# บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย
# Easy Transport Knock Down House for Sufferer


กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล
ปราโมทย์ วีรานุกูล
วิหาร ดีปัญญา
กิตติพงษ์ สุวีโร



**งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2559**
**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

# บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาบ้านถอดประกอบ เพื่อสร้างองค์ความรู้ เพื่อทดสอบสมบัติ เพื่อสร้างต้นแบบ และเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) ถูกใช้ในการออกแบบโครงสร้าง ผลการออกแบบและทดสอบทำให้ได้บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง เท่ากับ 125,000 บาทต่อหลัง หรือ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ มีค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 นอกจากนี้ องค์ความรู้ที่ได้ สามารถนำไปจดแจ้งลิขสิทธิ์เรื่อง “แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย”และร่างเป็นบทความเรื่อง “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้แก่กลุ่มเป้าหมาย

**คำสำคัญ:** บ้านถอดประกอบ, โครงสร้างเหล็ก, ขนส่งสะดวก, ถอดประกอบง่าย, ผู้ประสบภัย

# Abstract

The objectives of this research are to develop the knock down house, to create the knowledge, to test the properties, to construction the prototype, and to transfer the technology of easy transport knock down house for sufferer. The load and resistance factor design (LRFD) method was used to design the structure. From the design and testing, the easy transport knock down house for sufferer is the square shape building with gable roof. The building size 4.00 x 4.00 square meters and height 2.40 meters which has 16.00 square meters of usable area and 1.20 meters of gable roof height. This knock down house can separate the usable area into 2 parts include bedroom and toilet. The cost of material is 125,000 Baht per unit or 7,812.5 Baht per square meter. The 6 wheel truck can transport this knock down house. The safety factor (S.F.) of this knock down house equal to 1.86. Moreover, the knowledge can register the copyright names “The drawing of easy transport knock down house for sufferer” and draft the research paper names “The easy transport knock down house for sufferer” that are the way to transfer technology to target group.

**Keywords:** Knock Down House, Steel Structure, Easy Transport, Easy Assembly, Sufferer

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ก |
| สารบัญ | ข |
| สารบัญรูป | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 บ้านน็อกดาวน์ | 4 |
| 2.2 บ้านพักอาศัยชั่วคราวสำหรับกรณีฉุกเฉิน | 4 |
| 2.3 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวของทางราชการ | 4 |
| 2.4 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวของ วสท. | 5 |
| 2.5 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศสหรัฐอเมริกา | 6 |
| 2.6 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศญี่ปุ่น | 7 |
| 2.7 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศเวียดนาม | 9 |
| 2.8 บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์สึนามิ) | 9 |
| 2.9 บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์โคลนถล่มที่ภาคเหนือ) | 10 |
| 2.10 ความต้องการพื้นที่ใช้สอยของผู้อยู่อาศัย | 10 |
| 2.11 ระบบประสานทางพิกัด | 11 |
| 2.12 การออกแบบในระบบประสานทางพิกัด | 11 |
| 2.13 การกำหนดมิติ | 12 |
| 2.14 ความเบี่ยงเบน | 13 |
| 2.15 ความคลาดเคลื่อน | 13 |
| 2.16 มิติประสาน | 14 |
| 2.17 หน่วยพิกัด | 15 |
| 2.18 ตารางพิกัดมูลฐาน | 17 |
| 2.19 การประสานทางพิกัด | 18 |
| 2.20 การประมาณราคา | 19 |
| 2.21 การออกแบบโครงสร้างเหล็กด้วยวิธี LRFD | 20 |
| 2.22 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงดึง | 21 |
| 2.23 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงอัด | 24 |
| 2.24 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงดัด | 25 |
| 2.25 การโก่งขององค์อาคารเหล็ก | 28 |
| 2.26 สมมติฐาน | 29 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.27 กรอบแนวความคิด | 29 |
| 2.28 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง | 30 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย | 32 |
| 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย | 32 |
| 3.2 ออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 38 |
| 3.3 การออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 38 |
| 3.4 การประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 38 |
| 3.5 การขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 38 |
| 3.6 การทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 39 |
| 3.7 การทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 40 |
| 3.8 การยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา | 40 |
| 3.9 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย | 40 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 41 |
| 4.1 ผลการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 41 |
| 4.2 ผลการออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 45 |
| 4.3 ผลการประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 47 |
| 4.4 ผลการขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 47 |
| 4.5 ผลการทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 54 |
| 4.6 ผลการทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 54 |
| 4.7 ผลการยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา | 71 |
| 4.8 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย | 71 |
| บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 72 |
| 5.1 สรุปผล | 72 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 72 |
| เอกสารอ้างอิง | 73 |
| ภาคผนวก | 75 |
| ก ร่างคำขอจดแจ้งลิขสิทธิ์ | |
| ข แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | |
| ค ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ | |

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ลักษณะการวางฐานรองรับโครงสร้างของบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobe ของสถาปนิก Nader Khalili | 7 |
| 2.2 | ลักษณะบ้านถุงทรายของบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobe ของสถาปนิก Nader Khalili | 7 |
| 2.3 | อาคารบ้านพักอาศัยชั่วคราว เมืองโกเบ ที่ก่อสร้างด้วยท่อกระดาษ | 8 |
| 2.4 | สัดส่วนคนไทย | 11 |
| 2.5 | กรอบแนวความคิดของการพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 30 |
| 3.1 | เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 32 |
| 3.2 | ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 | 32 |
| 3.3 | หินปูนก่อสร้าง (ซ้าย) และทรายหยาบ (ขวา) | 33 |
| 3.4 | เครื่องเชื่อมไฟฟ้า | 33 |
| 3.5 | ลวดเชื่อมไฟฟ้า | 33 |
| 3.6 | เครื่องตัดเหล็ก | 34 |
| 3.7 | เครื่องเจียรแบบมือถือ | 34 |
| 3.8 | สว่านไฟฟ้า | 34 |
| 3.9 | ประแจบล็อก | 35 |
| 3.10 | ประแจเลื่อน | 35 |
| 3.11 | ตลับเมตร | 35 |
| 3.12 | เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ | 36 |
| 3.13 | ไม้ฉาก | 36 |
| 3.14 | ลูกดิ่ง | 36 |
| 3.15 | ค้อน | 37 |
| 3.16 | สิ่ว | 37 |
| 3.17 | เกียงฉาบ | 37 |
| 3.18 | เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ | 38 |
| 3.19 | การทดสอบความต้านทานแรงดัดของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า | 39 |
| 3.20 | การวิบัติของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้าจากแรงดัด | 39 |
| 3.21 | การเชื่อมพอกให้กับรอยต่อของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า | 40 |
| 3.22 | การทดสอบรอยต่อของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า | 40 |
| 4.1 | แบบมิติและลักษณะแปลนของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 41 |
| 4.2 | แบบด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 42 |
| 4.3 | แบบด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 42 |
| 4.4 | แบบด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 43 |
| 4.5 | แบบด้านซ้ายของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 43 |
| 4.6 | แผนการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยด้วยวิธี CPM (Critical Path Method) | 46 |
| 4.7 | การบากเสาเหล็กให้เป็นร่องเพื่อติดตั้งส่วนของคานเหล็ก | 48 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.8 | การทดลองวางแนวคานเหล็กลงในเสาเหล็กที่บากร่องไว้ | 48 |
| 4.9 | การเชื่อมส่วนของโครงสร้างเหล็กเพื่อเตรียมการประกอบ | 48 |
| 4.10 | การตั้งเสาเหล็กและคานเหล็กให้ได้ระดับ | 49 |
| 4.11 | การเชื่อมเหล็กฉากเข้ากับคานเหล็กเพื่อให้สามารถร้อยสลักเกลียวได้ | 49 |
| 4.12 | การเชื่อมต่อของเสาเหล็กและคานเหล็กแบบชั่วคราว | 49 |
| 4.13 | การตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยต่อที่บากไว้ | 50 |
| 4.14 | การประกอบส่วนของอะเสเหล็กลงบนเสาเหล็กทั้ง 3 เสา | 50 |
| 4.15 | การเชื่อมเหล็กฉากในส่วนของอะเส ขื่อ และเสาเหล็กให้สามารถร้อยสลักเกลียวติดกันได้ | 50 |
| 4.16 | การประกอบเสา คาน อะเส และขื่อเหล็กเป็นโครงสร้างหลัก | 51 |
| 4.17 | การประกอบตงเหล็กเพื่อรองรับแผ่นพื้นของโครงสร้าง | 51 |
| 4.18 | การประกอบส่วนของโครงหลังคา ทั้งดั่ง อกไก่ และจันทัน | 51 |
| 4.19 | การประกอบแป แผ่นหลังคาเหล็ก โครงผนัง และวงกบ | 52 |
| 4.20 | การทดลองติดตั้งส่วนต่างๆ ของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวก | 52 |
| 4.21 | ลักษณะของหน้าจั่ว รอยต่อโครงผนัง และส่วนประกอบอื่นๆ ของโครงสร้าง | 52 |
| 4.22 | การใช้ระดับน้ำเพื่อตรวจสอบแนวดิ่งของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวก | 53 |
| 4.23 | การเริ่มรื้อถอนโครงสร้างบ้านถอดประกอบเพื่อเตรียมขนส่งไปติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง | 53 |
| 4.24 | การรื้อถอนโครงสร้างบ้านถอดประกอบเรียบร้อยแล้ว | 53 |
| 4.25 | กองโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่เก็บไว้เพื่อนำไปประกอบ | 54 |
| 4.26 | รถบรรทุก 6 ล้อที่สามารถขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยได้ | 55 |
| 4.27 | การยกโครงสร้างเสาของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ ภายหลังจากแผ่นพื้นและผนัง | 55 |
| 4.28 | การยกโครงสร้างคานและตงของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ | 55 |
| 4.29 | การจัดเรียงโครงสร้างของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ | 56 |
| 4.30 | การวางโครงผนังพาดเอียงตามแนวกระบะของรถบรรทุก 6 ล้อ | 56 |
| 4.31 | การนำแผ่นหลังคาเหล็กขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ | 56 |
| 4.32 | การคลุมกระบะของรถบรรทุก 6 ล้อ ด้วยผ้าใบขณะทำการขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบ | 57 |
| 4.33 | โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ถูกคลุมด้วยผ้าใบขณะทำการขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ | 57 |
| 4.34 | การนำโครงสร้างบ้านถอดประกอบลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ | 57 |
| 4.35 | การวางเรียงโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ อย่างเป็นระเบียบ | 58 |
| 4.36 | การกองเรียงโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ | 58 |
| 4.37 | การปรับพื้นที่ก่อสร้างบ้านถอดประกอบให้เรียบ | 58 |
| 4.38 | การวางผังสำหรับก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 59 |
| 4.39 | การวางตอม่อลงบนฐานรากชั่วคราวก่อนการหล่อฐานรากด้วยคอนกรีต | 59 |
| 4.40 | การเทฐานรากหุ้มแผ่นเหล็กและโคนเสาตอม่อเหล็กด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก | 59 |
| 4.41 | การติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเสของโครงสร้างบ้านถอดประกอบ | 60 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.42 | โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่มีการติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเส เรียบร้อยแล้ว | 60 |
| 4.43 | การทาสีรองพื้นและสีรอบที่ 1 ให้แผ่นผนัง ระหว่างการติดตั้งโครงสร้างของบ้านถอดประกอบ | 61 |
| 4.44 | การเตรียมติดตั้งอกไก่บนดั่งของโครงสร้างหลังคา | 61 |
| 4.45 | การติดตั้งดั่ง อกไก่ และจันทันของโครงสร้างหลังคาเรียบร้อยแล้ว | 61 |
| 4.46 | การใช้ตะปูเกลียวปลายปล่อยสำหรับยึดแผ่นหลังคาเหล็กเข้ากับโครงสร้างหลังคา | 62 |
| 4.47 | แผ่นหลังคาเหล็กที่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างหลังคาด้วยตะปูเกลียวที่มียางรองการรั่วซึม | 62 |
| 4.48 | การติดตั้งโครงผนังเข้ากับคานและเสาของบ้านถอดประกอบ | 62 |
| 4.49 | การใช้สลักเกลียวยึดโครงผนังเข้ากับเสาและคานของบ้านถอดประกอบ | 63 |
| 4.50 | การติดตั้งโครงผนังด้านในเพื่อกั้นเป็นห้องน้ำ | 63 |
| 4.51 | การติดตั้งโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 63 |
| 4.52 | การติดตั้งแผ่นพื้นโดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดยึดเข้ากับตงและคานเหล็ก | 64 |
| 4.53 | การติดตั้งวงกบประตูโดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย | 64 |
| 4.54 | การติดตั้งแผ่นหน้าจั่วเข้ากับโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 65 |
| 4.55 | การติดตั้งแผ่นผนังเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 65 |
| 4.56 | การยึดแผ่นผนังที่เว้นช่องหน้าต่างไว้แล้วเข้ากับโครงผนัง | 65 |
| 4.57 | การติดตั้งแผ่นผนังด้านในบ้านถอดประกอบสำหรับแบ่งเป็นห้องน้ำ | 66 |
| 4.58 | การยึดแผ่นผนังที่เว้นช่องหน้าต่างไว้แล้วเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย | 66 |
| 4.59 | การยึดแผ่นผนังให้ครอบคลุมโครงที่ออกแบบไว้ | 66 |
| 4.60 | การยึดแผ่นผนังเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบทุกด้าน | 67 |
| 4.61 | การยึดแผ่นผนังด้านในของห้องน้ำเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบ | 67 |
| 4.62 | การอุดรอยต่อของผนังและพื้นด้วยซิลิโคนขาวและปูนอุดรอยต่อ | 67 |
| 4.63 | การติดตั้งฝ้าเพดานโดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม | 68 |
| 4.64 | การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด | 68 |
| 4.65 | ด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 69 |
| 4.66 | ด้านซ้ายของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 69 |
| 4.67 | ด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 69 |
| 4.68 | ด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 70 |
| 4.69 | ด้านในของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 70 |
| 4.70 | ห้องขนาดเล็กหรือห้องน้ำภายในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 70 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | ขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 46 |
| 4.2 | ราคาค่าวัสดุก่อสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 47 |
| 4.3 | การเปรียบเทียบผลการออกแบบและการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงที่สำคัญของโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย | 54 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุทกภัย วาตภัย แผ่นดินไหว และดินถล่ม เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันจะเกิดขึ้นบ่อยและทวีความรุนแรงมากขึ้น จากรายงานการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติทั่วโลก ปี 2553 พบว่า มีการเกิดภัยพิบัติขึ้น ณ ทวีปอเมริกา 362 ครั้ง ทวีปเอเชีย 310 ครั้ง ทวีปยุโรป 120 ครั้ง ทวีปแอฟริกา 90 ครั้ง และทวีปออสเตรเรีย 65 ครั้ง ซึ่งความรุนแรงของภัยธรรมชาติแต่ละครั้งมีความรุนแรงอย่างมาก เช่น วันที่ 12 มกราคม 2553 เกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศเฮติ ความรุนแรง 7.0 ริกเตอร์ มีผู้เสียชีวิตกว่า 222,570 ราย มูลค่าความเสียหายอยู่ที่ 8,000 ล้านเหรียญ และวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2553 เกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศชิลี ความรุนแรง 8.8 ริกเตอร์ มูลค่าความเสียหายกว่า 30 พันล้านเหรียญ หรือการเกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศจีน ในวันที่ 13 เมษายน 2553 ความรุนแรง 6.9 ริกเตอร์ และการเกิดอุทกภัยที่ประเทศปากีสถานในวันที่ 29 กรกฎาคม 2553 จากสถิติในช่วง 30 ปี ที่ผ่านมา สามารถสรุปตัวเลขได้ว่า แต่ละปีจะมีผู้เสียชีวิตจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เฉลี่ยปีละ 66,000 ราย และทรัพย์สินเสียหาย เฉลี่ยปีละ 95 พันล้านเหรียญ (Debby et al., 2011)

การไร้ที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัยเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องให้ความช่วยเหลือโดยด่วนที่สุด เนื่องจากที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่มนุษย์ขาดไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นสถานที่พักกายพักใจ และป้องกันแดดฝนของผู้ประสบภัย การพัฒนาที่อยู่อาศัยชั่วคราวที่สามารถติดตั้งและก่อสร้างได้รวดเร็ว จึงเป็นเรื่องจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถหกล้อ

ระบบน็อคดาวน์ (Knock Down) เป็นโครงสร้างอาคารชนิดหนึ่ง ที่ออกแบบมาเพื่อการติดตั้งและรื้อถอนได้ง่าย โดยมีการใช้ชิ้นส่วนและรอยต่อที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า (วว., 2520) แต่บ้านน็อคดาวน์ส่วนใหญ่มีความซับซ้อน ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการติดตั้งค่อนข้างมาก ทำให้ต้องอาศัยความชำนาญในการก่อสร้าง ซึ่งไม่เหมาะกับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้างและความง่ายไปพร้อมๆ กัน นอกจากนี้การขนส่งต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ ไม่สามารถใช้รถบรรทุกขนาดเล็กได้ แม้จะเป็นการก่อสร้างบ้านขนาดเล็กประมาณ 16 ตารางเมตรก็ตาม โครงการบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย จึงถูกนำมาพัฒนาขึ้นโดยเน้นการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำ มีจำนวนของชิ้นส่วนน้อย สามารถขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถหกล้อ ก่อสร้างเสร็จภายใน 1 วัน และไม่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการประกอบมาก เหมาะกับการบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที สร้างความเชื่อมั่นให้กับประชาชน ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ในการเตรียมความพร้อมรับภัยพิบัติ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ถอดประกอบง่าย ต้นทุนต่ำ สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุกขนาดเล็ก และใช้งานได้จริง

1.2.2 เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

1.2.4 เพื่อทดสอบการก่อสร้างต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยให้กับผู้สนใจ

**1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย**

1.3.1 ออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่มีพื้นที่ใช้สอย ไม่น้อยกว่า 16 ตารางเมตร

1.3.2 จำนวนและขนาดของชิ้นส่วนสามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถหกล้อ จำนวน 1 คัน

1.3.3 เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง ไม่เกิน 1 วัน (เวลาทำงานปกติ)

1.3.4 ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ตามบ้านพักอาศัยทั่วไปในการถอดประกอบ เช่น ไขควง และประแจ

1.3.5 ออกแบบโครงสร้างเหล็กด้วยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design, LRFD)

1.3.6 ออกแบบโครงสร้างตามมาตรฐาน AISC/EIT และ AWS สำหรับรอยเชื่อม

1.3.7 ใช้แนวคิดระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบชิ้นส่วนอาคาร

1.3.8 ออกแบบขั้นตอนการติดตั้งและรื้อถอน

1.3.9 ประมาณราคาในส่วนของราคาวัสดุ โดยไม่รวมค่าแรงภาษีค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยใช้ข้อกำหนดราคากลางของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ด้านวิชาการ

1) ทราบกระบวนการพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่มีต้นทุนต่ำและใช้งานได้จริง

2) ทราบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

3) ทราบผลการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

4) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในงานประชุมสัมมนาวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เรื่อง

5) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในวารสารวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 บทความ

6) เข้าร่วมจัดนิทรรศการในงานที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

7) ยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เรื่อง

1.4.2 ด้านนโยบาย

1) ช่วยเป็นข้อมูลในการเสนอนโยบายการพัฒนาการเตรียมความพร้อมรับผลกระทบจากภัยพิบัติ

2) ส่งเสริมให้ชุมชนมีการเตรียมความพร้อมรับผลกระทบจากภัยพิบัติ

3) ผู้ประกอบการวัสดุก่อสร้างให้ความสำคัญกับการผลิตอาคารสำเร็จรูปเพื่อผู้ประสบภัยมากยิ่งขึ้น

1.4.3 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

1) ได้ต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์

2) เพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ผู้ประกอบการ และผู้รับเหมาก่อสร้างที่ใช้ประโยชน์จากบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

3) ช่วยลดความเดือดร้อนและความเสียหายของทรัพย์สินของผู้ประสบภัย

4) ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์อาคารสำเร็จรูปเพื่อผู้ประสบภัยขยายผลสู่เชิงพาณิชย์

1.4.4 ด้านสังคมและชุมชน

1) ชุมชนที่สนใจได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

2) สังคมมีการเตรียมความพร้อมเพื่อรับผลกระทบจากการเกิดภัยพิบัติ

3) ใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุมชนที่เข้มแข็ง สามารถพึ่งพาตนเองเบื้องต้นเมื่อเกิดภัยพิบัติได้

1.4.5 หน่วยงานภาครัฐที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.6 หน่วยงานภาคเอกชนที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 บ้านน็อกดาวน์

บ้านน็อกดาวน์ คือ บ้านสำเร็จรูป (Finished Home) ซึ่งจะไม่มีเสาและคานแต่จะใช้ผนังเป็นตัวรับน้ำหนักแทน โดยยึดหลักของระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing System) ทั้งนี้ผนังและส่วนประกอบต่างๆภายในบ้านจะถูกออกแบบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แล้วนำชิ้นส่วนมาประกอบกัน โดยแต่ละชิ้นส่วนจะมีการประกอบที่หน้างานได้โดยสะดวกและมีความคลาดเคลื่อนน้อย เนื่องจากได้มีการออกแบบและผลิตแต่ละชิ้นส่วนจากโรงงาน บ้านน็อกดาวน์เป็นธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ที่ได้รับความนิยมมานานมากในต่างประเทศและกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ในประเทศไทย การสร้างบ้านน็อกดาวน์เป็นที่นิยมมากในประเทศที่มักประสบปัญหาภัยธรรมชาติบ่อยครั้ง เนื่องจากในการสร้างบ้านน็อกดาวน์นั้นทั้งรวดเร็ว สะดวก ราคาถูก และแข็งแรงทนทานอีกด้วย

ข้อดีของบ้านน็อกดาวน์

บ้านน็อกดาวน์ ถือเป็นโครงสร้างที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องมาจากความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง จึงทำให้ประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกกว่า 40% มีจำนวนแรงงานในการก่อสร้างที่น้อยลง และยังมีความมั่นคงแข็งแรง ให้ความสะอาดในบริเวณที่ทำการก่อสร้าง รวมไปถึงไม่ทำลายสภาวะแวดล้อมทางเสียง

ข้อจำกัดของบ้านน็อกดาวน์

บ้านน็อกดาวน์อาจเป็นโครงสร้างที่มีข้อดีมากก็จริง แต่ก็มีข้อจำกัดของโครงสร้างในการสร้างเช่นเดียวกัน โดยบ้านน็อกดาวน์นั้นจะมีโครงสร้างที่มีน้ำหนักมาก จึงจำเป็นต้องมีเสาเข็มที่ยาวกว่าบ้านในการก่อสร้างปรกติ และยังไม่เหมาะสมกับบ้านที่มีรายละเอียดซับซ้อนมาก รวมถึงไม่เหมาะสมกับการดัดแปลงโครงสร้างของตัวบ้าน หรือแม้กระทั่งปรับปรุงซ่อมแซมส่วนเล็กๆ น้อยๆ เช่น การตอกตะปู เป็นต้น (มามี, 2541)

## 2.2 บ้านพักอาศัยชั่วคราวสำหรับกรณีฉุกเฉิน

บ้านพักอาศัยชั่วคราว คือ อาคาร หรือ สิ่งปลูกสร้าง ที่สร้างขึ้นเพื่อการใช้สอยของผู้ยากไร้ ผู้ประสบภัยหรืออาคารชั่วคราวประเภทหนึ่ง ซึ่งตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2498) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2479 ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็น “สิ่งปลูกสร้างซึ่งทางผู้ว่าราชการจังหวัดพิจารณาเห็นว่า เพื่อใช้ประโยชน์เป็นการชั่วคราว และมีกำหนดที่จะรื้อถอน” ดังนั้น การออกแบบบ้านพักอาศัยชั่วคราว จึงต้องคำนึงถึงเรื่องระยะเวลาในการใช้สอยที่มีกำหนดระยะเวลา ทำให้รูปแบบของอาคารไม่ควรที่จะมีความถาวรมากจนเกินไป แต่ก็ต้องมีความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิต (สุธี, 2550)

## 2.3 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวของทางราชการ

กฎกระทรวงฉบับที่ 9 พ.ศ.2528 ข้อ 4 อาคารชั่วคราวเพื่อใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างอาคารถาวร ซึ่งสูงไม่เกิน 2 ชั้น หรืออาจสูงจากระดับพื้นดินถึงหลังคาหรือส่วนของอาคารที่สูงที่สุดไม่เกิน 9 เมตร และมีกำหนดเวลารื้อถอนเมื่ออาคารแล้วเสร็จ ต้องขออนุญาตตามมาตรา 21 แต่การให้ได้รับการผ่อนผันไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงมหาดไทย ซึ่งออกตามความในมาตรา 8 (1) (2) (3) (4) (6) (7) (8) และ (10) ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาตรื้อถอนอาคารตามมาตรา 23

ซึ่งแต่เดิมนั้นก่อนจะมีประกาศกฎกระทรวงนี้ ได้มีระเบียบกรุงเทพมหานครว่าด้วยการสุขาภิบาลเกี่ยวกับการขออนุญาตและการควบคุมการก่อสร้างชั่วคราว พ.ศ. 2527 ได้กำหนดให้ต้องยื่นคำขออนุญาตปลูกสร้างอาคารชั่วคราวจากผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร และยังได้กำหนดให้มีส้วมที่ถูกลักษณะ สำหรับคนงานเข้าพักอาศัยในอัตราที่ 1 ต่อ 25 คน และได้กำหนดโทษสำหรับการปลูกสร้างอาคารชั่วคราวโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือปลูกสร้างผิดแบบที่ได้รับอนุญาต เช่นเดียวกับการขออนุญาตและการควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2525

อย่างไรก็ตาม การขออนุญาตปลูกสร้างอาคารชั่วคราวตามมาตรา 21 ในปัจจุบันยังได้รับการผ่อนผันในเรื่องต่างๆตามมาตรา 8 (ประสาน, 2539) ดังนี้

1) ลักษณะแบบ รูปทรง สัดส่วน เนื้อที่และที่ตั้งของอาคาร

2) การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน ตลอดจนลักษณะและสมบัติของวัสดุที่ใช้

3) การรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร

4) ระบบและวิธีเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการประปา ไฟฟ้า ก๊าซ และการป้องกันอัคคีภัย

5) ระบบการจัดแสงสว่าง การระบายอากาศ การระบายน้ำ และการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

6) ลักษณะระดับ เนื้อที่ของที่ว่างภายนอกอาคาร หรือแนวอาคาร

7) ระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับอาคาร หรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอย ทางเท้า หรือที่สาธารณะ

8) บริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือแลกเปลี่ยนการใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใด

ตัวอย่างข้อกำหนดทางราชการบางหน่วยงาน เรื่องการจัดการที่พักอาศัยสำหรับผู้ควบคุมงานที่ระบุไว้กับข้อกำหนดการก่อสร้าง โดยจะต้องมีห้องนอนที่มีขนาดเหมาะสม พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้ในการพักอาศัย การป้องกันความร้อน การระบายอากาศ ช่องแสงสว่าง และอื่นๆตามความจำเป็นเพื่อการอยู่อาศัยให้เพียงพอ ทั้งนี้ขนาดห้องนอนและห้องน้ำ - ส้วม ให้ปฏิบัติตามเกณฑ์ ดังนี้

1) ขนาดห้องนอนต่อ 1 ห้องนอน ต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เล็กกว่า 10 ตารางเมตร และด้านแคบที่สุดต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

2) ขนาดห้องน้ำ – ส้วม ต่อ 1 ห้อง ต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เล็กกว่า 3 ตารางเมตร และด้านแคบที่สุดต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร

3) จำนวนห้องน้ำ – ส้วม ต่อจำนวนผู้ควบคุมงานก่อสร้างปฏิบัติตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

- ห้องนอน 1 ห้อง และห้องน้ำ – ส้วม 1 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงานก่อสร้าง 1 – 2 คน
- ห้องนอน 2 ห้อง และห้องน้ำ – ส้วม 1 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงานก่อสร้าง 3 – 4 คน
- ห้องนอน 3 ห้อง และห้องน้ำ – ส้วม 2 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงานก่อสร้าง 5 – 6 คน
- ห้องนอน 4 ห้อง และห้องน้ำ – ส้วม 2 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงานก่อสร้าง 7 – 8 คน

**2.4 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวของ วสท.**

มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี พ.ศ. 2533 - พ.ศ. 2534 ของ ว.ส.ท. ได้เห็นถึงความสำคัญของอาคารที่พักอาศัยชั่วคราวของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างที่ยังไม่ถูกสุขลักษณะไม่ได้มาตรฐาน จึงแต่งตั้งคณะอนุกรรมการประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ช่วยกันจัดร่างมาตรฐานของอาคารชั่วคราวสำหรับผู้ใช้แรงงานก่อสร้าง และสถานรับเลี้ยงเด็กที่เป็นบุตรหลานของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างก่อนวัยเรียน ตลอดจนสภาพแวดล้อมในบริเวณที่พักอาศัย เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปฏิบัติเป็นมาตรฐาน นำคุณภาพชีวิตที่ดี

มาสู่แรงงานกลุ่มหนึ่งซึ่งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุกๆปี และมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้าง (ประสาน, 2539)

ผลสรุปจากคณะกรรมการชุดดังกล่าว ได้เห็นควรให้มีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำของสวัสดิการขั้นพื้นฐานในเรื่องที่พักอาศัย ห้องน้ำ – ห้องส้วม และสถานรับเลี้ยงเด็กก่อนวัยเรียน โดยที่มาตรฐานเหล่านั้น ได้แก่ขนาดกว้าง ยาว สูง หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ วัสดุก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งในทางปฏิบัติอาคารดังกล่าวอาจถูกกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง โดยเขียนรายการประกอบแบบไว้ เช่นเดียวกับการจัดสถานที่สำหรับวิศวกรบริหารโครงการ หรือผู้ควบคุมงานซึ่งผู้รับจ้างจะยึดถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาและรายการก่อสร้าง จะได้คิดราคารวมเสนอพร้อมกับประมูลโครงการด้วย (สุธี, 2550)

ข้อกำหนดอาคารชั่วคราวสำหรับผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคารพักอาศัย

1) อาคารพักอาศัยคนงานก่อสร้าง ต้องยกพื้นชั้นล่างสูงจากระดับดินไม่เกิน 1 เมตร และไม่ปลูกสร้างบนที่ลุ่ม มีน้ำขัง หรือที่ดินที่ถมด้วยขยะมูลฝอย เว้นแต่จะมีดินถมทับหน้าหนา 30 เซนติเมตร อาคารพักอาศัยต้องมีความมั่นคงแข็งแรงถูกสุขลักษณะ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้พักอาศัย

2) ห้องที่ใช้พักอาศัยให้มีส่วนกว้างหรือยาวไม่ต่ำกว่า 2.40 เมตร พื้นที่ทั้งห้องไม่น้อยกว่า 9 ตารางเมตร สำหรับ 1 ครอบครัว และมีช่องระบายอากาศไม่น้อยกว่า ร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้อง

- ให้มีประตูและหน้าต่างอย่างน้อยห้องละ 1 ชุด
- ช่องทางเดินภายในอาคารสำหรับพักอาศัยต้องไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร และมีแสงสว่างเห็นได้ชัดเจน
- ระยะดิ่งระหว่างพื้นถึงยอดฝาหรือผนังของอาคารตอนต่ำสุด ต้องไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร
- ขนาดกว้างของบันไดต้องไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ช่วงหนึ่งๆมีความสูงไม่เกิน 3 เมตร ลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร และลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร
- ฐานรากของอาคารต้องทำเป็นลักษณะถาวร และมีความมั่นคงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยปลอดภัย
- ต้องมีทางระบายน้ำฝนอย่างเพียงพอ และก่อนปล่อยสู่ทางระบายน้ำสาธารณะจะต้องมีตะแกรงดักขยะอยู่ในที่ที่ตรวจสอบได้
- ให้มีดวงโคมและปลั๊กอย่างละ 1 ชุด ในห้องพักคนงาน และระบบไฟฟ้าต้องเป็นแบบที่มีความปลอดภัยเพียงพอ
- ให้จัดเตรียมหัวดับเพลิงแบบแห้งมือถือ อย่างน้อย 1 ชุด ต่ออาคาร หรือติดตั้งไว้ในระยะทางไม่เกิน 45 เมตร
- รายการวัสดุก่อสร้าง อาจเปลี่ยนแปลงโดยใช้วัสดุเทียบเท่าอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเห็นชอบของสถาปนิกวิศวกร อาทิ เช่น ฝาผนัง ใช้กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 มิลลิเมตร หรือไม้อัดไผ่หนา 2 มิลลิเมตร หรือกระดาษอัดหรือไม้อัดแผ่นเรียบหนา 4 มิลลิเมตร ไม้พื้นใช้ไม้กระดาน 1 × 8 นิ้ว หรือไม้อัดแผ่นเรียบ 12 มิลลิเมตร หลังคา ใช้หลังคาสังกะสีลอนคู่ หรือกระเบื้องลอนเล็ก เป็นต้น (สุธี, 2550)

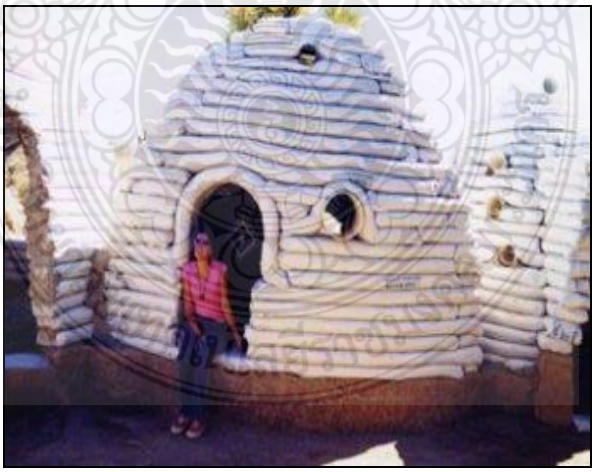
**2.5 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศสหรัฐอเมริกา**

Nader Khalili สถาปนิกลูกครึ่งอิหร่าน – อเมริกันวัย 64 ปี เกิดความรู้สึกว่า การที่จะอยู่อย่างเหมาะสมและกลมกลืนกับธรรมชาติ (Earth) ได้นั้น จะต้องอยู่ในตัวของธรรมชาติเอง และ เมื่อสามารถที่จะหลีกหนีการเกิดหายนะทางธรรมชาติได้ ทางเดียวที่จะป้องกันตัวได้ก็คือ การใช้ธรรมชาติมาเป็นตัวป้องกันธรรมชาติด้วยกัน เพราะธรรมชาติมีความสมดุลในตัวมันเอง Khalili ได้นำความคิดดังกล่าวมาพัฒนาระบบการก่อสร้างที่เรียกว่า “Super Adobe” ขึ้น เพื่อช่วยเหลือประชาชนที่ต้องประสบความ

เดือดร้อนจากภัยธรรมชาติ และภัยที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ โดยเฉพาะความขาดแคลนด้านที่อยู่อาศัยราคาถูกของผู้มีรายได้ต่ำที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศต่างๆทั่วโลก (สุธี, 2550)

การก่อสร้างอาคารตัวอย่างเริ่มต้นขึ้นที่สถาบัน California institute of Art and Architecture (Cal-Eart) ในเมือง Hesperia ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยรูปแบบอาคารหลังแรกที่ Khalili สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นอาคารรูปทรงโค้ง (Arch) สร้างขึ้นจากกระสอบทรายที่นำมาเรียงต่อกันเป็นทรงโค้ง โดยใช้ลวดหนามเป็นตัวยึดระหว่างถุงทราย ทำให้ถุงทรายสามารถที่จะกระจายน้ำหนักไปตามโค้งของหลังคาได้ ความสำเร็จของ Khalili ในการก่อสร้างอาคารคือการใช้เทคนิคราคาถูกที่เขาเรียกว่า Super Adobe นี้ทำให้รัฐบาลของประเทศต่างๆแสดงความสนใจที่จะนำมาใช้ในประเทศของตนเอง

**รูปที่ 2.1** ลักษณะการวางฐานรองรับโครงสร้างของบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobeของสถาปนิก Nader Khalili (สุธี, 2550)



**รูปที่ 2**.2 ลักษณะบ้านถุงทรายของบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobe ของสถาปนิก Nader Khalili (สุธี, 2550)

**2.6 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศญี่ปุ่น**

ในปี ค.ศ.1995 เกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่เมืองโกเบประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นการเกิดแผ่นดินไหวครั้งยิ่งใหญ่ที่สุดครั้งหนึ่งของโลก ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างใหญ่หลวงต่อทรัพย์สิน และชีวิตของประชาชน

ชวาญี่ปุ่นอย่างมาก ซึ่งหลังจากแผ่นดินไหวสงบลงเจ้าหน้าที่จากหน่วยงาน อาสาสมัครในการช่วยเหลือนั้น ได้มีสถาปนิกอาสาที่เข้าไปให้ความช่วยเหลือในด้านที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย

บ้านพักอาศัยที่ทีมงานอาสาสมัครเข้าไปให้ความช่วยเหลือ เป็นบ้านพักอาศัยที่ทำมาจากท่ากระดาษ (Paper Pipe) โดยจัดสร้างในลักษณะบ้านพักท่อกระดาษ (Paper log House) เพื่อเป็นอาคารพักอาศัย ทดแทนการใช้เต็นท์พักอาศัยที่ติดตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกับบ้านของผู้ประสบภัยที่เสียหายไป ที่กำลังทรุดโทรมลง แต่เนื่องจากบ้านพักอาศัยที่ทางราชการจัดหาให้นี้อยู่ห่างไกลพื้นที่เดิม จึงทำให้เกิดปัญหาไกลจากสถานที่ทำงาน และโรงเรียนของลูกหลาน ซึ่งเป็นปัญหาที่มักจะพบในพื้นที่ประสบภัยต่างๆ

ในการออกแบบบ้านท่อกระดาษ ได้มีการออกแบบ และทดลองก่อสร้างขึ้น โดยบ้านพักอาศัยชั่วคราวมีขนาดพื้นที่ 16.1ตารางเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใกล้เคียงกับมาตรฐานของบ้านผู้ลี้ภัยที่ออกแบบโดย UNCHR (United Nation Commission for Human) ส่วนฐานรากของบ้านทำมาจากลังเบียร์พลาสติก ภายในบรรจุด้วยทรายผนังประกอบขึ้นมาจากท่อกระดาษที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 108 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร ยึดติดกันด้วย Bolt โดยมีการสอดแผ่นฟองน้ำกันน้ำไว้ระหว่างท่อแต่ละท่อด้วย ส่วนหลังคาของอาคาร ก็นำเต็นท์พลาสติกมาทำเป็นฝ้าเพดานและหลังคาทรงจั่ว เพื่อให้สามารถเปิดระบายอากาศได้

เมื่อการก่อสร้างแล้วเสร็จนำไปใช้งาน ก็เป็นที่ยอมรับของประชาชนผู้ประสบภัยเป็นอย่างดี โดยทางทีมงานอาสาสมัครพบว่า บ้านท่อกระดาษมีข้อดีอยู่หลายอย่างที่เหมาะสำหรับการก่อสร้างเป็นอาคารสำหรับอยู่ชั่วคราวของผู้ประสบภัย เนื่องจากการใช้วัสดุก่อสร้างที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในพื้นที่ ก่อสร้างและรื้อถอนได้ง่ายในระยะเวลาอันสั้น โดยบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ในการก่อสร้าง นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการช่วยเหลือยังสามารถนำวัสดุที่เหลือใช้มาทำการรีไซเคิลได้ ซึ่งทำให้รัฐบาลไม่จำเป็นต้องเสียงบประมาณในการเก็บรักษา และดูแลซ่อมแซม

นอกจากบ้านพักอาศัยแบบบ้านท่อกระดาษที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศญี่ปุ่นนั้น ยังได้มีการผลิต และก่อสร้างบ้านพักอาศัยชั่วคราวออกมาอีกหลายรูปแบบ เช่น แบบบ้านพักอาศัยสำเร็จรูปประกอบสำเร็จ หรือแบบตู้คอนเทนเนอร์ เป็นต้น

**รูปที่ 2.3** อาคารบ้านพักอาศัยชั่วคราว เมืองโกเบ ที่ก่อสร้างด้วยท่อกระดาษ

**2.7 ตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั่วคราวที่ประเทศเวียดนาม**

ประเทศเวียดนาม เป็นประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่อยู่ในอาณาบริเวณใกล้เคียงกับประเทศไทย ทำให้มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ใกล้เคียงกับประเทศไทยเป็นอย่างมาก ประเทศเวียดนามเป็นประเทศที่ประสบกับเหตุอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง ทำให้มีความต้องการบ้านฉุกเฉินในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้ไทยได้รับทราบวิธีการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยของทางเวียดนามอยู่ตลอด จากการติดต่อประสานงานกันอยู่อย่างสม่ำเสมอระหว่างสภากาชาดเวียดนามกับสภากาชาดไทย โดยเฉพาะความต้องการทางด้านรูปแบบการอยู่อาศัยของผู้ประสบภัย ซึ่งมีความคล้ายคลึงกัน รูปแบบของบ้านฉุกเฉินที่ใช้ในในประเทศเวียดนามนั้น มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

1) รูปแบบที่เป็นอาคารชั้นเดียว (ทั้งแบบติดพื้นดิน และยกพื้น) เป็นอาคารในรูปแบบทั่วๆไปที่สร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก ไม่มีผนัง ทำให้ประชาชนต้องมีการต่อเติมผนังขึ้นมาเองด้วยชิ้นส่วนและวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นตามแต่ความพอใจของตัว

2) รูปแบบที่มีลักษณะเป็นอาคารสูง 2 ชั้น โดยมีขนาดความสูงของชั้นล่างมากกว่าชั้นบน ใช้ในการเก็บของ และเป็นสถานที่นอนในเวลากลางคืน ส่วนเวลากลางวัน หรืออการอยู่อาศัย การดำรงชีวิตส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่ด้านล่างเป็นพื้นที่ในการประกอบกิจกรรมต่างๆหรือถ้าหากประชาชนมีความต้องการที่จะอยู่อาศัยทั้งด้านบนและด้านล่าง ก็สามารถต่อเติมส่วนของผนังอาคารได้ด้วยตนเอง ด้วยวัสดุก่อสร้างในท้องถิ่นนั้นๆ แต่จะทำให้อาคารกลายเป็นอาคารถาวร ที่ไม่สามารถทำการถอดชิ้นส่วนเพื่อนำไปใช้ในพื้นที่อื่นๆต่อไปได้ (สุธี, 2550)

**2.8 บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์สึนามิ)**

สืบเนื่องมาจากการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ที่ ต.น้ำก้อ จ.เพชรบูรณ์ ทางสภากาชาดไทย โดยมูลนิธิเพื่อนพึ่ง(ภา)ยามยาก สำนักงานอาสากาชาด จึงได้มีความคิดในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราว เพื่อนำไปให้ความช่วยเหลือประชาชนตามรายละเอียดข้อมูลที่ได้กล่าวมาในหัวข้อข้างต้นทำให้มีการออกแบบปรับปรุงบ้านพักอาศัยฉุกเฉินขึ้นมาใหม่ โดยยึดแนวความคิดที่ พระเจ้าวรวงศ์เธอพระองค์เจ้าโสมสวลี พระวรราชาธินัดดามาตุ ทรงประทาน ในการนำรูปแบบบ้านพักฉุกเฉินของประเทศเวียดนามมาดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาให้เป็นรูปแบบของประเทศไทย

ทางทีมงานที่เป็นผู้ออกแบบ ปรับปรุงบ้านพักอาศัยแบบใหม่ที่ได้มีความเห็นร่วมกันว่าบ้านพักอาศัยที่จะปรับปรุงนั้น ควรจะมีรูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานของคนไทย จึงนำลักษณะของเรือนไทยโบราณมาเป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุง ทำให้อาคารออกมามีลักษณะเป็นอาคาร 2 ชั้น โดยให้ชั้นล่างเป็นพื้นที่โล่งไม่มีผนัง พื้นเป็นคอนกรีต สำหรับไว้ใช้สอยอย่างอเนกประสงค์ มีบันไดพร้อมราวจับ สำหรับการเดินขึ้นไปสู่ชั้นสอง ที่มีลักษณะเป็นห้องมีผนังโดยรอบทั้ง 4 ด้าน มีหน้าต่าง 2 ชุด ประตู 1 ชุด พื้นที่ภายใน 3 x 4 เมตร วัสดุบุผนังเป็นแผ่นเหล็ก ซิงค์คาลุม (Zincalume) พื้นปูด้วยไม้อัดหนา 15 มิลลิเมตร เพื่อให้มีน้ำหนักเบา ระบบก่อสร้างอาคารใช้ระบบ Knock down เพื่อให้สามารถถอดออกเมื่อไม่มีความต้องการใช้งาน และสามารถนำไปก่อสร้างในพื้นที่อื่นต่อไปได้อย่างรวดเร็วความต้องการอาคารบ้านพักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัย ของทางสภากาชาดไทยมีจำนวนความต้องการถึง 173 ยูนิต ภายในระยะเวลา 1 เดือน ทางบริษัท BHP Steel Building Products (Thailand) Ltd. ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ จึงได้ทำการอกแบบก่อสร้างโดยคำนึงถึงระบบการติดตั้งที่เป็นลักษณะ Step by Step คือต้องมีลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนเพื่อให้การยึดชิ้นส่วนต่างๆต้องใช้วัสดุประเภท น๊อต Bolt หมุดยิง หรือ ตะปูเกลียวทั้งหมด เพื่อให้สามารถถอดออกจากกัน และนำมาประกอบใหม่ได้ตามความต้องการข้อจำกัดในการออกแบบ และดำเนินการก่อสร้างอาคาร คือต้องมีการออกแบบชิ้นส่วนแต่ละชั้นให้มีขนาดที่สามารถผลิตได้โดยเครื่องจักรที่มีอยู่ในโรงงาน เหมาะสมสำหรับการขนส่งและมีตำแหน่ง

ของรูเจาะต่างๆที่เหมาะสม คือ เมื่อมีการหันซ้าย หรือ หันขวา ก็ยังสามารถที่จะติดตั้งได้ เนื่องจากผู้ที่ดำเนินการติดตั้งอาจไม่ใช่บุคคลซึ่งมีความรู้ทางการก่อสร้างเลย ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในการออกแบบและต้องมีการตรวจสอบจากอาคารตัวอย่างที่ดำเนินการก่อสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วน (สุธี, 2550)

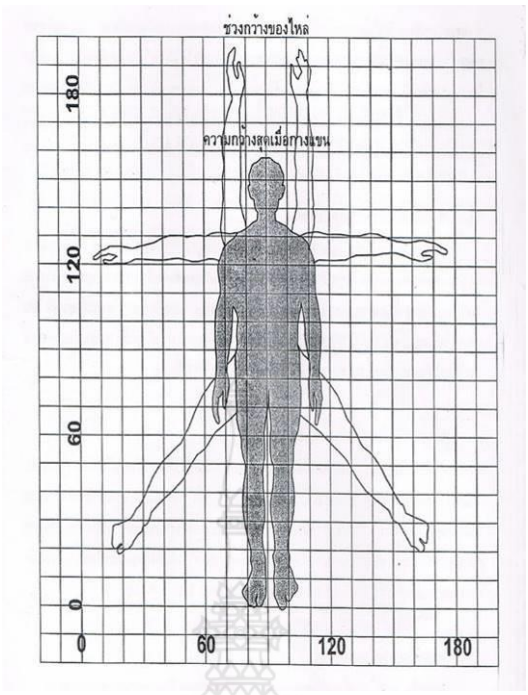
**2.9 บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์โคลนถล่มที่ภาคเหนือ)**

หลังจากเหตุการณ์อุบัติภัยที่ จ.เพชรบูรณ์ เมื่อ เดือนสิงหาคม ปี 2544 แล้ว ประเทศไทยก็ยังประสบกับปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติเรื่อยมา และเหตุการณ์ครั้งสำคัญที่สร้างความเสียหายครั้งใหญ่ให้กับพี่น้องชาวไทยคือครั้งเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม นั้นได้เกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักเกิดน้ำท่วมฉับพลันส่งผลให้มีดินโคลนถล่มในพื้นที่ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ ทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก คาดว่าอาจจะถึง 100 ราย กลายเป็นวิกฤตภัยร้ายแรงของประเทศอีกครั้งหนึ่งที่สร้างความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สินของชาวบ้านเป็นอย่างมาก คณะรัฐมนตรีได้พิจารณาอนุมัติการใช้จ่ายเงินในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยอย่างเร่งด่วน โดยในส่วนของบ้านสำเร็จรูปนั้นนายกรัฐมนตรีกล่าวว่า ทางมูลนิธิไทยคมได้อาสาให้ความช่วยเหลือบ้านน็อคดาวน์ จำนวน 400 หลัง ให้กับผู้ที่ประสบภัยที่บ้านเรือนเสียหายหลังจากเหตุการณ์น้ำท่วม รูปแบบที่จะนำไปมอบให้กับชาวบ้านในครั้งนี้ยังคงแนวคิดเดิมของบ้านฉุกเฉินชั่วคราวนั่นคือ ต้องเร่งก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว และราคาถูกแต่ที่แตกต่างไปจากรูปแบบบ้าเดิมๆที่เคยทำมาก็คือแนวคิดในเรื่องของการอยู่อาศัยแบบชั่วคราวและต้องรื้อถอนนั้น ถูกกำหนดให้เป็นบ้านในลักษณะแบบถาวรที่ชาวบ้านได้รับบริจาค (ต้องผ่อนชำระค่าบ้านให้รัฐประมาณ 900 บาท ต่อเดือน) ดังนั้นรูปแบบบ้านของมูลนิธิจึงได้ถูกออกแบบขึ้นใหม่หมดและมีความแตกต่างจากบ้านฉุกเฉินที่เคยใช้กับเหตุการณ์ภัยพิบัติครั้งที่ผ่านๆมา แบบบ้านของมูลนิธิไทยคมที่ได้มอบให้กับชาวบ้านที่ประสบภัยตามนโยบายของรัฐบาลในครั้งนี้เป็นอาคารยกใต้ถุนสูงระบบ Knock down แบบ Skeleton โครงสร้างอาคาร หลังคาและบันไดเป็นเหล็ก ผนังวีว่าบอร์ด และพื้น Precast (ต่อมาได้พัฒนาเปลี่ยนมาใช้พื้น Post tension) หลังคากระเบื้องลอน พื้นที่ใช้สอยถูกแยกออกเป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน มีห้องนอน 2 ห้องขนาด 3.60 x 2.40 เมตร ห้องครัว 3.60 x 2.40 เมตร ห้องน้ำ 1.20 x 2.40 เมตร ห้องรับแขก 3.60 x 2.40 เมตร และโถงหน้าบันได 1.00 x 1.20 เมตร พื้นที่ใช้สอยชั้นบนรวม 33.40 ตารางเมตร (สุธี, 2550)

**2.10 ความต้องการพื้นที่ใช้สอยของผู้อยู่อาศัย**

ผู้ใช้สอยอาคารมีความต้องการพื้นที่ใช้สอยประกอบกิจกรรมที่แตกต่างกันไปตามความเคยชิน ค่านิยม วิถีชีวิต ประเพณีและวัฒนธรรมการอยู่อาศัยของคนกลุ่มนั้นๆโดยสิ่งเหล่านี้จะถูกสะท้อนออกมาในเรื่องของขนาดพื้นที่ใช้สอย และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับชีวิตประจำวัน

ความต้องการทางด้านกายภาพ มนุษย์มีความต้องการพื้นที่ที่มีขนาด ระยะ ความกว้าง ยาว สูง ที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและวิถีชีวิตของตอนเอง ดังนั้นระยะต่างๆของพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยจำเป็นต้องเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของผู้ใช้สอยอาคาร และมีพื้นที่เพียงพอที่จะสามารถประกอบกิจกรรมต่างๆที่หลากหลายได้อย่างเหมาะสม ในการพิจารณาสัดส่วนของผู้ใช้สอยอาคาร พบว่าคนไทยโดยเฉลี่ยช่วงอายุ 20 – 40 ปี มีความสูงโดยประมาณ 167 เซนติเมตร และมีระยะสัดส่วนของร่างกายคนไทย (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)




**รูปที่ 2.4** สัดส่วนคนไทย (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.11 ระบบประสานทางพิกัด**

ปัจจุบันการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปได้พัฒนาและแก้ปัญหาได้ในหลายๆประเทศในภาคพื้นยุโรป และประเทศกำลังพัฒนาอย่างได้ผล ในสมัยก่อนการผลิตส่วนประกอบจากโรงงาน ได้เคยใช้มาบ้างแต่เป็นเพียงบางส่วนของอาคาร เช่นส่วนประกอบประตูหน้าต่าง แต่มีข้อบกพร่องมากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ เพราะส่วนประกอบเหล่านั้นไม่มีการกำหนดการประสานทางพิกัด ส่วนประกอบที่ผลิตขึ้นไม่พอดีกับวัสดุชิ้นอื่นที่ทำเตรียมไว้หรือแม้ส่วนประกอบชิ้นเดียวกันซึ่งผลิตจากโรงงานอื่นๆความยุ่งยากจึงเกิดขึ้นเสมอ ต่อมามีการพิจารณาระบบประสานทางพิกัดในอาคารขึ้นเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆที่เคยมี ช่วยให้การก่อสร้างดำเนินไปอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะก่อสร้างด้วยระบบเดิม หรือระบบสำเร็จรูป ในการจัดทำวัสดุก่อสร้าง ประมาณปี 1950 อาจมีวัสดุและวิธีการทำ Table Top เพียง 20 วิธี แต่ปัจจุบันมีไม่น้อยกว่า 100 วิธี การมีวัสดุที่มากขึ้น อาจไม่ช่วยแก้ปัญหามากนัก ถ้าวัสดุเหล่านั้นไม่มีระบบประสานทางพิกัด ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ใช้ระบบนี้กับวัสดุก่อสร้างด้วย นอกจากนั้นการออกแบบเพื่อการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูป ก็จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบการประสานทางพิกัดด้วย

จุดประสงค์สำคัญของระบบประสานทางพิกัดนั้นเพื่อช่วยกำหนดให้ส่วนประกอบในอาคารมีความสัมพันธ์กันในมิติ หรือขนาดจนสามารถช่วยในการก่อสร้าง การติดตั้ง ทำได้ง่าย รวดเร็วไม่ต้องตัดแต่ง โดยกำหนดหน่วยความยาวหลักขึ้นมาหน่วยหนึ่ง เพื่อวางเป็นมาตรฐานในการประสานทางพิกัด เรียกว่าหน่วยพิกัดมูลฐาน ค่าของหน่วยที่จะมาเกี่ยวข้องกับการประสานทางพิกัดนี้จะต้องเป็นค่าที่เพิ่มหรือลดจากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน ตัวอย่าง เช่นใช้ พ เป็นหน่วยพิกัดมูลฐานหน่วยคูณพิกัดมูลฐานอาจเป็น 3 พ. หรือ 6 พ. (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.12 การออกแบบในระบบประสานทางพิกัด**

แนวคิดในการออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัดถูกใช้มาตั้งแต่ในสมัยกรีกและโรมัน หน่วยพิกัด (Module) ถูกนำมาใช้เพื่อก่อให้เกิดความสัมพันธ์ทางด้านมิติ (Dimension) และสัดส่วน

(Proportion) ที่สอดคล้องจนเกิดความงดงามเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป แต่การออกแบบในระบบประสานทางพิกัดได้ถูกพัฒนาอย่างจริงจังในช่วงสมัยเริ่มต้นของสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่ออุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยวัตถุประสงค์หลักของระบบประสานทางพิกัด คือการกำหนดให้ขนาด ระยะ และชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารมีการประสานสอด คล้องซึ่งกันและกัน เพื่อก่อให้เกิดการประกอบติดตั้ง การก่อสร้างที่มีความสะดวกรวดเร็ว และสวยงาม

ในการออกแบบอาคารในระบบประสานทางพิกัด สิ่งที่มีความจำเป็นเบื้องต้น คือ การกำหนดมิติ (Dimension) และหน่วยพิกัด (Module) เนื่องจากทั้งสองสิ่งดังกล่าวเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดระบบการประสานทางพิกัด และช่วยกำหนดให้ขนาด ระยะ สัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารมีความสัมพันธ์และสอดคล้องซึ่งกันและกัน (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.13 การกำหนดมิติ**

การผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ในระบบอุตสาหกรรม การกำหนดมิติของพื้นผิวของวัตถุ และที่ว่างนั้นมีความสำคัญ มิติที่ใช้ต้องมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกับชิ้นส่วนอื่นๆ ที่จะประกอบเข้าด้วยกันในภายหลัง และต้องมีค่าความสัมพันธ์กับการใช้งานหรือส่วนอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นชิ้นส่วนของอาคารโดยตรง การกำหนดมิติในระบบประสานพิกัดในอาคาร (ชวลิต, 2528) ประกอบด้วย

1) มิติ (Dimension)

มิติ หมายถึง ระยะระหว่างจุด 2 จุด มิติเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมากในขั้นตอนการวางผังและการออกแบบอาคารในระบบอุตสาหกรรมมิติของชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับเนื้อที่ที่เตรียมไว้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบจำเป็นจะต้องมีการประสานกันอย่างดี เรียกว่า มิติประสานซึ่งแสดงถึง ขนาดเนื้อที่ความต้องการของส่วนประกอบเมื่อรวมรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าแล้ว มิติประสานนี้จะใช้ได้ผลดีเมื่องานขั้นต่างๆที่เกี่ยวเนื่องกับมิติประสานมีความถูกต้อง แน่นอน

เมื่อกำหนดระบบมิติประสานแล้วการนำไปใช้ในขั้นต่างๆของงานเอานำมาใช้ ได้ในหลายขั้นตอน เช่น ใช้ในการออกแบบโดยสถาปนิก วิศวกร ใช้ในการผลิตภายใน โรงงานอุตสาหกรรม ใช้ในขั้นตอนการติดตั้งโดยคนงานเป็นต้น

การวัดหรือการใช้มิติในลักษณะที่แตกต่างกันทำให้เกิดปัญหาในการวัดขึ้นจนทำไห้ส่วนประกอบที่มีขนาดผิดไปจากที่คำนวณ ไว้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดค่าความเบี่ยงเบนและความคลาดเคลื่อนที่แน่นอนในเรื่องของมิติที่อาศัยซึ่งกันและกันโดยกำหนดว่าความเบี่ยงเบนควรมีเท่าใดจึงจะมีความเหมาะสม

2) มิติอาศัยซึ่งกันและกัน (Inter – dependence Dimension)

มิติอาศัยซึ่งกันและกัน หมายถึง มิติที่ใช่ทำงานตามที่ความสัมพันธ์ โดยตรงกับมิติที่มิอยู่ก่อน สำหรับในงานก่อสร้างอาคารย่อมจะประกอบไปด้วยงานหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกัน ปัญหาอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการสร้าง คือ งานที่จะต้องรอกันคนงานบางกลุ่มไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ต้องรอให้คนงานอีกกลุ่มหนึ่งทำงานส่วนนั่นให้เสร็จก่อน ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเพราะงานส่วนต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยมิติซึ่งกันและกันเช่น งานหน้าต่างจะไม่สามารถเริ่มติดตั้งได้ ถ้าพื้น ผนัง หรือฝ้าเพดานติดตั้งยังไม่เสร็จ เป็นต้น (ชวลิต, 2528)

งานออกแบบก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป พบว่า การจัดลำดับของงานที่เตรียมไว้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการรอกันออกไปได้ แต่อาจจะเกิดปัญหาในเรื่องของความแม่นยำขึ้นมาแทน เนื่องจากการที่ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดที่แม่นยำตามความต้องการนั้นทำให้ได้ยากและทำให้ต้นทุนการผลิต รวมถึงค่าแรงสูงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่

ที่มีชิ้นส่วนจำนวนมากๆยิ่งไม่สามารถกำหนดขนาดให้มีความแม่นยำได้โดยทั่วทุกจุด ในการออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้มิติอาศัยซึ่งกันและกันในส่วนที่ไม่มีความจำเป็น โดยมีหลักการ ดังนี้

- การใช้รอยต่อแบบสัมผัส หรือเว้นร่อง ควรใช้ให้น้อยแห่งที่สุด เพราะถ้ามีรอยต่อหลายแห่งก็จะทำให้เกิดมิติอาศัยซึ่งกันและกันหลายครั้ง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่มากขึ้นในการติดตั้งชิ้นส่วนตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปเข้าด้วยกัน จะนิยมเว้นเนื้อที่รอยต่อเอาไว้ด้วย แล้วถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อแบบสัมผัส การทำงานอาจเกิดปัญหาเนื่องจากการยืดหดตัวของวัสดุได้โดยเฉพาะถ้าชิ้นส่วนมีความแม่นยำไม่เพียงพอ รวมถึงถ้าหากการติดตั้งไม่มีความชำนาญก็จะทำให้การทำงานเป็นไปได้ยาก ในทางตรงกันข้ามถ้ารอยต่อที่ใช้เป็นรอยต่อประเภทเว้นร่อง การทำงานก็จะสะดวกขึ้นสามารถที่จะเตรียมเนื้อที่ที่ต้องการได้ง่ายกว่า แต่เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะเห็นรอยต่อได้อย่างชัดเจน การใช้รอยต่อประเภทนี้จะใช้เฉพาะที่เป็นงานพิเศษซึ่งจะแสดงให้เห็นชำนาญของช่างก่อสร้างออกมาได้

- ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งแบบผิวสัมผัสและเปลี่ยนมาใช้การติดตั้งแบบขอบต่อขอบหรือขอบต่อผิวแทน

- ควรหลีกเลียงการติดตั้งชิ้นส่วนที่มีรอยต่อหลายแบบในเวลาเดียวกัน จะทำให้เกิดความลำบากในการทำงาน เนื่องจากการยืดหดตัวของวัสดุและความไม่แม่นยำในการผลิต (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.14 ความเบี่ยงเบน**

ความเบี่ยงเบน (Deviation) คือ ความแตกต่างในการวัดระยะส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัดของส่วนประกอบนั้นในการออกแบบและการก่อสร้าง โดยทั่วไปจะทำงานด้วยขนาดที่กำหนดแน่นอนแต่การที่มีความแม่นยำในการปฏิบัติจึงต้องมีการคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนและความเบี่ยงเบนด้วยเสมอ ความเบี่ยงเบนนี้อาจเกิดขึ้นในระยะใดระยะหนึ่งของการทำงานก็ได้ เช่น การควบคุมขนาดที่ไม่มีความละเอียดเพียงพอในขั้นตอนการผลิต การยืดหดตัว การสูญเสียรูปร่างเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุในขั้นตอนการขนส่ง หรือการเก็บรักษาในพื้นที่ก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของความเบี่ยงเบน ดังนี้

1) ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีสาเหตุมาจาก
   - ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการผลิต
   - คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้และวิธีการผลิตชิ้นส่วนวัสดุต่างๆ
2) ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจากติดตั้ง
   - ความไม่แม่นยำในการวัด และการควบคุมขนาดระหว่างการติดตั้ง
   - ขนาดและประเภทของวัสดุที่ใช้
   - วิธีการในทำการงาน และการติดตั้ง
   - ขนาดของอาคารที่จะติดตั้งส่วนประกอบอาจมีขนาดที่ผิดไปจากเดิม ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้มากที่สุด

การคิดตำแหน่งของส่วนประกอบควรคิดจากระยะที่เหลือหลังจากการติดตั้งส่วนประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว โดยพิจารณาแก้ไขในทุกๆจุด ทุกๆปัญหาอย่างใกล้ชิด แล้วยึดหลักความเบี่ยงเบนที่แท้จริงเป็นสำคัญ (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.15 ความคลาดเคลื่อน**

ความคลาดเคลื่อน (Tolerance) คือ ค่าความแตกต่างของขนาดตามขนาดที่ยินยอมให้ใหญ่ที่สุดกับขนาดที่ยินยอมให้เล็กที่สุด

ความคลาดเคลื่อนมี 2 รูปแบบ คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต และ ความคลาดเคลื่อนที่เกิด ณ สถานที่ก่อสร้าง ในการก่อสร้างความเบี่ยงเบนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก การกำหนดความคลาดเคลื่อนจึงถือหลักที่ว่า จะยอมให้เกิดระยะเบี่ยงเบนได้มากสุดเท่าใด โดยการกำหนดความคลาดเคลื่อนให้ง่ายและมีความสะดวกมากที่สุด ควรจะกำหนดให้ ค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางลด (Negative) มีค่าเท่ากับค่าความเบี่ยงเบนของขนาดมูลฐานในทางเพิ่ม (Positive) และถ้างานนั้นๆ มีความจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (เนื่องจากงานไม่มีความต้องการความแม่นยำ) ก็สามารถใช้ขนาดมูลฐานได้

ในการติดตั้งชิ้นส่วนประกอบหลายๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน ระยะที่วัดได้(Actual Measurement) หลังการติดตั้งนั้นจะมีขนาดอยู่ระหว่างผลรวมของขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้กับขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมให้และการวัดค่าความคลาดเคลื่อนรวมให้ใช้การบวกความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนที่ติดต่อกันเข้าด้วยกันซึ่งจะสามารถทราบความคลาดเคลื่อนรวมของชิ้นส่วนได้อย่างชัดเจน

ในทางปฏิบัติอาจมีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นในทางลดหรือทางเพิ่ม หรืออาจเกิดขึ้นในด้านใดด้านหนึ่งทางเดียวก็ได้แต่จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดอาจจะมีน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนของส่วนประกอบแต่ละชิ้นรวมกัน (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.16 มิติประสาน**

มิติประสาน (Coordinating Dimension) คือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้เพื่อติดตั้งส่วนประกอบหรือกลุ่มของส่วนประกอบ หรือส่วนมูล (Element) ขนาดประสานเท่ากับขนาดใช้งานรวมกับเนื้อที่บริเวณขอบทั้งสองด้าน

การเลือกมิติประสานสำหรับส่วนประกอบสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับการตัดสินใจจากประสบการณ์ที่พบบ่อยในการติดตั้ง และขนาดของส่วนประกอบที่จะกำหนดเป็นขนาดใช้งานที่ควรสามารถวัดได้อย่างแน่นอนและมีการกำหนดตายตัวในการออกแบบ ขนาดประสานจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเนื้อที่รอยต่อทั้งสองข้างซึ่งมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการออกแบบและปัจจัยอีกหลายอย่าง ในการประกอบชิ้นส่วนประกอบอาคารหลายๆชิ้นเข้าด้วยกันมิติประสานของส่วนประกอบเหล่านี้จะไม่มีความแน่นอน เหมือนกับที่กำหนดไว้ในชิ้นส่วนประกอบชิ้นเดียว ในกรณีนี้มิติประสานที่กำหนดควรที่จะกำหนดตามประสบการณ์ที่พบบ่อยๆในปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการออกแบบมิติประสานมีความสำคัญมากในการก่อสร้างอาคาร ถ้ามิติมีความแน่นอนก็จะไม่มีความยุ่งยากเกิดขึ้น แต่ถ้ามิติมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาปัญหาอย่างใกล้ชิดในทุกๆ จุด เพื่อตรวจสอบว่ามิตินั้นเปลี่ยนแปลงจนเป็นเหตุให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อส่วนประกอบที่มีมิติอาศัยซึ่งกันและกันหรือไม่มิติประสานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (Testa, 1959) คือ

1) มิติประสานที่แน่นอน คือ มิติประสานของส่วนประกอบที่มีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นน้อยมาก จนสามารถที่จะถูกกลืนหายไปในรอยต่อที่กำหนดให้ จึงไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อขนาดประสานของส่วนประกอบ ซึ่งจะทำให้การทำงานในขั้นตอนต่อไปสามารถดำเนินการได้อย่างสะดวก เช่น การติดตั้งส่วนประกอบของโครงสร้างขนาดใหญ่บางชนิดจำเป็นที่จะต้องมีขนาดประสานที่แน่นอนเมื่อติดตั้งส่วนประกอบปลีกย่อย เช่น ประตู หน้าต่าง ก็จะถือมิติประสานของโครงสร้างเป็นหลักอ้างอิง

ในบางกรณีส่วนประกอบของโครงสร้างก็มีรอยต่อที่ไม่แน่นอน เช่น ผนังก่ออิฐ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการทำงานตามลำดับขั้นตอน จึงมีการกำหนดขอบเขตของเนื้องานที่โครงสร้างไว้ให้แน่นอนและดำเนินการติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้างภายในขอบเขตนั้นๆเพื่อถือมิติประสานหลักในการดำเนินงานชนิดอื่นต่อไป

2) มิติประสานที่ไม่แน่นอน คือ ค่าความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบเกิดขึ้นมากกว่าที่จะอยู่ในรอยต่อได้ มิติประสานก็จะเปลี่ยนแปลงได้ในทันที การทำงานจะต้องดำเนินไปโดยอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจด้วยสามัญสำนึก โดยพิจารณาถึงธรรมชาติและลักษณะของส่วนประกอบที่นำมาใช้ เช่น ครุภัณฑ์ในห้องครัวที่จำเป็นต้องติดตั้งด้วยวิธีการต่อแบบสัมผัสจำเป็นที่จะต้องผลิตขนาดของส่วนประกอบให้มีความเบี่ยงเบนไปในทางลดเพื่อการติดตั้งจะสามารถทำได้อย่างสะดวกในพื้นที่ที่มีเนื้อที่ไม่พอดี และอาจจะใช้บัวไม้ปิดเพื่อให้เกิดความเรียบร้อยก็ได้ แต่ถ้าเป็นผนังเบากั้นภายในห้องก็ควรอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตชิ้นส่วนให้มีความเบี่ยงเบนของส่วนประกอบไปในทางเพิ่มเพื่อให้สามารถตัดส่วนเกินออกได้โดยง่าย

**2.17 หน่วยพิกัด**

ในทางทฤษฎี “พื้นฐานพิกัดเป็นหน่วยของการวัด” ซึ่งจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจใน มิติต่างๆ ทั้ง 2 และ 3 มิติ และพิกัดมีความสัมพันธ์กันในสเกลหรือขนาดสัดส่วนเดียวกันยกตัวอย่างได้จากสถาปนิก และช่างก่อสร้างได้ใช้หลักการเป็นมูลฐาน ในการใช้การประสานทางพิกัด ของสัดส่วนอยู่แล้วมาตั้งแต่สมัยโบราณ จะเห็นว่ามีการกำหนดหรือระยะส่วนประกอบอาคารให้มีความสัมพันธ์กันทุกๆ ส่วน หรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างส่วนย่อยกับส่วนใหญ่ ทั้งนี้อาจจะได้จากการสังเกตตามธรรมชาติ หรือรูปความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับทางเรขาคณิตรูปร่างต่างๆ แม้แต่สัดส่วนของมนุษย์เองก็ตาม

ตามประมวลศัพท์ “หน่วยพิกัด” (Module) คือ หน่วยของขนาดซึ่งใช้เป็นตัวเพิ่มในการประสานทางมิติ หน่วยขนาดดังกล่าว อาจเป็นหน่วยที่ใช้วัดขนาดโดยการทวีคูณ โดยการลบออก หรือโดยการแบ่งออกก็ได้ ในการก่อสร้างได้มีการพิจารณาใช้หน่วยพิกัดประเภทต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 12 ประเภท ดังนี้

1) หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง (Material Module) เป็นสิ่งที่ต้องการจากขนาดและปริมาณทางวัตถุดิบและความต้องการทางด้านตลาด วิศวกรรม เห็นตัวอย่างได้ชัดในกรณีไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการนำมาใช้ โดยมีขบวนการในรูปแบบของธรรมชาติมากที่สุด ขนาดของหน่วยพิกัดในข้อนี้จะขึ้นอยู่กับ

- ขนาดตามธรรมชาติของวัตถุดิบ
- ความจำเป็นทางด้านเทคโนโลยีในการผลิต
- คุณสมบัติได้จากด้านคุณภาพของวัตถุดิบ
- ความต้องการของตลาดและสภาวะการเศรษฐกิจของการผลิต

ในปัจจุบันของวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิม ใช้ได้กับเครื่องมือขนาดเล็กใช้ได้แรงงานคน โดยมีการช่วยเหลืออาศัยเครื่องมืออื่นช่วยน้อยในอนาคตแนวโน้มของหน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้างจะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับเทคนิคการก่อสร้าง เทคนิคในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ทั้งจากโรงงานผลิตวัสดุและการประกอบเป็นตัวอาคารในสถานที่ก่อสร้าง

2) หน่วยพิกัดในการใช้งาน (Performance Module) ถูกกำหนดขึ้นมาเก็งประโยชน์มาก ข้อเสียน้อย เมื่อคำนึงการนำวัสดุไปใช้อย่างไร ในกรณีนี้ไม่เกี่ยวกับเรื่องทางกล ทางการป้องกันเสียงทางเคมี ทางไฟฟ้า หรือทางความร้อนเย็น แต่ไปเกี่ยวข้องกับด้านคุณสมบัติทางโครงสร้างและสภาวะทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า ตัวอย่างเช่น การใช้วัสดุอย่างหนึ่งมีความหนาอย่างหนึ่งกำลังอาจไม่พอ แต่ถ้าใช้ขนาดโตตามหน่วยพิกัดก็โตไป การนำมาใช้งานจำเป็นต้องเลือกขนาดที่โตซึ่งไม่ประหยัด หรือใช้ขนาดเล็กแต่ต้องมีการปรับปรุงให้กำลังมากขึ้นวิธีอื่น หรือถ้านำวัตถุมาใช้ก็เหมาะสมดีแล้ว แต่น้ำหนักตัววัสดุ อาจมากเกินที่ยอมรับ เช่น ลักษณะของกำแพงก่ออิฐรับน้ำหนัก เมื่ออาคารมีความสูงขึ้นจำนวนก้อนอิฐที่รองรับก็ต้องเพิ่มขึ้น ความหนาเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะได้สามารถรับแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นของอาคารได้ เมื่อวัสดุก่อสร้างมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ พลาสติก โลหะ แร่ จะเห็นว่า หน่วยพิกัดการใช้งานจะเกิดขึ้นจากการรวมกันขึ้นจาก หน่วยพิกัดมูลฐาน เฉพาะวัสดุแต่ละชนิด

3) หน่วยพิกัดทางเรขาคณิต (Geometry Module) หมายถึง ระบบสัมพันธ์ของสัดส่วนของทั้งโครงสร้างของข้อมูลเฉพาะแห่งและแผนผังทั่วไปดังนั้น จึงคลุมไปถึงระเบียบการพิกัดที่ถูกเลือกมาใช้เพื่อให้เกิดการปรับตัวภายใน และให้ทำได้หลายๆ วิธีด้วยกัน สามารถกระทำได้โดยเพิ่มส่วนหรือลดส่วนลงก็ได้ โดยใช้ชุดพิกัดตัวเลขได้หลายชุดด้วย วิธีใช้หน่วยพิกัดทางเรขาคณิตจะเกี่ยวโยงไปไม่เพียงแต่เรื่องส่วนย่อยที่ได้สัดส่วนของขนาด กว้าง ยาว ใช้เป็นส่วนมูลอาคาร การใช้ผังพิจารณาหน่วยพิกัดนี้ ต้องคำนึงถึงทั้งพิกัดระหว่างจุดกับจุด เส้นกับเส้น พื้นที่กับพื้นที่ และ ปริมาตรกับปริมาตร

4) หน่วยพิกัดปฏิบัติ การลำเลียง การขนส่ง (Handling Module) หน่วยพิกัดการปฏิบัติการถูกบังคับโดยธรรมชาติทางกายภาพของหน่วยพิกัดนั้น โดยคำนึงถึงการขนส่ง การเก็บ และการติดตั้ง การยกเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร และด้วยแรงงานธรรมดา การบรรจุเลื่อนย้ายด้วยพาหนะขนส่ง สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ ข้อจำกัดของมิติ ความกว้างยาวขององค์ประกอบอาคารเพื่อความสะดวกในระหว่างการก่อสร้าง จึงต้องคำนึงถึง หน่วยพิกัดการปฏิบัติการวัสดุชิ้นเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยแรงงานมนุษย์ 1-2 คน แต่การเคลื่อนย้ายโดยมนุษย์นี้จะถูกจำกัดโดยช่วงกว้างของแขน และหากวัตถุที่มีชิ้นใหญ่ก็จะถูกเคลื่อนย้ายโดยเครื่องจักร การเคลื่อนย้ายต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ระหว่างการก่อสร้างด้วยเช่น แรงลมระหว่างการนำวัสดุพิกัดไปทำการติดตั้งเป็นต้นตัวอย่างเช่น ของความยาวของพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง กำหนดตัวแปรของความยาวและขนาดของชิ้นงานที่ผลิต

5) หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง (Structure Module) หน่วยพิกัดโครงสร้างสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับขนาดความโต และช่วงพาดขนาดตัววัสดุบรรจุระหว่างโครง หรือส่วนอื่นที่พาดอยู่ข้างบน ความลึก ความหนาของคาน หน่วยพิกัดโครงสร้างมีความสำคัญไปถึงการวางรอยต่อ การใช้โครงองค์อาคารอื่นๆ พาดอยู่อย่างไรบนโครงสร้างสำคัญตัวอย่างเช่น การใช้อาคารโครงสร้างเหล็กต้องคำนึงถึงพิกัดที่มีความสำพันธ์ของช่วงพาดระหว่างโครงสร้าง การออกแบบควรคำนึงถึงความยาวของเหล็กรูปพรรณซึ่งอยู่ที่ 6 เมตรเป็นต้น

6) หน่วยพิกัดส่วนมูล (Element Module) เป็นหน่วยพิกัดขนาดกว้างยาว ถูกกำหนดโดยรูปร่างลักษณะซึ่งอาจจำแนกย่อยลงเป็นชนิดทางพื้นผิวโปร่งแสง โปร่งใส เป็นโครงกรอบ และอาจจำแนกเป็นลักษณะทางรูปร่างเช่น เป็นรูปโค้ง รูปหักมุม รูปส่วนมูลรับน้ำหนัก รูปส่วนมูลไม่รับน้ำหนัก ส่วนมูลเลื่อนได้ ส่วนมูลติดตาย ส่วนมูลทางตั้ง ส่วนมูลทางนอน ทำให้สะดวกในการจัดหมวดหมู่และทำการเลือกใช้และยังสัมพันธ์กับวิธีการผลิตของโรงงาน และสร้างความเป็นสากลไม่ให้เกิดความแตกต่าง แบ่งแยกระหว่างรูปแบบองค์ประกอบแต่ละอันด้วย

7) หน่วยพิกัดรอยต่อ (Joint Module) จุดที่ต้องยึดแข็งแรง ต่างจากแนวชนที่ชิดกันเพื่อความเรียบร้อย หน่วยพิกัดรอยต่อจำกัดไว้ตรงตำแหน่งต่างๆ นอกเหนือไปจากแนวที่ชิดกันระหว่างแผ่นส่วนมูลฐานดังกล่าว รอยต่อที่กล่าวถึงนี้ต้องต่อด้วยวิธีกล ใช้ง่ายสะดวกต่อการประกอบ ให้ติดตั้งแผ่นมูลฐานไว้ได้ตามต้องการให้มีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ และอาจใช้อุปกรณ์ต่อ ยึดติดตรงตำแหน่งกำหนดไว้ วางเป็นจังหวะพิกัดได้ หน่วยพิกัดรอยต่อดังกล่าวนี้ซับซ้อน ยุ่งยาก และสัมพันธ์กันต้องพิจารณาทั้ง 3 มิติ

8) หน่วยพิกัดส่วนประกอบอาคาร (Component Module) หน่วยพิกัดหน่วยนี้อยู่นอกเหนือที่จะจัดเข้าไว้ใน Structure Module หรือ Element Module ได้ อาจจะถูกยึดอยู่กับตัวอาคาร หรือจัดให้อยู่ในส่วนเสริมหรือส่วนต่อเติมก็ได้ ตัวอย่างเช่น ตัวบันได ตัวลิฟต์ เป็นต้น

9) หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance Module) หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน ซึ่งระบุตำแหน่งเป็นระยะๆ ตามความจำเป็นและคอยตรวจสอบดู เมื่อผิดพลาดทีละเล็กทีละน้อยมากเข้าก็จัดตำแหน่งที่จะเป็นหน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อนเสียก็จะลดความคลาดเคลื่อนลง

10) หน่วยพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ (Installation Module) คลอบคลุมไปถึงทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งตำแหน่งที่ตั้งด้วยของพวกอุปกรณ์ต่างๆ เช่นสายเคเบิ้ลช่องเดินท่อช่องออกท่อที่มีอยู่ในระบบการก่อสร้างทั้งสิ้น หมวดใหญ่ๆ ของอุปกรณ์จัดเป็น 4 หมวดใหญ่ๆดังกล่าว และมีหมวดย่อยๆอีก เช่น อุปกรณ์ไฟ แสงสว่างกำลัง การติดต่อคมนาคม การปรับอากาศ การระบายอากาศ น้ำร้อนน้ำเย็น น้ำใช้ ท่อระบายอากาศ ท่อแก๊ส การรวบรวมสิ่งต่างๆ ตามที่กล่าวมานี้เป็นหน้าที่สำคัญในการสร้างความเป็นระบบที่เป็นระเบียบให้เกิดกับการประสานทางพิกัดทั่วๆไปและจะสำเร็จได้จากการทำการติดตั้งตามจุดต่างๆ อย่างถูกต้องมั่นคงและต้องทำการวางแผนการติดตั้ง ตั้งแต่เริ่มแรกอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

11) หน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร (Fixture Module) หน่วยพิกัดขนาดอุปกรณ์เครื่องใช้ เครื่องเรือน ติดกับที่ทั้งหลายเช่น ตู้ โต๊ะ อ่างล้างหน้า เครื่องแต่งตัว ผลิตภัณฑ์ได้จากตลาดทั่วไป หรือจากห้องทดลองและอุปกรณ์ต่างๆจะต้องมีความสัมพันธ์กับระบบอื่นๆ ตามที่กล่าวมาด้วย ในฐานะเป็นผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในขนาดของสิ่งต่างๆ ซึ่งอยู่รอบตัวอย่างมากมาย เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจใช้ขนาดที่เหมาะสมสำหรับหน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร

12) หน่วยพิกัดทางออกแบบ (Planning Module) เป็นผลรวมของหน่วยพิกัดทั้งหลายที่กล่าวแล้ว การปรับ การนำมาใช้ร่วมกันให้ได้ หน่วยพิกัดนี้จะควบคุมหัวข้อต่างๆ ของหน่วยพิกัดที่กล่าวถึงข้างต้นให้นำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตารางพิกัดแผนผัง ที่มีลักษณะการใช้วัสดุระบบโครงสร้าง และระบบการก่อสร้างที่ต่างกันย่อมหมายถึง ลักษณะทางสถาปัตยกรรมจะให้ผลที่แตกต่างกันไปด้วยพิกัดแผนผังที่ใช้งานได้ดีที่สุด จะต้องมีความสัมพันธ์กับพิกัดมูลฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้กับการผลิตวัสดุก่อสร้างตามมาตรฐานของการประสานทางพิกัดตารางพิกัดแผนผังในแบบจะให้ความสะดวกรวดเร็วในการให้มาตราส่วน การกำหนดจุด ตำแหน่งและระยะ และในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อมวล ที่ว่างต่อที่ว่างหรือระหว่างที่ว่างกับมวล ได้โดยง่ายและมีความหนาแน่นกว่าการทดลองบนกระดาษว่าง ซึ่งสัดส่วนความสัมพันธ์ดังกล่าว จะได้ผลในลักษณะตัวเลขที่มองไม่เห็นชัดเจนและเข้าใจง่าย การหาพิกัดแผนผังได้มาจากการกำหนดขึ้นของผู้ออกแบบตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากหน่วยพิกัดมูลฐาน และขนาดมาตราของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม พิกัดแผนผังที่มีค่าเป็นผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน ในลักษณะของหน่วยคูณพิกัด ตารางพิกัดแผนผังที่นิยมใช้กันมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square grid) (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.18 ตารางพิกัดมูลฐาน**

ในการออกแบบระบบประสานทางพิกัด ซึ่งจะใช้ตารางที่มีขนาดผลคูณพิกัดเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ โดยใช้อ้างอิงและกำหนดขนาดระยะและตำแหน่งของส่วนประกอบ ซึ่งเรียกว่า ตารางพิกัด (Module Gird) โดยกำหนดขนาดของตารางตามขนาดของหน่วยคูณพิกัดที่เลือกใช้สำหรับการออกแบบ ในกรณีที่เลือกใช้ขนาดตารางพิกัดเท่ากับหน่วยพิกัดมูลฐาน (100 มิลลิเมตร) จะเรียกตารางนี้ว่าตารางมาตรฐาน (Standard Grid) โดยตารางพิกัดที่เลือกใช้นั้น อาจเป็นตารางพิกัดที่อยู่ในแนวระนาบราบ เช่น ตารางพิกัดที่ใช้ในการออกแบบผังพื้น หรืออาจอยู่ในแนวระนาบดิ่ง เช่น ตารางพิกัดของรูปด้าน หรืออาจเลือกใช้ทั้งสองแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระนาบที่อ้างอิง

ปกติตารางพิกัดจะมีการประสานหรือสัมพันธ์สอดคล้องกันในทุกระนาบในลักษณะของ 3 มิติ แต่ก็ไม่จำเป็นเสมอไปที่จะต้องมีขนาดที่เท่ากัน ดังนั้น การเลือกใช้ตารางพิกัดในแนวระนาบราบและในแนวระนาบดิ่งจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีขนาดเท่ากันตารางพิกัดสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบได้แก่

1) ตารางพิกัดแผนผัง (Planning Module Grid) เป็นตารางที่ใช้สำหรับการออกแบบทั่วๆไป เช่น ผังอาคารที่แสดงชิ้นส่วนผนังการกั้นห้อง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ขนาดของพิกัดแผนผังได้มาจากการประสานหรือขนาดพิกัดอื่นๆ เช่น พิกัดโครงสร้าง พิกัดวัสดุความต้องการการใช้สอยเป็นต้น

2) ตารางพิกัดโครงสร้าง (Structure Grid) เป็นตารางพิกัดที่แสดงตำแหน่ง ระยะต่างๆของโครงสร้างอาคาร เช่น ตารางที่เกิดจากเส้นแสดงแนวเสา หรือเส้นแสดงแนวคาน

3) ตารางพิกัดอ้างอิง (Reference Grid) เป็นตารางที่ใช้แสดงขนาด ระยะ หรือตำแหน่งของเส้นสายต่างๆ ในแบบก่อสร้าง ใช้อ้างถึงเพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจ (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.19 การประสานทางพิกัด**

การประสานทางพิกัด (Module Coordination) คือ การประสานทางมิติที่ใช้ระบบมูลฐาน (Basic Module) หรือหน่วยคูณพิกัด (Multimodule)

เหตุที่ต้องมีการใช้ระบบพิกัดในการก่อสร้าง เนื่องจากการก่อสร้างอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดหลายประเภทซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน การนำวัสดุต่างขนาดเข้ามาประกอบใช้ร่วมกันในอาคารเดียวกันนั้น โดยทั่วไปมักเกิดปัญหาว่าขนาดของวัสดุประสานกันไม่พอดี ต้องมีการตัดเพื่อปรับขนาดให้เหมาะสมแก่การติดตั้ง ซึ่งทำให้เสียทั้งวัสดุ แรงงาน และเวลาดังนั้น ระบบประสานพิกัดในงานก่อสร้างอาคารจึงช่วยให้วัสดุที่ต่างชนิด ต่างขนาดสามารถประกอบกัน และใช้ร่วมกันได้อย่างพอดี โดยไม่ต้องมีการตัดแต่ง ทำให้เกิดความรวดเร็ว และความประหยัดในการก่อสร้าง

การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร(Modular Coordination in Building) คือการนำระบบการประสานทางพิกัดมาใช้ในงานก่อสร้าง โดยใช้ในทุกขั้นตอนของการทำงานตั้งแต่การออกแบบ การผลิตวัสดุก่อสร้างหรือชิ้นส่วนอาคาร การใช้วัสดุก่อสร้าง ตลอดจนถึงการติดตั้ง ซึ่งช่วยให้งานก่อสร้างมีความสะดวกรวดเร็ว และประหยัด

วัตถุประสงค์หลังของระบบการประสานทางพิกัดคือ ต้องการให้ขนาดของชิ้นส่วนของอาคารต่างๆที่ผลิตขึ้น มีการประสานสอดคล้องซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละชิ้นส่วน และมีการประสานที่เหมาะสมกับขนาด หรือระยะต่างๆ ของตัวอาคารที่สร้างขึ้นในสถานที่ก่อสร้างด้วย ทำให้การประกอบติดตั้งชิ้นส่วนหรือการก่อสร้างสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม โดยสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของการประสานทางพิกัดได้ดังนี้

1) อำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบอาคาร ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผู้ก่อสร้างอาคาร และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

2) ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดมิติในขั้นตอนการออกแบบอาคารให้สามารถนำชิ้นส่วนประกอบอาคารที่เป็นมาตรฐานมาใช้กับส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างอิสระ

3) จำกัดแบบของชิ้นส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐาน ให้สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างอาคารได้หลายประเภท

4) ทำให้ขนาดมาตรฐานของชิ้นส่วนประกอบของอาคารมีจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น

5) ส่งเสริมให้มีการใช้ชิ้นส่วนประกอบของอาคารที่สับเปลี่ยนใช้แทนกันได้ ไม่ว่าจะต่างกันด้านวัสดุ รูปร่างหรือ กรรมวิธีผลิต

6) ช่วยให้การปฏิบัติงานก่อสร้างอาคารที่จะประกอบชิ้นส่วนประกอบของอาคารในสถานที่ก่อสร้างทำได้ง่าย และสะดวกขึ้น

7) ทำให้เกิดการประสานกันในเรื่องขนาดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคาร เช่น เครื่องเรือน กับขนาดส่วนต่างๆ ของอาคาร (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

ในการออกแบบก่อสร้างอาคารด้วยระบบประสานทางพิกัดนั้น มีหลักการขั้นพื้นฐานของการประสานทางพิกัด ดังนี้

1) การกำหนดขนาด หรือระยะของส่วนประกอบของอาคาร ต้องมีความสัมพันธ์กันทุกๆส่วน เช่น ขนาดส่วนประกอบของพื้นจะต้องสัมพันธ์กับส่วนประกอบของหลังคาของเพดานและของผนังเป็นต้น

2) ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบ จะต้องเป็นขนาด หรือระยะที่เกิดจากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐานเสมอ และขนาดพิกัดมูลฐานจะต้องมีขนาดเล็กพอที่จะให้เกิดการยืดหยุ่นในการออกแบบได้

3) ขนาดของตารางตามพิกัด (Modular Grid) ให้ถือหน่วยวัดขนาด 10เซนติเมตรเป็นขนาดเล็กสุด

4) ขนาดของส่วนประกอบ (Component) ที่กำหนดไว้ตามตารางทางพิกัดจะต้องเผื่อระยะรอยต่อไว้แล้ว คือ ขนาดของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงานโดยทั่วไป ย่อเล็กกว่าขนาดมิติตามพิกัด

5) ขนาดหรือระยะของส่วนประกอบในตารางตามพิกัดจะต้องเท่ากับขนาดหรือระยะของส่วนประกอบที่ผลิตจากโรงงาน รวมด้วยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มี และรวมด้วยรอยต่อเชื่อมระหว่างก้อน

6) เนื่องมาจากการผลิตส่วนประกอบจากโรงงาน ไม่สามารถทำให้ตรงตามความเป็นจริงที่กำหนดได้เสมอไป จึงได้ตั้งเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไว้ว่าให้น้อยหรือมากได้เท่าใด

การออกแบบอาคาร โดยใช้ระบบประสานทางพิกัด ไม่ได้มีข้อบังคับตายตัว แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะอาคาร วัสดุก่อสร้าง ระบบโครงสร้าง ฯลฯ ทั้งนี้มีข้อควรพิจารณาอยู่ 2 ประการ คือ

1) เพื่อให้อาคารที่ออกแบบได้ขนาดพอดีกับส่วนประกอบอาคารที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน เช่น อิฐ บล็อก ผนังสำเร็จรูป ฯลฯ การออกแบบจึงต้องใช้ตารางตามพิกัดเป็นหลัก การใช้ตารางตามพิกัดนี้อาจใช้ตลอดอาคาร เช่น ใช้ในการวางผัง กำหนดรูปด้าน หรืออาจใช้เฉพาะส่วนก็ได้ ขนาดของช่องตาราง ซึ่งเรียกว่า มิติพิกัด อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

2) มิติพิกัด หมายถึง เนื้อที่สำหรับประจุส่วนประกอบอาคาร หรือเมื่อทำการก่อสร้างจะบรรจุชิ้นส่วนสำเร็จรูปในเนื้อที่นั้น โดยทั่วไปขนาดที่แท้จริงของส่วนประกอบอาคาร หรือชิ้นวัสดุก่อสร้างจึงมักจะเล็กกว่ามิติพิกัดเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุ และรอยต่อที่ใช้ ซึ่งในการผลิต ผู้ผลิตจะต้องเผื่อระยะดังกล่าวไว้ด้วย (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

**2.20 การประมาณราคา**

การประมาณราคาก่อสร้าง (Quantity survey) หมายถึง การหาต้นทุนในการดำเนินงานธุรกิจก่อสร้างโดยถอดแบบลงใน Bill of Quantity (BOQ.) เพื่อหาค่าวัสดุค่าแรงงานค่าใช้จ่ายภาษีและกำไรว่าอยู่ในงบประมาณที่เจ้าของอาคารจะทำการก่อสร้างได้หรือไม่ (วิสูตร, 2551)

1) การประมาณราคางานสนาม (Site) เป็นงานที่ทำจริงผู้ประมาณการต้องมีความละเอียดสามารถแบ่งงวดงานและเงินได้อีกทั้งใช้ประมาณการจำนวนวัสดุเข้าลานสนามซึ่งต้องมีความละเอียดของที่ส่งต้องไม่ขาดและไม่เผื่อของเสียมากเกินไปเพราะของบางอย่างต้องสั่งครั้งเดียวกันเช่นกระเบื้องเพราะการเอามาแต่ละครั้งสีจะได้ไม่เหมือนกันการประมาณราคาชนิดนี้ผู้ประมาณการต้องมีประสบการณ์มีความละเอียดและรวดเร็ว

2) การประมาณราคางานประมูล (Bidding) เป็นการถอดแบบวัสดุอย่างคร่าวๆคิดเป็นหน่วยทั้งหมดต้องการความรวดเร็วแม่นยำและถูกต้องเพื่อแข่งขันประมูลงานกับผู้อื่นเป็นการประมาณการว่าราคาที่ถอดแบบกับราคากลางมากหรือน้อยต่างกันอย่างไรสามารถลดให้ต่ำได้ตัวอย่างแบบฟอร์มมาตรฐานของใบสรุปปริมาณงาน Bill of Quantity (BOQ.) (วิสูตร, 2551)

**2.21 การออกแบบโครงสร้างเหล็กด้วยวิธี LRFD**

วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design, LRFD) เป็นวิธีการคำนวณออกแบบที่ใช้สภาวะจำกัด (limit state) เป็นเกณฑ์ กล่าวคือภายใต้น้ำหนักบรรทุกปรับค่า (น้ำหนักบรรทุกใช้งานคูณกับค่าตัวคูณน้ำหนักบรรทุก) แรงต่างๆที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีอิลาสติก จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความต้านทานระบุขององค์อาคารคูณกับตัวคูณความต้านทาน (วสท., 2546; ทักษิณและอัครวัชร, 2553) สามารถเขียนสมการได้ ดังสมการที่ (1)

$$Q_u = \sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \qquad (1)$$

โดยที่

$Q_u$ = แรงต่าง ๆ เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกปรับค่า เช่น โมเมนต์ แรงเฉือน
$Q_i$ = แรงต่าง ๆ เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน
$\gamma_i$ = ตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (load factor)
$\phi$ =ตัวคูณความต้านทาน (resistance factor)
$R_n$ = ความต้านทานระบุ (nominal factor)

ค่าแรงต่าง $(Q_u)$ วิเคราะห์หาได้จากทฤษฎีอิลาสติกและเป็นค่าที่นิยมใช้มากที่สุดที่พิจารณาจากการรวมน้ำหนักบรรทุกประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4D
1.2D + 1.6L + 0.5$L_r$
1.2D + 1.6 $L_r$ + (0.5$L_r$ หรือ 0.8W)
1.2D + 1.6W + 0.5L + 0.5$L_r$
1.2D ±1.0E + 0.5L
0.9D ±(1.3W หรือ 1.0E)

โดยที่

D = น้ำหนักบรรทุกคงที่,กิโลกรัม/ตารางเมตร
L = น้ำหนักบรรทุกจร, กิโลกรัม/ตารางเมตร
$L_r$ = น้ำหนักบรรทุกจรหลังคา, กิโลกรัม/ตารางเมตร
W = น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม, กิโลกรัม/ตารางเมตร
E = แรงเนื่องมาจากแผ่นดินไหว, กิโลกรัม/ตารางเมตร
R = น้ำหนักเนื่องจากน้ำฝน, กิโลกรัม/ตารางเมตร

ตัวคูณความต้านทาน ( $\phi$ ) มีค่าแปรเปลี่ยนตามประเภทขององค์อาคาร และลักษณะของสภาวะจำกัดที่กำลังพิจารณา AISC ได้กำหนดค่า $\phi$ (วสท., 2546; ทักษิณและอัครวัชร, 2553) ดังต่อไปนี้

สำหรับองค์อาคารรับแรงดึง

$\phi_t$ = 0.90 ที่สภาวะขีดจำกัดในลักษณะการคราก (yielding)

$\phi_t$ = 0.75 ที่สภาวะขีดจำกัดในลักษณะการขาด (rupture)

สำหรับองค์อาคารรับแรงดึง

$\phi_c$ = 0.90

สำหรับองค์อาคารรับแรงดัด

$\phi_b$ = 0.90

สำหรับองค์อาคารรับแรงเฉือน (เฉพาะเอว)

$\phi_v$ = 0.90

สำหรับรอยเชื่อม

$\phi$ = 0.75 – 0.80

สำหรับสลักเกลียว

$\phi$ = 0.75 สำหรับแรงดึงและแรงเฉือน

**2.22 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงดึง**

องค์อาคารรับแรงดึง (tension members) ได้แก่ องค์อาคารที่รับแรงดึงตามแกน มักจะพบในโครงสร้างเหล็กทั่วๆไป ตามปรกติจะทำหน้าที่เป็นองค์อาคารหลักในโครงสร้างจำพวกสะพาน หลังคาโครงข้อหมุน ตัวยึด (tie rods) และตัวยึดกันลม (wind bracings) ในโครงอาคารสูงหลายชั้น สำหรับโครงสร้างที่องค์อาคารรับแรงดึง ทำหน้าที่รอง ได้แก่ โครงสร้างระบบกำแพง หรือพื้นที่มีตัวยึดระหว่างกำแพงหรือพื้น เพื่อให้เกิดความแข็งแรง ไม่เกิดการไหวตัวได้ง่าย เป็นต้น

แบบขององค์อาคารรับแรงดึง อาจได้แก่ องค์อาคารเดี่ยว ซึ่งได้แก่ ซึ่งได้แก่ เหล็กที่มีรูปร่างและขนาดมาตรฐานที่ผลิตขายทั่วไป เช่น เหล็กกลม เหล็กแบน ลวดเหล็ก เคเบิล เหล็กรูปพรรณ เช่น เหล็กฉาก เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูปตัวไอ เป็นต้น หรืออาจได้แก่ องค์อาคารประกอบ (built-up members) ซึ่งประกอบขึ้นจากเหล็กมาตรฐานดังกล่าวข้างต้นโดยทั่วไป การใช้องค์อาคารเดี่ยวจะประหยัดกว่าการใช้องค์อาคารประกอบ อย่างไรก็ตามองค์อาคารประกอบมีความจำเป็น ในกรณีที่องค์อาคารเดี่ยวมีขนาดเล็กและไม่สามารถรับแรงดึงได้พอ หรือในกรณีที่ต้องการลดค่าอัตราส่วนความชะลูด (slenderness ratio) ขององค์อาคารรับแรงดึง เป็นต้น

1) การวิบัติเนื่องจากแรงดึง (Tension Failure) การศึกษาพบว่า การวิบัติเนื่องจากแรงดึงในองค์อาคารรับแรงดึงอาจเกิดขึ้นได้จาก 2 กรณี ดังนี้

1.1) การคราก (yielding) บนพื้นที่หน้าตัดรวม ณ บริเวณหน้าตัดที่ห่างจากจุดต่อ

1.2) การขาด (rupture) บนพื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิผล ณ หน้าตัดที่เป็นจุดต่อ

ในกรณีการวิบัติแบบการเกิดการครากบนพื้นที่หน้าตัดรวม กำลังรับแรงดึงของหน้าตัดสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (2)

$$T_n = F_y A_g \qquad (2)$$

โดยที่

$T_n$ = กำลังแรงดึงระบุ ,กิโลกรัม

$F_y$ = หน่วยแรงดึงคราก, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$A_g$ = พื้นที่หน้าตัดรวม, ตารางเซนติเมตร

สำหรับการวิบัติแบบเกิดการขาดบนพื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิผล กำลังแรงดึงของหน้าตัดสามารถเขียนเป็นสมการ (วสท., 2546; ทักษิณและอัครวัชร, 2553) ได้ดังสมการที่ (3)

$$T_n = F_u A_e \qquad (3)$$

โดยที่

$T_n$ = กำลังแรงดึงระบุ, กิโลกรัม

$A_e$ = พื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิผล, ตารางเซนติเมตร

2) ข้อกำหนดขององค์อาคารรับแรงดึง

- พื้นที่หน้าตัดรวม (Gross Area) $A_g$ขององค์อาคารที่ตำแหน่งใดๆ ได้แก่ ผลรวมของผลคูณของความหนา และความกว้างของแต่ละส่วนของหน้าตัดวัดตั้งฉากกับแนวแกนขององค์อาคาร สำหรับความกว้างรวมของเหล็กฉาก ได้แก่ ผลรวมของความกว้างของขาทั้งสองลบด้วยความหนา

- พื้นที่หน้าตัดสุทธิ (Net Area) $A_n$ขององค์อาคาร ได้แก่ ผลรวมของผลคูณของความหนาและความกว้างสุทธิ ของแต่ละส่วนของหน้าตัด ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

ในการคำนวณพื้นที่หน้าตัดสุทธิสำหรับแรงดึงและแรงเฉือน ความกว้างของรูเจาะสำหรับสลักเกลียวใช้เท่ากับขนาดระบุของสลักเกลียวบวก 2 มิลลิเมตร

สำหรับรูเจาะที่เรียงกันเป็นแนวทแยงหรือเฉียงไปมา ควากว้างสุทธิของส่วนดังกล่าวคำนวณจากความกว้างรวม ลบด้วยผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะทั้งหมดในแนว แล้วบวกด้วยค่า $\frac{S^2}{4g}$ ของช่วงเฉียงทั้งหมดทุกช่วง

โดยที่

S = ระยะระหว่างศูนย์กลางของรูเจาะสองรูที่อยู่ต่อเนื่องกันในทิศทางตามแนวแกน ขององค์อาคาร, มิลลิเมตร

G = ระยะระหว่างศูนย์กลางของรูเจาะสองรูที่อยู่ต่อเนื่องกันในทิศทางตั้งฉากกับแนวแกนขององค์อาคาร, มิลลิเมตร

ระยะตามแนวขวางของศูนย์กลางของรูเจาะที่อยู่ติดกันในขาตรงข้ามกันของเหล็กฉากจะเท่ากับผลรวมของระยะตามแนวขวางจากสันด้านนอกของเหล็กฉากถึงรูเจาะลบด้วยความหนา และในการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดสุทธิผ่านรอยเชื่อมแบบอุดร่องหรืออุดรู จะไม่คิดรวมพื้นที่ของวัสดุเชื่อม

- พื้นที่หน้าตัดประสิทธิผล (Effective Net Area) สำหรับองค์อาคารรับแรงดึง สามารถหาได้ดังนี้

1) เมื่อแรงดึงส่งถ่ายโดยตัวยึดหรือรอยเชื่อมลงโดยตรงกับหน้าตัดขวางของแต่ละชิ้นส่วน พื้นที่หน้าตัดประสิทธิผล $A_e$ มีค่าเท่ากับพื้นที่หน้าตัดสุทธิ $A_n$

2) เมื่อแรงดึงส่งถ่ายโดยตัวยึดหรือรอยเชื่อม ผ่านเพียงบางส่วนของชิ้นส่วนของหน้าตัดขวางขององค์อาคาร พื้นที่หน้าตัดประสิทธิผล $A_e$ คำนวณได้จาก

3) เมื่อแรงดึงส่งถ่ายโดยตัวยึดเพียงอย่างเดียวดังสมการที่ (4)

$$A_e = A_n U \qquad (4)$$

โดยที่

U = สัมประสิทธิ์ตัวคูณลดค่า $=1-\left(\frac{\bar{x}}{l}\right) \leq 0.9$

$\bar{x}$ = ระยะเยื้องศูนย์ของรอยต่อ,มิลลิเมตร

$l$ = ความยาวของรอยต่อในทิศทางของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ, มิลลิเมตร

เมื่อแรงดึงส่งถ่ายโดยรอยเชื่อมตามยาวไปยังองค์อาคารอื่นๆที่ไม่ใช่แผ่นเหล็ก หรือโดยการเชื่อมตามยาวร่วมกับเชื่อมตามขวางดังสมการที่ (5)

$$A_e = A_g U \qquad (5)$$

โดยที่

U = สัมประสิทธิ์ตัวคูณลดค่า $= 1-\left(\frac{\bar{x}}{l}\right) \leq 0.9$

$A_g$ = พื้นที่หน้าตัดรวม,ตารางมิลลิเมตร

เมื่อแรงดึงส่งถ่ายโดยการเชื่อมเพียงอย่างเดียวดังสมการที่ (6)

$$A_e = AU \qquad (6)$$

โดยที่

A = พื้นที่หน้าตัดชิ้นส่วนที่ต่อโดยตรง,ตารางมิลลิเมตร

U = 1.0

เมื่อแรงดึงส่งถ่ายสู่แผ่นเหล็ก โดยการเชื่อมตามแนวยาวของขอบทั้งสองขอบ ถึงปลายของแผ่นเหล็ก (วสท., 2546; ทักษิณและอัครวัชร, 2553) ดังสมการที่ (7)

$$A_e = A_g U \qquad (7)$$

โดยที่

สำหรับ $l \geq 2w$ U = 1.00

สำหรับ $2w \geq l \geq 1.5w$ U = 0.87

สำหรับ $1.5w \geq l \geq w$ U = 0.75

โดยที่

$l$ = พื้นที่หน้าตัดชิ้นส่วนที่ต่อโดยตรง, ตารางมิลลิเมตร

w = 1.0

**2.23 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงอัด**

องค์อาคารรับแรงอัด ได้แก่ องค์อาคารที่รับแรงกดหรือแรงอัดตามแนวแกน เช่น เสา และจันทัน โครงหลังคา เป็นต้น องค์อาคารดังกล่าวจะมีมิติของความยาวมากกว่ามิติของหน้าตัดมาก เสาที่จัดเป็นเสาสมบูรณ์ (perfect column) ได้แก่ เสาที่

1) ประกอบด้วยวัสดุเนื้อเดียวกัน (homogeneous materials)

2) ปราศจากหน่วยแรงคงค้าง (residual stresses)

3) ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง (perfectly straight)

4) น้ำหนักกระทำตามแนวแกนผ่านจุดศูนย์ถ่วง (axially loaded)

ในโครงอาคารทั่วๆ ไป เสาดังกล่าวยากนักที่จะพบเห็น เนื่องจากจะมีการดัด (bending) แฝงปนอยู่ไม่มากก็น้อย ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะพฤติกรรมของเสาที่มีน้ำหนักกระทำในแนวแกนแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนพฤติกรรมของเสาที่มีโมเมนต์กระทำร่วมแรงอัดตามแกน

แบบขององค์อาคารรับแรงอัด อาจได้แก่ องค์อาคารเดี่ยว ซึ่งได้แก่ เหล็กที่มีรูปร่างและขนาดมาตรฐานที่ผลิตขายอยู่ทั่วไป เช่น เหล็กฉาก เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูปตัวไอ เหล็กท่อกลม ฯลฯ หรืออาจได้แก่ องค์อาคารประกอบ (built-up members) ซึ่งประกอบขึ้นจากเหล็กมาตรฐานดังกล่าวข้างต้น

ในการออกแบบองค์อาคารรับแรงอัดโดยใช้วิธี LRFD สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ (8)

$$P_u \leq \phi_c P_n \qquad (8)$$

โดยที่

$P_u$ = กำลังแรงอัดตามแนวแกนปรับค่าที่ต้องการ,กิโลกรัม

$P_n$ = กำลังแรงอัดตามแนวแกนระบุ $=F_{cr}A_g$,กิโลกรัม

$F_{cr}$ = หน่วยแรงอัดวิกฤต,กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$A_g$ = พื้นที่หน้าตัดรวม,ตารางเซนติเมตร

$\phi_c$ = ตัวคูณความต้านทาน = 0.90

การโก่งเดาะในช่วงอิลาสติก (ไม่รวมกรณีที่หน้าตัดมีชิ้นส่วนชะลูด) ดังสมการที่ (9) เมื่อ $KL/r > 4.71\sqrt{E/F_y}$ หรือ $F_y/F_e > 2.25$

$$F_{cr} = 0.877F_g \leq F_y \qquad (9)$$

การโก่งเดาะในช่วงอินอิลาสติก(ไม่รวมกรณีที่หน้าตัดมีชิ้นส่วนชะลูด)ดังสมการที่ (2.10) เมื่อ $KL/r > 4.71\sqrt{E/F_y}$ หรือ $F_y/F_e > 2.25$

$$F_{cr} = (0.658)^{F_y/F_e}F_y \qquad (10)$$

โดยที่

$F_y$ = หน่วยแรงคราก,กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$F_e$ = หน่วยแรงอัดอิลาสติก,กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

**2.24 การออกแบบองค์อาคารเหล็กรับแรงดัด**

องค์อาคารรับแรงดัดหรือคาน ได้แก่ องค์อาคารที่รับน้ำหนักบรรทุกซึ่งมีทิศทางขวางกับทิศทางตามยาวขององค์อาคารนั้นๆ ทั้งนี้ รวมถึงโมเมนต์ที่กระทำที่ปลายด้วย ดังนั้น ตรงที่กระทำต่อคานจึงมีทั้งแรงดัดและแรงเฉือน ตัวอย่างขององค์อาคารในโครงสร้างที่จัดอยู่ในจำพวกคาน ได้แก่ ตง จันทัน แปอกไก่ เป็นต้น คานภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวดิ่ง หากปราศจากการยึดด้านข้างที่เพียงพออาจเกิดการโก่งเดาะด้านข้างจากการบิด (Lateral Torsional Buckling หรือ LTB) อันมีผลทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกลดลง พฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของคานชนิดมีตัวยึด และปราศจากการยึดด้านข้าง รวมทั้งหลักเกณฑ์ในการคำนวณออกแบบคานกำหนดโดยมาตรฐาน AISCสามารถเขียนเป็นสมการได้ (วสท., 2546; ทักษิณและอัครวัชร, 2553) ดังสมการที่ (11)

$$Z_x = \frac{M_p}{F_y} \qquad (11)$$

โดยที่

$Z_x$ = โมดูลัสพลาสติก,เซนติเมตร$^3$

$M_p$ = โมเมนต์พลาสติก, กิโลกรัม-เมตร

$F_y$ = หน่วยแรงคราก, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

คานหน้าตัดอัดแน่น ได้แก่ คานซึ่งมีชิ้นส่วนของปีกและเอวมีค่า $\lambda \leq \lambda_p$ กำลังโมเมนต์ระบุของคานหน้าตัดอัดแน่น คำนวณหาได้ ดังนี้

เมื่อ $M_n = M_p$และเกิดการหมุนได้มาก

ในกรณีนี้สามารถออกแบบคานด้วยวิธีพลาสติกได้ตามมาตรฐาน AISC/LRFD กำหนดให้ความยาวไร้การยึดด้านข้าง $L_b \leq L_{pd}$ ดังนี้

สำหรับหน้าตัด I ที่มีเนื้อที่หน้าตัดของปีกรับแรงอัดมากกว่าปีกรับแรงดึง และน้ำหนักบรรทุกกระทำของเอว ดังสมการที่ (12)

$$L_{pd} = [0.12 + 0.067(M_1/M_2)](E/F_y)r_y \qquad (12)$$

สำหรับหน้าตัดกล่องที่สมมาตรและหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน ดังสมการที่ (13)

$$L_{pd}=[0.17+0.010(M_1/M_2)](E/F_y)r_y \geq 0.10(E/F_y)r_y \qquad (13)$$

โดยที่

$L_{pd}$ = ความยาวไร้ซึ่งการยึดด้านข้างสูงสุดสำหรับการออกแบบคาน ด้วยวิธีพลาสติก, เซนติเมตร

$M_n = M_p$ แต่มีความสามารถในการหมุนได้น้อย

ในกรณีนี้ถึงแม้ว่า $M_n = M_p$ แต่ต้องทำการวิเคราะห์คานด้วยวิธีอิลาสติกAISC/LRFD กำหนดให้ความยาวไร้การยึดด้านข้าง $L_b \leq L_{pd}$ ดังนี้

สำหรับหน้าตัด I และ C ดังสมการที่ (2.14)

$$L_{pd}=1.76r_y\sqrt{(E/F_y)} \qquad (14)$$

สำหรับหน้าตัดเหล็กกล่อง และหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันดังสมการที่ (2.15)

$$L_{pd}=0.13r_yE\sqrt{JA/M_p} \qquad (15)$$

โดยที่

$L_p$ = ความยาวไร้ซึ่งการยึดด้านข้างสูงสุดสำหรับ $M_n = M_p$ (เมื่อ $C_b = 1.0$), เซนติเมตร

$F_{yf}$ = หน่วยแรงครากในปีกคาน, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$M_p$ = โมเมนต์พลาสติก, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

เมื่อ $M_r \leq M_n < M_p$

ในกรณีนี้คานจะมีการยึดด้านข้างไม่เพียงพอ เมื่อ $L_p \leq L_b \leq L_r$ คานจะเกิดการโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากการบิดในช่วงอินอิลาสติกAISC/LRFDกำหนดให้กำลังของคานในช่วงนี้แปรเปลี่ยนแบบเส้นตรงจาก $M_r$ถึง$M_p$ ดังสมการที่ (16)

$$M_n = C_b\left[M_p - (M_p - M_r)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \leq M_p \qquad (16)$$

โดยที่

$C_b$ = สัมประสิทธิ์สำหรับกรณีที่โมเมนต์ภายในมีค่าไม่สม่ำเสมอ

$L_r$ = ความยาวไร้ซึ่งการยึดด้านข้างสูงสุดซึ่งคานยังคงมีพฤติกรรมการโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากการบิดในช่วงอินอิลาสติก, เซนติเมตร

AISC/LRFD ได้กำหนดค่า $L_r$และ $M_r$ ไว้ดังนี้

สำหรับหน้าตัด I ที่มีความสมมาตรทั้ง 2 แกน และหน้าตัด C ดังสมการที่ (17) (18) (19) และ (20)

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L}\sqrt{1+\sqrt{1+X_2 F_L^2}} \quad (17)$$

$$M_r = F_L S_x \quad (18)$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x}\sqrt{\frac{EGJA}{2}} \quad (19)$$

$$X_2 = \frac{4C_w}{I_y}\left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2 \quad (20)$$

โดยที่

$M_r$ = กำลังโมเมนต์ระบุสูงสุดในช่วงอิลาสติก, กิโลกรัม-เซนติเมตร

$F_L$ = ค่าที่น้อยกว่าระหว่าง($F_{yf}$-$F_r$)กับ$F_{yw}$,กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$F_{yf}$ = หน่วยแรงครากของปีก, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$F_{yw}$ = หน่วยแรงครากของเอว, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

$F_r$ = หน่วยแรงคงค้างในปีก,กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

สำหรับหน้าตัดกล่องและหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน ดังสมการที่ (21) และ (22)

$$L_r = 2r_y E\sqrt{JA}/M_r \quad (21)$$

โดยที่

$$M_r = F_{yt} S_x \quad (22)$$

เมื่อ $M_n < M_p$

ในกรณีนี้คานจะมีการยืดด้านข้างไม่เพียงพอ เมื่อ $L_b > L_r$ คานจะเกิดการโก่งเดาะด้านข้าง เนื่องจากการบิดในช่วงอิลาสติกAISC/LRFD กำหนดให้

สำหรับหน้าตัด I ที่มีความสมมาตรทั้ง 2 แกน และหน้าตัด Cดังสมการที่ (23)

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b}\sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E^2}{L_b}\right) I_y C_w} \quad (23)$$

สำหรับหน้าตัดกล่องสมมาตรและหน้าตัดสี่เหลี่ยม ดังสมการที่ (2.24)

$$M_n = M_{cr} = \frac{2C_b E\sqrt{JA}}{L_b / r_y} \quad (24)$$

2) คานหน้าตัดไม่อัดแน่น

คานซึ่งมีชิ้นส่วนของปีกและเอวมีค่า $\lambda_p<\lambda<\lambda_r$ ในคานประเภทนี้กำลังโมเมนต์ระบุสามารถคำนวณได้ดังนี้

เมื่อ $M_r \leq M_n < M_p$

เป็นกรณีที่คานเกิดการวิบัติในช่วงอินอิลาสติก ซึ่งอาจเกิดจาก 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่ในปีกและเอว ทั้งนี้เนื่องจากปีกและมีค่าสตีฟเนสไม่เพียงพอที่จะให้หน้าตัดเกิดโมเมนต์พลาสติกได้ ดังสมการที่ (25)

$$M_n = M_p - (M_p - M_r)\left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}\right) \qquad (25)$$

โดยที่ $\lambda, \lambda_r$ และ $\lambda_p$ เป็นค่าสัดส่วนความชะลูดของชิ้นส่วนที่เป็นปีกหรือเอว แล้วแต่กรณี

กรณีที่ 2 เกิดการโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากการบิด ทั้งนี้เนื่องจากคานมีการยึดด้านข้างไม่เพียงพอ $L_p<L_b \leq L_r$ ในกรณีนี้AISC/LRFD กำหนดให้กำลังโมเมนต์ระบุมีค่าดังสมการที่ (26)

$$M_n = C_b\left[M_p - \left(M_p - M_r\right)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \qquad (26)$$

เมื่อ $M_n<M_r$

เป็นกรณีที่คานเกิดการวิบัติในช่วงอิลาสติกเนื่องจากเกิดการโก่งเดาะด้านข้างซึ่งเกิดจากการบิด กำลังโมเมนต์รับจะมีค่าดังสมการที่ (23) และ (24) สำหรับหน้าตัดรูปต่างๆ ได้กล่าวไว้ตามสมการที่ (23) และ (24) (ทักษิณและอัครวัชร, 2553; วสท., 2546)

## 2.25 การโก่งขององค์อาคารเหล็ก

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าการโก่ง (Deflection) ของคาน เขียนได้ดังสมการที่ (27)

$$\Delta = \alpha_d \frac{WL^3}{EI} \qquad (27)$$

โดยที่

| | | |
|---|---|---|
| $\Delta$ | = | ค่าการโก่ง, เซนติเมตร |
| $\alpha_d$ | = | ค่าสัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับลักษณะของแรงกระทำภายนอกและสภาพการรองรับที่ปลาย |
| W | = | น้ำหนักบรรทุกใช้งาน, กิโลกรัม |
| L | = | ความยาวของคาน, เซนติเมตร |
| E | = | โมดูลัสยืดหยุ่น, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร |
| I | = | โมดูลัสอินเนอร์เชีย |

ในการออกแบบคาน มาตรฐาน ว.ส.ท. และ AISC / LRFDได้กำหนดให้คำนึงถึงการโก่งตัวของคานภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานและสำหรับคานที่รับผนังก่ออิฐ ค่าการโก่งสูงสุดที่ยอมให้ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะต้องมีค่าไม่เกิน 1/360 ของความยาวคาน ดังสมการที่ (28)

$$\Delta_a \leq \frac{L}{360} \qquad (28)$$

โดยที่

$\Delta_a$ = ค่าการโก่งสูงสุดที่ยอมให้ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน, เซนติเมตร

L = ความยาวคาน, เซนติเมตร

สำหรับ AISC/LRFD ได้ระบุว่า “การเปลี่ยนแปลงรูปร่างขององค์อาคารใด ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะต้องไม่มีผลกระทบต่อลักษณะการใช้งานของโครงสร้างนั้นๆ” แต่ไม่ได้ระบุค่าการโก่งสูงสุดไว้ อนึ่งค่าการโก่งตัวที่ยอมให้ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานที่นิยมใช้กันทั่วไป (วสท., 2546) ได้แก่

องค์อาคารที่มีการฉาบปูน : L / 360 < 2.5,เซนติเมตร

พื้นที่ไม่มีการฉาบปูน : L / 240, เซนติเมตร

**2.26 สมมติฐาน**

1) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่พัฒนามีต้นทุนต่ำและใช้งานได้จริง

2) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุกขนาดเล็ก

3) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่สามารถก่อสร้างโดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีตามบ้านพักอาศัยทั่วไป

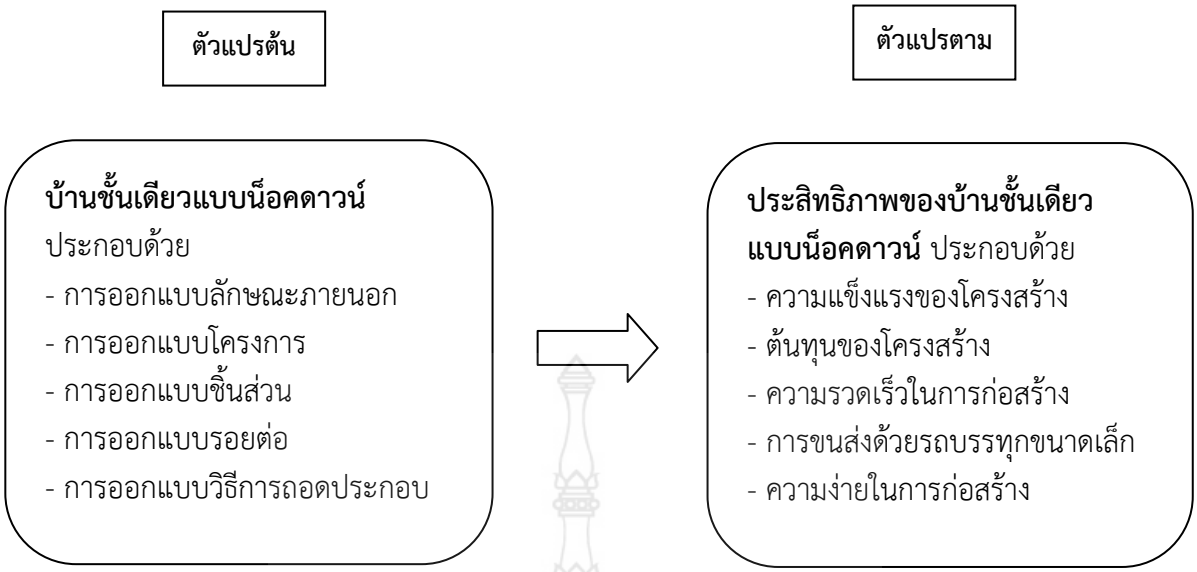
4) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว ภายใน 1 วัน

5) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลได้

6) บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย เป็นที่สนใจของหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป

**2.27 กรอบแนวความคิด**

จากข้อมูลที่รวบรวม สามารถวาดกรอบแนวความคิด เพื่อใช้ในการพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยได้ ดังนี้




**รูปที่ 2.5** กรอบแนวความคิดของการพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**2.28 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง**

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

สุธี ปิยะพิพัฒน์ (2550) โครงการพัฒนาปรับปรุงระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป สำหรับบ้านพักฉุกเฉินชั่วคราวกรณีเกิดภัยพิบัติครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านฉุกเฉินช่วยคราวกรณีเกิดภัยพิบัติ สามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว เพื่อการตอบสนองและบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัย ไม่ว่าจะเกิดในภูมิภาคใดก็ตาม โดยโครงการดังกล่าว เป็นการศึกษาออกแบบส่วนประกอบของโครงสร้างอาคารบ้านแถวชั้นเดียว จำนวน 4 หน่วย ที่สร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบถอดสำเร็จ (Knock Down System) โดยจัดทำแบบรูปและรายการตลอดจนขั้นตอนการติดตั้ง รวมทั้งกำหนดควบคุมราคาต่อห้อง และควบคุมระยะเวลาในการติดตั้ง ภายใต้การแนะนำของการเคหะแห่งชาติ (กคช.) กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ จากผลการศึกษาได้แบบรูปและรายการ ตลอดจนรายละเอียดของขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านแถวชั้นเดียวสำหรับบ้านฉุกเฉินชั่วคราวกรณีเกิดภัยพิบัติ ขนาด 4 x 16 ตารางเมตร โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่าย และราคาก่อสร้างต่ำที่สามารถหาได้รวดเร็วในระยะเวลา 3 วัน โดยใช้แรงงานท้องถิ่น หรือแรงงานกึ่งทักษะ ปฏิบัติการติดตั้งตามแบบรูปรายละเอียด โครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปดังกล่าวใช้ระบบโครงสร้างแบบโครงสร้างข้อแข็ง (Frame Structure) ในระหว่างการเตรียมชิ้นส่วนสำหรับการติดตั้ง เมื่อนำมาติดตั้งจะได้อาคารในระบบ Knock Down ซึ่งต้นทุนทั้งค่าวัสดุและค่าแรงงานประกอบต่อหน่วย จะอยู่ในราคาประมาณ 91,720 บาท (ไม่รวมค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ) ซึ่งเป็นราคาที่ยอมรับได้ หากความต้องการในการก่อสร้างที่ 2,3,4,5,6,7 และ 8 หน่วย เมื่อนำผลการก่อสร้างมาวิเคราะห์เชิงสถิติโดยใช้ทฤษฎีพหุนาม(Regression Analysis ,$R^2$)ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ราคาค่าก่อสร้างที่ลดลง (บาท) กับจำนวนบ้านพักฉุกเฉิน (หน่วย) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่ามีความสัมพันธ์ในรูปแบบ Non- Linear Equation ได้ค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลเป็นร้อยละ 98.67 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันดีมาก และยังพบอีกว่าถ้าต้องให้ค่าใช้จ่ายลดลงควรทำการผลิตบ้านพักฉุกเฉินมากกว่า 7.781 หลังขึ้นไป และเป็นอาคารบ้านฉุกเฉินช่วยคราวได้เป็นอย่างดี รวมทั้งจากผลการศึกษายังพบว่าโครงการดังกล่าว สามารถที่จะทำการแยกหน่วย (Separate Part Of Structure)ได้

จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในท้องที่ต่างๆกรณีเกิดภัยพิบัติได้เป็นอย่างดี ระบบโครงสร้างใช้จุดต่อยึดชิ้นส่วนด้วยสลักเกลียว (Bolt) จึงทำให้การถอดประกอบทำได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถนำไปยังสถานที่เกิดเหตุพิบัติภัยได้สะดวกและทันท่วงที โดยการขนส่งสามารถทำได้โดยการใช้รถบรรทุกชนิด 6 ล้อขนาดบรรทุกน้ำหนัก 10 ตัน สามารถขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้จำนวน 2 หน่วยต่อ 1 เที่ยวการขนส่ง โดยรวมชิ้นส่วนทุกระบบแล้วหรือหากกรณีที่มีความจำเป็นต้องการขนส่งคราวละมากๆ สามารถทำได้โดยใช้รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ (เทรลเลอร์) ซึ่งสามารถขนส่งได้จำนวน 4 หน่วยต่อ 1 เที่ยวการขนส่ง เมื่อทำการก่อสร้างแล้วสามารถที่จะมีอายุการใช้งาน ในสภาวะการใช้งานปรกติ และมีการบำรุงรักษาสภาพของชิ้นส่วนเป็นอย่างดีได้ประมาณ 3-5 ครั้ง ซึ่งหากคิดต้นทุนค่าก่อสร้างต่อหน่วย ต่ออายุการใช้งานที่คุ้มทุนแล้ว จะมีราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยที่ 30,573.41 บาทต่อหน่วยเท่านั้น

สนธพล กริชนวรักษ์ (2554) อาคารพักอาศัยชั่วคราวเป็นอาคารสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นในระบบอุตสาหกรรมก่อสร้าง ด้วยวัตถุดิบที่ผลิตได้อย่างสำเร็จรูป มีมาตรฐานและ ปริมาณมาก รูปแบบของอาคารมีการพัฒนาตาม วัสดุสมัยใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไป จากผ้าสู่ไม้ จากไม้สู่เหล็ก จากเหล็กสู่วัสดุสังเคราะห์ โดยมีกระบวนการติดตั้งที่สะดวก รวดเร็ว สามารถขนส่งไปยังพื้นที่ต่างๆได้โดยสะดวกโดยเฉพาะเมื่อมีการผนวกแนวคิดของการออกแบบอาคารสำเร็จรูป เข้ากับทฤษฎีการออกแบบอาคาร ทำให้เกิดรูปแบบของอาคารที่มีประโยชน์ใช้สอยหลากหลายขึ้นในการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยแบบสำเร็จรูป ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงเทคนิคและรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ ทั้งในกระบวนการออกแบบ การผลิตชิ้นส่วนและการดำเนินการติดตั้งโดยเฉพาะรายละเอียดการติดตั้งที่จะมีผลต่อการเลือกวิธีการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนเป็นอย่างมาก เช่นอาคารตัวอย่างในงานวิจัยนี้ใช้ระบบการประสานพิกัดในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยเลือกใช้ระบบการติดตั้งแบบถอดประกอบ (Knock down) ในการติดตั้ง ทำให้จุดเชื่อมต่อ และลักษณะของรอยต่อของชิ้นส่วนเป็นสิ่งที่สำคัญมากต้องมีการคำนวณแบบรอยต่อในระดับมิลลิเมตร เพื่อให้การติดตั้งทำได้ง่าย และสามารถปรับปรุงเพิ่มเติมการใช้สอยได้อย่างหลากหลายภายได้ระบบพิกัดมูลฐานขนาด 0.60 × 0.60 เมตร ที่เป็นสัดส่วนร่วมจากเลขคู่ 0.20 เมตร กับเลขคี่ 0.30 เมตร จากการศึกษาข้อมูลที่สรุปได้ และการทดสอบในอาคารตัวอย่าง แสดงให้เห็นถึงแนวความคิดที่เป็นรูปธรรมในด้านเทคนิคการออกแบบอาคารพักอาศัยชั่วคราวที่มีรูปแบบเหมาะสมกับสภาวะของประเทศไทยและตอบสนองต่อการใช้สอยขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ผู้ออกแบบทุกคนควรจะคำนึงถึงในการออกแบบอาคารพักอาศัยชั่วคราวให้เหมาะสมกับประเทศไทย

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

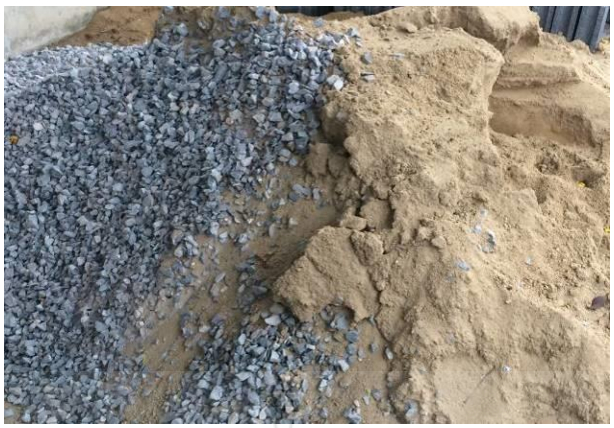
1) เหล็กรูปพรรณ ขนาดและหน้าตัดต่างๆ เกรด SM 400 ตามมาตรฐาน มอก.1227 มีกำลังดึงครากระหว่าง 2,350 – 2,450 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังดึงสูงสุด 4,000 – 5,100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1

**รูปที่ 3.1** เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2) เหล็กเสริมคอนกรีต ประเภทเหล็กเส้นกลม เกรด SR24 ขนาด 6 มิลลิเมตร

3) คอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายหยาบ หินปูนก่อสร้าง ขนาด 3/8 นิ้ว และน้ำ ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3

**รูปที่ 3.2** ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



**รูปที่ 3.3** หินปูนก่อสร้าง (ซ้าย) และทรายหยาบ (ขวา)

4) แผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับผนังและหน้าจั่ว และความหนา 20 มิลลิเมตร สำหรับแผ่นพื้น

5) สลักเกลียว ขนาดและความยาวต่างๆ แบบไม่แต่งผิว ชนิด ASTM A307 กำลังรับแรงดึง 4,200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

6) เครื่องเชื่อมเหล็ก พร้อมลวดเชื่อม ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5

**รูปที่ 3.4** เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

**รูปที่ 3.5** ลวดเชื่อมไฟฟ้า

7) เครื่องตัดเหล็ก ดังรูปที่ 3.6

**รูปที่ 3.6** เครื่องตัดเหล็ก

8) เครื่องเจียรแบบมือถือ ดังรูปที่ 3.7

**รูปที่ 3.7** เครื่องเจียรแบบมือถือ

9) ชุดอุปกรณ์เจาะรู และขันสลักเกลียวชนิดต่างๆ เช่น สว่านไฟฟ้า ไขควง ประแจบล็อก ประแจเลื่อน และประแจปากตาย เป็นต้น ดังรูปที่ 3.8 ถึง 3.10

**รูปที่ 3.8** สว่านไฟฟ้า

**รูปที่ 3.9** ประแจบล็อก

**รูปที่ 3.10** ประแจเลื่อน

10) ชุดอุปกรณ์การวัดขนาดและระดับ เช่น ตลับเมตร เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ระดับน้ำ ไม้ฉาก และลูกดิ่ง เป็นต้น ดังรูปที่ 3.11 ถึง 3.14

**รูปที่ 3.11** ตลับเมตร

**รูปที่ 3.12** เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

**รูปที่ 3.13** ไม้ฉาก

**รูปที่ 3.14** ลูกดิ่ง

11) ค้อน และสิ่ว ดังรูปที่ 3.15 และ 3.16

**รูปที่ 3.15** ค้อน

**รูปที่ 3.16** สิ่ว

12) ชุดอุปกรณ์คอนกรีต เช่น เกียงฉาบ เกียงก่อ กระบะปูน และจอบ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.17

**รูปที่ 3.17** เกียงฉาบ

13) ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

14) เครื่องพิมพ์แบบก่อสร้าง

15) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ดังรูปที่ 3.18

**รูปที่ 3.18** เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

**3.2 ออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ออกแบบลักษณะ รูปแบบ และพื้นที่ใช้สอยของบ้านถอดประกอบ โดยคำนึงถึงรายละเอียดด้านต่างๆ ได้แก่

1) มิติ และลักษณะภายนอกอาคาร

2) ชิ้นส่วนอาคารด้วยแนวคิดระบบประสานทางพิกัด

3) โครงสร้างอาคาร

4) รอยต่ออาคารแบบน็อกดาวน์

**3.3 การออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบ เพื่อให้การดำเนินการก่อสร้างเกิดความสะดวกรวดเร็ว โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้ง

2) ขั้นตอนการรื้อถอน

**3.4 การประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างของบ้านถอดประกอบ โดยไม่รวมถึงค่าแรง ค่าภาษี ค่าขนส่ง ค่าออกแบบ และค่าการทดลองเบื้องต้น

**3.5 การขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

จากแบบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ออกแบบ สามารถขึ้นรูปส่วนต่างๆ ประกอบด้วย

1) ขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้างตามการออกแบบ

2) ขึ้นรูปรอยต่อตามการออกแบบ

**3.6 การทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

เมื่อทำการออกแบบโครงสร้าง และขึ้นรูปโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยแล้ว จึงนำโครงสร้างและรอยต่อของบ้าน มาทำการทดสอบตามพฤติกรรมต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อหาค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) ได้แก่

1) ความต้านทานแรงอัดของโครงสร้าง
2) ความต้านทานแรงดัดของโครงสร้าง
3) ความต้านทานแรงเฉือนของรอยต่อโครงสร้าง

**รูปที่ 3.19** การทดสอบความต้านทานแรงดัดของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า

**รูปที่ 3.20** การวิบัติของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้าจากแรงดัด

**รูปที่ 3.21** การเชื่อมพอกให้กับรอยต่อของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า

**รูปที่ 3.22** การทดสอบรอยต่อของเหล็กรูปพรรณหน้าตัดสีเหลี่ยมผืนผ้า

**3.7 การทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ทดสอบก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยพร้อมทำการประเมินแรงงาน ต้นทุน และเวลาที่ใช้

**3.8 การยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา**

ร่างและยื่นคำขอจดแจ้งลิขสิทธิ์ ประเภทศิลปกรรม ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**3.9 การเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย**

เขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านวารสารหรืองานประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ

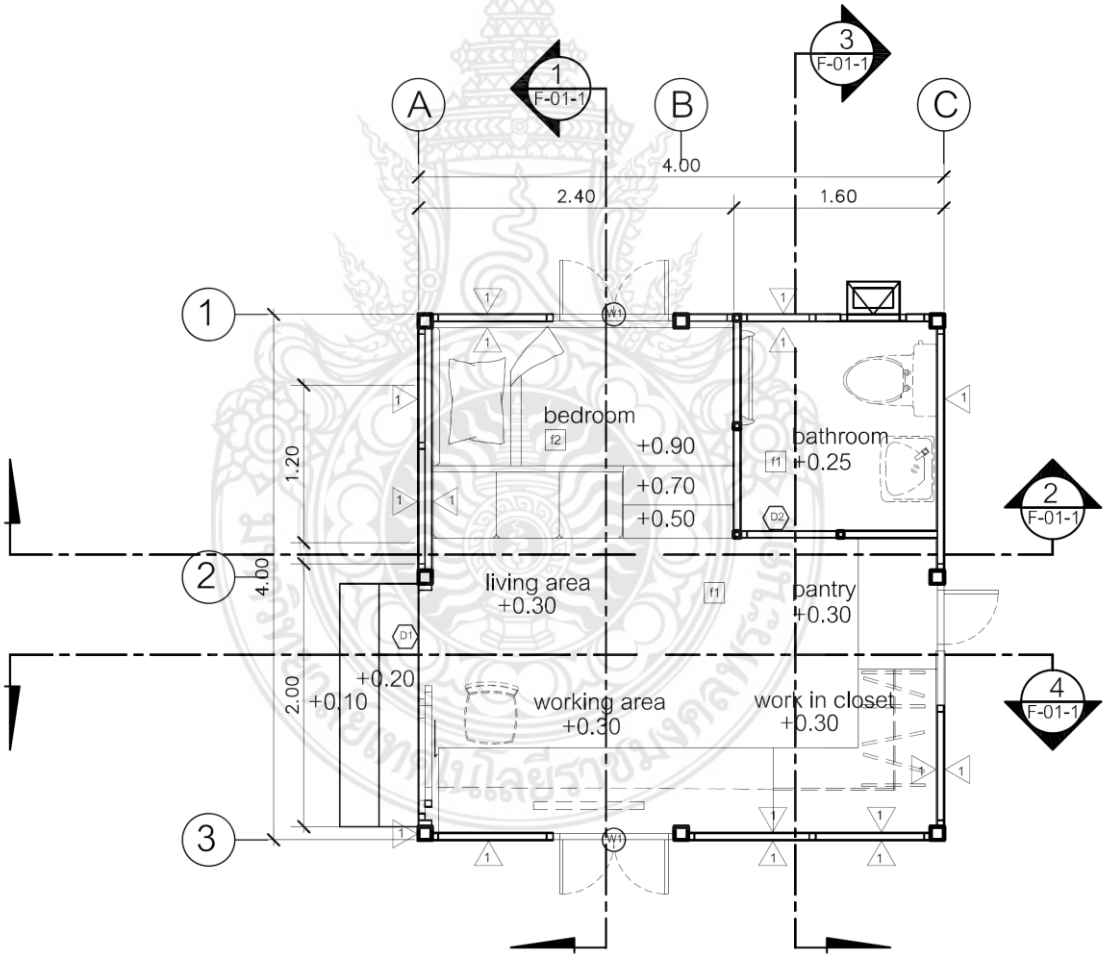
# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

## 4.1 ผลการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

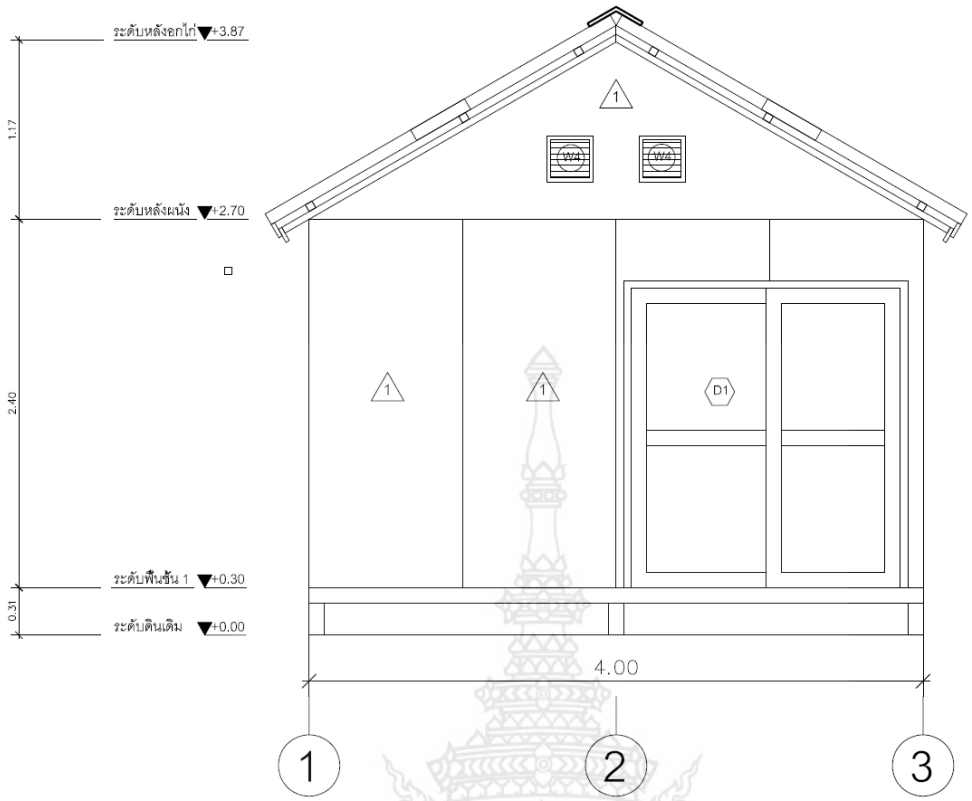
ผลการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ทั้งในด้านมิติและลักษณะภายนอกอาคาร ชิ้นส่วนอาคารด้วยแนวคิดระบบประสานทางพิกัด โครงสร้างอาคาร และรอยต่ออาคาร สามารถสรุปผลการออกแบบได้ ดังนี้

4.1.1 มิติและลักษณะภายนอกอาคาร

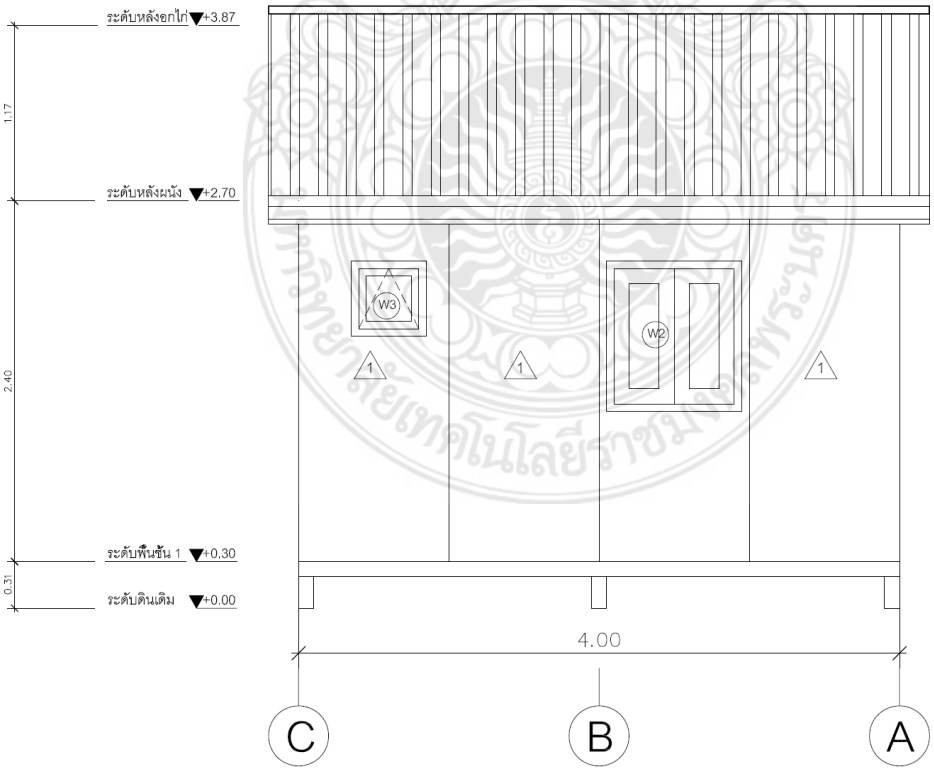
มิติและลักษณะภายนอกของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยถูกออกแบบให้เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.5



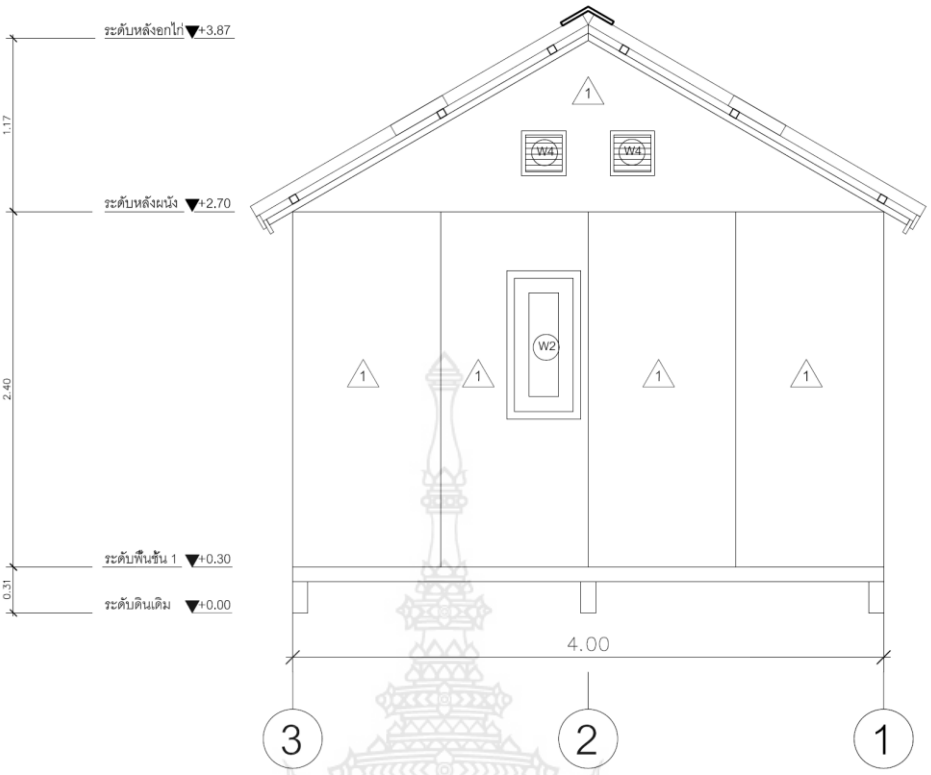

**รูปที่ 4.1** แบบมิติและลักษณะแปลนของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย



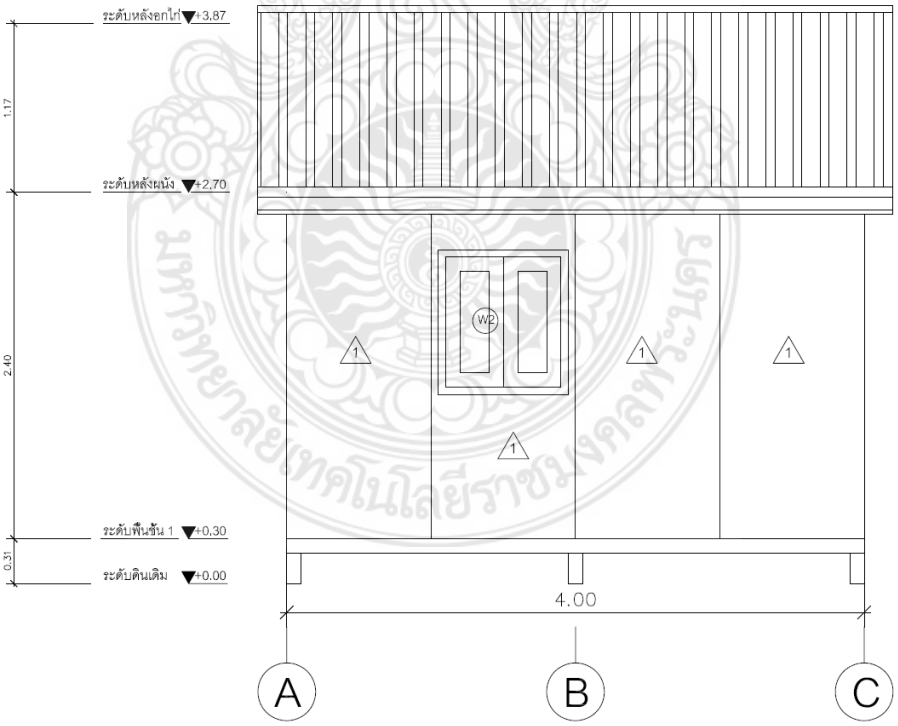

**รูปที่ 4.2** แบบด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 4.3** แบบด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 4.4** แบบด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 4.5** แบบด้านซ้ายของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

4.1.2 โครงสร้างและรอยต่ออาคาร

คำนวณและออกแบบโครงสร้างอาคารทรงครึ่งทรงกลม โดยใช้วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design, LRFD) สำหรับโครงสร้างเหล็ก (ทักษิณ และอัครวัชร, 2553) และวิธีกำลัง (Strength Design Method, SDM) สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (วินิต, 2545) ดังนี้

1) กำหนดน้ำหนักบรรทุกขององค์อาคาร ประกอบด้วย

1.1) น้ำหนักบรรทุกคงที่

| | | |
|---|---|---|
| - น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา | 5 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - น้ำหนักเหล็กโครงสร้าง | 10 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |

1.2) น้ำหนักบรรทุกจร

| | | |
|---|---|---|
| - น้ำหนักบรรทุกจรหลังคา | 50 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - น้ำหนักบรรทุกจรอาคารพักอาศัย | 150 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - แรงลม ตาม วสท. (0 - 10 เมตร) | 50 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |

2) การแบ่งน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบโครงสร้าง ใช้วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) (วสท., 2546) โดยใช้ $P_u = 1.2D + 1.6L$ เมื่อ $P_u$ คือ น้ำหนักบรรทุกสำหรับนำไปออกแบบ D คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ และ L คือ น้ำหนักบรรทุกจร

ผลการคำนวณและออกแบบโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถสรุปแบ่งตามส่วนประกอบของอาคาร ประกอบด้วย

1) ฐานราก สำหรับฐานรากแผ่ ใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.60 x 0.60 x 0.20 เมตร อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายหยาบ: หินก่อสร้าง: น้ำ เท่ากับ 1: 2: 4: 0.7 โดยน้ำหนัก เสริมเหล็กเส้นกลม ขนาด 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น วางแนวละ 2 เส้น สูงจากก้นหลุม 0.05 เมตร สำหรับฐานรากเสาเข็ม ใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.4 x 0.4 x 0.2 เมตร คอนกรีตและเหล็กเสริมเหมือนกับฐานรากแผ่ เสาเข็ม ขนาด 0.15 x 0.15 เมตร ยาว 6.00 เมตร จำนวน 1 ต้นต่อฐานราก (เมื่อพื้นที่รับแรงแบกทานได้ต่ำกว่า 2 ตันต่อตารางเมตร) พร้อมทั้งวางแผ่นเหล็กเพื่อรองรับตอม่อ จำนวน 9 ฐาน วางแบบ 3 x 3 ฐาน

2) ตอม่อ ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 75 x 75 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร สูง 0.30 เมตร จำนวน 9 ต้น วางแบบ 3 x 3 ตามฐานราก

3) เสา ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 75 x 75 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร สูง 2.40 เมตร จำนวน 6 ต้น

4) คาน และตง ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 75 x 45 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร ยาว 4.00 เมตร ระยะตง 0.40 เมตร

5) อะเส และขื่อ ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 75 x 45 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร

6) อกไก่ ดั้ง แป และจันทัน ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร ระยะจันทัน 2.00 เมตร ระยะแป 1.20 เมตร

7) ฉากเชื่อมโครงสร้าง ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดฉากขาเท่ากัน ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร ขันร้อยเข้ากับสลักเกลียวขนาด 12 มิลลิเมตร

8) หน้าจั่ว ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร เชื่อมเป็นโครงรูปสามเหลี่ยม จำนวน 4 โครง

9) โครงคร่าวผนัง โครงนอกใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร โครงในใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร หนา 1.6 มิลลิเมตร เชื่อมเป็นโครงผนังมีช่องหน้าต่าง พร้อมทั้งติดตั้งวงกบหน้าต่าง จำนวน 4 โครง โครงผนังทึบ จำนวน 3 โครง และโครงผนังมีช่องประตู จำนวน 1 โครง

10) แผ่นผนัง ใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือซีเมนต์บอร์ด ขนาด 2.40 x 1.20 เมตร หนา 6 มิลลิเมตร

11) แผ่นพื้น ใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือซีเมนต์บอร์ด ขนาด 2.40 x 1.20 เมตร หนา 20 มิลลิเมตร

12) วัสดุอุดรอยต่อแผ่นผนังและแผ่นพื้น ใช้ซิลิโคนขาว และปูนอุดรอยต่อ

13) วัสดุมุงหลังคา ใช้หลังคาเหล็กเคลือบ หรือเมทัลชีท

14) ฝ้าเพดาน ใช้โครงฝ้าอะลูมิเนียม แบบทีบาร์ ขนาดแผ่น 0.60 x 0.60 เมตร หนา 6 มิลลิเมตร

15) สีทาภายนอก ใช้สีน้ำอะคลิลิก และสีรองพื้น

16) ประตูและหน้าต่าง ใช้วงกบประตูไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1.80 x 0.80 เมตร จำนวน 2 วงกบ วงกบหน้าต่างเหล็กรูปพรรณหน้าตัดฉากขาเท่ากัน (25 x 25 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร) ขนาด 1.00 x 0.50 เมตร จำนวน 4 วงกบ บานประตู PVC จำนวน 2 บาน และบานหน้าต่างไม้เนื้อแข็ง จำนวน 4 บาน

**4.2 ผลการออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

โครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยถูกออกแบบให้ใช้จุดยึดต่อชิ้นส่วนด้วยสลักเกลียว ทำให้สามารถถอดประกอบและนำไปยังสถานที่ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก และจัดวางชิ้นส่วนให้เป็นระเบียบ ซึ่งในส่วนขั้นตอนการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) กิจกรรม A การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง ขนาดไม่น้อยกว่า 6.00 x 6.00 เมตร โดยทำความสะอาดสถานที่และบดอัดพื้นดินให้เรียบเสมอกัน พร้อมทั้งทำการปักผังและวางผังของตัวอาคาร

2) กิจกรรม B การติดตั้งฐานราก โดยทำการตอกเข็ม (กรณีฐานรากเสาเข็ม) ขุดดิน วางไม้แบบ วางเหล็กเส้นกลม และเทคอนกรีต

3) กิจกรรม C การติดตั้งเสาและคาน โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง

4) กิจกรรม D การติดตั้งตง โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง

5) กิจกรรม E การติดตั้งโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคา โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง และยึดวัสดุมุงหลังคาด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

6) กิจกรรม F การติดตั้งโครงผนัง โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับโครงสร้าง

7) กิจกรรม G การติดตั้งแผ่นพื้น โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 20 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับตงเหล็กด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อพื้น

8) กิจกรรม H การติดตั้งวงกบประตู โดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

9) กิจกรรม I การติดตั้งแผ่นผนัง โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 6 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อผนัง

10) กิจกรรม J การติดตั้งฝ้าเพดาน โดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์ และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม ความหนา 6 มิลลิเมตร

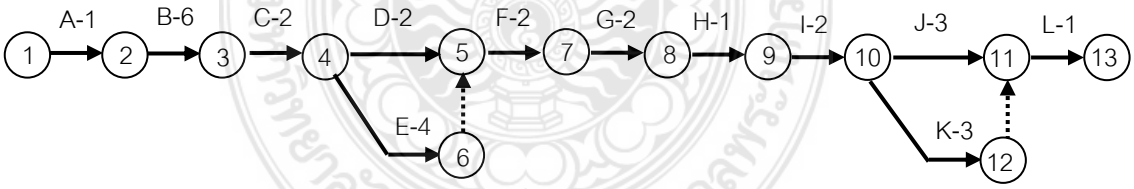
11) กิจกรรม K การทาสีและตกแต่งอาคาร โดยใช้สีรองพื้นทาก่อน 1 ครั้ง และทาสีน้ำอะคลิลิกทับอีก 2 ครั้ง รวมทั้ง การเก็บรายละเอียดของงานให้สมบูรณ์

12) กิจกรรม L การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด

จากกิจกรรมขั้นตอนการก่อสร้างดังกล่าว ทั้ง 12 กิจกรรม สามารถสรุประยะเวลาที่ใช้ และลำดับขั้นตอนการก่อสร้างได้ ดังตารางที่ 4.1 และการเขียนแผนก่อสร้างด้วยวิธี CPM (Critical Path Method) ได้ ดังรูปที่ 4.6

**ตารางที่ 4.1** ขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| กิจกรรม | | ระยะเวลาที่ใช้ (ชั่วโมง) | กิจกรรมก่อนหน้า | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| A | การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง | 1 | ไม่มี | กิจกรรมแรก |
| B | การติดตั้งฐานราก | 6 | A | - |
| C | การติดตั้งเสาและคาน | 2 | B | - |
| D | การติดตั้งตง | 2 | C | - |
| E | การติดตั้งโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคา | 4 | C | พร้อมกับกิจกรรม D |
| F | การติดตั้งโครงผนัง | 2 | E | - |
| G | การติดตั้งแผ่นพื้น | 2 | F | |
| H | การติดตั้งวงกบประตู | 1 | G | - |
| I | การติดตั้งแผ่นผนัง | 2 | H | - |
| J | การติดตั้งฝ้าเพดาน | 3 | I | - |
| K | การทาสีและตกแต่งอาคาร | 3 | I | พร้อมกับกิจกรรม J |
| L | การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง | 1 | K | กิจกรรมสุดท้าย |




**รูปที่ 4.6** แผนการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยด้วยวิธี CPM (Critical Path Method)

จากรูปที่ 4.6 แผนการก่อสร้างอาคารทรงครึ่งทรงกลมด้วยวิธี CPM (Critical Path Method) สามารถคำนวณระยะเวลาการก่อสร้างที่ใช้ได้ เท่ากับ 24 ชั่วโมง หรือ 3 วัน (คำนวณจากระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และใช้แรงงาน จำนวน 4 คน)

สำหรับการรื้อถอนให้ทำการย้อนขั้นตอนติดตั้งกลับในส่วนที่สามารถทำได้ง่าย และไม่ทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหาย ก่อนการรื้อถอนโครงสร้างอาคาร กล่าวคือ

1) การรื้อถอนบานประตูและหน้าต่าง
2) การรื้อถอนฝ้าเพดาน
3) การรื้อถอนแผ่นผนัง
4) การรื้อถอนวงกบประตู
5) การรื้อถอนวัสดุมุงหลังคา
6) การรื้อถอนโครงผนัง
7) การรื้อถอนแผ่นพื้น
8) การรื้อถอนโครงหลังคา
9) การรื้อถอนตง
10) การรื้อถอนเสาและคาน
11) การรื้อถอนฐานราก
12) การปรับพื้นที่ก่อสร้าง

**4.3 ผลการประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ผลการประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างของอาคารทรงครึ่งทรงกลม โดยไม่รวมถึงค่าแรง ค่าภาษี ค่าขนส่ง ค่าออกแบบ และค่าการทดลองเบื้องต้น สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ราคาค่าวัสดุก่อสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| ประเภทงาน | ราคา (บาท) |
|---|---|
| งานฐานราก | 5,000 |
| งานโครงสร้างพื้น ผนัง และหลังคา | 60,000 |
| งานแผ่นผนัง | 20,000 |
| งานแผ่นพื้น | 20,000 |
| งานวัสดุมุงหลังคา | 10,000 |
| งานประตู | 3,000 |
| งานหน้าต่าง | 2,000 |
| งานสี | 5,000 |
| **รวมทั้งสิ้น** | **125,000** |

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้างได้ คือ 125,000 บาทต่อหลัง เมื่อคำนวณเป็นต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร

**4.4 ผลการขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

1) ขึ้นรูปและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการบากและเชื่อมเหล็กรูปพรรณหน้าตัดและขนาดต่างๆ ให้สามารถประกอบกันได้สมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.9

**รูปที่ 4.7** การบากเสาเหล็กให้เป็นร่องเพื่อติดตั้งส่วนของคานเหล็ก

**รูปที่ 4.8** การทดลองวางแนวคานเหล็กลงในเสาเหล็กที่บากร่องไว้

**รูปที่ 4.9** การเชื่อมส่วนของโครงสร้างเหล็กเพื่อเตรียมการประกอบ

2) การติดตั้งเสา คาน ขื่อ อะเส ดั่ง จันทัน และแปของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการให้ระดับในแนวดิ่ง การวัดฉาก และการเชื่อมเหล็กฉาก สำหรับยึดติดส่วนโครงสร้างต่างๆ ดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.18

**รูปที่ 4.10** การตั้งเสาเหล็กและคานเหล็กให้ได้ระดับ

**รูปที่ 4.11** การเชื่อมเหล็กฉากเข้ากับคานเหล็กเพื่อให้สามารถร้อยสลักเกลียวได้

**รูปที่ 4.12** การเชื่อมต่อของเสาเหล็กและคานเหล็กแบบชั่วคราว

**รูปที่ 4.13** การตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยต่อที่บากไว้

**รูปที่ 4.14** การประกอบส่วนของอะเสเหล็กลงบนเสาเหล็กทั้ง 3 เสา

**รูปที่ 4.15** การเชื่อมเหล็กฉากในส่วนของอะเส ขื่อ และเสาเหล็กให้สามารถร้อยสลักเกลียวติดกันได้

**รูปที่ 4.16** การประกอบเสา คาน อะเส และขื่อเหล็กเป็นโครงสร้างหลัก

**รูปที่ 4.17** การประกอบตงเหล็กเพื่อรองรับแผ่นพื้นของโครงสร้าง

**รูปที่ 4.18** การประกอบส่วนของโครงหลังคา ทั้งดั่ง อกไก่ และจันทัน

3) การติดตั้งวัสดุมุงหลังคา หน้าจั่ว โครงผนัง และวงกบประตูของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการเชื่อมเหล็กฉากและเจาะรูสำหรับร้อยสลักเกลียว ดังรูปที่ 4.19 ถึง 4.22

**รูปที่ 4.19** การประกอบแป แผ่นหลังคาเหล็ก โครงผนัง และวงกบ

**รูปที่ 4.20** การทดลองติดตั้งส่วนต่างๆ ของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวก

**รูปที่ 4.21** ลักษณะของหน้าจั่ว รอยต่อโครงผนัง และส่วนประกอบอื่นๆ ของโครงสร้าง

**รูปที่ 4.22** การใช้ระดับน้ำเพื่อตรวจสอบแนวดิ่งของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวก

4) การรื้อถอนชิ้นส่วนของโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการขนส่ง และการนำไปประกอบในสถานที่ก่อสร้าง ดังรูปที่ 4.23 ถึง 4.25

**รูปที่ 4.23** การเริ่มรื้อถอนโครงสร้างบ้านถอดประกอบเพื่อเตรียมขนส่งไปติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง

**รูปที่ 4.24** การรื้อถอนโครงสร้างบ้านถอดประกอบเรียบร้อยแล้ว

**รูปที่ 4.25** กองโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่เก็บไว้เพื่อนำไปประกอบ

**4.5 ผลการทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

จากการนำโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปไปทดสอบการในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความต้านทานแรงอัดของโครงสร้าง ความต้านทานแรงดัดของโครงสร้าง และรอยต่อของโครงสร้าง สามารถสรุปผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบโครงสร้างตามมาตรฐานได้ ดังนี้

**ตารางที่ 4.3** การเปรียบเทียบผลการออกแบบและการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงที่สำคัญของโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| พฤติกรรมการรับแรง | ผลการออกแบบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ผลการทดสอบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ตัวคูณความปลอดภัย |
|---|---|---|---|
| โครงสร้างรับแรงอัด | 720 | 1,240 | 1.72 |
| โครงสร้างรับแรงดัด | 1,440 | 2,765 | 1.92 |
| รอยเชื่อมรับแรงเฉือน | 1,260 | 2,425 | 1.92 |
| **ค่าเฉลี่ย** | | | **1.86** |

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าที่ได้จากการออกแบบตามวิธี LRFD มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งแสดงว่า โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ออกแบบ มีความแข็งแรงสูงกว่าความสามารถในการรับแรงจริง โดยสามารถคำนวณเป็นค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 (ทักษิณ และอัครวัชร, 2553; มนัส, 2539)

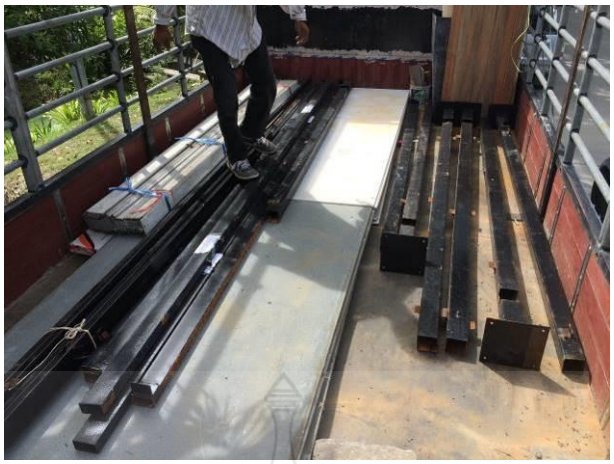
**4.6 ผลการทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

1) การขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ และจัดเรียงโครงสร้างส่วนต่างๆ ให้เป็นระเบียบ ดังรูปที่ 4.26 ถึง 4.33

**รูปที่ 4.26** รถบรรทุก 6 ล้อที่สามารถขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยได้

**รูปที่ 4.27** การยกโครงสร้างเสาของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ ภายหลังจากแผ่นพื้นและผนัง

**รูปที่ 4.28** การยกโครงสร้างคานและตงของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ



**รูปที่ 4.29** การจัดเรียงโครงสร้างของบ้านถอดประกอบขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ

**รูปที่ 4.30** การวางโครงผนังพาดเอียงตามแนวกระบะของรถบรรทุก 6 ล้อ

**รูปที่ 4.31** การนำแผ่นหลังคาเหล็กขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ

**รูปที่ 4.32** การคลุมกระบะของรถบรรทุก 6 ล้อ ด้วยผ้าใบขณะทำการขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 4.33** โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ถูกคลุมด้วยผ้าใบขณะทำการขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ

2) การนำโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ พร้อมทั้งจัดเรียงโครงสร้างส่วนต่างๆ ให้เป็นระเบียบ ดังรูปที่ 4.34 ถึง 4.36

**รูปที่ 4.34** การนำโครงสร้างบ้านถอดประกอบลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ

**รูปที่ 4.35** การวางเรียงโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ อย่างเป็นระเบียบ

**รูปที่ 4.36** การกองเรียงโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ

3) การปรับพื้นสำหรับก่อสร้างบ้านถอดประกอบให้เรียบ พร้อมทั้งทำการวางผังของอาคาร ดังรูปที่ 4.37 และ 4.38

**รูปที่ 4.37** การปรับพื้นที่ก่อสร้างบ้านถอดประกอบให้เรียบ

**รูปที่ 4.38** การวางผังสำหรับก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

4) หล่อฐานราก และติดตั้งเสาตอม่อ ทั้ง 9 ฐาน โดยการขุดดิน วางไม้แบบ วางเหล็กเส้นกลม และเทคอนกรีต ดังรูปที่ 4.39 และ 4.40

**รูปที่ 4.39** การวางตอม่อลงบนฐานรากชั่วคราวก่อนการหล่อฐานรากด้วยคอนกรีต

**รูปที่ 4.40** การเทฐานรากหุ้มแผ่นเหล็กและโคนเสาตอม่อเหล็กด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

5) การติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเส โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ดังรูปที่ 4.41 และ 4.42

**รูปที่ 4.41** การติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเสของโครงสร้างบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 4.42** โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่มีการติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเส เรียบร้อยแล้ว

6) ระหว่างการติดตั้งโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย อาจทำการตกแต่งอาคาร โดยการทาสีรองพื้นและทาสีรอบที่ 1 ให้กับแผ่นผนัง เพื่อลดระยะเวลาก่อสร้างลง ดังรูปที่ 4.43

**รูปที่ 4.43** การทาสีรองพื้นและสีรอบที่ 1 ให้แผ่นผนัง ระหว่างการติดตั้งโครงสร้างของบ้านถอดประกอบ

7) การติดตั้งโครงหลังคา ได้แก่ ดั่ง อกไก่ จันทัน และแป พร้อมทั้งมุงหลังคาด้วยแผ่นหลังคาเหล็ก โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง และยึดวัสดุมุงหลังคาด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย ดังรูปที่ 4.44 ถึง 4.47

**รูปที่ 4.44** การเตรียมติดตั้งอกไก่บนดั่งของโครงสร้างหลังคา

**รูปที่ 4.45** การติดตั้งดั่ง อกไก่ และจันทันของโครงสร้างหลังคาเรียบร้อยแล้ว

**รูปที่ 4.46** การใช้ตะปูเกลียวปลายปล่อยสำหรับยึดแผ่นหลังคาเหล็กเข้ากับโครงสร้างหลังคา

**รูปที่ 4.47** แผ่นหลังคาเหล็กที่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างหลังคาด้วยตะปูเกลียวที่มียางรองการรั่วซึม

8) การติดตั้งโครงผนัง และโครงหน้าจั่ว โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับโครงสร้าง ดังรูปที่ 4.48 ถึง 4.51

**รูปที่ 4.48** การติดตั้งโครงผนังเข้ากับคานและเสาของบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 4.49** การใช้สลักเกลียวยึดโครงผนังเข้ากับเสาและคานของบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 4.50** การติดตั้งโครงผนังด้านในเพื่อกั้นเป็นห้องน้ำ

**รูปที่ 4.51** การติดตั้งโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

9) การติดตั้งแผ่นพื้น โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 20 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับตงและคานเหล็กด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อพื้น ดังรูปที่ 4.52

**รูปที่ 4.52** การติดตั้งแผ่นพื้นโดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดยึดเข้ากับตงและคานเหล็ก

10) การติดตั้งวงกบประตู โดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย ดังรูปที่ 4.53

**รูปที่ 4.53** การติดตั้งวงกบประตูโดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

11) การติดตั้งแผ่นผนังและหน้าจั่ว โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 6 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อผนัง ดังรูปที่ 4.54 ถึง 4.62

**รูปที่ 4.54** การติดตั้งแผ่นหน้าจั่วเข้ากับโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.55** การติดตั้งแผ่นผนังเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.56** การยึดแผ่นผนังที่เว้นช่องหน้าต่างไว้แล้วเข้ากับโครงผนัง

**รูปที่ 4.57** การติดตั้งแผ่นผนังด้านในบ้านถอดประกอบสำหรับแบ่งเป็นห้องน้ำ

**รูปที่ 4.58** การยึดแผ่นผนังที่เว้นช่องหน้าต่างไว้แล้วเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

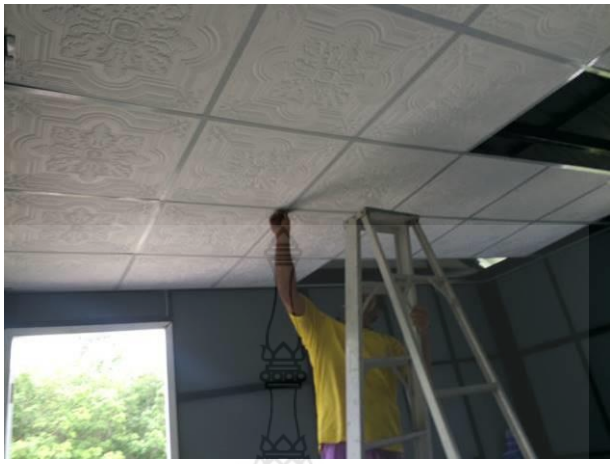
**รูปที่ 4.59** การยึดแผ่นผนังให้ครอบคลุมโครงที่ออกแบบไว้

**รูปที่ 4.60** การยึดแผ่นผนังเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบทุกด้าน

**รูปที่ 4.61** การยึดแผ่นผนังด้านในของห้องน้ำเข้ากับโครงผนังของบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 4.62** การอุดรอยต่อของผนังและพื้นด้วยซิลิโคนขาวและปูนอุดรอยต่อ

12) การติดตั้งฝ้าเพดาน โดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์ และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม ความหนา 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.63



**รูปที่ 4.63** การติดตั้งฝ้าเพดานโดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม

13) การทาสีและตกแต่งอาคาร โดยใช้สีรองพื้นทาก่อน 1 ครั้ง และทาสีน้ำอะคลิลิกทับอีก 2 ครั้ง รวมทั้งการเก็บรายละเอียดของงานให้สมบูรณ์

14) การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด ดังรูปที่ 4.64

**รูปที่ 4.64** การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด

15) จากการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยทั้งหมด ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง รวม 3 วัน ซึ่งเป็นไปตามแผนที่วางไว้ แต่ละวันใช้แรงงานคนในการก่อสร้าง จำนวน 4 คน เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน นอกจากนี้ ระหว่างการขนส่งโครงสร้างดังกล่าว พบว่า รถบรรทุก 6 ล้อ สามารถลำเลียงบ้านถอดประกอบได้ 2 ชุด เมื่อมีการจัดเรียงโครงสร้างอย่างเป็นระเบียบ (สุธี และคณะ, 2550) โดยบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.65 ถึง 4.70

**รูปที่ 4.65** ด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.66** ด้านซ้ายของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.67** ด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.68** ด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.69** ด้านในของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 4.70** ห้องขนาดเล็กหรือห้องน้ำภายในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**4.7 ผลการยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา**

ได้คำขอจดแจ้งลิขสิทธิ์เรื่อง “แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” ในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยมี นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิหาร ดีปัญญา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล และว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร เป็นผู้สร้างสรรค์

**4.8 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย**

ได้ร่างบทความเรื่อง “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” สำหรับตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ หรือวารสาร ในระดับชาติ หรือนานาชาติ สำหรับถ่ายทอดไปสู่กลุ่มเป้าหมาย

# บทที่ 5
# สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินโครงการ “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” สามารถสรุปผลแบ่งตามวัตถุประสงค์ และข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

## 5.1 สรุปผล

5.1.1 ได้บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ซึ่งออกแบบให้เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง เท่ากับ 125,000 บาทต่อหลัง หรือ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ

5.1.2 ได้องค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปจดแจ้งลิขสิทธิ์เรื่อง “แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” ในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยมี นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล และว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร เป็นผู้สร้างสรรค์

5.1.3 จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ทำให้สามารถคำนวณเป็นค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ยเท่ากับ 1.86 ซึ่งแสดงว่า โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ออกแบบมีความแข็งแรงสูงกว่าความสามารถในการรับแรงจริง

5.1.4 ได้ต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย จำนวน 1 หลัง

5.1.5 ได้ร่างบทความเรื่อง “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้แก่กลุ่มเป้าหมาย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและขึ้นรูปโครงสร้าง

# เอกสารอ้างอิง


กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2553. คู่มือฝึกอบรมการปลุกจิตสำนึกเพื่อเตรียมพร้อมรับภัยน้ำท่วม. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย.

ชลธี อิ่มอุดม, 2552. ระบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต นิตยะ, 2528. เอกสารประกอบการสอนวิชา Industrialized building, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, 2553. พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก.พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551. โครงการศึกษาวิจัยและออกแบบอาคารพักอาศัย 5 ชั้น ในระบบประสานพิกัดและชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อรองรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม. รายงานฉบับสมบูรณ์. บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด.

ประสาน ศรีศุภชัยยา, 2539. สภาพปัจจุบันและความคาดหวังเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวและถาวรของผู้ใช้แรงงานก่อสร้าง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มามี โตบารมีกุล, 2541. การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนัส อนุศิริ, 2539. การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วิสูตร จิระดำเกิง, 2551. การประมาณราคาค่าก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยรังสิต.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2546. มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กรูปพรรณโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก. พิมพ์ครั้งที่ 1.

สุธี ปิยะพิพัฒน์, 2550. โครงการพัฒนาปรับปรุงระบบก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักฉุกเฉินชั่วคราวกรณีเกิดภัยพิบัติ. รายงานฉบับสมบูรณ์, คณะครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุธี ปิยะพิพัฒน์, ศุภสิทธิ พงศ์ศิวะสถิตย์ และสมศักดิ์ คำปลิว, 2550. โครงการพัฒนาปรับปรุงระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักฉุกเฉิน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 5 (10): 63-74.

สนธพล กริชนวรักษ์, 2554. เทคนิคการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราวระบบก่อสร้างเร็วด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณสำเร็จรูป. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 2520. การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

Albert A. Fink, 1968. Dome Structure and Method of Fabrication and Erection. United States Patent Office Patent.

American Society for Testing and Materials, 2010. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

Debby Guha-Sapir, Femke Vos, Regina Below and Sylvain Ponserre, 2011. Annual Disaster Statistical Review: The numbers and trends. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) Institute of Health and Society (IRSS) Université catholique de Louvain – Brussels, Belgium.

Herz, Rudolph, 1975. Architectures' data, London: Crosby. Lockwood. Staples.

Marek Kubik, 2009. Structural Analysis of Geodesic Domes. Charles Augarde, Durham University School of Engineering.

Testa Carlo, 1959. The Industrialization of Building, New York : Van Nostrand Reinhold

# ภาคผนวก

ก ร่างคำขอจดแจ้งลิขสิทธิ์

ข แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

ค ร่างบทความสำหรับเผยแพร่

# คำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

**ประเภทงานอันมีลิขสิทธิ์**

- ☐ วรรณกรรม
- ☐ นาฏกรรม
- ☒ ศิลปกรรม
- ☐ โสตทัศนวัสดุ
- ☐ สิ่งบันทึกเสียง
- ☐ ดนตรีกรรม
- ☐ ภาพยนตร์
- ☐ งานแพร่เสียงแพร่ภาพ
- ☐ งานอื่นใดในแผนกวรรณคดี
- ☐ แผนกวิทยาศาสตร์หรือแผนกศิลปะ

**สำหรับเจ้าหน้าที่**

**เลขคำขอ ลข.** .....

**รับวันที่** .....

**ทะเบียนข้อมูลเลขที่** .....

**เอกสารแนบ**

- ☐ สำเนาคำขอ ลข.01
- ☐ หนังสือรับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์
- ☐ ผลงานหรือภาพถ่าย
- ☐ สำเนาบัตรประจำตัวหรือหนังสือรับรองนิติบุคคล
- ☐ หนังสือมอบอำนาจ (ถ้ามี)
- ☐ เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี)

**1. ชื่อเจ้าของลิขสิทธิ์**

ชื่อ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สัญชาติ ไทย

เลขประจำตัวประชาชน/นิติบุคคล 0 9 9 4 0 0 0 1 5 1 9 4 2

ที่อยู่
เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ 0-2549-3417 โทรสาร 0-2549-3412

**2. ชื่อตัวแทน**

ชื่อ .....

สัญชาติ .....

เลขประจำตัวประชาชน/นิติบุคคล ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

ที่อยู่

รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์ โทรสาร

**3. สถานที่ติดต่อในประเทศไทย** เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300

**4. ชื่อผู้สร้างสรรค์ หรือนามแฝง**

ชื่อ นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล (ดูใบต่อท้าย)

สัญชาติ ไทย

เลขประจำตัวประชาชน/นิติบุคคล 3 1 0 2 0 0 0 7 9 0 6 5 4

ที่อยู่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ

รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ โทรสาร

~~วัน เดือน ปี ที่จดทะเบียนนิติบุคคล~~

วัน เดือน ปีที่ผู้สร้างสรรค์ตาย (เฉพาะบุคคลธรรมดา)

**5. ชื่อผู้สร้างสรรค์ร่วม หรือนามแฝง**

ชื่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา

สัญชาติ ไทย

เลขประจำตัวประชาชน/นิติบุคคล 3 1 2 0 1 0 0 7 6 1 5 0 3

ที่อยู่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ

รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ โทรสาร

~~วัน เดือน ปี ที่จดทะเบียนนิติบุคคล~~

วัน เดือน ปีที่ผู้สร้างสรรค์ตาย (เฉพาะบุคคลธรรมดา)

**6. ชื่อผลงาน (โปรดสะกดชื่อผลงานที่ถูกต้อง)** แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**7. ประเภทของงาน**

**7. ประเภทของงาน**

☐ **วรรณกรรม**

**ลักษณะงาน**

- ☐ หนังสือ
- ☐ จุลสาร
- ☐ สิ่งเขียน
- ☐ สิ่งพิมพ์
- ☐ ปาฐกถา
- ☐ เทศนา
- ☐ คำปราศรัย
- ☐ สุนทรพจน์
- ☐ โปรแกรมคอมพิวเตอร์
- ☐ งานนิพนธ์อื่น ๆ (ระบุ).....

☐ **นาฏกรรม**

**ลักษณะงาน**

- ☐ ท่ารำ
- ☐ ท่าเต้น
- ☐ การแสดงใบ้
- ☐ การทำท่าหรือการแสดงที่ประกอบขึ้นเป็นเรื่องราว

☒ **ศิลปกรรม**

**ลักษณะงาน**

- ☐ จิตรกรรม (เช่น ภาพวาด)
- ☐ ประติมากรรม (เช่น รูปปั้น/แกะสลัก)
- ☐ ภาพพิมพ์ (เช่น ภาพปกหนังสือ)
- ☒ สถาปัตยกรรม (เช่น งานออกแบบอาคาร/สิ่งปลูกสร้าง)
- ☐ ภาพถ่าย
- ☐ ภาพประกอบ แผนที่ฯ
- ☐ ศิลปประยุกต์ (งานที่นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น)

☐ **สิ่งบันทึกเสียง**

☐ **โสตทัศนวัสดุ**

☐ **ภาพยนตร์**

☐ **ดนตรีกรรม**

**ลักษณะงาน**

- ☐ ทำนอง
- ☐ โน้ตเพลง
- ☐ ทำนองและคำร้อง
- ☐ แผนภูมิเพลง
- ☐ คำร้องที่แต่งเพื่อประกอบทำนอง

☐ **งานแพร่เสียงแพร่ภาพ**

**ลักษณะงาน**

- ☐ งานแพร่เสียง
- ☐ งานแพร่ภาพ
- ☐ งานแพร่เสียงและภาพ

☐ **งานอื่นใดอันเป็นงานในแผนกวรรณคดี แผนกวิทยาศาสตร์หรือแผนกศิลปะ**

**ลักษณะงาน**

- ☐ ลายฉัก
- ☐ ลายปัก
- ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

**ผลงานที่ยื่นประกอบคำขอ** แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย จำนวน 1 ชุด

**8. ความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์**

☐ **เป็นผู้สร้างสรรค์เอง**

☐ **เป็นผู้ว่าจ้าง**

☐ **เป็นผู้รับจ้าง ซึ่งสัญญาจ้างทำของกำหนดให้ผู้รับจ้างเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์**

☐ **เป็นนายจ้างซึ่งมีหนังสือตกลงกับลูกจ้างว่า ให้นายจ้างเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์**

☒ **เป็นกระทรวง ทบวง กรม หรือหน่วยงานของรัฐหรือของท้องถิ่นที่มีลิขสิทธิ์โดยการจ้างหรือตามคำสั่งหรือการควบคุมของตน**

☐ **เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์**

- ☐ รับโอนทั้งหมดในงานสร้างสรรค์
- ☐ รับโอนลิขสิทธิ์บางส่วน
  - ○ สิทธิในการทำซ้ำ
  - ○ สิทธิในการดัดแปลง
  - ○ อื่น ๆ (ระบุ).....
- ☐ เป็นผู้ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
  - โดย ○ การแปล
  - ○ อื่น ๆ (ระบุ).....

☐ **เป็นผู้รวบรวมโดย**

- ☐ นำเอาผลงานอันมีลิขสิทธิ์ มารวบรวมหรือประกอบเข้ากันโดยได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
  - ในรูป ○ พจนานุกรมฯสารานุกรม
  - ○ เว็บเพจ
  - ○ อื่น ๆ (ระบุ).....
- ☐ เป็นผู้นำเอาข้อมูลหรือสิ่งอื่นใดมารวบรวมหรือประกอบเข้ากัน
  - ในรูป ○ ฐานข้อมูล
  - ○ อื่น ๆ (ระบุ).....

**9. ลักษณะการสร้างสรรค์**

☑ สร้างสรรค์ขึ้นเองทั้งหมด ☐ สร้างสรรค์บางส่วน (ระบุ) .....

☐ อื่น ๆ (ระบุ) .....

**10. สถานที่สร้างสรรค์ สร้างสรรค์ในประเทศ (ระบุ)** ประเทศไทย

**11. ปีที่สร้างสรรค์ (ระบุ)** พ.ศ. 2559

**12. การโฆษณางาน (การนำสำเนางานออกจำหน่ายโดยความยินยอมของผู้สร้างสรรค์ โดยสำเนามีจำนวนมากพอสมควร)**

☑ ยังไม่ได้โฆษณา

☐ ได้โฆษณาแล้วโดยโฆษณาครั้งแรกเมื่อวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ณ ประเทศ .....

**13. การแจ้ง/จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในต่างประเทศ**

☑ ไม่เคยแจ้งหรือจดทะเบียน ☐ แจ้งหรือจดทะเบียนไว้แล้วที่ประเทศ (ระบุ) .....

**14. การอนุญาตให้ใช้ลิขสิทธิ์/โอนลิขสิทธิ์**

☑ ไม่เคยอนุญาตให้ใช้ลิขสิทธิ์ / โอนลิขสิทธิ์

☐ อนุญาตให้ใช้ลิขสิทธิ์ / โอนลิขสิทธิ์ให้แก่ .....เมื่อวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

☐ อนุญาต/โอนลิขสิทธิ์ (แนบสำเนาสัญญาหรือนิติกรรม)

☐ สิทธิทั้งหมด ☐ สิทธิบางส่วน (ระบุ) .....

☐ อนุญาต/โอนลิขสิทธิ์ (แนบสำเนาสัญญาหรือนิติกรรม)

☐ ตลอดอายุลิขสิทธิ์ ☐ มีกำหนดเวลา (ระบุ).....ปี

**15. การเผยแพร่ข้อมูลลิขสิทธิ์**

☑ ข้าพเจ้าอนุญาตให้คนอื่นตรวจดูเอกสารในแฟ้มคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์และผลงานของข้าพเจ้าได้

☐ ข้าพเจ้าไม่อนุญาตให้บุคคลใดตรวจดูเอกสารในแฟ้มคำขอฯ และผลงานของข้าพเจ้า

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

ทั้งนี้ ข้าพเจ้ารับทราบว่า กรมฯ ให้บริการตรวจค้นข้อมูลลิขสิทธิ์แก่ประชาชนทั่วไปทางคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ต ข้าพเจ้ายินดีเผยแพร่ข้อมูลตามที่ปรากฏในแบบ ลข.01

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความข้างต้นเป็นความจริงทุกประการและหลักฐานที่ส่งประกอบคำขอเป็นหลักฐานที่ถูกต้อง หากปรากฏภายหลังว่าข้าพเจ้าไม่ได้เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์หรือตัวแทนรับมอบอำนาจจากบุคคลดังกล่าว และก่อให้เกิดความเสียหายแก่บุคคลหนึ่งบุคคลใด หรือกรมทรัพย์สินทางปัญญา ข้าพเจ้าขอเป็นผู้รับผิดชอบในความเสียหายที่เกิดขึ้นทุกประการ

ลงชื่อ.....เจ้าของลิขสิทธิ์ / ตัวแทน

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

...../...../.....

หมายเหตุ ในกรณีที่แบบ ลข.01 มีเนื้อที่ไม่พอ และต้องการระบุรายละเอียดเพิ่ม ให้ใช้ใบต่อท้าย ลข.01 โดยระบุหมายเลขกำกับข้อ และหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

การดำเนินการตามคำขอนี้ ไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียมใด ๆ ทั้งสิ้น

**คำขอเลขที่.....**

**ทะเบียนข้อมูล เลขที่.....**

**ใบต่อท้ายคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์**

**แบบ ลข.01**

**4. ชื่อผู้สร้างสรรค์ หรือนามแฝง**

**3. ชื่อ** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล **สัญชาติ** ไทย **เลขประจำตัวประชาชน** 3 1020 02176 65 9

**ที่อยู่** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ **รหัสไปรษณีย์** 10300

**4. ชื่อ** ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร **สัญชาติ** ไทย **เลขประจำตัวประชาชน** 1 1104 00004 76 1

**ที่อยู่** หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี **รหัสไปรษณีย์** 12110

**ลงชื่อ.....เจ้าของลิขสิทธิ์ / ตัวแทน**

**(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)**

**...../...../.....**

**หนังสือรับรองความเป็นเจ้าของงานลิขสิทธิ์**

**โดยหนังสือฉบับนี้ ~~นาย/นาง/นางสาว/บริษัท/ห้างหุ้นส่วน~~** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร **ตั้งอยู่เลขที่** เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย **ทะเบียนนิติบุคคลเลขที่ (ถ้ามี)** 0 9940 00151 94 2 **ขอรับรองว่าเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ในงานอันมีลิขสิทธิ์ประเภท** ศิลปกรรม **ชื่อผลงาน** แบบอาคารสำเร็จรูปครึ่งทรงกลมจากโครงสร้างเหล็ก **ที่ยื่นคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา เมื่อวันที่** .....**แต่เพียงผู้เดียว**

**ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ หากปรากฏภายหลังว่าข้าพเจ้าไม่ได้เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์และก่อให้เกิดความเสียหายแก่บุคคลหนึ่งบุคคลใดหรือกรมทรัพย์สินทางปัญญา ข้าพเจ้าขอเป็นผู้รับผิดชอบในความเสียหายที่เกิดขึ้นทุกประการ**

**ลงชื่อ** .....**เจ้าของลิขสิทธิ์**

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

**ตำแหน่ง (ถ้ามี)** อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**ประทับตรา (ถ้ามี)**

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

**แบบคำขอ ลข. เลขที่ .....**

**ทะเบียนข้อมูล เลขที่ .....**

**แบบแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ผลงานโดยย่อ**

แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง เท่ากับ 125,000 บาทต่อหลัง หรือ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ เมื่อคำนวณตามวิธี LRFD และเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า มีค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 รวมทั้ง สามารถรื้อถอน และก่อสร้างใหม่ได้หลายครั้ง

**ลงชื่อ.....เจ้าของลิขสิทธิ์ / ตัวแทน**

**(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)**

**...../...../.....**

**หน้า....ของจำนวน....หน้า**

# CONTENT

| CODE | DESCRIPTION |
|---|---|
| ID-01 | สารบัญแบบ |
| ID-02 | รายการประกอบแบบ |
| A-01 | แปลนเครื่องเรือน , แปลนพื้น |
| A-02 | แปลนไฟและฝ้า , แปลนคาน |
| A-03 | แปลนโครงสร้างหลังคาหลังคา |
| A-04 | แปลนหลังคา |
| A-05 | รูปตัดอาคารและรูปด้านภายใน 1 |
| A-06 | รูปตัดอาคารและรูปด้านภายใน 2 |
| A-07 | รูปตัดอาคารและรูปด้านภายใน 3 |
| A-08 | รูปตัดอาคารและรูปด้านภายใน 4 |
| A-09 | รูปด้านภายนอก A |
| A-10 | รูปด้านภายนอก B |
| A-11 | รูปด้านภายนอก C |
| A-12 | รูปด้านภายนอก D |
| A-13 | แบบขยายผนังภายนอก |
| A-14 | แบบขยายประตูหน้าต่าง |
| A-15 | แบบขยายประตูหน้าต่าง (ต่อ) |
| A-16 | แบบขยายเสาและฐานราก |
| A-17 | แบบขยายเสาและฐานราก (ต่อ) |
| A-18 | แบบขยายการติดตั้งโครงสร้างพื้น |
| | |
| | |
| | |

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
จากไม้ยางพารา
OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

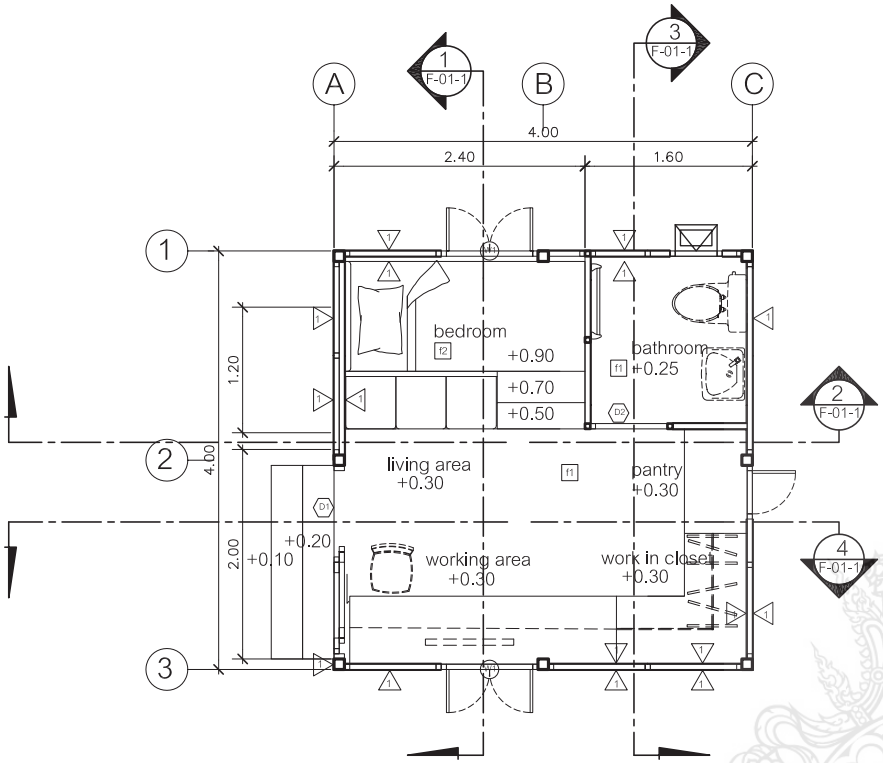
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE :
1 : 50

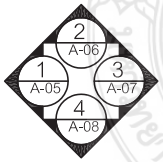
DRAWING TITLE:

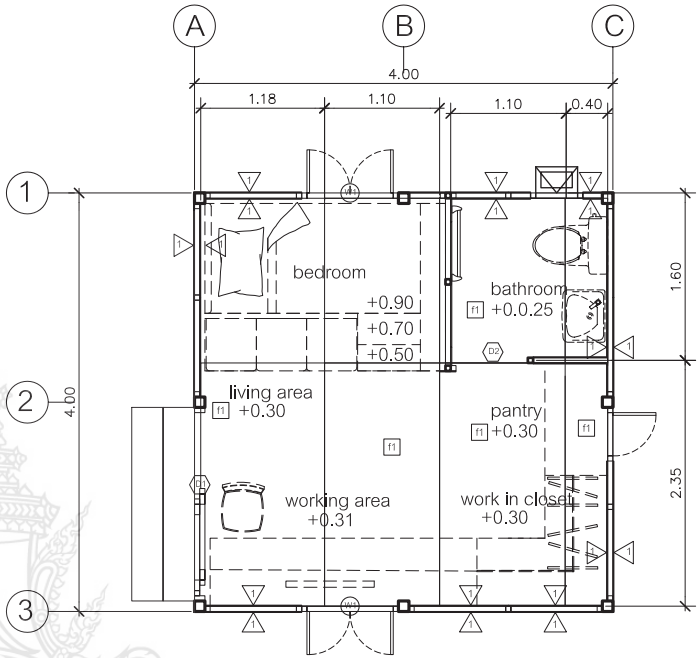
182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 02-960-4668-9 Fax 02-583-6530




## แปลนเฟอร์นิเจอร์

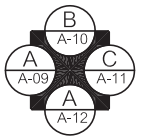
1 : 50




## แปลนพื้น

1 : 50




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| f2 | พื้นไม้เนื้อแข็ง |

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

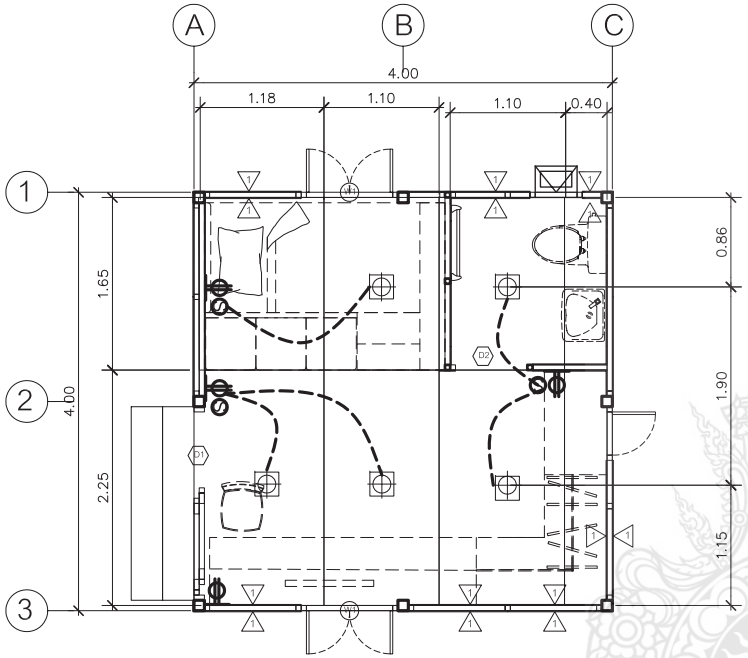
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

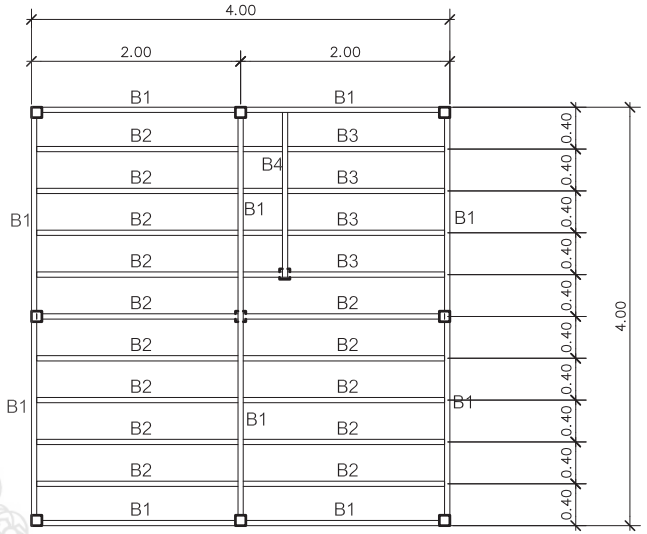
DRAWING NO. : A-01

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




## แปลนไฟฟ้าและฝ้า

1 : 50




## แปลนคาน

1 : 50

| | รายการวัสดุ | | รายการวัสดุ |
|---|---|---|---|
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. | 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. | C1 | ผ้ายิปซัมบอร์ด หนา 6 มม.ตัดตามแบบ |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. | | หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขั้วเกลียว 18 วัตต์ |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. | S | สวิทส์ เปิด-ปิด ไฟ |
| | | | ปลั๊ก |

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

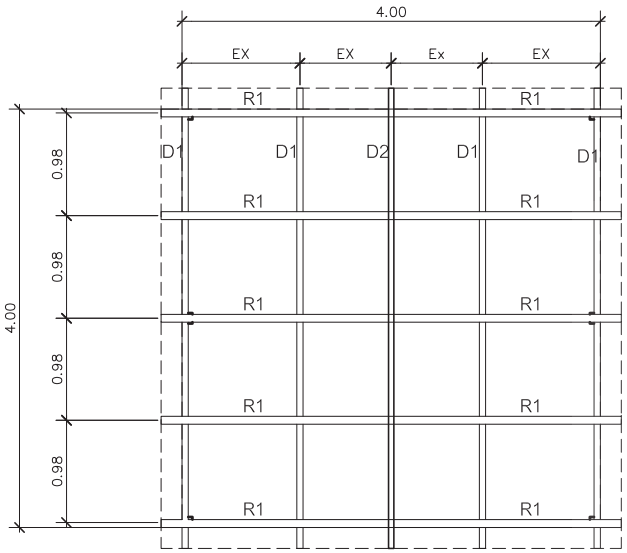
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

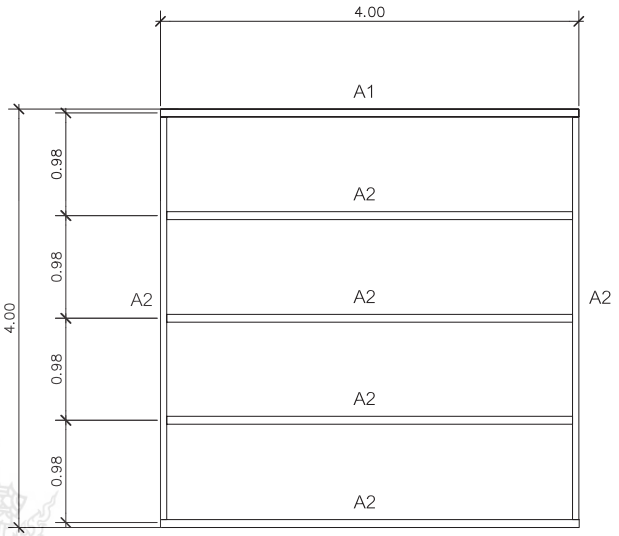
DRAWING N0. : A-02

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




แปลนโครงสร้างหลังคา

1 : 50




แปลนโครงสร้างหลังคา

1 : 50

| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. |

PROJECT

บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

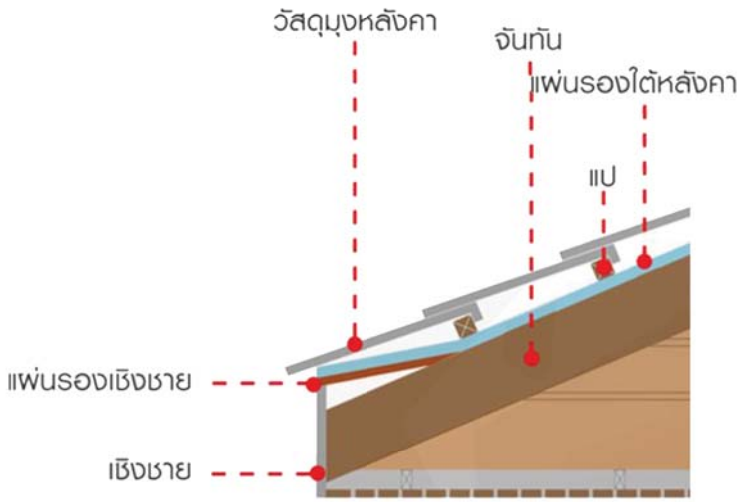
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

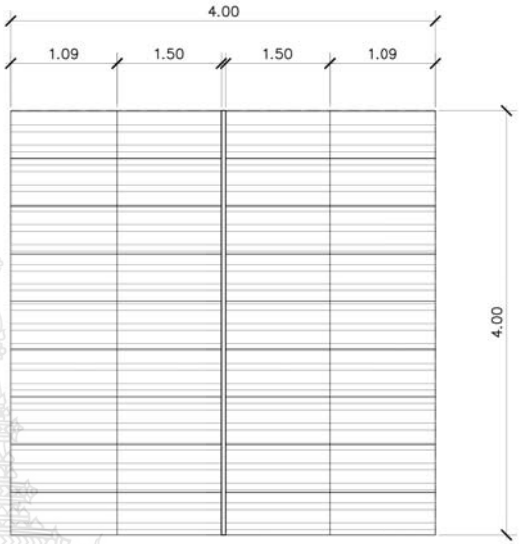
SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-03

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




# องค์ประกอบโครงสร้างหลังคา




## แปลนหลังคา

1 : 50

| | รายการวัสดุ | | รายการวัสดุ |
|---|---|---|---|
| A1 | ขื่อ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. | | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. | 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. | f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. | C1 | ยิปซัมบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. | | โครงคร่าวผนัง เหล็กกล่องขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. | | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. | | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. | | แป เหล็กกล่อง ขนาด50 x 50 มิลลิเมตร |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. | | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด50 x 50 มิลลิเมตร |

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

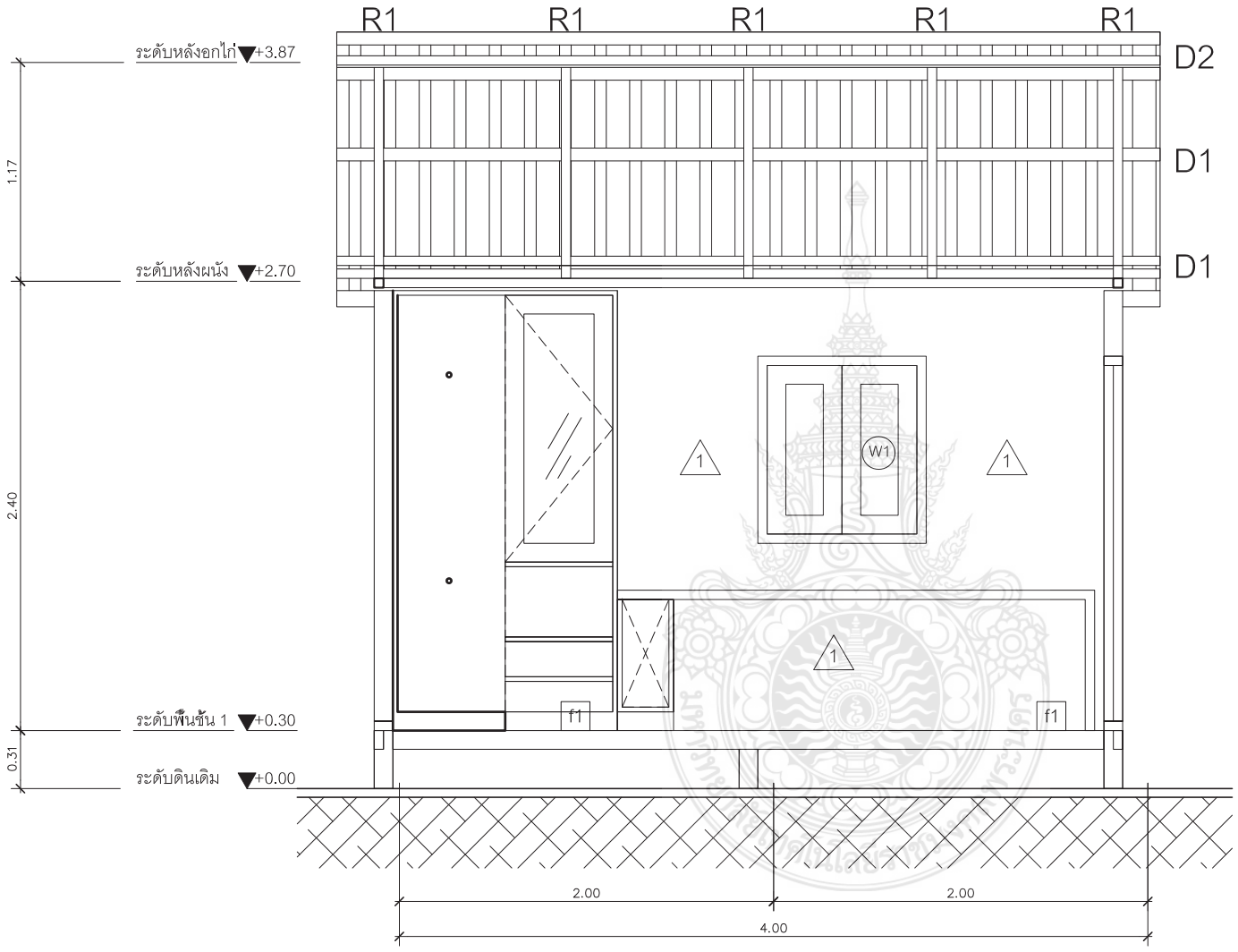
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-04

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| △ | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| C1 | ยิปซั่มบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| P1 | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. |

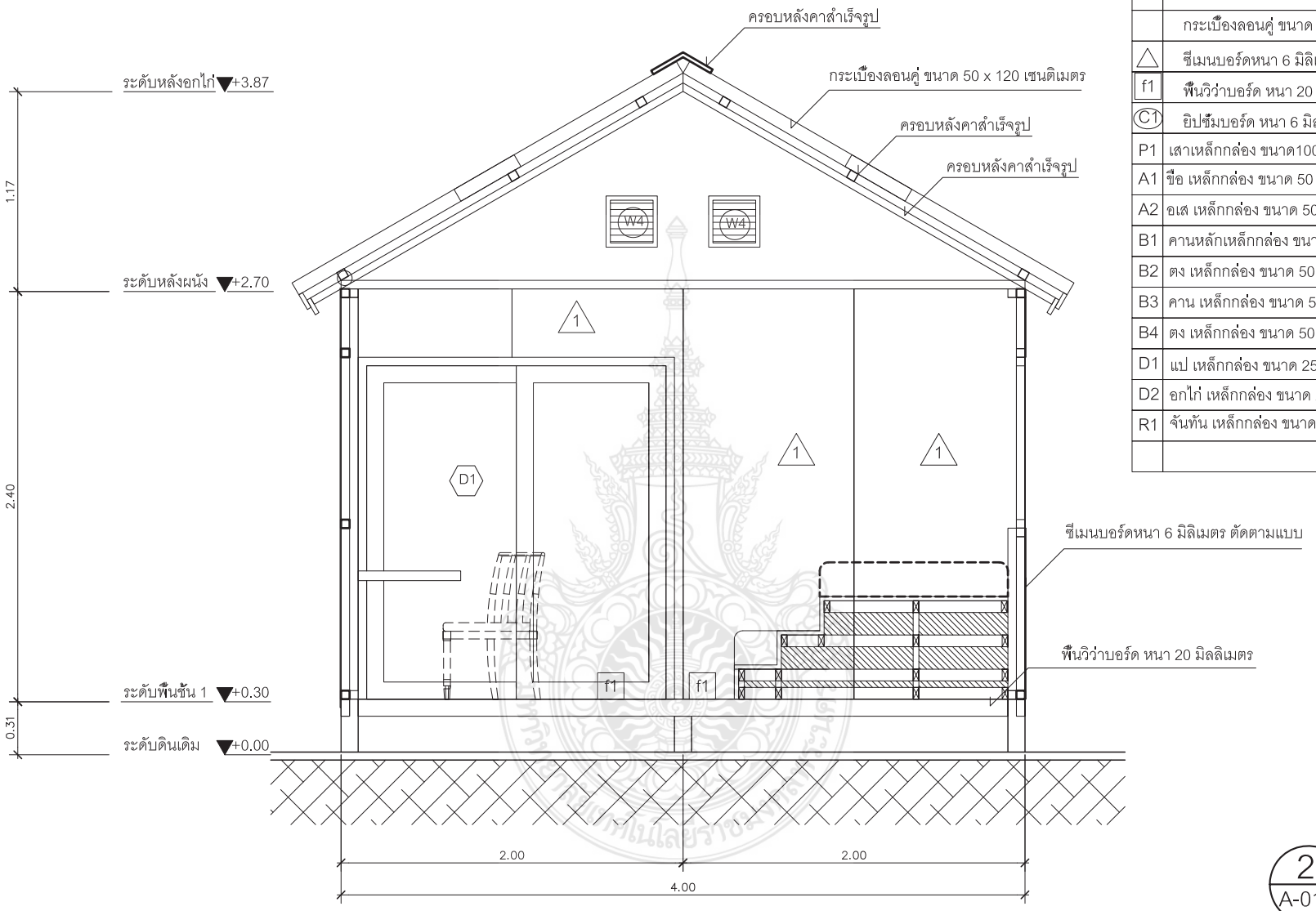
1 / A-01 รูปตัด
1 : 100

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
OWNER :

ARCHITECTS :
INTERIOR DESIGNERS:
STRUCTURAL ENGINEERS:
MACHANICAL ENGINEERS:
ELECTRICAL ENGINEERS:
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:
SCALE : 1 : 50
DRAWING N0. : A-05

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| △ | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| C1 | ยิปซั่มบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| P1 | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. |
| | |

2 / A-01 รูปตัด 1 : 100

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

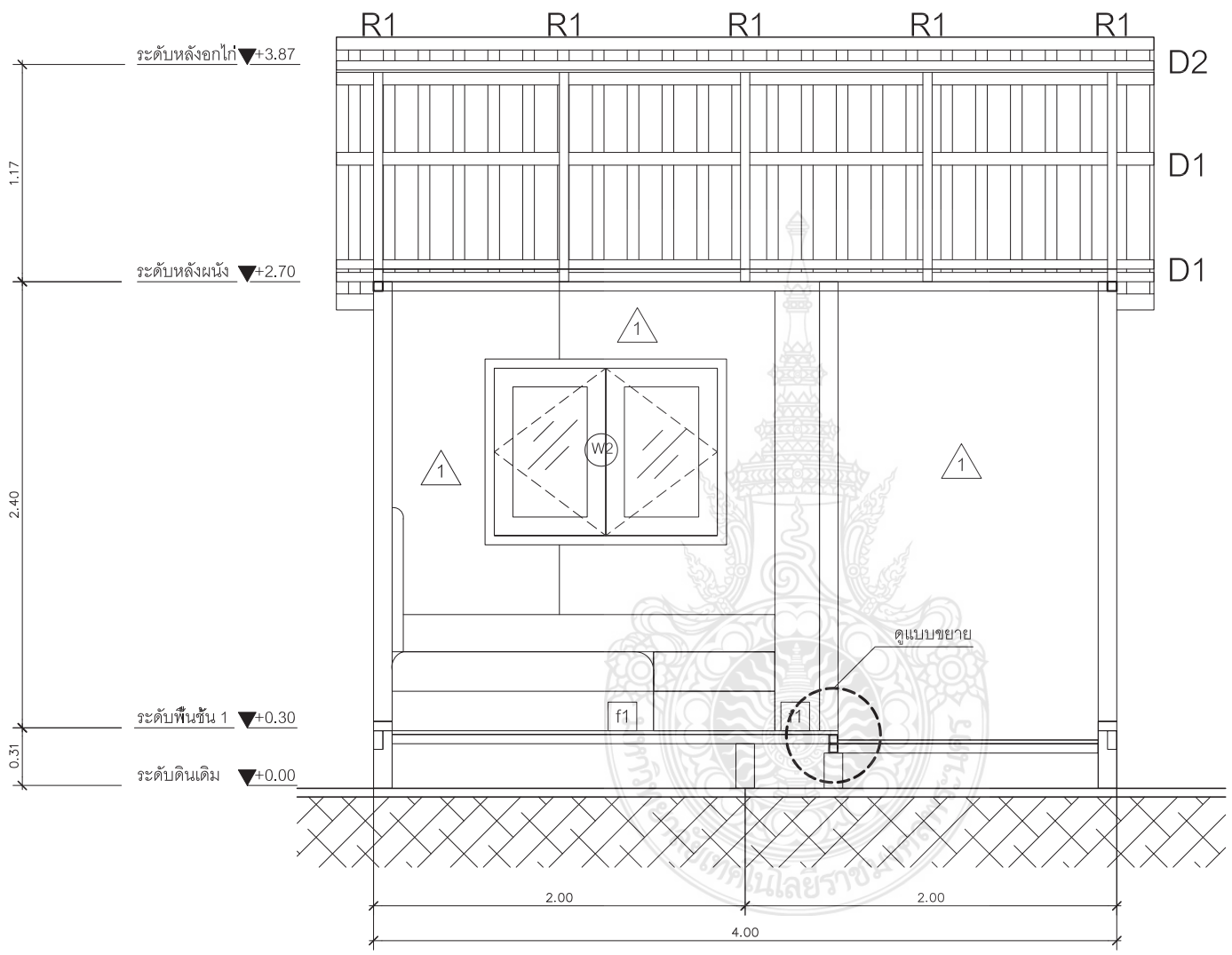
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-06

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| △ | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| C1 | ยิปซั่มบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| P1 | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. |

3 / A-01 รูปตัด 1 : 100

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

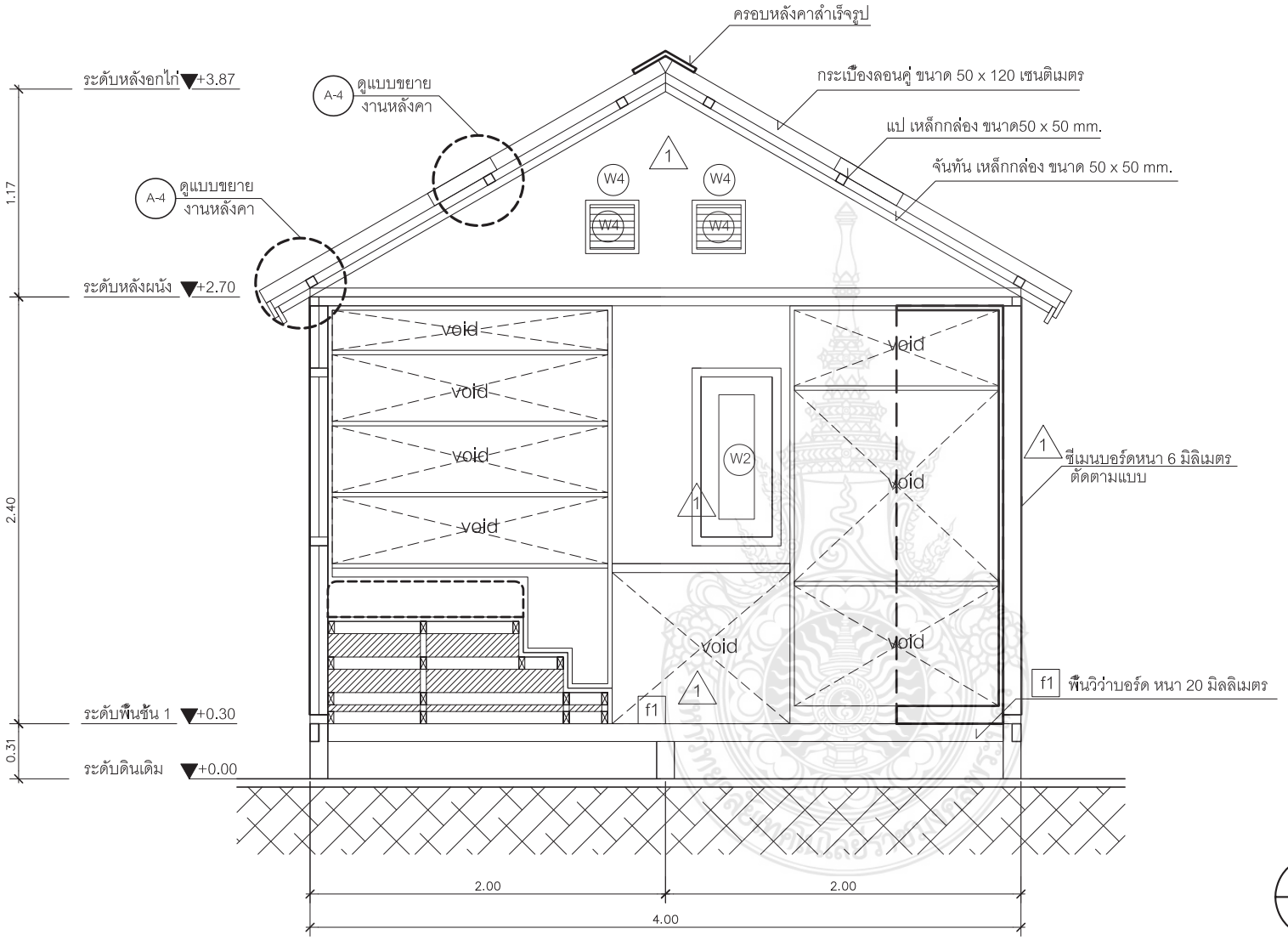
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-07

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงหัวหมาก กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| △ | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| C1 | ยิปซั่มบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| P1 | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. |

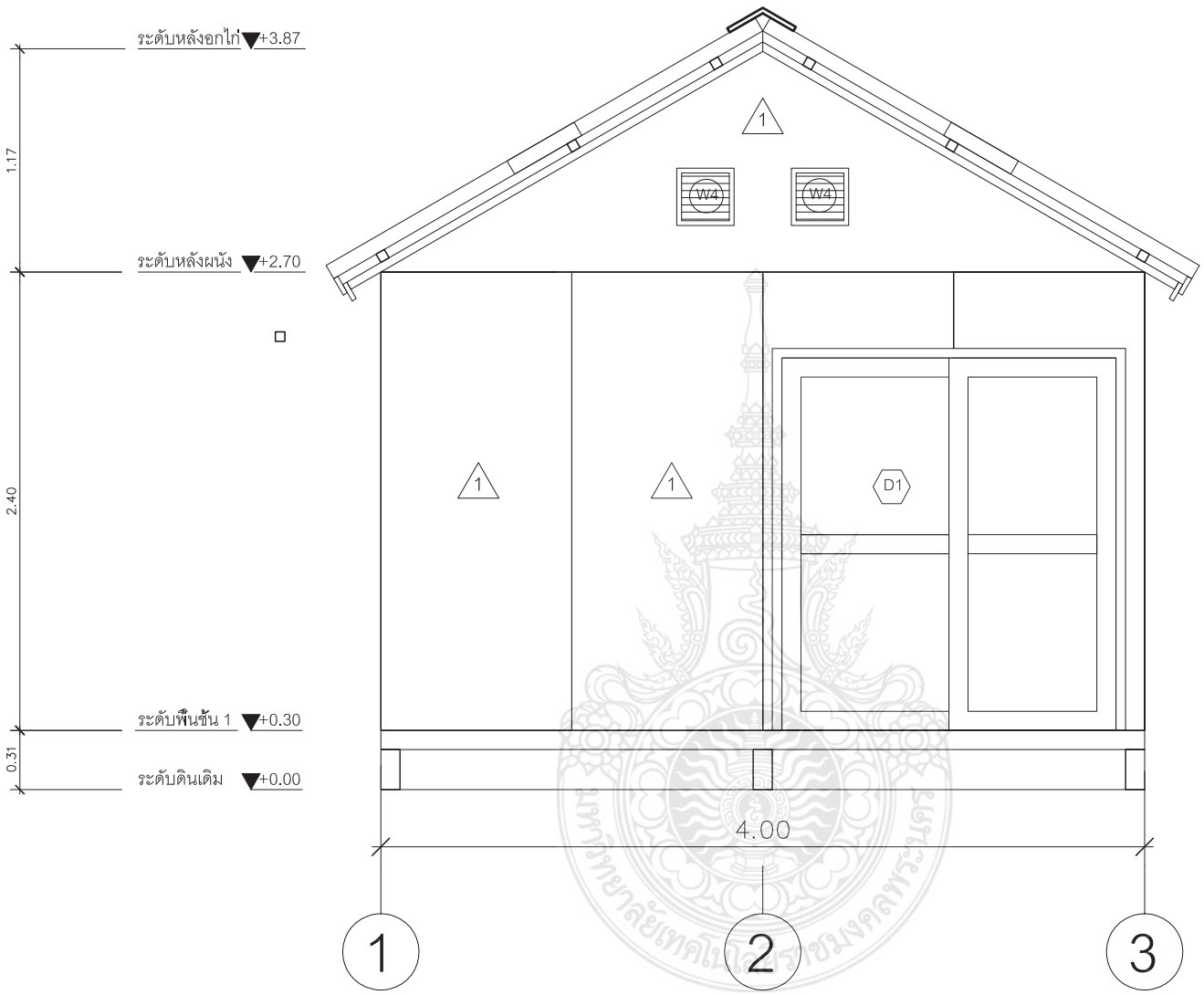
4 / A-01 รูปตัด 1 : 100

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
OWNER :

ARCHITECTS :
INTERIOR DESIGNERS:
STRUCTURAL ENGINEERS:
MACHANICAL ENGINEERS:
ELECTRICAL ENGINEERS:
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:
SCALE : 1 : 50
DRAWING N0. : A-08

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| △ | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |

A / A-01 รูปด้าน
1 : 50

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

SANTINARY ENGINEERS:

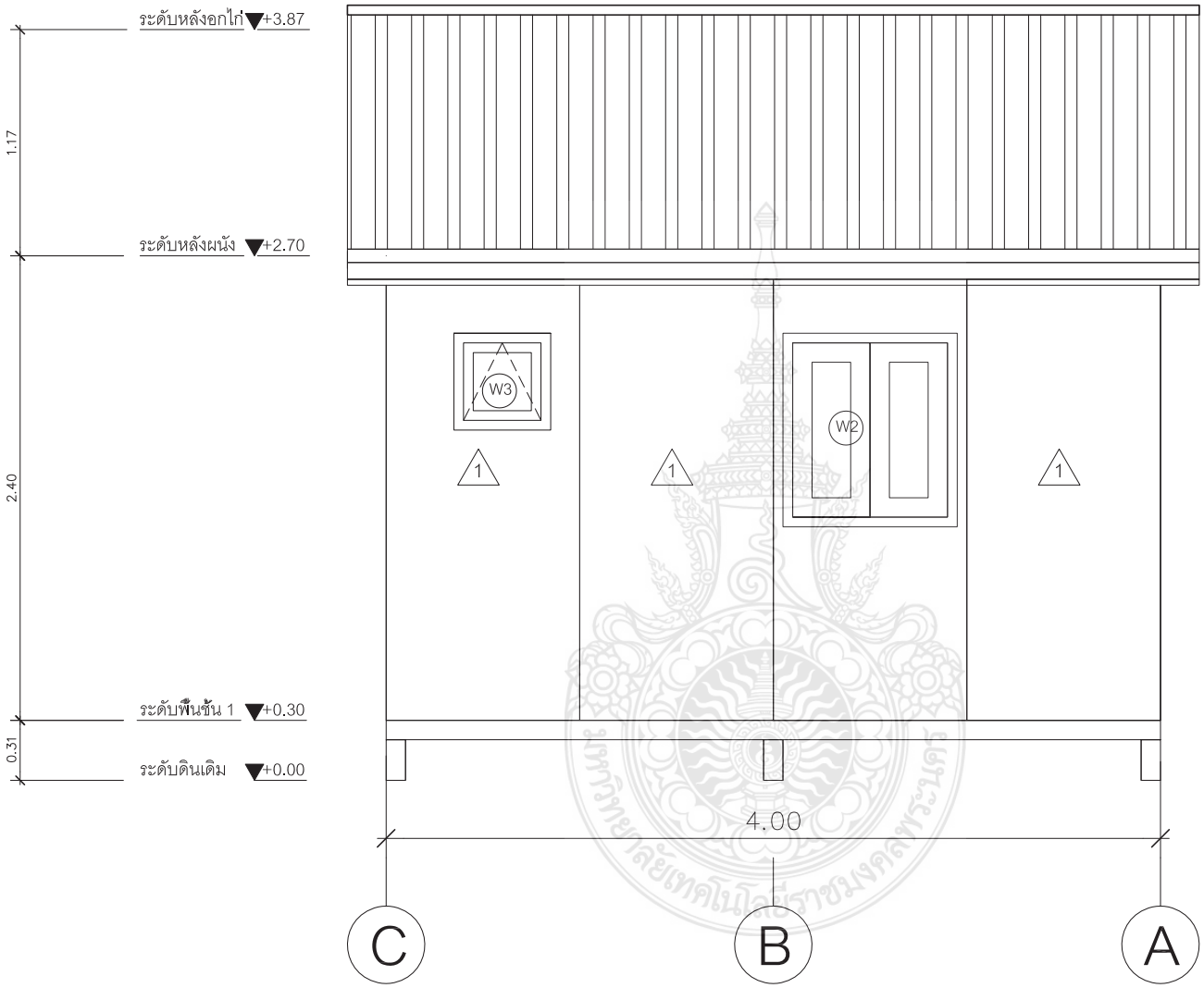
DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-09

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |




B / A-01 รูปด้าน
1 : 50

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

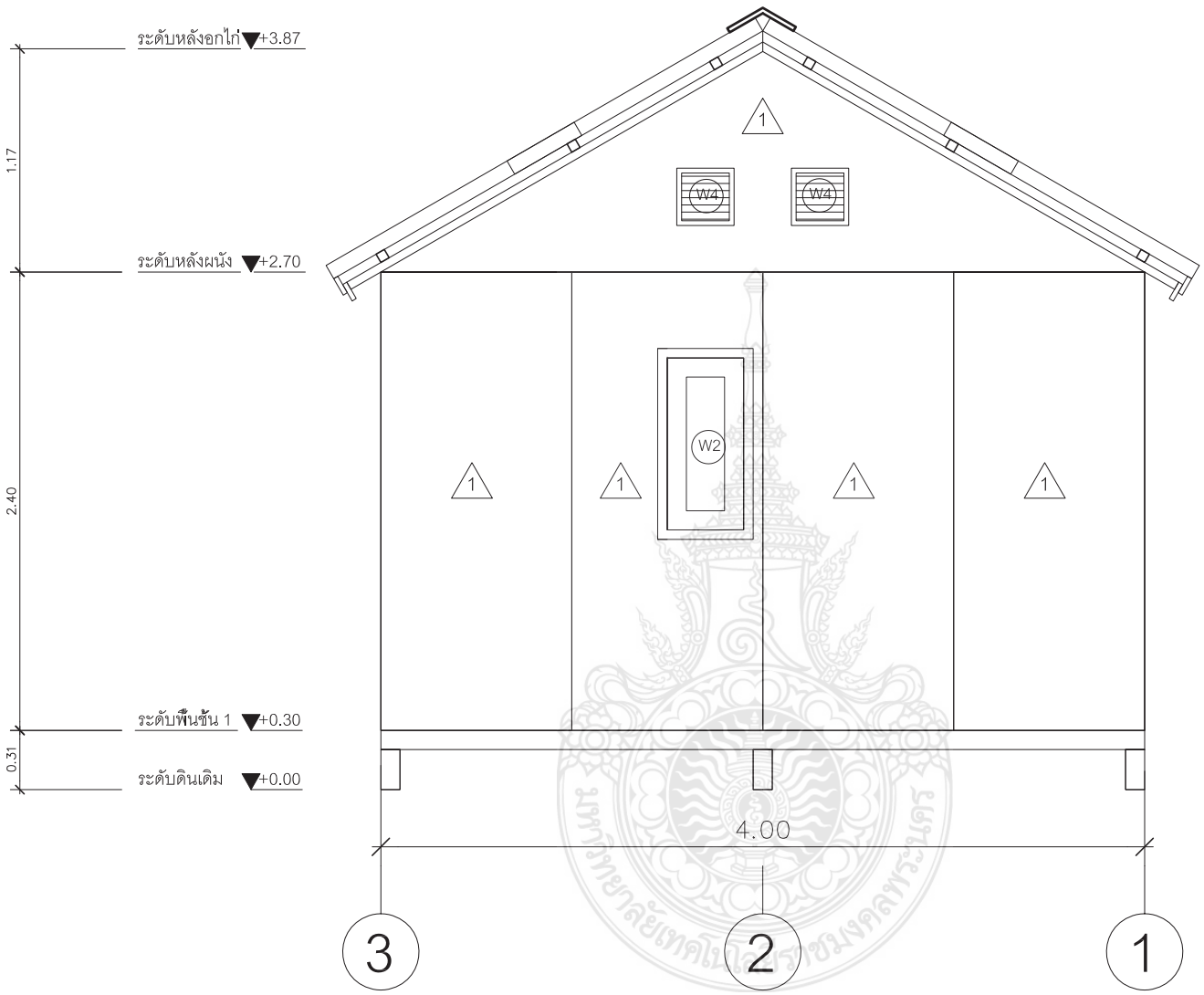
SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-10

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |

C
A-01
# รูปด้าน
1 : 100

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

SANTINARY ENGINEERS:

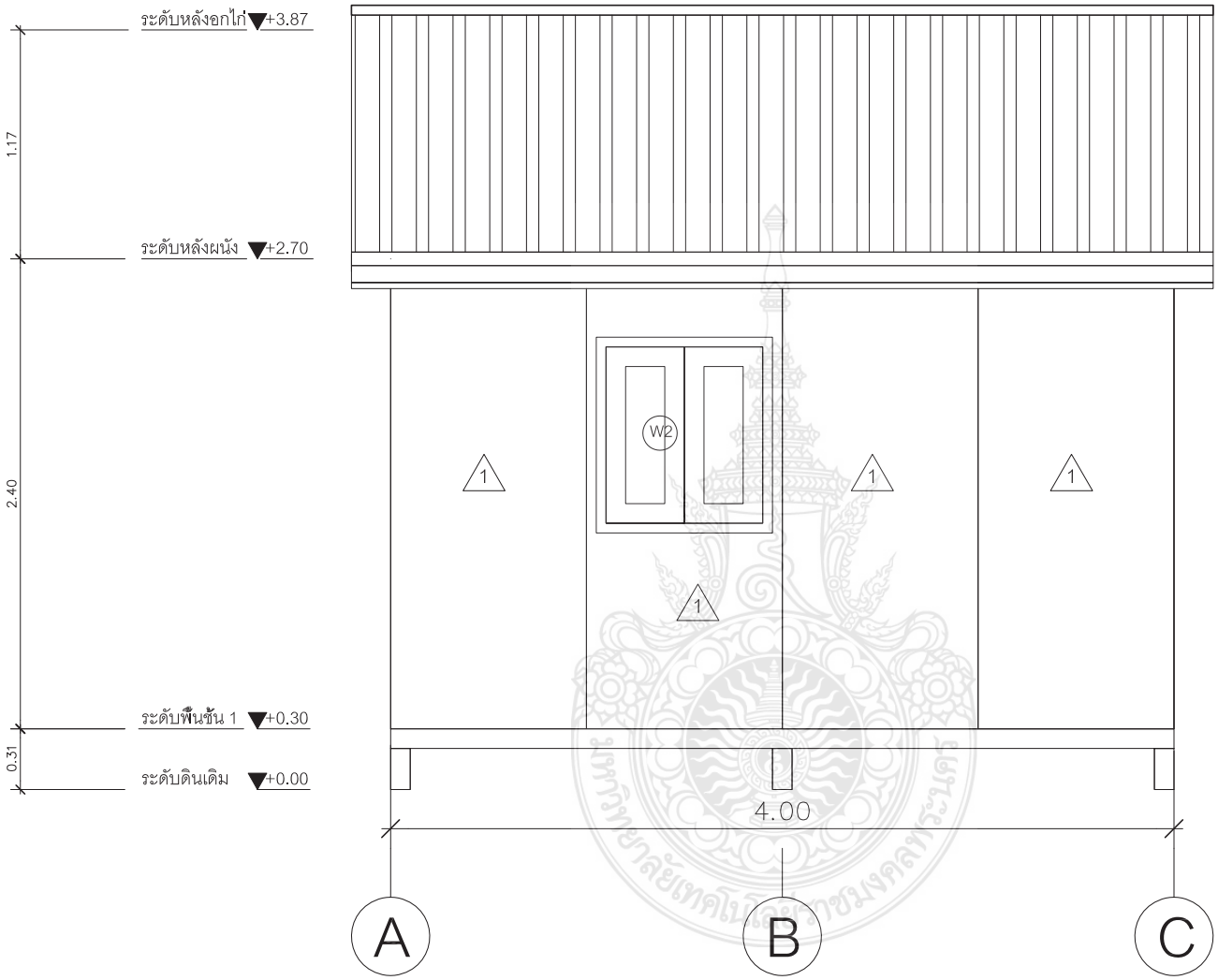
DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-11

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

| | รายการวัสดุ |
|---|---|
| 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |




D
A-01
รูปด้าน
1 : 50

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

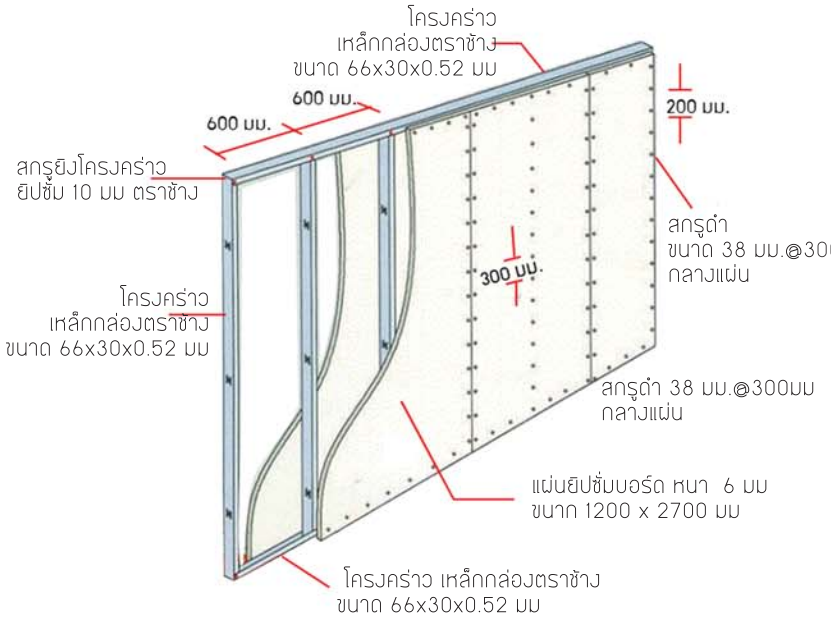
SANTINARY ENGINEERS:

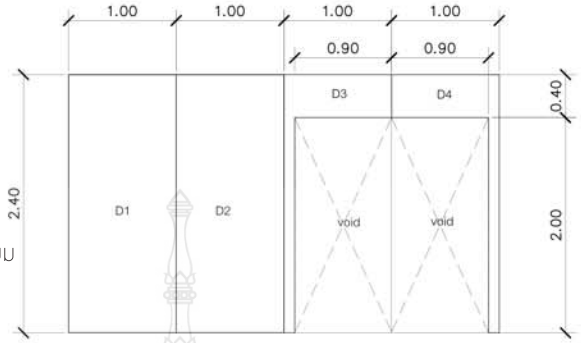
DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

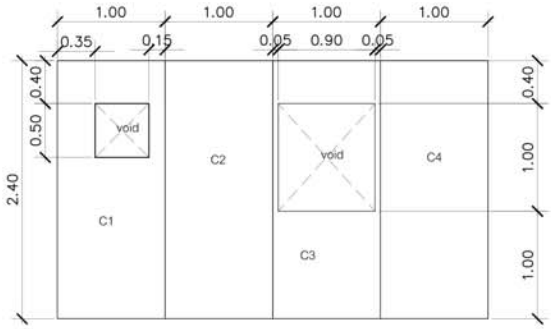
DRAWING N0. : A-12

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

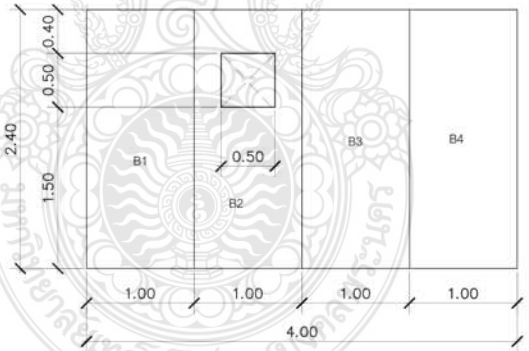


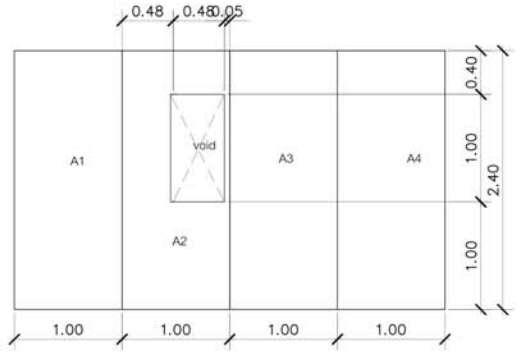

D แบบขยายผนังภายนอก
F-01-1
1 : 50




C แบบขยายผนังภายนอก
F-01-1
1 : 50




B แบบขยายผนังภายนอก
F-01-1
1 : 50




A แบบขยายผนังภายนอก
F-01-1
1 : 50

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
จากไม้ยางพารา
OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

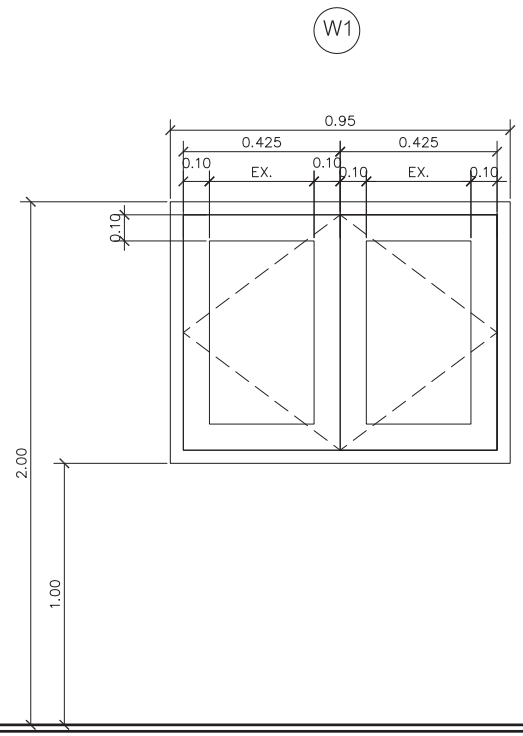
SANTINARY ENGINEERS:

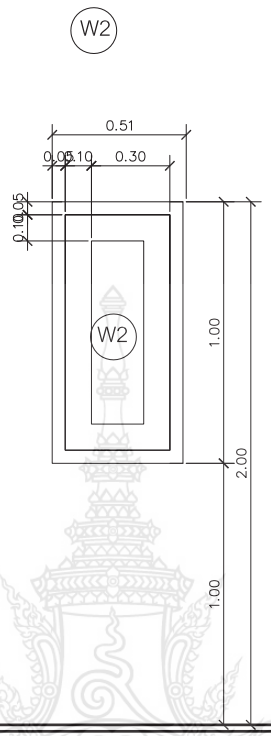
DRAWING TITLE:

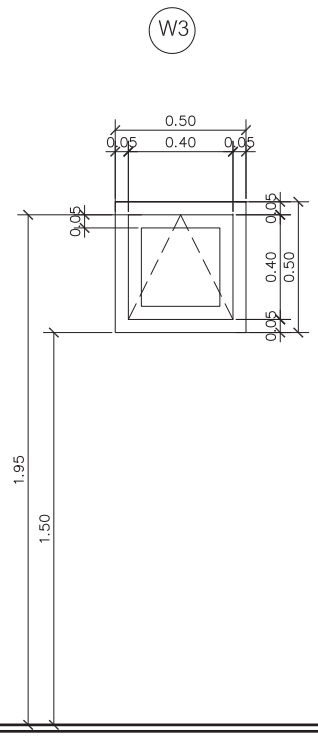
SCALE :
1 : 50

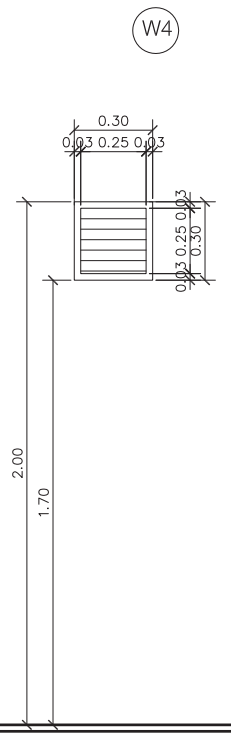
DRAWING N0. :
A-13

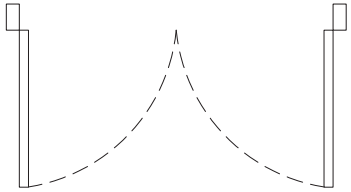
182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

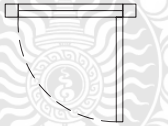


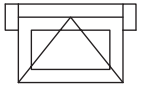







PROJECT

บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
จากไม้ยางพารา

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

SANTINARY ENGINEERS:

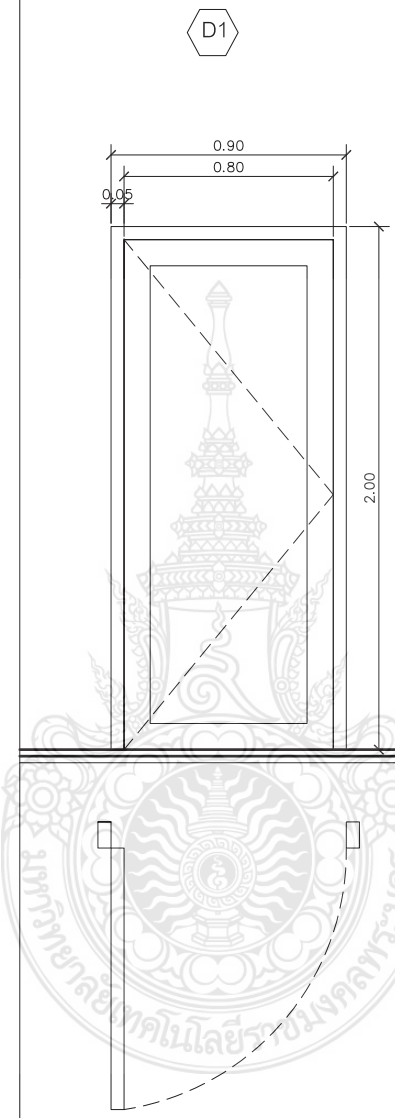
DRAWING TITLE:

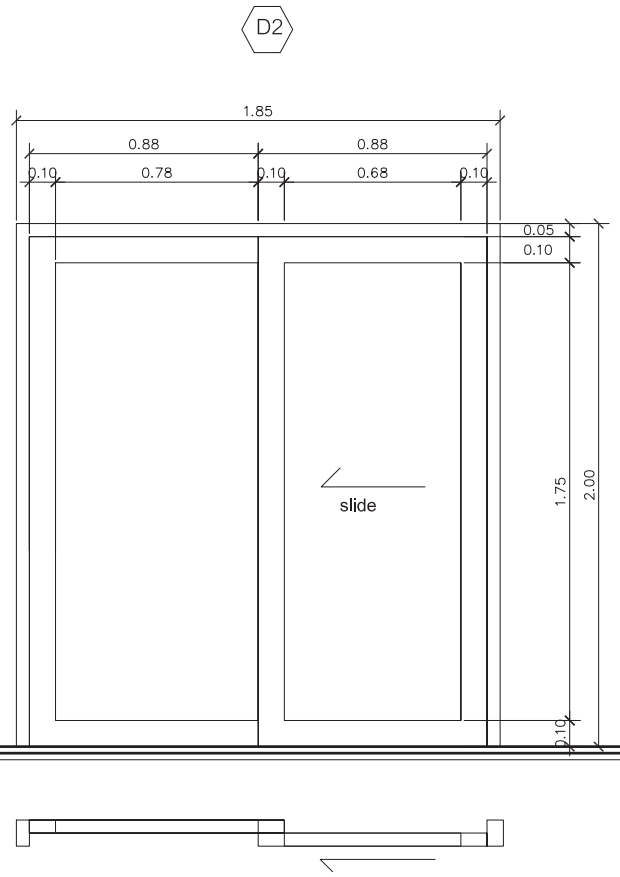
SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. :

A-14

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com




PROJECT

บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
จากไม้ยางพารา

OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

SANTINARY ENGINEERS:

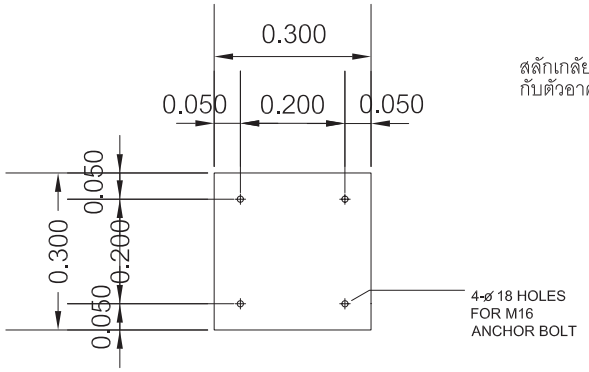
DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

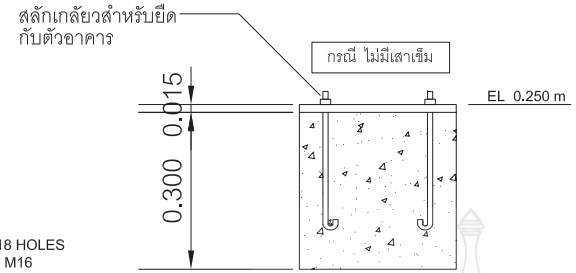
DRAWING N0. :

A-15

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

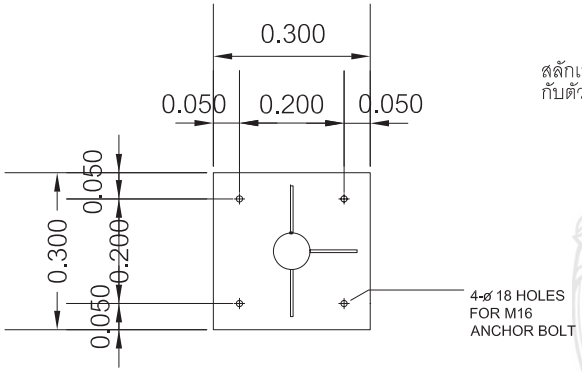



PLAN

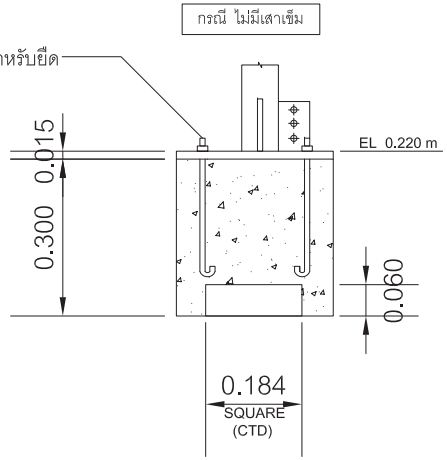



DETAIL FOR F3

SCALE 1:20




PLAN



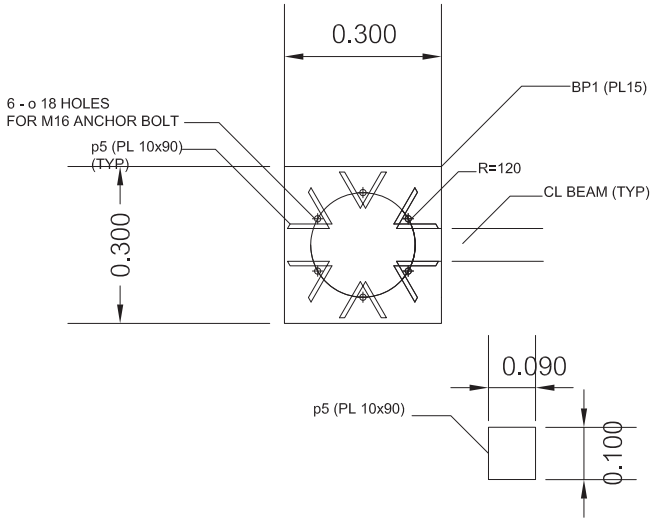

DETAIL FOR F2

SCALE 1:20

| PROJECT | ARCHITECTS : | INTERIOR DESIGNERS: | STRUCTURAL ENGINEERS: | MACHANICAL ENGINEERS: |
|---|---|---|---|---|
| บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย จากไม้ยางพารา | | | | |
| OWNER : | | | ELECTRICAL ENGINEERS: | SANTINARY ENGINEERS: |

| DRAWING TITLE: | SCALE : 1 : 50 | DRAWING N0. : A-16 |
|---|---|---|

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

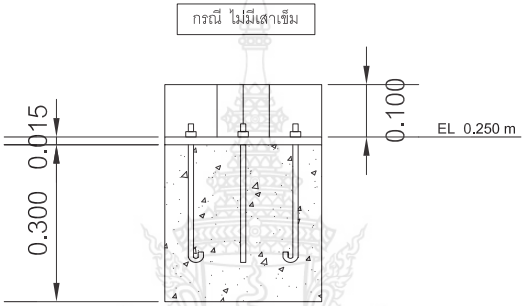






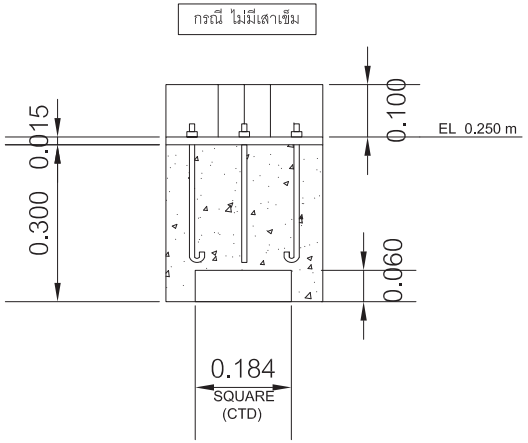
DETAIL 1

SCALE 1:20




SECTION 2

SCALE 1:20

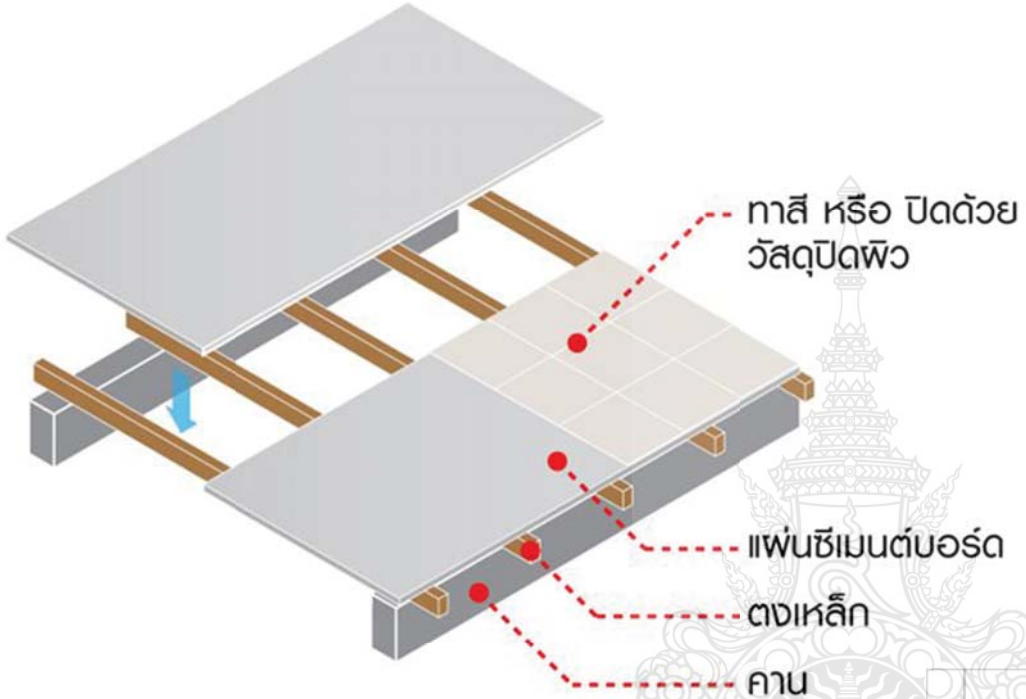



| PROJECT | ARCHITECTS : | INTERIOR DESIGNERS: | STRUCTURAL ENGINEERS: | MACHANICAL ENGINEERS: |
|---|---|---|---|---|
| บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย จากไม้ยางพารา | | | | |
| OWNER : | | | ELECTRICAL ENGINEERS: | SANTINARY ENGINEERS: |

| DRAWING TITLE: | SCALE : 1 : 50 | DRAWING N0. : A-17 |
|---|---|---|

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงสวนหลวง กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

# องค์ประกอบพื้น




| | รายการวัสดุ | | รายการวัสดุ |
|---|---|---|---|
| A1 | ขือ เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 4.00 ม. | | กระเบื้องลอนคู่ ขนาด 50 x 150 เซนติเมตร |
| A2 | อเส เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. | 1 | ซีเมนบอร์ดหนา 6 มิลิเมตร ตัดตามแบบ |
| B1 | คานหลักเหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.80 ม. | f1 | พื้นวิว่าบอร์ด หนา 20 มิลลิเมตร |
| B2 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.93 ม. | C1 | ยิปซั่มบอร์ด หนา 6 มิลลิเมตร |
| B3 | คาน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 1.58 ม. | | โครงคร่าวผนัง เหล็กกล่องขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร |
| B4 | ตง เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50มม. ยาว 3.90 ม. | | เสาเหล็กกล่อง ขนาด100 x 100 มิลลิเมตร |
| D1 | แป เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 4.40 ม. | | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร |
| D2 | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม.ยาว 4.40 ม. | | แป เหล็กกล่อง ขนาด50 x 50 มิลลิเมตร |
| R1 | จันทัน เหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 มม. ยาว 2.57 ม. | | อกไก่ เหล็กกล่อง ขนาด50 x 50 มิลลิเมตร |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช

PROJECT
บ้านสำเร็จรูปถอดประกอบง่าย
จากไม้ยางพารา
OWNER :

ARCHITECTS :

INTERIOR DESIGNERS:

STRUCTURAL ENGINEERS:

MACHANICAL ENGINEERS:

ELECTRICAL ENGINEERS:

SANTINARY ENGINEERS:

DRAWING TITLE:

SCALE : 1 : 50

DRAWING N0. : A-18

182 / 12 ถ.รามคำแหง แขวงหัวหมาก กทม.
10250 Tel 087-057-1144 E-mail anissiu2@gmail.com

# บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย
# Easy Transport Knock Down House for Sufferer

กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล [1], วิหาร ดีปัญญา [2], ปราโมทย์ วีรานุกูล [1] และ กิตติพงษ์ สุวีโร [3]

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3] หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาบ้านถอดประกอบ เพื่อสร้างองค์ความรู้ เพื่อทดสอบสมบัติ เพื่อสร้างต้นแบบ และเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) ถูกใช้ในการออกแบบโครงสร้าง ผลการออกแบบและทดสอบทำให้ได้บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง เท่ากับ 125,000 บาทต่อหลัง หรือ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ มีค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 นอกจากนี้ องค์ความรู้ที่ได้ สามารถนำไปจดแจ้งลิขสิทธิ์เรื่อง “แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย”และร่างเป็นบทความเรื่อง “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้แก่กลุ่มเป้าหมาย

**คำสำคัญ:** บ้านถอดประกอบ, โครงสร้างเหล็ก, ขนส่งสะดวก, ถอดประกอบง่าย, ผู้ประสบภัย

## Abstract

The objectives of this research are to develop the knock down house, to create the knowledge, to test the properties, to construction the prototype, and to transfer the technology of easy transport knock down house for sufferer. The load and resistance factor design (LRFD) method was used to design the structure. From the design and testing, the easy transport knock down house for sufferer is the square shape building with gable roof. The building size 4.00 x 4.00 square meters and height 2.40 meters which has 16.00 square meters of usable area and 1.20 meters of gable roof height. This knock down house can separate the usable area into 2 parts include bedroom and toilet. The cost of material is 125,000 Baht per unit or 7,812.5 Baht per square meter. The 6 wheel truck can transport this knock down house. The safety factor (S.F.) of this knock down house equal to 1.86. Moreover, the knowledge can register the copyright names “The drawing of easy transport knock down house for sufferer” and draft the research paper

names “The easy transport knock down house for sufferer” that are the way to transfer technology to target group.

**Keywords:** Knock Down House, Steel Structure, Easy Transport, Easy Assembly, Sufferer

## 1. บทนำ

อุทกภัย วาตภัย แผ่นดินไหว และดินถล่ม เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันจะเกิดขึ้นบ่อยและทวีความรุนแรงมากขึ้น จากรายงานการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติทั่วโลก ปี 2553 พบว่า มีการเกิดภัยพิบัติขึ้น ณ ทวีปอเมริกา 362 ครั้ง ทวีปเอเชีย 310 ครั้ง ทวีปยุโรป 120 ครั้ง ทวีปแอฟริกา 90 ครั้ง และทวีปออสเตรเรีย 65 ครั้ง ซึ่งความรุนแรงของภัยธรรมชาติแต่ละครั้งมีความรุนแรงอย่างมาก เช่น วันที่ 12 มกราคม 2553 เกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศเฮติ ความรุนแรง 7.0 ริกเตอร์ มีผู้เสียชีวิตกว่า 222,570 ราย มูลค่าความเสียหายอยู่ที่ 8,000 ล้านเหรียญ และวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2553 เกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศชิลี ความรุนแรง 8.8 ริกเตอร์ มูลค่าความเสียหายกว่า 30 พันล้านเหรียญ หรือการเกิดแผ่นดินไหวที่ประเทศจีน ในวันที่ 13 เมษายน 2553 ความรุนแรง 6.9 ริกเตอร์ และการเกิดอุทกภัยที่ประเทศปากีสถานในวันที่ 29 กรกฎาคม 2553 จากสถิติในช่วง 30 ปี ที่ผ่านมา สามารถสรุปตัวเลขได้ว่า แต่ละปีจะมีผู้เสียชีวิตจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เฉลี่ยปีละ 66,000 ราย และทรัพย์สินเสียหาย เฉลี่ยปีละ 95 พันล้านเหรียญ (Debby et al., 2011)

การไร้ที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัยเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องให้ความช่วยเหลือโดยด่วนที่สุด เนื่องจากที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่มนุษย์ขาดไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นสถานที่พักกายพักใจ และป้องกันแดดฝนของผู้ประสบภัย การพัฒนาที่อยู่อาศัยชั่วคราวที่สามารถติดตั้งและก่อสร้างได้รวดเร็ว จึงเป็นเรื่องจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถหกล้อ

ระบบน็อคดาวน์ (Knock Down) เป็นโครงสร้างอาคารชนิดหนึ่ง ที่ออกแบบมาเพื่อการติดตั้งและรื้อถอนได้ง่าย โดยมีการใช้ชิ้นส่วนและรอยต่อที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า (วว., 2520) แต่บ้านน็อคดาวน์ส่วนใหญ่มีความซับซ้อน ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการติดตั้งค่อนข้างมาก ทำให้ต้องอาศัยความชำนาญในการก่อสร้าง ซึ่งไม่เหมาะกับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้างและความง่ายไปพร้อมๆ กัน นอกจากนี้การขนส่งต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ ไม่สามารถใช้รถบรรทุกขนาดเล็กได้ แม้จะเป็นการก่อสร้างบ้านขนาดเล็กประมาณ 16 ตารางเมตรก็ตาม โครงการบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย จึงถูกนำมาพัฒนาขึ้นโดยเน้นการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำ มีจำนวนของชิ้นส่วนน้อย สามารถขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดเล็กหรือรถหกล้อ ก่อสร้างเสร็จภายใน 1 วัน และไม่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการประกอบมาก เหมาะกับการบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที สร้างความเชื่อมั่นให้กับประชาชน ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ในการเตรียมความพร้อมรับภัยพิบัติ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ถอดประกอบง่าย ต้นทุนต่ำ สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุกขนาดเล็ก และใช้งานได้จริง

2.2 เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

2.4 เพื่อทดสอบการก่อสร้างต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยให้กับผู้สนใจ

**3. วิธีการดำเนินงานวิจัย**

**3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย**

1) เหล็กรูปพรรณ ขนาดและหน้าตัดต่างๆ เกรด SM 400 ตามมาตรฐาน มอก.1227 มีกำลังดึงคราก ระหว่าง 2,350 – 2,450 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีกำลังดึงสูงสุด 4,000 – 5,100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2) เหล็กเสริมคอนกรีต ประเภทเหล็กเส้นกลม เกรด SR24 ขนาด 6 มิลลิเมตร

3) คอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายหยาบ หินปูนก่อสร้าง ขนาด 3/8 นิ้ว และน้ำ

4) แผ่นซีเมนต์บอร์ด หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ความหนา 6 มิลลิเมตร สำหรับผนังและหน้าจั่ว และความหนา 20 มิลลิเมตร สำหรับแผ่นพื้น

5) สลักเกลียว ขนาดและความยาวต่างๆ แบบไม่แต่งผิว ชนิด ASTM A307 กำลังรับแรงดึง 4,200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

6) เครื่องเชื่อมเหล็ก พร้อมลวดเชื่อม

7) เครื่องตัดเหล็ก

8) เครื่องเจียรแบบมือถือ

9) ชุดอุปกรณ์เจาะรู และขันสลักเกลียวชนิดต่างๆ เช่น สว่านไฟฟ้า ไขควง ประแจบล็อก ประแจเลื่อน และประแจปากตาย เป็นต้น

10) ชุดอุปกรณ์การวัดขนาดและระดับ เช่น ตลับเมตร เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ระดับน้ำ ไม้ฉาก และลูกดิ่ง เป็นต้น

11) ค้อน และสิ่ว

12) ชุดอุปกรณ์คอนกรีต เช่น เกียงฉาบ เกียงก่อ กระบะปูน และจอบ เป็นต้น

13) ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

14) เครื่องพิมพ์แบบก่อสร้าง

15) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM)

**3.2 ออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ออกแบบลักษณะ รูปแบบ และพื้นที่ใช้สอยของบ้านถอดประกอบ โดยคำนึงถึงรายละเอียดด้านต่างๆ ได้แก่

1) มิติ และลักษณะภายนอกอาคาร

2) ชิ้นส่วนอาคารด้วยแนวคิดระบบประสานทางพิกัด

3) โครงสร้างอาคาร

4) รอยต่ออาคารแบบน็อกดาวน์

**3.3 การออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบ เพื่อให้การดำเนินการก่อสร้างเกิดความสะดวกรวดเร็ว โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้ง

2) ขั้นตอนการรื้อถอน

**3.4 การประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างของบ้านถอดประกอบ โดยไม่รวมถึงค่าแรง ค่าภาษี ค่าขนส่ง ค่าออกแบบ และค่าการทดลองเบื้องต้น

**3.5 การขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

จากแบบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ออกแบบ สามารถขึ้นรูปส่วนต่างๆ ประกอบด้วย

1) ขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงสร้างตามการออกแบบ

2) ขึ้นรูปรอยต่อตามการออกแบบ

**3.6 การทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

เมื่อทำการออกแบบโครงสร้าง และขึ้นรูปโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยแล้ว จึงนำโครงสร้างและรอยต่อของบ้าน มาทำการทดสอบตามพฤติกรรมต่างๆ ที่สำคัญ เพื่อหาค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) ได้แก่

1) ความต้านทานแรงอัดของโครงสร้าง

2) ความต้านทานแรงดัดของโครงสร้าง

3) ความต้านทานแรงเฉือนของรอยต่อโครงสร้าง

**3.7 การทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ทดสอบก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยพร้อมทำการประเมินแรงงาน ต้นทุน และเวลาที่ใช้

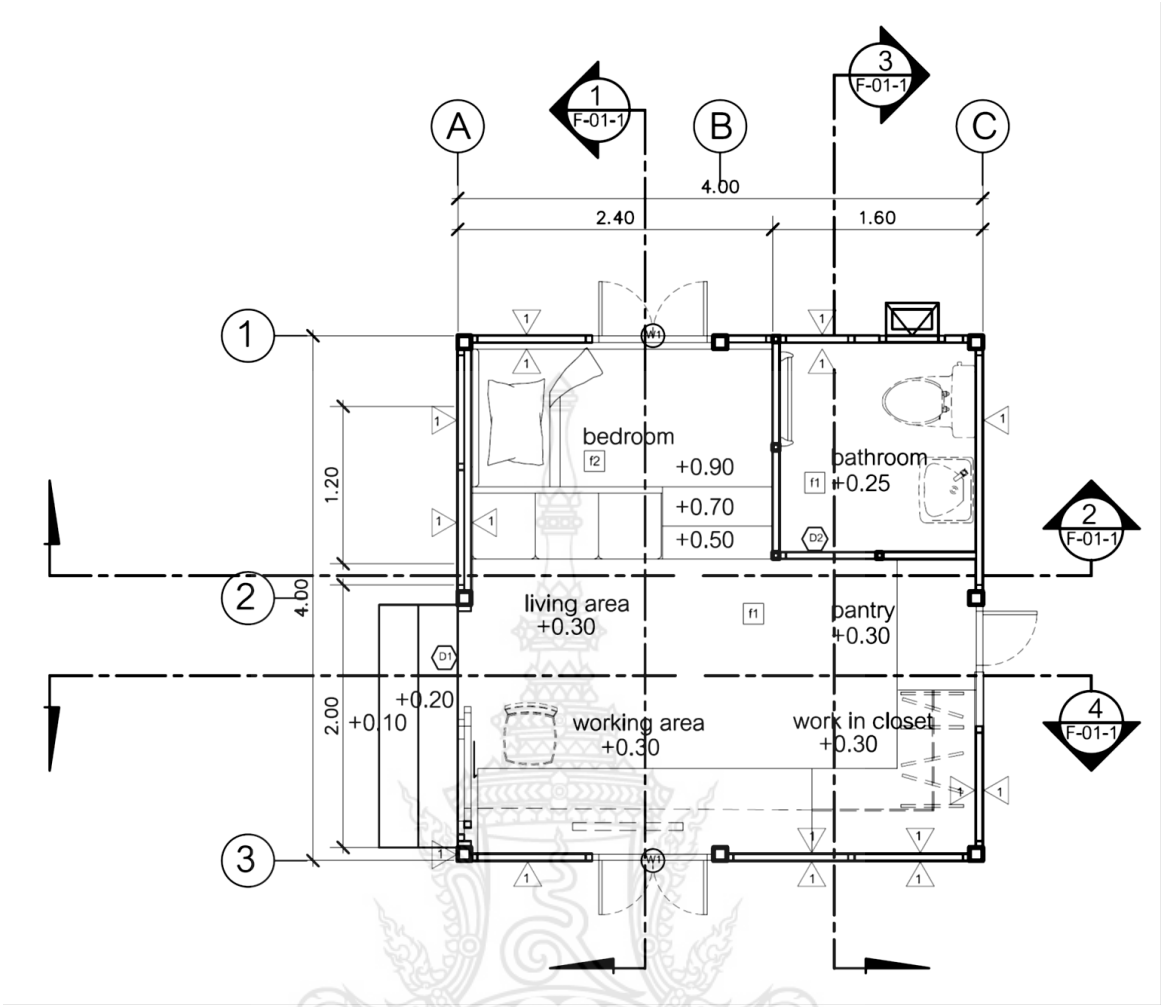
**4. ผลการดำเนินงาน**

**4.1 ผลการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

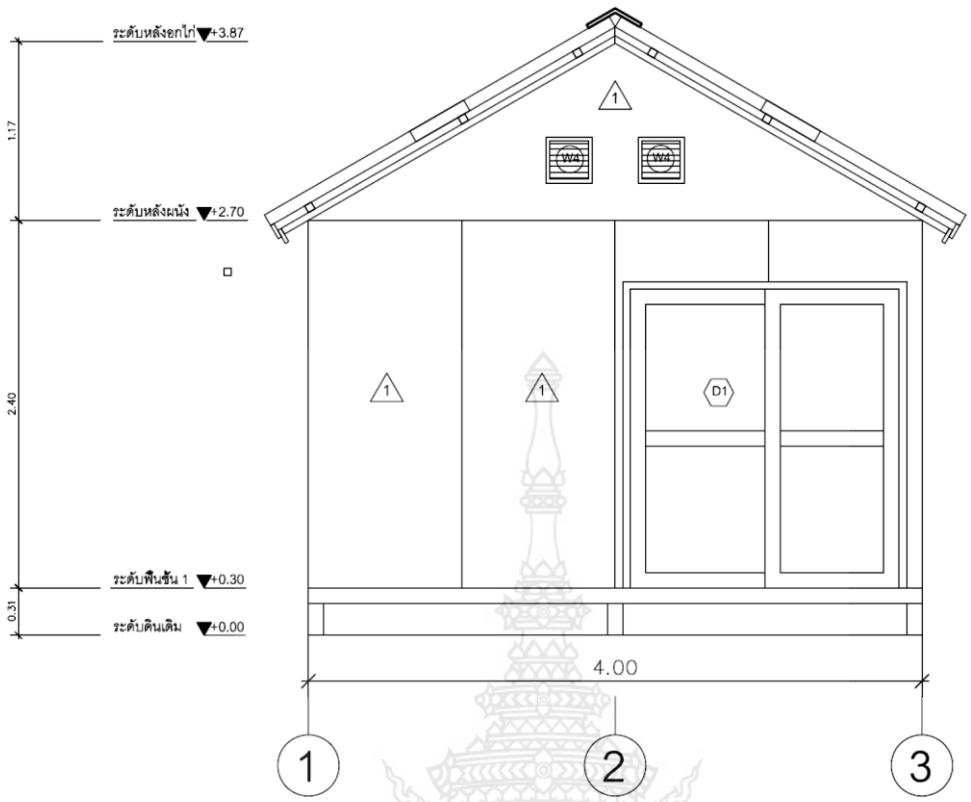
ผลการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ทั้งในด้านมิติและลักษณะภายนอกอาคาร ชิ้นส่วนอาคารด้วยแนวคิดระบบประสานทางพิกัด โครงสร้างอาคาร และรอยต่ออาคาร สามารถสรุปผลการออกแบบได้ ดังนี้

4.1.1 มิติและลักษณะภายนอกอาคาร

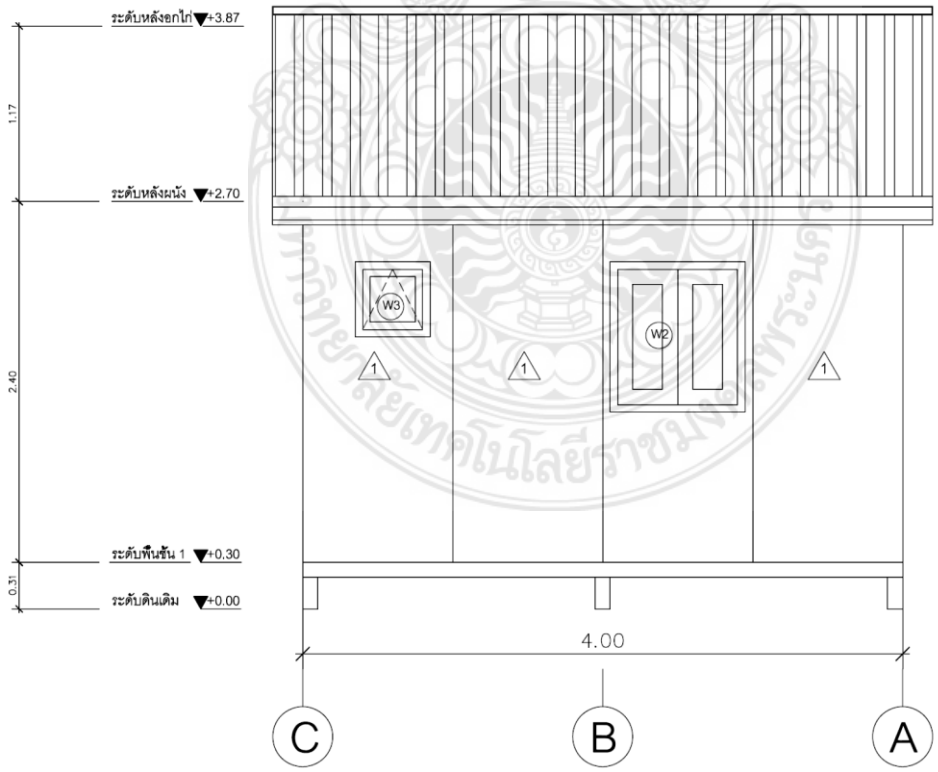
มิติและลักษณะภายนอกของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยถูกออกแบบให้เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ดังรูปที่ 1 ถึง 5



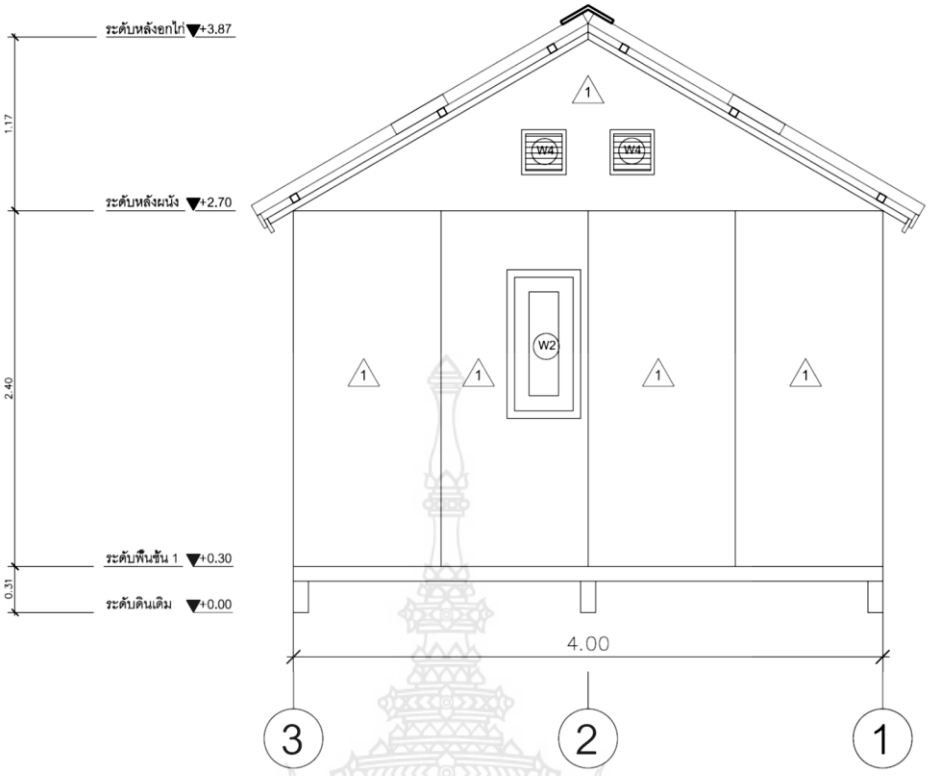

**รูปที่ 1** แบบมิติและลักษณะแปลนของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย



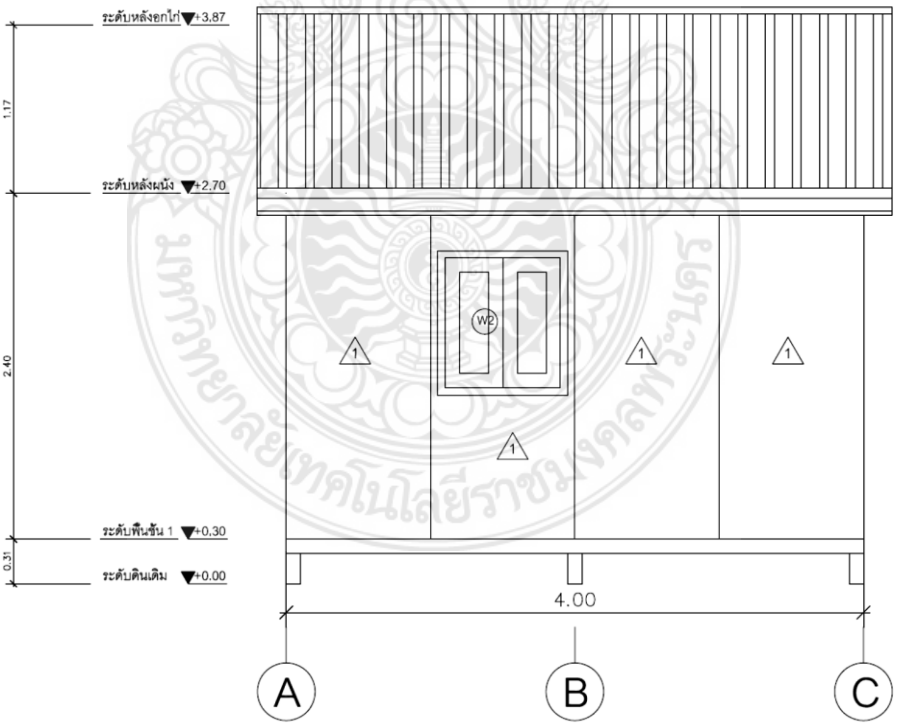

**รูปที่ 2** แบบด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 3** แบบด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 4** แบบด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย




**รูปที่ 5** แบบด้านซ้ายของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

4.1.2 โครงสร้างและรอยต่ออาคาร

คำนวณและออกแบบโครงสร้างอาคารทรงครึ่งทรงกลม โดยใช้วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design, LRFD) สำหรับโครงสร้างเหล็ก (ทักษิณ และอัครวัชร, 2553) และวิธีกำลัง (Strength Design Method, SDM) สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (วินิต, 2545) ดังนี้

1) กำหนดน้ำหนักบรรทุกขององค์อาคาร ประกอบด้วย

1.1) น้ำหนักบรรทุกคงที่

| | | |
|---|---|---|
| - น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา | 5 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - น้ำหนักเหล็กโครงสร้าง | 10 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |

1.2) น้ำหนักบรรทุกจร

| | | |
|---|---|---|
| - น้ำหนักบรรทุกจรหลังคา | 50 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - น้ำหนักบรรทุกจรอาคารพักอาศัย | 150 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| - แรงลม ตาม วสท. (0 - 10 เมตร) | 50 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |

2) การแบ่งน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบโครงสร้าง ใช้วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) (วสท., 2546) โดยใช้ $P_u = 1.2D + 1.6L$ เมื่อ $P_u$ คือ น้ำหนักบรรทุกสำหรับนำไปออกแบบ D คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ และ L คือ น้ำหนักบรรทุกจร

ผลการคำนวณและออกแบบโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถสรุปแบ่งตามส่วนประกอบของอาคาร ประกอบด้วย

1) ฐานราก สำหรับฐานรากแผ่ ใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.60 x 0.60 x 0.20 เมตร อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายหยาบ: หินก่อสร้าง: น้ำ เท่ากับ 1: 2: 4: 0.7 โดยน้ำหนัก เสริมเหล็กเส้นกลม ขนาด 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น วางแนวละ 2 เส้น สูงจากก้นหลุม 0.05 เมตร สำหรับฐานรากเสาเข็ม ใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.4 x 0.4 x 0.2 เมตร คอนกรีตและเหล็กเสริมเหมือนกับฐานรากแผ่ เสาเข็ม ขนาด 0.15 x 0.15 เมตร ยาว 6.00 เมตร จำนวน 1 ต้นต่อฐานราก (เมื่อพื้นที่รับแรงแบกทานได้ต่ำกว่า 2 ตันต่อตารางเมตร) พร้อมทั้งวางแผ่นเหล็กเพื่อรองรับตอม่อ จำนวน 9 ฐาน วางแบบ 3 x 3 ฐาน

2) ตอม่อ ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 75 x 75 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร สูง 0.30 เมตร จำนวน 9 ต้น วางแบบ 3 x 3 ตามฐานราก

3) เสา ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 75 x 75 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร สูง 2.40 เมตร จำนวน 6 ต้น

4) คาน และตง ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 75 x 45 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร ยาว 4.00 เมตร ระยะตง 0.40 เมตร

5) อะเส และขื่อ ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 75 x 45 มิลลิเมตร หนา 3.2 มิลลิเมตร

6) อกไก่ ดั้ง แป และจันทัน ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร ระยะจันทัน 2.00 เมตร ระยะแป 1.20 เมตร

7) ฉากเชื่อมโครงสร้าง ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดฉากขาเท่ากัน ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร ขันร้อยเข้ากับสลักเกลียวขนาด 12 มิลลิเมตร

8) หน้าจั่ว ใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร เชื่อมเป็นโครงรูปสามเหลี่ยม จำนวน 4 โครง

9) โครงคร่าวผนัง โครงนอกใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร โครงในใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25 x 25 มิลลิเมตร หนา 1.6 มิลลิเมตร เชื่อมเป็นโครงผนังมีช่องหน้าต่าง พร้อมทั้งติดตั้งวงกบหน้าต่าง จำนวน 4 โครง โครงผนังทึบ จำนวน 3 โครง และโครงผนังมีช่องประตู จำนวน 1 โครง

10) แผ่นผนัง ใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือซีเมนต์บอร์ด ขนาด 2.40 x 1.20 เมตร หนา 6 มิลลิเมตร

11) แผ่นพื้น ใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือซีเมนต์บอร์ด ขนาด 2.40 x 1.20 เมตร หนา 20 มิลลิเมตร

12) วัสดุอุดรอยต่อแผ่นผนังและแผ่นพื้น ใช้ซิลิโคนขาว และปูนอุดรอยต่อ

13) วัสดุมุงหลังคา ใช้หลังคาเหล็กเคลือบ หรือเมทัลชีท

14) ฝ้าเพดาน ใช้โครงฝ้าอะลูมิเนียม แบบทีบาร์ ขนาดแผ่น 0.60 x 0.60 เมตร หนา 6 มิลลิเมตร

15) สีทาภายนอก ใช้สีน้ำอะคลิลิก และสีรองพื้น

16) ประตูและหน้าต่าง ใช้วงกบประตูไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1.80 x 0.80 เมตร จำนวน 2 วงกบ วงกบหน้าต่างเหล็กรูปพรรณหน้าตัดฉากขาเท่ากัน (25 x 25 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร) ขนาด 1.00 x 0.50 เมตร จำนวน 4 วงกบ บานประตู PVC จำนวน 2 บาน และบานหน้าต่างไม้เนื้อแข็ง จำนวน 4 บาน

**4.2 ผลการออกแบบวิธีการก่อสร้างและรื้อถอนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

โครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยถูกออกแบบให้ใช้จุดยึดต่อชิ้นส่วนด้วยสลักเกลียว ทำให้สามารถถอดประกอบและนำไปยังสถานที่ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อขนาดเล็ก และจัดวางชิ้นส่วนให้เป็นระเบียบ ซึ่งในส่วนขั้นตอนการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) กิจกรรม A การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง ขนาดไม่น้อยกว่า 6.00 x 6.00 เมตร โดยทำความสะอาดสถานที่และบดอัดพื้นดินให้เรียบเสมอกัน พร้อมทั้งทำการปักผังและวางผังของตัวอาคาร

2) กิจกรรม B การติดตั้งฐานราก โดยทำการตอกเข็ม (กรณีฐานรากเสาเข็ม) ขุดดิน วางไม้แบบ วางเหล็กเส้นกลม และเทคอนกรีต

3) กิจกรรม C การติดตั้งเสาและคาน โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง

4) กิจกรรม D การติดตั้งตง โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง

5) กิจกรรม E การติดตั้งโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคา โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง และยึดวัสดุมุงหลังคาด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

6) กิจกรรม F การติดตั้งโครงผนัง โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับโครงสร้าง

7) กิจกรรม G การติดตั้งแผ่นพื้น โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 20 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับตงเหล็กด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อพื้น

8) กิจกรรม H การติดตั้งวงกบประตู โดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

9) กิจกรรม I การติดตั้งแผ่นผนัง โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 6 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อผนัง

10) กิจกรรม J การติดตั้งฝ้าเพดาน โดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์ และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม ความหนา 6 มิลลิเมตร

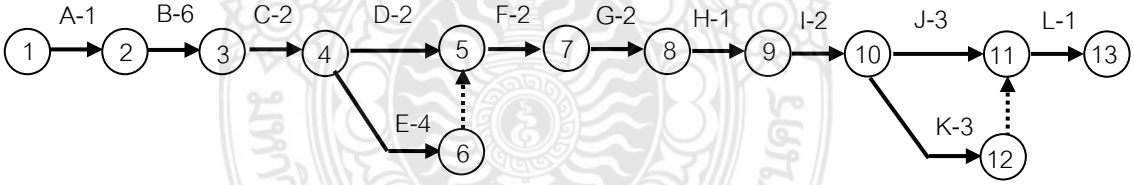
11) กิจกรรม K การทาสีและตกแต่งอาคาร โดยใช้สีรองพื้นทาก่อน 1 ครั้ง และทาสีน้ำอะคลิลิกทับอีก 2 ครั้ง รวมทั้ง การเก็บรายละเอียดของงานให้สมบูรณ์

12) กิจกรรม L การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด

จากกิจกรรมขั้นตอนการก่อสร้างดังกล่าว ทั้ง 12 กิจกรรม สามารถสรุประยะเวลาที่ใช้ และลำดับขั้นตอนการก่อสร้างได้ ดังตารางที่ 1 และการเขียนแผนก่อสร้างด้วยวิธี CPM (Critical Path Method) ได้ ดังรูปที่ 6

**ตารางที่ 1** ขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| กิจกรรม | | ระยะเวลาที่ใช้ (ชั่วโมง) | กิจกรรมก่อนหน้า | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| A | การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง | 1 | ไม่มี | กิจกรรมแรก |
| B | การติดตั้งฐานราก | 6 | A | - |
| C | การติดตั้งเสาและคาน | 2 | B | - |
| D | การติดตั้งตง | 2 | C | - |
| E | การติดตั้งโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคา | 4 | C | พร้อมกับกิจกรรม D |
| F | การติดตั้งโครงผนัง | 2 | E | - |
| G | การติดตั้งแผ่นพื้น | 2 | F | |
| H | การติดตั้งวงกบประตู | 1 | G | - |
| I | การติดตั้งแผ่นผนัง | 2 | H | - |
| J | การติดตั้งฝ้าเพดาน | 3 | I | - |
| K | การทาสีและตกแต่งอาคาร | 3 | I | พร้อมกับกิจกรรม J |
| L | การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง | 1 | K | กิจกรรมสุดท้าย |




**รูปที่ 6** แผนการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยด้วยวิธี CPM (Critical Path Method)

จากรูปที่ 6 แผนการก่อสร้างอาคารทรงครึ่งทรงกลมด้วยวิธี CPM (Critical Path Method) สามารถคำนวณระยะเวลาการก่อสร้างที่ใช้ได้ เท่ากับ 24 ชั่วโมง หรือ 3 วัน (คำนวณจากระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และใช้แรงงาน จำนวน 4 คน)

สำหรับการรื้อถอนให้ทำการย้อนขั้นตอนติดตั้งกลับในส่วนที่สามารถทำได้ง่าย และไม่ทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหาย ก่อนการรื้อถอนโครงสร้างอาคาร กล่าวคือ

1) การรื้อถอนบานประตูและหน้าต่าง
2) การรื้อถอนฝ้าเพดาน
3) การรื้อถอนแผ่นผนัง
4) การรื้อถอนวงกบประตู

5) การรื้อถอนวัสดุมุงหลังคา
6) การรื้อถอนโครงผนัง
7) การรื้อถอนแผ่นพื้น
8) การรื้อถอนโครงหลังคา
9) การรื้อถอนตง
10) การรื้อถอนเสาและคาน
11) การรื้อถอนฐานราก
12) การปรับพื้นที่ก่อสร้าง

**4.3 ผลการประมาณราคาบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

ผลการประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างของอาคารทรงครึ่งทรงกลม โดยไม่รวมถึงค่าแรง ค่าภาษี ค่าขนส่ง ค่าออกแบบ และค่าการทดลองเบื้องต้น สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ราคาค่าวัสดุก่อสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| ประเภทงาน | ราคา (บาท) |
|---|---|
| งานฐานราก | 5,000 |
| งานโครงสร้างพื้น ผนัง และหลังคา | 60,000 |
| งานแผ่นผนัง | 20,000 |
| งานแผ่นพื้น | 20,000 |
| งานวัสดุมุงหลังคา | 10,000 |
| งานประตู | 3,000 |
| งานหน้าต่าง | 2,000 |
| งานสี | 5,000 |
| **รวมทั้งสิ้น** | **125,000** |

จากตารางที่ 2 สามารถสรุปต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้างได้ คือ 125,000 บาทต่อหลัง เมื่อคำนวณเป็นต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร

**4.4 ผลการขึ้นรูปต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

1) ขึ้นรูปและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการบากและเชื่อมเหล็กรูปพรรณหน้าตัดและขนาดต่างๆ ให้สามารถประกอบกันได้สมบูรณ์

2) การติดตั้งเสา คาน ขื่อ อะเส ดั่ง จันทัน และแปของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการให้ระดับในแนวดิ่ง การวัดฉาก และการเชื่อมเหล็กฉาก สำหรับยึดติดส่วนโครงสร้างต่างๆ ดังรูปที่ 7 และ 8

**รูปที่ 7** การตั้งเสาเหล็กและคานเหล็กให้ได้ระดับ

**รูปที่ 8** การประกอบส่วนของโครงหลังคา ทั้งดั่ง อกไก่ และจันทัน

3) การติดตั้งวัสดุมุงหลังคา หน้าจั่ว โครงผนัง และวงกบประตูของโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยการเชื่อมเหล็กฉากและเจาะรูสำหรับร้อยสลักเกลียว ดังรูปที่ 9

**รูปที่ 9** การประกอบแป แผ่นหลังคาเหล็ก โครงผนัง และวงกบ

4) การรื้อถอนชิ้นส่วนของโครงสร้างบ้านถอดประกอบเป็นส่วนๆ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการขนส่ง และการนำไปประกอบในสถานที่ก่อสร้าง ดังรูปที่ 10

**รูปที่ 10** กองโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่เก็บไว้เพื่อนำไปประกอบ

**4.5 ผลการทดสอบโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

จากการนำโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปไปทดสอบการในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความต้านทานแรงอัดของโครงสร้าง ความต้านทานแรงดัดของโครงสร้าง และรอยต่อของโครงสร้าง สามารถสรุปผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบโครงสร้างตามมาตรฐานได้ ดังนี้

**ตารางที่ 3** การเปรียบเทียบผลการออกแบบและการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงที่สำคัญของโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

| พฤติกรรมการรับแรง | ผลการออกแบบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ผลการทดสอบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ตัวคูณความปลอดภัย |
|---|---|---|---|
| โครงสร้างรับแรงอัด | 720 | 1,240 | 1.72 |
| โครงสร้างรับแรงดัด | 1,440 | 2,765 | 1.92 |
| รอยเชื่อมรับแรงเฉือน | 1,260 | 2,425 | 1.92 |
| **ค่าเฉลี่ย** | | | **1.86** |

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าที่ได้จากการออกแบบตามวิธี LRFD มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งแสดงว่า โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ออกแบบ มีความแข็งแรงสูงกว่าความสามารถในการรับแรงจริง โดยสามารถคำนวณเป็นค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 (ทักษิณ และอัครวัชร, 2553; มนัส, 2539)

**4.6 ผลการทดสอบการใช้งานจริงของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย**

1) การขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ และจัดเรียงโครงสร้างส่วนต่างๆ ให้เป็นระเบียบ ดังรูปที่ 11

**รูปที่ 11** รถบรรทุก 6 ล้อที่สามารถขนส่งโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยได้

2) การนำโครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ พร้อมทั้งจัดเรียงโครงสร้างส่วนต่างๆ ให้เป็นระเบียบ ดังรูปที่ 12

**รูปที่ 12** การนำโครงสร้างบ้านถอดประกอบลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ

3) การปรับพื้นสำหรับก่อสร้างบ้านถอดประกอบให้เรียบ พร้อมทั้งวางผังของอาคาร ดังรูปที่ 13

**รูปที่ 13** การปรับพื้นที่ก่อสร้างบ้านถอดประกอบให้เรียบ

4) หล่อฐานราก และติดตั้งเสาตอม่อ ทั้ง 9 ฐาน โดยการขุดดิน วางไม้แบบ วางเหล็กเส้นกลม และเทคอนกรีต ดังรูปที่ 14

**รูปที่ 14** การเทฐานรากหุ้มแผ่นเหล็กและโคนเสาตอม่อเหล็กด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

5) การติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเส โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ดังรูปที่ 15

**รูปที่ 15** โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่มีการติดตั้งคาน ตง ขื่อ และอะเส เรียบร้อยแล้ว

6) ระหว่างการติดตั้งโครงสร้างของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย อาจทำการตกแต่งอาคาร โดยการทาสีรองพื้นและทาสีรอบที่ 1 ให้กับแผ่นผนัง เพื่อลดระยะเวลาก่อสร้างลง

7) การติดตั้งโครงหลังคา ได้แก่ ดั่ง อกไก่ จันทัน และแป พร้อมทั้งมุงหลังคาด้วยแผ่นหลังคาเหล็ก โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับเหล็กฉากและโครงสร้าง และยึดวัสดุมุงหลังคาด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย ดังรูปที่ 16 และ 17

**รูปที่ 16** การติดตั้งดั่ง อกไก่ และจันทันของโครงสร้างหลังคาเรียบร้อยแล้ว

**รูปที่ 17** แผ่นหลังคาเหล็กที่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างหลังคาด้วยตะปูเกลียวที่มียางรองการรั่วซึม

8) การติดตั้งโครงผนัง และโครงหน้าจั่ว โดยการขันร้อยสลักเกลียวเข้ากับโครงสร้าง ดังรูปที่ 18 และ 19

**รูปที่ 18** การติดตั้งโครงผนังเข้ากับคานและเสาของบ้านถอดประกอบ

**รูปที่ 19** การติดตั้งโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

9) การติดตั้งแผ่นพื้น โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 20 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับตงและคานเหล็กด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อพื้น

10) การติดตั้งวงกบประตู โดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย ดังรูปที่ 20

**รูปที่ 20** การติดตั้งวงกบประตูโดยยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

11) การติดตั้งแผ่นผนังและหน้าจั่ว โดยใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ด ความหนา 6 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับโครงผนังด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย โดยยึดห่างจากขอบแผ่นซีเมนต์บอร์ด ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร พร้อมทั้งอุดรอยต่อผนัง ดังรูปที่ 21 และ 22

**รูปที่ 21** การติดตั้งแผ่นหน้าจั่วเข้ากับโครงหน้าจั่วของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 22** การยึดแผ่นผนังให้ครอบคลุมโครงที่ออกแบบไว้

12) การติดตั้งฝ้าเพดาน โดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์ และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม ความหนา 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 23

**รูปที่ 23** การติดตั้งฝ้าเพดานโดยใช้โครงอะลูมิเนียมแบบทีบาร์และแผ่นฝ้าเพดานยิปซัม

13) การทาสีและตกแต่งอาคาร โดยใช้สีรองพื้นทาก่อน 1 ครั้ง และทาสีน้ำอะคลิลิกทับอีก 2 ครั้ง รวมทั้งการเก็บรายละเอียดของงานให้สมบูรณ์

14) การติดตั้งบานประตูและหน้าต่าง พร้อมอุปกรณ์ครบชุด

15) จากการก่อสร้างบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยทั้งหมด ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง รวม 3 วัน ซึ่งเป็นไปตามแผนที่วางไว้ แต่ละวันใช้แรงงานคนในการก่อสร้าง จำนวน 4 คน เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน นอกจากนี้ ระหว่างการขนส่งโครงสร้างดังกล่าว พบว่า รถบรรทุก 6 ล้อ สามารถลำเลียงบ้านถอดประกอบได้ 2 ชุด เมื่อมีการจัดเรียงโครงสร้างอย่างเป็นระเบียบ (สุธี และคณะ, 2550) โดยบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยที่ก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 24 ถึง 28

**รูปที่ 24** ด้านหน้าของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 25** ด้านหลังของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 26** ด้านขวาของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 27** ด้านในของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**รูปที่ 28** ห้องขนาดเล็กหรือห้องน้ำภายในบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย

**5. สรุปผล และข้อเสนอแนะ**

จากผลการดำเนินโครงการ “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” สามารถสรุปผลแบ่งตามวัตถุประสงค์ และข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

1) ได้บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ซึ่งออกแบบให้เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หลังคาทรงจั่ว ขนาดความกว้าง 4.00 เมตร ความยาว 4.00 เมตร สูงจากพื้นห้องถึงเพดาน 2.40 เมตร มีพื้นที่ใช้สอยรวม 16.00 ตารางเมตร จั่วหลังคาสูง 1.20 เมตร ภายในบ้านสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของห้องนอน และส่วนของห้องน้ำหรือห้องขนาดเล็ก ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง เท่ากับ 125,000 บาทต่อหลัง หรือ 7,812.5 บาทต่อตารางเมตร สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ

2) ได้องค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย โดยสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปจดแจ้งลิขสิทธิ์เรื่อง “แบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” ในนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยมี นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล และว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร เป็นผู้สร้างสรรค์

3) จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย ทำให้สามารถคำนวณเป็นค่าตัวคูณความปลอดภัย (Safety Factor, S.F.) เฉลี่ย เท่ากับ 1.86 ซึ่งแสดงว่า โครงสร้างบ้านถอดประกอบที่ออกแบบมีความแข็งแรงสูงกว่าความสามารถในการรับแรงจริง

4) ได้ต้นแบบบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย จำนวน 1 หลัง

5) ได้ร่างบทความเรื่อง “บ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัย” เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้แก่กลุ่มเป้าหมาย

ในส่วนของข้อเสนอแนะ ควรมีการพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนบ้านถอดประกอบที่ขนส่งสะดวกเพื่อผู้ประสบภัยในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและขึ้นรูปโครงสร้าง

**6. กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

**7. เอกสารอ้างอิง**

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2553. คู่มือฝึกอบรมการปลุกจิตสำนึกเพื่อเตรียมพร้อมรับภัยน้ำท่วม. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย.

ชลธี อิ่มอุดม, 2552. ระบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต นิตยะ, 2528. เอกสารประกอบการสอนวิชา Industrialized building, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, 2553. พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก.พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551. โครงการศึกษาวิจัยและออกแบบอาคารพักอาศัย 5 ชั้น ในระบบประสานพิกัดและชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อรองรับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม. รายงานฉบับสมบูรณ์. บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด.

ประสาน ศรีศุภชัยยา, 2539. สภาพปัจจุบันและความคาดหวังเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยชั่วคราวและถาวรของผู้ใช้แรงงานก่อสร้าง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มามี โตบารมีกุล, 2541. การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนัส อนุศิริ, 2539. การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วิสูตร จิระดำเกิง, 2551. การประมาณราคาค่าก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยรังสิต.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2546. มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กรูปพรรณโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก. พิมพ์ครั้งที่ 1.

สุธี ปิยะพิพัฒน์, 2550. โครงการพัฒนาปรับปรุงระบบก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักฉุกเฉินชั่วคราวกรณีเกิดภัยพิบัติ. รายงานฉบับสมบูรณ์, คณะครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุธี ปิยะพิพัฒน์, ศุภสิทธิ พงศ์ศิวะสถิตย์ และสมศักดิ์ คำปลิว, 2550. โครงการพัฒนาปรับปรุงระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักฉุกเฉิน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 5 (10): 63-74.

สนธพล กริชนวรักษ์, 2554. เทคนิคการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราวระบบก่อสร้างเร็วด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณสำเร็จรูป. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 2520. การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

Albert A. Fink, 1968. Dome Structure and Method of Fabrication and Erection. United States Patent Office Patent.

American Society for Testing and Materials, 2010. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

Debby Guha-Sapir, Femke Vos, Regina Below and Sylvain Ponserre, 2011. Annual Disaster Statistical Review: The numbers and trends. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) Institute of Health and Society (IRSS) Université catholique de Louvain – Brussels, Belgium.

Herz, Rudolph, 1975. Architectures' data, London: Crosby. Lockwood. Staples.

Marek Kubik, 2009. Structural Analysis of Geodesic Domes. Charles Augarde, Durham University School of Engineering.

Testa Carlo, 1959. The Industrialization of Building, New York : Van Nostrand Reinhold