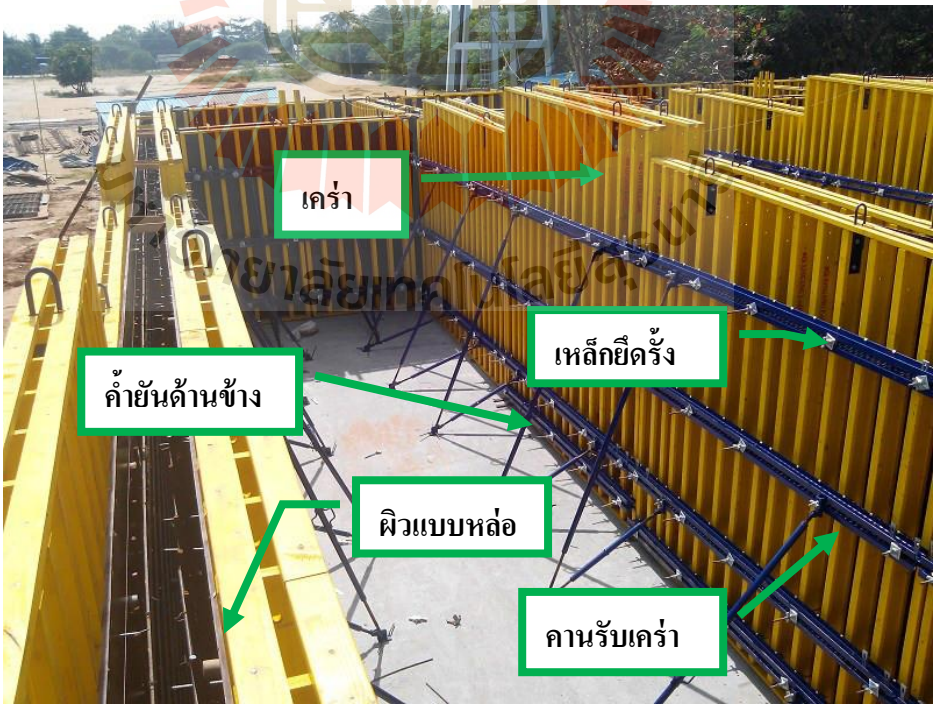




รูปที่ 3.9 แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อพื้น

3.2.3.5 การออกแบบแบบผนัง

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อโครงสร้างผนัง จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและพฤติกรรมทางโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ ซึ่งสำหรับแบบหล่อผนัง มีชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อตามรูปที่ 3.10

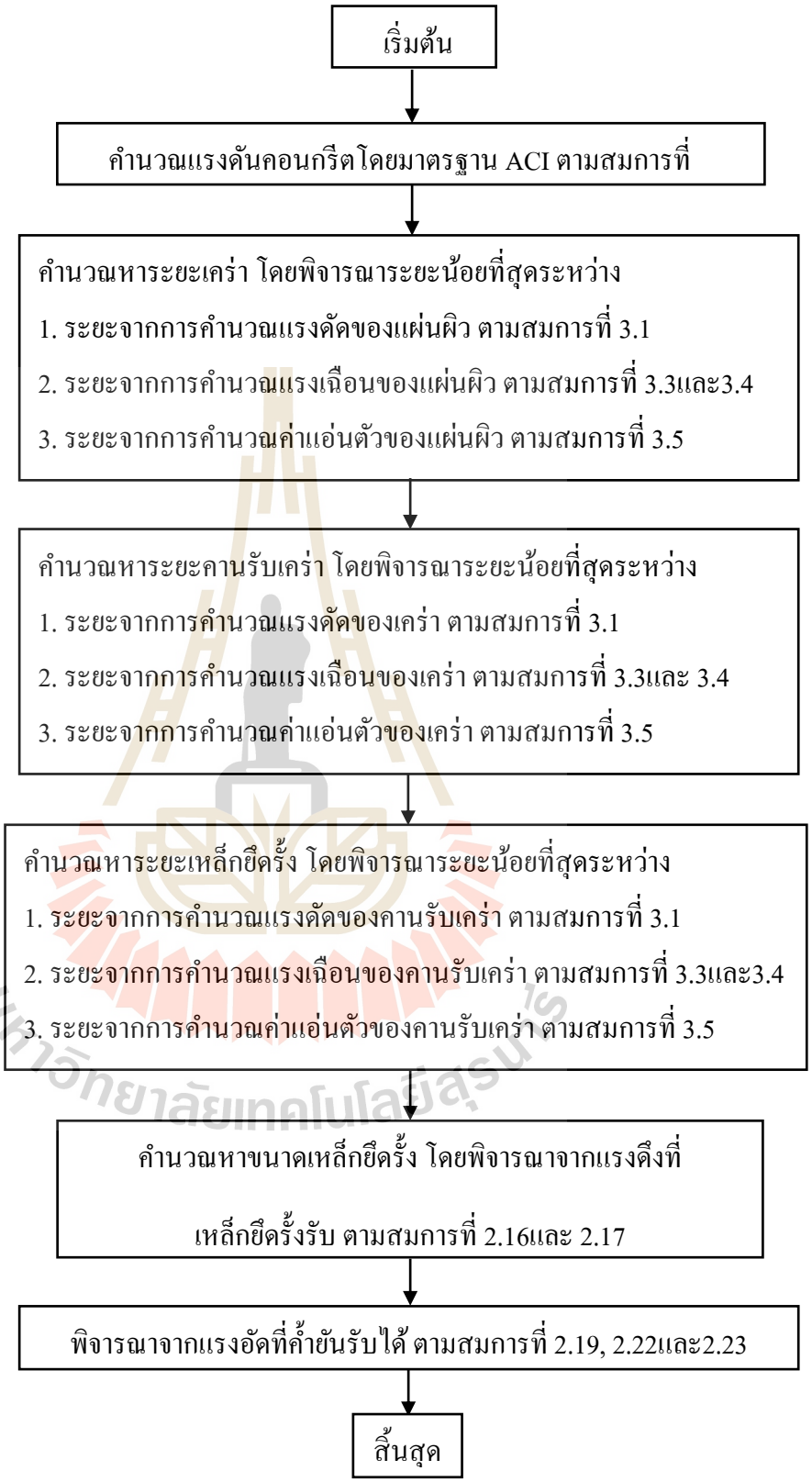


รูปที่ 3.10 รูปแบบและชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อผนัง

การคำนวณการออกแบบแบบหล่อผนังสามารถแบ่งออกได้ตามขั้นตอนดังนี้

1) การออกแบบเริ่มต้นจากการหาน้ำหนักที่กระทำต่อแบบหล่อ ซึ่งได้แก่ แรงดันจากคอนกรีตเหลวที่กระทำต่อแผ่นผิวด้านข้างของแบบหล่อ
2) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่แผ่นผิวด้านข้าง และกำหนดวัสดุแผ่นผิว
3) คำนวณระยะห่างเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของแผ่นผิว โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของแผ่นผิว
4) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ตงจากแผ่นผิว และกำหนดวัสดุเคร่า
5) คำนวณหาระยะห่างคานรับเคร่า ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของเคร่า
6) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่คานรับเคร่าจากเคร่า และกำหนดวัสดุคานรับเคร่า
7) คำนวณหาระยะห่างเหล็กยึดรั้งซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถรับแรงได้ของคานรับเคร่า โดยคำนวณจาก ระยะรองรับที่น้อยที่สุดระหว่าง ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงดัด ระยะรองรับที่พิจารณาด้านแรงเฉือน และระยะรองรับที่พิจารณาด้านการแอ่นตัว ของคานรับเคร่า
8) คำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งจากคานรับเคร่า
9) คำนวณหาขนาดเหล็กยึดรั้งที่สามารถรับแรงที่ถ่ายลงสู่เหล็กยึดรั้งได้ ซึ่งพิจารณาจาก ความสามารถในการรับแรงดึงของเหล็กยึดรั้ง
10) คำนวณหาน้ำหนักที่ถ่ายลงสู้ค้ำยันด้านข้างจากแรงลมที่กระทำต่อแบบหล่อ และกำหนดวัสดุค้ำยันด้านข้าง
11) พิจารณาความสามารถในการรับแรงอัดของค้ำยันด้านข้างเปรียบเทียบกับแรงที่ค้ำยันด้านข้างรับจากแรงลม

ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนการออกแบบหล่อพื้น เป็นดังแสดงตามรูป แผนภูมิที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนภูมิขั้นตอนการออกแบบแบบหล่อผนัง

3.2.4 การประมาณราคาแบบหล่อ

ส่วนการประมาณราคาแบบหล่อเป็นส่วนที่โปรแกรมจะประเมินผลเพื่อหาปริมาณวัสดุในแต่ประเภทที่ใช้ในการทำแบบหล่อตามที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ แล้วจึงนำเอาปริมาณวัสดุมาทำการคูณกับราคาของวัสดุที่มีอยู่ในฐานข้อมูล แล้วรวมเป็นราคารวมค่าใช้จ่ายในการทำแบบหล่อนั้นๆ

ซึ่งการประมาณราคานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การประมาณราคาของแบบหล่อในแต่ละชิ้นส่วนซึ่งเป็นการประมาณเฉพาะค่าวัสดุเท่านั้น และการประมาณราคารวมทั้งโครงการซึ่งเป็นการประมาณราคาที่ประกอบด้วย ค่าวัสดุแบบหล่อและค่าแรงประกอบแบบ ติดตั้งและรื้อถอน โดยจะแยกสรุปตามชิ้นส่วนโครงสร้างที่ได้เลือกออกแบบไว้

3.2.5 การแสดงผลการออกแบบและรายงานประกอบ

โปรแกรมส่วนนี้เป็น ตารางแสดงผลการออกแบบ และรายละเอียดการคำนวณออกแบบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถทำการพิมพ์ออกมาเพื่อใช้ในการตรวจสอบและนำเสนอต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2.6 การจัดเก็บฐานข้อมูลที่ใช้ออกแบบ

ส่วนของฐานข้อมูลหลักๆจะประกอบด้วย ข้อมูลวัสดุที่ใช้ในการออกแบบได้แก่ ข้อมูลประเภทของวัสดุ ขนาด และคุณสมบัติของวัสดุ ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งคือ ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณราคา ของแบบหล่อ ได้แก่ข้อมูลราคาวัสดุ ค่าแรงงานในการประกอบ ติดตั้ง และรื้อถอนแบบหล่อ โดยข้อมูลเหล่านี้ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปตรวจสอบหรือทำการแก้ไขเพิ่มเติม เพื่อให้ตรงกับความต้องการในการใช้งานได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

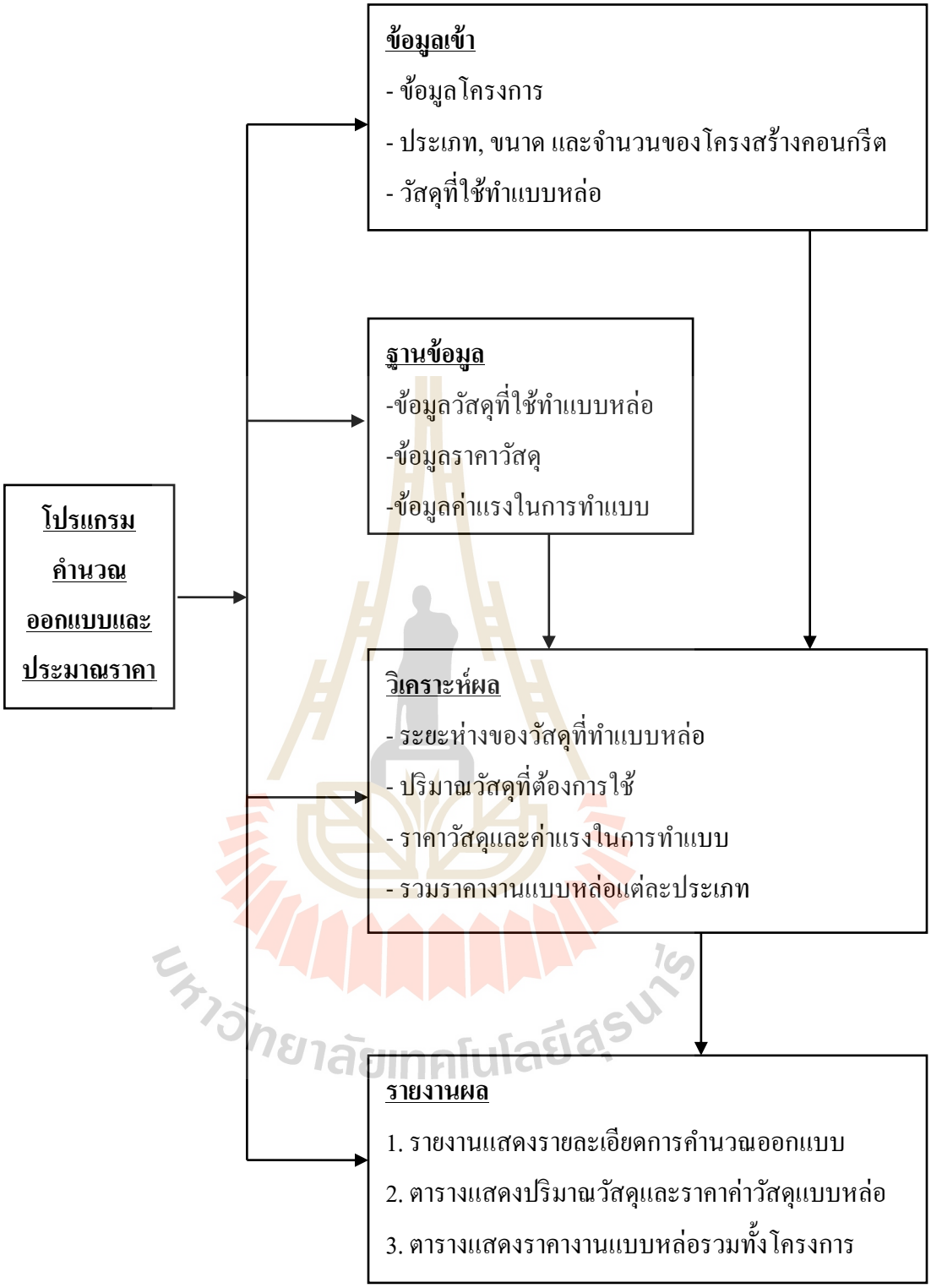
บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นการใช้ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel ช่วยออกแบบแบบหล่อคอนกรีต ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การกำหนดวิธีและขั้นตอนการทำงานโปรแกรมและรูปแบบของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณ และการแสดงผล
2. การจัดทำโปรแกรมคำนวณออกแบบและประมาณราคาตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้
3. การตรวจสอบ ความถูกต้องและการใช้งานของโปรแกรม โดยเทียบกับการคำนวณด้วยตนเองโดยใช้เครื่องคิดเลข

4.1 การกำหนดวิธีและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและรูปแบบของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณ และการแสดงผล

ในการศึกษานี้ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม MS-Excel ซึ่งมีรูปแบบเป็น Spreadsheet ทำการออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต โดยมีขั้นตอนการทำงานบันทึกข้อมูลเข้าและแสดงผลลัพธ์ ตามผังแสดงความเชื่อมโยงการทำงานโดยรวมของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 “ฐานข้อมูล” เป็นส่วนรายละเอียดข้อมูลการออกแบบที่มีเก็บไว้กับตัวโปรแกรม ส่วนที่ 2 “ข้อมูลเข้า” เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการใส่ข้อมูลของโครงสร้างคอนกรีตและวัสดุที่ต้องการใช้ทำแบบหล่อเข้าไป ส่วนที่ 3 “วิเคราะห์ผล”เป็นการใช้ข้อมูลส่วนของข้อมูลเข้าเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลและประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ในส่วนที่ 4 “รายงาน” ในรูปข้อมูลตารางตัวเลขและรายละเอียดแสดงการคำนวณ



รูปที่ 4.1 แผนภูมิหลักการทำงานโดยรวมของโปรแกรม

4.2 การจัดทำโปรแกรมคำนวณออกแบบและประมาณราคาตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้

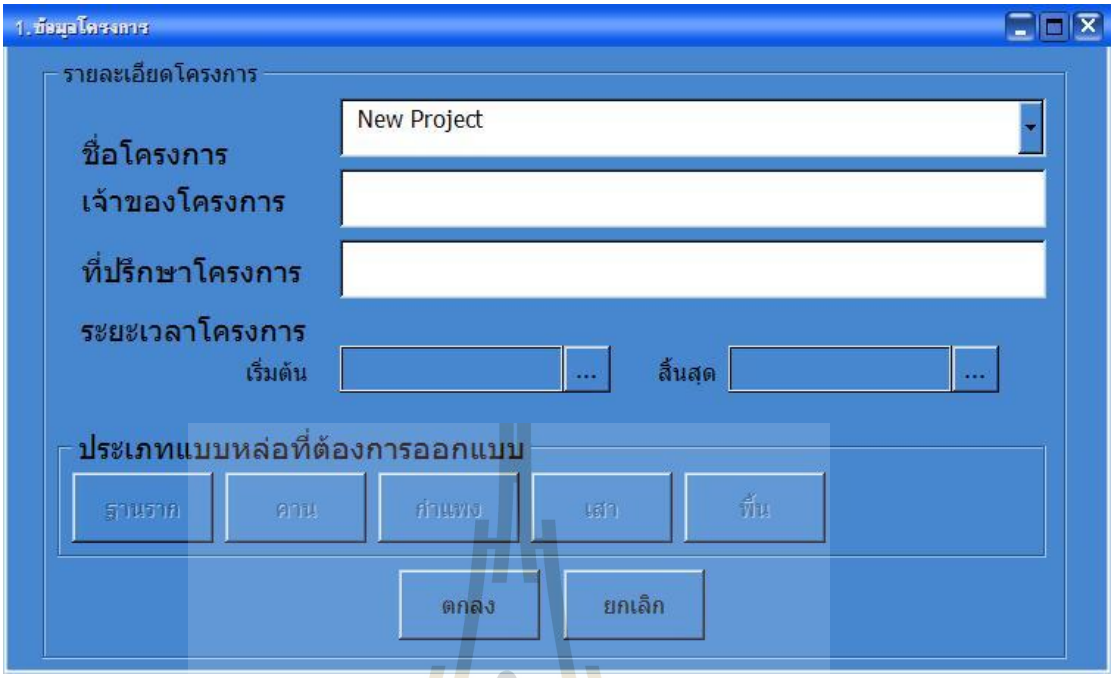
เมื่อกำหนดรูปแบบของโปรแกรมแล้ว จะทำการทำการจัดทำโปรแกรมคำนวณออกแบบเป็นส่วน ๆ ตามรูปแบบ โดยใช้ฟังก์ชั่นของ MS-Excel ในส่วนของ Visual basic for application มาเป็นเครื่องมือในการจัดทำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลเข้าและเก็บข้อมูล
2. การออกแบบฟอร์มแสดงผล
3. การเขียนสูตรและฟังก์ชั่นในการคำนวณ
4. การสร้างรูปแบบหน้าตา (Interface) เพื่อให้สะดวกต่อผู้ใช้งาน

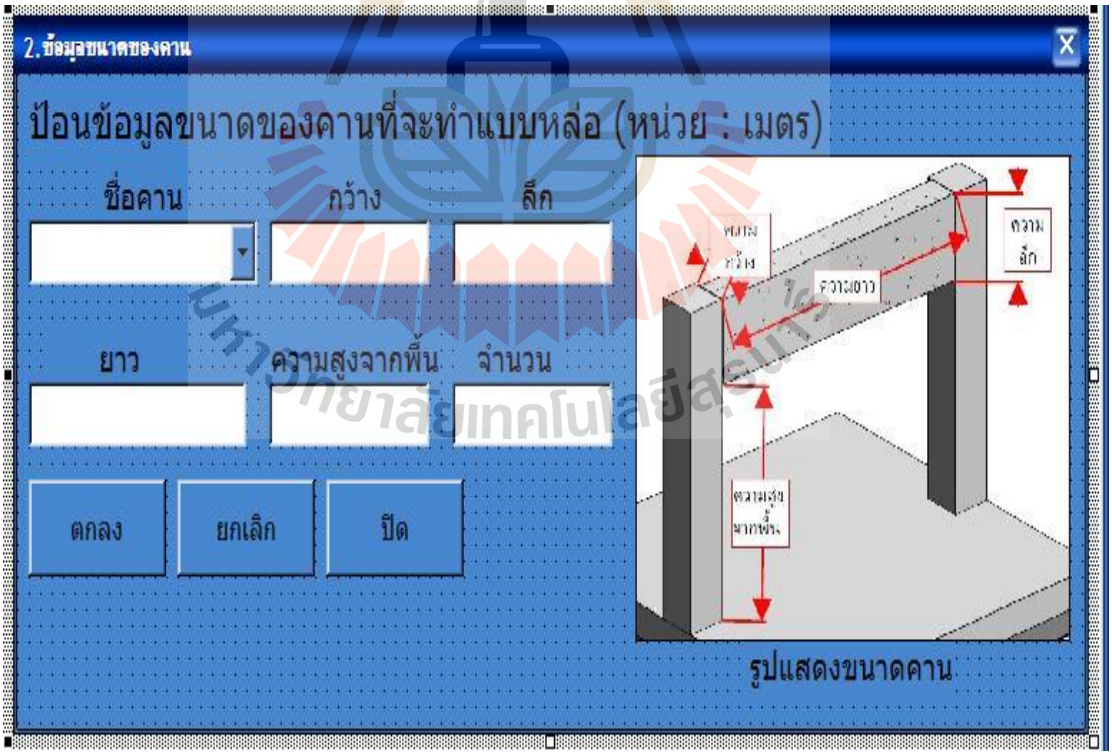
4.2.1 การออกแบบฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลเข้าและเก็บข้อมูล

การออกแบบในขั้นตอนแรกจะใช้ในส่วนของ Microsoft Visual Basic เพื่อทำการสร้าง UserForm หรือหน้าต่างในโปรแกรมที่จะให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อ โดยใช้หลักการที่ให้ใช้งานได้ง่าย เป็นขั้นเป็นตอน และให้มีการป้อนข้อมูลที่ต้องใช้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มีข้อผิดพลาดจากการป้อนข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลโครงการ เป็นส่วนที่จะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลรายละเอียดของโครงการที่จะดำเนินการทำแบบหล่อ ประกอบด้วย ชื่อโครงการ,ชื่อเจ้าของโครงการ,ชื่อที่ปรึกษาโครงการ,ระยะเวลาเริ่มต้นโครงการ,ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ,ประเภทของแบบหล่อที่ต้องการออกแบบ ข้อมูลที่ป้อนนี้จะไปแสดงในส่วนของการแสดงผลสรุปข้อมูลรวมทั้งโครงการ นำไปกำหนดในการแสดงฟอร์มการรับข้อมูลในแต่ละชิ้นส่วนโครงสร้างที่เลือกออกแบบ และข้อมูลบางส่วนจะไปปรากฏอยู่ในรายงานการคำนวณออกแบบ โดย UserForm ที่ทำการออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 4.2
- ข้อมูลขนาดและจำนวนของโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องการออกแบบ โดยให้ผู้ใช้กำหนดชื่อชิ้นส่วน,ขนาดและจำนวนชิ้นส่วน โดยในการออกแบบโปรแกรมจะมีรูปภาพแสดงการเรียกชื่อระยะต่าง ๆของโครงสร้าง ที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลเข้าไป เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาด ข้อมูลทั้งหมดโปรแกรมจะทำการส่งค่าไปยังส่วนการคำนวณต่อไป โดยUserForm ที่ทำการออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 4.3

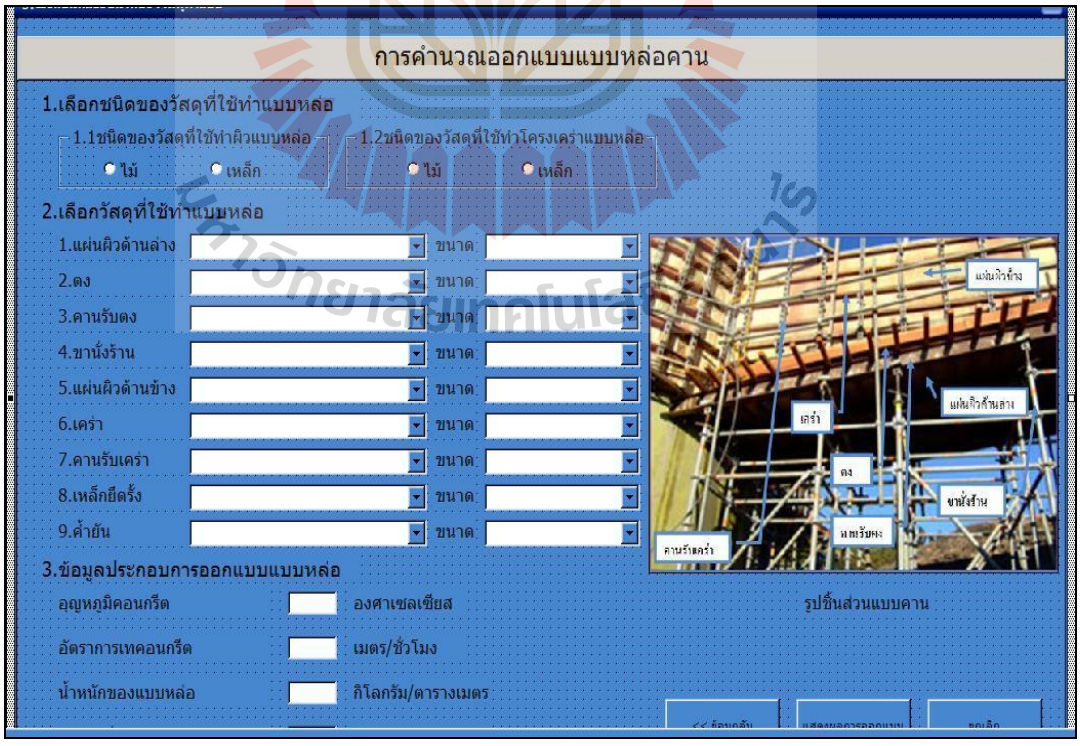


รูปที่ 4.2 UserForm ข้อมูลโครงการ



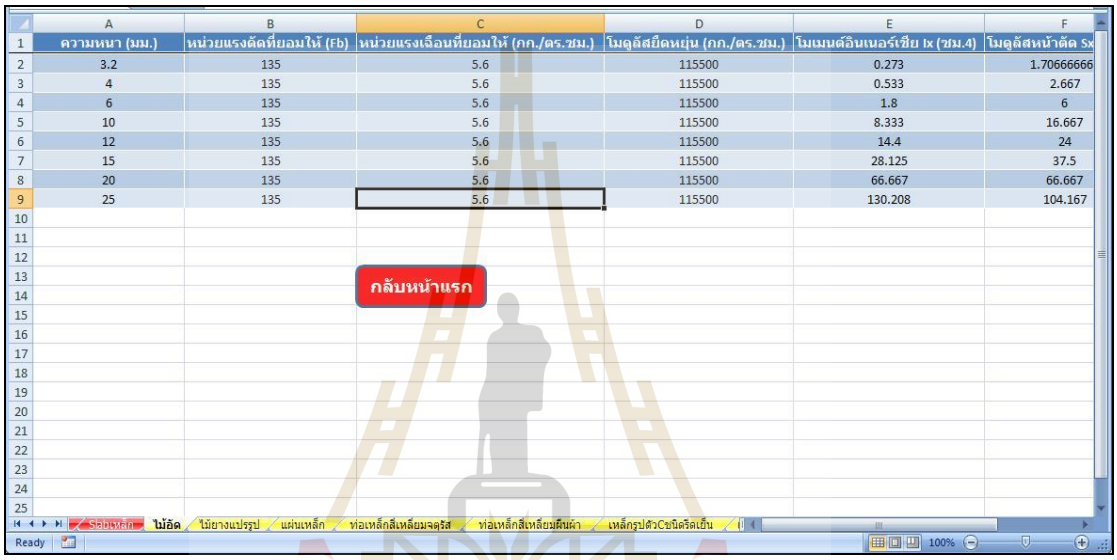
รูปที่ 4.3 ตัวอย่าง UserForm ข้อมูลขนาดของโครงสร้างที่ต้องการออกแบบ

- ข้อมูลชนิดและขนาดของวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต ให้ผู้ใช้ทำการเลือกประเภทของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแบบหล่อ โดยแยกเป็น 2 ประเภทหลัก ซึ่งมีสูตรการคำนวณที่ต่างกันคือ วัสดุไม้และวัสดุเหล็ก จากนั้นจะให้ผู้ใช้เลือกวัสดุที่จะใช้ทำแบบหล่อ โดยผู้ออกแบบโปรแกรมทำการแยกหัวข้อตามชิ้นส่วนของแบบหล่อ เช่นแบบหล่อคานจะประกอบด้วย แผ่นผิวด้านล่าง,ตง,คานรับตง,ขานั่งร้าน,แผ่นผิวด้านข้าง,เคร่า,คานรับเคร่า,เหล็กยึดรั้ง,ค้ำยัน ซึ่งจะมีรูปภาพแสดงชื่อและตำแหน่งของชิ้นส่วนต่าง ๆของแบบหล่อแสดงประกอบ เพื่อให้ผู้ใช้พิจารณาก่อนทำการเลือกวัสดุป้องกันความสับสน เมื่อเลือกชนิดของวัสดุแล้วจึงเลือกขนาดของวัสดุนั้น ข้อมูลวัสดุทั้งหมดที่ผู้ใช้เลือกจะนำมาจากฐานข้อมูลวัสดุที่ผู้ออกแบบโปรแกรมเตรียมไว้ในโปรแกรม เมื่อผู้ใช้เลือกเสร็จสิ้นแล้วข้อมูลจะถูกส่งไปยังส่วนการออกแบบ UseForm นำเข้าข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.4
- ข้อมูลประกอบการออกแบบ ซึ่งเป็นข้อมูลทั่วไปที่จำเป็นในการออกแบบ เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกเสร็จสิ้นแล้วข้อมูลจะถูกส่งไปยังส่วนการออกแบบ UseForm นำเข้าข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง UserForm ข้อมูลชนิดของวัสดุและข้อมูลประกอบการออกแบบ

- ข้อมูลชนิด,ขนาด,และคุณสมบัติของวัสดุ ในส่วนนี้จะเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ โดยทำการออกแบบการเก็บข้อมูลไว้ใน Spreadsheet ตั้งชื่อแยกออกตามวัสดุแต่ละชนิด รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย ชื่อของวัสดุ,ขนาดรูปร่างหน้าตัด,น้ำหนักต่อหน่วย,พื้นที่หน้าตัด,โมเมนต์อินเนอร์เชีย,รัศมีไจเรชั่น,โมดูลัสหน้าตัดและราคาวัสดุต่อหน่วย ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลวัสดุดังแสดงในรูปที่ 4.5



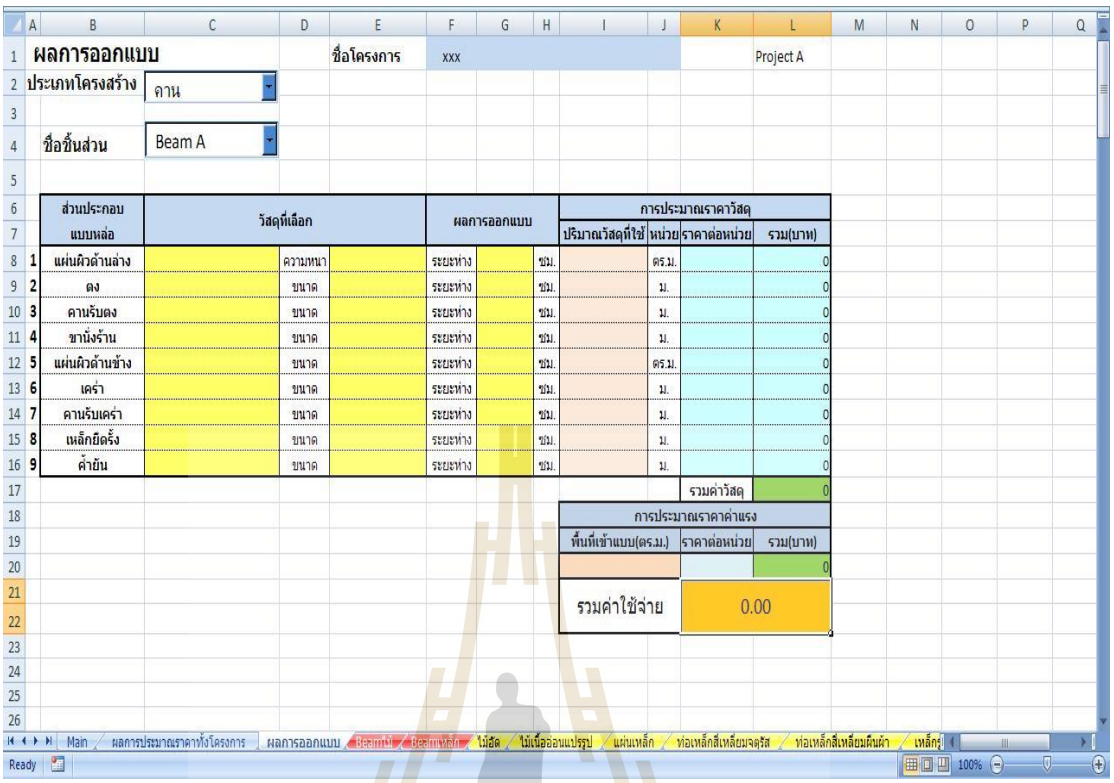
	A	B	C	D	E	F
1	ความหนา (มม.)	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (Fb)	หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (กก./ตร.ซม.)	โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ตร.ซม.)	โมเมนต์อินเนอร์เชีย Ix (ซม.4)	โมดูลัสหน้าตัด Sx
2	3.2	135	5.6	115500	0.273	1.70666666
3	4	135	5.6	115500	0.533	2.667
4	6	135	5.6	115500	1.8	6
5	10	135	5.6	115500	8.333	16.667
6	12	135	5.6	115500	14.4	24
7	15	135	5.6	115500	28.125	37.5
8	20	135	5.6	115500	66.667	66.667
9	25	135	5.6	115500	130.208	104.167

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลวัสดุ

4.2.2 การออกแบบฟอร์มแสดงผล

ในขั้นตอนนี้จะทำการสร้างรูปแบบที่จะใช้ในการแสดงผลที่ได้จากการออกแบบเพื่อที่จะกำหนดความเชื่อมโยงจากส่วนการป้อนข้อมูล และส่วนการคำนวณ โดยคำนึงถึงผู้ใช้งานให้เข้าใจได้ง่ายและสามารถทำการพิมพ์แสดงผลออกมาได้ ซึ่งมีแบบฟอร์มที่ใช้ประกอบการแสดงผลดังนี้

- ตารางผลการออกแบบ จะแสดงข้อมูลของโครงสร้างคอนกรีตที่ออกแบบแบบหล่อ,ชื่อชิ้นส่วนที่ออกแบบ,รายการส่วนประกอบของแบบหล่อ,ชนิดวัสดุและขนาดวัสดุที่ผู้ใช้เลือก,ระยะห่างของชิ้นส่วนที่ได้จากการคำนวณ,ปริมาณวัสดุที่ใช้,ราคาต่อหน่วยของวัสดุ,ราคารวม,ค่าแรงต่อหน่วย,ค่าแรงรวม,รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด ตัวอย่างฟอร์มการแสดงผลดังแสดงในรูปที่ 4.6



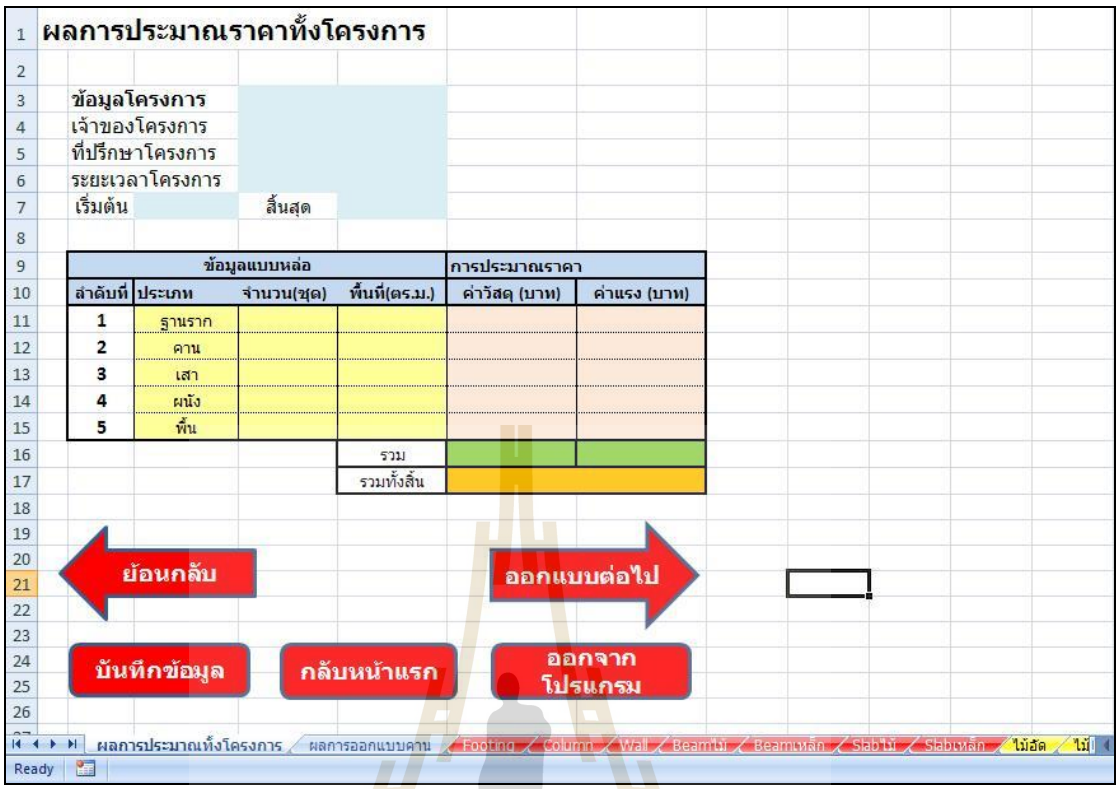
ผลการออกแบบ		ชื่อโครงการ	xxx							Project A			
ประเภทโครงสร้าง	คาน												
ชื่อชิ้นส่วน	Beam A												
	ส่วนประกอบแบบหล่อ	วัสดุที่เลือก			ผลการออกแบบ			การประมาณราคาวัสดุ					
								ปริมาณวัสดุที่ใช้	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	รวม(บาท)		
1	แผ่นผิวด้านล่าง		ความหนา		ระยะห่าง		ซม.		ตร.ม.		0		
2	คง		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
3	คานรับคง		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
4	ขานั่งร้าน		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
5	แผ่นผิวด้านข้าง		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ตร.ม.		0		
6	เคร่า		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
7	คานรับเคร่า		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
8	เหล็กยึดครั้ง		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
9	ค้ำยัน		ขนาด		ระยะห่าง		ซม.		ม.		0		
										รวมค่าวัสดุ	0		
								การประมาณราคาค่าแรง					
								พื้นที่เข้าแบบ(ตร.ม.)		ราคาต่อหน่วย	รวม(บาท)		
											0		
								รวมค่าใช้จ่าย		0.00			

Main | ผลการประมาณราคาทั้งโครงการ | ผลการออกแบบ | Beam(1) | Beam(2) | ไม้อัด | ไม้เนื้อออนแปรรูป | แผ่นเหล็ก | ท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจตุรัส | ท่อเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า | เหล็กรู

Ready 100%

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างฟอร์มการแสดงผล

- ตารางแสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ จะแสดงข้อมูลของการประมาณราคาแบบหล่อทั้งโครงการตามที่ได้เลือกออกแบบไว้ โดยข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ส่วนแรกข้อมูลแบบหล่อจะประกอบด้วย ประเภทแบบหล่อ, จำนวนชุด, ปริมาณพื้นที่แบบหล่อในแต่ละประเภท ส่วนที่สองการประมาณราคาจะแสดงค่าวัสดุและค่าแรงแยกตามประเภทของแบบหล่อ และส่วนท้ายของตารางจะแสดงราคาค่าวัสดุทำแบบหล่อ และค่าแรงรวมทั้งหมดของโครงการ ตารางแสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างฟอร์มการแสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ

4.2.3 การเขียนสูตรและฟังก์ชั่นในการคำนวณออกแบบ

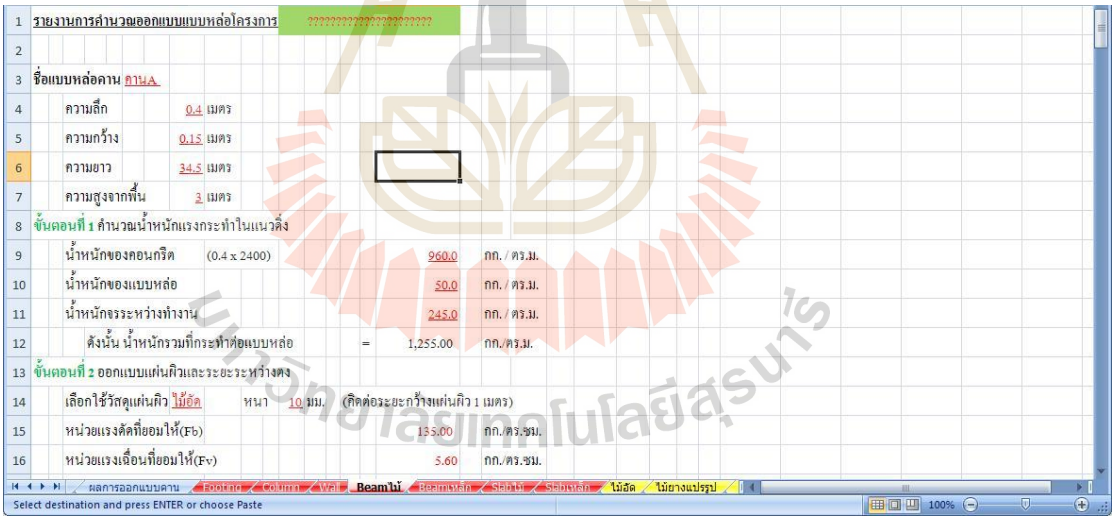
เมื่อทำการสร้างแบบฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูล เก็บข้อมูล และแบบฟอร์มการแสดงผลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างสูตรคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของโปรแกรม MS-Excel โดยใช้หลักการในการออกแบบแบบหล่อคอนกรีตที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วจากบทที่ 3 โดยผู้ศึกษาใช้การพิมพ์ข้อมูลและรายการคำนวณลงใน Spreadsheet โดยแยกตามประเภทของโครงสร้างแบบหล่อ 5 ประเภทคือ ฐานราก คาน เสา พื้น และกำแพง โดยแต่ละประเภทจะมีการคำนวณ 2 รูปแบบ คือการคำนวณออกแบบโดยใช้วัสดุประเภทไม้ (แบบไม้) และการคำนวณออกแบบโดยใช้วัสดุประเภทเหล็ก (แบบเหล็ก) ทำให้ได้จำนวน Spreadsheet ทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบมีจำนวนทั้งสิ้น 10 Sheets

โดยในการพิมพ์รายงานการคำนวณลงใน Spreadsheet แบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ

1) ข้อมูลรายละเอียดของแบบหล่อ ประกอบด้วยชื่อโครงการ, ชื่อแบบหล่อ, ประเภทแบบหล่อ และ ขนาดของแบบหล่อ ซึ่งข้อมูลจะถูกนำเข้ามาจาก UserForm ที่ได้ป้อนไปแล้วก่อนหน้านี้

2) ส่วนของขั้นตอนการคำนวณออกแบบ ดังที่ได้ทำการศึกษามาแล้วจากบทที่ 3 โดยในการเขียนจะแสดงสัญลักษณ์ ค่าของตัวแปรและสูตรการคำนวณอย่างละเอียดเพื่อความสะดวกในการพิมพ์ไปตรวจสอบหรือรายงานต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยช่องเซลล์ที่เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการเกิดจากการใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชั่นที่มีอยู่ในโปรแกรม MS-Excel ที่เหมาะสมใน สร้างการเชื่อมโยงอ้างอิงตัวเลข ของค่าคงที่และค่าตัวแปรต่าง ๆที่ผู้ใช้งานป้อนเข้ามาจากอีกเซลล์หนึ่ง

3) ส่วนสรุปผลการคำนวณออกแบบแสดงรายการชิ้นส่วนประกอบแบบหล่อ ชื่อวัสดุ และขนาดที่เลือกใช้ ระยะห่างของชิ้นส่วนที่ได้จากการออกแบบ และปริมาณของวัสดุโดยประมาณที่ใช้ในการทำแบบหล่อ ซึ่งเป็นปริมาณสุทธิที่ยังไม่ได้เผื่อการสูญเสีย ซึ่งข้อมูลต่าง ๆในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้แสดงอยู่ในรูปแบบตารางในฟอร์มการแสดงผล ตัวอย่างของ Spreadsheet การคำนวณดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ตัวอย่าง Spreadsheet การคำนวณ

4.2.4 การสร้างรูปแบบหน้าตา (Interface)

การสร้างรูปร่างหน้าตาในการใช้งาน (Interface) เพราะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยให้ผู้ใช้สนใจที่จะใช้โปรแกรม เนื่องจากเห็นข้อดีของการใช้โปรแกรม คือใช้งานง่ายสะดวกรวดเร็ว ลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการคำนวณด้วยตนเอง สำหรับการสร้างรูปแบบหน้าตาของโปรแกรมคำนวณออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีตนี้มีหลักการดังนี้

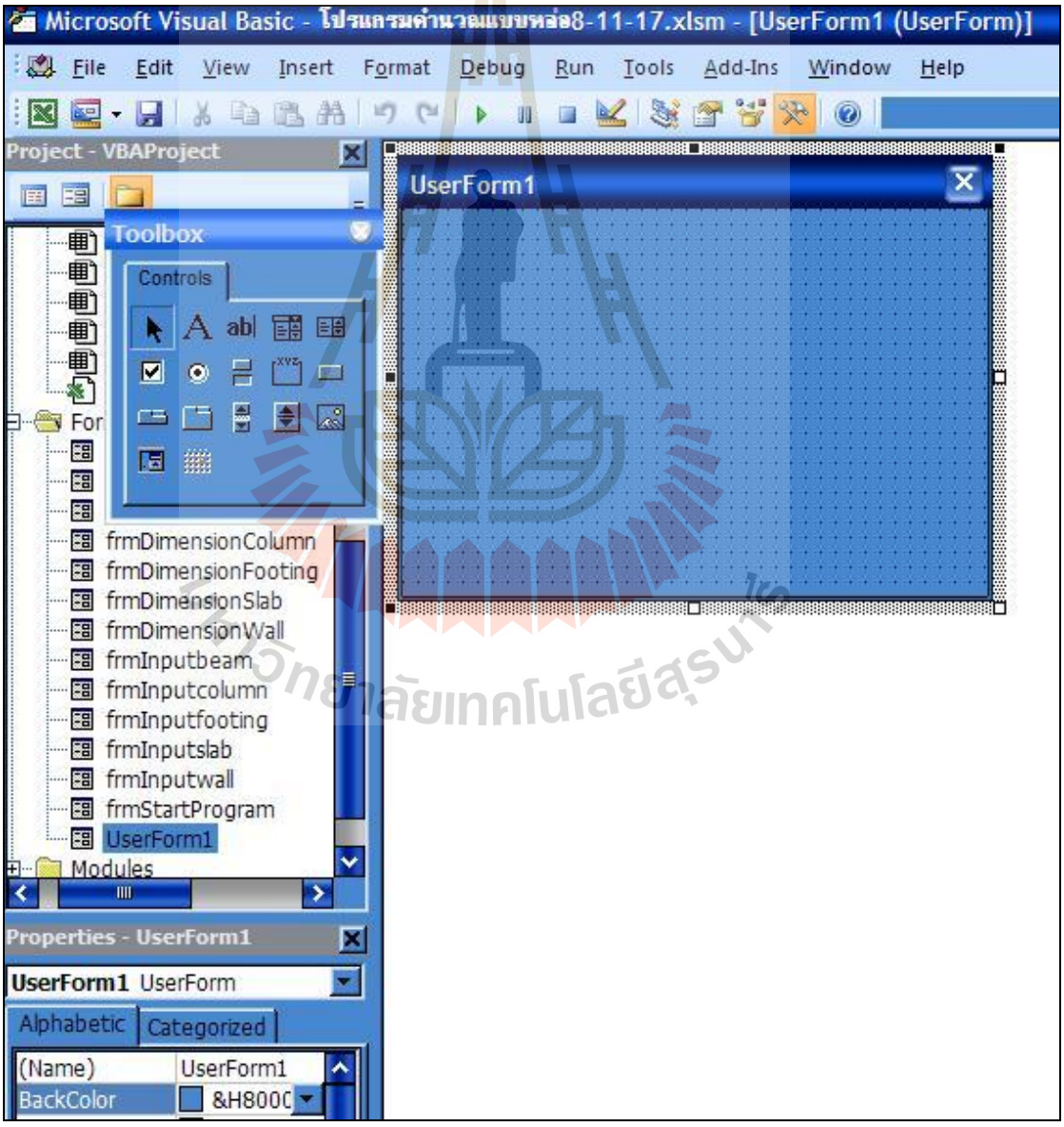
1) ส่วนฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลเข้าและเก็บข้อมูล จะสร้างรูปแบบโดยทำให้โปรแกรมดูเรียบง่าย น่าเชื่อถือ มีมาตรฐานสามารถใช้งานได้ง่ายโดยการนำรูปมาประกอบในการอธิบายถึงส่วนประกอบต่าง ๆของแบบหล่อ
2) ส่วนของฟอร์มแสดงผล จะสร้างรูปแบบอยู่ในรูปตารางแสดงข้อมูล ซึ่งสะดวกต่อผู้ใช้ในการอ่านค่า และทำการเน้นสีพื้นหลังของช่องเซลล์เพื่อให้ตัวเลขข้อมูลที่ดูเหมือนกันเกิดความโดดเด่นขึ้นมาแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่แตกต่างกัน
3) ส่วนของรายงานการคำนวณ จะแสดงลักษณะของการพิมพ์รายงานขนาดกระดาษ A4 เพื่อให้ผู้ใช้สามารถพิมพ์ข้อมูลไปนำเสนอต่อผู้เกี่ยวข้องได้ทันที โดยมีการเน้นตัวอักษรให้หนา ในส่วนของหัวข้อ,ตัวแปรและตัวเลขผลลัพธ์

ส่วนรูปแบบของโปรแกรมที่ทำให้เกิดการใช้งานง่ายและรวดเร็ว เกิดจากการสร้างคำสั่งใน Macro และVBA ของโปรแกรม MS-Excel โดยการสร้างระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม ทั้งแบบเรียกกรอบโต้ตอบที่โปรแกรมมีให้ และการสร้างฟอร์มแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ (Interactive Form) ยกตัวอย่าง UserForm แสดงหน้าตาเมื่อเริ่มต้นโปรแกรม แสดงในรูปที่ 4.9 เกิดจากการสร้างระบบติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยการสร้างกรอบโต้ตอบกับผู้ใช้ (UserForm)

รูปที่ 4.9 UserForm เริ่มต้นโปรแกรม

ตัวอย่างของ UserForm จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ามีปุ่มคำสั่งที่จะนำผู้ใช้ไปสู่ส่วนต่าง ๆของโปรแกรม หรือเมื่อกดแล้วจะเกิดการดำเนินการบางอย่างขึ้นกับโปรแกรม โดยในการสร้างกรอบโต้ตอบกับผู้ใช้ (UserForm) มีขั้นตอนดังนี้

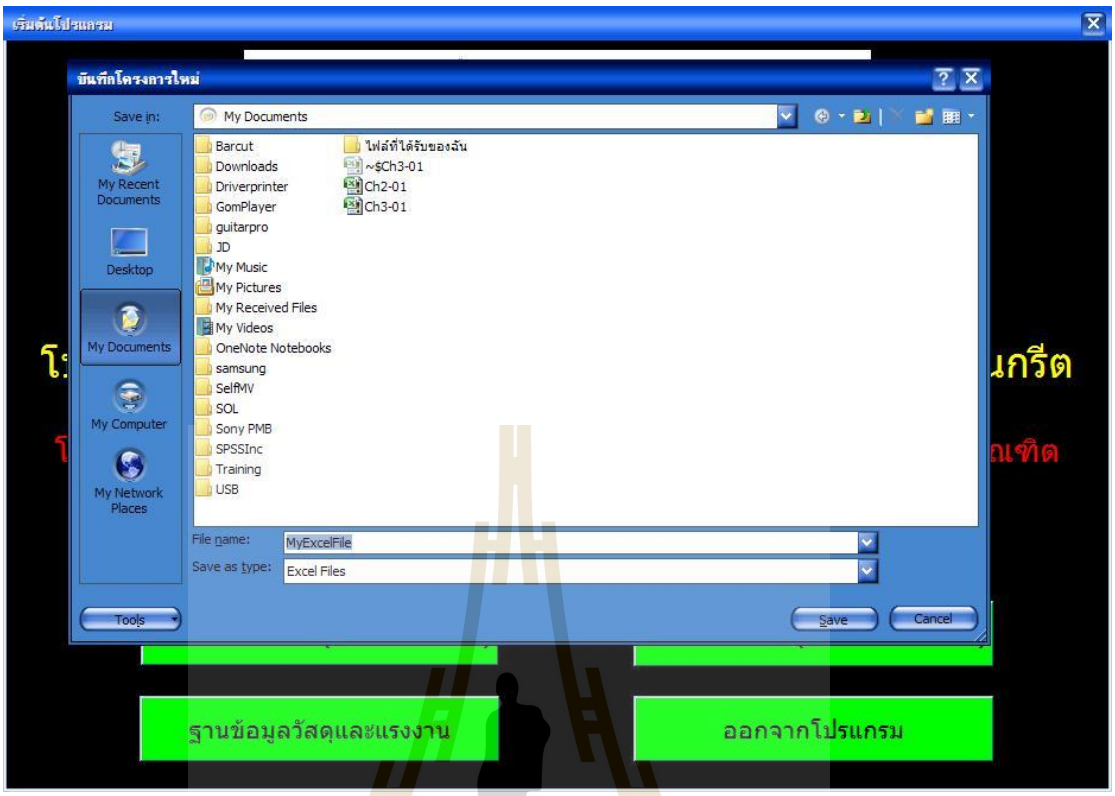
- ออกแบบลักษณะของ UserForm ลงในกระดาษ
- เปิดหน้าต่าง Visual Basic Editer แล้วดับเบิ้ลคลิกตรงโครงงานที่ต้องการแทรก UserForm
- คลิกเมนู Insert คลิกเลือก UserForm โปรแกรมจะสร้างพื้นที่ UserForm ขึ้นพร้อมกับแสดงแถบเครื่องมือ Toolbox ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การแทรก UserForm ใหม่

- เราสามารถแก้ไขคุณสมบัติของ UserForm จากหน้าต่าง Properties-Userform1 เช่น สามารถเปลี่ยนชื่อบนหัวกรอบโต้ตอบ,การเปลี่ยนสี,การเปลี่ยนตัวอักษร
- ขั้นตอนต่อไปคือ ทำการใส่คอนโทรลต่าง ๆ โดยทำการคลิกเลือก บนแถบเครื่องมือ Toolbox แล้วนำมาวาดใน UserForm หลังจากนั้นกำหนดคุณสมบัติให้กับ คอนโทรลที่วาด
- โดยจากตัวอย่างในรูปที่ 4.9 ผู้ศึกษาเลือกใช้คอนโทรล 3 รูปแบบด้วยกันคือ Label (A) ใช้ในการเขียนป้ายตัวอักษร, CommandButton ใช้ในการเขียนปุ่มคำสั่งโดยทำการกำหนดคำสั่งลงไปเมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการกดปุ่มจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เรียกว่าการกำหนด Click Event, ส่วนของคอนโทรล Image ใช้ในการแทรกรูปภาพลงใน UserForm
- กดปุ่มเมนู Insert >Module เพื่อแทรกโมดูล เสร็จแล้วสร้างกระบวนคำสั่ง Display UserForm เสร็จแล้วลงรหัส ชื่อฟอร์ม.Show ภายใต้กระบวนคำสั่ง DisplayUserForm จากตัวอย่างคือ frmStartProgram.Show
- โดยถ้าต้องการจะปิดกรอบตอบโต้จะทำการลงรหัส Unload frmStartProgram
- ในส่วนของปุ่ม"เริ่มโครงการใหม่(บันทึกโครงการ)" ถ้าทำการกดเลือกจะเป็นการเรียกใช้กรอบโต้ตอบของโปรแกรมประยุกต์ มีชื่อว่า GetSaveAsFilename ดังแสดงในรูปที่ 4.11 โดยกรอบโต้ตอบนี้ทำหน้าที่เพื่อติดต่อกับผู้ใช้ในการบันทึกไฟล์ด้วยชื่อใหม่ สามารถทำการเรียกใช้งานด้วยการสร้างโมดูลลงรหัสดังนี้

```
Public Sub SaveNewProject()
  Dim pathName As Variant
      pathName = Application.GetSaveAsFilename("MyExcelFile", "Excel
Files (*.xlsm),*.xlsm,", 1, "บันทึกโครงการใหม่")
    If pathName <> False Then
      ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=pathName, FileFormat:=xlNormal
      Load DetailProjectForm
      DetailProjectForm.Show
    Else
      MsgBox "You did not safe any file", vbOKOnly + vbInformation
    End If
End Sub
```



รูปที่ 4.11 การเรียกใช้กรอบโต้ตอบ GetOpenFilename

- ในส่วนของปุ่ม"แก้ไขโครงการ(เปิดไฟล์โครงการ)" ก็เช่นเดียวกัน ถ้าทำการกดเลือกจะเป็นการเรียกใช้กรอบตอบโต้ของโปรแกรมประยุกต์ ชื่อว่า GetOpenFilename โดยกรอบโต้ตอบนี้ทำหน้าที่เพื่อติดต่อกับผู้ใช้ในเปิดไฟล์ที่บันทึกไว้ โดยการเรียกใช้ต้องสร้างโมดูลลงรหัสเช่นเดียวกัน

เมื่อได้ทำการสร้างรูปแบบการใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการซ่อนข้อมูลในการคำนวณ และซ่อนแผ่นงานบางส่วนที่ไม่จำเป็นสำหรับผู้ใช้งาน และทำการป้องกันแผ่นงานเพื่อป้องกันการแก้ไขสูตรคำนวณและคำสั่งต่าง ๆ ที่ผู้ใช้อาจทำการแก้ไขโดยไม่ได้ตั้งใจ ซึ่งทำให้โปรแกรมเกิดความผิดพลาดได้

4.3 การตรวจสอบ ความถูกต้องและการใช้งานของโปรแกรม

หลังจากทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เสร็จเรียบร้อย จะทำการทดสอบการใช้งาน ทั้งในด้านรูปแบบการใช้ และความถูกต้องในการคำนวณ ด้วยการเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข ซึ่งรายการที่ทำการตรวจสอบมีดังนี้

1. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อฐานราก
2. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อคาน

3. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อเสา
4. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อพื้น
5. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อผนัง

1. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อฐานราก กำหนดขนาดกว้าง 1.0 ม. ยาว 1.0 ม. หนา 1.0 ม.อุณหภูมิคอนกรีต 30 องศาเซนเซียส อัตราการเทคอนกรีต 1.50 ม./ชม. ใช้วัสดุไม้ในการออกแบบ ได้แก่

   แผ่นผิว ใช้วัสดุ แผ่นไม้อัดหนา 10 มม.
   เคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"
   คานรับเคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"
   เหล็กยึดรั้ง ใช้วัสดุ เหล็กกลม SR 24

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมและการคำนวณ โดยใช้ครื่องคิดเลข แสดงการเปรียบเทียบผลได้ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อฐานรากจากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

รายการ	**ผลจากโปรแกรม**	**ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข**
ชิ้นส่วนแบบหล่อ		
-ขนาดแผ่นผิว	10.0 มม.	10.0 มม.
-ระยะห่างเคร่า	22.60 ซม.	22.60 ซม.
-ระยะห่างคานรับเคร่า	53.05 ซม.	53.04 ซม.
-ขนาดเหล็กยึดปากแบบ	9 มม.	9 มม.
-ระยะเหล็กยึดปากแบบ	31.35 ซม.	31.34 ซม.
การประมาณปริมาณวัสดุ		
-แผ่นผิว	4.00 ตร.ม.	4.00 ตร.ม.
-เคร่า	17.70 ม.	17.70 ม.
-คานรับเคร่า	13.38 ม.	13.38 ม.
-เหล็กยึดปากแบบ	20.00 ม.	20.00 ม.

2. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อคาน กำหนดขนาดกว้าง 0.15 ม. ลึก 0.4 ม. ยาว 5 ม. ความสูงจากพื้น 3.0 ม. น้ำหนักจร 245 กก./ตร.ม. แรงลม 50 กก./ตร.ม.

อุณหภูมิคอนกรีต 30 องศาเซนเซียส อัตราการเทคอนกรีต 1.50 ม./ชม. ใช้วัสดุไม้ในการออกแบบ ได้แก่

แผ่นผิวด้านล่าง ใช้วัสดุ แผ่นมิอัดหนา 10 มม.

ตง ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"

คานรับตง ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"

ขานั่งร้าน ใช้วัสดุ เหล็กท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1 ½"

แผ่นผิวด้านข้าง ใช้วัสดุ แผ่นไม้อัดหนา 10 มม.

เคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"

คานรับเคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"

เหล็กยึดรั้ง ใช้วัสดุ เหล็กกลม SR 24

ค้ำยันด้านข้าง ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½" x 3"

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมและการคำนวณด้วยโดยใช้เครื่องคิดเลข แสดงการเปรียบเทียบผลได้ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อคานจากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
ชิ้นส่วนแบบหล่อ		
-ขนาดแผ่นผิวด้านล่าง	10.0 มม.	10.0 มม.
-ระยะห่างตง	30.20 ซม.	30.16 ซม.
-ระยะห่างคานรับตง	80.70 ซม.	80.69 ซม.
-ระยะห่างขานั่งร้าน	39.71 ซม.	39.70 ซม.
-ขนาดแผ่นผิวด้านข้าง	10.0 มม.	10.0 มม.
-ระยะห่างเคร่า	22.60 ซม.	22.60 ซม.
-ระยะห่างคานรับเคร่า	40.00 ซม.	40.00 ซม.
-ขนาดเหล็กยึดรั้ง	RB9	RB9
-ระยะเหล็กยึดรั้ง	36.60 ซม.	36.57 ซม.
-ระยะห่างค้ำยันด้านข้าง	60.32 ซม.	60.32 ซม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
การประมาณปริมาณวัสดุ		
-แผ่นผิวด้านล่าง	5.18 ตร.ม.	5.18 ตร.ม.
-ตง	40.85 ม.	40.85 ม.
-คานรับตง	71.00 ม.	71.00 ม.
-ขานั่งร้าน	69.00 ม.	69.00 ม.
-แผ่นผิวด้านข้าง	27.60 ตร.ม.	27.60 ตร.ม.
-เคร่า	122.40 ม.	122.40 ม.
-คานรับเคร่า	71.00 ม.	71.00 ม.
-เหล็กยึดปากแบบ	72.00 ม.	72.00 ม.
-ค้ำยันด้านข้าง	85.87 ม.	85.86 ม.

3. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อเสา กำหนดขนาดกว้าง 0.6 ม. ยาว 0.6 ม. สูง 4.0 ม. อุณหภูมิคอนกรีต 30 องศาเซนเซียส อัตราการเทคอนกรีต 1.0 ม./ชม.ใช้วัสดุไม้ในการออกแบบ ได้แก่

   แผ่นผิว ใช้วัสดุ แผ่นเหล็กหนา 3.2 มม.

   เคร่า ใช้วัสดุ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 x 2.3 มม.

   คานรับเคร่า ใช้วัสดุ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 x 2.3 มม.

   เหล็กยึดรั้ง ใช้วัสดุ เหล็กกลม SR 24

   เหล็กค้ำยันด้านข้าง ใช้วัสดุ ท่อเหล็ก ขนาด 1 ½”

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมและการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข แสดงการเปรียบเทียบผลได้ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อเสาจากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
ชิ้นส่วนแบบหล่อ		
-ขนาดแผ่นผิว	3.2 มม.	3.2 มม.
-ระยะห่างเคร่า	18.94 ซม.	18.94 ซม.

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
-ระยะห่างคานรับเคร่า	128.10 ซม.	128.11 ซม.
-ขนาดเหล็กยึดปากแบบ	6.0 มม.	6.0 มม.
-ระยะเหล็กยึดปากแบบ	0.00 ซม.	0.00 ซม.
-ระยะเหล็กค้ำยัน	56.83 ซม.	56.82 ซม.
การประมาณปริมาณวัสดุ		
-แผ่นผิว	9.60 ตร.ม.	9.60 ตร.ม.
-เคร่า	50.80 ม.	50.80 ม.
-คานรับเคร่า	14.00 ม.	14.00 ม.
-เหล็กยึดปากแบบ	16.00 ม.	16.00 ม.
-เหล็กค้ำยัน	10.82 ม.	10.82 ม.

4. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อพื้น กำหนดขนาดกว้าง 3.5 ม. ยาว 5.5 ม. ระยะความสูง 3 ม. น้ำหนักจร 245 กก./ตร.ม.อุณหภูมิคอนกรีต 30 องศาเซนเซียส อัตราการเทคอนกรีต 1.50 ม./ชม. ใช้วัสดุไม้ในการออกแบบ ได้แก่

แผ่นผิว ใช้วัสดุ แผ่นไม้อัดหนา 10 มม.

เคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½” x 3”

คานรับเคร่า ใช้วัสดุ ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาด 1 ½” x 3”

ขานั่งร้าน ใช้วัสดุ ท่อเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1 ½”

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมและการคำนวณ โดยใช้ครื่องคิดเลข แสดงการเปรียบเทียบผลได้ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อพื้นจากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
ชิ้นส่วนแบบหล่อ		
-ขนาดแผ่นผิว	10 มม.	10 มม.
-ระยะห่างตง	37.50 ซม.	37.46 ซม.

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
-ระยะห่างคานรับตง	109.49 ซม.	109.50 ซม.
-ระยะห่างขานั่งร้าน	49.79 ซม.	49.78 ซม.
การประมาณปริมาณวัสดุ		
-แผ่นผิว	21.95 ตร.ม.	21.95 ตร.ม.
-ตง	67.5 ม.	72 ม.
-คานรับตง	26 ม.	26 ม.
-ขานั่งร้าน	144 ม.	144 ม.

5. การตรวจสอบการออกแบบสำหรับแบบหล่อผนัง กำหนดขนาดหนา 0.3 ม. ยาว 1.0 ม. สูง 3.0 ม. อุณหภูมิคอนกรีต 30 องศาเซนเซียส อัตราการเทคอนกรีต 1.0 ม./ชม. แรงลมที่กระทำต่อแบบหล่อ 50 กก./ตร.ม. ใช้วัสดุไม้ในการออกแบบ ได้แก่

แผ่นผิว ใช้วัสดุ แผ่นเหล็กหนา 3.2 มม.

เคร่า ใช้วัสดุ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 x 2.3 มม.

คานรับเคร่า ใช้วัสดุ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 x 2.3 มม.

เหล็กยึดรั้ง ใช้วัสดุ เหล็กกลม SR 24

เหล็กค้ำยันด้านข้าง ใช้วัสดุ ท่อเหล็ก ขนาด 1 ½”

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมและการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข แสดงการเปรียบเทียบผลได้ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบแบบหล่อผนังจากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
ชิ้นส่วนแบบหล่อ		
-ขนาดแผ่นผิว	3.2 มม.	3.2 มม.
-ระยะห่างเคร่า	18.9 ซม.	18.94 ซม.
-ระยะห่างคานรับเคร่า	128.11 ซม.	128.10 ซม.
-ขนาดเหล็กยึดปากแบบ	16 มม.	16 มม.

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

รายการ	ผลจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข
-ระยะเหล็กยึดรั้ง	49.26 ซม.	49.26 ซม.
-ระยะเหล็กยึดค้ำยัน	56.83	56.83
การประมาณปริมาณวัสดุ		
-แผ่นผิว	6.00	6.00
-เคร่า	36.00	36.00
-คานรับเคร่า	16.00	16.00
-เหล็กยึดปากแบบ	22.40	22.40
-เหล็กค้ำยัน	21.63	21.66

จากการเปรียบเทียบผลการออกแบบแบบหล่อโครงสร้างฐานราก คาน เสา พื้น ผนัง จากโปรแกรมและการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข พบว่ามีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าเกิดจากการปัดเศษจุดทศนิยมในระหว่างการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข เนื่องจากต้องกดเครื่องคิดเลขหาคำตอบเป็นช่วงๆ และค่าที่แตกต่างกันไม่มากอยู่ในหลักหน่วยและจุดทศนิยม แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมประยุกต์นี้สามารถใช้ออกแบบและประเมินราคาได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ

โดยสรุปโปรแกรมประยุกต์จาก MS-Excel นี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือ ช่วยในการคำนวณออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีตโดยทั่วไปที่ใช้วัสดุไม้และเหล็กรูปพรรณในการทำแบบหล่อคอนกรีตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นการศึกษารูปแบบและลักษณะวิธีการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีต โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MS-Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานได้สะดวก และใช้กันโดยแพร่หลายและเหมาะสมกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปผลโดยสังเขปได้ดังนี้คือ

5.1.1 โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กตามประเภทชิ้นส่วนโครงสร้าง ได้แก่ ฐานราก คาน เสา พื้น และผนัง ตามวัสดุที่ผู้ออกแบบเลือกได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ลดข้อผิดพลาดอันอาจเกิดจากการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข และที่สำคัญคือลดเวลาในการทำงานช่วยให้ได้ข้อมูลแบบหล่อ มาประกอบในการตัดสินใจอย่างทันท่วงที

5.1.2 โปรแกรมประยุกต์สามารถทำการประมาณราคางานแบบหล่อจากข้อมูลราคาวัสดุและค่าแรงที่มีได้ มีส่วนช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำการวางแผนและตัดสินใจในการเลือกใช้แบบหล่อได้เป็นอย่างดี

5.1.3 โปรแกรมประยุกต์สามารถสั่งพิมพ์รายงานประกอบการคำนวณออกแบบแบบหล่อคอนกรีตได้ ช่วยให้ผู้ออกแบบไม่ต้องเสียเวลาในการจัดทำรายงาน เพื่อนำเสนอขออนุมัติหรือนำเสนอแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องได้

5.2 ข้อจำกัด

5.2.1 โปรแกรมประยุกต์ยังไม่ครอบคลุมการออกแบบแบบหล่อที่ใช้วัสดุผสมผสานกันระหว่างไม้และเหล็กรูปพรรณ เช่นในกรณีใช้แผ่นผิวเป็นไม้ และโครงเคร่าเป็นเหล็ก รวมถึงวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อประเภทอื่น

5.2.2 โปรแกรมประยุกต์มีข้อจำกัดในการออกแบบและประมาณราคาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีรูปแบบของโครงสร้างคอนกรีต และรูปแบบชิ้นส่วนในการทำแบบหล่อตามกำหนดในโปรแกรมเท่านั้น

5.2.3 ในส่วนของปริมาณวัสดุในการทำแบบที่ต้องการและการประมาณราคา เป็นปริมาณสุทธิยังไม่ได้ทำการเผื่อวัสดุเสียหายหรือการเผื่อเศษใดๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.2.4 ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกวัสดุที่ทำแบบหล่อเล็กเกินไปไม่สามารถรับน้ำหนักได้ โปรแกรมไม่สามารถแจ้งเตือนได้ ผู้ใช้ต้องทำการสังเกตุดูเองจากผลลัพธ์ค่าระยะชิ้นงานที่ จะมีค่าน้อยมากๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 โปรแกรมประยุกต์ทำการออกแบบและให้ระยะชิ้นส่วนตามสูตรการคำนวณ ซึ่งในการนำไปปฏิบัติงานจริงต้องมีการปรับระยะเป็นตัวเลขที่ลงตัวให้เหมาะสมกับการทำงาน

5.3.2 ผู้ใช้ควรตรวจสอบข้อมูลราคาวัสดุในส่วนของฐานข้อมูลเพื่อปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้การประมาณราคาเป็นปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

5.3.3 ความผิดพลาดของโปรแกรมอาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการป้อนข้อมูล ผู้ใช้ควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องเรียบร้อยก่อนดำเนินการออกแบบ ซึ่งหลังการออกแบบผู้ใช้ควรมีการตรวจสอบรายงานการออกแบบอีกครั้งเพื่อป้องกันความผิดพลาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพงศ์ โตวิวัฒน์. (2548). **การพัฒนาซอฟท์แวร์ออกแบบและประมาณราคาของแบบหล่อคอนกรีต**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนินพัชร์ ทองธนาวัฒน์. (2555). **การใช้โปรแกรม SPREADSHEET สำหรับคำนวณเร่งรัดงานใน S-CURVE.** โครงงานวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รังสรรค์ ชั้นกลาง. (2554). **โปรแกรมประมาณราคางานก่อสร้างทางและระบบระบายน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา.** โครงงานวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์. (2554). **เจาะลึก Excel สุดยอดเทคนิค การสร้าง Macro และการเขียนVBA**. – กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุชาติ สาริกานพคุณ. (2539). **การพัฒนาโปรแกรมแบบหล่อคอนกรีตสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ. (2546). **แบบหล่อคอนกรีต.** จุฬาลงกรณ์มหาลัย. กรุงเทพฯ

โอฬาร พรประสิทธิ์. (2543). **การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและประมาณราคาระบบแบบหล่อทางดิ่งสำหรับงานอาคารสูง.** การศึกษาโครงการเฉพาะวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

Lee, J.A. (1980). **A Study on Vertical Formwork for Concrete Structure.** Master of Engineering Thesis. Asia Institute of Technology.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม

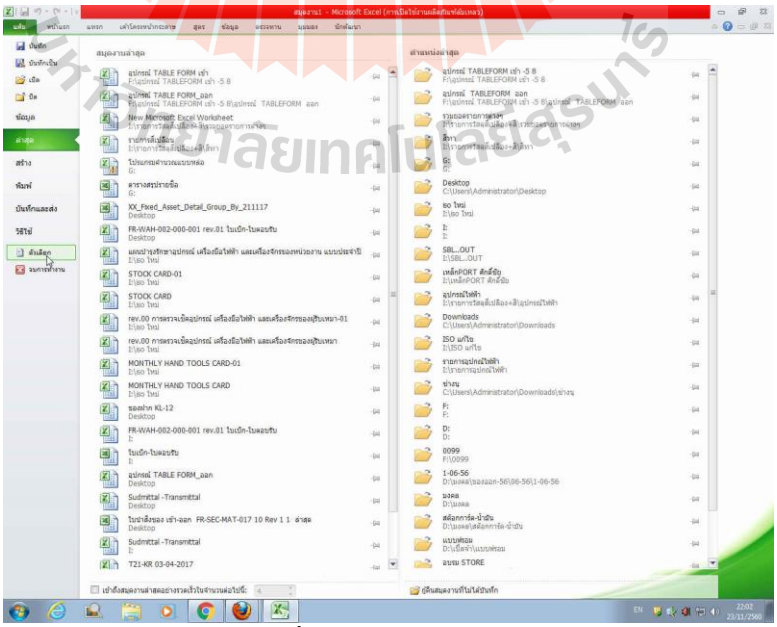
ข้อแนะนำก่อนการใช้งาน

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานควรติดตั้งโปรแกรม MICROSOFT EXCEL เวอร์ชั้น 2010 ขึ้นไป เพื่อความเสถียรของการทำงาน
2. ผู้ใช้ควรศึกษาข้อจำกัดของโปรแกรมให้ครบถ้วนก่อนการใช้งาน
3. ความถูกต้องหรือความผิดพลาดของข้อมูลอันเกิดจากการใช้งานโปรแกรมออกแบบ ผู้ใช้หรือผู้ที่ลงนามในเอกสารรายการประกอบการคำนวณจะต้องเป็นผู้รับชอบโดยตรงจากการออกแบบ

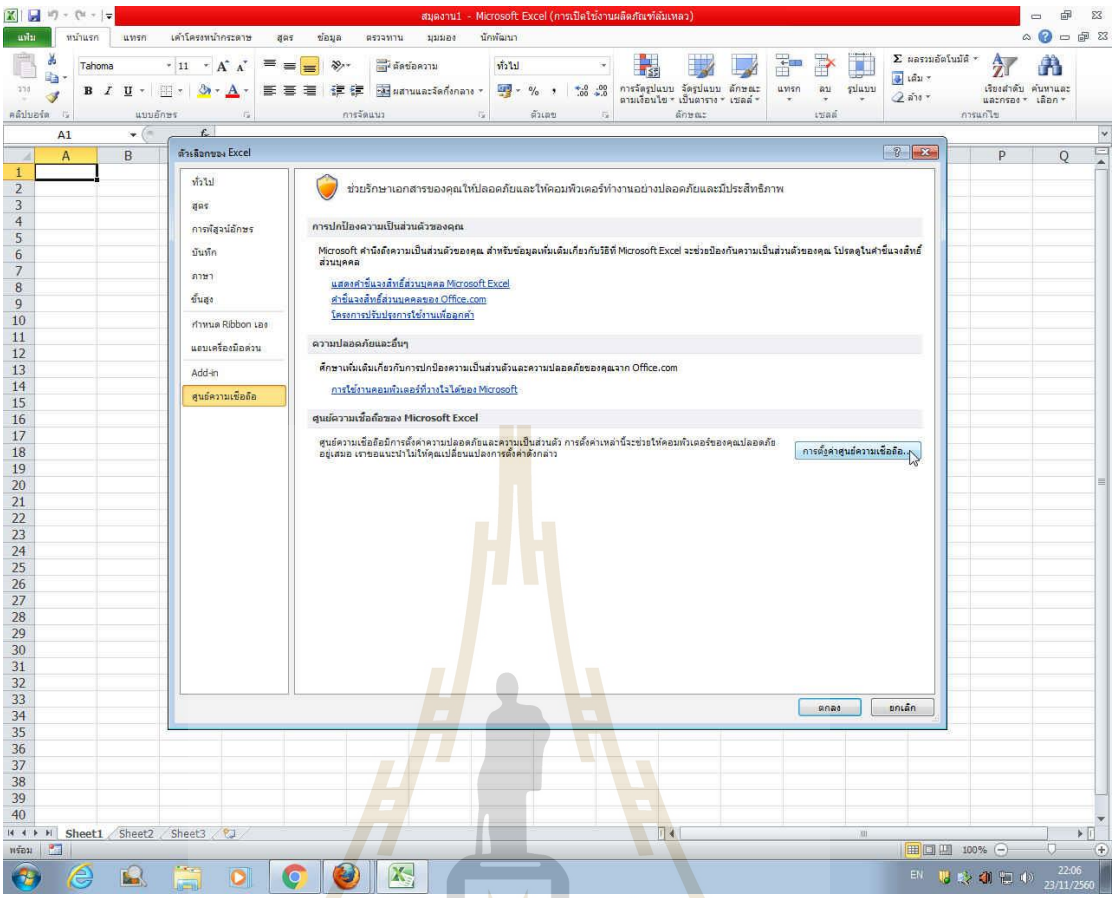
เริ่มต้นการใช้งาน

1. การติดตั้งโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ประยุกต์จากโปรแกรม MICROSOFT EXCEL ตัวข้อมูลของโปรแกรมจึงเป็นไฟล์ MICROSOFT EXCEL นามสกุล .xlsm เพียงไฟล์เดียว โดยใช้ชื่อว่า"โปรแกรมคำนวณแบบหล่อ" ทำการคัดลอกไฟล์ไปยังส่วนที่ต้องการเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์
2. ทำการตั้งค่าโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรมมีการใช้ Macro และ VBA ในการทำงานของโปรแกรมจึงต้องมีการตั้งค่าที่ตัวโปรแกรม MICROSOFT EXCEL เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

   2.1 เปิดโปรแกรม MICROSOFT EXCEL ไปที่แถบเมนู"แฟ้ม"เลือกที่หัวข้อ"ตัวเลือก" ตามรูปที่ ก.1 จะปรากฏไดอะล็อกบล็อกตามรูปที่ ก.2 ให้เลือกที่ศูนย์ความน่าเชื่อถือ > การตั้งค่าศูนย์ความเชื่อถือ



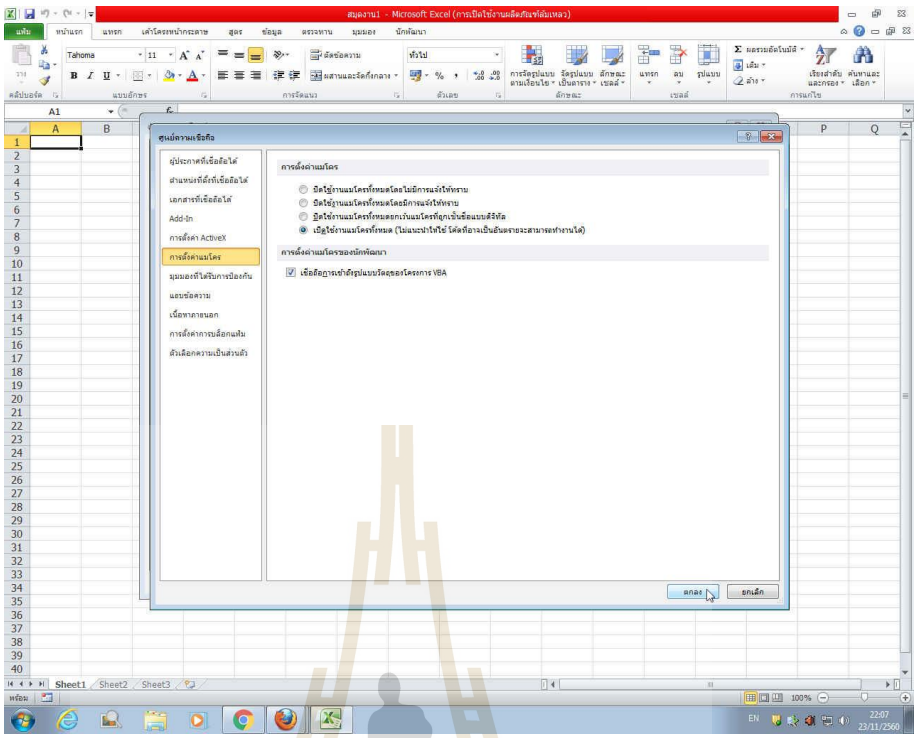
รูปที่ ก.1 แถบเมนู “แฟ้ม”



รูปที่ ก.2 ไดอะล็อกบล็อก “ตัวเลือกของ Excel”

2.2 จากหัวข้อไดอะล็อกบล็อก “ศูนย์ความเชื่อถือ” เลือกการตั้งค่าแมโคร แล้ว เลือกตัวเลือกตามรูปที่ ก.3 จากนั้นกดตกลง ทำการเลือกเปิดไฟล์ “โปรแกรมการคำนวณแบบหล่อ” จากตำแหน่งที่ได้บันทึกไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.3 ไดอะล็อกบล็อก “ศูนย์ความเชื่อถือ”

3. เริ่มต้นโปรแกรม เมื่อทำการตั้งค่าโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว กดเปิดไฟล์โปรแกรม เมนูหลักของโปรแกรมจะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ตามรูปที่ ก.4

รูปที่ ก.4 หน้าจอเมนูหลัก

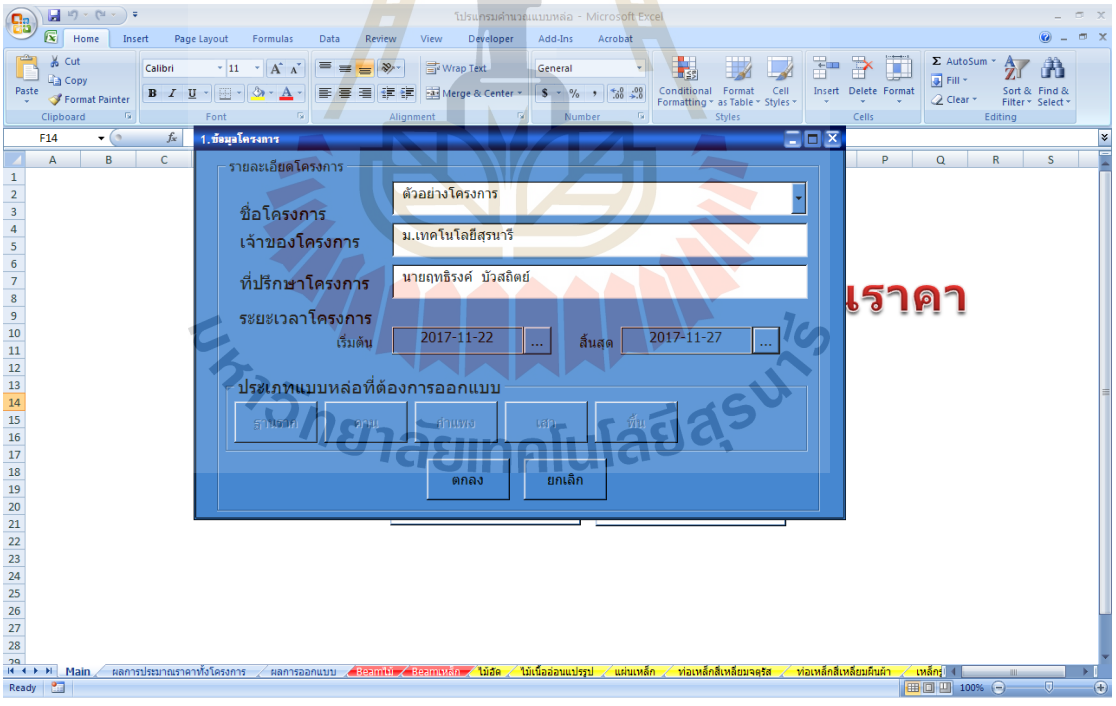
หน้าจอนี้จะเป็นหน้าจอเริ่มต้นที่จะนำผู้ใช้ไปป้อนข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม จะประกอบด้วยปุ่มคำสั่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ปุ่มเริ่มโครงการใหม่ (บันทึกโครงการ) นำไปสู่การเริ่มโครงการออกแบบ
- ปุ่มฐานข้อมูลวัสดุและแรงงาน จะนำไปสู่หน้าฐานข้อมูลวัสดุและแรงงานเพื่อให้ผู้ใช้ดำเนินการต่าง ๆเกี่ยวกับฐานข้อมูล
- ปุ่มออกจากโปรแกรม เพื่อจบการทำงานของโปรแกรม

3.1 การเริ่มต้นโครงการใหม่ เมื่อกดปุ่มเริ่มโครงการใหม่ (บันทึกโครงการ) โปรแกรมจะแสดงหน้าจอส่วนข้อมูลโครงการ ตามรูปที่ ก.5

ในส่วนนี้ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลเบื้องต้นของโครงการออกแบบ ดังนี้

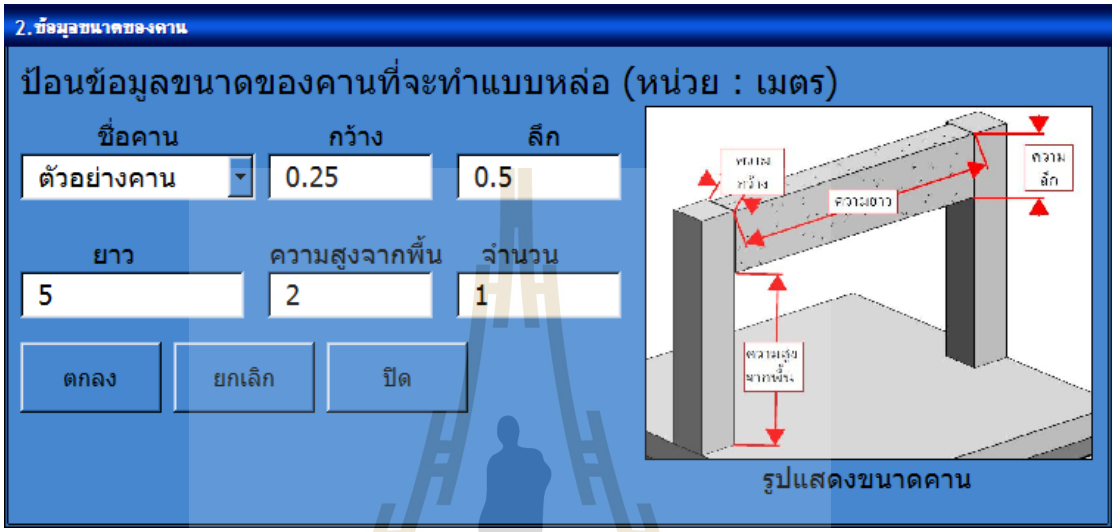
- ชื่อโครงการ ให้พิมพ์ชื่อโครงการก่อสร้างที่ต้องการออกแบบแบบหล่อคอนกรีต
- เจ้าของโครงการ ให้พิมพ์ชื่อเจ้าของโครงการก่อสร้าง
- ที่ปรึกษาโครงการ ให้พิมพ์ชื่อที่ปรึกษาโครงการ
- ระยะเวลาโครงการ ให้กดเลือกระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุดโครงการ



รูปที่ ก.5 ส่วนข้อมูลโครงการ

เมื่อทำการกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกดปุ่มตกลงเพื่อทำการบันทึกข้อมูลโครงการลงในส่วนแสดงผลการออกแบบ จากนั้นปุ่มตัวเลือกประเภทแบบหล่อที่ต้องการออกแบบจะแสดง

ตัวอักษรสีเข้มขึ้น ให้ผู้ใช้ทำการเลือกประเภทของแบบหล่อที่ต้องการ ในตัวอย่างนี้จะเลือกออกแบบแบบหล่อโครงสร้างคานเนื่องจากมีขั้นตอนการออกแบบมากกว่าแบบหล่อประเภทอื่น เมื่อผู้ใช้กดปุ่มคำสั่งคาน โปรแกรมจะแสดงหน้าจอการออกออกแบบขั้นถัดไปคือ ส่วนข้อมูลขนาดของคาน ดังรูปที่ ก.6

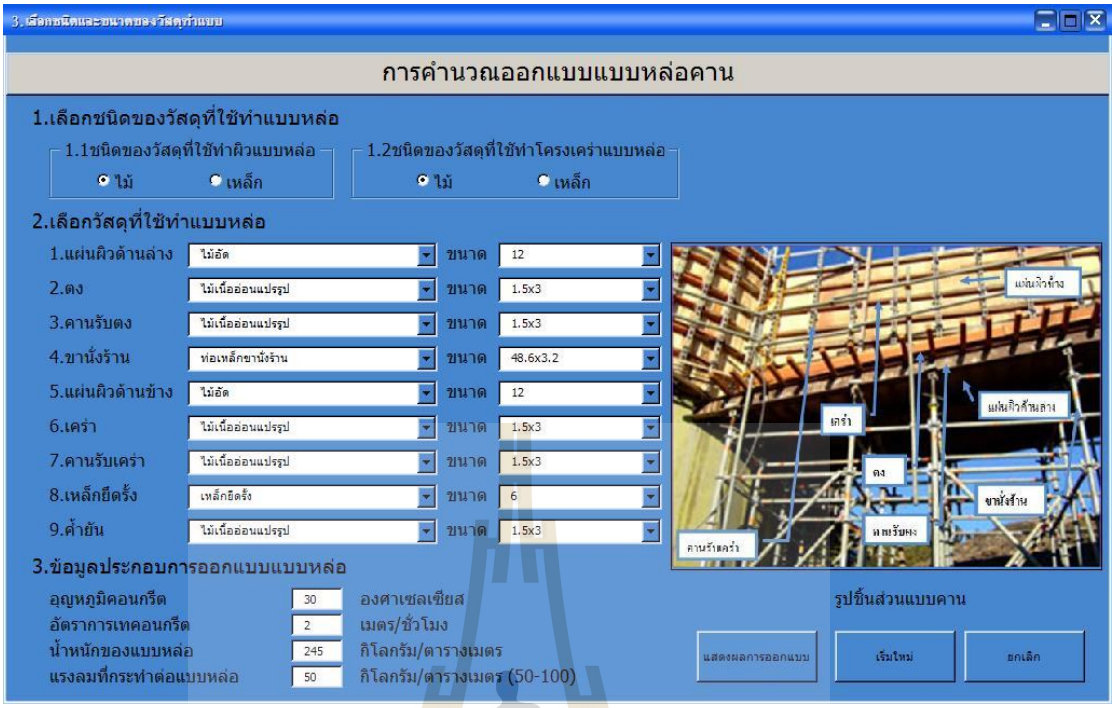


รูปที่ ก.6 ส่วนข้อมูลขนาดของคาน

3.2 การกรอกข้อมูลขนาดของคาน ในส่วนนี้ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลโครงสร้างคาน ที่ต้องการออกแบบแบบหล่อ ดังนี้

- ชื่อคาน ให้พิมพ์ชื่อ คานที่ผู้ใช้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นการแยกกลุ่มของคานในการออกแบบแต่ละครั้ง ในที่นี้ตั้งชื่อว่า “ตัวอย่างคาน”
- ความกว้างของคาน ในตัวอย่างใส่ค่าเท่ากับ 0.25 เมตร
- ความลึกของคาน ในตัวอย่างใส่ค่าเท่ากับ 0.50 เมตร
- ความยาวของคาน ในตัวอย่างใส่ค่าท่ากับ 5.0 เมตร
- ความสูงจากพื้น คือระยะความสูงของท้องคานถึงพื้น ในตัวอย่างใส่ค่าเท่ากับ 2.0 เมตร
- จำนวนของคาน คือจำนวนของคานที่จะทำแบบหล่อใช้ในการประมาณราคา ในตัวอย่างใส่จำนวนเท่ากับ 1 คาน

โดยผู้ใช้สามารถล้างข้อมูลที่กรอกไปแล้วโดยกดปุ่มคำสั่ง ยกเลิก หรือย้อนกลับสู่ขั้นตอนก่อนหน้านี้โดยกดปุ่มคำสั่ง ปิด เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกดปุ่มคำสั่ง ตกลง โปรแกรมจะแสดงหน้าจอส่วนการเลือกชนิดและขนาดของวัสดุทำแบบ ตามรูป ก.7



รูปที่ ก.7 ส่วนเลือกชนิดและขนาดของวัสดุทำแบบ

3.3 การเลือกชนิดและขนาดของวัสดุทำแบบ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 เลือกชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถเลือกกดปุ่ม Option button ของวัสดุทำผิวและวัสดุที่ใช้ทำโครงเคร่า เป็นประเภทไม้-ไม้ หรือเหล็ก-เหล็ก โดยเมื่อผู้ใช้กดเลือกจะมีรายการวัสดุแต่ละประเภทแสดงใน ComboBox หัวข้อรายการเลือกวัสดุ ขั้นตอนต่อไป

3.3.2 เลือกวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ ผู้ใช้ทำการเลือกจากรายการใน ComboBox โดยในการออกแบบโครงสร้างคานมี 9 ชิ้นส่วน ในตัวอย่างการออกแบบเลือกรายการต่าง ๆ ดังนี้

- แผ่นผิวด้านล่าง เลือก ไม้อัด ขนาดความหนา 12 มิลลิเมตร
- ตง เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 1.5x3 นิ้ว
- คานรับตง เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 1.5x3 นิ้ว
- ขานั่งร้าน เลือก ท่อเหล็กขานั่งร้าน ขนาดความหนา 48.6x3.2 มิลลิเมตร
- แผ่นผิวด้านข้าง เลือก ไม้อัด ขนาดความหนา 12 มิลลิเมตร
- เคร่า เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 1.5x3 นิ้ว

- คานรับเคร่า เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 1.5x3 นิ้ว
- เหล็กยึดรั้ง เลือก เหล็กยึดรั้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
- ค้ำยัน เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 1.5x3 นิ้ว

3.3.3 ข้อมูลประกอบการออกแบบแบบหล่อ ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลรายละเอียดประกอบการออกแบบในบริเวณช่อง Text Box ในตัวอย่างการออกแบบกำหนดค่าต่าง ๆดังนี้

- อุณหภูมิคอนกรีต กำหนดให้เท่ากับ 30 องศาเซนเซียส
- อัตราการเทคอนกรีต กำหนดให้เท่ากับ 2 เมตร/ชั่วโมง
- น้ำหนักของแบบหล่อ กำหนดให้เท่ากับ 245 กิโลกรัม/ตารางเมตร
- แรงลมที่กระทำต่อแบบหล่อ กำหนดให้เท่ากับ 50 กิโลกรัม/ตารางเมตร

โดยผู้ใช้สามารถล้างข้อมูลที่กรอกไปแล้วโดยกดปุ่มคำสั่ง เริ่มใหม่ หรือย้อนกลับสู่ขั้นตอนก่อนหน้านี้โดยกดปุ่มคำสั่ง ยกเลิก เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกดปุ่มคำสั่งแสดงผลการออกแบบ โปรแกรมจะแสดง Sheet ผลการออกแบบ ตามรูป ก.8

3.4 จาก Sheet ผลการออกแบบ ผู้ใช้จะได้ผลการออกแบบในรูปแบบตาราง ประกอบด้วย

3.4.1 ระยะของวัสดุตามตารางสีเหลือง โดยมีค่าต่าง ๆ ดังนี้

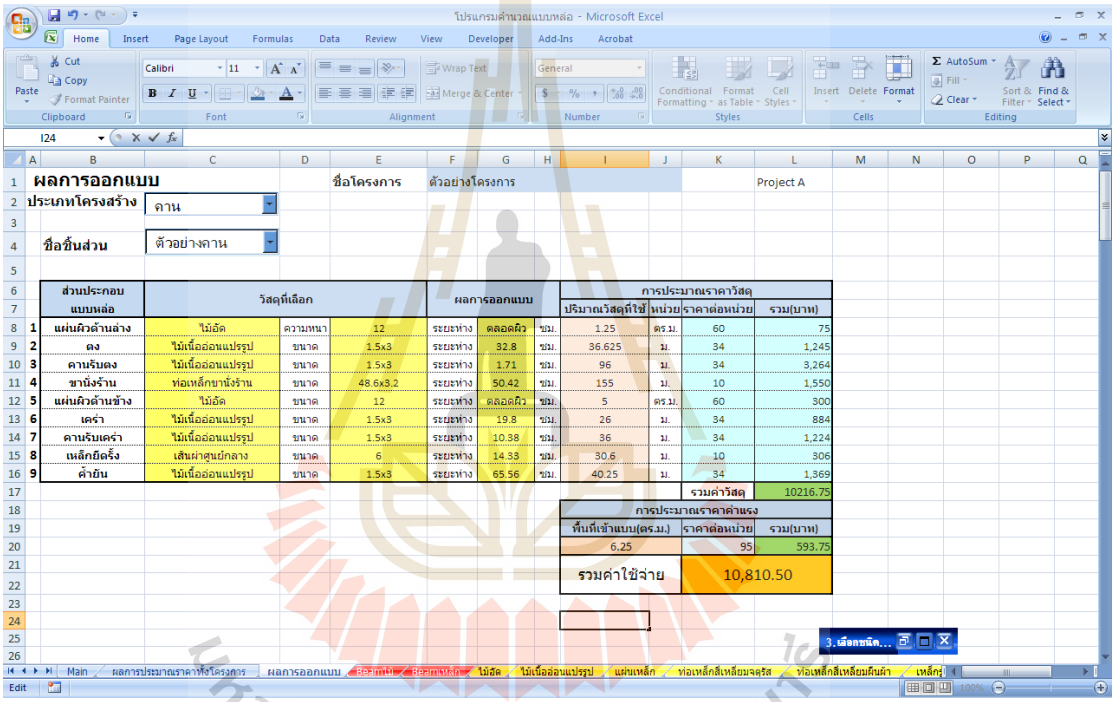
- แผ่นผิวด้านล่าง เลือก ไม้อัด ระยะห่าง ตลอดผิว
- ตง เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ระยะห่าง 32.8 เซนติเมตร
- คานรับตง เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ระยะห่าง 1.71 เซนติเมตร
- ขานั่งร้าน เลือก ท่อเหล็กขานั่งร้าน ระยะห่าง 50.42 เซนติเมตร
- แผ่นผิวด้านข้าง เลือก ไม้อัด ระยะห่าง ตลอดผิว
- เคร่า เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ระยะห่าง 19.80 เซนติเมตร
- คานรับเคร่า เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ขนาดหน้าตัด 10.38 เซนติเมตร
- เหล็กยึดรั้ง เลือก เหล็กยึดรั้ง ระยะห่าง 14.33 เซนติเมตร
- ค้ำยัน เลือก ไม้เนื้ออ่อนแปรรูป ระยะห่าง 65.56 เซนติเมตร

โดยจะสังเกตได้ว่าค่าระยะห่างของคานรับตงและคานรับเคร่ามีระยะ 1.71 ซม. และ 14.33 ซม. ซึ่งเป็นระยะที่มีค่าน้อย แสดงว่าขนาดของวัสดุที่เราเลือกไม่เหมาะสม คือมีขนาดเล็กเกินไป ต้องทำการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดของไม้เนื้ออ่อนแปรรูปให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยการกลับไปขั้นตอนที่ 3.3.1 เพื่อทำการออกแบบใหม่

3.4.2 ปริมาณวัสดุ ที่ต้องใช้ในการทำแบบหล่อแสดงตามตารางสีชมพู โดยการคำนวณจากค่าระยะห่างของวัสดุที่ได้จากการออกแบบ

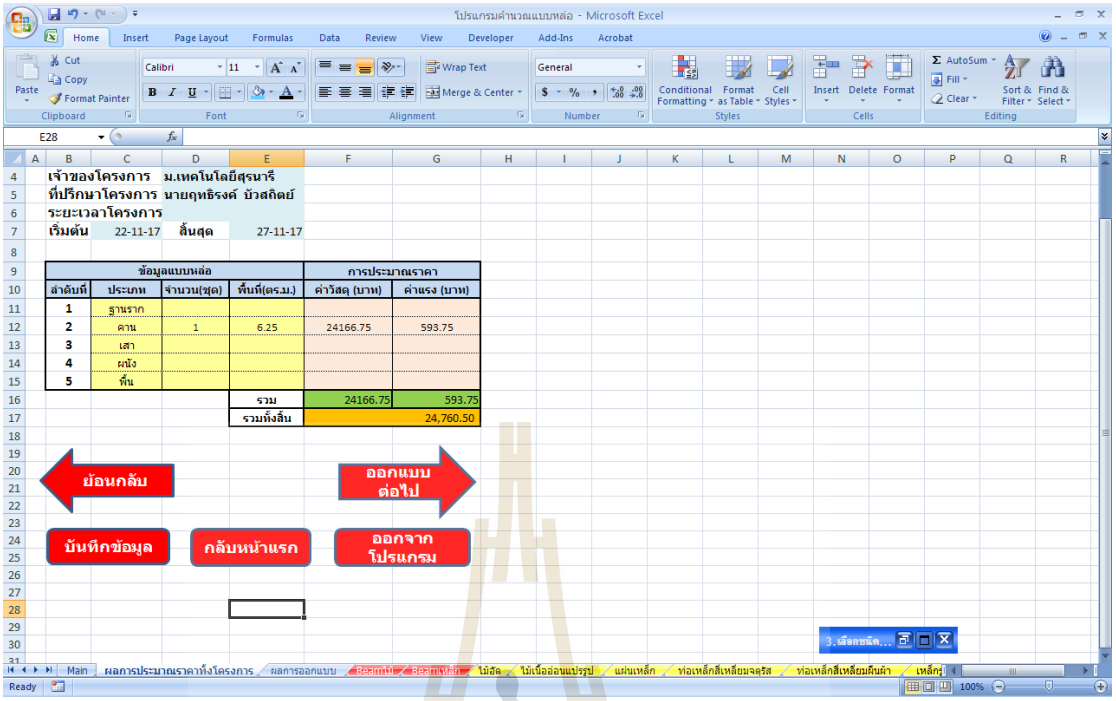
3.4.3 ราคาต่อหน่วยและราคารวมของวัสดุ ที่ต้องใช้ในการทำแบบหล่อแสดงตามตารางสีฟ้า โดยการราคาวัสดุต่อหน่วยจะนำค่ามาจากฐานข้อมูลวัสดุ ส่วนราคารวมคำนวณมาจากปริมาณวัสดุคูณด้วยราคาต่อหน่วย

3.4.4 ส่วนการประมาณราคาค่าแสดงได้มาจากพื้นที่ผิวรวมคูณกับราคาค่าแรงทำแบบติดตั้งและรื้อแบบของแบบหล่อคานโดยใช้วัสดุประเภทไม้ จากฐานข้อมูลค่าแรง



รูปที่ ก.8 Sheet แสดงผลการออกแบบ

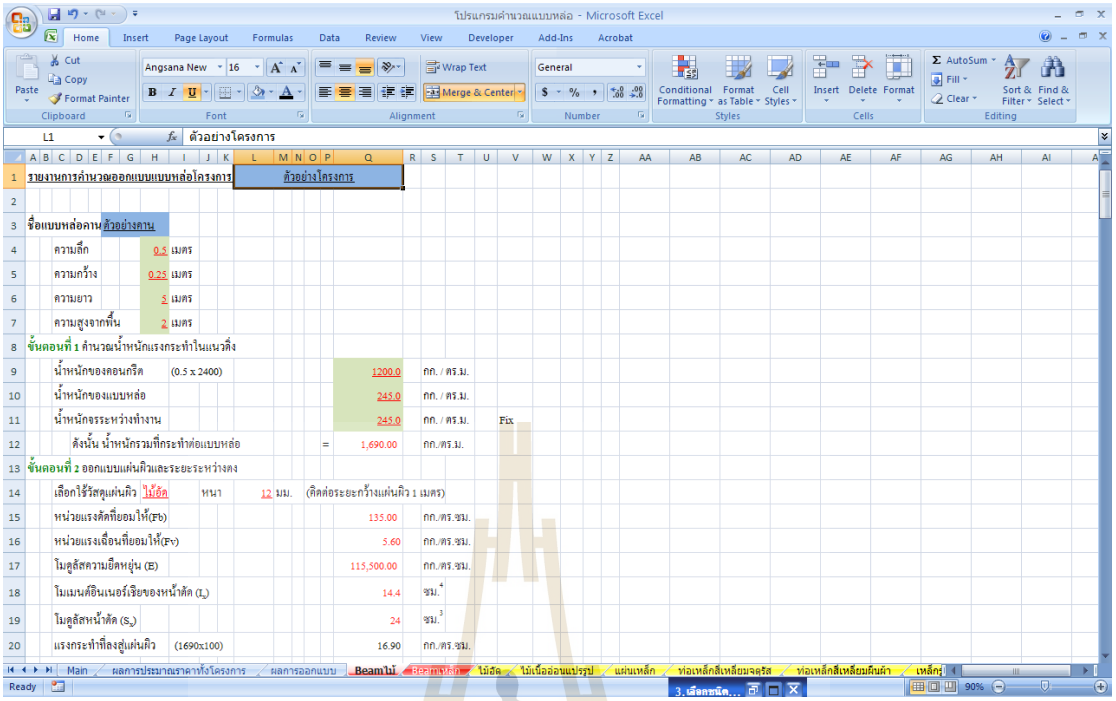
3.5 ผู้ใช้สามารถดูผลการประมาณราคาทั้งโครงการจาก Sheet ผลการประมาณราคาทั้งโครงการโดยกดจาก Tab รายชื่อ Sheet ด้านล่างของหน้าจอ โดยมีรายละเอียดตามรูปที่ ก.9



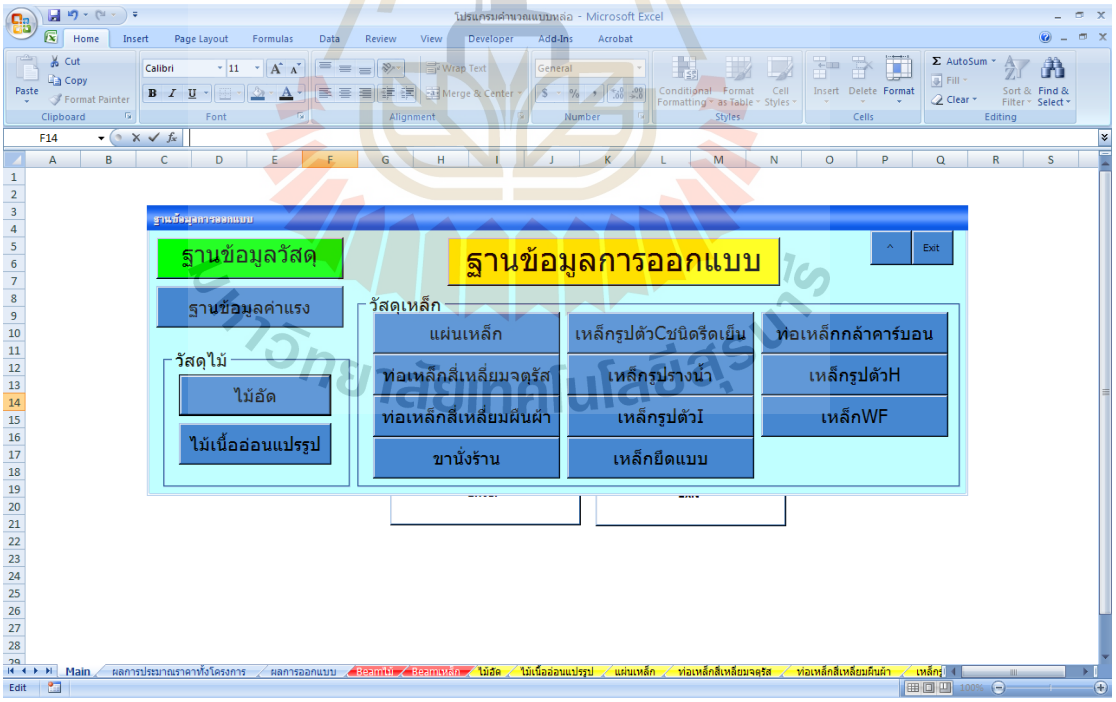
รูปที่ ก.9 Sheet แสดงผลการประมาณราคาทั้งโครงการ

จาก Sheet แสดงผลนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกกดปุ่มคำสั่งต่าง ๆ คือ ปุ่มคำสั่งย้อนกลับ เพื่อกลับไปหน้าแสดงผลการออกแบบ, ปุ่มออกแบบต่อไปเพื่อกลับไปขั้นตอนในหัวข้อ 3.1 เพื่อเลือกชิ้นส่วนโครงสร้างในการออกแบบอื่นๆ, ปุ่มคำสั่งบันทึกข้อมูลเพื่อทำการบันทึกไฟล์, ปุ่มคำสั่งกลับหน้าแรกเพื่อกลับไปเมนูหลักโปรแกรมและปุ่มคำสั่งออกจากโปรแกรม เพื่อปิดการทำงานของโปรแกรม

3.6 ผู้ใช้สามารถดูรายงานการคำนวณการออกแบบแบบหล่อคาน โดยกดจาก Tab รายชื่อ Sheet “Beam ไม้” ด้านล่างของหน้าจอ โดยมีรายระเอียดตามรูปที่ ก.10 โดยผู้ใช้สามารถทำการ เลือกคำสั่งที่แถบเมนูโปรแกรม MICROSOFT EXCEL เพื่อทำการพิมพ์รายการคำนวณ โดยการจัดขนาดของแบบรายงานจะเป็นกระดาษขนาด A4

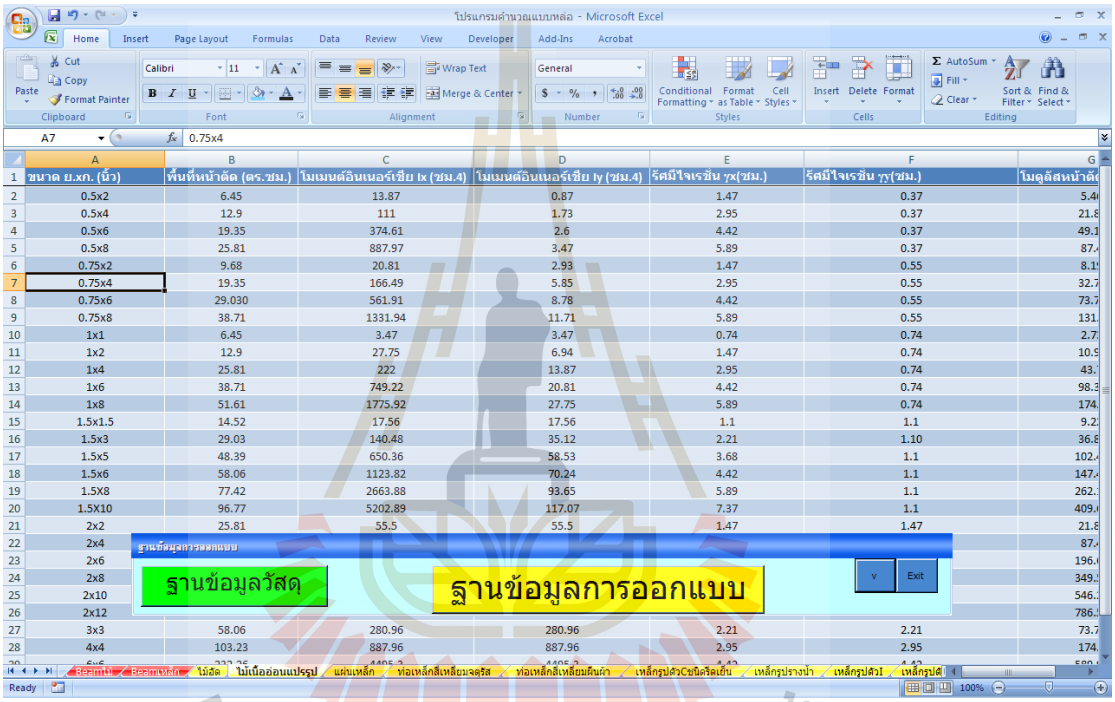


รูปที่ ก.10 Sheet แสดงรายงานการคำนวณออกแบบแบบหล่อคาน



รูปที่ ก.11 เมนูฐานข้อมูลการออกแบบ

4. ส่วนของฐานข้อมูลในการออกแบบ ผู้ใช้สามารถดูได้จากเมนูหลักของโปรแกรม โดยการกดปุ่มคำสั่ง ฐานข้อมูลวัสดุและแรงงาน โปรแกรมจะแสดงเมนู ฐานข้อมูลการออกแบบ ดังรูปที่ ก.11 โดยผู้ใช้สามารถทำการกดปุ่มคำสั่งตามชื่อวัสดุหรือค่าแรงที่ใช้ในการออกแบบ โปรแกรมจะแสดงหน้า Sheet ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นๆ ผู้ใช้สามารถทำการแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลได้ ตัวอย่างการเลือกกดปุ่มวัสดุไม้เนื้ออ่อนแปรรูปโปรแกรมจะแสดง Sheet ดังรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 Sheet ฐานข้อมูลการวัสดุไม้เนื้ออ่อนแปรรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายฤทธิรงค์ บัวสถิตย์ เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2521 มีภูมิลำเนาอยู่ที่ 165 หมู่ 1 ตำบลโชคชัย อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2538 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมโยธา จากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันทำงานที่บริษัท ฤทธา จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ทำธุรกิจรับเหมาก่อสร้างชั้นนำของประเทศ ทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปี พ.ศ. 2558 เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้และทักษะความสามารถให้กับตนเอง อีกทั้งยังได้ประสบการณ์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น จากการทำโครงงานนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ และความเข้าใจทางด้านทฤษฎีการออกแบบและประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีต รวมถึงการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel มาช่วยในการคำนวณทางด้านวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี