ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

# อาคารเขียว:บ้านประหยัดพลังงาน

## Green Building : Energy Saving House


| | | |
|---|---|---|
| นายพิษณุ | กันเพชร | รหัส 51360431 |
| นายวิษณุ | ฉันใด | รหัส 51360554 |
| นางสาวสุภัคชยา | พิทักษ์ | รหัส 51360615 |
| นายวัชรินทร์ | สุวรรณกษาปณ์ | รหัส 51363395 |


ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 23 พ.ค. 2555
เลขทะเบียน 16087197X
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 0592
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | อาคารเขียว : บ้านประหยัดพลังงาน | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายพิษณุ | กันเพชร | รหัส 51360431 |
| | นายวิษณุ | ฉันใด | รหัส 51360554 |
| | นางสาวสุภัคชยา | พิทักษ์ | รหัส 51360615 |
| | นายวัชรินทร์ | สุวรรณกษาปณ์ | รหัส 51363395 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต | | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | | |
| **ปีการศึกษา** | 2554 | | |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

..........................................................ที่ปรึกษาโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ วิชัย ฤกษ์ภูริทัต)

..........................................................กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สสิกรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

..........................................................กรรมการ
(อาจารย์ ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

**ชื่อหัวข้อโครงงาน** อาคารเขียว : บ้านประหยัดพลังงาน

**ผู้ดำเนินโครงงาน** นายพิษณุ กันเพชร รหัส 51360431
นายวิษณุ ฉันใด รหัส 51360554
นางสาวสุภัคชยา พิทักษ์ รหัส 51360615
นายวัชรินทร์ สุวรรณกษาปณ์ รหัส 51363395

**ที่ปรึกษาโครงงาน** รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมโยธา

**ภาควิชา** วิศวกรรมโยธา

**ปีการศึกษา** 2554

---

## บทคัดย่อ

คณะผู้ศึกษาได้เรียนรู้การออกแบบในด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมสำหรับบ้านประหยัดพลังงานที่เรียกว่าอาคารเขียว และได้ใช้ความรู้นั้นทำการออกแบบบ้านพักอาศัย เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่ใช้สอย 360 ตารางเมตร จัดเป็นห้องนอน ห้องรับแขก ห้องครัว และ ห้องน้ำ หลังคาโครงเหล็กรูปพรรณมุงด้วยกระเบื้องลอนคู่ หลังคาจัดทำเป็นสองชั้นเพื่อการระบายอากาศ มีชายคายื่นออกจากผนังก่ออิฐมวลเบา 2.00 เมตร เพื่อให้ร่มเงาตัวอาคารเป็นการลดความร้อนตามผนัง พื้นภายในอาคารปูด้วยกระเบื้องดินเผา ช่วยทำให้เกิดความเย็นภายในบ้าน ฝ้าเพดานสูงจากพื้น 3.00 เมตร กรุยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ฉาบเรียบทาสี ภายนอกอาคารใช้สีน้ำอะคริลิก ส่วนภายในอาคารใช้สีน้ำพลาสติก ใช้สีอ่อนเหมาะสมกับบ้านประหยัดพลังงาน ผนังในแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีหน้าต่างให้ลมผ่านเข้าออก ส่วนผนังด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกกำหนดให้ทำการปลูกต้นไม้ช่วยให้ร่มเงา

การประมาณราคาใช้วิธีถอดแบบ ซึ่งเป็นวิธีคิดแบบละเอียด โดยการกำหนดงานแต่ละประเภทตามแบบและรายการประกอบแบบ คำนวณหาปริมาณงานแต่ละประเภท กำหนดราคาค่าวัสดุ ค่าแรงงานรวมค่าเครื่องจักร กำหนดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (ค่าโสหุ้ย) ภาษี และ กำไร รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,825,574 บาท

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Project title** | Green Building:Energy Saving House | | | |
| **Name** | : Mr. | Phitsanu | Kanphet | ID. 51360431 |
| | : Mr. | Witsanoo | Shundai | ID. 51360554 |
| | : Miss. | Suphakchaya | Phithak | ID. 51360615 |
| | : Mr. | Watcharin | Suwanakasarp | ID. 51363395 |
| **Project advisor** | : Asso.Prof. Vichai Rurkpuritat | | | |
| **Major** | : Civil Engineering | | | |
| **Department** | : Civil Engineering | | | |
| **Academic year** | : 2011 | | | |




## Abstract

The study group has learned Architectural and Engineering design for energy saving house, called green building. It can be used for designing a reinforce concrete house, which is comprises of bed room, living room, kitchen room and bath room, with steel truss roofing covered by roman tile. Roof is double layers for ventilation purpose, cantilever 2.00 metre from light weight brick wall in order to shade and reduce heat inside the house. The floor inside of the house is finished by ceramic that can makes more cool. Ceiling height is 3.00 metre finished by gypsum board 9 mm. of thickness with plastering. Ouside of the house is painted with acrylic colour but inside of the house is painted with plastic colour. Light tone colour is suitable for saving energy house. Wall in direction of South West and North East consists of windows for wind pass through. Tree should be planted in the direction of East and West in order to shade.

By means of take off estimation, the quantity of particular activity can be calculated, then assign the material cost and labour cost including equipment cost to each activity. The total cost of construction can be estimated by adding the indirect cost, tax and profit to the material and labour cost. The sum is 1,825,574 Baht.

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงานครั้งนี้ และคอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ในวิชาวิศวกรรมศาสตร์ จนทำให้นิสิตทุกคนมีความรู้ในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณพ่อ และ คุณแม่ ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษาจนทำให้นิสิตทุกคนประสบความสำเร็จจนทุกวันนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สมาชิกในโครงงานทุกคนที่ร่วมมือกันเป็นอย่างดีในการทำงาน ถึงแม้ว่าจะมีปัญหาในการทำงานบ้าง แต่ทุกท่านก็ฟันฝ่าอุปสรรค์ต่าง ๆ จนโครงงานนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

| | |
|---|---|
| นายพิษณุ | กันเพชร |
| นายวิษณุ | ฉันใด |
| นางสาวสุภัคชยา | พิทักษ์ |
| นายวัชรินทร์ | สุวรรณกษาปณ์ |

6 มีนาคม 2555

# สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองปริญญานิพนธ์ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ซ |
| อักษรย่อ | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน | 1 |
| 1.4 ระยะเวลาโครงการ | 2 |
| 1.5 แผนการดำเนินงาน | 2 |
| 1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน | 2 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี | 3 |
| 2.1 อาคารเขียว | 3 |
| 2.2 หลักการออกแบบอาคารเขียว | 4 |
| 2.3 การประหยัดพลังงาน | 6 |
| 2.4 บ้านพักอาศัย | 7 |
| 2.5 บ้านประหยัดพลังงาน | 8 |
| 2.6 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ | 9 |
| 2.7 การใช้โปรแกรม AutoCAD | 20 |
| 2.8 การใช้โปรแกรม Google Sketch Up | 28 |
| 2.9 ทฤษฎีการประมาณราคา | 39 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | |
|---|---|
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงงาน | 41 |
| 3.1 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง | 41 |
| 3.2 เตรียมงานและสำรวจพื้นที่ | 42 |
| 3.3 ออกแบบด้านสถาปัตยกรรม | 43 |
| 3.4 ออกแบบโครงสร้าง | 45 |
| 3.5 คำนวณหาปริมาณงานโดยวิธีถอดแบบ | 47 |
| 3.6 งานจัดทำ Bill of Quantity | 48 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 48 |
| 4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารเขียวและบ้านประหยัดพลังงาน | 49 |
| 4.2 ออกแบบบ้านพักอาศัยตามแนวคิดในเรื่องอาคารเขียว | 49 |
| 4.3 การประมาณราคา | 55 |
| บทที่ 5 สรุปผลโครงงานและข้อเสนอแนะ | 56 |
| 5.1 สรุปผลโครงงาน | 56 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 56 |
| เอกสารอ้างอิง | 57 |
| ภาคผนวก ก | 58 |
| ภาคผนวก ข | 135 |
| ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน | 139 |

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| ก.1 แสดงผลการคำนวณโครงถัก | 58 |
| ก.2 ตารางเหล็ก | 106 |
| ก.3 สรุปงานก่ออิฐและฉาบปูน | 110 |
| ก.4 สรุปปริมาณงานพื้นและฝ้า | 111 |
| ก.5 Bill of Quantity | 112 |


มหาวิทยาลัยนเรศวร

# สารบัญภาพ


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 หน้าต่างโปรแกรม AutoCAD | 21 |
| 2.2 การตั้งค่ากระดาษ | 22 |
| 2.3 การกำหนดการตั้ง Grid | 22 |
| 2.4 กำหนดการตั้ง Snap | 23 |
| 2.5 กำหนดการตั้ง Layer | 23 |
| 2.6 การตั้งค่าตัวจับตำแหน่งวัตถุ | 24 |
| 2.7 การปรับขนาดหัวลูกศร | 24 |
| 2.8 การปรับขนาดตัวหนังสือและระยะห่างของตัวเลข | 25 |
| 2.9 การปรับเลขทศนิยม | 25 |
| 2.10 ชุดคำสั่ง Draw | 26 |
| 2.11 ชุดคำสั่ง Modify | 27 |
| 2.12 ส่วนประกอบของโปรแกรม Google Sketch Up | 28 |
| 2.13 Toolbars | 30 |
| 2.14 แกนอ้างอิง | 31 |
| 2.15 กล่องเครื่องมือ | 32 |
| 3.1 แสดงภูมิประเทศของบริเวณที่ตั้งโครงการ | 42 |
| 3.2 แสดงแบบบริเวณและแนวเขตพื้นที่ | 43 |
| 3.3 แสดงรูปด้านของอาคาร | 44 |
| 4.1 ภาพการจัดวางห้องต่างๆ ภายในบ้าน | 51 |
| 4.2 ภาพสามมิติ ด้านหน้าของบ้านประหยัดพลังงาน | 52 |
| 4.3 ภาพสามมิติ ด้านหลังของบ้านประหยัดพลังงาน | 52 |
| 4.4 ภาพด้านข้างมุมที่ 1 | 53 |
| 4.5 ภาพด้านข้างมุมที่ 2 | 53 |
| 4.6 ภาพด้านข้างมุมที่ 3 | 54 |
| 4.7 ภาพด้านข้างมุมที่ 4 | 54 |
| ข.1 หมุดเขตที่ตั้ง | 135 |
| ข.2 บันทึกตำแหน่งที่ตั้งหมุด | 136 |
| ข.3 วัดระยะห่างระหว่างหมุด | 137 |
| ข.4 วัดระดับจุดอ้างอิงของตำแหน่งที่ตั้งตัวบ้าน | 138 |

# อักษรย่อ

| | | |
|---|---|---|
| AASHTO | = | The American Association of State Highway and Transportation Officials |
| ACI | = | American Concrete Institute |
| BS | = | British Standards |
| AISC | = | American Institute of Steel Construction |
| ARE | = | American Railway Engineering Association |
| ASD | = | Allowable Stress Design |
| LRFD | = | Load & Resistance Factor Design |
| $kg / m^2$ | = | กิโลเมตรต่อตารางเมตร |
| $kg /cm^2$ | = | กิโลเมตรต่อตารางเซนติเมตร |
| lb/ft | = | ปอนด์ต่อฟุต |
| m | = | เมตร |
| Km | = | กิโลเมตร |
| W | = | Width of side walk |
| P | = | แรง |
| DL | = | น้ำหนักบรรทุกคงที่ |
| LL | = | น้ำหนักบรรทุกจร |
| ว.ส.ท. | = | วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย |
| มม. | = | มิลลิเมตร |
| กก./ม. | = | กิโลกรัมต่อเมตร |

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันปัญหาโลกร้อนเป็นปัญหาใหญ่ที่ทุกประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญในการหาทางแก้ไข หรือพัฒนาวิธีการที่จะลดความร้อน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อน และมีสภาพอากาศร้อนมากขึ้นทุกวัน ทำให้ผู้อยู่อาศัยต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้มีความเย็นทั้งในห้องนอน ห้องทำงาน โดยเครื่องปรับอากาศเหล่านี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีราคาแพง ประชาชนผู้มีรายได้น้อยถึงปานกลางจำเป็นต้องจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ามากขึ้นอันเป็นการเพิ่มภาระค่าครองชีพ

หากที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงานมีลักษณะรูปแบบเอื้ออำนวยต่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า จะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ ดังนั้นการสร้างบ้านที่สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า ประหยัดการใช้น้ำ จะช่วยลดภาระค่าครองชีพ อาคารมีความร่มรื่น ใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาคารที่มีลักษณะเช่นนี้เรียกว่า “อาคารเขียว”

คณะผู้ศึกษามีความสนใจและมีความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโยธา สามารถดำเนินการออกแบบบ้านพักอาศัยที่เป็นอาคารเขียวประหยัดพลังงานได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

(1) เพื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารเขียว และ บ้านประหยัดพลังงาน

(2) เพื่อออกแบบบ้านพักอาศัยตามแนวคิดในเรื่องอาคารเขียว

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

(1) ได้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการออกแบบอาคารเขียว บ้านประหยัดพลังงาน

(2) ได้ฝึกทักษะการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน และ การประมาณราคาค่าก่อสร้าง

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

- ศึกษาอาคารเขียว ในเรื่องการประหยัดพลังงาน
- ออกแบบบ้านตัวอย่างตามแนวคิดในเรื่องอาคารเขียว
- ประมาณราคาการก่อสร้างบ้านอาคารเขียว

### 1.5 ระยะเวลาของโครงการ

ใช้ระยะเวลาการทำงานตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2552 จนถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2553 ระยะเวลารวมประมาณ 5 เดือน

### 1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

| แผนการดำเนินงาน | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **กิจกรรม** | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม | มกราคม | **กุมภาพันธ์** |
| สำรวจโดยสังเขป | ↔ | | | | |
| วัดพื้นที่จริง | ↔ | ↔ | | | |
| ออกแบบอาคาร | | ↔ | | | |
| ประมาณราคา | | | ↔ | | |
| ทำรายงานฉบับร่าง | | | ↔ | ↔ | |
| ปรับปรุงแก้ไขงาน | | | | ↔ | |
| ส่งรายงานฉบับ | | | | ↔ | ↔ |
| สมบูรณ์ | | | | | ↔ |

### 1.7 งบประมาณ

- ค่าวัสดุสำนักงาน 800 บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร 500 บาท
- ค่าล้างอัดรูป 200 บาท
- ค่าจัดทำรูปเล่ม 2,000 บาท
- ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์ 500 บาท

รวมค่าใช้จ่าย 4,000 บาท ( สี่พันบาทถ้วน )

<u>หมายเหตุ</u> ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

# บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎี

## 2.1 อาคารเขียว

อาคารเขียว หมายถึง อาคารที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงาน สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และความยั่งยืน (สถาพร โภคา, 2554)

อาคารเขียว หมายถึง อาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นอาคารที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร เป็นอาคารที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยมีสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (ดร.พิมพิดา จรรยารักษ์สกุล,2554)

อาคารเขียว คือ อาคารที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของอาคาร ได้แก่ พลังงาน น้ำ และวัสดุ ในขณะที่ลดผลกระทบต่อผู้ใช้ทางด้านสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม โดยวิธีการ คัดเลือกที่ตั้งอาคาร ออกแบบก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษา และรื้อถอน ที่ดีตลอดอายุการใช้งานของอาคาร (http://en.wikipedia.org/wiki/Green_building)

ปัจจุบันสภาพอากาศทั่วโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น สืบเนื่องมาจาก ความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรมลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศ และสะท้อนกลับมาด้วยผลของเรือนกระจก (Greenhouse effect) ส่งผลให้หิมะในแถบขั้วโลกละลาย ทำให้ประเทศทั่วโลกได้เล็งเห็นถึงอันตรายจากการเปลี่ยนแปลงนี้ ทุกประเทศมีความกระตือรือร้นช่วยกันป้องกันภาวะโลกร้อน

Greenhouse effect หมายถึง ภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก จึงเปรียบเสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิและความเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก แต่ในปัจจุบันมีก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินสมดุล ซึ่งก๊าซเหล่านี้ สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรด และคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก และสิ่งมีชีวิตบนพื้นผิวโลกอย่างมากมาย

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อน และได้รับผลกระทบมาก เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ดังนั้น วิศวกรโยธาจำเป็นต้องทำการศึกษาผลกระทบของบรรยากาศโลกร้อนต่ออาคารที่จะทำการออกแบบและก่อสร้าง โดยมีเป้าหมายว่า ออกแบบอย่างไรให้อาคารมีความร่มเย็นน่าอยู่ โดยไม่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ

อาคารเขียว หรือ Green Building คือ อาคารที่ออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งาน โดยคำนึงถึงการทำให้อาคารเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่าที่สุด และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาวะแวดล้อม เช่น ไม่ปล่อยน้ำเสีย ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งการลดสภาวะโลกร้อน ต้องพยายามลดการใช้พลังงานในอาคารลงให้มากที่สุด เพราะพลังงานในอาคารนั้นเป็นการนำมาจากเหมืองแร่ น้ำมัน น้ำ ทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ หรือ แม้กระทั่งปรมาณู และพลังงานที่ใช้ในอาคารหรือครัวเรือนนั้นมีปริมาณการใช้พลังงานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงาน เพื่อการอุตสาหกรรม และ การขนส่ง พลังงานในอาคาร ส่วนใหญ่เป็นการใช้ไฟฟ้า โดยการใช้ไฟฟ้านั้นจะแบ่งง่ายๆ เป็น 3 ส่วนคือ ค่าไฟฟ้าสำหรับค่าเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีสัดส่วนประมาณ 60 % ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด ค่าไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง 20 % และ ค่าไฟฟ้า อื่นๆ อีก 20 % เช่น เตารีด ไมโครเวฟ ตู้เย็น เป็นต้น

นิยามของการเป็น "Green Building" หรืออาคารสีเขียว คือ อาคารที่คำนึงถึงการก่อสร้างในสถานที่ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์น้อย ประหยัดพลังงาน มีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ประหยัดการใช้น้ำ ใช้วัสดุก่อสร้างที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ และมีผลกระทบต่อชุมชนรอบข้างน้อย

ปัจจุบันการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนได้ถูกนำไปใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบสำหรับสิ่งก่อสร้างต่างๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกของ World Green Building Council ซึ่งปัจจุบันมีสมาชิกทั้งสิ้น 12 ประเทศ สำหรับประเทศไทยขณะนี้อยู่ระหว่างการจัดตั้ง Thai Green Building Council และจะขึ้นทะเบียนเป็นสมาชิกกับ World Green Building Council ต่อไป )

## 2.2 หลักการออกแบบอาคารเขียว

### 2.2.1 การกำหนดพื้นที่ใช้สอย

การกำหนดพื้นที่ใช้สอย เป็นการกำหนด ว่าจะมีกี่ห้องนอน กี่ห้องน้ำ กำหนดพื้นที่ห้องรับแขก ห้องครัว หรือห้องรับประทานอาหาร การกำหนดพื้นที่ใช้สอย ภายในบ้านนอกจาก จะเปลี่ยนตามความจำเป็นของสภาพครอบครัวแล้ว ยังมีสิ่งสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดคือ "รสนิยม" หลักการของการตกแต่ง ให้มีรูปแบบต่าง ๆ เดิมอาจชอบเปิดโล่ง ที่มีพื้นที่ต่อเนื่องกันได้ทั้งบ้าน โดยไม่มีผนังมากั้นกลาง ภายหลังเพื่อความเป็นส่วนตัวมากขึ้น จึงต้องการมีห้องที่มีลักษณะปิดกั้นจากภายนอก หรือเดิมชอบบ้านแบบเรียบ ๆ มีของตกแต่งเท่าที่จำเป็น แต่กลับมาชอบการตกแต่งที่สมบูรณ์แบบ มีภาพแขวนบนผนัง มุมว่างจัดวางไว้ด้วยประติมากรรม หน้าต่างและประตูทุกบานติดม่านจับจีบ ซึ่งความต้องการเหล่านี้ อาจจะต้องทำให้มีการกั้นห้อง หรือรื้อผนังออกไป เพื่อความเหมาะสมของการตกแต่ง

**2.2.2 ทิศทางของแสงแดด**

การออกแบบบ้านต้องคำนึงถึงแสงแดดที่ส่องมาจาก 2 ทิศทาง คือ ทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเท่านั้น แต่โดยความเป็นจริง ความร้อนที่เกิดขึ้นในบ้านได้รับอิทธิพลของแสงแดด ที่ส่องมาจากทางทิศเหนือ และทิศใต้ก็มีอยู่ไม่น้อย แต่ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่เหนือเส้นศูนย์สูตร หรือค่อนมาทางซีกโลกเหนือ จะได้รับอิทธิพลของแสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศใต้มากกว่าทางทิศเหนือ เพราะแสงแดดจะทำมุมเฉียงมาจากทิศทางใต้มากกว่า ทั้งนี้แสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก จะเป็นผลมาจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองในแต่ละวัน ส่วนแสงแดดที่ส่องมาจากทางทิศเหนือและทิศใต้ จะเป็นผลมาจากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในแต่ละปี ซึ่งในกรณีนี้ทิศทางของแสงแดดจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

**2.2.3 ห้องรับแขก / ห้องนั่งเล่น**

ห้องรับแขก / นั่งเล่นเป็นห้องที่ใช้งานมากที่สุดของครอบครัว ห้องรับแขกจะเป็นห้องแรกที่เข้ามาถึง ควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 12 ตารางเมตร สิ่งที่ต้องพิจารณาอันดับแรกคือการระบายลมในห้อง ควรมีอากาศที่ถ่ายเทได้สะดวก โดยการติดหน้าต่างที่มีขนาดไม่เล็ก และไม่ใหญ่เกินไป พอที่จะให้ลมถ่ายเทเข้าออกได้สะดวก

**2.2.4 ห้องครัว**

ห้องครัวเป็นห้องที่ถูกใช้ประโยชน์มากมาย สิ่งแรกที่ควรคำนึงถึงเป็นลำดับแรกคือ การออกแบบห้องครัว ทิศทางของห้องไม่ควรอยู่ในทิศที่อับหรือทึบ ควรมีแสงสว่างเพียงพอ มีแสงแดดส่องถึง เพื่อไล่ความชื้น ที่สำคัญต้องระบายอากาศได้ดี กำหนดไว้ที่ทิศตะวันออก หรือทิศที่พระอาทิตย์ขึ้น จะได้ช่วยไล่ความชื้น ฆ่าเชื้อโรคจากเช้าถึงเที่ยงและเย็นสบายช่วงบ่ายถึงเย็นซึ่งเป็นเวลาทำครัว อีกทิศหนึ่งเหมาะสมที่จะวางตำแหน่งของห้อง คือทิศใต้ซึ่งเป็นทางลมที่ดีอีกทางเช่นกัน

**2.2.5 ห้องรับประทานอาหาร**

ห้องรับประทานอาหารสามารถยืดหยุ่นได้ไม่ว่าจะเป็นขนาดของห้องและรูปร่าง เช่น อาจจะใช้ มุมใดมุมหนึ่งของห้องครัว ไปจนถึงการจัดห้องอาหาร ห้องรับประทานอาหารไม่ควรจะอยู่ไกลจาก ห้องครัว เพราะอาหารบางชนิดหากเสียเวลาไปกับการลำเลียงมาสู่ห้องรับประทานอาหาร นานเกินไปก็อาจจะเสียรสชาติ และที่สำคัญควรมีแสงสว่างที่เพียงพอ และระบายอากาศได้ดี

2.1.1.6 ห้องน้ำ

ห้องน้ำ เป็นห้องที่ต้องการ ความเป็นส่วนตัว มากกว่าทุกๆ ห้องในบ้าน การจัดแบบแปลนขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ การตกแต่งห้องน้ำควรจะตอบสนองการใช้สอยให้มากที่สุด โดยใช้หลักการอย่างเดียวกันกับห้องครัว และห้องรับประทานอาหาร คือมีการระบายอากาศได้ดี

2.2.7 ห้องนอน

การนอนหลับคือ การพักผ่อนที่ดีที่สุด การนอนหลับเพียง 5-6 ชั่วโมงในห้องที่เงียบสงบ มืดสนิท อุณหภูมิพอเหมาะ และอากาศถ่ายเทดีก็นับว่าเพียงพอแล้วสำหรับคนเราในวันหนึ่ง ๆ ห้องนอน จึงเป็นห้องที่ต้องการความสงบมากกว่าส่วนอื่นๆในบ้าน ให้ความเป็นส่วนตัว ความสะดวกสบาย

2.3 การประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานมีหลายรูปแบบ ทำได้ดังนี้

- ปิดสวิตช์ไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดเมื่อเลิกใช้งาน สร้างให้เป็นนิสัยในการดับไฟทุกครั้งที่ออกจากห้อง
- เลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน ดูฉลากแสดงประสิทธิภาพให้แน่ใจทุกครั้งก่อนตัดสินใจซื้อ หากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าเบอร์ 5 ต้องเลือกใช้เบอร์ 5
- ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่จะไม่อยู่ในห้องเกิน 1 ชั่วโมง สำหรับเครื่องปรับอากาศทั่วไป และ 30 นาที สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีฉลากเบอร์ 5
- หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศบ่อยๆ เพื่อลดการเปลืองไฟในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
- ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่กำลังสบาย อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศา ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 5-10
- ใช้มู่ลี่ป้องกันแสงแดดส่องเข้าตัวอาคาร และบุฉนวนกันความร้อนตามหลังคาและฝาผนังเพื่อไม่ให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักเกินไป
- ควรปลูกต้นไม้เพื่อช่วยบังแดดข้างบ้านหรือเหนือหลังคา เพื่อเครื่องปรับอากาศจะไม่ต้องทำงานหนักเกินไป

- ในสำนักงาน ให้ปิดไฟ ปิดเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้
- ไม่ควรเปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาเริ่มงาน และควรปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาเลิกใช้งานเล็กน้อย เพื่อประหยัดไฟ

2.4 บ้านพักอาศัย

บ้านพักอาศัยเป็นอาคารที่ใช้อยู่อาศัย โดยปกติจะมีสิ่งต่างๆ ภายในบ้านจัดตามความเหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ตามประเภทการใช้งาน เช่น ห้องนอนใช้ในการพักผ่อนหลับนอน ห้องรับแขกใช้เพื่อรับรองผู้มาเยือน ห้องครัวใช้ประโยชน์ในการปรุงอาหาร ห้องน้ำห้องส้วมใช้ประโยชน์ในการชำระร่างกาย ห้องต่างๆ เหล่านี้มีความจำเป็นต้องทำให้เกิดความร่มเย็น เหมาะแก่การใช้ประโยชน์

บ้านพักอาศัยจะมีความร่มเย็นได้ขึ้นอยู่กับการก่อสร้างในลักษณะต่างๆ อาทิเช่น

(1) การหันทิศทางของบ้านให้ถูกทาง

การวางตำแหน่งทิศทางในการตั้งตัวบ้านที่ดี ควรจะมีการวางตัวบ้านในแนว เหนือ-ใต้ จะทำให้แสงแดดส่องเข้ามาภายในตัวบ้านน้อยกว่าทิศอื่นๆ อันจะส่งผลให้ตัวบ้านลดความร้อนลง

(2) มีการให้ร่มเงาแก่ตัวบ้าน

ควรมีการปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงาแก่ตัวบ้าน โดยเฉพาะด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ซึ่งจะมีแสงแดดและความร้อนส่งเข้ามาทางด้านนี้มาก ควรมีการปลูกหรือวางต้นไม้พุ่มเพื่อดักความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวบ้าน

(3) ไม่ควรเพิ่มเติมแหล่งความร้อนให้แก่ตัวบ้าน

การมีลานรอบบ้านเป็นลานคอนกรีตนั้น จะเป็นตัวดูดความร้อน โดยเฉพาะที่อยู่ด้านทิศใต้ หรือทิศตะวันตก เมื่อมีลมพัดมาก็จะนำความร้อน จากพื้นคอนกรีตมา ดังนั้นจึงควรจัดให้บ้านมีพื้นที่คอนกรีตให้น้อยที่สุด ให้มีเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ปลูกหญ้าหรือไม้คลุมดินรอบๆบ้าน นอกจากเป็นการปูฉนวนกันความร้อนให้กับพื้นดินแล้ว ยังเป็นตัวป้องกันฝุ่น และยังให้ความร่มรื่นสบายตา ลดการสะท้อนของแสงอีกด้วย

(4) มีการยอมให้ลมพัดผ่านตัวบ้าน

ถ้ามีลมเย็นพัดผ่านเข้าบ้าน อาจไม่จำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นการวางบ้านหรือช่องหน้าต่างที่เหมาะสมกับทิศ บ้านก็มีโอกาสที่จะรับลมได้ มีทางให้ลมเข้า และมีทางให้ลมออก ให้มีหน้าต่างอยู่ด้านตรงข้ามกัน จะทำให้อากาศถ่ายเทในห้องได้มาก

(5) การวางตำแหน่งของห้องต่างๆ ภายในบ้าน

การวางตำแหน่งของห้องต่างๆเป็นสิ่งหนึ่งที่จะช่วยให้อากาศภายในบ้านดีขึ้นสามารถลดค่าไฟในการใช้เครื่องทำความเย็นภายในบ้าน แสงแดดและทิศทางของลมนั้นมีผลเป็นอย่างมากกับอากาศภายในและสัดส่วนของแต่ละห้อง เช่น ห้องนอนไม่ควรอยู่ทางด้านทิศตะวันตกหรือใต้ของตัวบ้าน เนื่องจากช่วงเย็นส่วนนี้จะเก็บความร้อนสะสมไว้มาก และจะนำความร้อนคายออกสู่ตัวห้องในเวลานอน ทำให้ผู้ที่นอนจะรู้สึกร้อนอึดอัด จึงไม่สมควรวางห้องนอนในทิศนี้ เทคนิคต่างๆเหล่านี้จะทำให้ใช้ประโยชน์จากตัวบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดค่าใช้จ่าย

(6) การประหยัดพลังงาน

ออกแบบโดยหาทางทำให้ความร้อนเข้ามาสู่ภายในบ้านน้อยที่สุด เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยที่สุด แต่ยังคงต้องการแสงสว่างให้เพียงพอในเวลากลางวัน ติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนใต้หลังคาซึ่งสะท้อนความร้อนได้ถึง 95% ติดตั้งระแนงไม้ใต้ชายคา เพื่อระบายอากาศร้อนในช่องหลังคาออกนอกบ้าน ใช้อิฐมวลเบาก่อผนังจะทำให้บ้านเย็นอยู่สบาย ใช้สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ

(7) ด้านความปลอดภัยของบ้าน

ติดตั้ง Safety Cut กันไฟรั่วไฟดูดเพื่อความปลอดภัยของทุกคนในครอบครัว ระบบไฟฟ้าเดินสายร้อยท่อ PVC เพื่อความสวยงาม ใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน ติดตั้งไฟฉุกเฉินแบบ Down Light ไว้ที่โถงบันได ซึ่งจะทำงานทันทีที่ไฟดับ เตรียมปลั๊กไว้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ อย่างครบครัน เช่น TV ตู้เย็น เป็นต้น

**2.5 บ้านประหยัดพลังงาน**

บ้านประหยัดพลังงาน หมายถึง บ้านที่มีการใช้พลังงานน้อย สามารถรักษาและควบคุมสภาพอากาศร่มเย็น เช่น บ้านไทยในสมัยโบราณ ซึ่งไม่มีทั้งไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ

บ้านประหยัดพลังงาน มีทั้งบ้านแบบ passive และ active บ้านแบบ passive คือการใช้พลังงานธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ ลมธรรมชาติ พลังงานการกักเก็บความเย็นของดินเป็นต้น เข้ามาผสมผสานกับตัวอาคารให้เกิดสภาวะสบายในตัวอาคารซึ่งรวมถึงการที่บ้านเย็นสบายโดยไม่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ หรือแม้แต่น้ำอุ่นก็สามารถนำเอาความร้อนธรรมชาติมาใช้ได้ ตรงกันข้ามกับบ้านแบบ active ซึ่งหมายถึง บ้านที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้บ้านเกิดสภาวะสบาย

การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานแบบ passive คือการออกแบบให้บ้านได้รับลมธรรมชาติเพียงพอ ได้รับแสงธรรมชาติเพียงพอ มีความเย็นในบ้าน ส่วนการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานแบบ active คือการออกแบบบ้านที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉพาะระบบเครื่องปรับอากาศ แต่พยายามลดพลังงานให้น้อยลงโดยวิธีการใส่ฉนวนกันความร้อนในหลังคา การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานต่างๆ

เทคนิคของบ้านประหยัดพลังงาน

1. จัดรูปแบบบ้านให้สะดวกต่อการประหยัดพลังงาน เช่น การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ พืชคลุมดิน ดิน และลม
2. การเลือกใช้รูปแบบที่สนองต่อความต้องการ โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน
3. การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
4. การเลือกใช้วัสดุประเภทต่างๆ
5. การใช้เทคนิคในการก่อสร้าง

## 2.6 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ

SUTStructure เป็นโปรแกรมที่มีการป้อนข้อมูลเข้าแบบกราฟฟิก ซึ่งสามารถคำนวณโครงสร้างได้ทั้ง โครงข้อแข็ง/โครงข้อหมุน และมีคุณลักษณะเด่นดังนี้

- ป้อนข้อมูลแบบกราฟฟิกบนหน้าจอและแสดงภาพให้เห็นทันที

- ป้อนองค์อาคาร ได้โดยไม่ต้องป้อนจุดต่อ

- ลบจุดต่อที่ไม่ติดต่อกับองค์อาคารอัตโนมัติ

- คำนวณพื้นที่ โมเมนต์ความเฉื่อย จากหน้าตัดอัตโนมัติ

-ใส่ที่รองรับ (Support) แบบกราฟฟิก และคำนวณที่รองรับแบบเอียงได้

- มีตัวช่วยสร้างโครงสร้าง (Structure Wizard) และตัวช่วยสร้างคาน (Beam Wizard) ทำให้สามารถสร้างโครงสร้างภายใน 3 ขั้นตอน

- ใส่น้ำหนักบรรทุกที่องค์อาคาร (Member Load) หรือที่จุดต่อ (Nodal Load) เป็นกราฟฟิก

- มีน้ำหนักบรรทุกให้เลือกหลายแบบ เช่น น้ำหนักบรรทุกกระทำเป็นจุด (Concentrate Load), น้ำหนักบรรทุกชนิดแผ่กระจายคงที่ (Uniform Load), น้ำหนักบรรทุกจากอุณหภูมิ (Thermal Load), น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากความยาวที่ผิดพลาด (Fabrication Error)

- แสดงรูปภาพของน้ำหนักบรรทุกแบบกราฟฟิกและมีน้ำหนักบรรทุกหลายประเภทให้เลือก

- เลือกทิศทางของน้ำหนักบรรทุกแบบกราฟฟิก

- ใส่น้ำหนักบรรทุกได้ทั้งตามแนวแกนขององค์อาคารหรือแกนรวมโครงสร้าง

- แสดงผลลัพธ์การคำนวณบนหน้าจอเป็นกราฟฟิก ได้แก่ แผนภาพแรงตามแนวแกน แผนภาพแรงเฉือน แผนภาพแรงดัด แผนภาพการแอ่น

- แสดงภาพเคลื่อนไหวการแอ่นได้

- แสดงจุดดัดกลับได้

- รายงานผลเป็นตารางได้ และจัดเรียงค่ามากน้อยได้

- แสดงค่าสูงสุด และ ค่าที่จุดปลายของแต่ละองค์อาคารได้

- คัดลอก ภาพ หรือ ผลในตารางไปใส่ใน MS Word หรือ Ms Excel ได้

- แสดงผลลัพธ์ระหว่างการคำนวณ

- แสดงแผนภาพแรงทั้งหมดได้พร้อมกัน

- คำนวณหลายโครงสร้างในแผ่นงานเดียว

- วิเคราะห์โครงสร้างผสม ระหว่างโครงข้อหมุนกับโครงข้อแข็ง

**2.6.1. การใช้โปรแกรม SUTStructure**

**(1) คำสั่งลบ (Delete)**

ภายในปุ่ม Delete Member จะมีอีกสองคำสั่งที่ใช้ปุ่มเดียวกันคือ Delete Loads, Delete Node โดยสามารถเลือกเปลี่ยนได้โดยกดที่ปุ่มลูกศรลง

Delete Member

1. คลิกที่ปุ่ม Delete Member

2. เลื่อนเมาส์ไปยังองค์อาคารที่ต้องการลบ

Delete Loads

1. คลิกที่ลูกศรทิศลงชิดปุ่ม Delete Member

2. คลิกที่ปุ่ม Delete Loads

3. เลื่อนเมาส์ไปยังองค์อาคารที่ต้องการลบแล้วคลิกเมาส์ซ้าย

Delete Node

1. คลิกที่ลูกศรทิศลงชิดปุ่ม Delete Node

2. คลิกที่ปุ่ม Delete Node

3. เลื่อนเมาส์ไปยังจุดต่อที่ต้องการลบแล้วคลิกเมาส์ซ้าย

(2) คำสั่งเลือก องค์อาคาร/จุดต่อ หรือทั้งสอง (Select / Unselect)

ในปุ่ม **Select/Unselect All** จะประกอบด้วยคำสั่ง 4 คำสั่งด้วยกันคือ

**Select/Unselect All** เมื่อคำสั่งนี้ถูกเลือก เมื่อเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่แผ่นงาน ณ จุดที่มีองค์อาคารหรือจุดต่อ จะเป็นการเลือกองค์อาคารนั้นหรือจุดต่อนั้น เมื่อคลิกเมาส์ซ้ายอีกครั้งที่องค์อาคารหรือจุดต่อที่ถูกเลือกเป็นการยกเลิกการเลือก

**Select/Unselect Member** เมื่อคำสั่งนี้ถูกเลือก เมื่อเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่แผ่นงาน ณ จุดที่มีองค์อาคาร จะเป็นการเลือกองค์อาคารนั้น เมื่อคลิกเมาส์ซ้ายอีกครั้งที่องค์อาคารที่ถูกเลือกเป็นการยกเลิกการเลือก

**Select/Unselect Node** เมื่อคำสั่งนี้ถูกเลือก เมื่อเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่แผ่นงาน ณ จุดที่จุดต่อ จะเป็นการเลือกจุดต่อนั้น เมื่อคลิกเมาส์ซ้ายอีกครั้งที่จุดต่อที่ถูกเลือกเป็นการยกเลิกการเลือก

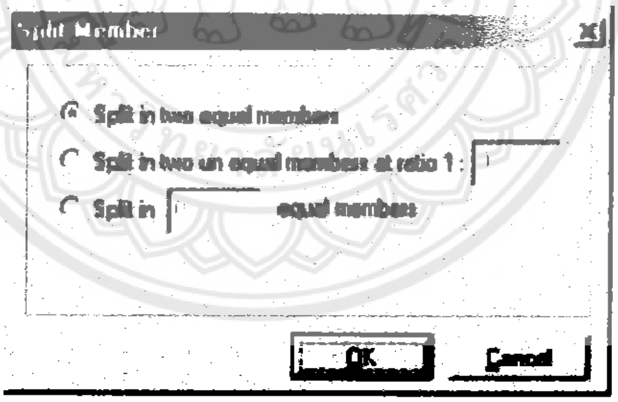
Standby เมื่อคำสั่งนี้ถูกเลือก เมื่อเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่แผ่นงาน ณ จุดที่มีองอาคารหรือจุดต่อ จะเป็นการเลือกองค์อาคารนั้นหรือจุดต่อนั้น ซึ่งจะสามารถเลือกได้เพียงองค์อาคารเดียวเท่านั้น และคำสั่งนี้เป็นเสมือนคำสั่งพื้นฐาน เพราะเมื่ออยู่ในรูปแบบปฏิบัติการ (Mode) ใดก็ตามถ้าทำการคลิกเมาส์ขวาจะเป็นการกลับมาสู่รูปแบบปฏิบัติการ Standby คำสั่งกลุ่มนี้เป็นประโยชน์มากเมื่อต้องการเลือกหลายองค์อาคารหรือ จุดต่อ เพื่อนำไปใช้กับคำสั่งอื่น เช่น เลื่อนองค์อาคาร คัดลอก ใส่น้ำหนักบรรทุก หรือ เปลี่ยนคุณสมบัติวัสดุ

**(3) การแบ่งองค์อาคาร (Split Member)**

1. ถ้าต้องการเคลื่อนหลายองค์อาคารพร้อมกันให้ทำการเลือกองค์อาคารก่อน

2. เลือกคำสั่ง Split Member จากแถบเครื่องมือ

3. เลื่อนเมาส์ไปยังองค์อาคารที่ต้องการแบ่ง คลิกเมาส์ซ้าย จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมาดังรูป




เลือก Split in two equal member เมื่อต้องการแบ่ง 2 ส่วนเท่ากัน

เลือก Slit two unequal members at ratio 1: พิมพ์ 0.5 เมื่อต้องการแบ่ง 2 ส่วนเท่ากัน

เลือก Slit in [จำนวนท่อนที่ต้องการแบ่ง] equal members

4. กด Ok เพื่อตกลง

**(4) การใส่ที่รองรับและจุดต่อ (Support & Joint)**

คำสั่งใช้เปลี่ยนชนิดที่รองรับที่ใน SUTStructor มี

**Pin Support** มีการยึดรั้งตามแกน X, Y

**Fix Support** มีการยึดรั้งตามแกน X, Y และ โมเมนต์

**Roller Support** มีการยึดรั้งตามแกน Y

**Slider Support** มีการยึดรั้งตามแกน Y และ โมเมนต์

ส่วนข้อต่อ มี

**Hinge Joint** ไม่มีการส่งถ่ายโมเมนต์ผ่านข้อต่อ

**Rigid Joint** มีการส่งถ่ายโมเมนต์ผ่านข้อต่อ

ท่านสามารถเลือกรูปแบบจุดต่อได้ดังนี้

ถ้าต้องการเปลี่ยนรูปแบบจุดต่อหลายจุดต่อพร้อมกันให้ทำการเลือกจุดต่อก่อนโดยใช้คำสั่ง **Select/Unselect All** หรือ **Select /Unselect Node**

<u>กรณีต้องการเปลี่ยนที่รองรับ (Support)</u>

1. เลือกชนิดของจุดต่อลูกศรลงข้างแถบเครื่องมือ **Pin Support** ซึ่งจะแสดงรายการที่รองรับให้เลือก (ถ้ามีการเลือกจุดต่อก่อนโดยใช้คำสั่ง Select สิ้นสุดเท่านี้)

2. เลื่อนเมาส์ไปยังจุดต่อที่ต้องการเปลี่ยนชนิดที่รองรับ แล้วคลิกเมาส์ซ้าย

<u>กรณีต้องการเปลี่ยนข้อต่อ (Joint)</u>

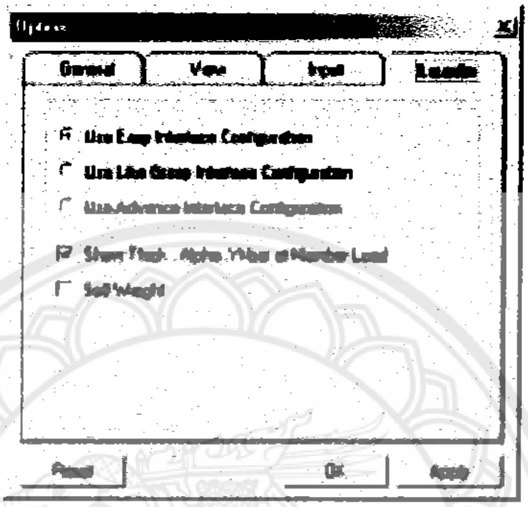
1. เลือกชนิดของจุดต่อลูกศรลงข้างแถบเครื่องมือ **Hinge Joint** ซึ่งจะแสดงรายการที่รองรับให้เลือก (ถ้ามีการเลือกจุดต่อก่อนโดยใช้คำสั่ง Select สิ้นสุดเท่านี้)

2. เลื่อนเมาส์ไปยังจุดต่อที่ต้องการเปลี่ยนชนิดข้อต่อ แล้วคลิกเมาส์ซ้าย

**(5) การตั้งเลือกรูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในการป้อนน้ำหนักบรรทุก (Interface Configuration)**

ท่านสามารถตั้งหน้าตาในการป้อนน้ำหนักบรรทุกได้ 3 รูปแบบด้วยกัน โดยทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. คลิกเมาส์ซ้ายที่คำสั่ง **Option** บนแถบเครื่องมือจะมีหน้าต่างแสดงดังรูป



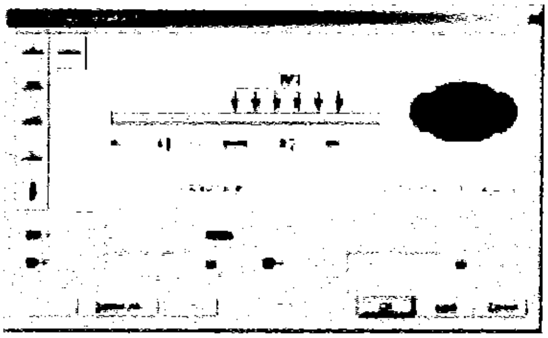
2. เลือกไปที่แถบ Loads

3. ให้คลิกเมาส์ซ้ายที่ช่องวงกลมหน้า Interface Configuration ที่ต้องการ

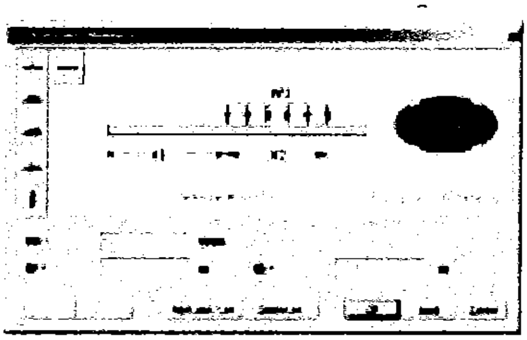
4. คลิกที่ปุ่ม OK เพื่อยืนยัน

ในแต่ละรูปแบบมีหน้าตาดังนี้

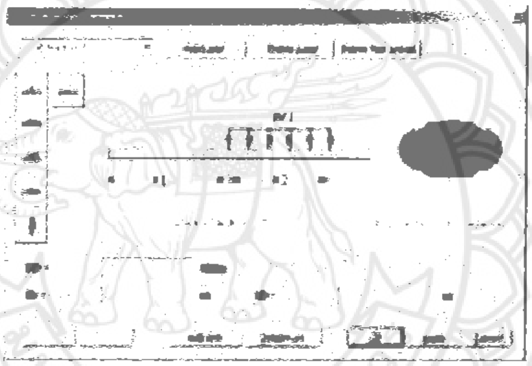
Quick Interface Configuration



GRASP-LIKE Interface Configuration



Advanced Interface Configuration



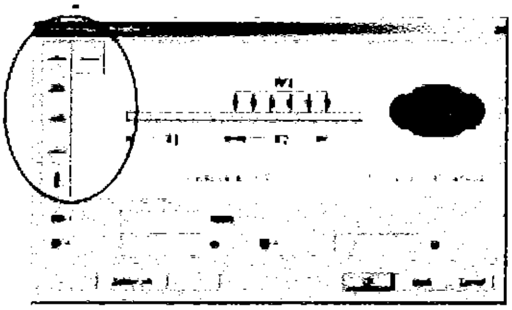
**(6)** การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับองค์อาคารแบบ Quick Interface Configuration

ถ้าต้องการเคลื่อนหลายองค์อาคารพร้อมกันให้ทำการเลือกองค์อาคารก่อน

1. เลือกคำสั่ง **Member Loads** ที่แถบเครื่องมือ

2. เลื่อนเมาส์ไปยังองค์อาคารที่ต้องการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก คลิกเมาส์จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมา

ดังรูป



3. เลือกชนิดของน้ำหนักบรรทุกบริเวณปุ่มด้านซ้าย (ในวงรี)

4. เลือกทิศทางของน้ำหนักบรรทุกที่ปุ่มสีเขียวด้านขวามือ

5. ป้อนค่าที่ขนาดและพิกัดที่ช่องข้อความด้านล่าง

6. กด **Apply** หรือ OK เพื่อยืนยัน

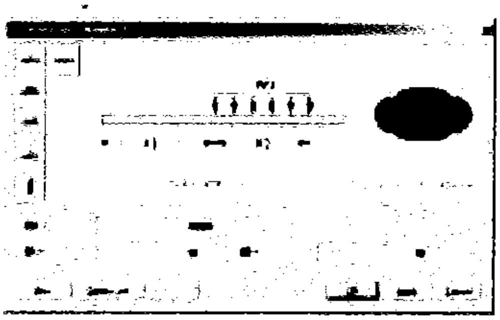
7. ถ้าต้องการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีกต้อง กด OK แล้วทำตามขั้นตอน 2 – 6 ใหม่

**(7)** การแก้ไข/ลบ น้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับองค์อาคารแบบ Quick Interface **Configuration**

การแก้ไปองค์อาคารจะกระทำได้ทีละองค์อาคารแต่ถ้าองค์อาคารอื่นมีการเชื่อมโยงมายังรายการน้ำหนักบรรทุกเดียวกันกับองค์อาคารที่ถูกแก้ไขก็จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปด้วย

1. เลือกคำสั่ง Member Loads ที่แถบเครื่องมือ

2. เลื่อนเมาส์ไปยังองค์อาคารที่ต้องการแก้ไขน้ำหนักบรรทุก คลิกเมาส์จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมาดังรูป



3. คลิกที่ปุ่ม Prev เพื่อย้อนกลับไปหาน้ำหนักบรรทุกเก่าที่เคยเพิ่มไว้

4. ทำการแก้ไขค่าตามที่ต้องการ หรือ ถ้าต้องการลบน้ำหนักบรรทุกคลิกที่ Delete Link

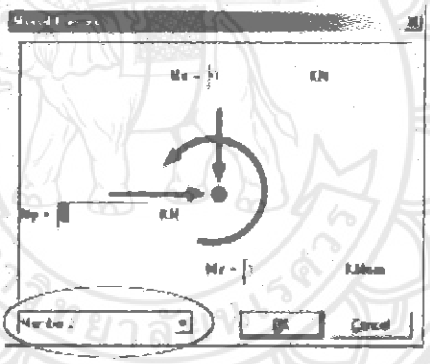
5. กด Apply หรือ OK เพื่อยืนยัน

**(8) การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่จุดต่อ (Set Nodal Force)**

ถ้าการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่จุดต่อพร้อมกันให้ทำการเลือกองค์อาคารก่อน

1. เลือกคำสั่ง Set Nodal Loads ที่แถบเครื่องมือ

2. เลื่อนเมาส์ไปยังจุดต่อที่ต้องการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่จุดต่อ คลิกเมาส์ซ้ายจะมีหน้าต่างขึ้นมา



3. ป้อนค่าในช่องข้อความ

4. กด OK เพื่อยืนยัน หรือ Cancel เพื่อยกเลิก

ภายในวงรีท่านสามารถเลือกองค์อาคารที่ต้องการให้น้ำหนักบรรทุกที่จุดต่อกระทำได้ ซึ่งจะมีประโยชน์เมื่อจุดต่อนั้นเป็น Hinge Joint และมีการใส่ค่าโมเมนต์ที่จุดต่อ ท่านสามารถจะเลือกได้ว่าจะให้โมเมนต์นั้นกระทำกับองค์อาคารตัวไหนภายในหนึ่งจุดต่อจะมีน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนจุดต่อได้เพียงหนึ่งชุดเท่านั้นซึ่ง 1 ชุดจะประกอบด้วยแรงตามแนวแกน X, Y, Z โดยทิศทางของแรงจะอ้างอิงตามแกนโกบอล (อธิบายในบทที่ 2)

**(9) การแสดงผลแรงปฏิกิริยา (Show Reaction)**

เลือกคำสั่ง **Support Reactions** จากแถบคำสั่ง จากนั้น SUTStructor จะแสดงผลแรงปฏิกิริยาบนแผ่นงานทันที ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหา

**(10) การแสดงแผนภาพแรงตามแนวแกน (Show Axial)**

เลือกคำสั่ง **Axial Force Diagram** จากแถบคำสั่ง จากนั้น SUTStructor จะแสดงผลแรงตามแนวแกนบนแผ่นงานทันที ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหา

**(11) การแสดงแผนภาพแรงเฉือน (Show Shear)**

เลือกคำสั่ง **Shear Force Diagram** จากแถบคำสั่ง จากนั้น SUTStructor จะแสดงผลแรงเฉือนบนแผ่นงานทันที ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหา

**(12) การแสดงแผนภาพโมเมนต์ (Show Moment)**

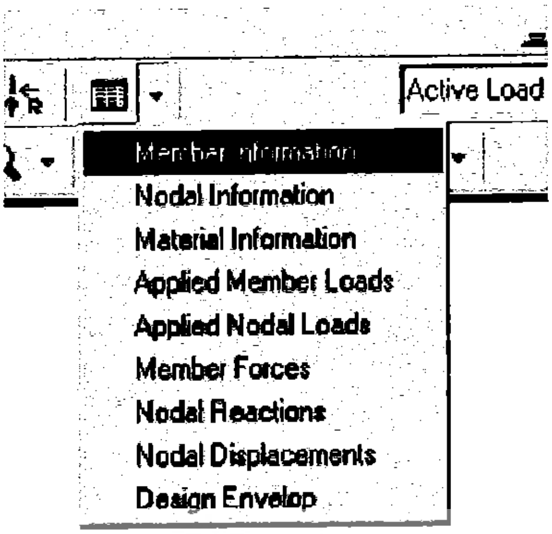
เลือกคำสั่ง **Bending Moment Diagram** จากแถบคำสั่ง จากนั้น SUTStructor จะแสดงผลโมเมนต์บนแผ่นงานทันที ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหา

**(13) การแสดงแผนภาพการแอ่น (Show Deflection)**

เลือกคำสั่ง **Deformed Shape** จากแถบคำสั่ง จากนั้น SUTStructor จะแสดงผลการแอ่นบนแผ่นงานทันที ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหา

**(14) ผลลัพธ์แบบตาราง (Table Results)**

ท่านสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นตารางได้โดยคลิกที่ปุ่ม **Member information** จะมีรายการให้เลือกดังรูป




รายการที่เห็นสามารถเลือกให้แสดงผลลัพธ์ได้ 9 อย่างด้วยกัน ได้แก่

- Member information แสดงค่าข้อมูลขององค์อาคาร เช่น ความยาว หมายเลขจุดต่อปลายองค์อาคาร

- Nodal Information แสดงค่าข้อมูลจุดต่อ เช่น พิกัดจุดต่อ

- Material Information แสดงค่าข้อมูลวัสดุ เช่น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย

- Applied Member Loads แสดงข้อมูลน้ำหนักบรรทุก เช่น ชนิด ขนาด ทิศทาง น้ำหนักบรรทุก

- Applied Nodal Loads แสดงข้อมูลน้ำหนักบรรทุกที่จุดต่อ ได้แก่ แรงตามแนวแกน X, แรงตามแนวแกน Y, โมเมนต์

- Member Forces แสดงแรงภายในที่จุดปลายขององค์อาคาร 2 ด้าน

- Nodal Reactions แสดงแรงปฏิกิริยาที่จุดต่อ

- Nodal Displacements แสดงการแอ่นตัวที่จุดต่อ

- Design Envelope แสดงค่าผลลัพธ์สุดสุดเพื่อนำไปออกแบบ

ใน 9 หัวข้อที่กล่าวมามีการใช้งานตรงไปตรงมา แต่ในหัวข้อ แสดงแรงปฏิกิริยาที่จุดต่อ, แสดงค่าการทรุดตัวที่จุดต่อ, แสดงค่าผลลัพธ์สูงสุดเพื่อนำไปออกแบบ จะมีเทคนิคในการใช้เพิ่มขึ้นอีกดังนี้

ถ้าต้องการให้แสดงผลบางองค์อาคารท่านสามารถทำได้โดย ใช้คำสั่งเลือกองค์อาคารก่อนเรียกใช้คำสั่ง Design Envelope ในขณะแสดงผลท่านสามารถเลือกให้เรียงค่าสูงสุดได้ โดยคลิกบนแถบหัวข้อที่ต้องการให้เรียงค่าสูงสุด

**2.7 การใช้โปรแกรม AutoCAD**

**2.7.1. ส่วนประกอบของโปรแกรม AutoCAD**

(1) พื้นที่วาดภาพ (Drawing area) แบ่งออกเป็น Model space และ Paper space ในแถบโมเดล จะใช้เป็นพื้นที่ในการเขียนทั้งหมด และส่วนเปเปอร์สเปสเป็นพื้นที่สำหรับจัดชิ้นงานเข้ากับกระดาษและมีการจัดวางกระดาษขนาดต่างๆ ได้ไม่จำกัด ซึ่งเรียกว่าเลเอาท์

(2) เมนูบาร์ (Menu bar) เป็นแถบเมนูชุดคำสั่งต่างๆที่ใช้ในการเขียนแบบของโปรแกรม AutoCAD

(3) ทูลบาร์ (Toolbar) เป็นแถบเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนแบบ โดยปกติจะปรากฏทูลบาร์ 4 ทูลบาร์ดังนี้ Standard Toolbar, Object properties, Draw, Modify

(4) ชื่อไฟล์แบบแปลน (Drawing Name) สามารถตั้งชื่อไฟล์ได้ตามมาตรฐานของวินโดว์

(5) ยูซีเอสไอคอน (UCS Icon) แสดงทิศทางของแนวแกน X, Y โดยทิศที่ตามลูกศรของยูซีเอสไอคอนจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าทิศทางตรงข้ามยูซีเอสไอคอนค่าจะเป็นลบ

(6) ปุ่มเลื่อนแถบ Model และ Layout จะใช้งานได้ต่อเมื่อมีจำนวน Layout มากเกินเข้าไปสู่พื้นที่ของสคอร์บาร์ในแนวนอน

(7) แถบ Model space สำหรับเขียนชิ้นงาน ใช้สำหรับเปลี่ยนเข้าไปทำงานในโมเดลสเปส

(8) แถบ Layout สำหรับใช้งานไตเติ้ล ใช้สำหรับเปลี่ยนเข้าไปทำงานในเปเปอร์สเปสบนกระดาษเลเอาท์

(9) บรรทัดป้อนคำสั่ง (Command Line) ใช้สำหรับเปลี่ยนเข้าไปทำงานในเปเปอร์สเปสบนกระดาษเลเอาท์

(10) แสดงตำแหน่งคอร์ออร์ดิเนทของเคอร์เซอร์ (Coordinate display) เราควรสังเกตค่าคอร์ออร์ดิเนทปัจจุบันของครอสแฮร์ ในระหว่างที่เราใช้คำสั่งในการเขียนวัตถุ

(11) ครอสแฮร์ (Crosshair) ใช้ในการกำหนดตำแหน่งและใช้เป็นเส้นเทียบระดับ

(12) สคอร์บาร์แนวนอน (Horizontal scroll bar) ใช้สำหรับเลื่อนพื้นที่วาดภาพในแนวนอน

(13) สคอร์บาร์แนวตั้ง (Vertical scroll bar) ใช้สำหรับเลื่อนพื้นที่วาดภาพในแนวตั้ง

(14) แถบรายการควบคุมการเปลี่ยนสีของวัตถุ (Color Control) ใช้สำหรับกำหนดสีใช้งานและใช้สำหรับเปลี่ยนสีให้กับวัตถุที่เลือก

(15) แถบรายการควบคุมเลเยอร์ (Layer Control) ใช้สำหรับแสดงชื่อและสีของเลเยอร์ใช้งานและสำหรับเปลี่ยนสีให้กับวัตถุที่เลือก

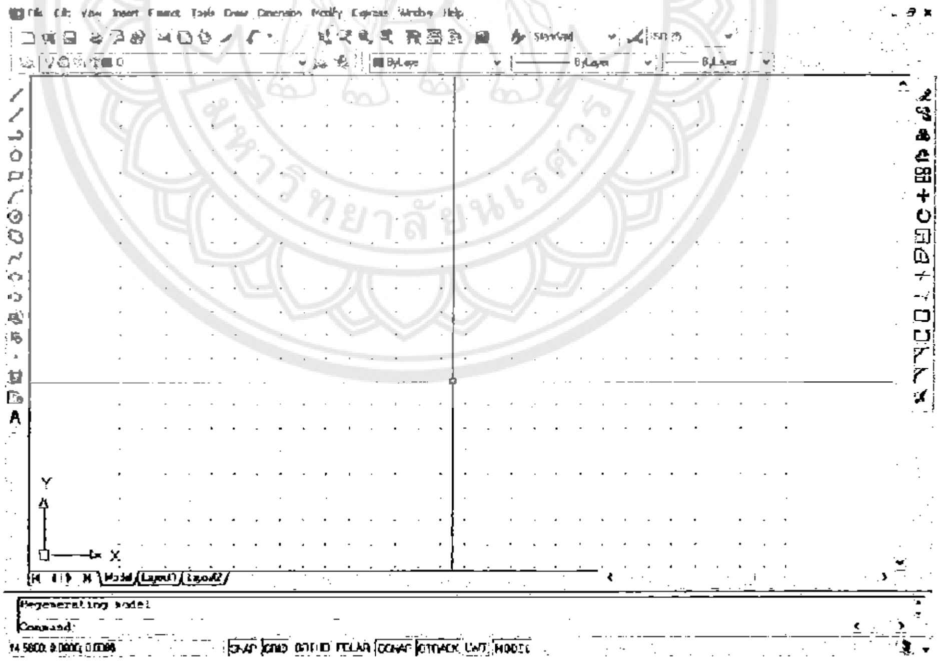
(16) แถบรายการควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปเส้น (Line Type Control) ใช้สำหรับกำหนดรูปแบบเส้นที่ใช้งานและวัตถุที่ถูกเลือก

(17) แถบรายการควบคุมการเปลี่ยนแปลงความหนาเส้น (Line Weight Control) ใช้สำหรับกำหนดความหนาเส้นที่ใช้งานและวัตถุที่ถูกเลือก

(18) แถบรายการควบคุมการเปลี่ยนรูปแบบในการพิมพ์ (Plot Style Control) แถบรายการนี้จะใช้งานได้ก็ต่อเมื่อ มีการกำหนดรูปแบบในการพิมพ์ในโหมด Named Plot Style บนไดอะล็อค Options และจะมีผลเมื่อเริ่มแบบแปลนใหม่เท่านั้น

2.7.2 การใช้คำสั่ง AutoCAD

(1) เปิดโปรแกรม AutoCAD



รูปที่ 2.1 หน้าต่างโปรแกรม AutoCAD

(2) กำหนดการตั้งค่ากระดาษ

เพื่อตั้งขอบเขตกระดาษพร้อมที่จะเริ่มเขียนแบบ

ลำดับขั้นตอนการใช้คำสั่ง

| |
|---|
| Command: limits (Enter)<br>Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: 0,0 (Enter)<br>Specify upper right corner <420.000,297.0000>: 29.7,21.0 (Enter)<br>Command: |

**แบบตัวอย่าง**

```
Command: limits
Reset Model space limits:
Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>:
Specify upper right corner <420.0000,297.0000>: 29.7,21
Command:
```

รูปที่ 2.2 การตั้งค่ากระดาษ

(3) การกำหนดการตั้ง Grid

ลำดับขั้นตอนการใช้คำสั่ง

| |
|---|
| Command: grid (Enter)<br>Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <1.0000>: 1 (Enter)<br>Command: z<br>[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: a (Enter)<br>Command: |

**แบบตัวอย่าง**

```
Command: grid
Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <1.0000>: 1
Grid too dense to display
Command:
```

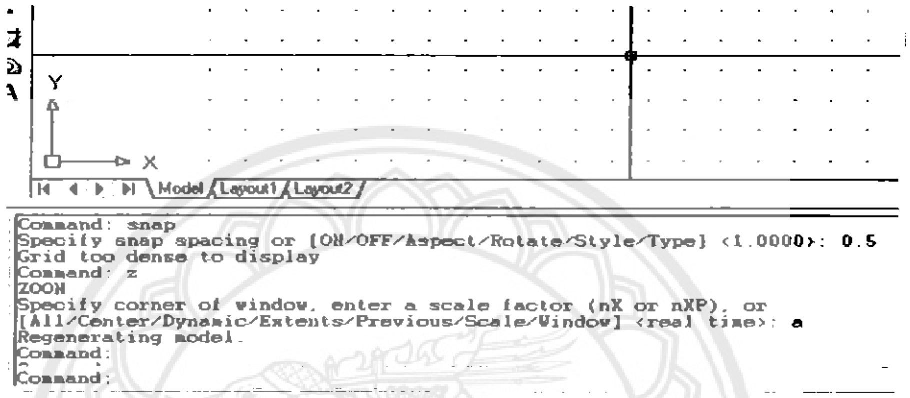
**รูปที่ 2.3 การกำหนดการตั้ง Grid**

**(4) กำหนดการตั้ง Snap**

**ลำดับขั้นตอนการใช้คำสั่ง**

```
Command: snap (Enter)
[ON/OFF/Aspect/Rotate/Style/Type] <10.0000>: 0.5 (Enter)
Command:
```

**แบบตัวอย่าง**

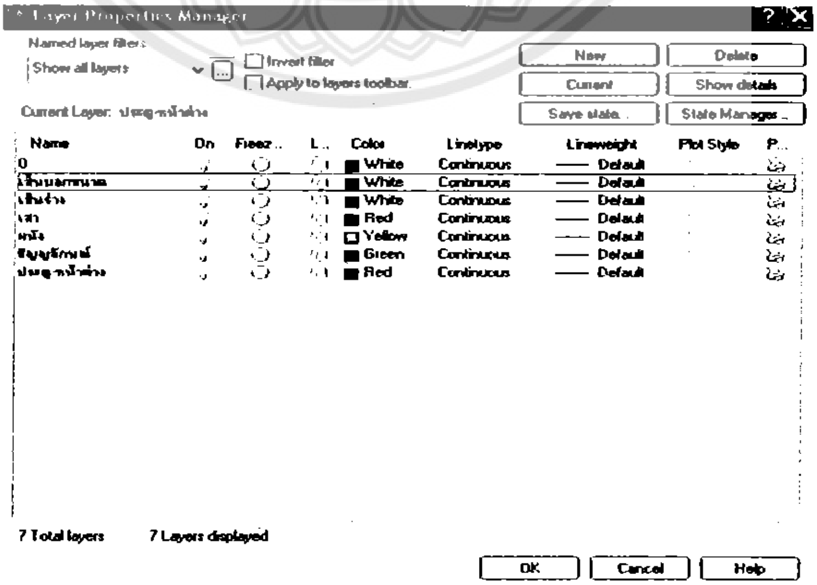



**รูปที่ 2.4 กำหนดการตั้ง Snap**

**(5) กำหนดการตั้ง Layer**

**เป็นการตั้งค่าการทำงานเป็นชั้นๆ**

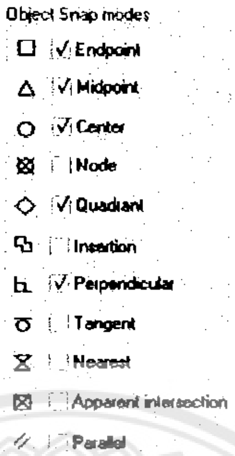
```
Command: layer (Enter)
Command:
```




**รูปที่ 2.5 กำหนดการตั้ง Layer**

(6) กำหนดการ Object Snap

เป็นการตั้งค่าตัวจับตำแหน่งวัตถุ คลิก ที่ Tool เลือกที่ Drafting Settings

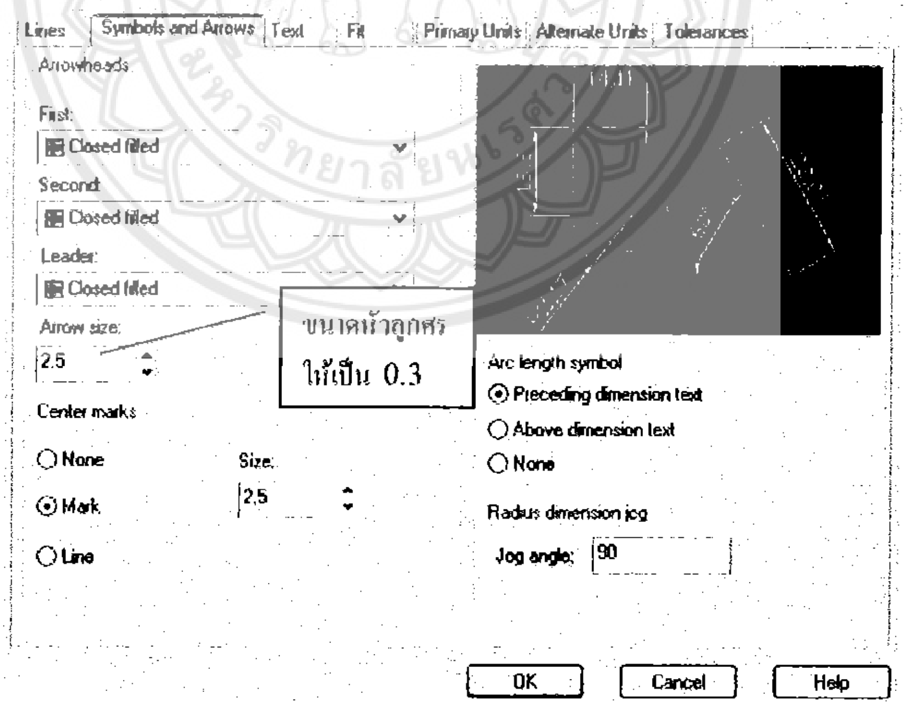



รูปที่ 2.6 การตั้งค่าตัวจับตำแหน่งวัตถุ

(7) ขั้นตอนการตั้งค่าเส้นบอกขนาด

คลิกที่ Dimension ไปที่ Dimension Style เลือกที่ Modify Dimension Style

ขั้นตอนที่ 1

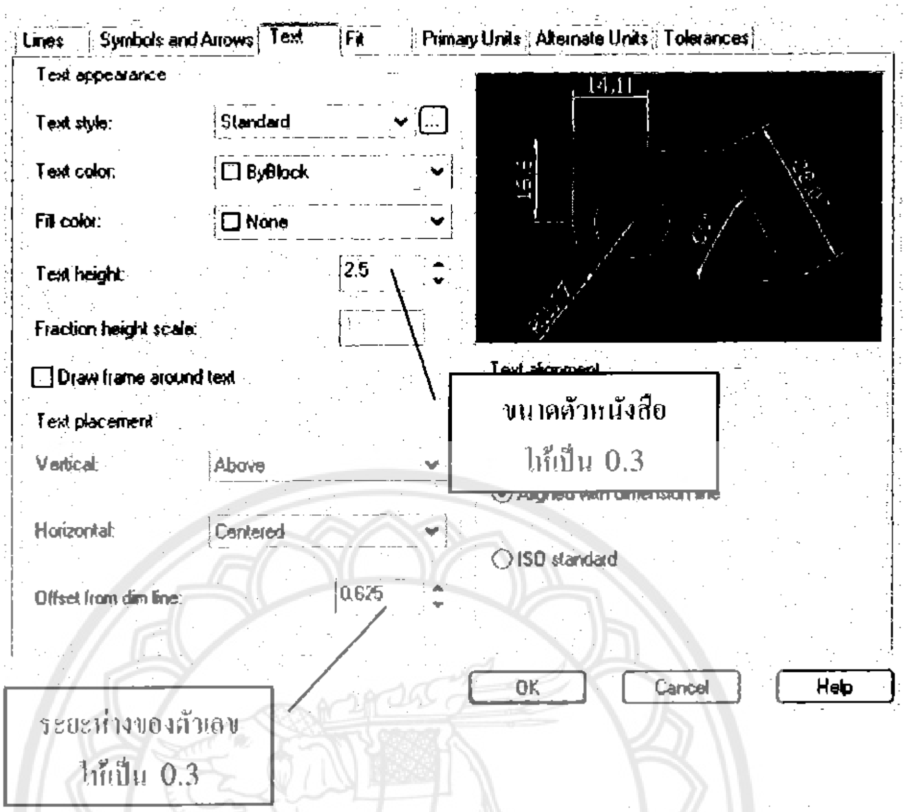



รูปที่ 2. 7 การปรับขนาดหัวลูกศร

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

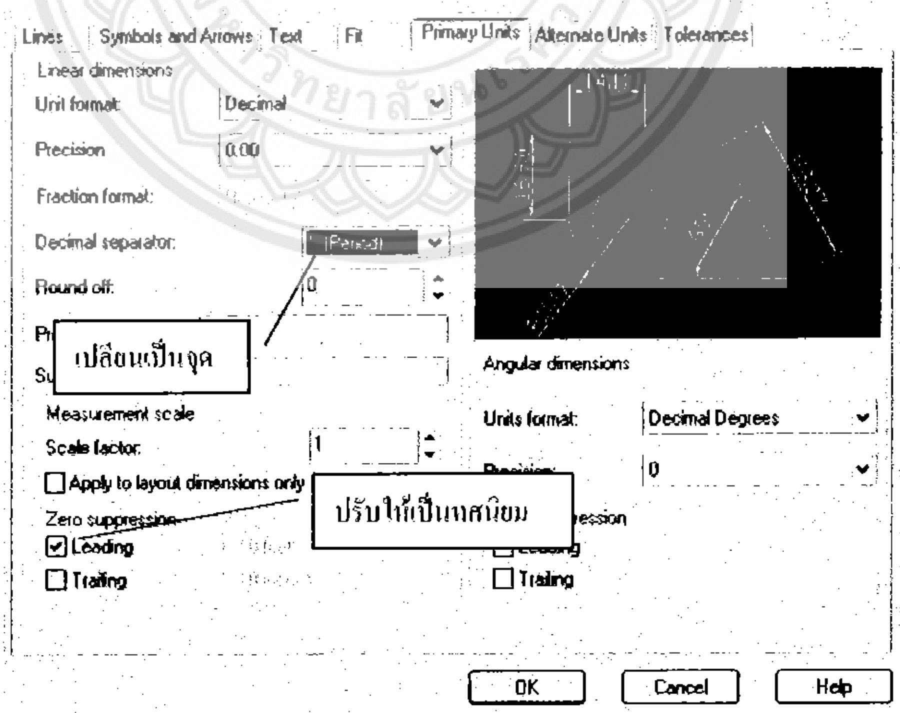


**ขั้นตอนที่ 2**




**รูปที่ 2.8 การปรับขนาดตัวหนังสือและระยะห่างของตัวเลข**

**ขั้นตอนที่ 3**




**รูปที่ 2.9 การปรับเลขทศนิยม**

## 2.8 ขั้นตอนการใช้ชุดคำสั่ง

### ก. ชุดคำสั่ง Draw

| | ไอคอน | ชื่อคำสั่ง | คำสั่งย่อ | หน้าที่ | ขั้นตอนการใช้คำสั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | LINE | L | สร้างเส้นตรง | |
| 2 | | CONSTRUCTION LINE | XL | สร้างเส้นโครงร่าง | |
| 3 | | POLYLINE | PL | สร้างเส้นต่อเนื่อง | |
| 4 | | POLYGON | POL | สร้างรูปหลายเหลี่ยม | |
| 5 | | RECTANGLE | REC | สร้างรูปสี่เหลี่ยมใดๆ | |
| 6 | | ARC | A | สร้างเส้นโค้ง | |
| 7 | | CIRCLE | C | สร้างเส้นวงกลม | |
| 8 | | REVISION CLOUD | - | สร้างเส้นโค้งทิศทาง | |
| 9 | | SPLINE | SPL | สร้างเส้นตัดโค้ง | |
| 10 | | ELLIPSE | EL | สร้างวงรี | |
| 11 | | ELLIPSE ARC | - | สร้างเส้นวงรีแบบโค้ง | |
| 12 | | HATCH | H | ใส่ลวดลาย | |
| 13 | | TEXT | T | ใส่ตัวหนังสือ | |
| 14 | | BLOCK | B | สร้างต้นแบบ | |

รูปที่ 2.10 ชุดคำสั่ง Draw

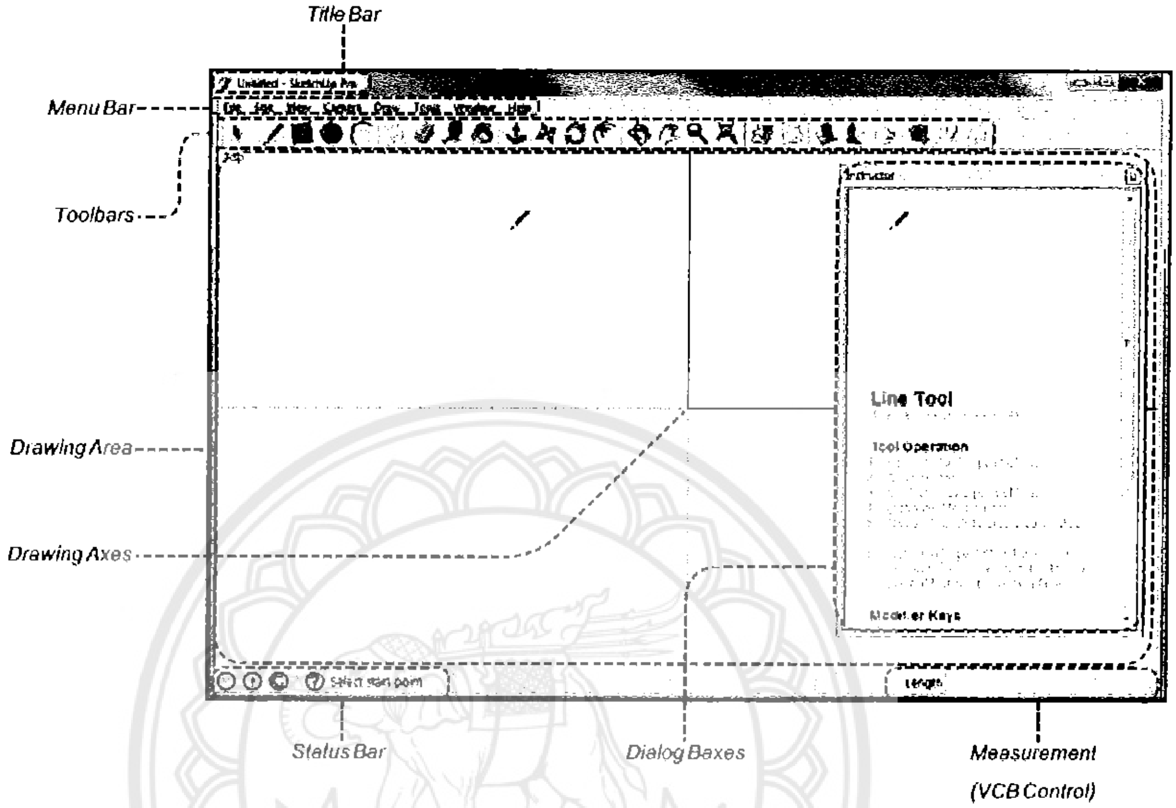
## ข. ชุดคำสั่ง Modify

| | ไอคอน | ชื่อคำสั่ง | คำสั่งย่อ | หน้าที่ | ขั้นตอนการใช้คำสั่ง |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | ERASE | E | ลบวัสดุ | |
| 2 | | COPY | CP | คัดลอกวัสดุ | |
| 3 | | MIRROR | MI | กลับวัสดุ | |
| 4 | | OFFSET | O | คัดลอกเส้นคู่ขนาน | |
| 5 | | ARRAY | AR | คัดลอกวัสดุเป็นชุด | |
| 6 | | MOVE | M | เคลื่อนย้ายวัสดุ | |
| 7 | | ROTATE | RO | หมุนวัสดุ | |
| 8 | | SCALE | SC | ปรับขนาดวัสดุ | |
| 9 | | STRETCH | S | ยืดวัสดุ | |
| 10 | | TRIM | TR | ตัดวัสดุ | |
| 11 | | EXTEND | EX | ต่อวัสดุ | |
| 12 | | CHAMFER | CHA | ลบมุมตัด | |
| 13 | | FILLET | F | ลบมุมโค้ง | |
| 14 | | EXPLODE | EXP | แยกชิ้นวัสดุ | |

รูปที่ 2.11 ชุดคำสั่ง Modify

## 2.8 การใช้โปรแกรม Google Sketch Up

### 2.8.1. ส่วนประกอบของโปรแกรม Google Sketch Up




รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของโปรแกรม Google Sketch Up

**(1) Title Bar (แถบไตเติล)**

แถบสำหรับแสดงชื่อไฟล์ที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้น โดยในการเปิดโปรแกรมหรือสร้างงานขึ้นมาใหม่ ชื่อไฟล์บนแถบไตเติ้ลจะแสดงเป็น Untitled จนกว่าจะมีการบันทึกและตั้งชื่อไฟล์

**(2) Menu Bar (แถบเมนู)**

แถบที่รวบรวมคำสั่งต่างๆในการทำงาน โดยจะแบ่งออกเป็น 8 หมวดด้วยกันดังนี้

**File:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับจัดการกับไฟล์งานเช่น การสร้างไฟล์งาน เปิดไฟล์งาน การบันทึก การนำเข้า/ส่งออก การสั่งพิมพ์ เป็นต้น

**Edit:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับปรับแต่งแก้ไขเช่น การคัดลอก ลบ ซ่อน/แสดงวัตถุ สร้าง Group/Component เป็นต้น

**View:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับจัดการในส่วนของพื้นที่ทำงานเช่น ซ่อน/แสดงแถบเครื่องมือ เส้นไกด์ แกนอ้างอิง เงา หมอก การแสดงผลของเส้น การแสดงผลในส่วนของการแก้ไข Group/Component เป็นต้น

**Camera:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับจัดการในส่วนของมุมมองในการทำงานเช่น การหมุน เลื่อน ย่อ/ขยาย เป็นต้น

**Draw:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับเรียกใช้เครื่องมือต่างๆในการวาดรูปทรงเช่น กาววาดเส้นตรง เส้นโค้ง สี่เหลี่ยม วงกลม เป็นต้น

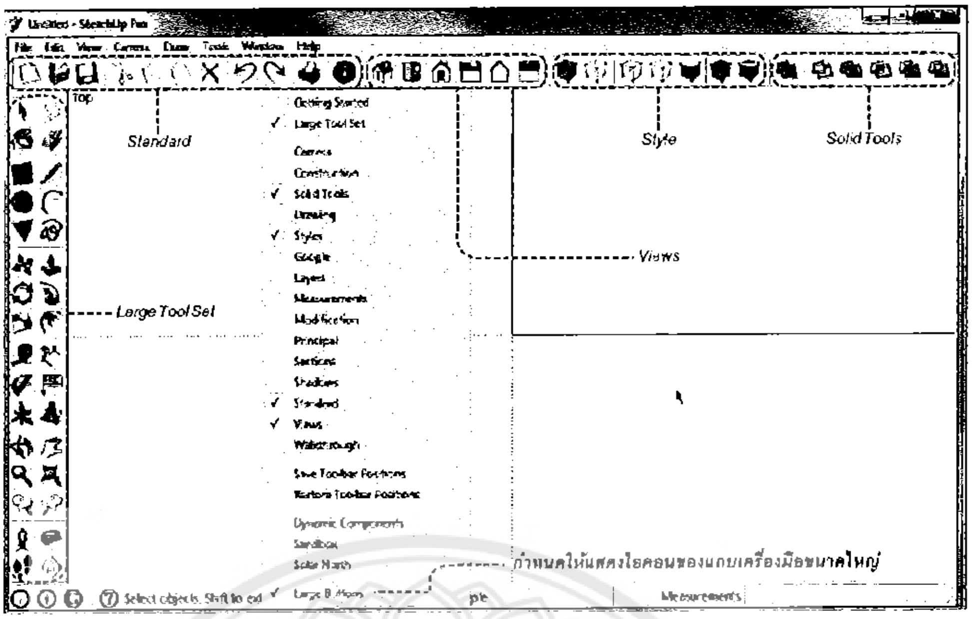
**Tools:** เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับเรียกใช้เครื่องมือต่างๆในการทำงานเช่น Push/Pull การหมุน/ย้ายวัตถุ การสร้างตัวอักษรสามมิติ การวัดขนาด เป็นต้น

**Window:** เป็นกลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับการเรียกแสดงหน้าต่างหรือไดอะล็อกบอกซ์ขึ้นมาเพื่อใช้ร่วมในการทำงานและปรับแต่งค่าต่างๆของโปรแกรม

**Help:** เป็นกลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับคู่มือการแนะนำการใช้งานโปรแกรม ไปจนถึงการลงทะเบียนและการตรวจสอบการอัพเดต

**(3) Toolbars (แถบเครื่องมือ)**

แถบสำหรับรวบรวมเครื่องมือต่างๆในการทำงาน โดยในขั้นต้นโปรแกรมจะกำหนดแถบเครื่องมือมาให้กลุ่มเดียว (จาก 20 กลุ่ม) คือ Getting Start ซึ่งในการทำงานจริงเครื่องมือเพียงเท่านี้ไม่เพียงพอต่อการทำงาน เราสามารถที่จะเรียกแสดงแถบเครื่องมือกลุ่มต่างๆได้จากเมนู *View > Toolbars* แล้วเลือกแถบเครื่องมือที่ต้องการ โดยแถบเครื่องมือที่แสดงอยู่จะมีเครื่องหมายถูกอยู่ที่หน้าคำสั่ง




รูปที่ 2.13 Toolbars

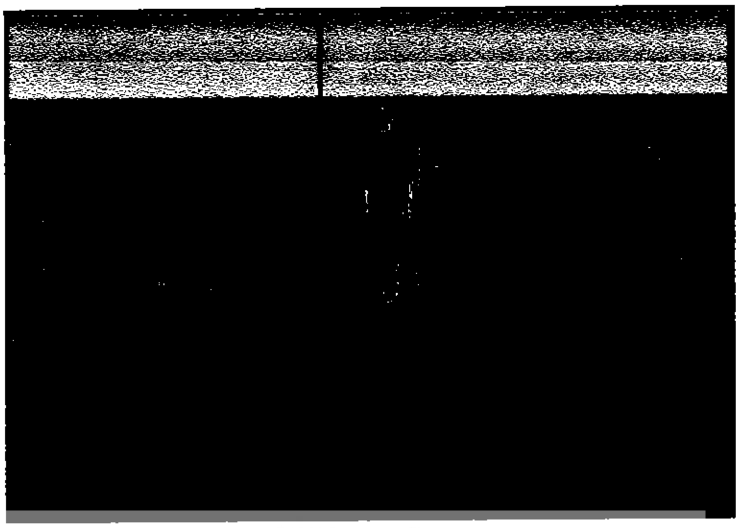
**(4) Drawing Area (พื้นที่ทำงาน)**

เป็นพื้นที่สำหรับทำงานซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนมุมมองไปเป็นมุมมองต่างๆ ทั้งในการทำงานในมุมมองแบบ 2D และ 3D โดยมุมมองแบบ 2D นั้นจะแบ่งออกเป็นด้านบน ด้านหน้า ด้านขวา ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านล่าง และมุมมองแบบ 3D จะถูกเรียกว่า Iso (Isometric)

**(5) Drawing Axes (แกนอ้างอิง)**

คือเส้นแกนสำหรับอ้างอิงการทำงานเพื่อให้การวาดรูปทรงและการสร้างแบบจำลองในทิศทางต่างๆเป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยแกนอ้างอิงจะแบ่งออกเป็น 3 แกนด้วยกันคือ x จะอยู่ในลักษณะของแนวขวาง (แกนสีแดง), y จะอยู่ในลักษณะของแนวลึก (แกนสีเขียว) และ z จะอยู่ในลักษณะของแนวตั้ง (แกนสีน้ำเงิน)

จุดตัดกันระหว่างเส้นแกนทั้ง 3 เส้นจะถูกเรียกว่า Original Point หรือจะเรียกว่าจุดศูนย์กลางของพื้นที่ทำงานก็ได้เช่นกัน โดยตำแหน่งของ Original Point จะมีค่า x, y, z เท่ากับ 0 โดยถ้าค่าตัวเลขเป็นบวกจะอยู่ในทิศทางของเส้นทึบ และถ้าค่าเป็นลบจะอยู่ในทิศทางของเส้นจุดไข่ปลา



รูปที่ 2.14 แกนอ้างอิง

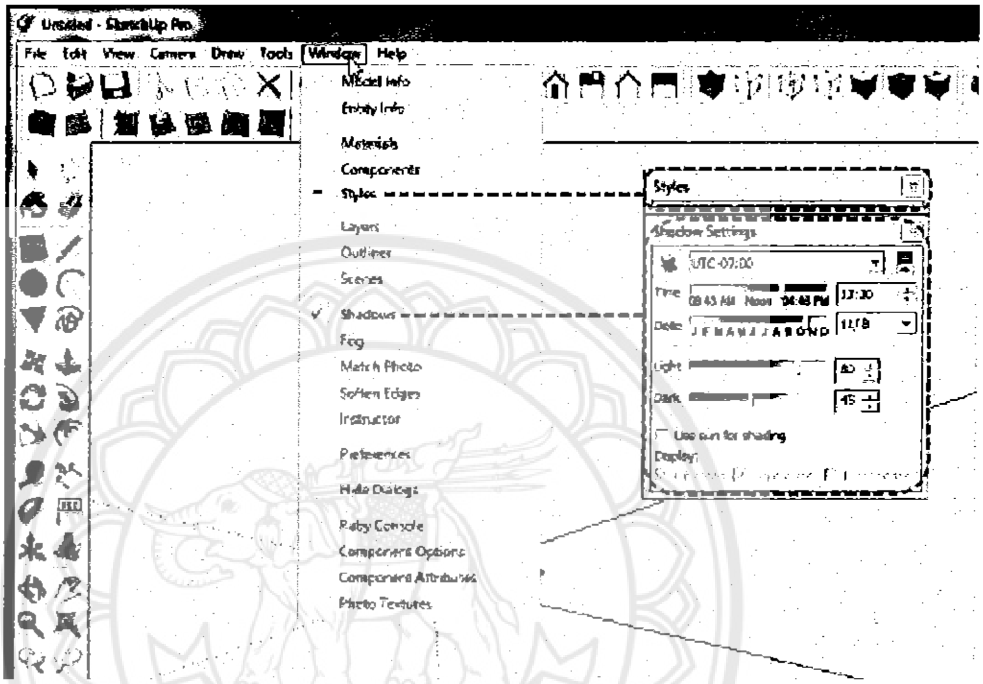
**(6) Status Bar (แถบสถานะ)**

คือแถบแสดงสถานะต่างๆในการทำงาน โดยจะแสดงในส่วนการแนะนำการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ที่จะเปลี่ยนไปตามการทำงานและการใช้เครื่องมือแต่ละชนิด ใน Google SketchUp ตั้งแต่เวอร์ชัน 7 เป็นต้นมาได้มีการเพิ่มไอคอนในส่วนของการทำงานร่วม กับระบบออนไลน์เข้ามาไว้เพื่อให้สะดวกกับการแชร์ผลงานไปยัง Google 3D Warehouse และกำหนดตำแหน่งจริงบนแผ่นดินให้กับแบบจำลองด้วย นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของไอคอน Help ที่จะช่วยเรียกแสดงหน้าต่าง Instructor ขึ้นมาเพื่อแนะนำการใช้งานเครื่องมือต่างๆอีกด้วย

**(7) Dialog Boxes (กล่องเครื่องมือ)**

Dialog Boxes จะมีชื่อเรียกอยู่หลายชื่อด้วยกันเช่น Window หรือ Panel ขอเรียกรวมๆว่าหน้าต่างเพื่อความกระชับ โดยจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างเครื่องมือสำหรับปรับแต่งแก้ไขรายละเอียดในการทำงานและกำหนดค่าต่างๆของโปรแกรม เช่น หน้าต่าง System Preferences จะเป็นหน้าต่างสำหรับกำหนดค่าต่างๆของโปรแกรม, หน้าต่าง Materials จะเป็นหน้าต่างที่รวบรวมเอาวัสดุต่างๆเพื่อนำไปใส่ให้กับพื้นผิวของโมเดล (นิยมเรียกกันว่าการใส่แมท), หน้าต่าง Shadow Settings จะเป็นส่วนสำหรับการกำหนดทิศทางของแสง/เงาเป็นต้น

การเรียกแสดงหน้าต่างแต่ละชนิดสามารถเรียกได้จากเมนู Window แล้วเลือกเปิดหน้าต่างที่ต้องการ โดยหน้าต่างที่เปิดอยู่ จะมีเครื่องหมายถูกกำกับไว้อยู่ที่หน้าคำสั่ง (เฉพาะหน้าต่างที่เกี่ยวกับการปรับแต่งโมเดล) และถ้ามีเครื่องหมายขีดอยู่ด้านหน้าจะหมายถึงหน้าต่างนั้นเปิดอยู่แต่ถูกย่อเอาไว้เหลือเพียงแถบไตเติล




รูปที่ 2.15 กล่องเครื่องมือ

**(8) Measurment Tool (เครื่องมือกำหนดขนาด)**

Measurment มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า VCB (Value Control Box) เป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดค่าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความยาว ขนาด องศา ระยะ ให้กับการใช้งานเครื่องมือต่างๆซึ่งจะช่วยให้การสร้างแบบจำลองมีความแม่นยำ และได้สัดส่วนที่ถูกต้อง โดยรูปแบบการกำหนดค่าด้วย Measurment นั้นจะใช้วิธีการพิมพ์ตัวเลขลงไปในขณะที่ใช้เครื่องมือแต่ละชนิดอยู่โดยที่ไม่ต้องเอาเม้าส์ไปคลิกที่ช่องกำหนดค่า เช่นเมื่อเราต้องการวาดรูปสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 เมตร เราจะใช้เครื่องมือ Rectangle วาดรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นพิมพ์ค่าลงไปเป็น 5m,5m หรือ 5,5 (ในกรณีที่กำหนดหน่วยวัดเป็นเมตรไม่จำเป็นที่จะต้องใส่หน่วยวัดต่อท้ายตัวเลข) แล้วเคาะ Enter เราก็จะได้รูปสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 เมตรเป็นต้น

(9) เครื่องมือสำหรับจัดการมุมมอง

| เครื่องมือ | ไอคอน | คีย์ลัด | หน้าที่ |
|---|---|---|---|
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Pan | | H | เลื่อนมุมมอง |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Zoom Extents | | Ctrl+Shift+E | ขยายวัตถุทั้งหมดให้พอดีกับหน้าจอ |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Previous | | - | มุมมองก่อนหน้า |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Position Camera | | - | กำหนดตำแหน่งของมุมมอง |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Walk | | - | เลื่อนมุมมองไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบการเดิน |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Top | | - | มุมมองด้านบน |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Right | | - | มุมมองด้านขวา |
| [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| Left | | - | มุมมองด้านซ้าย |

(10) การควบคุมมุมมองด้วยเม้าส์และคีย์บอร์ด

เพื่อช่วยให้การทำงานมีความสะดวกและรวดเร็ว เรายังสามารถที่จะควบคุมมุมมองในขณะทำงานด้วยเครื่องมือต่างๆได้ด้วยการใช้เม้าส์ร่วมกับคีย์บอร์ดโดยมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

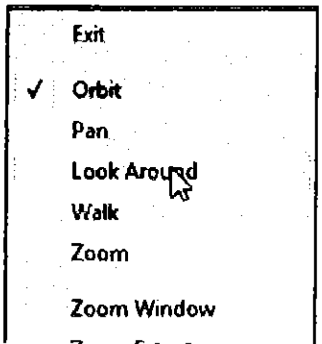
**การปรับหมุนมุมมอง** คลิกที่ลูกกลิ้งของเม้าส์ เครื่องมือจะถูกเปลี่ยนเป็นเครื่องมือ Orbit ชั่วคราว

**การเลื่อนมุมมอง** คลิกที่ลูกกลิ้งของเม้าส์พร้อมกดคีย์ Shift เครื่องมือจะถูกเปลี่ยนเป็นเครื่องมือ Pan ชั่วคราว

**การย่อ/ขยาย** หมุนลูกกลิ้งไปข้างหน้าจะเป็นการขยาย หมุนมาด้านหลังจะเป็นการย่อ

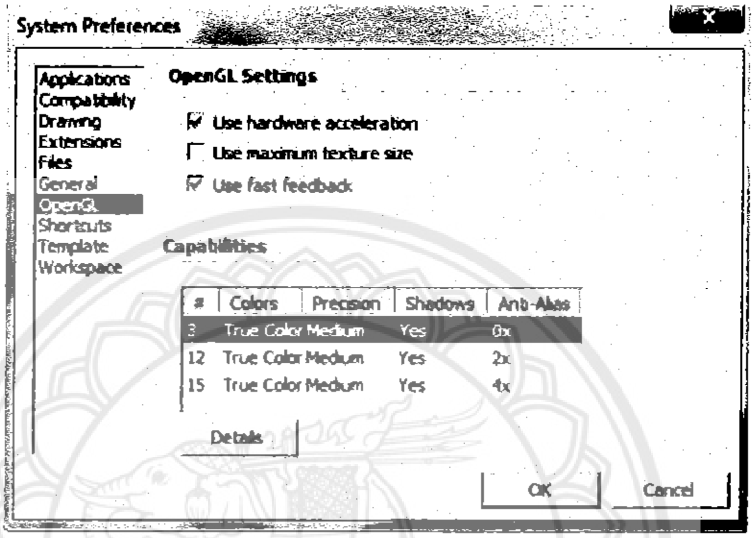
ในขณะที่เลือกเครื่องมือ Orbit, Pan และ Zoom สามารถที่จะคลิกเม้าส์ปุ่มขวาเพื่อเรียกแสดงเมนูคำสั่งสำหรับการควบคุมมุมมองได้อีกด้วย

**Tips:** ในขณะที่ใช้เครื่องมือ Orbit, Pan, Look Around, Walk หรือ Zoom การกดปุ่ม Esc หรือคลิกขวาเลือกคำสั่ง Exit เครื่องมือจะถูกเปลี่ยนไปเป็นเครื่องมือก่อนหน้าที่ถูกเลือกใช้งาน



(11) การกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรม

การกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรมจะกระทำผ่านหน้าต่าง System Preferences สามารถเรียกแสดงได้จากเมนู *Window > Preferences* โดยในหน้าต่าง System Preferences จะแบ่งหมวดการกำหนดค่าออกเป็น 10 หมวดด้วยกันคือ




**Applications** เป็นส่วนสำหรับการกำหนดโปรแกรมพื้นฐานในการแก้ไขไฟล์รูปภาพ

**Compatbility** เป็นส่วนสำหรับกำหนดการไฮไลท์ของ Component/Group และรูปแบบการหมุนของลูกกลิ้งเม้าส์

**Drawing** เป็นส่วนสำหรับกำหนดรูปแบบการวาดเส้นตรง การแสดงผล Crosshairs และเครื่องมือ Push/Pull

**Extensions** เป็นส่วนสำหรับเปิด/ปิดการทำงานของปลั๊กอิน

**Files** เป็นส่วนสำหรับกำหนดไดเรกทอรีของไฟล์

**General** เป็นส่วนสำหรับกำหนดค่าทั่วไปเช่น การบันทึกไฟล์ การแก้ปัญหาของโมเดลเป็นต้น

**OpenGL** เป็นส่วนสำหรับกำหนดค่าการแสดงผลในส่วนของ OpenGL

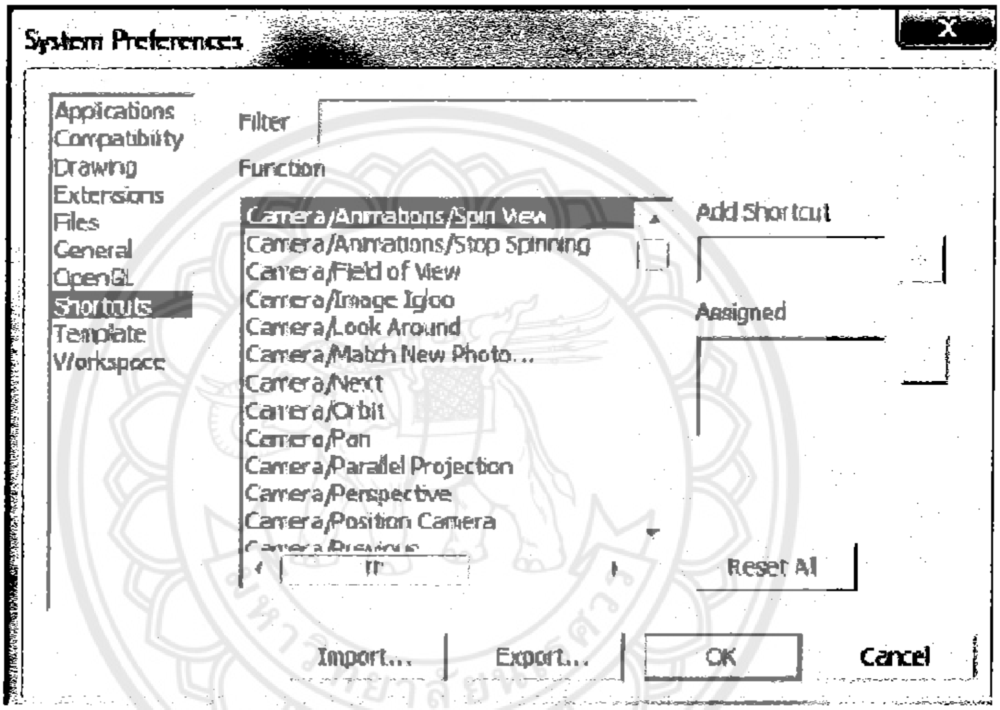
**Shortcuts** เป็นส่วนสำหรับกำหนดคีย์ลัดในการใช้งานคำสั่งต่างๆ

**Template** เป็นส่วนสำหรับเลือกแม่แบบเริ่มต้นที่จะใช้ในการทำงาน

Workspace เป็นส่วนสำหรับคืนค่าพื้นที่ทำงานและกำหนดขนาดไอคอนของเครื่องมือ

(12) กำหนดค่า Keyboard Shortcut

Google SketchUp ได้กำหนดค่าในส่วนของ Keyboard Shortcut หรือคีย์ลัดเอาไว้ให้แล้วส่วนหนึ่ง เราสามารถที่จะกำหนดค่าของคีย์ลัดตามความถนัดในการใช้งานของตัวเองได้จากหน้าต่าง System Preferences ขึ้นมาแล้วเลือกไปที่ Shortcuts โดยจะมีส่วนสำหรับกำหนดค่าดังนี้




Filter ใช้สำหรับกรองหาคำสั่งที่ต้องการ

Function เป็นส่วนสำหรับแสดงรายการคำสั่งทั้งหมดที่มีในโปรแกรม

Add Shortcut ใช้สำหรับกำหนดคีย์ลัดที่ต้องการ

Assigned แสดงคีย์ลัดของคำสั่งที่ถูกกำหนดเอาไว้

+ เพิ่มคีย์ลัดไปไว้ใน Assigned

- ลบคีย์ลัดออกจาก Assigned

Reset All คืนค่าคีย์ลัดทั้งหมดให้เป็นค่ามาตรฐานที่โปรแกรมกำหนดมาให้

**การเพิ่มคีย์ลัด**

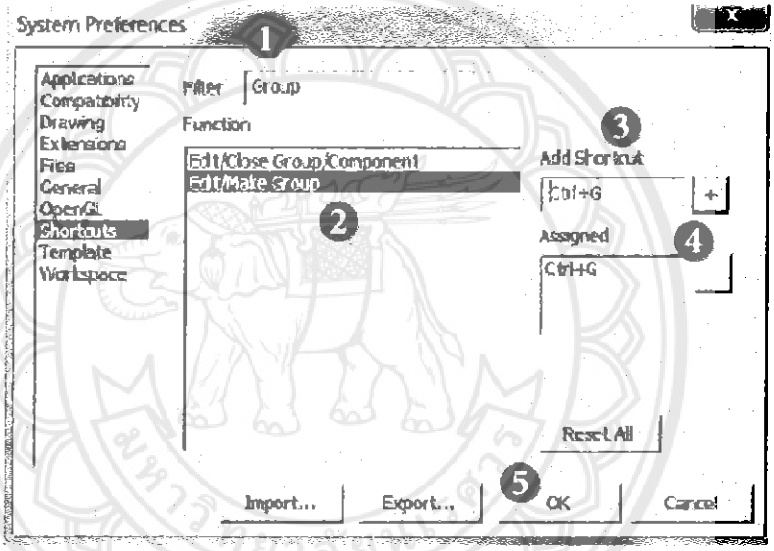
1. พิมพ์คำสั่งที่ต้องการเพิ่มคีย์ลัดลงไปในช่อง Filter เช่น Group

2. เลือกคำสั่งที่ต้องการจากช่อง Function

3. คลิกที่ช่อง Add Shortcut แล้วกดคีย์ที่ต้องการบนแป้นคีย์บอร์ดเช่น Ctrl+G

4. คลิกปุ่ม + คีย์ลัดจะถูกนำ\ไปเก็บไว้ในช่อง Assigned

5. หลังจากที่กำหนดคีย์ลัดให้กับคำสั่งต่างๆเสร็จแล้วให้คลิกปุ่ม OK\




เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน แนะนำให้เพิ่มคีย์ลัดตามตารางต่อไปนี้

| Shortcut | Function | Shortcut | Function |
|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| F3 | Top | Shift+2 | Back Line |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| F5 | Right | Shift+4 | Hidden Line |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| F7 | Left | Shift+6 | Shaded with Texture |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Ctrl+K | Preferences | Shift+Ctrl+S | Save As... |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| Ctrl+I | Import | Shift+Ctrl+I | Model Info |

ในส่วนของคำสั่ง Back Line จะมีคีย์ที่กำหนดมาให้แล้วคือคีย์ K แนะนำให้ลบคีย์เดิมออกเพื่อเก็บคีย์เอาไว้ใช้กับคำสั่งอื่นๆที่จะเพิ่มในภายหลัง และหลังจากกำหนดค่าเสร็จแล้วเราสามารถที่จะส่งออกค่าได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Export แล้วเลือกตำแหน่งจัด

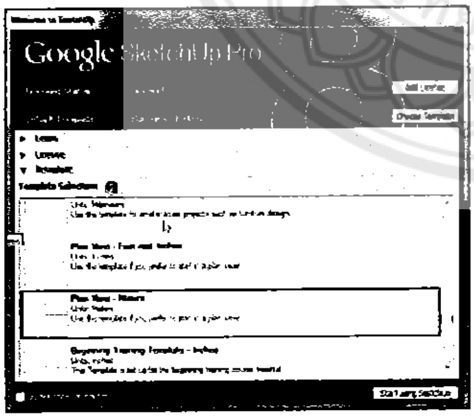
เก็บไฟล์ โดยไฟล์จะมีนามสกุล .dat (ถ้าไม่มีการตั้งชื่อใหม่โปรแกรมจะตั้งชื่อมาตรฐานให้เป็น Preferences.dat) และถ้าต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ก็ให้คลิกเลือกที่ปุ่ม Import แล้วเลือกไฟล์ Preferences ที่เคยบันทึกเก็บเอาไว้

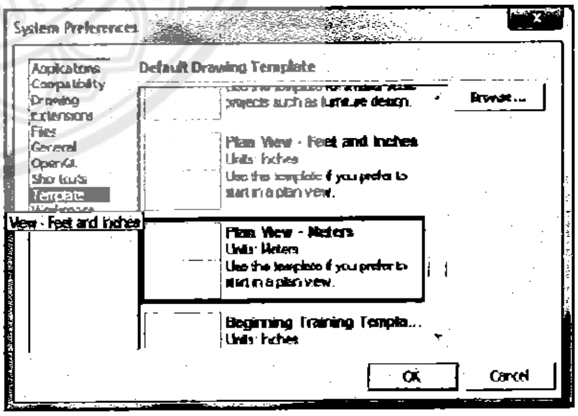
หมายเหตุ: ไฟล์ Preferences จะบันทึกค่าในส่วนของ Shortcut และ File ในหน้าต่าง System Preferences เท่านั้น

(13) การเลือกแม่แบบเพื่อใช้งาน

การทำงานในโปรแกรม Google SketchUp ไม่ว่าจะเป็นการเปิดโปรแกรมขึ้นมาหรือการสร้างงานใหม่ โปรแกรมจะทำการเรียกเอาแม่แบบที่ถูกกำหนดเอาไว้แล้วมาเป็นแม่แบบเริ่มต้สำหรับการทำงาน

เราสามารถที่จะเลือกกำหนดแม่แบบเริ่มต้นสำหรับการทำงานได้จากหน้าต่าง System Preferences ในหมวด Template หรือเลือกจากหน้าต่าง Welcome to SketchUp ก็ได้เช่นกัน การเรียกแสดงหน้าต่าง Welcome to SketchUp สามารถเลือกได้จากเมนู *Help > Welcome to SketchUp*



**(14) การกำหนดค่าในส่วนของ Model Info**

Model Info เป็นส่วนสำหรับกำหนดรายละเอียดต่างๆของไฟล์งานที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้นเพื่อช่วยให้การทำงานมีความสะดวกและเหมาะสมกับการทำงานในลักษณะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดการแสดงผลของแอนิเมชัน การแก้ไข Component/Group การกำหนรายละเอียดของไฟล์ หน่วยวัด รูปแบบตัวอักษร เป็นต้น สามารถเรียกหน้าต่าง Model Info ได้จากเมนู ***Window > Model Info*** หรือคลิกที่ไอคอน

การบันทึกแม่แบบ (Save As Template)

(15) การบันทึกไฟล์งานในโปรแกรม Google Sketch Up

การบันทึกไฟล์งานในโปรแกรม Google Sketch Up จะมีอยู่ด้วยกัน 4 รูปแบบ สามารถเรียกใช้งานได้จากเมนู File

**Save** คือลักษณะการบันทึกไฟล์งานแบบปกติทั่วไป

**Save As...** คือการบันทึกไฟล์งานที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้นเป็นไฟล์ใหม่ โดยจะมีการตั้งชื่อไฟล์

**Save A Copy As...** คือการบันทึกไฟล์งานที่กำลังทำงานอยู่ในขณะนั้นเป็นไฟล์ใหม่ โดยจะมีการตั้งชื่อไฟล์ใหม่แต่จะยังคงทำงานกับไฟล์งานเดิมอยู่

**Save As Template** คือการบันทึกไฟล์งานเป็นแม่แบบเก็บเอาไว้เพื่อใช้เป็นแม่แบบในการสร้างงานในครั้ง

## 2.9 ทฤษฎีการประมาณราคา

### 2.9.1 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาการก่อสร้าง จะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงขั้นตอนงานก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำประมาณการแตกต่างกันออกไปในแต่ละขั้น

(1) *ทำงบประมาณค่าก่อสร้าง* โดยผู้ออกแบบจะเป็นผู้จัดทำประมาณราคา เพื่อกำหนดราคากลางสำหรับค่าก่อสร้างในโครงการ

(2) *กำหนดค่างวดงานในการก่อสร้าง* โดยผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้ประมาณการตามแบบและแผนงาน เพื่อกำหนดค่างวดงานและสะดวกในการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวด

(3) *คิดค่างานเพิ่มหรือลดจาสัญญาในงานก่อสร้าง* ใช้สำหรับกรณีที่เจ้าของงานหรือตัวแทนกำหนดให้ผู้รับเหมาทำงานเพิ่มเติม จากที่กำหนดในแบบและข้อกำหนดประกอบสัญญาจ้าง

(4) *การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ* จะเป็นการประมาณราคาขั้นต้น โดยอาจจะมีแบบเพียงแบบร่างที่รับรองแล้ว ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบรายละเอียด

(5) *จัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา* การประมาณจะต้องทำอย่างละเอียดและรอบคอบ ทั้งนี้ถ้าหากผิดพลาด อาจจะทำให้ขาดทุนได้

### 2.9.2 วิธีการประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาก่อสร้างตามขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการก่อสร้างอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ดังนี้

(1) การประมาณราคาขั้นต้น

- การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยการใช้ ทำได้โดยยังไม่จำเป็นต้องทำแบบก่อสร้าง มีเพียงความคิดริเริ่มโครงการก็พอเพียง เป็นการคำนวณที่ให้ผลค่อนข้างหยาบ โดยอาจมีความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์มากกว่า (20-30) % ได้แต่ใช้เวลาน้อย
- การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยพื้นที่หรือหน่วยปริมาตร วิธีนี้มีความถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากกว่าการประมาณราคาต่อหน่วยการใช้ โดยปกติแล้วอาจคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง (15-20) % ทั้งนี้งานออกแบบต้องดำเนินการจนได้แบบร่างแล้ว แต่ยังไม่จำเป็นต้องทำแบบรายละเอียด

- การประมาณราคาโดยราคาประกอบต่อหน่วย หมายถึงราคาต่อหน่วย ต่อส่วนของงานก่อสร้าง

(2) การประมาณราคาอย่างละเอียด หมายถึงการประมาณราคาเมื่อแบบและข้อกำหนดงานก่อสร้างเรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว ทำให้สามารถคิดคำนวณปริมาณงานได้อย่างละเอียดและถูกต้องมากกว่าทุกวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว การประมาณราคาจะต้องใช้วิธีการถอดแบบ(Take off) แยกแยะปริมาณงานของแต่ละรายการทั้งงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม กำหนดรายการวัสดุและแรงงานของงานแต่ละรายการ เมื่อคูณกับปริมาณงานจะให้ค่าใช้จ่ายรวม และเมื่อกำหนดค่าโสหุ้ย กำไร และภาษีแล้วจะได้ราคาก่อสร้าง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการโครงงาน

## 3.1 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการออกแบบอาคารเขียว หรือบ้านประหยัดพลังงาน โดยศึกษาทิศทางของแสงแดด และทิศทางลม ให้เหมาะสมกับการวางตัวบ้าน และศึกษาวัสดุที่ช่วยในการลดความร้อนให้กับตัวบ้าน

ศึกษาการออกแบบด้วยสถาปัตยกรรม การจัดห้องต่างๆในบ้านพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย การวางตำแหน่งห้องต่างๆ เพื่อประโยชน์การใช้สอย และการสัญจรภายในบ้าน

การศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องนี้ จุดประสงค์เพื่อเป็นการเตรียมการก่อนที่จะสำรวจสถานที่ที่จะใช้ทำการก่อสร้าง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศคร่าวๆ ของสถานที่ก่อสร้าง จึงได้หาโปรแกรมที่จะทำให้ง่ายต่อการศึกษา จึงได้ลองใช้โปรแกรม Google Earth เข้ามาช่วย

ศึกษาการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน เพื่อใช้ออกแบบ เสา คาน บันได ฐานราก โดยใช้ Space Sheet ที่มีสูตรคำนวณเป็นตารางตัวเลข ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ

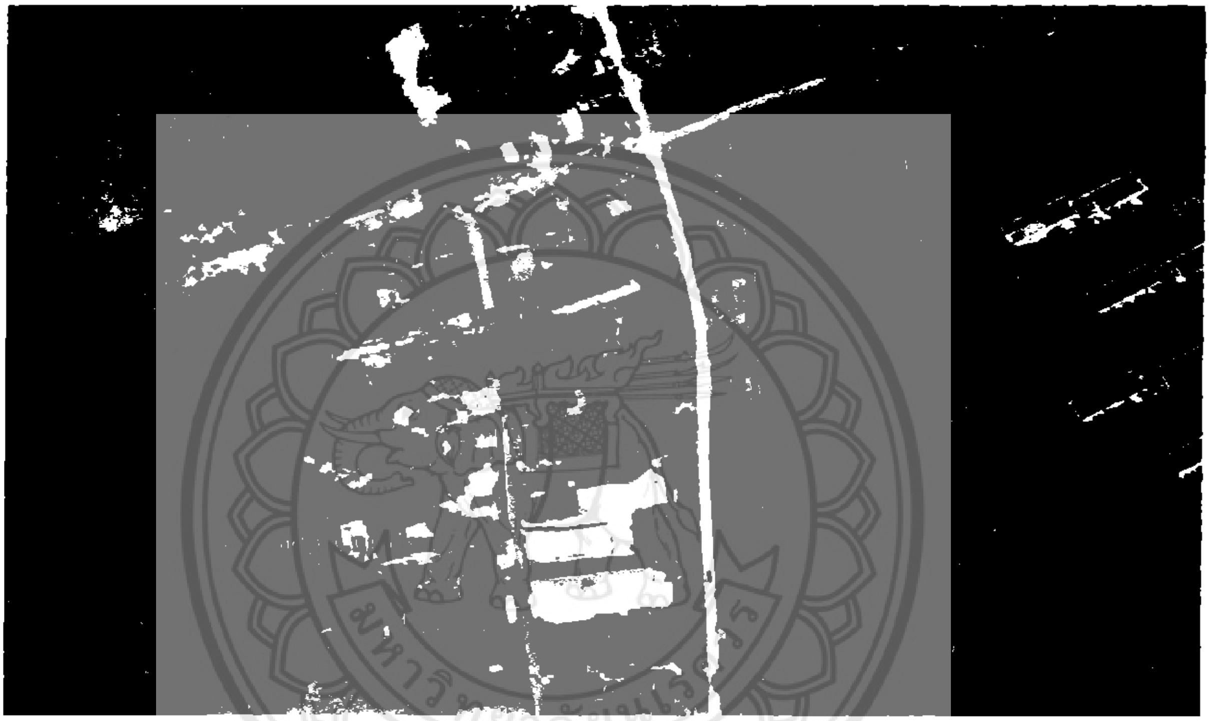
ศึกษาการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก เพื่อออกแบบโครงสร้างหลังคาที่ใช้เป็นโครงถัก (Truss)

ศึกษาวิธีการถอดแบบ (Take off) เพื่อจะได้ปริมาณและราคาก่อสร้างให้ จัดทำสรุปในตาราง Bill of Quantity

ศึกษาวิธีการและขั้นตอนการใช้โปรแกรม AutoCAD และโปรแกรม Google Sketch Up เพื่อนำไปใช้ในการเขียนแบบสถาปัตยกรรมและแบบวิศวกรรมโครงสร้าง

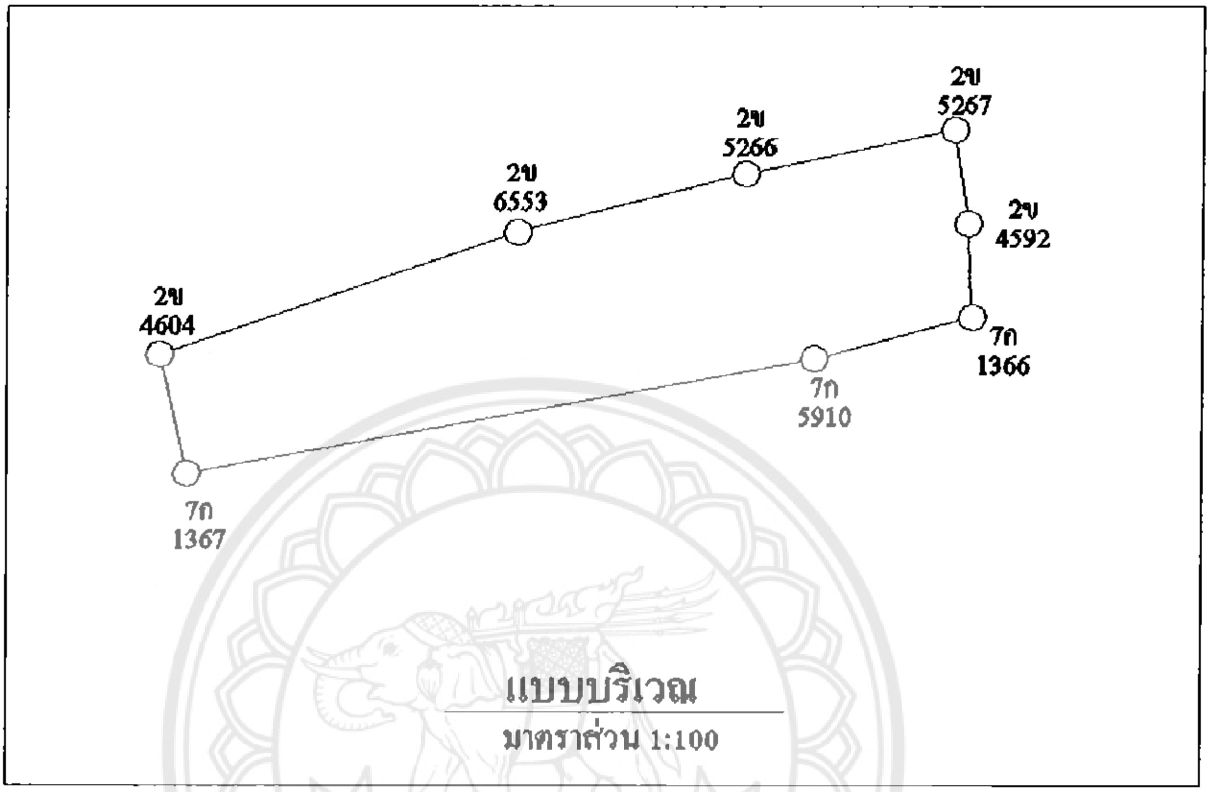
### 3.2 เตรียมงานและสำรวจพื้นที่

คณะผู้ศึกษาได้ใช้เครื่องมือ GPS หาตำแหน่งพิกัดของพื้นที่ที่ถูกกำหนดในการออกแบบบ้าน อ่านค่าพิกัด N 16.7984 E 100.18897 จากนั้นใช้โปรแกรม Google Earth หาตำแหน่งของพิกัดจุดดังกล่าว ทำให้ทราบภูมิประเทศของบริเวณนั้น ดังปรากฏในรูปที่ 3.1 สถานที่ตามพิกัดตั้งอยู่ในเขตตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 3.1 แสดงภูมิประเทศของบริเวณที่ตั้งโครงการ

นอกจากนี้ได้ทำการสำรวจหาหมุดเขตในพื้นที่ และทำการเขียนแบบบริเวณ ซึ่งแสดงรูปร่าง และ ระยะระหว่างหมุดเขต ดังปรากฏในรูปที่ 3.2

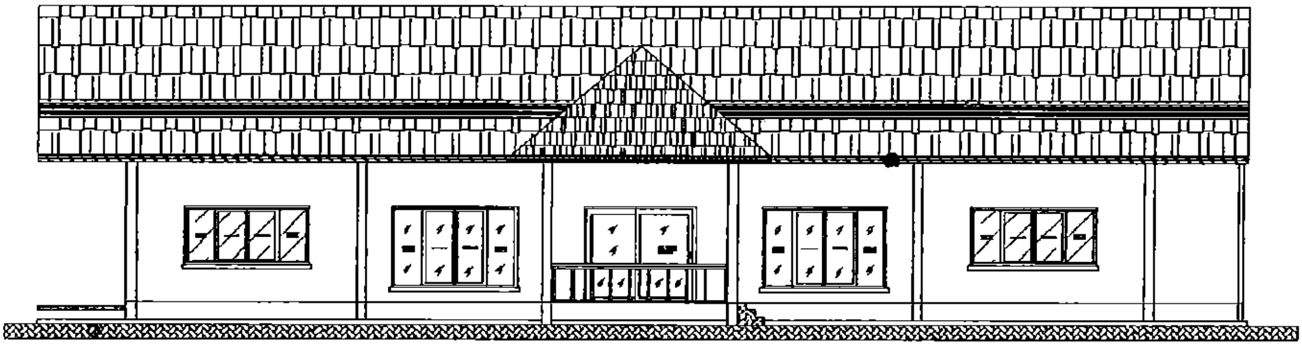



รูปที่ 3.2 แสดงแบบบริเวณและแนวเขตพื้นที่

**3.3 ออกแบบด้านสถาปัตยกรรม**

คณะผู้ศึกษาได้ออกแบบด้านสถาปัตยกรรม มีรายการดังนี้

3.3.1. อาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 15 เมตร และยาว 24 เมตร พื้นที่ทั้งหมด 360 ตารางเมตร ออกแบบให้อาคารมีการถ่ายเทอากาศได้ดี มีการวางตัวบ้านเหมาะสมกับทิศทางลมและแสงแดด โครงหลังคาจั่ว 2 ระดับ เพื่อเปิดเป็นช่องระบายอากาศ ให้มีความโปร่งถ่ายเทอากาศได้สะดวก ออกแบบให้มีส่วนหลังคายื่นออกจากตัวอาคาร 2 เมตร เพื่อลดความร้อนที่กระทบต่ออาคาร ดังรูปที่ 3.3



ด้านหน้า

ด้านข้าง

รูปที่ 3.3 แสดงรูปด้านของอาคาร

3.3.2.วัสดุตกแต่งภายในอาคาร

(1) วัสดุผิวพื้น พื้นอาคารปูด้วยกระเบื้องเคลือบดินเผาขนาด 12" x 12" เนื่องจากทำความสะอาดได้ง่าย พื้นมีความเย็น ส่วนพื้นห้องน้ำปูด้วยกระเบื้องเซรามิคขนาด 8" x 8" เนื่องจากมีความทนทานต่อการสึกหรอ และราคาถูก

(2) วัสดุผนัง ผนังของตัวอาคารใช้ผนังอิฐมวลเบาฉาบเรียบ อิฐมวลเบาสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าอิฐทั่วไป 4-8 เท่า ส่วนผนังห้องน้ำกรุด้วยกระเบื้องเซรามิคขนาด 8” x 8” เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด ราคาถูก และทำให้เย็น ฝ้าเพดานสูงจากพื้น 3.00 เมตร เป็นฝ้ากรุยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ฉาบเรียบทาสี และยิปซั่มบอร์ดชนิดกันน้ำหนา 9 มิลลิเมตร

(3) ประตู – หน้าต่าง ส่วนใหญ่ตัวอาคารใช้กระจกสีตัดแสง ช่วยกันความร้อนได้ดีถึง 30 -50% ประตูภายนอกใช้ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียมกระจกสีเขียวตัดแสง เพื่อให้เกิดการระบายอากาศที่ดี และให้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาในตัวอาคารได้อย่างเต็มที่ ประตูห้องนอนใช้ประตูไม้สัก บานลูกฟักไม้สักเพื่อความเป็นส่วนตัว ประตูห้องน้ำใช้ประตู PVC มีช่องระบายอากาศ เพื่อความสะดวกและทนทานในการใช้งาน ส่วนหน้าต่างเลือกใช้หน้าต่างบานเลื่อนอลูมิเนียม ลูกฟักกระจกสีเขียวตัดแสง

(4) งานทาสี สีภายนอกเลือกใช้สีน้ำอะคริลิก เนื่องจากทนต่อสภาพอากาศได้ดี สีภายในใช้สีน้ำพลาสติก สีที่ทาเลือกใช้สีอ่อน เพราะช่วยสะท้อนรังสีความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร

## 3.4 ออกแบบโครงสร้าง

ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน คณะผู้ศึกษาได้กำหนดแรงกระทำต่อหลังคา ประกอบด้วย น้ำหนักกระเบื้อง น้ำหนักโครงเหล็ก น้ำหนักบรรทุกจร ตามเทศบัญญัติ และดำเนินการคำนวณโครงสร้างโดยใช้ Space Sheet และ โปรแกรมสำเร็จรูป SUTStructure

### 3.4.1 การออกแบบโครงหลังคา

จากการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ใช้เหล็กรูปพรรณเป็นโครงหลังคา คำนวณโดยใช้ น้ำหนัก LL ของหลังคา 50 kg/m$^2$ น้ำหนักกระเบื้องลอนคู่ 14 kg/m$^2$ แรงลม 50 kg/m$^2$ น้ำหนักดังกล่าวข้างต้นกำหนดตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

โดยหลักการวิเคราะห์โครงสร้างคานแบบ Simple Beam สามารถคำนวณค่าโมเมนต์ของแป จันทัน อะเส สันตะเฆ่ ซึ่งนำไปสู่การคำนวณหาค่า Section Modulus และนำค่า Section Modulus ไปหาขนาดเหล็ก จากการดำเนินงานได้โครงสร้าง แป ใช้เหล็กขนาด [75x50x20x2.3 mm. จันทัน ใช้เหล็กขนาด 2-[125x50x20x3.2 อะเส ใช้เหล็กขนาด 2-[100x50x20x3.2 สันตะเฆ่ใช้เหล็กขนาด [125x50x20x3.2 รายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก และ ในแบบ AutoCAD

### 3.4.2 การออกแบบเสา

ออกแบบเสาโดยใช้หลักการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

$$P = 0.85 \times Ag \times (0.25 f'c + fs \times Pg)$$

กำหนดขนาดเสา 0.20 x 0.20 เมตร ใส่เหล็ก DB12 จำนวน 4 เส้น คำนวณแรงที่ยอมให้เท่ากับ 19.5 ตัน ซึ่งสามารถรับแรงจริงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกถาวร น้ำหนักบรรทุกจร และแรงลม ทั้งหมดของอาคารที่ถ่ายน้ำหนักลงเสา ตรวจสอบปริมาณเหล็กในเนื้อคอนกรีตได้เท่ากับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด ว.ส.ท. 4800 ฉ. ข้อ 1 รายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

### 3.4.3 การออกแบบคาน

กำหนดคานคอนกรีตเสริมเหล็กในส่วนติดดินรอบอาคารเป็นคาน จัดทำเป็นคานขนาด 0.20 x 0.40 เมตร เพื่อรับพื้นสำเร็จรูป ในการออกแบบใช้น้ำหนักบรรทุกจร 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และวิเคราะห์คานแบบ Continuous Beam ได้ค่าโมเมนต์ ซึ่งนำไปคำนวณหาขนาดและปริมาณเหล็กในคอนกรีต รายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ใน ภาคผนวก ก

### 3.4.4 การออกแบบฐานราก

จากการวิเคราะห์ออกแบบโครงหลังคา เสา พื้น และคาน ทำให้ได้น้ำหนักทั้งหมดที่ถ่ายลงฐานรากเท่ากับ 5,192 กิโลกรัม และทำการออกแบบฐานรากที่มีขนาดเสาตอม่อ 0.20 x 0.20 เมตร ขนาดฐานราก 1.00 x 1.00 เมตร หนา 0.25 เมตร เสริมเหล็กขนาด 6 ø 12 มม. รายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก

### 3.5 หาปริมาณงานโดยวิธีถอดแบบ

การถอดแบบเป็นวิธีแยกส่วนประกอบต่างๆ ของสิ่งก่อสร้าง เช่น งานปักผัง งานขุดดิน งานติดตั้งไม้แบบ งานผูกเหล็ก งานเทคอนกรีต ฯลฯ แต่ละประเภทงานใช้หลักคำนวณความยาว, พื้นที่, ปริมาตร, น้ำหนัก, จำนวน ฯลฯ รายละเอียดการคำนวณแต่ละงานปรากฏอยู่ในภาคผนวก

3.5.1 งานปักผัง เป็นงานเตรียมพื้นที่สำหรับการก่อสร้าง ดำเนินการโดยช่างไม้และกรรมกร ปริมาณงานไม่สามารถวัดหรือชั่งได้ จึงกำหนดหน่วยเป็นเหมารวม

3.5.2 งานขุดดิน เป็นงานรื้อดินและขนออกจากตำแหน่งเดิม การขุดสามารถทำโดยใช้กรรมกรขุดหรือใช้เครื่องจักรขุด ปริมาณงานวัดเป็นปริมาตรหน่วยลูกบาศก์เมตร หลักการคำนวณคือ กว้างคูณยาวคูณสูง

3.5.3 งานถมทรายอัดแน่น เป็นงานเตรียมรองพื้นบริเวณที่จะเทคอนกรีตรองพื้นหรือคอนกรีตหยาบ ดำเนินการโดยช่างปูน กรรมกร ปริมาณงานวัดเป็นปริมาตรหน่วยลูกบาศก์เมตร หลักการคำนวณคือ กว้างคูณยาวคูณสูง

3.5.4 งานเหล็ก เป็นงานจัดเหล็กและผูกเหล็กให้ทรงรูปร่างเป็นโครงสร้างในเนื้อคอนกรีต ดำเนินการโดยช่างเหล็กและกรรมกร ปริมาณงานวัดเป็นความยาวหน่วยเมตร และคำนวณเป็นหน่วยน้ำหนักโดยคูณค่าน้ำหนักของเหล็กแต่ละขนาด หน่วยเป็นกิโลกรัม หลักการคำนวณคือ ความยาวของเหล็กแต่ละขนาด

3.5.5 งานคอนกรีต เป็นงานผสมปูนซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำ การลำเลียงและเทคอนกรีต ดำเนินการโดยช่างปูนและกรรมกร ปริมาณงานวัดเป็นปริมาตรหน่วยลูกบาศก์เมตร หลักการคำนวณคือ กว้างคูณยาวคูณสูง

3.5.6 งานไม้แบบ เป็นงานติดตั้งส่วนประกอบกั้นคอนกรีตให้ได้รูปทรงตามต้องการและมิให้คอนกรีตไหลออก ดำเนินการโดยช่างไม้ ปริมาณงานวัดเป็นหน่วยตารางเมตร หลักการคำนวณคือ กว้างคูณยาว

3.5.7 งานตกแต่งด้านสถาปัตยกรรม เป็นงานติดตั้งวัสดุตามที่ระบุในรายการประกอบแบบ ดำเนินการโดยช่างตกแต่งแต่ละประเภท ปริมาณงานวัดเป็นหน่วยตารางเมตร หรือหน่วยเป็นจำนวน หรือหน่วยเป็นความยาว

**3.6 งานจัดทำ Bill of Quantity**

คณะผู้ศึกษาได้นำผลจากการคำนวณแต่ละงานสรุปเป็นหมวดหมู่เป็นบัญชีปริมาณงาน (Bill of Quantity) กำหนดราคาวัสดุและค่าแรงงานต่อหน่วย รวมเป็นค่าวัสดุและแรงงานเท่ากับ 1,422,925 บาท พิจารณาค่าดำเนินการซึ่งเป็นค่าโสหุ้ย ( Overhead ) คิดในอัตราร้อยละสิบของค่าวัสดุและแรงงานเท่ากับ 142,293 บาท ค่าภาษีคิดในอัตราร้อยละเก้าเท่ากับ 128,063 และกำไรเท่ากับ 152,275.20 บาท รวมเป็นเงินค่าก่อสร้าง 1,835,574 บาท

# บทที่ 4

# ผลการดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เพื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารเขียวและบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อออกแบบบ้านพักอาศัยตามแนวคิดในเรื่องอาคารเขียว

## 4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารเขียว และ บ้านประหยัดพลังงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้คณะผู้ศึกษาได้ความรู้ในเรื่องอาคารเขียว ซึ่งเน้นในเรื่องการประหยัดพลังงาน อาคารเขียวสามารถเกิดขึ้นจากการจัดอาคารให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น การตั้งแนวอาคารให้สอดรับกับทิศทางลม ทิศทางลมประจำฤดูกาล ลมในฤดูหนาวจะพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ลมในฤดูร้อนจะพัดมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นส่วนของอาคารที่ต้องการให้ลมพัดผ่านควรมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางดังกล่าว ส่วนอาคารอื่นๆ ที่ต้องการแดดเพื่อฆ่าเชื้อโรค เช่น ห้องส้วม ห้องครัว ควรตั้งอยู่ในทิศตะวันออก หรือ ทิศตะวันตก

นอกจากนี้อาคารเขียวเกิดจากออกแบบให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการระบายน้ำจากอาคารโดยคำนึงถึงการรักษาสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ ไม่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลอง ใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สร้างความร่มเย็น เช่นการปลูกต้นไม้ใกล้อาคารเพื่อให้เกิดร่มเงา

## 4.2 ออกแบบบ้านพักอาศัยตามแนวคิดในเรื่องอาคารเขียว

คณะผู้ศึกษาได้ใช้เครื่องมือ GPS หาตำแหน่งพิกัดของพื้นที่ที่ถูกกำหนดในการออกแบบบ้าน อ่านค่าพิกัด N 16.7984 E 100.18897 จากนั้นใช้โปรแกรม Google Earth หาตำแหน่งของพิกัด จุดดังกล่าว ทำให้ทราบภูมิประเทศของบริเวณนั้น ดังปรากฏในรูปที่ 3.1

อาคารเขียวที่ออกแบบไว้นั้นเป็นอาคารพักอาศัย คอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่ใช้สอย ..... ตารางเมตร จัดเป็นห้องนอน ห้องรับแขก ห้องครัว หรือ ห้องน้ำพร้อมห้องแต่งตัว เป็นอาคารที่เหมาะสำหรับครอบครัว 4 คน หลังคาโครงเหล็กรูปพรรณทรงจั่วทำมุม 30 องศา มุงด้วยกระเบื้องลอนคู่ มีชายคายื่นออกจากตัว

อาคาร 2.00 เมตร เพื่อบังแดดส่องตัวอาคารเป็นการลดความร้อนตามผนัง หลังคาจัดทำเป็นสองชั้นระหว่างชั้นมีช่องระบายความร้อน

พื้นภายในอาคารปูด้วยกระเบื้องดินเผาขนาด 12" x 12" ช่วยทำให้เกิดความเย็นภายในบ้าน ส่วนพื้นห้องน้ำปูด้วยกระเบื้องเซรามิคขนาด 8" x 8" เพื่อการทำความสะอาดง่าย ผนังของตัวอาคารเป็นผนังอิฐมวลเบาฉาบเรียบ เนื่องจากอิฐมวลเบาสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร ผนังห้องน้ำกรุด้วยกระเบื้องเซรามิคขนาด 8" x 8" ฝ้าเพดานสูงจากพื้น 3.00 เมตร กรุยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ฉาบเรียบทาสี ส่วนในห้องน้ำใช้ยิปซั่มบอร์ดชนิดกันน้ำหนา 9 มิลลิเมตร ประตูและหน้าต่างมีกรอบเป็นไม้หรืออลูมิเนียม ลูกฝักเป็นกระจกสีเขียวตัดแสง เพื่อกันความร้อนจากภายนอกอาคาร ภายนอกอาคารใช้สีน้ำอะคริลิก ส่วนภายในอาคารใช้สีน้ำพลาสติก ใช้สีอ่อนเพื่อลดความร้อน

คณะผู้ศึกษาได้เขียนแบบเพื่อการก่อสร้าง แสดงตามลำดับดังนี้

แผ่นที่ 1 รูปบ้านประหยัดพลังงาน

แผ่นที่ 2 สารบัญแบบ

แผ่นที่ 3 รายการประกอบแบบ

แผ่นที่ 4 รายการสัญลักษณ์ประกอบแบบ

แผ่นที่ 5 แผนที่โดยสังเขป

แผ่นที่ 6 หมุดเขตที่ตั้ง

แผ่นที่ 7 ผังบริเวณ

แผ่นที่ 8 แปลนพื้น

แผ่นที่ 9 รูปด้าน 1,2

แผ่นที่ 10 รูปด้าน 3,4

แผ่นที่ 11 รูปตัด A-A

แผ่นที่ 12 รูปตัด B-B

แผ่นที่ 13 แบบขยายห้องน้ำ

แผ่นที่ 14 แบบขยายประตู – หน้าต่าง

แผ่นที่ 15 แปลนพื้น ฐานราก คาน เสา

แผ่นที่ 16 แปลนหลังคา

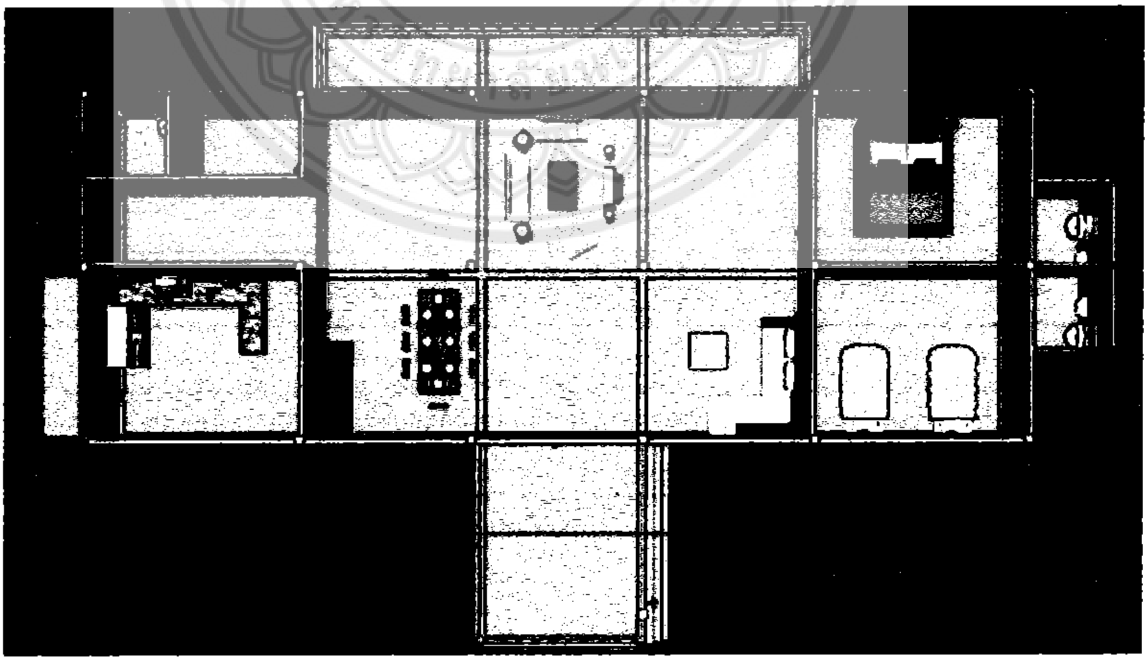
แผ่นที่ 17 แปลนโครงหลังคา

แผ่นที่ 18 แปลนขยายฐานราก ตอม่อ เสา F1,F2

แผ่นที่ 19 แปลนสุขาภิบาล

แบบทั้งหมดที่กล่าวมานั้นแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

<u>ภาพบ้านตัวอย่าง จากโปรแกรม Google Sketch up</u>

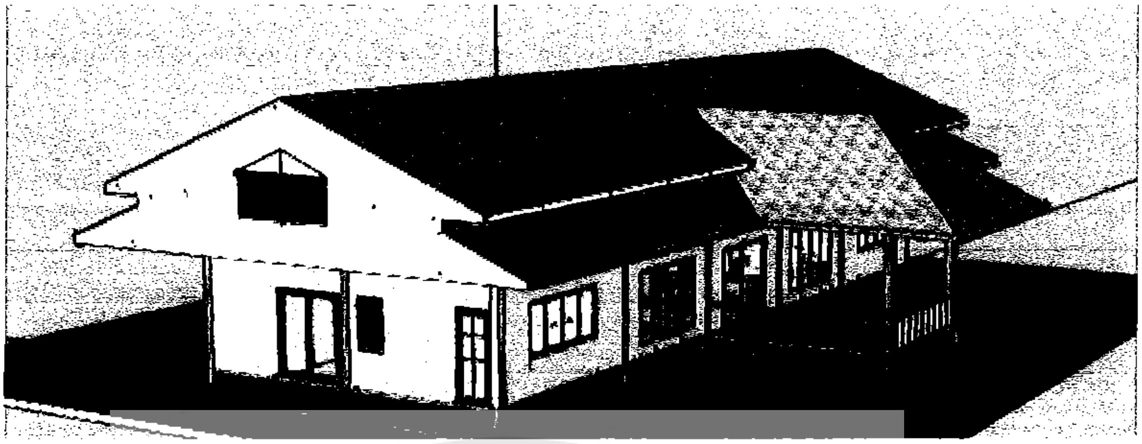


รูปที่ 4.1 ภาพการจัดวางห้องต่างๆ ภายในบ้าน

รูปที่ 4.2 ภาพสามมิติ ด้านหน้าของบ้านประหยัดพลังงาน

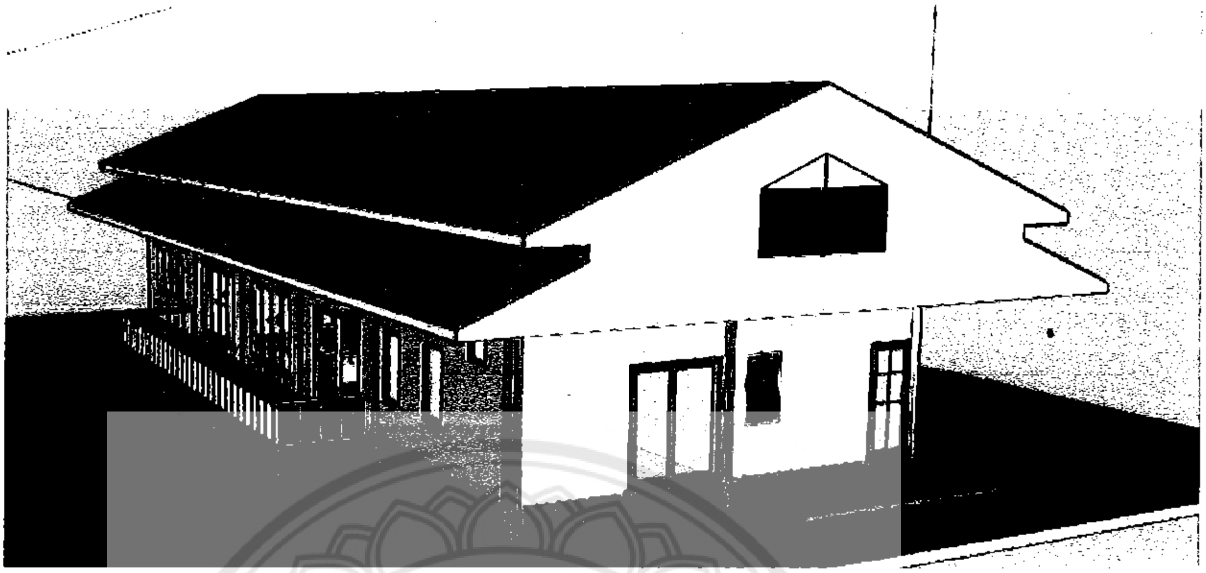
มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 4.3 ภาพสามมิติ ด้านหลังของบ้านประหยัดพลังงาน

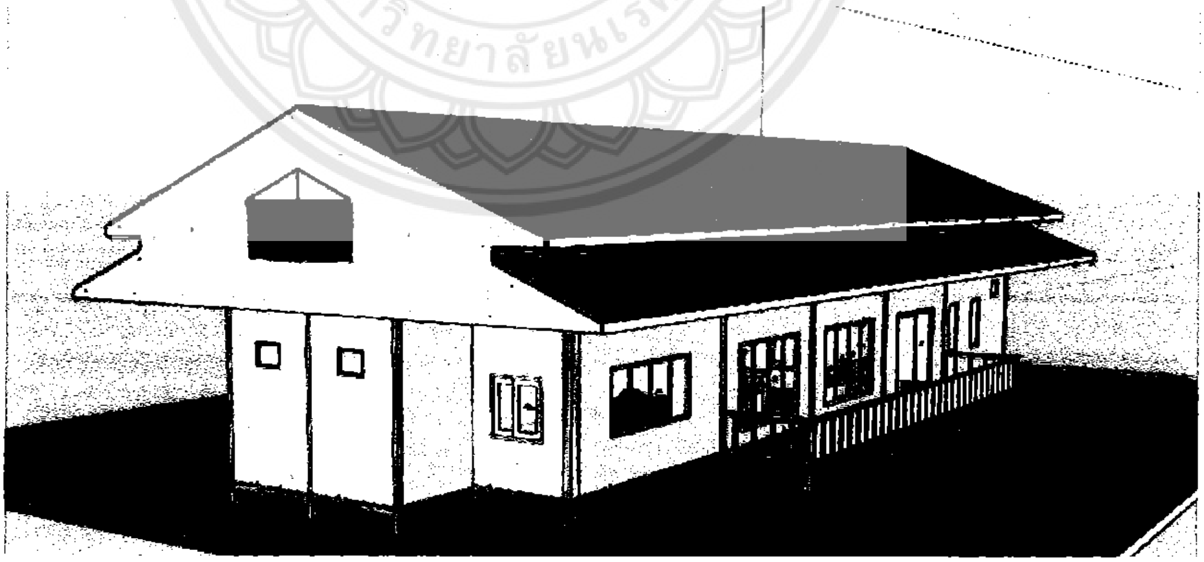


รูปที่ 4.4 ภาพด้านข้างมุมที่ 1

รูปที่ 4.5 ภาพด้านข้างมุมที่ 2



รูปที่ 4.6 ภาพด้านข้างมุมที่ 3



รูปที่ 4.7 ภาพด้านข้างมุมที่ 4

## 4.3 การประมาณราคา

การประมาณราคาใช้วิธีถอดแบบ (Take off) :ซึ่งเป็นวิธีคิดแบบละเอียด โดยการกำหนดงานแต่ละประเภทตามแบบและรายการประกอบแบบ คำนวณหาปริมาณงานแต่ละประเภท กำหนดราคาค่าวัสดุ ค่าแรงงานรวมค่าเครื่องจักร กำหนดค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นค่าบริหารจัดการงานก่อสร้าง ภาษี และ กำไร รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,835,574 บาท รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

แบบบ้านประหยัดพลังงานนี้เมื่อคิดราคาเป็นพื้นที่ต่อตารางเมตรจะได้ราคาตารางละ 5,000 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับราคาบ้านทั่วไปอาจจะมีราคาไม่ต่างกัน เนื่องจากการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างและตกแต่งภายในบ้าน ถ้าบ้านทั่วไปมีการเลือกใช้วัสดุที่เหมือนกับบ้านประหยัดพลังงาน ราคาของบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไปจะมีราคาที่ไม่ต่างกัน แต่ในการเลือกใช้วัสดุของบ้านทั่วไปอาจไม่ได้คำนึกถึงการประหยัดพลังงานซึ่งจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการจ่ายค่ากระแสไฟฟ้ามากกว่าบ้านประหยัดพลังงาน

# บทที่ 5

# สรุปผลโครงงานและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลโครงงาน

การศึกษาโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้คณะผู้ศึกษาได้เข้าใจถึงการนำหลักวิชาวิศวกรรมโยธาไปประยุกต์ใช้ในงานจริง รู้จักสำรวจหาหลักเขต ตรวจสอบพื้นที่จริงเทียบกับโฉนดที่ดิน รู้จักใช้เครื่องมือ GPS ในการหาตำแหน่งของพื้นที่ สามารถเขียนแบบบริเวณ กำหนดตำแหน่งอาคารตามข้อบัญญัติในกฎหมายควบคุมอาคาร

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำให้ได้แบบบ้านอาคารเขียวประหยัดพลังงานชั้นเดียวพื้นยกสูง เป็นบ้านที่ออกแบบมาเพื่อ ใช้ประโยชน์จากการวางตัวบ้านและห้องต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้อยู่อาศัย เลือกใช้วัสดุต่างๆ ที่ช่วยลดอุณหภูมิภายในตัวบ้าน การออกแบบเสา คาน พื้น ฐานราก เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างหลังคาที่เป็นโครงเหล็ก Truss การออกแบบโครงสร้างของตัวอาคารและโครงสร้างหลังคาทำขึ้นโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและการเอื้อประโยชน์ต่อการลดอุณหภูมิในตัวบ้าน นอกจากการออกแบบแล้วคณะผู้ศึกษาได้ทำการคำนวณค่าก่อสร้างโดยวิธีการถอดแบบ (Take off) กำหนดราคาค่าวัสดุและแรงงาน รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการบริหารงาน ภาษี และ กำไร รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,855,816 บาท

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาโครงการนี้จัดเป็นกรณีศึกษาโดยใช้พื้นที่ในตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกเป็นที่ตั้งอาคาร หากผู้สนใจจะนำไปใช้จำเป็นต้องทำการสำรวจสภาพพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้าง เพื่อการวางตำแหน่งของอาคารให้เหมาะสมกับทิศ การปลูกต้นไม้ให้มีร่มเงาทำให้ภายในอาคารมีความร่มเย็น ชนิดของต้นไม้ที่จะปลูกเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องศึกษาและเลือกให้เหมาะสม ต้นไม้บางชนิดมีรากชอนไชในดินเข้าสู่ตัวอาคาร อาจเป็นสาเหตุทำให้อาคารแตกร้าวในอนาคต ซึ่งจะสร้างความเสียหายมากกว่าประโยชน์ที่จะได้รับ ดังนั้นควรเลือกปลูกต้นไม้ที่ไม่สร้างปัญหาในภายหลัง

แบบบ้านที่แสดงไว้นี้เป็นแบบบ้านตัวอย่าง ท่านที่สนใจสามารถนำไปใช้ได้แต่ต้องให้วิศวกรที่มีใบประกอบวิชาชีพวิศวกรจัดทำรายการคำนวณพร้อมเซ็นชื่อในเอกสารขออนุญาตปลูกสร้างตามกฎหมายเพื่อยื่นต่อพนักงานท้องถิ่น

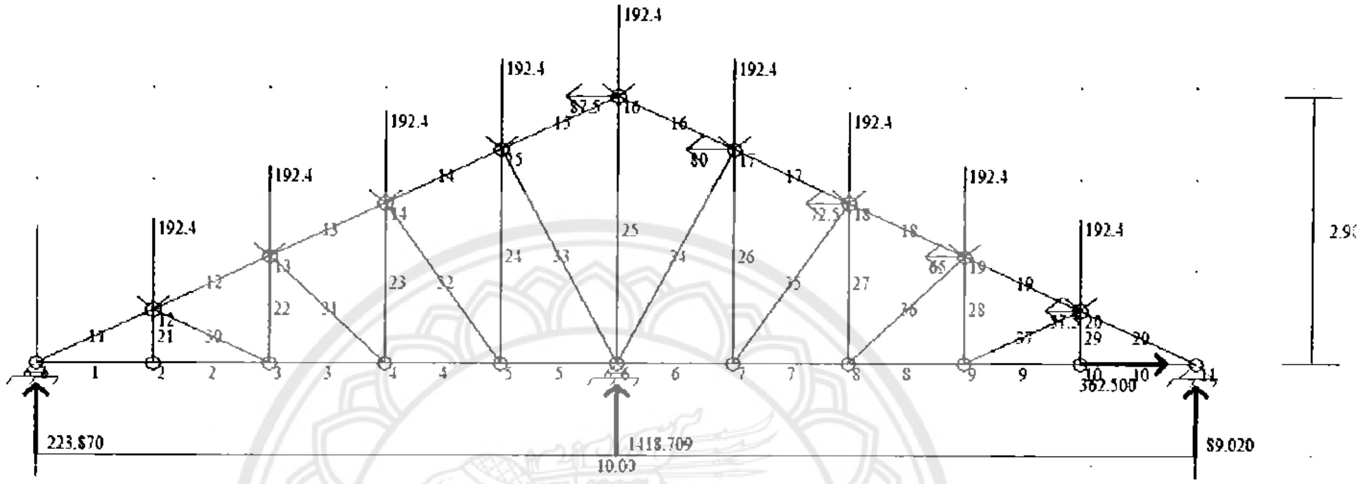
# เอกสารอ้างอิง

- สถาพร โภคา.(2544).การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก(พิมพ์ครั้งที่1).กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ไลบรารี่นาย
- วินิต ช่อวิเชียร.( 2539 ). การออกแบบโครงสร้างเหล็ก(พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา .( 2534 ) . มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง.(พิมพ์ครั้งที่ 2) .กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- ณรงค์วิทย์ อารีมิตร. (2553). Low energy house design in Japan.วิศวกรรมสาร.63(5), 54-59
- จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์. (2551). GREEN BUILDING.วิศวกรรมสาร.61(2),38-40
- Watcharaaircon. (15 กันยายน 2554). ข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้างและค่าแรงของ สพฐ. ปีงบประมาณ 2555. สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2555,URL: http://www.watcharaaircon.com
- สถาพร โภคา. (12 มกราคม 2555). ตารางช่วยคำนวณการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก.สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2555, URL: http://www.sdhabhon.com/RCDesign.html
- Environment portal. (September 13,2009). Green building. Retrieved October 10,2011, from http://en.wikipedia.org/wiki/Green_building
- กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.(20 มีนาคม 2550). 108 วิธีประหยัดพลังงาน. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2554, URL :intraserver.nurse.cmu.ac.th/mis/environ/energy/108method.htm
- THAIGREENWOODS(13 สิงหาคม 2554). มาตรฐานอาคารเขียว. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2554, URL: http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=item&id=164&Itemid=85

# ภาคผนวก ก.

## การออกแบบและถอดแบบประมาณปริมาณงานของโรงเรือนเลี้ยงสัตว์

### การออกแบบโครงหลังคา Truss



แรงที่กระทำกับโครงถักแต่ละชิ้นส่วน

ค่าบวก เป็นแรงดึง ค่าลบ เป็นแรงอัด

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการคำนวณโครงถัก (Truss)

| ชิ้นส่วนที่ | ความยาว (m) | แรงที่ I (kg) | แรงที่ J (kg) | หน่วยแรงที่ I (ksc) | หน่วยแรงที่ J (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 385.983 | 385.983 | 1.93 | 1.93 |
| 2 | 1.00 | 385.983 | 385.983 | 1.93 | 1.93 |
| 3 | 1.00 | 220.121 | 220.121 | 1.10 | 1.10 |
| 4 | 1.00 | 54.259 | 54.259 | 0.27 | 0.27 |
| 5 | 1.00 | -111.603 | -111.603 | -0.56 | -0.56 |
| 6 | 1.00 | -75.353 | -75.353 | -0.38 | -0.38 |
| 7 | 1.00 | 124.259 | 124.259 | 0.62 | 0.62 |
| 8 | 1.00 | 321.371 | 321.371 | 1.61 | 1.61 |
| 9 | 1.00 | 515.983 <max+> | 515.983 <max+> | 2.58 | 2.58 |
| 10 | 1.00 | 515.983 <max+> | 515.983 <max+> | 2.58 | 2.58 |
| 11 | 1.16 | -446.207 | -446.207 | -2.23 | -2.23 |
| 12 | 1.16 | -254.466 | -254.466 | -1.27 | -1.27 |
| 13 | 1.16 | -62.725 | -62.725 | -0.31 | -0.31 |
| 14 | 1.16 | 129.016 | 129.016 | 0.65 | 0.65 |
| 15 | 1.16 | 320.757 | 320.757 | 1.60 | 1.60 |

| ชิ้นส่วนที่ | ความยาว (m) | แรงที่ I (kg) | แรงที่ J (kg) | หน่วยแรงที่ I (ksc) | หน่วยแรงที่ J (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 1.16 | 421.910 | 421.910 | 2.11 | 2.11 |
| 17 | 1.16 | 280.745 | 280.745 | 1.40 | 1.40 |
| 18 | 1.16 | 133.800 | 133.800 | 0.67 | 0.67 |
| 19 | 1.16 | -18.926 | -18.926 | -0.09 | -0.09 |
| 20 | 1.16 | -177.431 | -177.431 | -0.89 | -0.89 |
| 21 | 0.58 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 1.16 | 96.200 | 96.200 | 0.48 | 0.48 |
| 23 | 1.74 | 192.400 | 192.400 | 0.96 | 0.96 |
| 24 | 2.32 | 288.600 | 288.600 | 1.44 | 1.44 |
| 25 | 2.90 | -565.009 <max-> | -565.009 <max-> | -2.83 | -2.83 |
| 26 | 2.32 | 347.325 | 347.325 | 1.74 | 1.74 |
| 27 | 1.74 | 228.650 | 228.650 | 1.14 | 1.14 |
| 28 | 1.16 | 112.875 | 112.875 | 0.56 | 0.56 |
| 29 | 0.58 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 1.16 | -191.741 | -191.741 | -0.96 | -0.96 |
| 31 | 1.53 | -254.024 | -254.024 | -1.27 | -1.27 |
| 32 | 2.01 | -332.867 | -332.867 | -1.66 | -1.66 |
| 33 | 2.53 | -419.024 | -419.024 | -2.10 | -2.10 |
| 34 | 2.53 | -510.604 | -510.604 | -2.55 | -2.55 |
| 35 | 2.01 | -400.599 | -400.599 | -2.00 | -2.00 |
| 36 | 1.53 | -301.884 | -301.884 | -1.51 | -1.51 |
| 37 | 1.16 | -224.977 | -224.977 | -1.12 | -1.12 |

โครงถักมีระยะแปห่างกัน 1.00 m. จุดต่อของชิ้นส่วนแต่ละจุดห่างกัน 0.92 m.

น้ำหนักวัสดุหลังคา = 14.74 x4 x 0.92 = 54.24 Kg.

แรงลมในแนวราบ(คิดฝั่งเดียว) = 50 x 4 x 0.92 = 184 Kg.

<u>ออกแบบ ชิ้นส่วนโครงถัก</u>

ในทางปฏิบัติสามารถนำชิ้นส่วนที่มีค่าสูงสุดออกแบบได้เลย ซึ่งในที่นี้ชิ้นส่วนที่มีค่ารับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 565.009 kg ( compression )

คิดตามความยาวของชิ้นส่วนที่รับแรงสูงสุด (ชิ้นส่วน BK )มีค่าเท่ากับ 2.90 m.

ชิ้นส่วนที่มีค่ามากที่สุด = 565.009 Kg. (แรงอัด)

สมมติใช้เหล็ก 50 x50x 2.0 mm., A =4.252cm$^2$ , r = 1.93 cm

**ตรวจสอบความชะลูด** KL/r = 1 x 290/1.93 = 150.26

**หาค่า** $C_c = \sqrt{2\pi^2 E / Fy}$

$= \sqrt{2\pi^2 (2.1x10^6)/2400}$

$= 131.42$

$\therefore 150.26 > 131.42$

**ดังนั้นหน่วยแรงที่ยอมให้** Fa = (12/23)(22/7)^2(E)/(KL/r)^2 = 465.27 Kg/cm$^2$

สมารถรับแรงอัดได้สูงสุด = 465.27 x 10 = 4652.7 Kg. > 1,468 Kg. **ใช้ได้**

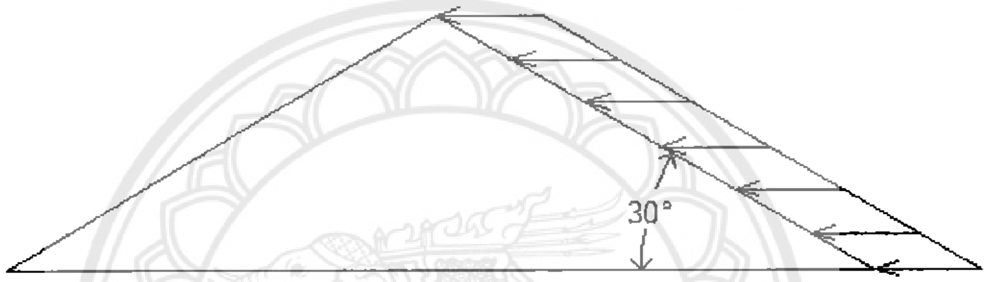
<u>ออกแบบโครงหลังคา</u>

มาตรฐานเหล็ก A245 , $F_y = 2{,}400$

วัสดุมุงหลังคา 14.74 $kg/m^2$ (home marth SCG)

LL = 30 $kg/m^2$ กระทรวงมหาดไทย ฉ.6 พ.ศ.2527

Wind Load = 50 $kg/m^2$ (หลังคาทำมุม 30 องศา)

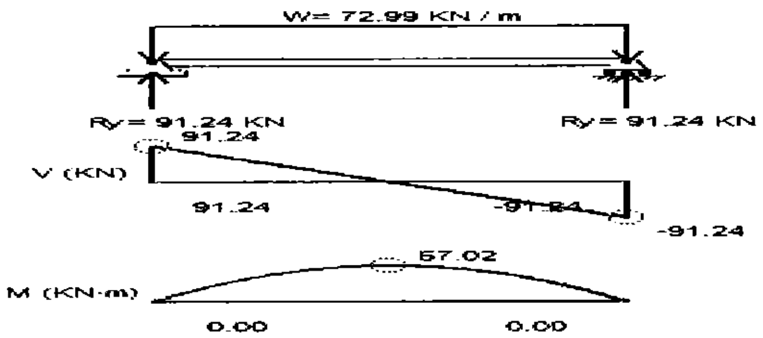



$\omega' = 50 \text{ sine } 30$

$= 25 \quad kg/m^2$

Total Load = 14.74+30+25 = 69.74 $kg/m^2$

<u>แป</u>




แปช่วงเดียวยาว 2.5 m

- สมมตินํ้าหนักแป 3.25 $kg/m$ ([70x45x15x2.3)

  น้ำหนักแผ่ที่กระทำ W = 3.25+69.74 = 72.99 $kg/m$

  โมเมนต์ดัด $M = \frac{(72.99)(2.5)^2}{8} = 57.02$ kg.m

- หาขนาดหน้าตัด

  $$S_x = \frac{M}{0.66Fy} = \frac{(57.02)(100)}{0.66x2400} = 3.6 \ kg/m^2$$

  เลือกใช้ [ 75x45x15x2.3 ; $S_x = 9.9 \ cm^3$

  ตรวจสอบประเภทหน้าตัด

∴ กำลังรับโมเมนต์ดัด $M = 0.66 \ F_y S_x$

$$= \frac{0.66x2,400x9.9}{100} = 156.82 \text{ kg.m} > 57.02 \text{ kg.m}$$

- ตรวจสอบกำลังแรงเฉือน

  แรงเฉือน $V = 72.99 \text{ x } \frac{2.5}{2} = 91.24$ kg

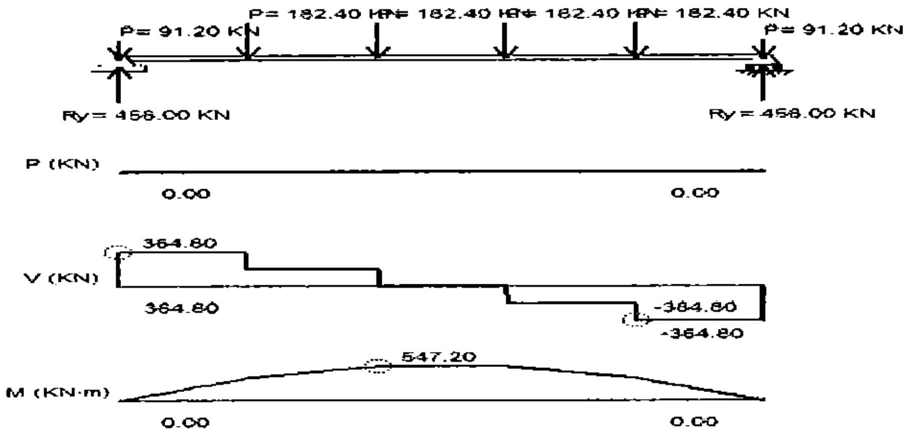
  กำลังรับแรงเฉือน $V = 0.4 \ F_y A_w = 0.4x2400x7.5x0.23 = 1656$ kg. > 91.24 kg.

- ตรวจสอบการโก่งตัวของแปเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร

$$\Delta = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5x72.99x(2.5x100)^4}{384x(2x10^6)(3,700)}$$

$$= 0.5 \text{ cm} < L/360 = \frac{250}{360} = 0.69$$

∴ ใช้แปเหล็กขนาด [ 75x45x15x2.3




**<u>จันทัน</u>**

**จันทันช่วงเดียวยาว 6 m**

- **น้ำหนักถ่ายจากแป** = 91.24 kg
- **สมมตินํ้าหนักจันทัน** $\omega = 7.5 \quad kg/m$ ([125x50x20x4)

**โมเมนต์ดัด** M = 547.20 kg-m.

- **หาขนาดหน้าตัด**

$$S_x = \frac{M}{0.66Fy} = \frac{547.20x100}{0.66x2,400} = 34.55 \ cm^3$$

**เลือกใช้** [125x50x20x4 ; $S_x = 34.7 \ cm^3$

∴ **กำลังรับโมเมนต์ดัด** M = 0.66 $F_y S_x$

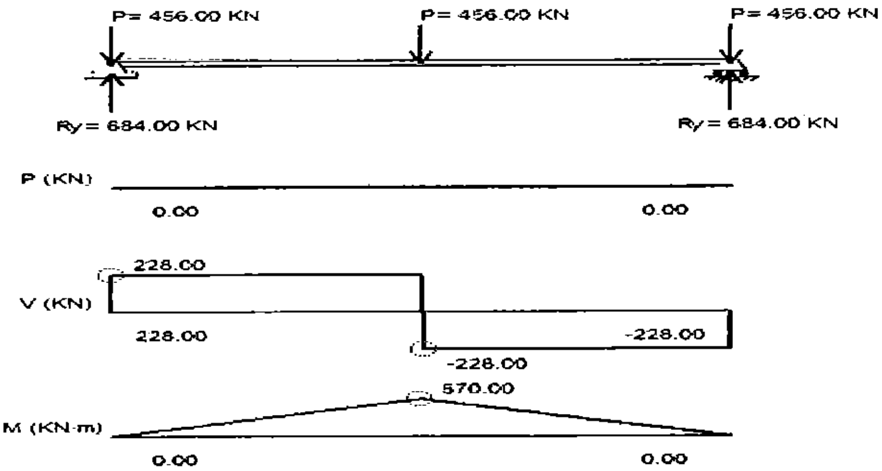
$$= \frac{0.66x2,400x34.7}{100} = 549.65 \text{ kg.m} > 547.20 \text{ kg-m.}$$

- **ตรวจสอบกำลังแรงเฉือน**

**แรงเฉือน** V = 364.80 kg.

**กำลังรับแรงเฉือน** V = 0.4 $F_y A_w$ = 0.4x2400x12.5x0.4 = 4800 kg. > 364.8 kg.

∴ **ใช้จันทันเหล็กขนาด** [120x50x20x4




**<u>อกไก่และอะเส</u>**

**อกไก่ช่วงเดียวยาว 6 m**

- **น้ำหนักถ่ายจากจันทัน** = 364.8 kg

**สมมตินํ้าหนักจันทัน** $\omega$ = 6.76 $kg/m$ ([150x50x20x3.2)

**โมเมนต์ดัด** M = 570 kg-m.

- **หาขนาดหน้าตัด**

$$S_x = \frac{M}{0.66Fy} = \frac{570x100}{0.66x2,400} = 36.05 \ cm^3$$

**เลือกใช้** [150x50x20x3.2 ; $S_x = 37.4 \ cm^3$

∴ **กำลังรับโมเมนต์ดัด** M = 0.66 $F_y S_x$

$$= \frac{0.66x2,400x37.4}{100} = 592.42 \text{ kg.m} > 570 \text{ kg-m.}$$

- **ตรวจสอบกำลังแรงเฉือน**

**แรงเฉือน** V = 228 kg

**กำลังรับแรงเฉือน** V = 0.4 $F_y A_w$ = 0.4x2400x15x0.32 = 4608 kg. > 228 kg.

∴ - **อกไก่ใช้เหล็กขนาด รับแรงจากหลังคา 2 ด้าน** 2-[150x50x20x3.2

- **อะเสใช้เหล็กขนาด** [100x50x20x3.2

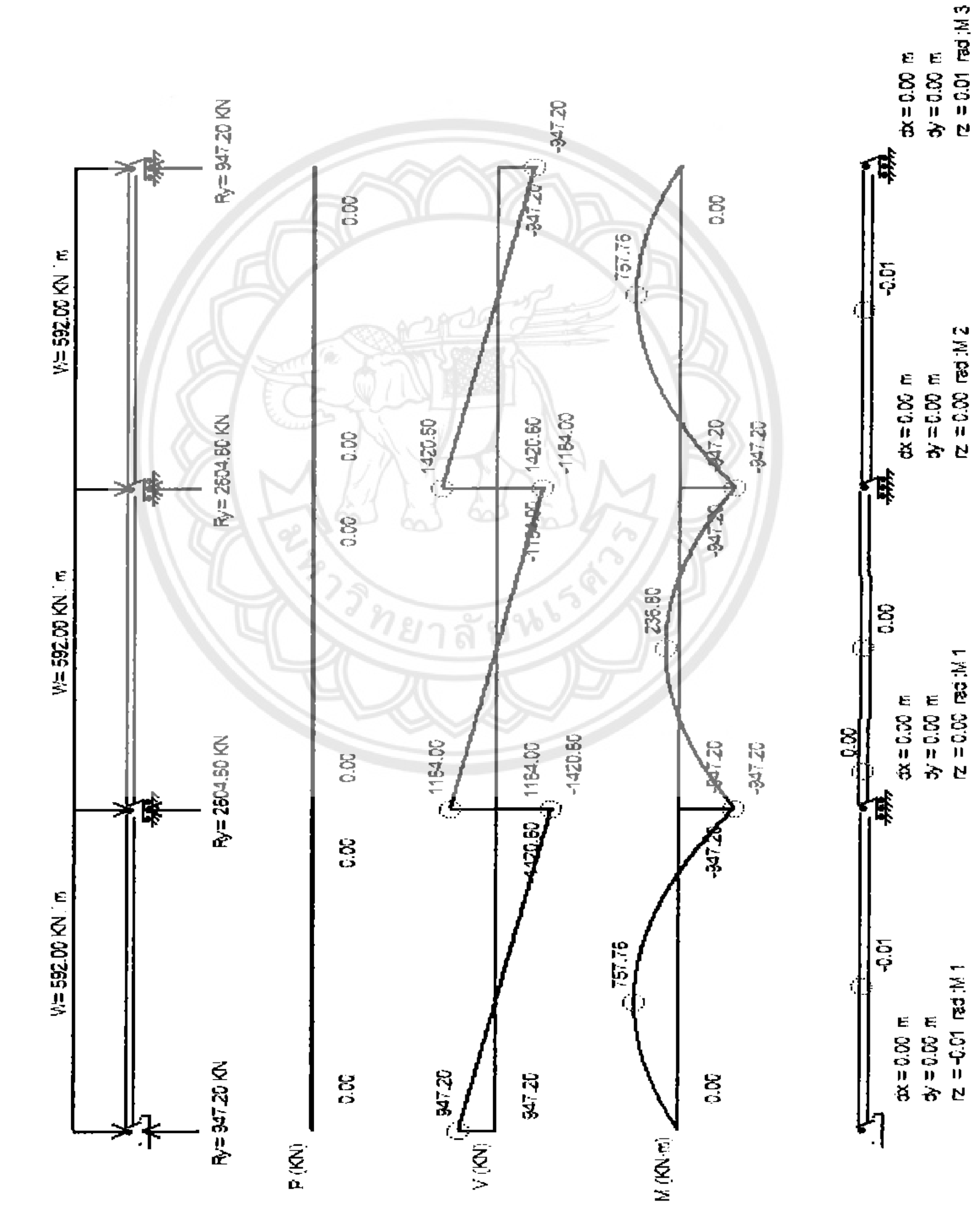
**ออกแบบคาน B1**

**น้ำหนักคาน** = 2400x0.20x0.40 = 192 kg/m

**น้ำหนักพื้น** = 391 kg/m

**น้ำหนักผนัง** = 90x0.1 = 9 kg/m

**รวม** = 592 kg/m




**การหาแรงเฉือนและโมเมนต์ในคาน B1**

# การคำนวณออกแบบคาน ค.ส.ล. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **โครงการ** | อาคารเขียว(Green Building) | **แฟ้มข้อมูล** | | | | 02/26/12 |
| **โดย** | | | | | | 04:30 PM |
| **คานหมายเลข** | คานB1 20x40 เมตร | **ตำแหน่ง** | | | | |
| **วัสดุ และคุณสมบัติ** | | | | | | |
| **เหล็กชั้นคุณภาพ** | SD xx หรือ SR xx | : | | SD 40 | | |
| **หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs** | | : | | 1,700 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม, Es** | | : | | 2,040,000 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc'** | | : | | 210 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc** | | : | | 94.50 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต** | Ec = 15,210·fc'^0.5 | : | | 220,414 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด** | | | | | | |
| **โมเมนต์ดัด** | | : | | 947 | | กิโลกรัม-เมตร |
| **แรงเฉือน** | | : | | 1,421 | | กิโลกรัม |
| **หน้าตัด (กรณีไม่ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว)** | | | | | | |
| กรณี | ความลึกต่ำสุด | | | | | |
| 1 ปลายไม่ต่อเนื่องสองด้าน | 0.25 b | : | | 0.20 | | เมตร |
| 2 ปลายต่อเนื่องด้านเดียว | 0.22 D | : | | 0.40 | | เมตร |
| 3 ปลายต่อเนื่องสองด้าน | 0.19 | | | | | |
| 4 คานยื่น | 0.50 กรณี | : | | 1 | | ใช้ได้ |
| **ระยะหุ้ม** | | : | | 0.05 | | เมตร |
| **ความยาวช่วงคาน** | | : | | 4.00 | | เมตร |
| **เหล็กเสริม** | | | รับแรงอัด | รับแรงดึง | | |
| **เหล็กชั้นล่าง (ใกล้ผิว)** | จำนวน | : | 2 | 2 | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | 12 | 12 | | มิลลิเมตร |
| | ลูกตัดขนาด | : | | | | เมตร |
| **เหล็กชั้นบน** | จำนวนเส้น | : | | | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | | | | มิลลิเมตร |
| **d-d', d** | >= 8·b if L/b > 30 | : | 0.27 | 0.34 | | เมตร [1] |
| **MR** | = R·b·d² | : | | 3,143 | | กิโลกรัม-เมตร [2] |
| **การเสริมเหล็ก** | | : | | Single | | |
| **เหล็กเสริม (ตารางเซนติเมตร)** | | | คำนวณ | เสริมจริง | | |
| **As** | = M/(fs·j·d) | : | 1.43 | 2.26 | | ใช้ได้ |
| **As'** | = | : | 0.00 | 2.26 | | ใช้ได้ |
| **Asmin** | = 1.34·As( 4 ) | : | 1.91 | 2.26 | | ใช้ได้ [3] |
| **Asmin** | = | : | | 2.26 | | ใช้ได้ [4] |
| **แรงเฉือนและเหล็กปลอก** | | | | | | |
| **การใช้เหล็กลูกตั้ง** | v ≤ 1.32·fc'^0.5 | : | | | | เสริมเหล็กได้ |
| **V - Vc** | = V - 0.29·(fc')^0.5·(b·d) | : | | 0 | | กิโลกรัม |
| **เส้นผ่านศูนย์กลาง** | | : | 6 | 9 | 12 | มิลลิเมตร |
| **fv** | = 0.50·fy | : | 1,200 | 1,200 | 1,700 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **ระยะเรียงสูงสุดที่ยอมให้** | | : | 0.168 | 0.168 | 0.168 | เมตร |
| **แรงยึดหน่วง** | | | เหล็กบน | เหล็กอื่นๆ | | |
| $\mu$ | = 2.29*fc'^.5/D หรือ 3.23*fc'^.5/D | : | 25.00 | 35.00 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | ต้องการ | : | 1.91 | 1.36 | | เซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | เสริมจริง | : | 7.54 | 7.54 | | เซนติเมตร |
| | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | | |

**หมายเหตุ**

1) สำหรับคานแคบ ความลึกประสิทธิผลต้องไม่เกิน 8 เท่าของความกว้าง (8·b)

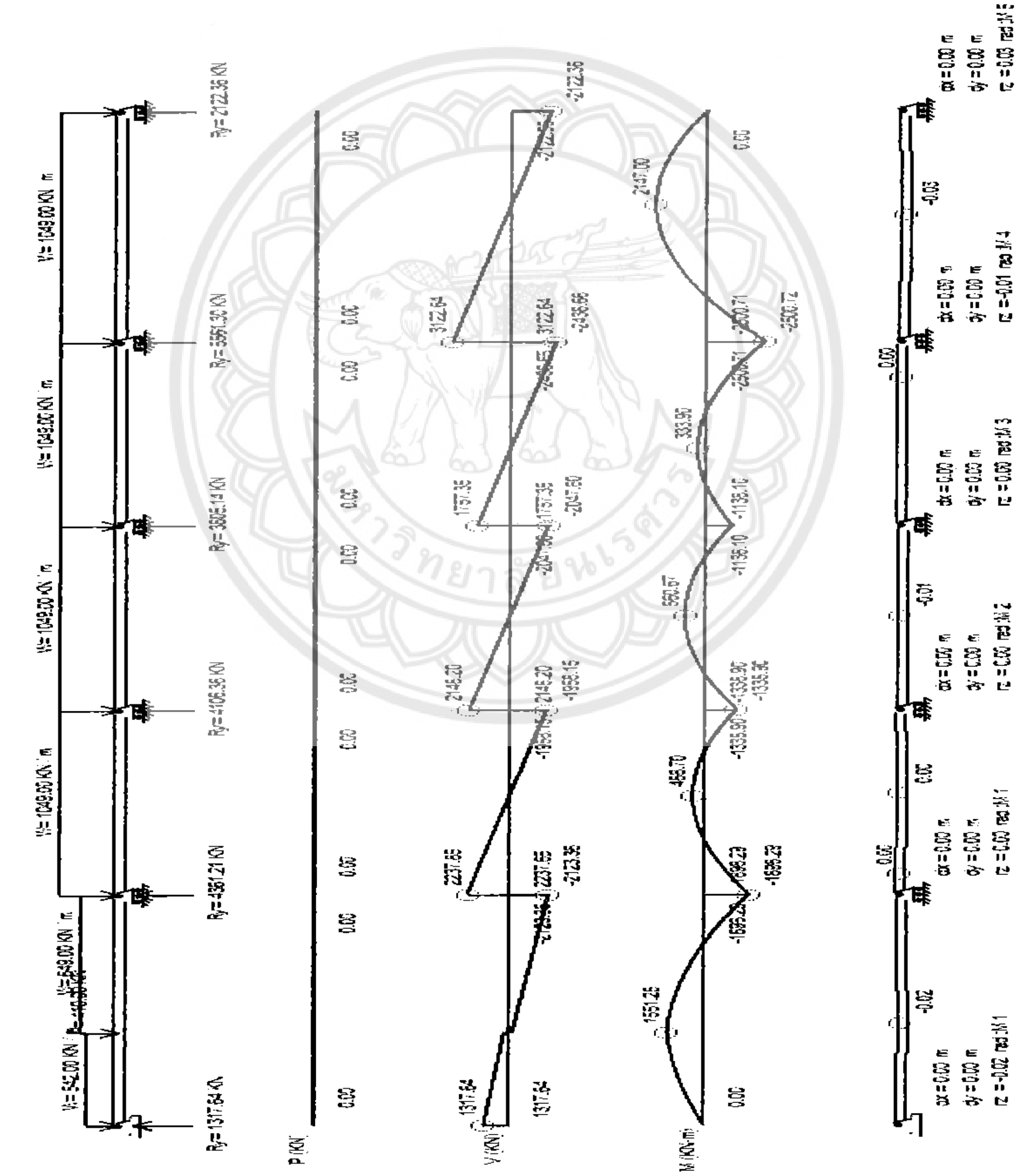
2) Mr = Rb·R·b·d^2 when L/b > 30,

3) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด: Asmin = 14/fy·b·d เว้นแต่จะเสริมเหล็กไม่น้อยกว่า 1.34 เท่าของค่าที่คำนวณได้ (1.34As)

4) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดในแนวราบ สำหรับคานลึก (As-min-hz = 0.0025·b·D) หาก D/L > 2/5 หรือ 4/5

**<u>ออกแบบคาน B2</u>**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **น้ำหนักคาน** | = | 2400x0.20x0.50 | = | 240 | kg/m |
| **น้ำหนักพื้น** | = | 800 | kg/m | | |
| **น้ำหนักผนัง** | = | 90x0.1 | = 9 kg/m | | |
| **รวม** | = | 1049 | kg/m | | |



**การหาแรงเฉือนและโมเมนต์ในคาน B2**

# การคำนวณออกแบบคาน ค.ส.ล. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว(Green Building) | แฟ้มข้อมูล | 02/20/12 |
| โดย | | | 04:31 PM |
| คานหมายเลข | คานB2 20x50 เมตร | ตำแหน่ง | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **วัสดุ และคุณสมบัติ** | | | | | | |
| เหล็กชั้นคุณภาพ | SD xx หรือ SR xx | : | | SD 40 | | |
| หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs | | : | | 1,700 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม, Es | | : | | 2,040,000 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc' | | : | | 210 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc | | : | | 94.50 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต Ec = 15,210·fc'^0.5 | | : | | 220,414 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด** | | | | | | |
| โมเมนต์ดัด | | : | | 2,501 | | กิโลกรัม-เมตร |
| แรงเฉือน | | : | | 3,123 | | กิโลกรัม |
| **หน้าตัด (กรณีไม่ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว)** | | | | | | |
| กรณี | ความลึกต่ำสุด | | | | | |
| 1 ปลายไม่ต่อเนื่องสองด้าน | 0.25 b | : | | 0.20 | | เมตร |
| 2 ปลายต่อเนื่องด้านเดียว | 0.22 D | : | | 0.50 | | เมตร |
| 3 ปลายต่อเนื่องสองด้าน | 0.19 | | | | | |
| 4 คานยื่น | 0.50 กรณี | : | | 1 | | ใช้ได้ |
| ระยะหุ้ม | | : | | 0.05 | | เมตร |
| ความยาวช่วงคาน | | | | 4.00 | | เมตร |
| **เหล็กเสริม** | | | รับแรงอัด | รับแรงดึง | | |
| เหล็กชั้นล่าง (โกงผิว) | จำนวน | : | 2 | 4 | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | 12 | 12 | | มิลลิเมตร |
| | ลูกตัดขนาด | : | | | | เมตร |
| เหล็กชั้นบน | จำนวนเส้น | : | | | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | | | | มิลลิเมตร |
| d-d', d | >= 8·b if L/b > 30 | : | 0.37 | 0.44 | | เมตร [1] |
| MR | = R·b·d² | : | | 5,300 | | กิโลกรัม-เมตร [2] |
| การเสริมเหล็ก | | : | | Single | | |
| เหล็กเสริม (ตารางเซนติเมตร) | | | คำนวณ | เสริมจริง | | |
| As | = M/(fs·j·d) | : | 3.61 | 4.52 | | ใช้ได้ |
| As' | = | : | 0.00 | 2.26 | | ใช้ได้ |
| Asmin | = 14/fy·(b·d) | : | 3.05 | 4.52 | | ใช้ได้ [3] |
| Asmin | = | : | | 2.26 | | ใช้ได้ [4] |
| **แรงเฉือนและเหล็กปลอก** | | | | | | |
| การใช้เหล็กลูกตั้ง | V ≤ 1.32·fc'^0.5 | : | | | | เสริมเหล็กได้ |
| V - Vc | = V - 0.29·(fc)^0.5·(b·d) | : | | 0 | | กิโลกรัม |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง | | : | 6 | 9 | 12 | มิลลิเมตร |
| fv | = 0.50·fy | : | 1,200 | 1,200 | 1,700 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| ระยะเรียงสูงสุดที่ยอมให้ | | : | 0.218 | 0.218 | 0.218 | เมตร |
| **แรงยึดหน่วง** | | | เหล็กบน | เหล็กอื่นๆ | | |
| $\mu$ | = 2.29*fc'^.5/D หรือ 3.23*fc'^.5/D | : | 25.00 | 35.00 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | ต้องการ | : | 3.23 | 2.31 | | เซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | เสริมจริง | : | 15.08 | 15.08 | | เซนติเมตร |
| | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | | |

หมายเหตุ

1) สำหรับคานแคบ ความลึกประสิทธิผลต้องไม่เกิน 8 เท่าของความกว้าง (8 b)

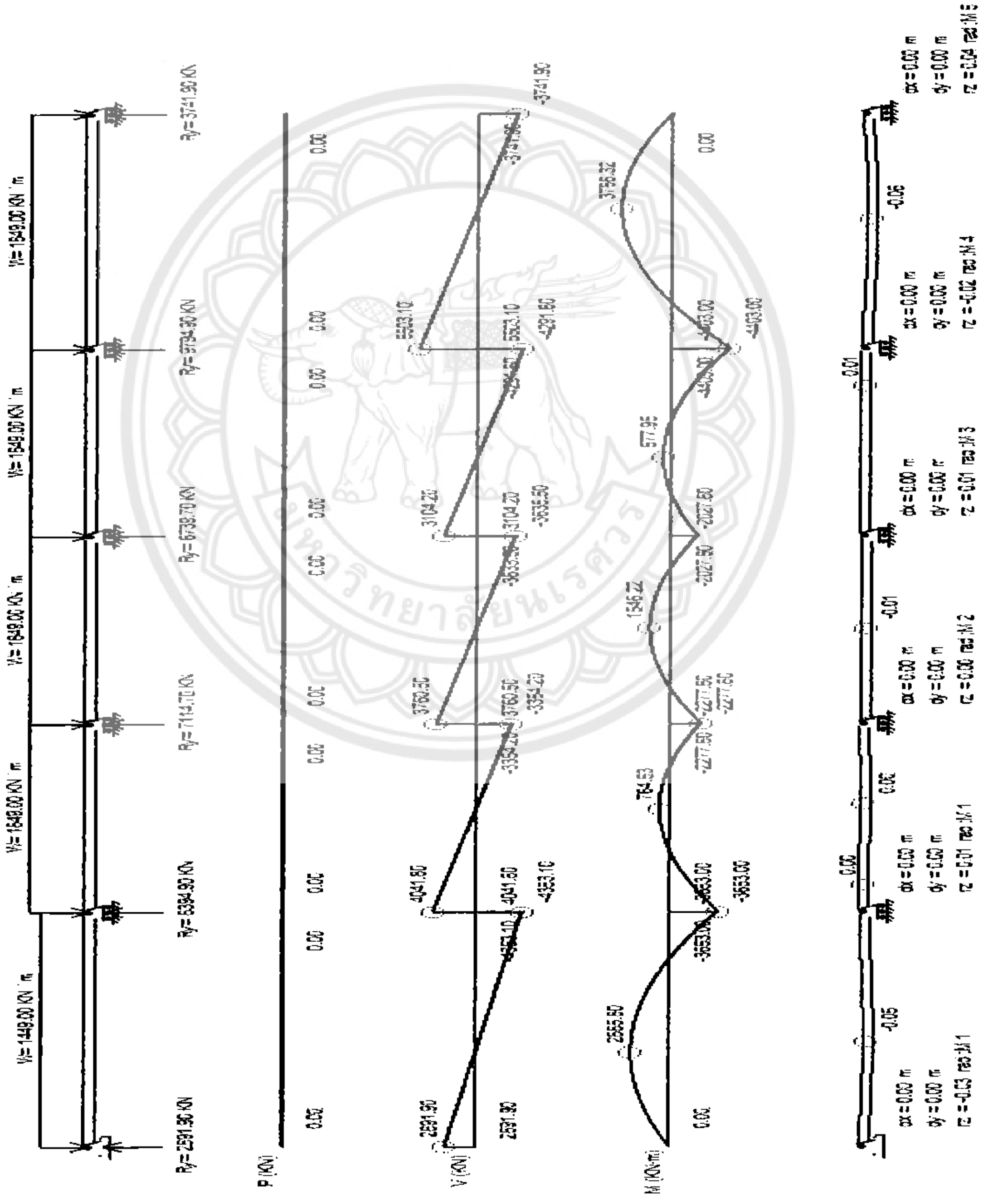
2) Mr = Rb-R b·d^2 when L/b > 30,

3) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด Asmin = 14/fy·b·d เว้นแต่จะเสริมเหล็กไม่น้อยกว่า 1.34 เท่าของค่าที่คำนวณได้ (1.34As)

4) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดในแนวราบ สำหรับคานลึก (As-min-hz = 0.0025·b·D) หาก D/L > 25 หรือ 4/5

**<u>ออกแบบคาน B3</u>**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **น้ำหนักคาน** | = | 2400x0.20x0.50 | = 240 | kg/m |
| **น้ำหนักพื้น** | = | 1600 kg/m | | |
| **น้ำหนักผนัง** | = | 90x0.1 | = 9 kg/m | |
| **รวม** | = | 1849 kg/m | | |



การหาแรงเฉือนและโมเมนต์ในคาน B3

# การคำนวณออกแบบคาน ค.ส.ล. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

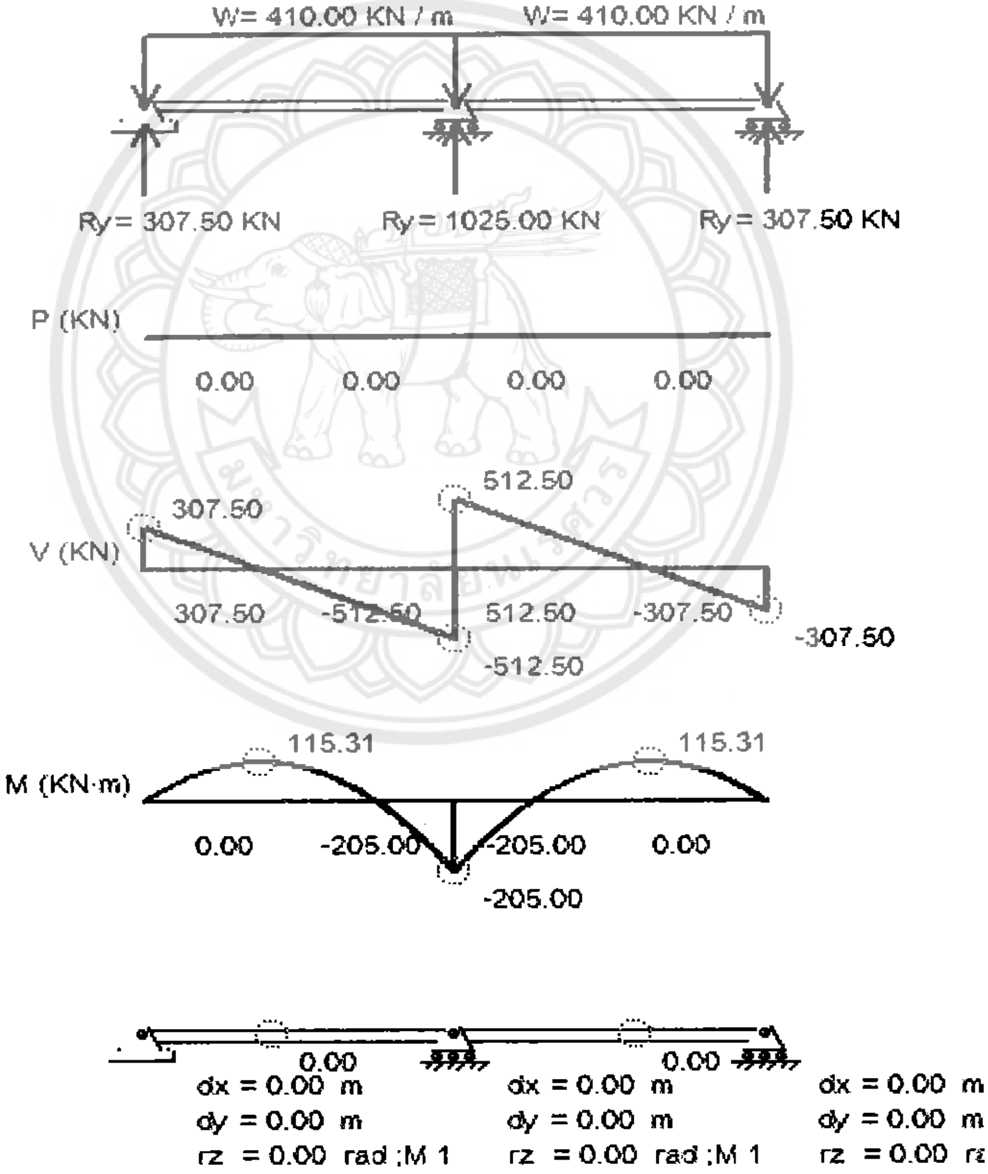
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว(Green Building) | แฟ้มข้อมูล | | 02/28/12 |
| โดย | | | | 04:36 PM |
| คานหมายเลข | คานB3 20x50 เมตร | ตำแหน่ง | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **วัสดุ และคุณสมบัติ** | | | | | | | |
| เหล็กชั้นคุณภาพ | SD xx หรือ SR xx | : | | SD 40 | | | |
| หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs | | : | | 1,700 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม, Es | | : | | 2,040,000 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc' | | : | | 210 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc | | : | | 94.50 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต | Ec = 15,210·fc'^0.5 | : | | 220,414 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด** | | | | | | | |
| โมเมนต์ดัด | | : | | 4,403 | | | กิโลกรัม-เมตร |
| แรงเฉือน | | : | | 5,502 | | | กิโลกรัม |
| **หน้าตัด (กรณีไม่ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว)** | | | | | | | |
| กรณี | ความลึกต่ำสุด | | | | | | |
| 1 ปลายไม่ต่อเนื่องสองด้าน | 0.25 b | : | | 0.20 | | | เมตร |
| 2 ปลายต่อเนื่องด้านเดียว | 0.22 D | : | | 0.50 | | | เมตร |
| 3 ปลายต่อเนื่องสองด้าน | 0.19 | | | | | | |
| 4 คานยื่น | 0.50 กรณี | : | | 1 | | | ใช้ได้ |
| ระยะหุ้ม | | : | | 0.05 | | | เมตร |
| ความยาวช่วงคาน | | : | | 4.00 | | | เมตร |
| **เหล็กเสริม** | | | รับแรงอัด | รับแรงดึง | | | |
| เหล็กชั้นล่าง (ใกล้ผิว) | จำนวน | : | 2 | 4 | | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | 12 | 16 | | | มิลลิเมตร |
| | ลูกตัดขนาด | : | | | | | เมตร |
| เหล็กชั้นบน | จำนวนเส้น | : | | | | | เส้น |
| | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | | | | | มิลลิเมตร |
| d-d', d | >= 8·b if L/b > 30 | : | 0.37 | 0.43 | | | เมตร 1 |
| MR | = R·b·d² | : | | 5,251 | | | กิโลกรัม-เมตร 2 |
| การเสริมเหล็ก | | : | | Single | | | |
| **เหล็กเสริม (ตารางเซนติเมตร)** | | | คำนวณ | เสริมจริง | | | |
| As | = M/(fs·j·d) | : | 6.67 | 8.04 | | | ใช้ได้ |
| As' | = | : | 0.00 | 2.26 | | | ใช้ได้ |
| Asmin | = 14/fy·(b·d) | : | 3.03 | 8.04 | | | ใช้ได้ 3 |
| Asmin | = | : | | 2.26 | | | ใช้ได้ 4 |
| **แรงเฉือนและเหล็กปลอก** | | | | | | | |
| การใช้เหล็กลูกตั้ง | v ≤ 1.32·fc'^0.5 | : | | | | | เสริมเหล็กได้ |
| V - Vc | = V - 0.29·(fc')^0.5·(b·d) | : | | 1,863 | | | กิโลกรัม |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง | | : | 6 | 9 | 12 | | มิลลิเมตร |
| fv | = 0.50·fy | : | 1,200 | 1,200 | 1,700 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| ระยะเรียงสูงสุดที่ยอมให้ | | : | 0.158 | 0.217 | 0.217 | | เมตร |
| **แรงยึดหน่วง** | | | เหล็กบน | เหล็กอื่นๆ | | | |
| $\mu$ | = 2.29*fc'^.5/D หรือ 3.23*fc'^.5/D | : | 20.74 | 29.25 | | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | ต้องการ | : | 6.89 | 4.89 | | | เซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | เสริมจริง | : | 20.11 | 20.11 | | | เซนติเมตร |
| | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | | | |

หมายเหตุ
1) สำหรับคานแคบ ความลึกประสิทธิผลต้องไม่เกิน 8 เท่าของความกว้าง (8·b),
2) Mr = Rb·R·b·d^2 when L/b > 30,
3) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด: Asmin = 14/fy·b·d เว้นแต่จะเสริมเหล็กไม่น้อยกว่า 1.34 เท่าของค่าที่คำนวณได้ (1.34As)
4) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดในแนวราบ สำหรับคานลึก (As-min-hz = 0.0025·b·D) หาก D/L > 2/5 หรือ 4/5

**<u>ออกแบบคาน B4</u>**

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำหนักคาน | = | 2400x0.15x0.30 = 108 | kg/m |
| น้ำหนักพื้น | = | 293 | kg/m |
| น้ำหนักผนัง | = | 90x0.1 = 9 | kg/m |
| รวม | = | 410 | kg/m |




การหาแรงเฉือนและโมเมนต์ในคาน B4

# การคำนวณออกแบบคาน ค.ส.ล. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว(Green Building) | แฟ้มข้อมูล | 03/26/12 |
| โดย | | | 04:37 PM |
| คานหมายเลข | คานB4 15x30 เมตร | ตำแหน่ง | |

| รายการ | | สูตร / ค่า | | ค่า 1 | ค่า 2 | ค่า 3 | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **วัสดุ และคุณสมบัติ** | | | | | | | |
| เหล็กชั้นคุณภาพ | | SD xx หรือ SR xx | : | | SD 40 | | |
| หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs | | | : | | 1,700 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม, Es | | | : | | 2,040,000 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc' | | | : | | 210 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc | | | : | | 94.50 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต | | Ec = 15,210·fc'^0.5 | : | | 220,414 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด** | | | | | | | |
| โมเมนต์ดัด | | | : | | 205 | | กิโลกรัม-เมตร |
| แรงเฉือน | | | : | | 410 | | กิโลกรัม |
| **หน้าตัด (กรณีไม่ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว)** | | | | | | | |
| กรณี | | ความลึกต่ำสุด | | | | | |
| 1 | ปลายไม่ต่อเนื่องสองด้าน | 0.13 b | : | | 0.15 | | เมตร |
| 2 | ปลายต่อเนื่องด้านเดียว | 0.11 D | : | | 0.30 | | เมตร |
| 3 | ปลายต่อเนื่องสองด้าน | 0.10 | | | | | |
| 4 | คานยื่น | 0.25 กรณี | : | | 1 | | ใช้ได้ |
| ระยะหุ้ม | | | : | | 0.05 | | เมตร |
| ความยาวช่วงคาน | | | : | | 2.00 | | เมตร |
| **เหล็กเสริม** | | | | รับแรงอัด | รับแรงดึง | | |
| เหล็กชั้นล่าง (ใกล้ผิว) | | จำนวน | : | 2 | 2 | | เส้น |
| | | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | 12 | 12 | | มิลลิเมตร |
| | | ลูกตั้งขนาด | : | | | | เมตร |
| เหล็กชั้นบน | | จำนวนเส้น | : | | | | เส้น |
| | | เส้นผ่านศูนย์กลาง | : | | | | มิลลิเมตร |
| d-d', d | | >= 8·b if L/b > 30 | : | 0.17 | 0.24 | | เมตร [1] |
| MR | = | R·b·d² | : | | 1,160 | | กิโลกรัม-เมตร [2] |
| การเสริมเหล็ก | | | : | | Single | | |
| **เหล็กเสริม (ตารางเซนติเมตร)** | | | | คำนวณ | เสริมจริง | | |
| As | = | M/(fs·j·d) | : | -0.04 | 2.26 | | ใช้ได้ |
| As' | = | | : | 0.00 | 2.26 | | ใช้ได้ |
| Asmin | = | 1.34·As( 4 ) | : | -0.05 | 2.26 | | ใช้ได้ [3] |
| Asmin | = | | : | | 2.26 | | ใช้ได้ [4] |
| **แรงเฉือนและเหล็กปลอก** | | | | | | | |
| การใช้เหล็กลูกตั้ง | | v ≤ 1.32·fc'^0.5 | : | | | | เสริมเหล็กได้ |
| V - Vc | = | V - 0.29·(fc')^0.5·(b·d) | : | | 0 | | กิโลกรัม |
| เส้นผ่านศูนย์กลาง | | | : | 6 | 9 | 12 | มิลลิเมตร |
| fv | = | 0.50·fy | : | 1,200 | 1,200 | 1,700 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| ระยะเรียงสูงสุดที่ยอมให้ | | | : | 0.118 | 0.118 | 0.118 | เมตร |
| **แรงยึดหน่วง** | | | | เหล็กบน | เหล็กอื่นๆ | | |
| $\mu$ | = | 2.29*fc'^.5/D หรือ 3.23*fc'^.5/D | : | 25.00 | 35.00 | | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | | ต้องการ | : | 0.79 | 0.56 | | เซนติเมตร |
| $\Sigma_o$ | | เสริมจริง | : | 7.54 | 7.54 | | เซนติเมตร |
| | | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | | |

หมายเหตุ
1) สำหรับคานแคบ ความลึกประสิทธิผลต้องไม่เกิน 8 เท่าของความกว้าง (8·b),
2) Mr = Rb·R·b·d^2 when L/b > 30,
3) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด Asmin = 14/fy·b·d เว้นแต่จะเสริมเหล็กไม่น้อยกว่า 1.34 เท่าของค่าที่คำนวณได้ (1.34As)
4) ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดในแนวราบ สำหรับคานลึก (As-min-hz = 0.0025·b·D) หาก D/L > 2/5 หรือ 4/5

**การออกแบบเสา C1**

**การถ่ายน้ำหนักตามแนวแกน**

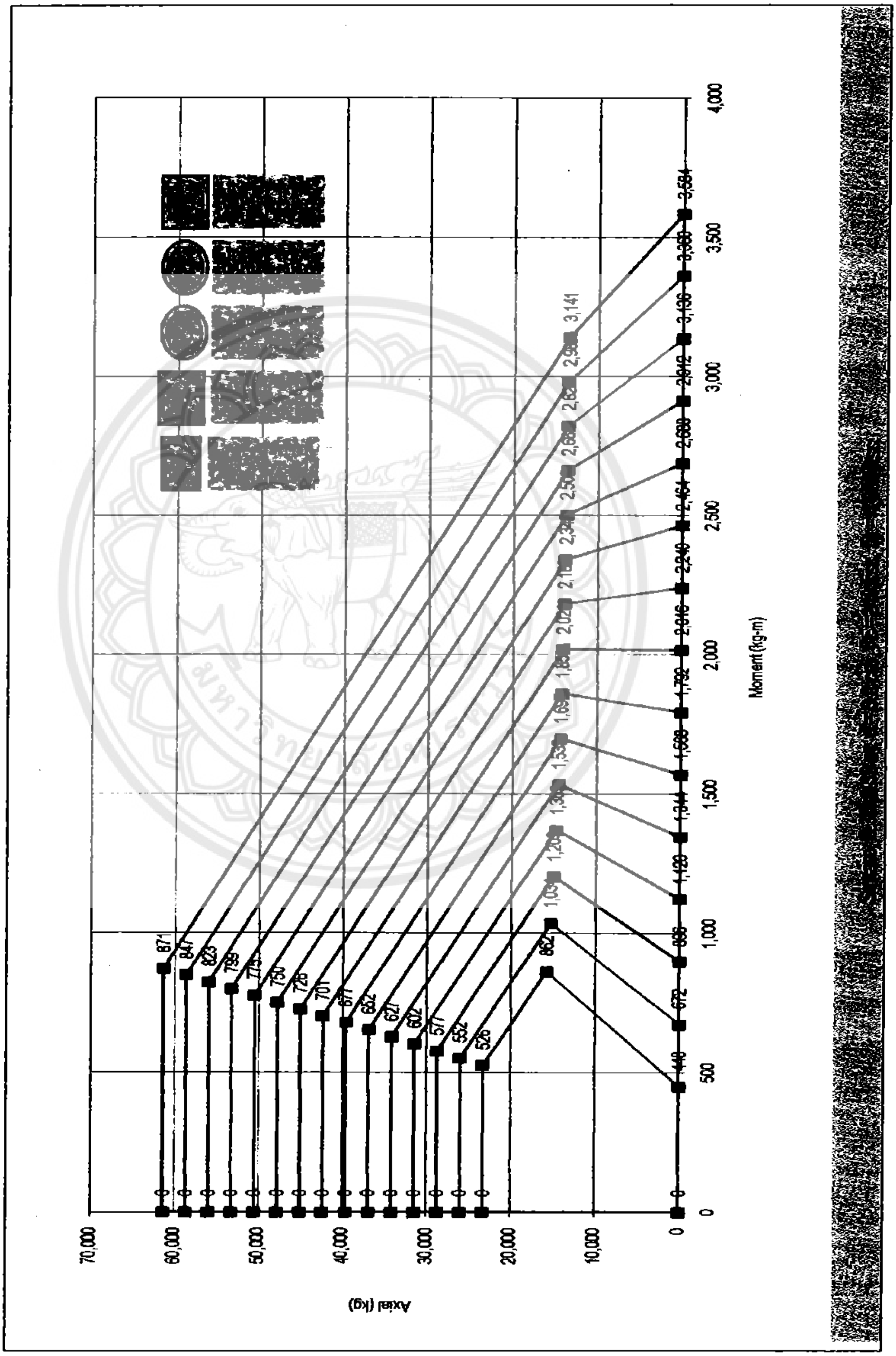
- น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา = 14.74x 16.00 = 235.84 kg
- น้ำหนักโครงหลังคา = 20x16.00 = 192.50 kg
- น้ำหนักบรรทุกจร ของหลังคา = 30x16 = 480 kg
- น้ำหนักแรงลม =25x16.00 = 400 kg
- น้ำหนักพื้น = 0.1x16.00x2400 =3,840 kg
- น้ำหนักฝ้า =22x16.00 = 352 kg
- น้ำหนักคาน 2,400x0.2x0.5x2x4 = 1,920 kg
- น้ำหนักเสา 0.2x0.2x3.0x2,400 = 288 kg
- น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารที่อยู่อาศัย =150x16.00= 2400 kg
- น้ำหนักตอม่อ =0.2x0.2x1.0x2,400 = 96 kg
- รวมน้ำหนัก = 10204.34 kg

การออกแบบเสา ขนาด 20x20 cm

## Interaction Diagram ออกแบบเสาภายใต้โมเมนต์ดัดรอบแกนเดียว

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กรณี | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| รูปหน้าตัด | | | | | rectangular | square | circular | circular | square |
| ชนิดเหล็กปลอก | | | | | tie | tie | hoop | Spiral | spiral |
| ด้านกว้าง หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง | : 20 cm | fy | : 4,000 | ksc | Es | : | | 2E+06 | ksc |
| ด้านลึก หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง | : 20 cm | fs | : 1,600 | ksc | Ec | : | | 2E+05 | ksc |
| ระยะหุ้ม | : 3 cm | fc' | : 210 | ksc | กรณี | : | | 2 | |
| ชื่อรุ่น (เสา ขนาด 0.2x0.2 เมตร) | : | Square Section w/ Tie | | | | | | | |
| ชื่อรุ่น | : | Square, 0.30x0.30 m, d'= 3.0 cm, fc =240 ksc, fy = 4,000 ksc | | | | | | | |

| pg | Ag | Ast | Fe | Po | Pe | Ic | Ms | Ma | ebx | Pb | Mb | Mox | Bar diameter (mm), Ast (sq.cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | sq.cm | sq.cm | ksc | kg | kg | cm4 | kg-m | kg-m | cm | kg | kg-m | kg-m | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 0.010 | 400 | 4.00 | 87.4 | 34,980 | 23,290 | 16,665 | 1,576 | 526 | 5.44 | 15,832 | 862 | 448 | 3.5 | 2.0 | 1.3 | 0.8 |
| 0.013 | 400 | 5.00 | 91.4 | 36,580 | 24,650 | 17,498 | 1,654 | 539 | 6.08 | 15,595 | 948 | 560 | 4.4 | 2.5 | 1.6 | 1.0 |
| 0.015 | 400 | 6.00 | 95.4 | 38,180 | 26,010 | 18,331 | 1,732 | 552 | 6.72 | 15,387 | 1,034 | 672 | 5.3 | 3.0 | 1.9 | 1.2 |
| 0.018 | 400 | 7.00 | 99.4 | 39,780 | 27,370 | 19,164 | 1,811 | 564 | 7.36 | 15,204 | 1,119 | 784 | 6.2 | 3.5 | 2.2 | 1.4 |
| 0.020 | 400 | 8.00 | 103.4 | 41,380 | 28,730 | 19,997 | 1,890 | 577 | 7.99 | 15,041 | 1,203 | 896 | 7.1 | 4.0 | 2.5 | 1.6 |
| 0.023 | 400 | 9.00 | 107.4 | 42,980 | 30,090 | 20,830 | 1,968 | 590 | 8.63 | 14,896 | 1,286 | 1,008 | 8.0 | 4.5 | 2.9 | 1.8 |
| 0.025 | 400 | 10.00 | 111.4 | 44,580 | 31,450 | 21,663 | 2,047 | 602 | 9.27 | 14,765 | 1,369 | 1,120 | 8.8 | 5.0 | 3.2 | 2.0 |
| 0.028 | 400 | 11.00 | 115.4 | 46,180 | 32,810 | 22,496 | 2,126 | 615 | 9.91 | 14,647 | 1,451 | 1,232 | 9.7 | 5.5 | 3.5 | 2.2 |
| 0.030 | 400 | 12.00 | 119.4 | 47,780 | 34,170 | 23,329 | 2,205 | 627 | 10.55 | 14,539 | 1,533 | 1,344 | 10.6 | 6.0 | 3.8 | 2.4 |
| 0.033 | 400 | 13.00 | 123.4 | 49,380 | 35,530 | 24,162 | 2,283 | 640 | 11.19 | 14,441 | 1,616 | 1,456 | 11.5 | 6.5 | 4.1 | 2.6 |
| 0.035 | 400 | 14.00 | 127.4 | 50,980 | 36,890 | 24,995 | 2,362 | 652 | 11.82 | 14,352 | 1,697 | 1,568 | 12.4 | 7.0 | 4.5 | 2.9 |
| 0.038 | 400 | 15.00 | 131.4 | 52,580 | 38,250 | 25,828 | 2,441 | 665 | 12.46 | 14,269 | 1,778 | 1,680 | 13.3 | 7.5 | 4.8 | 3.1 |
| 0.040 | 400 | 16.00 | 135.4 | 54,180 | 39,610 | 26,661 | 2,519 | 677 | 13.10 | 14,193 | 1,859 | 1,792 | 14.1 | 8.0 | 5.1 | 3.3 |
| 0.043 | 400 | 17.00 | 139.4 | 55,780 | 40,970 | 27,494 | 2,598 | 689 | 13.74 | 14,123 | 1,940 | 1,904 | 15.0 | 8.5 | 5.4 | 3.5 |
| 0.045 | 400 | 18.00 | 143.4 | 57,380 | 42,330 | 28,327 | 2,677 | 701 | 14.38 | 14,059 | 2,021 | 2,016 | 15.9 | 9.0 | 5.7 | 3.7 |
| 0.048 | 400 | 19.00 | 147.4 | 58,980 | 43,690 | 29,160 | 2,756 | 714 | 15.01 | 13,997 | 2,101 | 2,128 | 16.8 | 9.4 | 6.0 | 3.9 |
| 0.050 | 400 | 20.00 | 151.4 | 60,580 | 45,050 | 29,993 | 2,834 | 726 | 15.65 | 13,940 | 2,182 | 2,240 | 17.7 | 9.9 | 6.4 | 4.1 |
| 0.053 | 400 | 21.00 | 155.4 | 62,180 | 46,410 | 30,826 | 2,913 | 738 | 16.29 | 13,887 | 2,262 | 2,352 | 18.6 | 10.4 | 6.7 | 4.3 |
| 0.055 | 400 | 22.00 | 159.4 | 63,780 | 47,770 | 31,659 | 2,992 | 750 | 16.93 | 13,838 | 2,342 | 2,464 | 19.5 | 10.9 | 7.0 | 4.5 |
| 0.058 | 400 | 23.00 | 163.4 | 65,380 | 49,130 | 32,492 | 3,071 | 762 | 17.57 | 13,791 | 2,423 | 2,576 | 20.3 | 11.4 | 7.3 | 4.7 |
| 0.060 | 400 | 24.00 | 167.4 | 66,980 | 50,490 | 33,325 | 3,149 | 776 | 18.20 | 13,748 | 2,503 | 2,688 | 21.2 | 11.9 | 7.6 | 4.9 |
| 0.063 | 400 | 25.00 | 171.4 | 68,580 | 51,850 | 34,158 | 3,228 | 787 | 18.84 | 13,706 | 2,583 | 2,800 | 22.1 | 12.4 | 8.0 | 5.1 |
| 0.065 | 400 | 26.00 | 175.4 | 70,180 | 53,210 | 34,991 | 3,307 | 799 | 19.48 | 13,668 | 2,663 | 2,912 | 23.0 | 12.9 | 8.3 | 5.3 |
| 0.068 | 400 | 27.00 | 179.4 | 71,780 | 54,570 | 35,824 | 3,385 | 811 | 20.12 | 13,631 | 2,742 | 3,024 | 23.9 | 13.4 | 8.6 | 5.5 |
| 0.070 | 400 | 28.00 | 183.4 | 73,380 | 55,930 | 36,657 | 3,464 | 823 | 20.76 | 13,596 | 2,822 | 3,136 | 24.8 | 13.9 | 8.9 | 5.7 |
| 0.073 | 400 | 29.00 | 187.4 | 74,980 | 57,290 | 37,490 | 3,543 | 835 | 21.39 | 13,563 | 2,902 | 3,248 | 25.6 | 14.4 | 9.2 | 5.9 |
| 0.075 | 400 | 30.00 | 191.4 | 76,580 | 58,650 | 38,323 | 3,622 | 847 | 22.03 | 13,532 | 2,981 | 3,360 | 26.5 | 14.9 | 9.5 | 6.1 |
| 0.078 | 400 | 31.00 | 195.4 | 78,180 | 60,010 | 39,156 | 3,700 | 859 | 22.67 | 13,502 | 3,061 | 3,472 | 27.4 | 15.4 | 9.9 | 6.3 |
| 0.080 | 400 | 32.00 | 199.4 | 79,780 | 61,370 | 39,989 | 3,779 | 871 | 23.31 | 13,474 | 3,141 | 3,584 | 28.3 | 15.9 | 10.2 | 6.5 |
| Diameter of main bars/tie, cm | | | | | | | | 6 | 9 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 28 | 32 |
| 16-Diameter of main bars, cm | | | | | | | | n.a. | n.a. | 16 | 19 | 26 | 32 | 40 | 45 | 51 |
| 48-Diameter of tie, cm | | | | | | | | 29 | 43 | 48 | 58 | 77 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| Least dimension of column, cm | | | | | | | | 20 | | | | | | | | |


Axial (kg)
70,000
60,000
50,000
40,000
30,000
20,000
10,000
0
Moment (kg-m)
0
500
1,000
1,500
2,000
2,500
3,000
3,500
4,000
3,141
3,584

**การออกแบบเสา C2**

การถ่ายน้ำหนักตามแนวแกน

- น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา = 14.74x 16.00 = 235.84 kg
- น้ำหนักโครงหลังคา = 20x16.00 = 192.50 kg
- น้ำหนักบรรทุกจร ของหลังคา = 30x16 = 480 kg
- น้ำหนักแรงลม =25x16.00 = 400 kg
- น้ำหนักพื้น = 0.1x16.00x2400 =3,840 kg
- น้ำหนักฝ้า =22x16.00 = 352 kg
- น้ำหนักคาน 2,400x0.2x0.5x2x4 = 1,920 kg
- น้ำหนักเสา 0.1x0.1x3.0x2,400 = 72 kg
- น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารที่อยู่อาศัย =150x16.00= 2400 kg
- น้ำหนักตอม่อ =0.1x0.1x1.0x2,400 = 24 kg
- รวมน้ำหนัก = 9846.34 kg

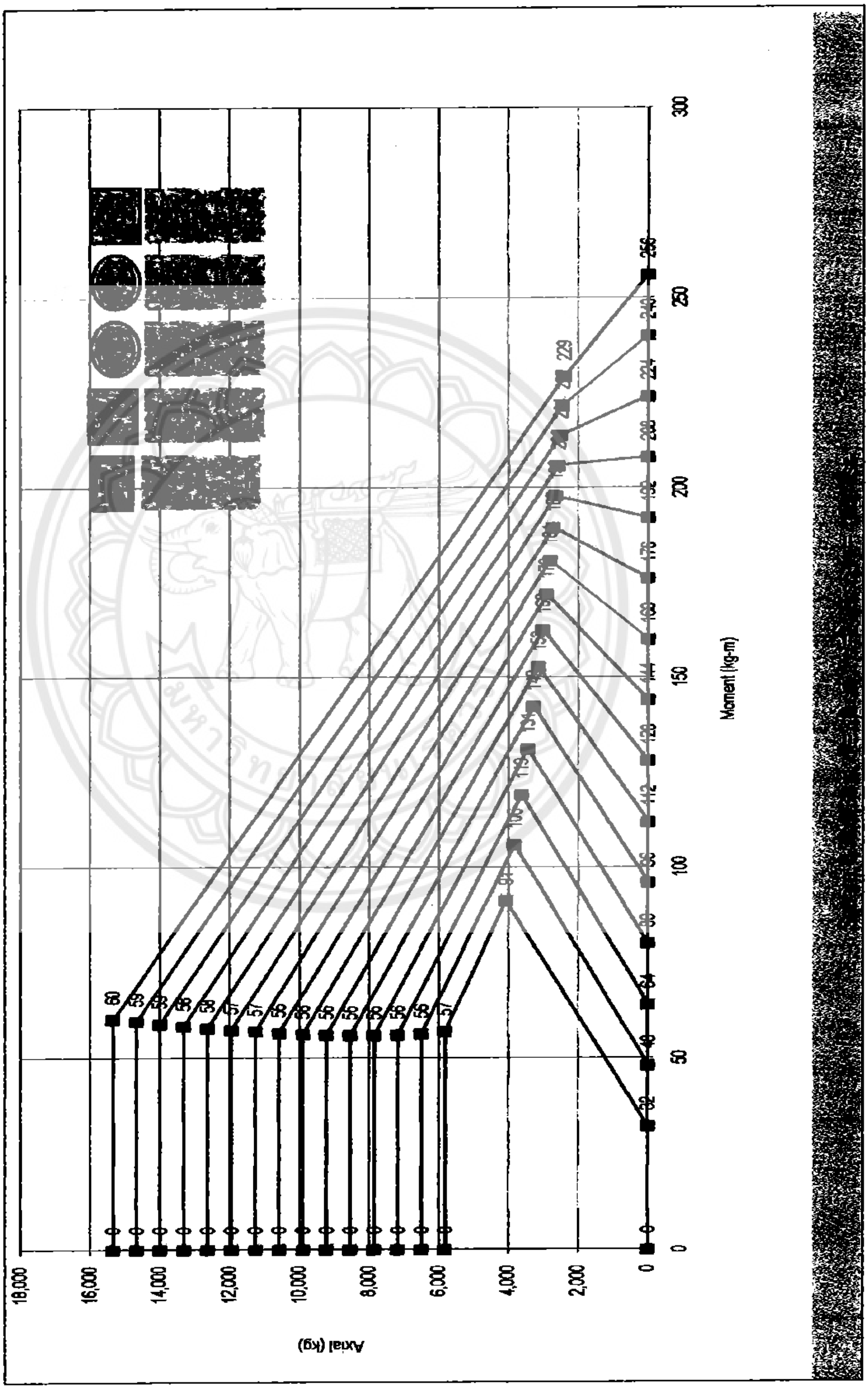
การออกแบบเสา ขนาด 10x10 cm

# Interaction Diagram ออกแบบเสาภายใต้โมเมนต์ดัดรอบแกนเดียว

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กรณี | | | | | | | | | |
| รูปหน้าตัด | | | | | | | | | |
| ชนิดเหล็กปลอก | | | | | | | | | |
| ด้านกว้าง หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง | : 10 | cm | fy : 4,000 | ksc | | | | | |
| ด้านลึก หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง | : 10 | cm | fs : 1,600 | ksc | | | | | |
| ระยะหุ้ม | : 3 | cm | fc' : 210 | ksc | | | | | |
| ชื่อรูป (เสา ขนาด 0.1x0.1 เมตร) | : | | Square Section w/ Tie | | | | | | |
| ชื่อรูป | : | | Square, 0.30x0.30 m, d'= 3.0 cm, fc =240 ksc, fy = 4,000 ksc | | | | | | |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| | rectangular | square | circular | circular | square |
| | tie | tie | loop | Spiral | spiral |
| Es : | | | | 2E+06 | ksc |
| Ec : | | | | 2E+06 | ksc |
| กรณี : | | | | 2 | |

| pg | Ag sq.cm | Ast sq.cm | Fs ksc | Po kg | Pe kg | Ir cm4 | Ms kg-m | Ms kg-m | ebx cm | Pb kg | Mb kg-m | Max kg-m | Bar diameter (mm), Ast (sq.cm) 12 | 16 | 20 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.010 | 100 | 1.00 | 87.4 | 8,740 | 5,823 | 901 | 170 | 57 | 2.24 | 4,068 | 91 | 32 | 0.9 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| 0.013 | 100 | 1.25 | 91.4 | 9,140 | 6,163 | 918 | 174 | 57 | 2.50 | 3,942 | 99 | 40 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 0.3 |
| 0.015 | 100 | 1.50 | 95.4 | 9,540 | 6,503 | 935 | 177 | 56 | 2.77 | 3,827 | 106 | 48 | 1.3 | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| 0.018 | 100 | 1.75 | 99.4 | 9,940 | 6,843 | 952 | 180 | 56 | 3.03 | 3,719 | 113 | 56 | 1.5 | 0.9 | 0.6 | 0.4 |
| 0.020 | 100 | 2.00 | 103.4 | 10,340 | 7,183 | 969 | 183 | 56 | 3.29 | 3,618 | 119 | 64 | 1.8 | 1.0 | 0.6 | 0.4 |
| 0.023 | 100 | 2.25 | 107.4 | 10,740 | 7,523 | 986 | 186 | 56 | 3.56 | 3,524 | 125 | 72 | 2.0 | 1.1 | 0.7 | 0.5 |
| 0.025 | 100 | 2.50 | 111.4 | 11,140 | 7,863 | 1,003 | 190 | 56 | 3.82 | 3,436 | 131 | 80 | 2.2 | 1.2 | 0.8 | 0.5 |
| 0.028 | 100 | 2.75 | 115.4 | 11,540 | 8,203 | 1,020 | 193 | 56 | 4.08 | 3,353 | 137 | 88 | 2.4 | 1.4 | 0.9 | 0.6 |
| 0.030 | 100 | 3.00 | 119.4 | 11,940 | 8,543 | 1,037 | 196 | 56 | 4.34 | 3,276 | 142 | 96 | 2.7 | 1.5 | 1.0 | 0.6 |
| 0.033 | 100 | 3.25 | 123.4 | 12,340 | 8,883 | 1,054 | 199 | 56 | 4.61 | 3,203 | 148 | 104 | 2.9 | 1.6 | 1.0 | 0.7 |
| 0.035 | 100 | 3.50 | 127.4 | 12,740 | 9,223 | 1,071 | 202 | 56 | 4.87 | 3,135 | 153 | 112 | 3.1 | 1.7 | 1.1 | 0.7 |
| 0.038 | 100 | 3.75 | 131.4 | 13,140 | 9,563 | 1,088 | 206 | 56 | 5.13 | 3,072 | 158 | 120 | 3.3 | 1.9 | 1.2 | 0.8 |
| 0.040 | 100 | 4.00 | 135.4 | 13,540 | 9,903 | 1,105 | 209 | 56 | 5.39 | 3,012 | 162 | 128 | 3.5 | 2.0 | 1.3 | 0.8 |
| 0.043 | 100 | 4.25 | 139.4 | 13,940 | 10,243 | 1,122 | 212 | 56 | 5.66 | 2,955 | 167 | 136 | 3.8 | 2.1 | 1.4 | 0.9 |
| 0.045 | 100 | 4.50 | 143.4 | 14,340 | 10,583 | 1,139 | 215 | 56 | 5.92 | 2,902 | 172 | 144 | 4.0 | 2.2 | 1.4 | 0.9 |
| 0.048 | 100 | 4.75 | 147.4 | 14,740 | 10,923 | 1,156 | 219 | 57 | 6.18 | 2,851 | 176 | 152 | 4.2 | 2.4 | 1.5 | 1.0 |
| 0.050 | 100 | 5.00 | 151.4 | 15,140 | 11,263 | 1,173 | 222 | 57 | 6.44 | 2,804 | 181 | 160 | 4.4 | 2.5 | 1.6 | 1.0 |
| 0.053 | 100 | 5.25 | 155.4 | 15,540 | 11,603 | 1,190 | 225 | 57 | 6.71 | 2,759 | 185 | 168 | 4.6 | 2.6 | 1.7 | 1.1 |
| 0.055 | 100 | 5.50 | 159.4 | 15,940 | 11,943 | 1,207 | 228 | 57 | 6.97 | 2,716 | 189 | 176 | 4.9 | 2.7 | 1.8 | 1.1 |
| 0.058 | 100 | 5.75 | 163.4 | 16,340 | 12,283 | 1,224 | 231 | 57 | 7.23 | 2,676 | 194 | 184 | 5.1 | 2.9 | 1.8 | 1.2 |
| 0.060 | 100 | 6.00 | 167.4 | 16,740 | 12,623 | 1,241 | 235 | 58 | 7.50 | 2,637 | 198 | 192 | 5.3 | 3.0 | 1.9 | 1.2 |
| 0.063 | 100 | 6.25 | 171.4 | 17,140 | 12,963 | 1,258 | 238 | 58 | 7.76 | 2,600 | 202 | 200 | 5.5 | 3.1 | 2.0 | 1.3 |
| 0.065 | 100 | 6.50 | 175.4 | 17,540 | 13,303 | 1,275 | 241 | 58 | 8.02 | 2,565 | 206 | 208 | 5.7 | 3.2 | 2.1 | 1.3 |
| 0.068 | 100 | 6.75 | 179.4 | 17,940 | 13,643 | 1,292 | 244 | 59 | 8.28 | 2,532 | 210 | 216 | 6.0 | 3.4 | 2.1 | 1.4 |
| 0.070 | 100 | 7.00 | 183.4 | 18,340 | 13,983 | 1,309 | 247 | 59 | 8.55 | 2,501 | 214 | 224 | 6.2 | 3.5 | 2.2 | 1.4 |
| 0.073 | 100 | 7.25 | 187.4 | 18,740 | 14,323 | 1,326 | 251 | 59 | 8.81 | 2,470 | 218 | 232 | 6.4 | 3.6 | 2.3 | 1.5 |
| 0.075 | 100 | 7.50 | 191.4 | 19,140 | 14,663 | 1,343 | 254 | 59 | 9.07 | 2,442 | 222 | 240 | 6.6 | 3.7 | 2.4 | 1.5 |
| 0.078 | 100 | 7.75 | 195.4 | 19,540 | 15,003 | 1,360 | 257 | 60 | 9.34 | 2,414 | 225 | 248 | 6.9 | 3.9 | 2.5 | 1.6 |
| 0.080 | 100 | 8.00 | 199.4 | 19,940 | 15,343 | 1,377 | 260 | 60 | 9.60 | 2,387 | 229 | 256 | 7.1 | 4.0 | 2.5 | 1.6 |
| Diameter of main bars/tie, cm | | | | | | | | 6 | 9 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 28 | 32 |
| 16-Diameter of main bars, cm | | | | | | | | n.s. | n.s. | 16 | 19 | 26 | 32 | 40 | 45 | 51 |
| 48-Diameter of tie, cm | | | | | | | | 29 | 43 | 48 | 58 | 77 | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Least dimension of column, cm | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | |


Axial (kg)
Moment (kg-m)
18,000
16,000
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
0
0
50
100
150
200
250
300

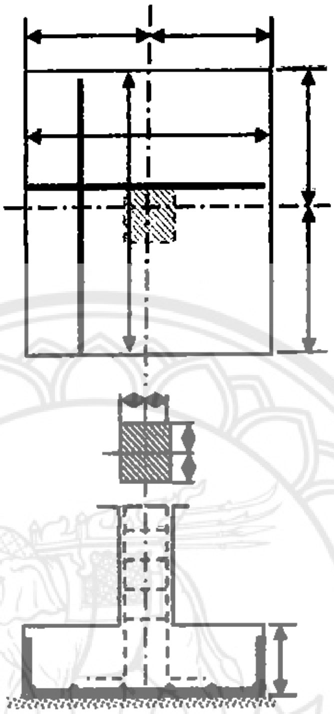
**<u>การออกแบบฐานราก F1</u>**

**<u>การถ่ายน้ำหนักตามแนวแกน</u>**

- น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา = 14.74 x 16.00 = 235.84 kg
- น้ำหนักโครงหลังคา = 20x16.00 = 192.50 kg
- น้ำหนักบรรทุกจร ของหลังคา = 30x16 = 480 kg
- แรงลม =25x16.00 = 400 kg
- น้ำหนักพื้น = 0.1x16.00x2400 =3,840 kg
- น้ำหนักฝ้า =22x16.00 = 352 kg
- น้ำหนักคาน 2,400x0.2x0.5x2x4 = 1,920 kg
- น้ำหนักเสา 0.2x0.2x3.0x2,400 = 288 kg
- น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารที่อยู่อาศัย =150x16.00= 2400 kg
- น้ำหนักตอม่อ =0.2x0.2x1.0x2,400 = 96 kg
- รวมแรง = 10204.34 kg
- น้ำหนักฐาน = 1.0x1.0x0.20x2,400 = 480 kg
- รวมแรงถ่ายลงฐานราก = 10204.34+480 = 10,684.34 kg

## ตารางคำนวณออกแบบฐานรากแผ่โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **โครงการ** | อาคารเขียว(Green Building) | **แฟ้มข้อมูล** | | |
| **โดย** | | | 02/26/12 | 02:21 PM |
| **ฐานรากหมายเลข** | F-1 . | **ตำแหน่ง** | | |



มหาวิทยาลัยนเรศวร

วัสดุ และกลสมบัติ

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **เหล็กชั้นคุณภาพ** | | SD xx หรือ SR xx | : | SD 40 | |
| **หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs** | | | : | 1,700 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม** | | | : | 2,040,000 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc'** | | | : | 210 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **ตัวคูณ** | | | : | 0.45 | |
| **หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc** | | | : | 94.50 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต** | | Ec = 15,210·fc'^0.5 | : | 220,414 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| n | = | Es/E โดยที่ Es = 2,040,000 ksc | : | 9 | |
| k | = | 1/[1+fs/(n·fc)] | : | 0.333 | |
| j | = | 1 - k/3 | : | 0.889 | |
| R | = | fc/2·j·k | : | 14.00 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |

ขนาดฐานราก และตอม่อ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ความกว้างเสา (แกน X), a** | : | | 0.20 | **เมตร** |
| **ความยาวเสา (แกน Y), b** | : | | 0.20 | **เมตร** |
| **ความกว้างฐานราก (แกน X), B** | : | | 1.00 | **เมตร** |
| **ความยาวฐานราก (แกน Y), T** | : | | 1.00 | **เมตร** |
| **ความลึก, D** | : | | 0.20 | **เมตร** |
| **ระยะหุ้ม** | : | | 0.05 | **เมตร** |
| **ความลึกต่ำสุด, Dmin** | : | | 0.04 | **ใช้ได้** |
| **น้ำหนักฐานราก** | : | | 480 | **กิโลกรัม** |
| **แรงตามแกน** | : | | 10,684 | **kg** |
| | | **เกิดจริง** | **ยอมให้** | **ใช้ได้** |
| **แรงแบกทานของดิน (ตันต่อตารางเมตร)** | : | 11,164 | 11,200 | **กิโลกรัม** |
| | | **รอบแกน X** | **รอบแกน Y** | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| โมเมนต์ดัดรอบแกน | | | : | | | |
| หน่วยแรงสูงสุด, P/A + M/c./I. | | | : | 11,164 | 11,164 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| หน่วยแรงต่ำสุด, P/A - M/c./I. | | | : | 11,164 | 11,164 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| | | | | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| หน่วยแรงที่ขอบเสา | | | | 11,164 | 11,164 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| หน่วยแรงที่ d/2 | | | | 11,164 | 11,164 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| หน่วยแรงที่ d | | | | 11,164 | 11,164 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| โมเมนต์ดัดรอบแกนรวม | | | : | 893 | 893 | กิโลกรัม-เมตร |
| แรงเฉือนสำหรับคำนวณแรงยึดหน่วง // แกน x และแกน y | | | | 4,466 | 4,466 | กิโลกรัม |
| แรงเฉือนสำหรับแบบคาน Vd // แกน x และ y | | | | 2,992 | 2,858 | กิโลกรัม |
| แรงเฉือนแบบเจาะทะลุ Vp | | | | 4,967 | 4,922 | กิโลกรัม |
| **เหล็กเสริม และกำลังของหน้าตัด** | | | | | | |
| ขนาดเหล็กเสริม | | | : | 12 | 12 | |
| จำนวนเส้น | | | | 6 | 6 | # |
| ปริมาณเหล็กเสริม | | | : | 6.79 | 6.79 | ตารางเซนติเมตร |
| ความลึกประสิทธิผล, d | | | : | 0.13 | 0.14 | เมตร |
| MR | = | $R \cdot b \cdot d^2$ | : | 2,440 | 2,904 | กิโลกรัม-เมตร |
| | | | : | singly | singly | ใช้ได้ |
| As | = | $M/[fs \cdot j \cdot d]$ | : | 4.48 | 4.10 | ตารางเซนติเมตร |
| | | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| As-temp | = | $[0.0018/0.0020/0.0025] \cdot (b \text{ or } l) \cdot D$ | : | 3.60 | 3.60 | ตารางเซนติเมตร |
| | | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| vd | = | Vd/Td หรือ Vd/Bd | : | 2.27 | 1.98 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| vc | = | $0.29 \cdot [f'c]^{0.5}$ | : | 4.20 | 4.20 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| | | | | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| vp, vc = $0.53 \cdot [f'c]^{0.5}$ | | | : | 5.67 | 7.68 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| | | | : | | ใช้ได้ | |
| **เส้นรอบรูป เพื่อถ่ายเทแรงยึดหน่วง** | | | | | | |
| หน่วยแรงยึดหน่วงยอมให้ < 11 (RB) or < 35 (DB) | | | : | 35.00 | 35.00 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| เส้นรอบรูปที่ต้องการ | | | : | 10.87 | 9.97 | เซนติเมตร |
| เส้นรอบรูปเหล็กเสริมจริง | | | : | 22.62 | 22.62 | เซนติเมตร |

หมายเหตุ (1) โมเมนต์รอบแกน X จะคำนวณได้เหล็กเสริมตามยาว (ตั้งฉากแกน X หรือขนานแกน Y) หรือกลับกัน

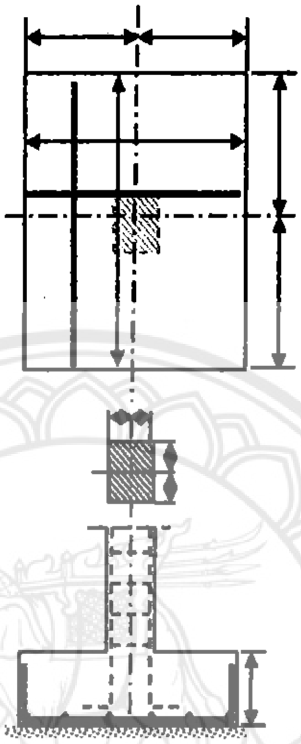
**การออกแบบฐานราก F2**

**การถ่ายน้ำหนักตามแนวแกน**

- น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา = 14.74 x 16.00 = 235.84 kg
- น้ำหนักโครงหลังคา = 20x16.00 = 192.50 kg
- น้ำหนักบรรทุกจร ของหลังคา = 30x16 = 480 kg
- แรงลม =25x16.00 = 400 kg
- น้ำหนักพื้น = 0.1x16.00x2400 =3,840 kg
- น้ำหนักฝ้า =22x16.00 = 352 kg
- น้ำหนักคาน 2,400x0.2x0.5x2x4 = 1,920 kg
- น้ำหนักเสา 0.1x0.1x3.0x2,400 = 72 kg
- น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารที่อยู่อาศัย =150x16.00= 2400 kg
- น้ำหนักตอม่อ =0.1x0.1x1.0x2,400 = 24 kg
- รวมแรง = 9,916.34 kg
- น้ำหนักฐาน = 1.0x1.0x0.20x2,400 = 480 kg
- รวมแรงถ่ายลงฐานราก = 10204.34+480 = 10,396.34 kg

## ตารางคำนวณออกแบบฐานรากแผ่โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว(Green Building) | แฟ้มข้อมูล | | |
| โดย | | | 02/26/12 | 02:22 PM |
| ฐานรากหมายเลข | F-2 | ตำแหน่ง | | |



**วัสดุ และกลสมบัติ**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| เหล็กชั้นคุณภาพ | | SD xx หรือ SR xx | : | SD 40 | |
| หน่วยแรงใช้งานของเหล็กเสริม, fs | | | : | 1,700 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม | | | : | 2,040,000 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, fc' | | | : | 210 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| ตัวคูณ | | | : | 0.45 | |
| หน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต, fc | | | : | 94.50 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต | | Ec = 15,210·fc'^0.5 | : | 220,414 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| n | = | Es/E โดยที่ Es = 2,040,000 ksc | : | 9 | |
| k | = | 1/[1+fs/(n·fc)] | : | 0.333 | |
| j | = | 1 - k/3 | : | 0.889 | |
| R | = | fc/2·j·k | : | 14.00 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |

**ขนาดฐานราก และคอม่อ**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ความกว้างเสา (แกน X), a | : | | 0.10 | | เมตร |
| ความยาวเสา (แกน Y), b | : | | 0.10 | | เมตร |
| ความกว้างฐานราก (แกน X), B | : | | 1.00 | | เมตร |
| ความยาวฐานราก (แกน Y), T | : | | 1.00 | | เมตร |
| ความลึก, D | : | | 0.20 | | เมตร |
| ระยะหุ้ม | : | | 0.05 | | เมตร |
| ความลึกต่ำสุด, Dmin | : | | 0.04 | | ใช้ได้ |
| น้ำหนักฐานราก | : | | 480 | | กิโลกรัม |
| แรงตามแกน | : | | 10,396 | | kg |
| | | เกิดจริง | ยอมให้ | | ใช้ได้ |
| แรงแบกทานของดิน (ตันต่อตารางเมตร) | : | 10,876 | 11,200 | | กิโลกรัม |
| | | รอบแกน X | รอบแกน Y | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **โมเมนต์ดัดรอบแกน** | | | : | | | |
| **หน่วยแรงสูงสุด, P/A + M/c./I.** | | | : | 10,876 | 10,876 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| **หน่วยแรงต่ำสุด, P/A - M/c./I.** | | | : | 10,876 | 10,876 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| | | | | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| **หน่วยแรงที่ขอบเสา** | | | | 10,876 | 10,876 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| **หน่วยแรงที่ d/2** | | | | 10,876 | 10,876 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| **หน่วยแรงที่ d** | | | | 10,876 | 10,876 | กิโลกรัมต่อตารางเมตร |
| **โมเมนต์ดัดรอบแกนรวม** | | | : | 1,101 | 1,101 | กิโลกรัม-เมตร |
| **แรงเฉือนสำหรับคำนวณแรงยึดหน่วง // แกน x และแกน y** | | | | 4,894 | 4,894 | กิโลกรัม |
| **แรงเฉือนสำหรับแบบคาน Vd // แกน x และ y** | | | | 3,459 | 3,328 | กิโลกรัม |
| **แรงเฉือนแบบเจาะทะลุ Vp** | | | | 5,145 | 5,114 | กิโลกรัม |
| เหล็กเสริม และกำลังของหน้าตัด | | | | | | |
| **ขนาดเหล็กเสริม** | | | : | 12 | 12 | |
| **จำนวนเส้น** | | | | 6 | 6 | # |
| **ปริมาณเหล็กเสริม** | | | : | 6.79 | 6.79 | ตารางเซนติเมตร |
| **ความลึกประสิทธิผล, d** | | | : | 0.13 | 0.14 | เมตร |
| MR | = | $R \cdot b \cdot d^2$ | : | 2,440 | 2,904 | กิโลกรัม-เมตร |
| | | | : | singly | singly | ใช้ได้ |
| As | = | $M/[fs \cdot j \cdot d]$ | : | 5.52 | 5.06 | ตารางเซนติเมตร |
| | | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| As-temp | = | [0.0018/0.0020/0.0025]·(b or l)·D | : | 3.60 | 3.60 | ตารางเซนติเมตร |
| | | | : | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| vd | = | Vd/Td หรือ Vd/Bd | : | 2.62 | 2.31 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| vc | = | 0.29·[f'c]^0.5 | : | 4.20 | 4.20 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| | | | | ใช้ได้ | ใช้ได้ | |
| vp, vc = 0.53·[f'c]^0.5 | | | : | 8.40 | 7.68 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| | | | : | | แก้ไข | |
| เส้นรอบรูป เพื่อถ่ายเทแรงยึดหน่วง | | | | | | |
| **หน่วยแรงยึดหน่วงยอมให้ < 11 (RB) or < 35 (DB)** | | | : | 35.00 | 35.00 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร |
| **เส้นรอบรูปที่ต้องการ** | | | : | 11.92 | 10.93 | เซนติเมตร |
| **เส้นรอบรูปเหล็กเสริมจริง** | | | : | 22.62 | 22.62 | เซนติเมตร |

หมายเหตุ (1) โมเมนต์รอบแกน X จะคำนวณได้เหล็กเสริมตามยาว (ตั้งฉากแกน X หรือขนานแกน Y) หรือกลับกัน

# การออกแบบพื้นสองทาง

**การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นสองทางวิธีที่ 3 (ว.ส.ท. ตาราง 9104 - 9106)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการ | : | อาคารเขียว(Green Building) | 02/18/12 |
| โดย | : | | 12:15 AM |
| แผ่นพื้น | : | | ตำแหน่ง |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุ | เหล็กเสริม เช่น SD 40, SR 24 | : | | SR 24 | | |
| | กำลังอัดประลัยของคอนกรีต, $f_c'$ | : | | 210 | กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร | |
| แผ่นพื้น | กรณี (ดูรูปแล้วเลือกใส่หมายเลข) | : | | 4 | | |
| | ระยะระหว่างศูนย์กลางที่รองรับ และความกว้างคาน (ด้านสั้น) | | 2.00 | 0.20 | | เมตร |
| | ระยะระหว่างศูนย์กลางที่รองรับ และความกว้างคาน (ด้านยาว) | | 2.00 | 0.20 | | เมตร |
| | $A, B$ | | 1.80 | 1.80 | | เมตร |
| | $\bar{m} = A/B$ | : | | 1.00 | | |

| | | น้ำหนักคงที่ | น้ำหนักจร | อื่น ๆ | รวม |
|---|---|---|---|---|---|
| น้ำหนัก | น้ำหนัก (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) | 240 | 150 | 50 | 440 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| หน้าตัด | ระยะหุ้มถึงศูนย์กลางเหล็กเสริมหลัก | : | 0.031 | | เมตร |
| | ระยะหุ้มถึงศูนย์กลางเหล็กเสริมอีกทิศทางหนึ่ง | : | 0.043 | | เมตร |
| | ความหนาประมาณจากโมเมนต์ดัด และระยะหุ้ม | : | 0.064 | | เมตร |
| | ความหนาต่ำสุด $t_{min} = max\{(A+B)/90,\ 0.08\}$ | : | 0.080 | | เมตร |
| | ใช้ความหนา $t$ | : | 0.100 | เมตร | ใช้ได้ |
| | โมเมนต์ต้านทาน $M_R = R \cdot b \cdot d^2$ | : | 540 กิโลกรัม-เมตร | | ใช้ได้ |

เหล็กเสริม

| | | | | เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) และระยะเรียง (เมตร) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ด้านสั้น | สัมประสิทธิ์ | โมเมนต์ดัด | $A_s$ | 9 | 12 | 16 | 20 |
| $M^-_{cont.}$ | 0.050 | 71 | 1.00 | 0.637 | 1.132 | 2.013 | 3.145 |
| $M^-_{discont.}$ | | 14 | 0.19 | 3.328 | 5.916 | 10.517 | 16.433 |
| $M^+_{DL}$ | 0.027 | 25 | | | | | |
| $M^+_{LL}$ | 0.032 | 16 | | | | | |
| $M^+_{TL}$ | - | 41 | 0.57 | 1.109 | 1.972 | 3.506 | 5.478 |
| ด้านยาว | สัมประสิทธิ์ | โมเมนต์ดัด | | | | | |
| $M^-_{cont.}$ | 0.050 | 71 | 1.21 | 0.526 | 0.935 | 1.663 | 2.598 |
| $M^-_{discont.}$ | | 14 | 0.23 | 2.749 | 4.887 | 8.688 | 13.575 |
| $M^+_{DL}$ | 0.027 | 25 | | | | | |
| $M^+_{LL}$ | 0.032 | 16 | | | | | |
| $M^+_{TL}$ | - | 41 | 0.69 | 0.916 | 1.629 | 2.896 | 4.525 |

ระยะเรียงสูงสุด

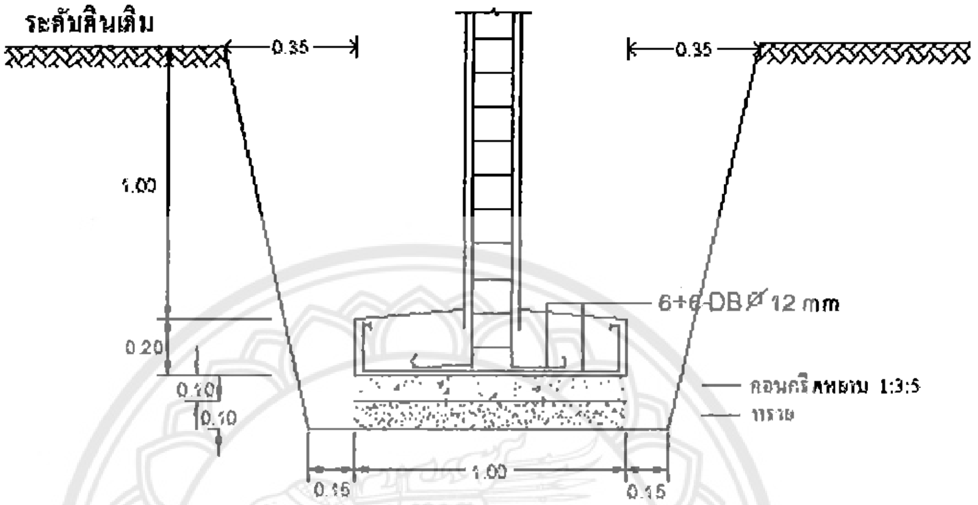
| | | เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) และระยะเรียง (เมตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เหล็กต้านการยืดหด | $0.0018\,b\,t$ | 0.254 | 0.452 | 0.804 | 1.257 | เมตร |
| ระยะเรียงสูงสุด | $min\{3 \cdot t, 0.30\}$ | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | เมตร |

แรงเฉือน

| | $(W \cdot A/3)$ | $(W \cdot A/3) \cdot (3 - m^2)/2$ | |
|---|---|---|---|
| ถ่ายลงคานที่รองรับ | 264 | 264 | กิโลกรัมต่อเมตร |

**ปริมาณงานฐานราก**

F 1, F2




1. ดินขุด

Vex = (1 + 2(0.25)) (1 + 2(0.25)) (1.2 + 0.1 + 0.1) = 3.15 $m^3$

2. ทรายอัดแน่น

Vs = (1 + (0.15×2)) (1 + (0.15×2)) × 0.1 = 0.169 $m^3$

3. คอนกรีตหยาบ

Vlc = (1 + (0.15×2)) (1 + (0.15×2)) × 0.1 = 0.169 $m^3$

4. คอนกรีต

Vc = 1 × 1 × 0.2 = 0.2 $m^3$

5. ไม้แบบ

Af = 2 × (0.9 + 0.9) × 0.3 = 0.486 $m^2$

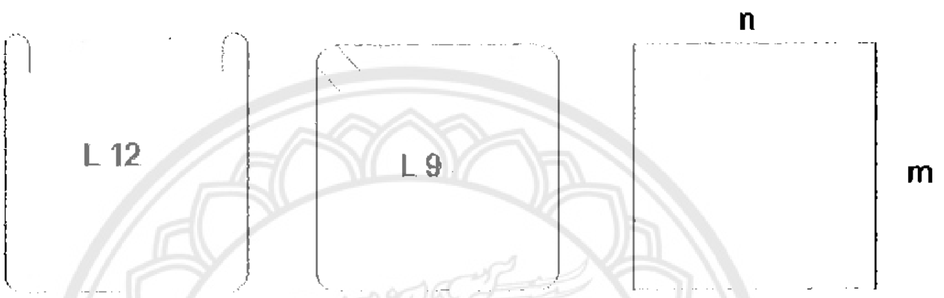
6. ดินถม

$$Vp = (0.2 \times 0.2)(1.2 - 0.2 + 0.6) = 0.064 \ m^3$$

$$Vf = Vex - Vs - Vlc - Vc - Vp$$

$$= 3.15 - 0.169 - 0.169 - 0.2 - 0.064 = 2.548 \ m^3$$

7. เหล็กเสริมฐานราก




เหล็กเสริม $L_{12}$ = $(n - 0.10) + 2(D - 0.10 + \text{ขอ})$

$= (1 - 0.10) + 2(0.20 - 0.10 + 0.1)$

$= 1.3$ m / ท่อน

เนื่องจากฐานรากมีขนาดเท่ากันซึ่งใช้ด้านละ 6 ท่อน 2 ด้าน = 12 ท่อน

ใช้เหล็ก DB 12 $L_{12}$ = 15.6 เมตร

เหล็กปลอก $L_9$ = $[(m - 0.10) + (n - 0.10)]2 + 2\,\text{ขอ}$

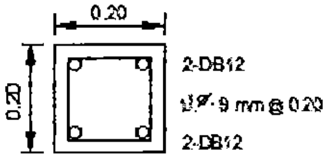
$= [(1 - 0.10) + (1 - 0.10)]\,2 + 2(0.10)$

$= 3.8$ m / ท่อน

<u>สรุปปริมาณงานฐานราก (มีทั้งหมด 27 ฐาน)</u>

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ดินขุด** | (27 × 3.15) | = | 85.05 | $m^3$ |
| **ดินถม** | (27 × 2.548) | = | 68.796 | $m^3$ |
| **ทราย** | (27× 0.169) | = | 4.563 | $m^3$ |
| **คอนกรีตหยาบ** | (27 × 0.169) | = | 4.563 | $m^3$ |
| **คอนกรีตฐาน** | (27 × 0.2) | = | 5.4 | $m^3$ |
| ไม้แบบ | (27 × 1.92) | = | 51.84 | $m^2$ |
| เหล็กเสริม | DB 12 (27 × 15.6) | = | 421.2 | m |
| | RB 9 (27 × 3.8) | = | 102.6 | m |

**ปริมาณงานตอม่อ 1**



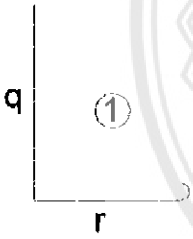

1. คอนกรีต

Vc = (0.2×0.2) ×(1.2-0.2+0.6) = 0.064 $m^3$

2.งานไม้แบบ

Af = 2 × (0.2 × 0.2) × 1.6 = 1.28 $m^2$

3. เหล็กเสริม

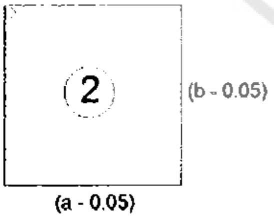



q = (1.2 + 0.9 + 0.63)

= 1.68 m

r = 1.40 [((1 – 0.20) / 2 ) – 0.1]

= 0.42 m / เส้น




$L_{12}$ = q + r + ขอ

= 1.68 + 0.42 + 0.1 = 2.2 m / เส้น

DB 12 = 4 × 2.2 = 8.8 m

เหล็กปลอก RB 6 = 2 [(a – ระยะหุ้ม × 2) + (b – ระยะหุ้ม × 2)] × 2 ขอ

= 2 [(0.20 – 0.025 × 2) + (0.20 – 0.025 × 2)] × 2 (0.05)

= 0.7 m / ปลอก

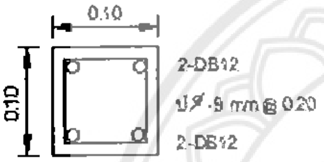
เหล็กปลอก RB 6 = [(h – 0.10) / Spacing] +1

= [1.2 – 0.10 +0.6) / 0.20] + 1

= 10 ปลอก

เหล็กปลอก RB 6 = 0.7 × 10 = 7 m

<u>ปริมาณงานตอม่อ2</u>



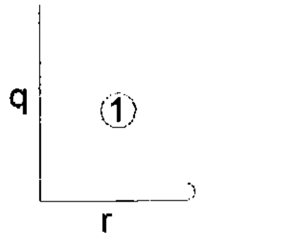

1. คอนกรีต

Vc = (0.1×0.1) ×(1.2-0.2+0.6) = 0.016 $m^3$

2.งานไม้แบบ

Af = 2 × (0.1 + 0.1) × 1.6 = 0.64 $m^2$

3. เหล็กเสริม

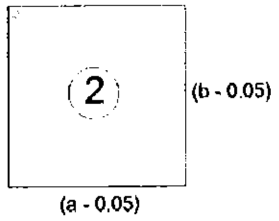



q = (1.2 + 0.9 + 0.63)

= 1.68 m

r = 1.40 [((1 – 0.1) / 2 ) – 0.1]

= 0.49 m / เส้น



$L_{16}$ = q + r + ขอ

= 1.68 + 0.49 + 0.1 = 2.27 m / เส้น

DB 16 = 4 × 2.27 = 9.08 m

เหล็กปลอก RB 6 = 2 [(a – ระยะหุ้ม × 2) + (b – ระยะหุ้ม × 2)] × 2 ขอ

= 2 [(0.1 – 0.025 × 2) + (0.1 – 0.025 × 2)] × 2 (0.05)

= 0.3 m / ปลอก

เหล็กปลอก RB 6 = [(h – 0.10) / Spacing] +1

= [(1.2 – 0.10+0.6) / 0.20] + 1

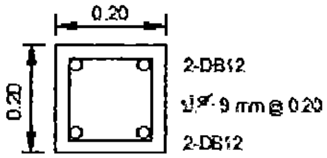
= 17 ปลอก

เหล็กปลอก RB 6 = 0.3 × 17 = 3 m

<u>สรุปปริมาณงานตอม่อ (27 ตอม่อ)</u>

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| คอนกรีต | = | (24x0.064)+(3x0.016) | = | 1.584 $m^3$ |
| งานไม้แบบ | = | 27 × 1.92 | = | 51.84 $m^2$ |
| เหล็กเสริม DB 12 | = | 27 × 17.88 | = | 482.76 m |
| RB 6 | = | (24x7)+(3x3) | = | 177 m |

**<u>ปริมาณงานเสา C1</u>**




1. ไม้แบบ

Af = 2 (0.20 + 0.20) × 3

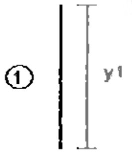
= 2.4 $m^2$

2. คอนกรีต

Vc = (0.20 × 0.20) × 3

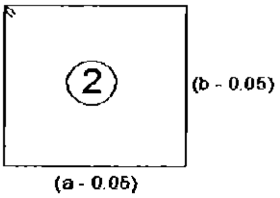
= 0.12 $m^3$

3. เหล็กเสริม




$L_{16}$ = 3 m / เส้น

DB 16 = 3 × 4 = 12 m / ต้น



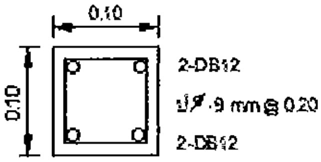

$L_6$ = 2 [ (0.20 - 0.05) + (0.20 – 0.05) ] + 2(0.05)

= 0.7 m / ปลอก

จำนวนปลอก = 3 / 0.2 = 15 ปลอก

RB 6 = 0.7 × 15 = 10.5 m / ต้น

## ปริมาณงานเสา C2




1. ไม้แบบ

Af = 2 (0.10 × 0.10) × 3

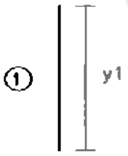
= 1.2 $m^2$

2. คอนกรีต

Vc = (0.10 × 0.10) × 3

= 0.03 $m^3$

3. เหล็กเสริม

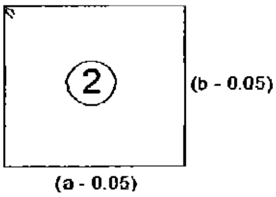



$L_{16}$ = 3 m / เส้น

DB 16 = 3 × 4 = 12 m / ต้น

$L_6$ = 2 [ (0.10 - 0.05) + (0.10 – 0.05) ] + 2(0.05)

= 0.3 m / ปลอก




จำนวนปลอก = 3 / 0.2 = 15 ปลอก

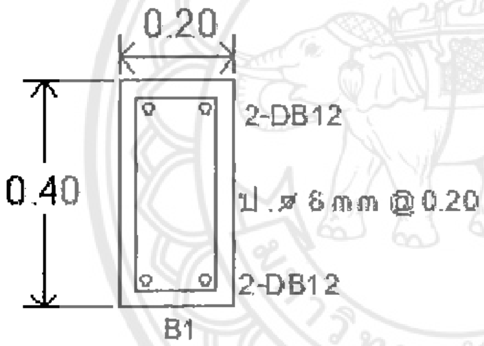
RB 6 = 0.3× 15 = 4.5 m / ต้น

<u>สรุปปริมาณงานเสา (27 ต้น)</u>

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| คอนกรีต | = | (24x0.22)+(3x0.33) | = | 2.97 | $m^3$ |
| ไม้แบบ | = | (24x2.4)+(3x1.2) | = | 61.2 | $m^2$ |
| เหล็กเสริม DB 12 | = | ( 24×12) + (3×12) | = | 324 | m |
| RB 6 | = | ( 24×10.5) + (3×4.5 ) | = | 265.5 | m |

<u>ปริมาณงานคาน</u>

**B 1**




1. ไม้แบบ

$$Af = [0.2 + 2(0.40)] \times 76$$

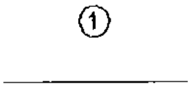
$$= 76 \quad m^2$$

2. คอนกรีต

$$Vc = 0.2 \times 0.4 \times 76$$

$$= 6.08 \quad m^3$$

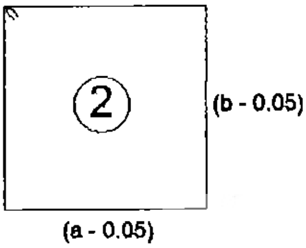
3. เหล็กเสริม




เหล็กแนวยาว DB 12 = 4 × 76 = 304 m

เหล็กปลอก RB 6 = 2 [ (0.2 – 0.05) + (0.40 – 0.05) ] + 2(0.05)

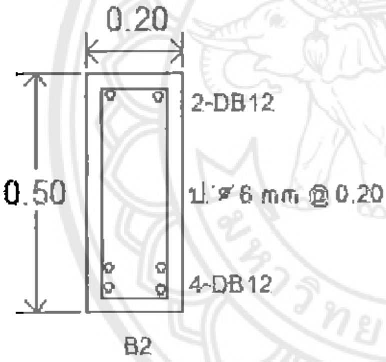
= 1.1 m / ปลอก




จำนวนปลอก = 76 / 0.2 = 380 ปลอก

RB 6 = 1.1 × 380 = 418 m

**B 2**




1. ไม้แบบ

Af = [0.20 + 2(0.50)] × 44

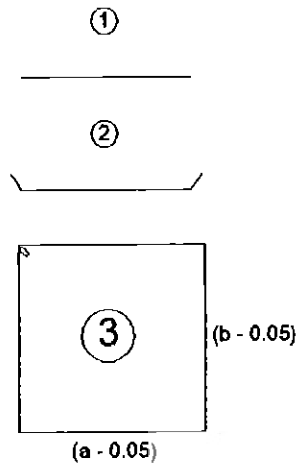
= 52.8 $m^2$

2. คอนกรีต

Vc = 0.20 × 0.50 × 44

= 4.4 $m^3$

3. เหล็กเสริม




เหล็กแนวยาว DB 12 = 6 × 44 = 264 m

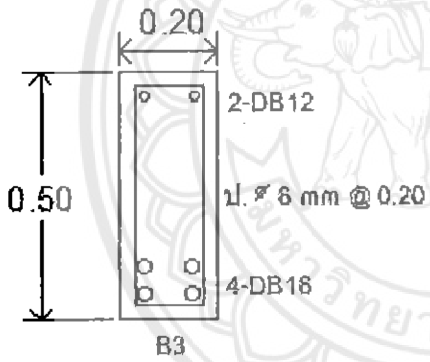
เหล็กปลอก RB 6 = 2 [ (0.20 – 0.05) + (0.50 – 0.05) ] + 2(0.05)

= 1.3 m / ปลอก

จำนวนปลอก = 44 / 0.20 = 220 ปลอก

RB 6 = 1.3 × 220 = 286 m

**B 3**




1. ไม้แบบ

$$Af = [0.20 + 2(0.50)] \times 27$$

$$= 32.4 \quad m^2$$

2. คอนกรีต

$$Vc = 0.20 \times 0.50 \times 27$$

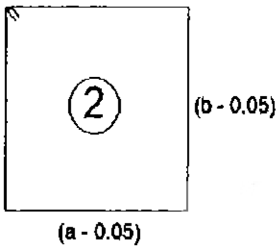
$$= 2.7 \quad m^3$$

3. เหล็กเสริม

①

เหล็กแนวยาว DB 12 = 2 × 27 = 54 m

DB 16= 4 × 27 = 108 m



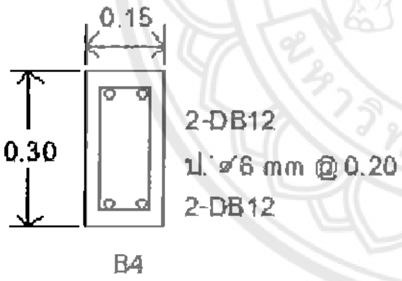

เหล็กปลอก RB 6 = 2 [ (0.20 – 0.05) + (0.50 – 0.05) ] + 2(0.05)

= 1.3 m / ปลอก

จำนวนปลอก = 27 / 0.2 = 135 ปลอก

RB 6 = 1.3 × 135 = 175 m

**B 4**




1. ไม้แบบ

Af = [0.15 + 2(0.30)] × 12

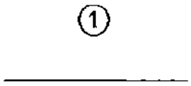
= 9 $m^2$

2. คอนกรีต

Vc = 0.15 × 0.50 × 12

= 0.9 $m^3$

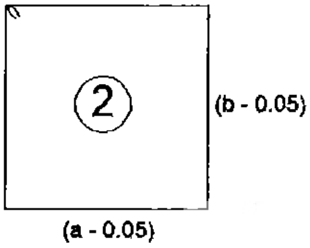
3. เหล็กเสริม




เหล็กแนวยาว DB 12 = 4 × 12 = 48 m

เหล็กปลอก RB 6 = 2 [ (0.15 – 0.05) + (0.30 – 0.05) ] + 2(0.05)

= 0.8 m / ปลอก

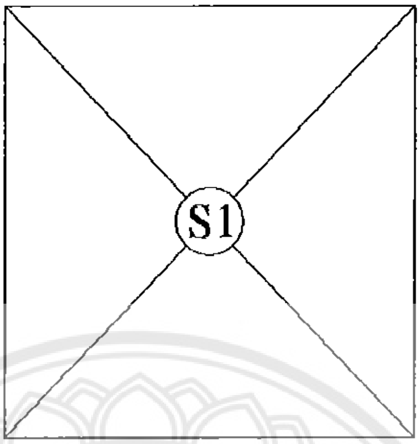



จำนวนปลอก = 12 / 0.2 = 60 ปลอก

RB 6 = 0.8 × 60 = 48 m

<u>ปริมาณงานพื้น</u>

**พื้น S1 (2 × 2)**




**พื้นที่ของ** S1

$$A = (2 \times 2) = 4 \quad m^2$$

1. ไม้แบบ

$$Af = 2 \times 2$$

$$= 4 \quad m^2$$

2. คอนกรีต

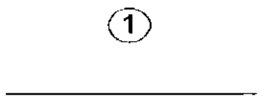
$$Vc = 2 \times 2 \times 0.10$$

$$= 0.40 \quad m^3$$

3. เหล็กเสริม

<u>เหล็กล่างตามแนวสั้น</u>

"Middle Strip"



เหล็กนอน

$L_9 =$ S = L = 2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 2) / (2 × 0.20) ] + 1 = 4 เส้น

$\therefore L_9 =$ 4 × 2 = 8 m

②

เหล็กคอม้า

$L_9 =$ S = L = 1.1× 2 =2.2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 2) / (2 × 0.20) ] = 3 เส้น

$\therefore L_9 =$ 3 × 2.2 = 6.6 m

③

"Columnp Strip"

$L_9 =$ S = L = 2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 4) / 0.20 ] × 2 = 3 เส้น

$\therefore L_9 =$ 2 × 3 = 6 m

<u>เหล็กบนตามแนวยาว</u>

④

"Middle Strip"

$L_9 =$ S = 2 m / เส้น

จำนวน $= \dfrac{L/2}{2(spacing)} + 1 = \dfrac{2/2}{2(0.2)} + 1 =$ 4 เส้น

$\therefore L_9 =$ 2 × 4 = 8 m

⑤

"Colump Strip"

$L_9 =$ S = L = 2 × 1.1 = 2.2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 4) / 0.20 ] × 2 = 3 เส้น

$\therefore L_9 =$ 2.2 × 3 = 6.6 m

⑥

"Colump Strip"

$L_9 =$ S = 2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 4) / 0.20 ] × 2 = 3 เส้น

$\therefore L_9 =$ 3 × 2 = 6 m

<u>เหล็กบนตามแนวสั้น</u>

⑦

"Middle Strip"

$L_9 =$ (2 / 4) + 0.10 + 0.05 = 0.65 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 2) / (2 × 0.20) ] × 2 = 5 เส้น

$\therefore L_9 =$ 0.65 × 5 = 3.25 m

⑧

"Colump Strip"

$L_9 =$ S = 2 m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 4) / 0.20 ] × 2 = 3 เส้น

$\therefore L_9 =$ 2 × 3 = 6 m

<u>เหล็กบนตามแนวสั้น</u>

"Middle Strip" ⑨

$L_9 = (2/4) + 0.10 + 0.05 = 0.65$ m / เส้น

จำนวน = [ (3.5 / 2) / (2 × 0.20) ] × 2 = 5 เส้น

$\therefore L_9 = 0.65 \times 5 = 3.25$ m

"Columpp Strip" ⑩

$L_9 = S = 2$ m / เส้น

จำนวน = [ (2 / 4) / 0.20 ] × 2 = 3 เส้น

$\therefore L_9 = 3 \times 2 = 6$ m

<u>สรุปปริมาณงานพื้น S1 (2 x 2)</u>

| | | | |
|---|---|---|---|
| ปริมาณงานไม้แบบ | = | 4 | $m^2$ |
| ปริมาณงานคอนกรีต | = | 0.4 | $m^3$ |
| ปริมาณเหล็ก RB 9 | = | 59.7 | m |

มีพื้นห้องน้ำขนาด 2x2 เมตรทั้งหมด 3 ห้อง

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ดังนั้น ปริมาณงานไม้แบบ | = | 4 × 3 | = | 12 | $m^2$ |
| ปริมาณงานคอนกรีต | = | 0.4 × 3 | = | 1.2 | $m^3$ |
| ปริมาณเหล็ก RB 9 | = | 59.7× 3 | = | 179.1 | m |

<u>ปริมาณงานหลังคา</u>

1. ปริมาณแปเหล็กตัวซี [ 75x45x15x2.3 mm @ 1.00m

ความยาวแปร 1 ท่อน เท่ากับ 26 m. มีแปรทั้งหมด 12ท่อน

จั่วบ้าน ความยาวแปร 1 ท่อน เท่ากับ 5 m มีทั้งหมด 12 ท่อน

∴ แปรทั้งหมดยาว = (26x12)+(5x12) =372 m

∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 372/6 = 62 ท่อน

2.ปริมาณจันทันเหล็กตัวซี [ 125x50x20x3.2 mm

ความยาวจันทัน 1 ท่อน เท่ากับ 6 m มีจันทันทั้งหมด 22 ท่อน

∴ จันทันทั้งหมดยาว = 6x22 = 132 m

∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 132/6 = 22 ท่อน

3.ปริมาณอกไก่เหล็กตัวซี 2- [150x50x20x3.2 mm.

ความยาวของอกไก่ = 38 m. จำนวน 1 ท่อน

จะได้เหล็กยาวทั้งหมด = 2x 38 = 76 m.

∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 76/6 = 13 ท่อน

4.ปริมาณอะเสเหล็กตัวซี 2- [100x50x20x3.2 mm.

ความยาวของอะเส = 26 m. จำนวน 1 ท่อน

จะได้เหล็กยาวทั้งหมด = 2x26 = 52m

∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 52/6 = 9 ท่อน

**5.ปริมาณตะเฆ่สัน** [125x50x20x3.2 mm

**ตะเฆ่สัน 1 ท่อน เท่ากับ 5 m มี ทั้งหมด 4 ตัว**

**จะได้เหล็กยาว = 5x4 = 20 m**

**∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 20/6 = 4 ท่อน**

**6.ปริมาณเหล็กโครงถัก**

**ความยาว เหล็กในโครงถัก = (2.9+1.45+1.45+3.46+3.46) = 12.72 จำนวนท่อน 6 ท่อน**

**จะได้เหล็กยาวทั้งหมด = 6x12.72 = 76.32 m**

**∴ จะใช้เหล็กยาว 6 m ทั้งหมด = 76.32/6 = 13 ท่อน**

**7.ปริมาณงานกระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่**

**พื้นที่มุงกระเบื้อง (จั่วชั้นบน) = 2(5.8x26) = 301.6 $m^2$**

**พื้นที่มุงกระเบื้อง (จั่วชั้นล่าง) = 2(2.3x26) = 119.6 $m^2$**

**พื้นที่มุงกระเบื้อง (ปั้นหยา) = [ 2(5x7) + (1/2)(6x3x3.45)] = 80.35 $m^2$**

**พื้นที่มุงกระเบื้อง = 301.6 + 119.6 + 80.35 = 501.55 $m^2$**

**∴ พื้นที่มุงกระเบื้องทั้งหมด = 501.55 – พื้นที่ทับซ้อนของหลังคา(26 $m^2$) = 476 $m^2$**

**พื้นที่ 1 $m^2$ ใช้กระเบื้องจำนวน 2.2 แผ่น**

**∴ พื้นที่ 476 $m^2$ ใช้กระเบื้องจำนวน = 2.2 x 476 = 1048 แผ่น**

**ครอบสันโค้ง = 76 ตัว**

**ครอบสันตะเฆ่ = 26 ตัว**

**รางน้ำตะเฆ่ = 9.2 m.**

**ขอยึดกระเบื้องลอนคู่ 8" - 10" = 1611 ตัว**

**8. ปริมาณไม้เชิงชาย ใช้ไม้เนื้อแข็ง 1"x 8" x 4 m**

**ความยาวที่ติดตั้งไม้เชิงชาย = 104 m.**

**ใช้ไม้ทั้งหมด = 104/4 = 26 ท่อน**

**9. ปริมาณไม้กันนก ใช้ไม้เนื้อแข็ง 3/4"x 8" x 4 m**

**ความยาวที่ติดตั้งไม้กันนก = 104 m.**

**ใช้ไม้ทั้งหมด = 104/4 = 26 ท่อน**

**10. ปริมาณไม้ปั้นลม ใช้ไม้เนื้อแข็ง 1"x 8" x 4 m**

**ความยาวที่ติดตั้งไม้กันนก = 33.2 m.**

**ใช้ไม้ทั้งหมด = 33.2/4 = 9 ท่อน**

ตารางที่ ก.2 ตารางเหล็ก

| | Weigth | A | Ix | Iy | Sx | Sy | Paint Area | h | t | rx | ry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C 100 x 50 x 20 x 2.3 | 4.06 | 5.172 | 80.70 | 19 | 16.1 | 6.06 | 0.48 | 5 | 0.23 | 3.95 | 1.92 |
| C 100 x 50 x 20 x 3.2 | 5.50 | 7.007 | 107.00 | 24.5 | 21.3 | 7.81 | 0.48 | 5 | 0.32 | 3.9 | 1.87 |
| C 100 x 50 x 20 x 4 | 6.71 | 8.548 | 127.00 | 28.7 | 25.4 | 9.13 | 0.48 | 5 | 0.4 | 3.85 | 1.83 |
| C 100 x 50 x 20 x 4.5 | 7.43 | 9.463 | 139.00 | 30.9 | 27.7 | 9.82 | 0.48 | 5 | 0.45 | 3.82 | 1.81 |
| C 120 x 40 x 20 x 3.2 | 5.50 | 7.007 | 144.00 | 15.3 | 24 | 5.71 | 0.48 | 4 | 0.32 | 4.53 | 1.48 |
| C 120 x 60 x 20 x 3.2 | 6.51 | 8.287 | 186.00 | 40.9 | 31 | 10.5 | 0.56 | 6 | 0.32 | 4.74 | 2.22 |
| C 120 x 60 x 25 x 4.5 | 9.20 | 11.72 | 252.00 | 58 | 41.9 | 15.5 | 0.58 | 6 | 0.45 | 4.63 | 2.22 |
| C 125 x 50 x 20 x 3.2 | 6.13 | 7.807 | 181.00 | 26.6 | 30 | 8.02 | 0.53 | 6.25 | 0.32 | 4.82 | 1.85 |
| C 125 x 50 x 20 x 4 | 7.50 | 9.548 | 217.00 | 33.1 | 34.7 | 9.38 | 0.53 | 6.25 | 0.4 | 4.77 | 1.81 |
| C 125 x 50 x 20 x 4.5 | 8.32 | 10.59 | 238.00 | 33.5 | 38 | 10 | 0.53 | 6.25 | 0.45 | 4.74 | 1.78 |
| C 150 x 50 x 20 x 3.2 | 6.76 | 8.607 | 280.00 | 28.3 | 37.4 | 8.19 | 0.58 | 7.5 | 0.32 | 5.71 | 1.81 |
| C 150 x 50 x 20 x 4.5 | 9.20 | 11.72 | 368.00 | 35.7 | 49 | 10.5 | 0.58 | 7.5 | 0.45 | 5.6 | 1.75 |
| C 150 x 65 x 20 x 3.2 | 7.51 | 9.567 | 332.00 | 53.8 | 44.3 | 12.2 | 0.64 | 7.5 | 0.32 | 5.89 | 2.37 |
| C 150 x 65 x 20 x 4 | 9.22 | 11.75 | 401.00 | 63.7 | 53.3 | 14.5 | 0.64 | 7.5 | 0.4 | 5.84 | 2.33 |
| C 150 x 75 x 25 x 3.2 | 8.27 | 10.53 | 375.00 | 83.6 | 50 | 17.3 | 0.70 | 7.5 | 0.32 | 5.97 | 2.82 |
| C 150 x 75 x 25 x 4 | 10.20 | 12.95 | 455.00 | 99.8 | 60.6 | 20.6 | 0.70 | 7.5 | 0.4 | 5.93 | 2.78 |
| C 150 x 75 x 25 x 4.5 | 11.30 | 14.42 | 501.00 | 109 | 66.9 | 22.5 | 0.68 | 7.5 | 0.45 | 5.9 | 2.75 |
| C 200 x 75 x 20 x 3.2 | 9.27 | 11.81 | 716.00 | 84.1 | 71.6 | 15.8 | 0.78 | 10 | 0.32 | 7.79 | 2.67 |
| C 200 x 75 x 20 x 4 | 11.40 | 14.55 | 871.00 | 100 | 87.1 | 18.9 | 0.78 | 10 | 0.4 | 7.74 | 2.62 |
| C 200 x 75 x 20 x 4.5 | 12.70 | 16.22 | 963.00 | 109 | 96.3 | 20.6 | 0.78 | 10 | 0.45 | 7.71 | 2.6 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C 200 x 75 x 25 x 3.2 | 9.52 | 12.13 | 736.00 | 92.3 | 73.6 | 17.8 | 0.80 | 10 | 0.32 | 7.7 | 2.76 |
| C 200 x 75 x 25 x 4 | 11.70 | 14.95 | 895.00 | 110 | 89.5 | 21.3 | 0.80 | 10 | 0.4 | 7.74 | 2.72 |
| C 200 x 75 x 25 x 4.5 | 13.10 | 16.67 | 990.00 | 121 | 99 | 23.3 | 0.80 | 10 | 0.45 | 7.61 | 2.69 |
| C 250 x 75 x 25 x 4.5 | 14.90 | 18.92 | 1690.00 | 129 | 135 | 23.8 | 0.90 | 10 | 0.45 | 9.44 | 2.62 |
| C 60 x 30 x 10 x 2.3 | 2.25 | 2.872 | 15.60 | 3.32 | 5.2 | 1.71 | 0.28 | 3 | 0.23 | 2.33 | 1.07 |
| C 60 x 30 x 10 x 2.0 | 1.99 | 2.537 | 14.00 | 3.01 | 4.65 | 1.55 | | 3 | 0.2 | 4.65 | 1.55 |
| C 75 x 35 x 15 x 2.3 | 2.89 | 3.677 | 31.00 | 6.58 | 8.28 | 2.98 | 0.35 | 3.75 | 0.23 | 8.28 | 2.98 |
| C 75 x 45 x 15 x 2.3 | 3.25 | 4.137 | 37.10 | 11.8 | 9.9 | 4.24 | 0.39 | 3.75 | 0.23 | 9.9 | 4.24 |
| C 90 x 45 x 20 x 2.3 | 3.70 | 4.712 | 58.60 | 14.2 | 13 | 5.14 | 0.45 | 4.5 | 0.23 | 13 | 5.41 |
| C 90 x 45 x 20 x 3.2 | 5.00 | 6.367 | 76.90 | 18.3 | 17.1 | 6.57 | 0.45 | 4.5 | 0.32 | 17.1 | 6.57 |
| Light lip channel 250x75x25x4.5 | 14.9 | 18.92 | 1690 | 129 | 135 | 23.8 | | 7.5 | 4.5 | 9.44 | 2.62 |
| Light lip channel 200x75x20x4.5 | 13.1 | 16.67 | 892 | 110 | 99 | 23.3 | | 7.5 | 4.5 | 7.61 | 2.69 |
| Light lip channel 200x75x20x4 | 11.7 | 14.95 | 8.95 | 110 | 89.5 | 21.3 | | 7.5 | 4 | 7.74 | 2.72 |
| Light lip channel 200x75x20x3.2 | 9.52 | 12.13 | 736 | 92.3 | 73.6 | 17.8 | | 7.5 | 3.2 | 7.7 | 2.76 |
| Light lip channel 200x75x20x4.5 | 12.7 | 16.22 | 963 | 109 | 96.3 | 20.6 | | 7.5 | 4.5 | 7.71 | 2.6 |
| Light lip channel 200x75x20x4 | 11.4 | 14.55 | 871 | 100 | 87.1 | 18.9 | | 7.5 | 4 | 7.74 | 2.62 |
| Light lip channel 200x75x20x3.2 | 9.27 | 11.81 | 716 | 84.1 | 71.6 | 15.8 | | 7.5 | 3.2 | 7.79 | 2.67 |
| Light lip channel 150x75x25x4.5 | 11.3 | 14.42 | 501 | 109 | 66.9 | 22.5 | | 7.5 | 4.5 | 5.9 | 2.75 |
| Light lip channel 150x75x25x4 | 10.2 | 12.95 | 455 | 99.8 | 60.6 | 20.6 | | 7.5 | 4 | 5.93 | 2.78 |
| Light lip channel 150x75x25x3.2 | 8.27 | 10.53 | 375 | 83.6 | 50 | 17.3 | | 7.5 | 3.2 | 5.97 | 2.82 |
| Light lip channel 150x65x20x4 | 9.22 | 11.75 | 401 | 63.7 | 53.3 | 14.5 | | 6.5 | 4 | 5.48 | 2.33 |
| Light lip channel 150x65x20x3.2 | 7.51 | 9.567 | 332 | 53.8 | 44.3 | 12.2 | | 6.5 | 3.2 | 5.89 | 2.37 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Light lip channel 150x65x20x2.3 | 5.5 | 7.012 | 248 | 41.1 | 33 | 9.37 | | 5 | 2.3 | 5.94 | 2.42 |
| Light lip channel 150x50x20x4.5 | 9.2 | 11.72 | 368 | 35.7 | 49 | 10.5 | | 5 | 4.5 | 5.6 | 1.75 |
| Light lip channel 150x50x20x3.2 | 6.76 | 8.607 | 280 | 28.3 | 37.4 | 8.19 | | 5 | 3.2 | 5.71 | 1.81 |
| Light lip channel 150x50x20x2.3 | 4.96 | 6.322 | 210 | 21.9 | 28 | 6.33 | | 5 | 2.3 | 5.77 | 1.86 |
| Light lip channel 125x50x20x4.5 | 8.32 | 10.59 | 238 | 33.5 | 38 | 10 | | 5 | 4.5 | 4.74 | 1.78 |
| Light lip channel 125x50x20x4 | 7.5 | 9.548 | 217 | 33.1 | 34.7 | 9.38 | | 5 | 4 | 4.77 | 1.811 |
| Light lip channel 125x50x20x3.2 | 6.13 | 7.807 | 181 | 26.6 | 29 | 8.02 | | 5 | 3.2 | 4.82 | 1.85 |
| Light lip channel 125x50x20x2.3 | 4.51 | 5.747 | 137 | 20.6 | 21.9 | 6.22 | | 5 | 2.3 | 4.88 | 1.89 |
| Light lip channel 120x60x25x4.5 | 9.2 | 11.72 | 252 | 58 | 41.9 | 15.5 | | 6 | 4.5 | 4.63 | 2.22 |
| Light lip channel 120x60x20x3.2 | 6.51 | 8.287 | 186 | 40.9 | 31 | 10.5 | | 6 | 3.2 | 4.74 | 2.22 |
| Light lip channel 120x60x20x2.3 | 4.78 | 6.092 | 140 | 31.3 | 23.3 | 8.1 | | 6 | 2.3 | 4.79 | 2.27 |
| Light lip channel 120x40x20x3.2 | 5.5 | 7.007 | 144 | 15.3 | 24 | 5.71 | | 4 | 3.2 | 4.53 | 1.48 |
| Light lip channel 100x50x20x4.5 | 7.43 | 9.469 | 139 | 30.9 | 27.7 | 9.82 | | 5 | 4.5 | 3.82 | 1.81 |
| Light lip channel 100x50x20x4 | 6.71 | 8.548 | 127 | 28.7 | 25.4 | 9.13 | | 5 | 4 | 3.85 | 1.83 |
| Light lip channel 100x50x20x3.2 | 5.5 | 7.007 | 107 | 24.5 | 21.3 | 7.81 | | 5 | 3.2 | 3.9 | 1.87 |
| Light lip channel 100x50x20x2.8 | 4.87 | 6.205 | 99.8 | 23.2 | 20 | 7.44 | | 5 | 2.8 | 3.96 | 1.91 |
| Light lip channel 100x50x20x2.3 | 4.06 | 5.172 | 80.7 | 19 | 16.1 | 6.06 | | 5 | 2.3 | 3.95 | 1.92 |
| Light lip channel 100x50x20x2 | 3.56 | 4.537 | 71.4 | 16.9 | 14.3 | 5.4 | | 5 | 2 | 3.97 | 1.93 |
| Light lip channel 100x50x20x1.6 | 2.88 | 3.672 | 58.4 | 14 | 11.7 | 4.47 | | 5 | 1.6 | 3.99 | 1.95 |
| Light lip channel 90x45x20x3.2 | 5 | 6.367 | 76.9 | 18.3 | 17.1 | 6.57 | | 4.5 | 3.2 | 3.48 | 1.69 |
| Light lip channel 90x45x20x2.3 | 3.7 | 4.712 | 58.6 | 14.2 | 13 | 5.14 | | 4.5 | 2.3 | 3.53 | 1.74 |
| Light lip channel 90x45x20x1.6 | 2.63 | 3.352 | 42.6 | 10.5 | 9.46 | 5.8 | | 4.5 | 1.6 | 3.56 | 1.77 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Light lip channel 75x45x15x2.3 | 3.25 | 4.137 | 37.1 | 11.8 | 9.9 | 4.24 | | 4.5 | 2.3 | 3 | 1.69 |
| Light lip channel 75x35x15x2.3 | 2.89 | 3.677 | 31 | 6.58 | 8.28 | 2.98 | | 3.5 | 2.3 | 2.91 | 1.34 |
| Light lip channel 70x40x25x1.6 | 2.38 | 3.032 | 22 | 8 | 6.29 | 3.64 | | 4 | 1.6 | 2.69 | 1.62 |
| Light lip channel 60x30x10x2.3 | 2.25 | 2.872 | 15.6 | 3.32 | 5.2 | 1.71 | | 3 | 2.3 | 2.33 | 1.07 |
| Light lip channel 60x30x10x2 | 1.99 | 2.537 | 14 | 3.01 | 4.65 | 1.55 | | 3 | 2 | 2.35 | 1.09 |
| Light lip channel 60x30x10x1.6 | 1.63 | 2.072 | 11.6 | 2.56 | 3.88 | 1.32 | | 3 | 1.6 | 2.37 | 1.11 |

## ตารางที่ ก.3 สรุปก่ออิฐและฉาบปูน

รายการวัสดุงานก่ออิฐ อาคารเรียน

| ที่ | ชนิดผนัง | ด้าน | กว้าง ( ม. ) | สูง ( ม. ) | จำนวน (แผง) | รวม ( ตร.ม ) | หัก ( ตร.ม ) | รวมจริง ( ตร.ม ) | งานกรุกระเบื้อง | ฉาบเรียบทาสี | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชั้น 1 | | | | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | A2-A3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | B1-B2 | 5 | 3 | 1 | 15 | 2.09 | 12.91 | 6 | 19.82 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | B2-B5 | 4 | 3 | 3 | 36 | 15.99 | 20.01 | | 40.02 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | B5-B6 | 5 | 3 | 1 | 15 | 3.24 | 11.76 | | 23.52 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | C1-C2 | 5 | 3 | 1 | 15 | 3.485 | 11.515 | 6 | 17.03 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | C6-C7 | 2 | 3 | 1 | 6 | | 6 | 6 | 6 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | D1-D2 | 5 | 3 | 1 | 15 | | 15 | | 30 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | D5-D6 | 5 | 3 | 1 | 15 | | 15 | | 30 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | D6-D7 | 2 | 3 | 1 | 6 | | 6 | 12 | 0 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | E6-E7 | 2 | 3 | 1 | 6 | | 6 | 6 | 6 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | F1-F2 | 5 | 3 | 1 | 15 | 3.24 | 11.76 | | 23.52 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | F2-F5 | 4 | 3 | 3 | 36 | 15.99 | 20.01 | | 40.02 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | F5-F6 | 5 | 3 | 7 | 105 | 3.24 | 101.76 | | 203.52 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 1B-1F | 4 | 3 | 2 | 24 | 6.375 | 17.625 | | 35.25 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 1.1B-1.1C | 2 | 3 | 1 | 6 | | 6 | 6 | 6 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 2B-2C | 2 | 3 | 8 | 48 | | 48 | | 96 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 2D-2F | 4 | 3 | 1 | 12 | 1.845 | 10.155 | | 20.31 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 5B-5F | 4 | 3 | 2 | 24 | 3.69 | 20.31 | | 40.62 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 6B-6F | 4 | 3 | 2 | 24 | 5.7 | 18.3 | 12 | 24.6 | |
| | ผนังก่ออิฐมวลเบา | 7C-7E | 2 | 3 | 2 | 12 | 0.54 | 11.46 | 12 | 10.92 | |
| | | | | | | | | | | | |

รวม ( ตร.ม ) 369.575

ตารางที่ ก.4 สรุปปริมาณงานพื้นและฝ้า

| ตำแหน่ง | กว้าง | ยาว | ช่องที่พื้น | งานตกแต่งพื้น | | ช่องโล่ง | ประตู/กว้าง | บัวเชิงผนัง | | งานตกแต่งฝ้าเพดาน | | มอบฝ้า | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ชนิด | พื้นที่ | | | ชนิด | ความยาว | ชนิด | ความยาว | ชนิด | ความยาว |
| A2-B5 | 2 | 12 | 24 | F1 | 24 | 16 | 7.8 | | 4.2 | | 24 | | 12 |
| B1-C1.1 | 2 | 2 | 4 | F2 | 4 | | 0.8 | | 7.2 | | 4 | | 8 |
| B1.1-C2 | 2 | 3 | 6 | F1 | 6 | | 0.9 | | 9.1 | | 6 | | 10 |
| C1-D2 | 2 | 5 | 10 | F1 | 10 | 2 | 3.5 | | 8.5 | | 10 | | 12 |
| B2-F5 | 8 | 12 | 96 | F1 | 96 | 2 | 18.3 | | 19.7 | | 96 | | 38 |
| D1-F2 | 4 | 5 | 20 | F1 | 20 | | 1.8 | | 16.2 | | 20 | | 18 |
| B5-D6 | 4 | 5 | 20 | F1 | 20 | | 1.7 | | 16.3 | | 20 | | 18 |
| D5-F6 | 4 | 5 | 20 | F1 | 20 | | 1.7 | | 16.3 | | 20 | | 18 |
| C6-D7 | 2 | 2 | 4 | F2 | 4 | | 0.8 | | 7.2 | | 4 | | 8 |
| D6-E7 | 2 | 2 | 4 | F2 | 4 | | 0.8 | | 7.2 | | 4 | | 8 |
| F3-G4 | 4 | 4 | 16 | F1 | 16 | 12 | 2.4 | | 1.6 | | 16 | | 4 |

| | | |
|---|---|---|
| F1 | พื้นปูกระเบื้องเคลือบดินเผา | 212 |
| F2 | พื้นปูกระเบื้องเคลือบเซรามิค | 12 |

# ตารางที่ ก.5 Bill Of Quantity

บัญชีแสดงปริมาณวัสดุ (BILL OF QUANTITY)

โครงการ : อาคารเขียว (Green Building) โดย : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

เจ้าของ : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม วันที่ : 28/2/2556

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | งานปรับพื้นที่ | 1 | LS | 10,000 | 10,000 | - | - | 10,000 | |
| 2 | เคลียร์พื้นที่ | 1 | LS | 5,000 | 5,000 | - | - | 5,000 | |
| | | | | | | | | | |
| | รวมงานเตรียมพื้นที่ | | | | 15,000 | | - | 15,000 | |
| 1 | งานผังวางหมุด | 1.00 | LS | 5,000 | 5,000 | 3,000 | 3,000 | 8,000 | |
| 2 | งานขุดดิน-ถมกลับ | 153.85 | ลบ.ม. | - | - | 63 | 9,692 | 9,692 | |
| 3 | ทรายหยาบรองพื้น | 4.560 | ลบ.ม. | 360 | 1,642 | 59 | 269 | 1,911 | |
| 4 | คอนกรีตหยาบ | 4.560 | ลบ.ม. | 1,300 | 5,928 | 316 | 1,441 | 7,369 | |
| 5 | เหล็กโครงสร้าง | | | | | | | | |
| | RB6 (SR24) | 157.00 | เส้น | 52.00 | 8,164 | 6.0 | 942 | 9,106 | |
| | RB9 (SR24) | 18.00 | เส้น | 114.00 | 2,052 | 14.0 | 252 | 2,304 | |
| | DB12 (SD40) | 190.00 | เส้น | 198.00 | 37,620 | 25.0 | 4,750 | 42,370 | |
| | DB16 (SD40) | 11.00 | เส้น | 307.00 | 3,377 | 44.0 | 484 | 3,861 | |
| | ลวดผูกเหล็ก | 135.00 | กก. | 30.00 | 4,050 | - | - | 4,050 | |
| 6 | คอนกรีตทับหน้า ไม่รวมเหล็กเสริม หนาไม่น้อยกว่า 5 cm | 212.00 | | 75.00 | 15,900 | 20 | 4,240 | 20,140 | |
| 7 | คอนกรีต โครงสร้าง กำลังอัด 210 กก/ตร.ซม (ทรงกระบอก) | 44.26 | คิว | 2,470 | 109,322 | 276 | 12,216 | 121,538 | |
| 8 | พื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ | 212.00 | ตร.ม. | 235 | 49,820 | 25 | 5,300 | 55,120 | |
| 9 | เหล็กตะแกรง วายเมช 4 มม. @ 0.20*0.20 | 212.00 | ตร.ม. | 31 | 6,572 | 5 | 1,060 | 7,632 | |
| 10 | ไม้แบบ | 327.88 | ตร.ม. | 250 | 81,970 | 105 | 34,427 | 116,397 | |
| 11 | ตะปู 3" | 98.00 | กก. | 27 | 2,646 | - | - | 2,646 | |
| 1 | งานโครงหลังคา | | | | | | | | |
| | เหล็กตัวซี [75x45x15x2.3 | 62.00 | ท่อน | 525 | 32,550 | 179 | 11,098 | 43,648 | |
| | เหล็กคาน 2-[100x50x20x3.2 | 9.00 | ท่อน | 848 | 7,632 | 289 | 2,601 | 10,233 | |
| | เหล็กจันทัน 2-[125x50x20x3.2 | 22.00 | ท่อน | 1,138 | 25,036 | 283 | 6,226 | 31,262 | |

**บัญชีปริมาณงานและวัสดุ (BILL OF QUANTITY)**

โครงการ : อาคารเขียว (Green Building) โดย : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

เจ้าของ : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม วันที่ : 28/2/2555

| ลำดับ | รายการ | จำนวน | หน่วย | ค่าวัสดุ | | ค่าแรงงาน | | รวมค่าวัสดุและค่าแรง | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | |
| | เหล็กตะเฆ่สัน [125x50x20x3.2 | 4.00 | ท่อน | 1,138 | 4,552 | 283 | 1,132 | 5,684 | |
| | เหล็กอกไก่ 2-[150x50x20x3.2 | 13.00 | ท่อน | 1,009 | 13,117 | 343 | 4,459 | 17,576 | |
| | เหล็กท่อกลวงสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 2"x2" หนา 2.00 mm. | 13.00 | ท่อน | 465 | 6,045 | 149 | 1,937 | 7,982 | |
| 2 | วัสดุมุงหลังคา | | | | | | | | |
| | แผ่นฉนวนกันความร้อนชนิด PE หนา 5 มม. | 208.00 | ตร.ม | 135 | 28,080 | - | - | 28,080 | |
| | กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ขนาด 0.50x1.20 ม. หนา 5 มม.(สี) | 1,048.00 | แผ่น | 64 | 67,072 | - | - | 67,072 | |
| | ครอบจั่ว | 2.00 | แผ่น | 52 | 104 | 30 | 60 | 164 | |
| | ครอบสันโค้ง | 76.00 | แผ่น | 64 | 4,864 | - | - | 4,864 | |
| | ครอบตะเฆ่สัน | 26.00 | แผ่น | 64 | 1,664 | - | - | 1,664 | |
| | รางน้ำตะเฆ่ราง (รางน้ำสังกะสี) | 9.20 | เมตร | 170 | 1,564 | - | - | 1,564 | |
| | ขอยึดกระเบื้องลอนคู่ 8" - 10" | 1,611.00 | ตัว | 3 | 4,833 | - | - | 4,833 | |
| | เชิงชาย ไม้เนื้อแข็ง 1"x 8"x 4 m. | 104.00 | ม. | 150 | 15,600 | 67 | 6,968 | 22,568 | |
| | กันนก ไม้เนื้อแข็ง 3/4 "x8" x 4 m. | 104.00 | ม. | 82 | 8,528 | 67 | 6,968 | 15,496 | |
| | ปั้นลม ไม้เนื้อแข็ง 1 "x8" x 4 m. | 33.20 | ม. | 150 | 4,980 | 67 | 2,224 | 7,204 | |
| | | | | | | | | | |
| | รวมงานโครงสร้าง | | | | 560,284 | | 121,747 | 682,031 | |
| 1 | [illegible] | | | | | | | | |
| | ก่ออิฐมวลเบา Q-CON ขนาด 20x20 cm หนา 7.5 cm | 369.58 | ตร.ม | 150 | 55,437 | 50 | 18,479 | 73,916 | |
| | งานฉาบปูนเรียบ ภายใน-ภายนอก | 673.15 | ตร.ม | 55 | 37,023 | 90 | 60,584 | 97,607 | |
| | งานกรุกระเบื้องเซรามิก ขนาด 8"x8" | 66.00 | ตร.ม | 265 | 17,490 | 120 | 7,920 | 25,410 | |
| | งานจับเซี้ยม | 276.00 | ม. | 35 | 9,660 | 25 | 6,900 | 16,560 | |
| | ทาสีภายใน TOA 4 SEASON | 369.58 | ตร.ม | 40 | 14,783 | 25 | 9,240 | 24,023 | |
| | ทาสีภายนอก TOA 4 SEASON | 323.48 | ตร.ม | 90 | 29,113 | 23 | 7,440 | 36,553 | |
| 2 | [illegible] | | | | | | | | |
| | พ1 ปูกระเบื้องเคลือบดินเผา 12"x12" รวมปูนทราย | 212.00 | ตร.ม | 410 | 86,920 | 120 | 25,440 | 112,360 | |
| | พ2 ปูกระเบื้องเคลือบเซรามิก 8"x8" กันลื่น รวมปูนทราย | 12.00 | ตร.ม | 280 | 3,360 | 120 | 1,440 | 4,800 | |
| 3 | [illegible] | | | | | | | | |

## บัญชีปริมาณงานและวัสดุ (BILL OF QUANTITY)

โครงการ : อาคารเขียว (Green Building) — โดย : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

เจ้าของ : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม — วันที่ : 28/2/2555

| ลำดับ | รายการ | จำนวน | หน่วย | ค่าวัสดุ | | ค่าแรงงาน | | รวมค่าวัสดุและค่าแรง | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ราคา/หน่วย | จำนวนเงิน | ราคา/หน่วย | จำนวนเงิน | | |
| | ฝ1 ยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (มีฟอยล์) | 172.00 | ตร.ม | 255 | 43,860 | 65 | 11,180 | 55,040 | มีฟอยล์ |
| | ฝ2 ยิปซัมบอร์ดหนา 9 mm โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (ทนความชื้น) | 52.00 | ตร.ม | 255 | 13,260 | 65 | 3,380 | 16,640 | ทนความชื้น |
| 4 | [illegible] | | | | | | | | |
| | D1 | 2.00 | ชุด | 12,000 | 24,000 | 200 | 400 | 24,400 | |
| | D2 | 5.00 | ชุด | 1,350 | 6,750 | 153 | 765 | 7,515 | |
| | D3 | 3.00 | ชุด | 400 | 1,200 | 200 | 600 | 1,800 | |
| | D4 | 1.00 | ชุด | 11,000 | 11,000 | 200 | 200 | 11,200 | |
| | W1 | 3.00 | ชุด | 6,400 | 19,200 | 90 | 270 | 19,470 | |
| | W2 | 2.00 | ชุด | 3,700 | 7,400 | 90 | 180 | 7,580 | |
| | W3 | 2.00 | ชุด | 2,500 | 5,000 | 90 | 180 | 5,180 | |
| | W4 | 3.00 | ชุด | 950 | 2,850 | 90 | 270 | 3,120 | |
| | W5 | 1.00 | ชุด | 1,400 | 1,400 | 90 | 90 | 1,490 | |
| | W6 | 4.00 | ชุด | 9,000 | 36,000 | 90 | 360 | 36,360 | |
| | | | | | | | | | |
| | รวมหมวดงานสถาปัตยกรรม | | | | 425,707 | | 155,317 | 581,024 | |
| | | | | | | | | | |
| [illegible] | [illegible] | | | | | | | | |
| | โถชักโครกแบบนั่งราบ สองชิ้น พร้อมหม้อน้ำ รุ่นประหยัดน้ำ 6 ลิตร | 3.00 | ชุด | 3,500 | 10,500 | 298 | 894 | 11,394 | |
| | อ่างล้างหน้า (พร้อมสะดืออ่าง,สายฉักน้ำดี,ท่อน้ำทิ้ง) แบบแขวนผนัง | 3.00 | ชุด | 2,550 | 7,650 | 298 | 894 | 8,544 | |
| | ฝักบัวอาบน้ำสายอ่อน พร้อมก๊อกเดี่ยว | 2.00 | ชุด | 400 | 800 | 70 | 140 | 940 | |
| | ก๊อกอ่างล้างหน้า ระบบเซรามิกวาล์ว | 3.00 | ชุด | 150 | 450 | 103 | 309 | 759 | |
| | ก๊อกอ่างล้างภาชนะ อ่างอเนกประสงค์ แบบส่ายไปมาได้ | 1.00 | ชุด | 280 | 280 | 103 | 103 | 383 | |
| | ก๊อกบอลสนาม | 2.00 | ชุด | 120 | 240 | 70 | 140 | 380 | |
| | กระจกเงากรอบพลาสติก ปรับมุมขึ้นลงได้ | 2.00 | ชุด | 120 | 240 | 70 | 140 | 380 | |
| | ราวแขวนผ้าสแตนเลส แบบราวเดี่ยว 60 cm | 2.00 | ชุด | 120 | 240 | 50 | 100 | 340 | |
| | ที่ใส่กระดาษชำระ เซรามิก | 3.00 | ชุด | 350 | 1,050 | 103 | 309 | 1,359 | |
| | ที่วางสบู่ เซรามิก | 2.00 | ชุด | 350 | 700 | 103 | 206 | 906 | |
| | สายฉีดชำระ พร้อมขอแขวน | 3.00 | ชุด | 350 | 1,050 | 70 | 210 | 1,260 | |

BOQ — 3/4

### บัญชีปริมาณงานและวัสดุ (BILL OF QUANTITY)

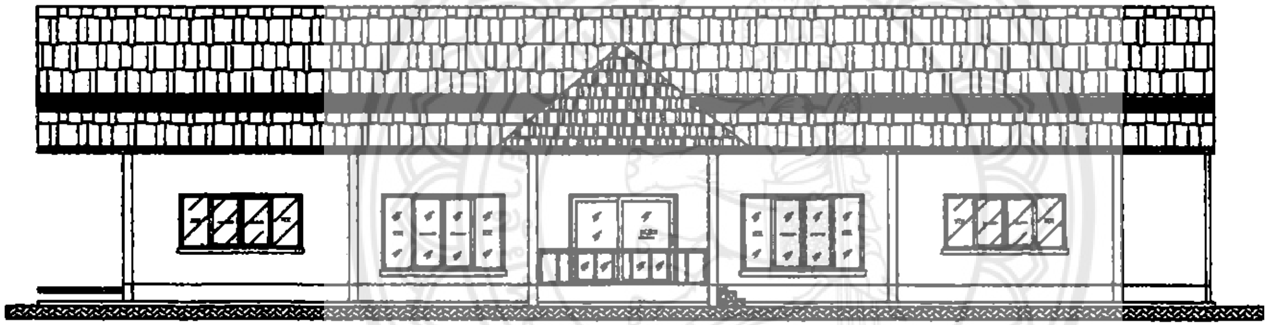
โครงการ : อาคารเขียว (Green Building)      โดย : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

เจ้าของ : คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม      วันที่ : 28/2/2555

| ลำดับ | รายการ | จำนวน | หน่วย | ราคาค่าวัสดุ ต่อหน่วย | ราคาค่าวัสดุ รวมทั้งหมด | ค่าแรงงาน ต่อหน่วย | ค่าแรงงาน รวมทั้งหมด | รวมทั้งหมด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ซิ้งค์สแตนเลสล้างจาน สองหลุม มีที่วางจาน ฝังเคาน์เตอร์ | 1.00 | ชุด | 3,880 | 3,880 | 300 | 300 | 4,180 | |
| | ตะแกรงทองเหลืองชุบโครเมี่ยม มีฝาครอบกันกลิ่น 3" | 3.00 | ชุด | 220 | 660 | 75 | 225 | 885 | |
| | สายน้ำดี สายถักสแตนเลส ยาว 1 เมตร | 3.00 | เส้น | 76 | 228 | - | - | 228 | |
| | สะดืออ่างล้างหน้า แบบดึงกี่ชก | 2.00 | ชุด | 120 | 240 | - | - | 240 | |
| | ท่อน้ำทิ้งอ่างล้างหน้า/ซิ้งค์ แบบกระปุก ABS ชุบโครเมี่ยม ขาร์ป 5" | 2.00 | ชุด | 55 | 110 | - | - | 110 | |
| | | | | | | | | | |
| | รวมหมวดงานสุขภัณฑ์ | | | | 28,318 | | 3,970 | 32,288 | |
| [redacted] | | | | | | | | | |
| 1 | โคมไฟฟ้า,สวิทช์,เต้ารับไฟฟ้า,เต้ารับโทรศัพท์,เต้ารับทีวี,LOAD CENTER,สายไฟ,เดินสายโทรศัพท์ สายทีวี และอุปกรณ์อื่นๆ | 1.00 | เหมารวม | 50,000 | 50,000 | | | 50,000 | |
| | รวมราคางานระบบไฟฟ้า | | | | 50,000 | | - | 50,000 | |
| [redacted] | | | | | | | | | |
| | ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ระบบอัดอากาศ ขนาด 1,800 ลิตร | 2.00 | ชุด | 22,920 | 45,840 | 3,250 | 6,500 | 52,340 | |
| | ถังดักไขมันสำเร็จรูป ชนิดวางใต้ซิ้งค์หรือฝังพื้นขนาด 40 ลิตร | 1.00 | ชุด | 2,953 | 2,953 | - | - | 2,953 | |
| | ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส วางบนดิน ขนาดความจุ 1,000 ลิตร | 1.00 | ถัง | 6,690 | 6,690 | - | - | 6,690 | |
| | เครื่องดับเพลิง แบบผงเคมีแห้ง ขนาด 10 ปอนด์ | 1.00 | ถัง | 600 | 600 | - | - | 600 | |
| | รวมราคางานระบบประปา - สุขาภิบาล | | | | 56,083 | | 6,500 | 62,583 | |
| [redacted] | | | | | | | | | |
| | A. หมวดงานปรับพื้นที่ | | | | 15,000 | | - | | |
| | B. หมวดงานโครงสร้าง | | | | 560,284 | | 121,747 | | |
| | C. หมวดงานตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรม | | | | 425,707 | | 155,317 | | |
| | D. หมวดงานสุขภัณฑ์ | | | | 28,318 | | 3,970 | | |
| | E. หมวดงานระบบไฟฟ้า | | | | 50,000 | | - | | |
| | F. หมวดงานระบบประปา - สุขาภิบาล | | | | 56,083 | | 6,500 | | |
| | รวมค่าวัสดุก่อสร้าง และค่าแรง | | | | 1,135,391.5 | | 287,534 | 1,422,925 | |
| | ดำเนินการ 10% | | | | | | | 142,293 | |
| | กำไร 10% | | | | | | | 142,293 | |
| | ภาษี 9% | | | | | | | 128,063 | |
| | รวมราคาค่าก่อสร้างทั้งสิ้น | | | | | | | 1,835,574 | |

BOQ      4/4

# อาคารเขียว (Green Building)



เตรียมโดย

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| นายพิษณุ | กันเพชร | รหัสนิสิต | 51360431 | สาขาวิศวกรรมโยธา |
| นายวิษณุ | ฉันใด | รหัสนิสิต | 51360554 | สาขาวิศวกรรมโยธา |
| นางสาวสุภัคชยา | พิทักษ์ | รหัสนิสิต | 51360615 | สาขาวิศวกรรมโยธา |
| นายวัชรินทร์ | สุวรรณกษาปณ์ | รหัสนิสิต | 51363395 | สาขาวิศวกรรมโยธา |

# สารบัญแบบ

| แบบเลขที่ | แบบแสดง | แบบเลขที่ | แบบแสดง |
|---|---|---|---|
| แบบสถาปัตยกรรม | | แบบวิศวกรรมโครงสร้าง | |
| 1 | หน้าปก | 15 | แปลนพื้น ฐานราก คาน เสา |
| 2 | สารบัญแบบ | 16 | แปลนหลังคา |
| 3 | รายการทั่วไปประกอบแบบก่อสร้าง | 17 | แปลนโครงหลังคา |
| 4 | รายการ สัญลักษณ์ประกอบแบบ และ รายการพื้น ผนัง ฝ้า ไฟฟ้า สุขาภิบาล | 18 | แบบขยาย ฐานราก ตอม่อ เสา F1,F2 |
| 5 | แผนที่โดยสังเขป | | |
| 6 | แบบบริเวณ | | |
| 7 | ผังบริเวณ | | |
| 8 | แปลนพื้น | | |
| 9 | รูปด้าน 1,2 | แบบระบบไฟฟ้า - สุขาภิบาล | |
| 10 | รูปด้าน 3,4 | 19 | แปลนระบบสุขาภิบาล |
| 11 | รูปตัด A | | |
| 12 | รูปตัด B | | |
| 13 | แบบขยายห้องน้ำ | | |
| 14 | แบบขยายประตู - หน้าต่าง | | |

| | |
|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว (Green Building) |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 |
| ผู้ออกแบบ | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) |
| ชื่อแบบ | อาคารเขียว |
| แบบแสดง | สารบัญแบบ |
| คำนวณ | วันที่ / วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 2/19 |

# รายการประกอบแบบ

ระดับอาคาร ให้ถือระดับตามแบบแปลน ระดับ + - 0.000 จะกำหนดให้ขณะทำการก่อสร้าง

ระยะอาคาร ให้ถือตัวเลขในแบบเป็นสำคัญ

งานโครงสร้าง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- โครงสร้าง โดยทั่วไปเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนที่เป็น คสล.เช่น ฐานราก เสา พื้น คาน ให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ทแลนด์ตราเสือ ส่วนผสม 1 : 2 : 4 โดยปริมาตร
- พื้นโดยทั่วไปเป็นพื้นสำเร็จรูป ให้วางตามแนวที่ระบุในแบบ ส่วนที่ติดกับดินก่อนเทคอนกรีตต้องรองพื้นด้วยทรายหยาบ รดน้ำชุ่มอัดแน่น ความหนาตามกำหนดในแบบ

งานก่ออิฐผนัง มีรายละเอียดดังนี้

- ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐมวลเบา Q-Con

งานฉาบปูน ปูนฉาบ ฉาบเรียบให้ได้ดิ่งและได้ฉาก ทุกๆผนังโดยก่อนฉาบต้องทำปุ่มระดับก่อนเสมอ

งานหลังคา มีรายละเอียดดังนี้

- หลังคากระเบื้องลอนคู่ครอบและอุปกรณ์ต่างๆใช้ชนิดเดียวกัน สีของกระเบื้องขึ้นอยู่กับเจ้าของบ้าน
- โครงหลังคาให้ดูรายละเอียดในแบบ เหล็กรูปพรรณที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM-36A หรือเทียบเท่า

งานฝ้าเพดาน ภายในอาคารใช้ฝ้ายิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบ โครงคร่าวโลหะเบา

งานคอนกรีต มีรายละเอียดดังนี้

- คอนกรีต การผสมคอนกรีตจะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกับลักษณะงานที่ใช้ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน จะต้องไม่น้อยกว่า 200 กก./ตร.ซม.
- ปูนซีเมนต์ กำหนดให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- ไม้แบบ จะต้องเป็นไม้แบบใหม่หรือเป็นไม้แบบที่ผ่านการใช้งานมาแล้วไม่เกิน 2 ครั้ง และจะต้องประกอบแบบให้มีความมั่นคงแข็งแรงไม่ให้เกิดช่องว่างให้มอร์ต้าไหลออกได้
- การถอดแบบหล่อและที่รองรับหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จเป็นเวลาดังนี้

| | |
|---|---|
| แบบข้างเสา ข้างกำแพง ข้างคาน | 2 วัน |
| แบบล่างรองรับพื้น | 7 วัน |
| ค้ำยันกลางพื้นหลังถอดแบบ | 21 วัน |
| แบบล่างรองรับคาน | 14 วัน |
| เมื่อถอดแบบแล้วให้ค้ำยันกลางคานไว้อีก | 14 วัน |

งานฐานราก มีรายละเอียดดังนี้

- งานขุดหลุมฐานรากจะต้องมีความลึกความกว้างตามที่กำหนดในแบบและมีเนื้อที่กว้างพอที่จะทำการประกอบแบบหรือถอดไม้แบบและเทคอนกรีตได้สะดวก
- ให้ทำการอัดดินก้นหลุมฐานรากให้แน่นเรียบเสมอแล้วเททรายหยาบหนา 0.10 ม.
  - หลังจากเทคอนกรีตหยาบแล้วให้ทำการผูกเหล็กฐานราก แล้วเทคอนกรีต 1 : 2 : 4 และหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จจะต้องไม่ให้คอนกรีตถูกน้ำไม่น้อยกว่า 6 ชม. ส่วนการถมดินจะต้องไม่น้อยกว่า 48 ชม.

งานไฟฟ้า ให้เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

งานประปา การเดินท่อและติดตั้งอุปกรณ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการประปาส่วนภูมิภาค

งานสี กำหนดให้ใช้สี TOA ภายในทาด้วยสีสำหรับภายใน ภายนอกทาด้วยสีสำหรับภายนอก ก่อนทาสีจริงจะต้องทาสีรองพื้นก่อนทุกครั้ง

หมายเหตุ ถ้าปรากฏว่าแบบแปลนหรือรายการประกอบแบบส่วนหนึ่งส่วนใดไม่ถูกต้อง จะต้องแจ้งให้เจ้าของอาคารหรือผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างทราบเพื่อหาข้อยุติต่อไป

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการ<br>อาคารเขียว<br>(Green Building) | | | |
| เสนอ | | | |
| จัดทำโดย<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>สาขาวิศวกรรมโยธา<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์<br>ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก<br>65000 | | | |
| ผู้ออกแบบ<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว<br>(Green Building) | | | |
| ชื่อแบบ<br>อาคารเขียว | | | |
| แบบแสดง<br>รายการประกอบแบบ | | | |
| คำนวณ | | วันที่ | |
| | | วันที่ | |
| มาตราส่วน | 1:100 | | |
| เขียนแบบ | | วันที่ | |
| ตรวจสอบ | | วันที่ | |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 3/19 | |

# สัญลักษณ์ประกอบแบบ

**รายการผนัง**

- 1 - ผนังก่ออิฐมวลเบา Q-CON ฉาบปูนเรียบ ทาสีภายนอก
- 2 - ผนังก่ออิฐมวลเบา Q-CON ฉาบปูนเรียบ ทาสีภายใน
- 3 - ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ ภายในกรุกระเบื้อง

**รายการพื้น**

- 1 - พื้น ค.ส.ล. ปูกระเบื้องดินเผา 8"x8"
- 2 - พื้น ค.ส.ล. ปูกระเบื้องเซรามิค 8"x8"

**รายการฝ้า**

- 1 - ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงคร่าวไม้เนื้อแข็ง (มีฟอยด์)
- 2 - ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงคร่าวไม้เนื้อแข็ง (ทนความชื้น)

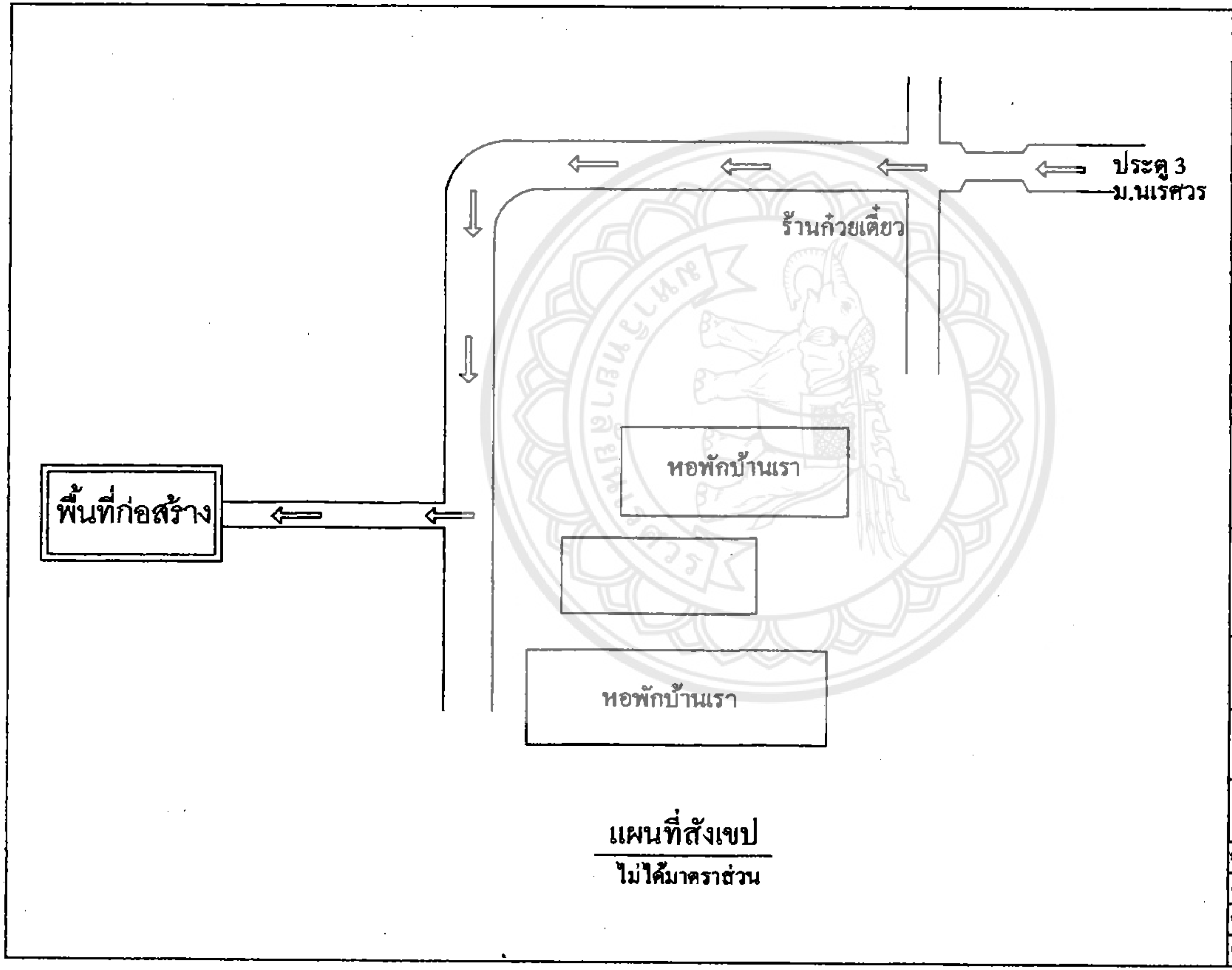
**รายการสุขภัณฑ์**

1. ชักโครก
2. อ่างล้างหน้าแขวนเคาน์เตอร์ พร้อมกระจกเงา
3. สายฉีดชำระ
4. ฝักบัว
5. ราวแขวนผ้า

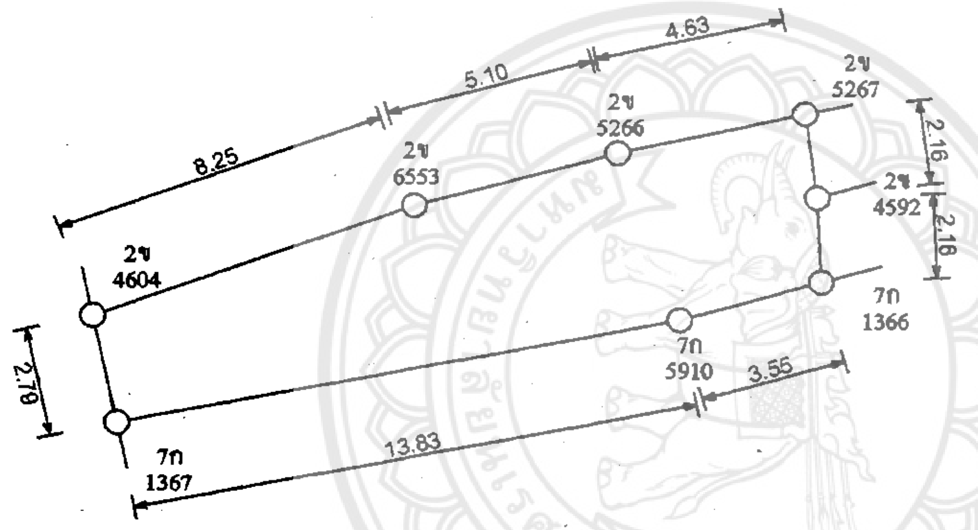
**รายการสุขาภิบาล**

- บ่อเกรอะ-บ่อกรองสำเร็จรูปชนิดไร้อากาศความจุไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร
- บ่อพักน้ำทิ้งสำเร็จขนาด 0.4 x 0.4 เมตร
- บ่อดักไขมันความจุไม่น้อยกว่า 3 ลิตร ผลิตภัณฑ์ pp, AQUA, DOS
- มาตรวัดน้ำ ⌀ 0.5 นิ้ว
- ข้อต่ออ่อน
- ประตูน้ำ ⌀ 0.5 นิ้ว
- ก๊อกน้ำ
- แสดงทิศทางการมองรูปด้าน
- แสดงแนวตัดอาคาร

| | |
|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว (Green Building) |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 |
| ผู้ออกแบบ | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) |
| ชื่อแบบ | อาคารเขียว |
| แบบแสดง | สัญลักษณ์ประกอบแบบ |
| สำรวจ | วันที่ / วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 4/19 |




| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการ<br>อาคารเขียว<br>(Green Building) | | | |
| เสนอ | | | |
| จัดทำโดย<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์<br>ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก<br>65000 | | | |
| ผู้ออกแบบ<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว<br>(Green Building) | | | |
| ชื่อแบบ<br>อาคารเขียว | | | |
| แบบแสดง<br>แผนที่สังเขป | | | |
| สำรวจ | | วันที่ | |
| | | วันที่ | |
| มาตราส่วน | 1:100 | | |
| เขียนแบบ | | วันที่ | |
| ตรวจสอบ | | วันที่ | |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ | 5/19 |




## แบบบริเวณ

**มาตราส่วน 1:1000**

**โครงการ**
อาคารเขียว
(Green Building)

**เสนอ**

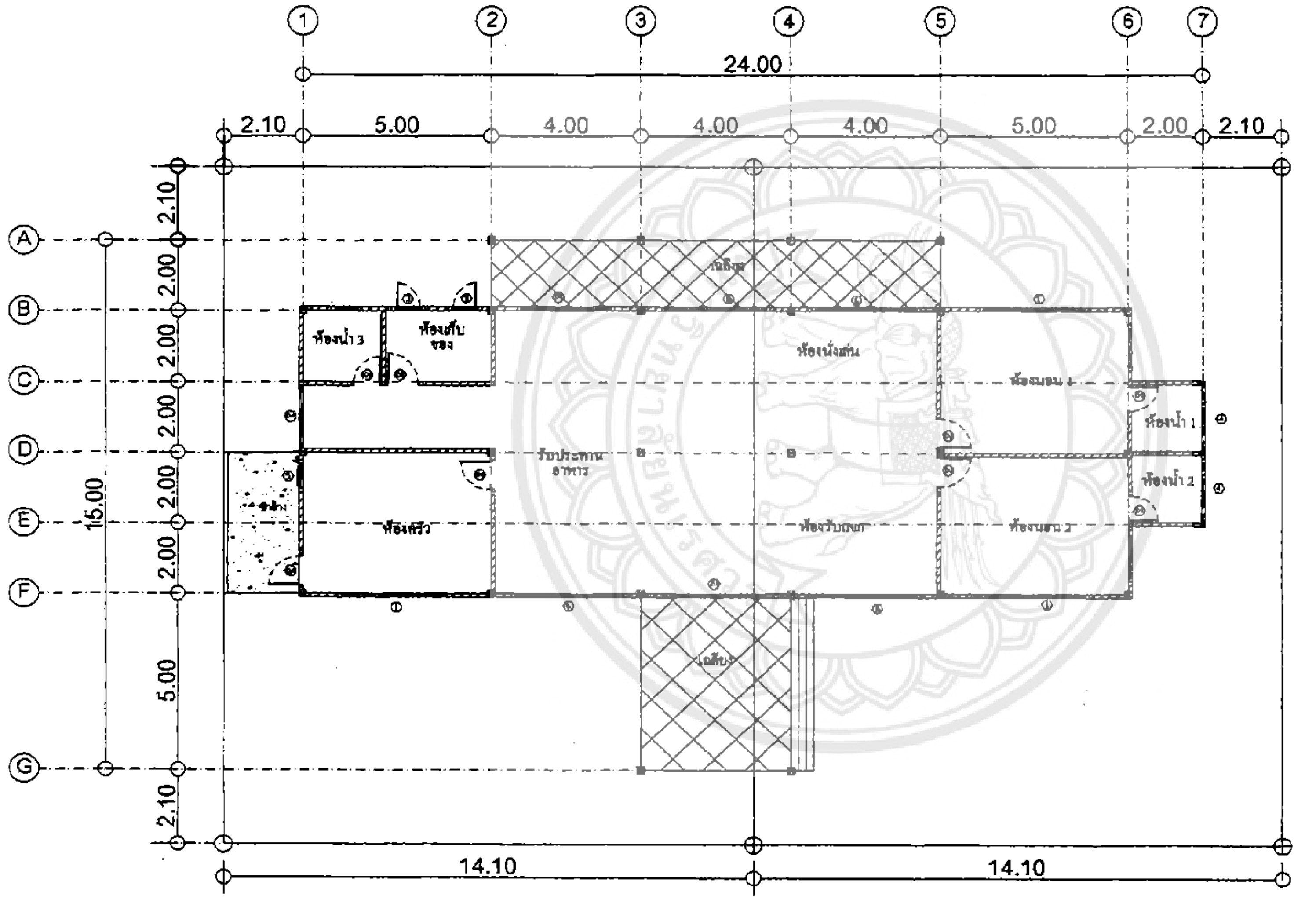
**จัดทำโดย**
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

**ผู้ออกแบบ**
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

**ชื่อแบบ**
อาคารเขียว

**แบบแสดง**
แบบบริเวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| สำรวจ | | วันที่ | |
| | | วันที่ | |
| มาตราส่วน | 1:1000 | | |
| เขียนแบบ | | วันที่ | |
| ตรวจสอบ | | วันที่ | |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 6/19 | |




## ผังบริเวณ
**มาตราส่วน 1:100**

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

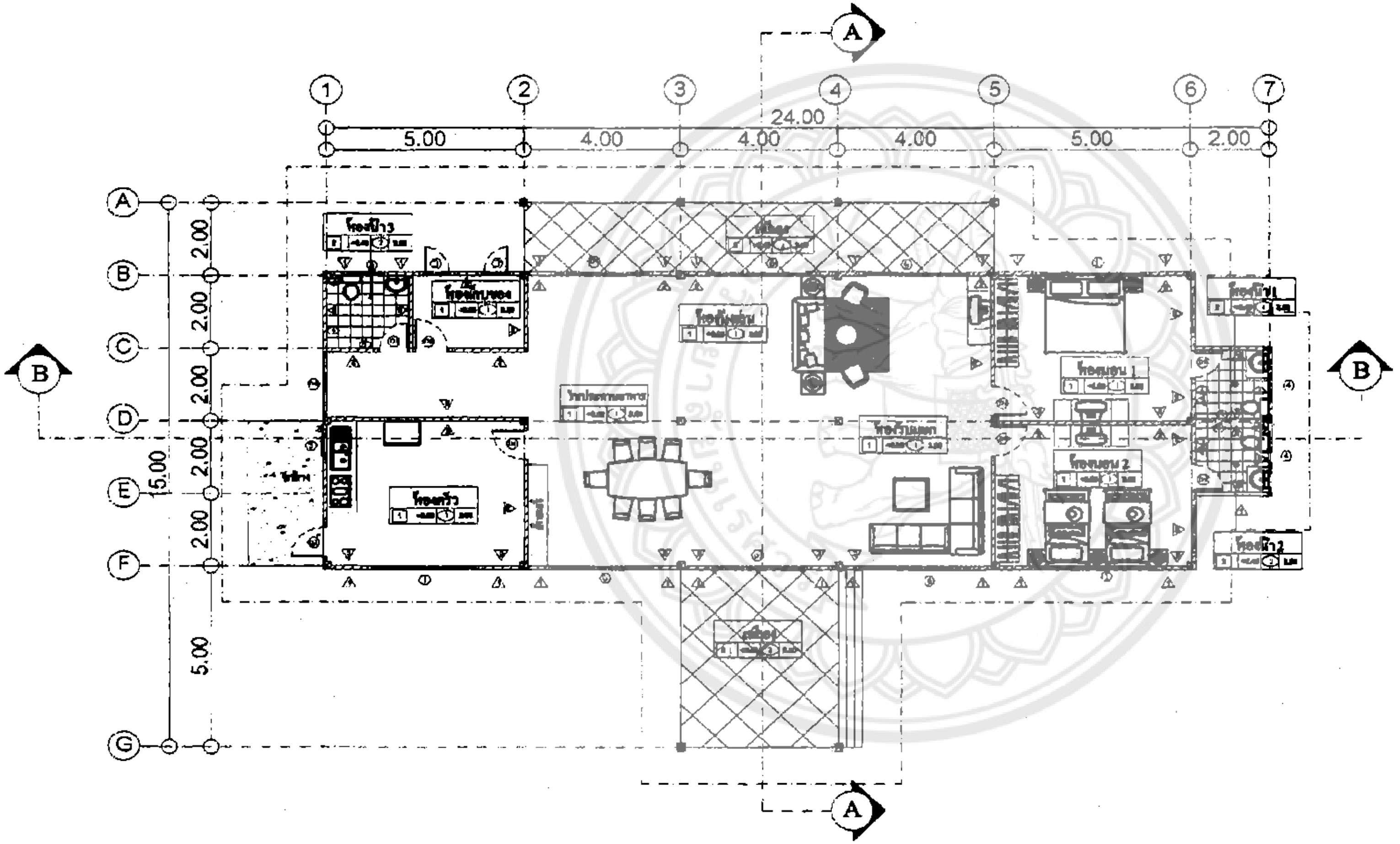
จัดทำโดย
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
ผังบริเวณ

| | | |
|---|---|---|
| กำหนด | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 7/19 |




# แปลนพื้น

มาตราส่วน 1:100

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

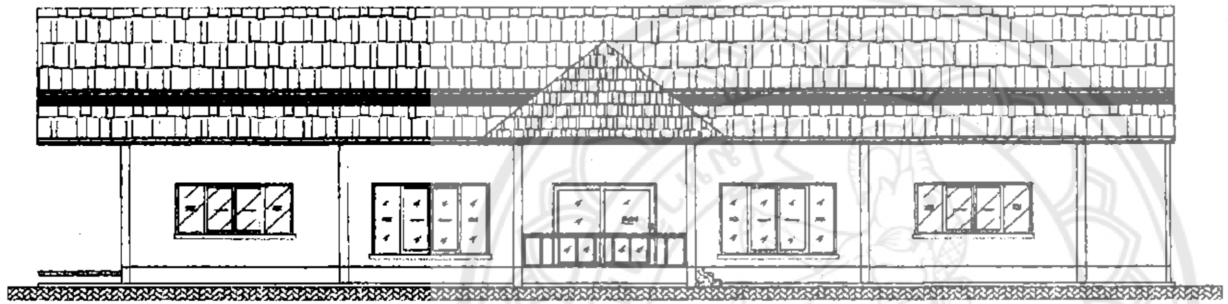
จัดทำโดย
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

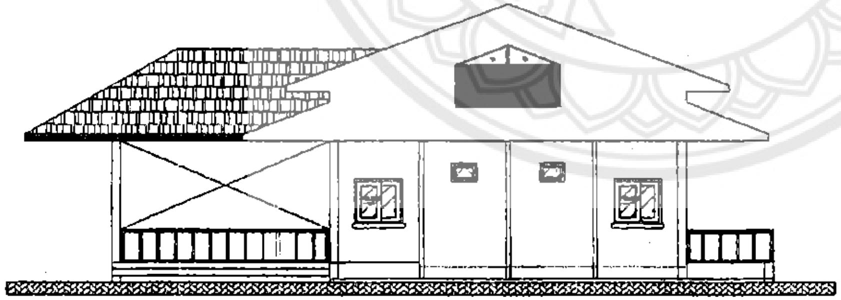
ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
แปลนพื้น

| | | |
|---|---|---|
| คำนวณ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 8/19 |



ด้าน 1



ด้าน 2

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

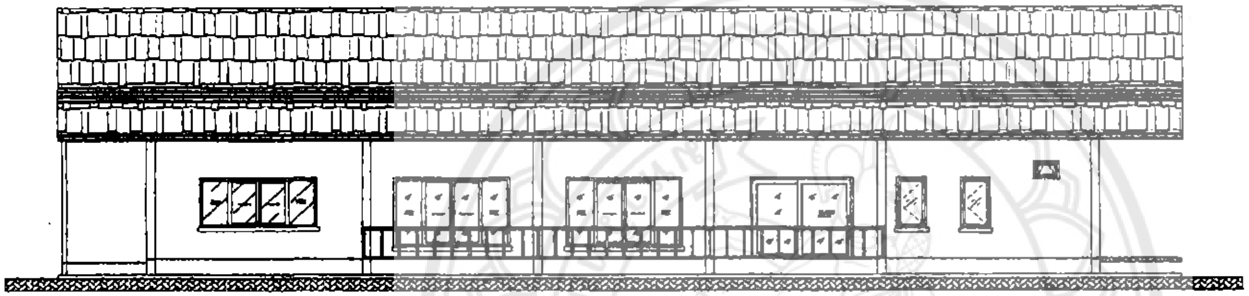
จัดทำโดย
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

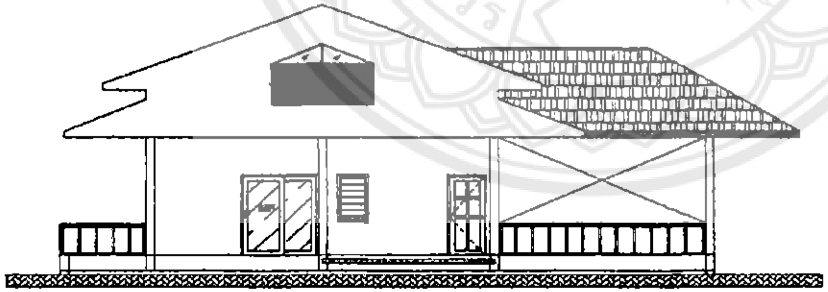
ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
รูปด้าน 1 - 2

| | | |
|---|---|---|
| สำรวจ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 9/19 |



ด้าน 3



ด้าน 4

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

จัดทำโดย

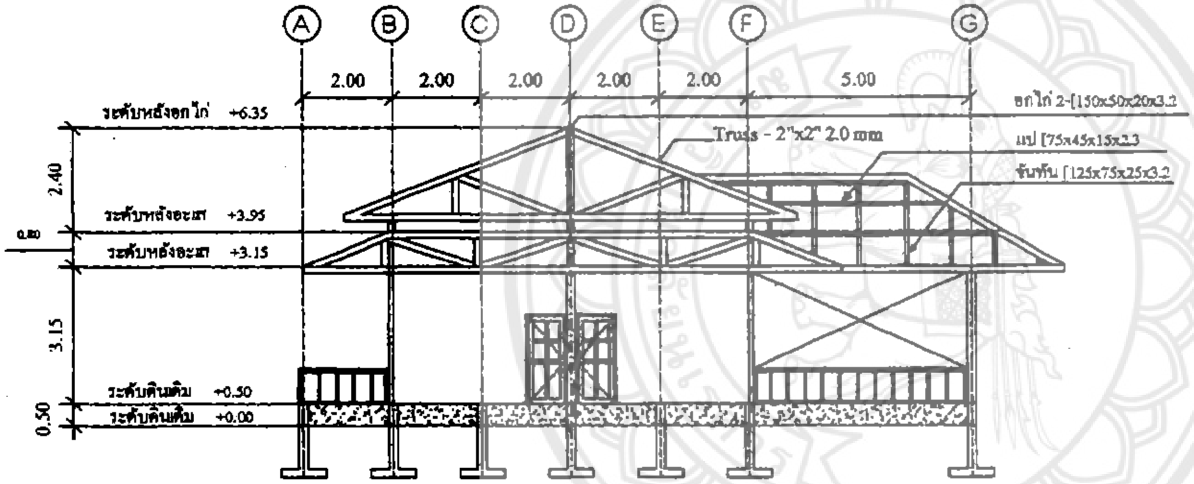
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
รูปด้าน 3 - 4

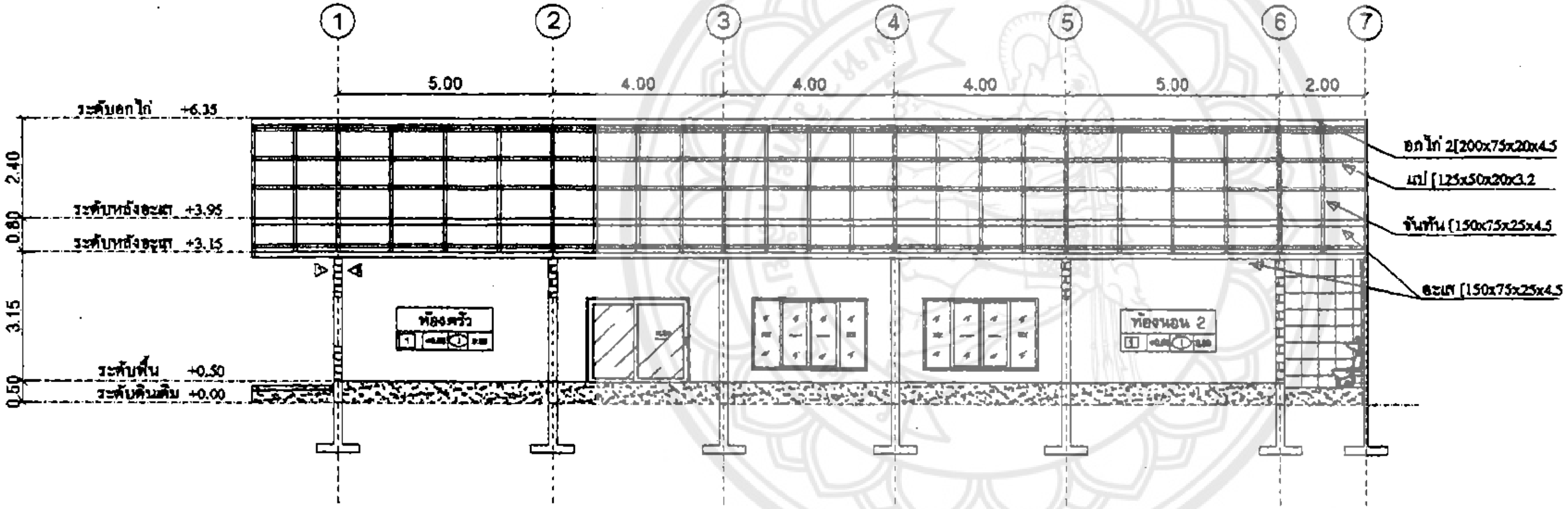
| | | |
|---|---|---|
| คำนวณ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 10/19 |




## รูปตัด A - A

มาตราส่วน 1:100

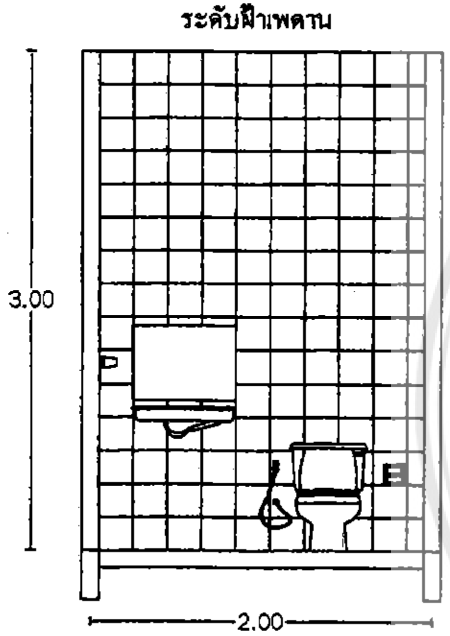
| | |
|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว (Green Building) |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 |
| ผู้ออกแบบ | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) |
| ชื่อแบบ | อาคารเขียว |
| แบบแสดง | รูปตัด B-B |
| คำนวณ | วันที่ / วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 11/19 |



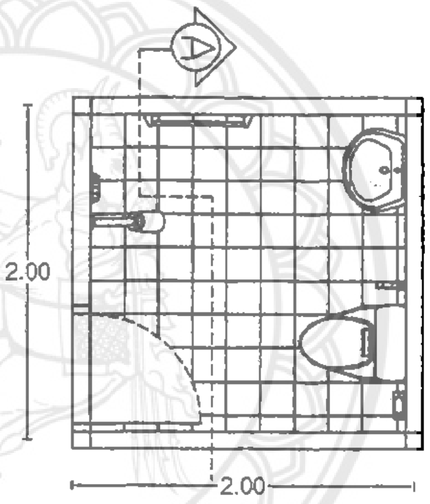

# รูปตัด B - B

มาตราส่วน 1:100

| | | |
|---|---|---|
| **โครงการ**<br>อาคารเขียว<br>(Green Building) | | |
| เสนอ | | |
| **จัดทำโดย**<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>สาขาวิศวกรรมโยธา<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์<br>ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก<br>65000 | | |
| **ผู้ออกแบบ**<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว<br>(Green Building) | | |
| **ชื่อแบบ**<br>อาคารเขียว | | |
| แบบแสดง<br>รูปตัด B - B | | |
| สำรวจ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 12/19 |




รูปตัดA ขยายห้องน้ำ




แบบขยายห้องน้ำ

## แบบขยายห้องน้ำ

มาตราส่วน 1:25

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

จัดทำโดย

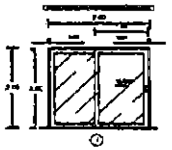
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

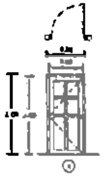
ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
แบบขยายห้องน้ำ

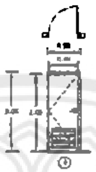
| | | |
|---|---|---|
| สำรวจ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 13/19 |



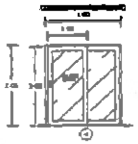
ประตูบานเปิด 2 ช่อง (พร้อมช่องแสงกระจกติดตาย)
วงกบ ALUMINUIM อบสีขาว
กรอบบานALUMINUIM อบสีขาว
กระจกสีเขียวหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ



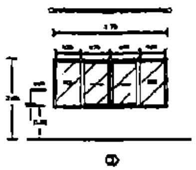
ประตูบานเปิดบานเดียว
วงกบไม้เนื้อแข็ง ขนาด 2" x 4"
กรอบบานประตูไม้สัก
แบบและลายลูกฟักระบุภายหลัง



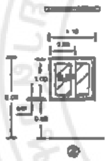
ประตูบานเปิดบานเดียว (เกล็ดล่าง)
วงกบ PVC. สำเร็จรูป
กรอบบาน PVC. สำเร็จรูป



ประตูบานเปิดคู่
วงกบไม้เนื้อแข็ง 2"x 4"
บานเกล็ด



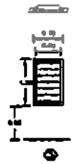
บานหน้าต่างเปิด 2 ช่อง (พร้อมช่องแสงกระจกติดตาย)
วงกบ ALUMINUIM อบสีขาว
กรอบบาน ALUMINUIM อบสีขาว
กระจกสีเขียวหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ



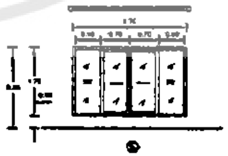
บานหน้าต่างเปิด 1 ช่อง (พร้อมช่องแสงกระจกติดตาย)
วงกบ ALUMINUIM อบสีขาว
กรอบบาน ALUMINUIM อบสีขาว
กระจกสีเขียวหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ

หน้าต่างบานเปิด 1 ช่อง
วงกบ ALUMINUIM อบสีขาว
กรอบบาน ALUMINUIM อบสีขาว
กระจกสีเขียวหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ

หน้าต่างบานกระทุ้ง
วงกบไม้เนื้อแข็ง 2"x 4"
กระจกฝ้าหนา 5 มม.



หน้าต่างบานเกล็ด 1 ช่อง
วงกบไม้เนื้อแข็ง 2"x 4" ทาสีน้ำมัน
กรอบบานไม้สัก
กระจกสีชาหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ



บานหน้าต่างเปิด 2 ช่อง (พร้อมช่องแสงกระจกติดตาย)
วงกบ ALUMINUIM อบสีขาว
กรอบบาน ALUMINUIM อบสีขาว
กระจกสีเขียวหนา 5 มม. ขนาดดูตามแบบ

โครงการ
อาคารเขียว
(Green Building)

เสนอ

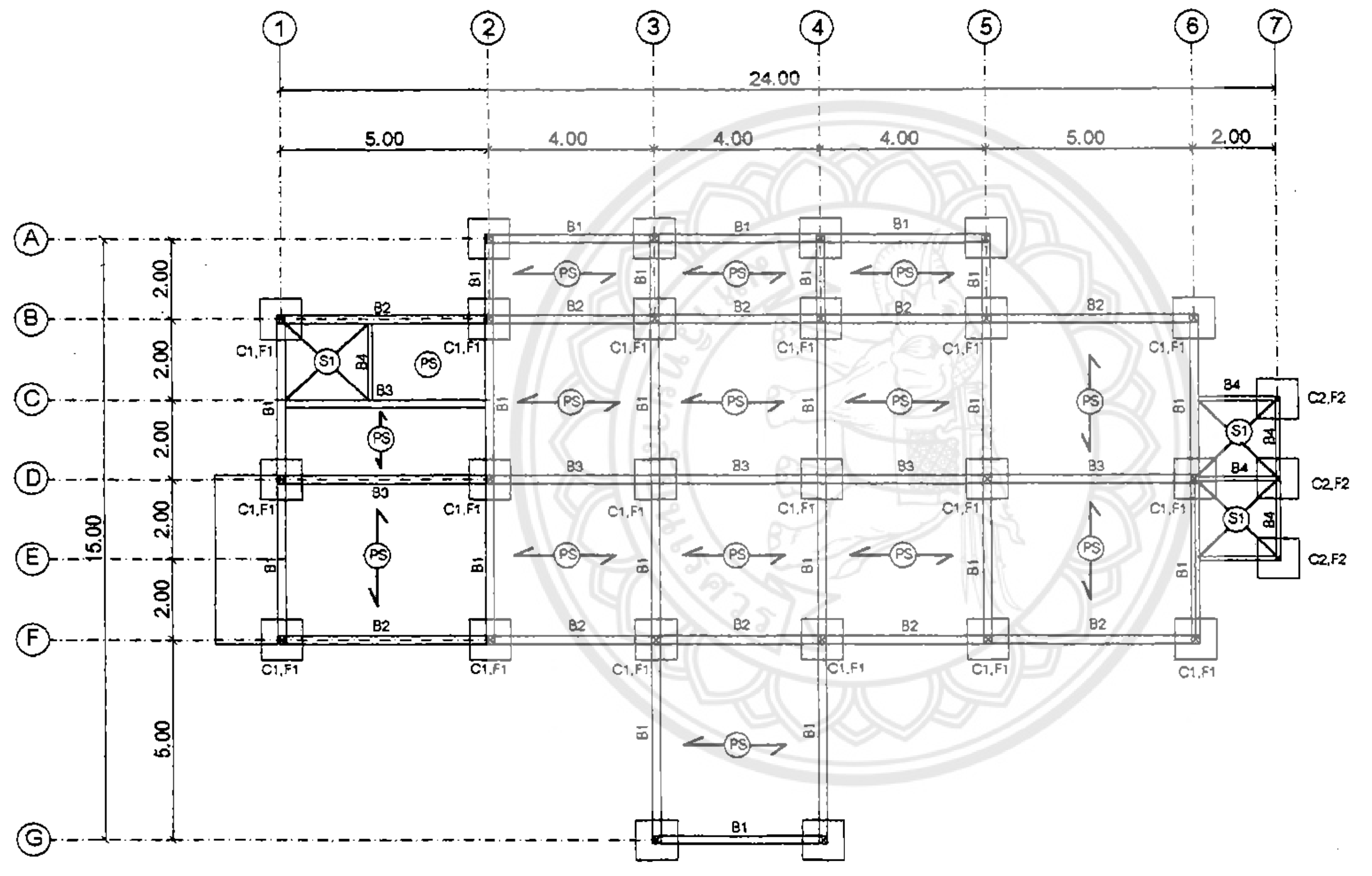
จัดทำโดย
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ถนนพิษณุโลก-นครสวรรค์
ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
65000

ผู้ออกแบบ
กลุ่มปริญญานิพนธ์
หัวข้อ อาคารเขียว
(Green Building)

ชื่อแบบ
อาคารเขียว

แบบแสดง
แบบขยายประตู - หน้าต่าง

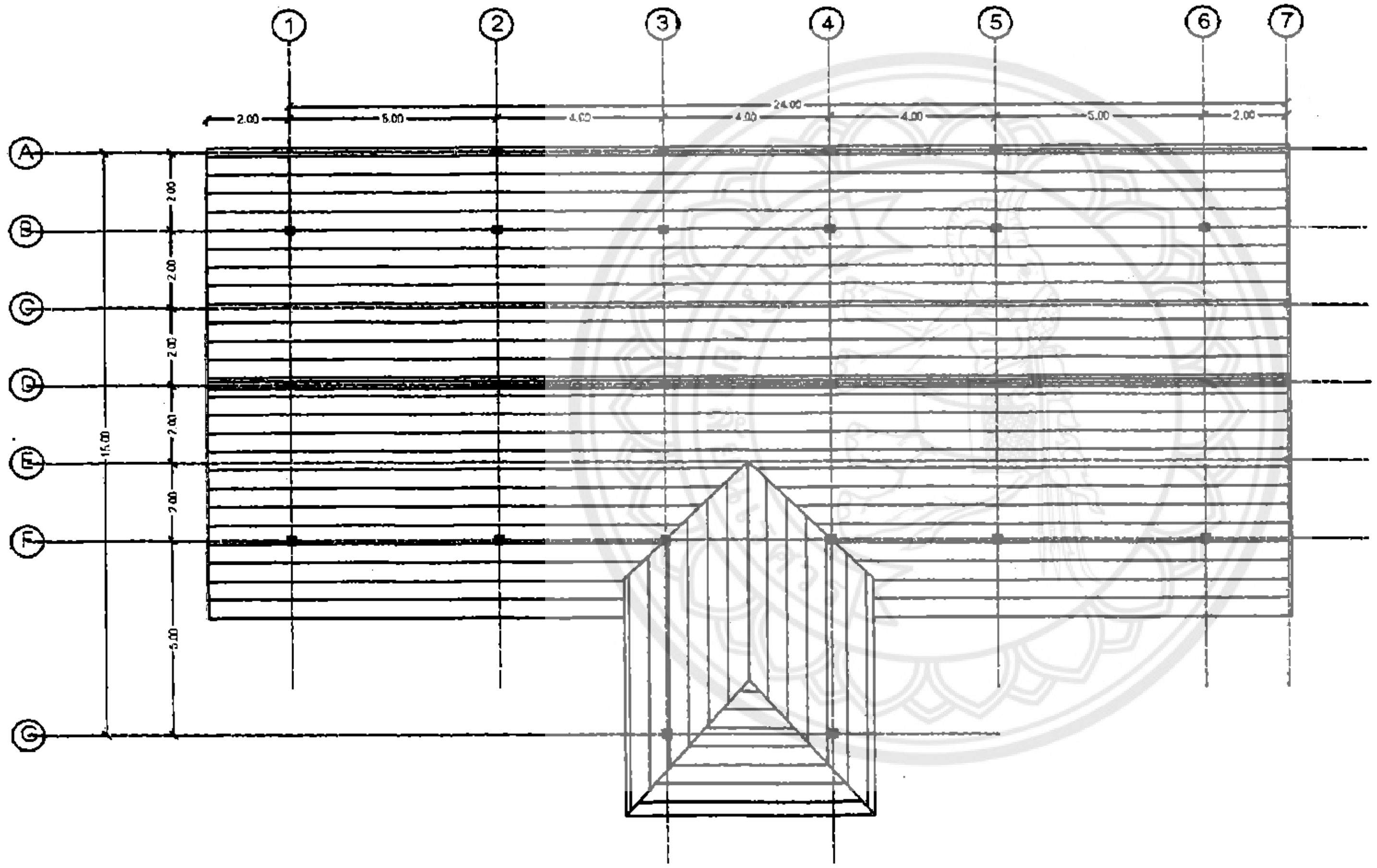
| | | |
|---|---|---|
| สำรวจ | | วันที่ |
| | | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 | |
| เขียนแบบ | | วันที่ |
| ตรวจสอบ | | วันที่ |
| อนุมัติ | | แผ่นที่ 14/19 |




# แปลนฐานราก,เสา,คาน,พื้น

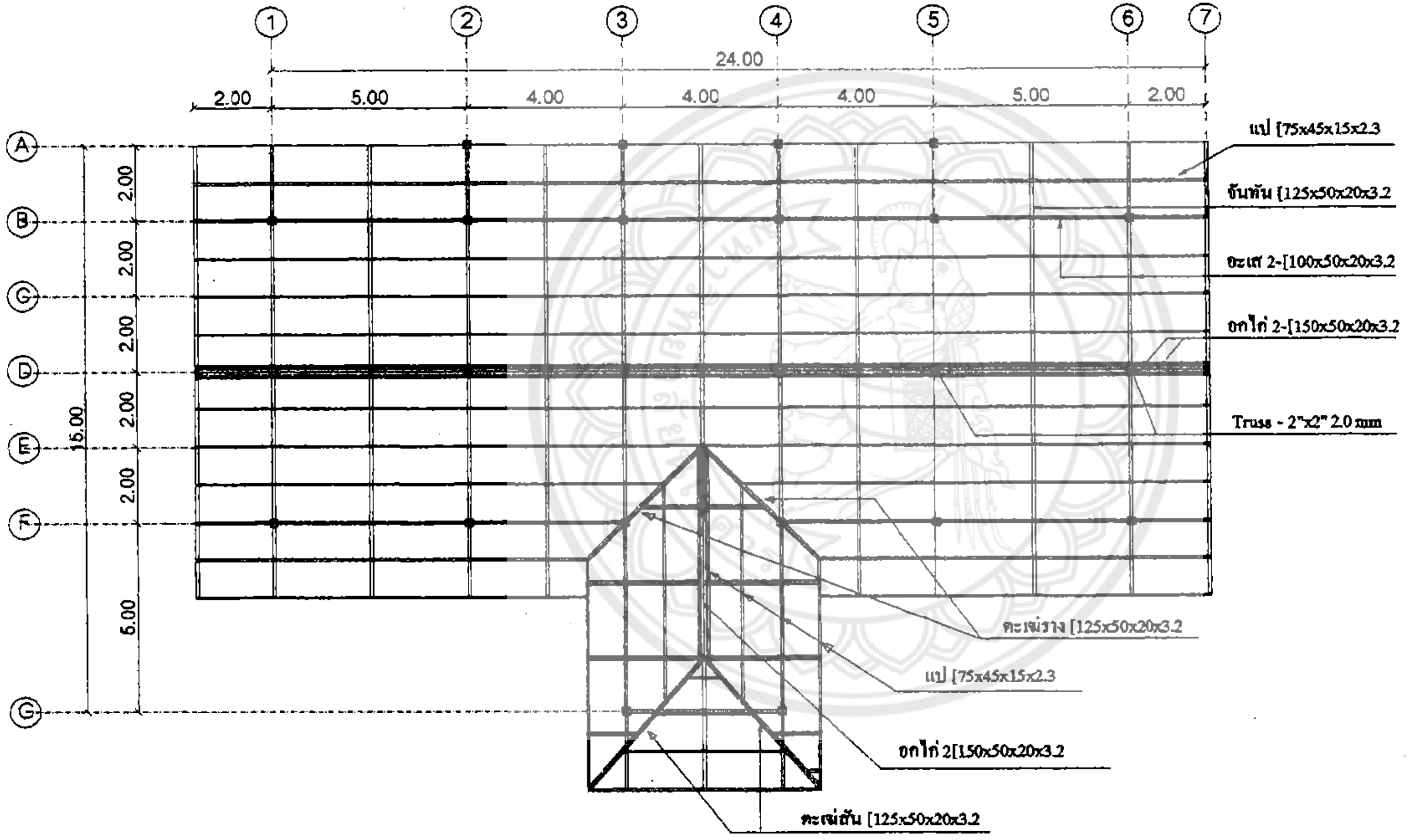
**มาตราส่วน 1:100**

| | |
|---|---|
| โครงการ<br>อาคารเขียว<br>(Green Building) | |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>สาขาวิศวกรรมโยธา<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์<br>ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก<br>65000 | |
| ผู้ออกแบบ<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว<br>(Green Building) | |
| ชื่อแบบ<br>อาคารเขียว | |
| แบบแสดง<br>แปลนฐานราก,เสา,คาน,พื้น | |
| กำหนด | วันที่ |
| | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 17/19 |




**แปลนหลังคา**
**มาตราส่วน 1:100**

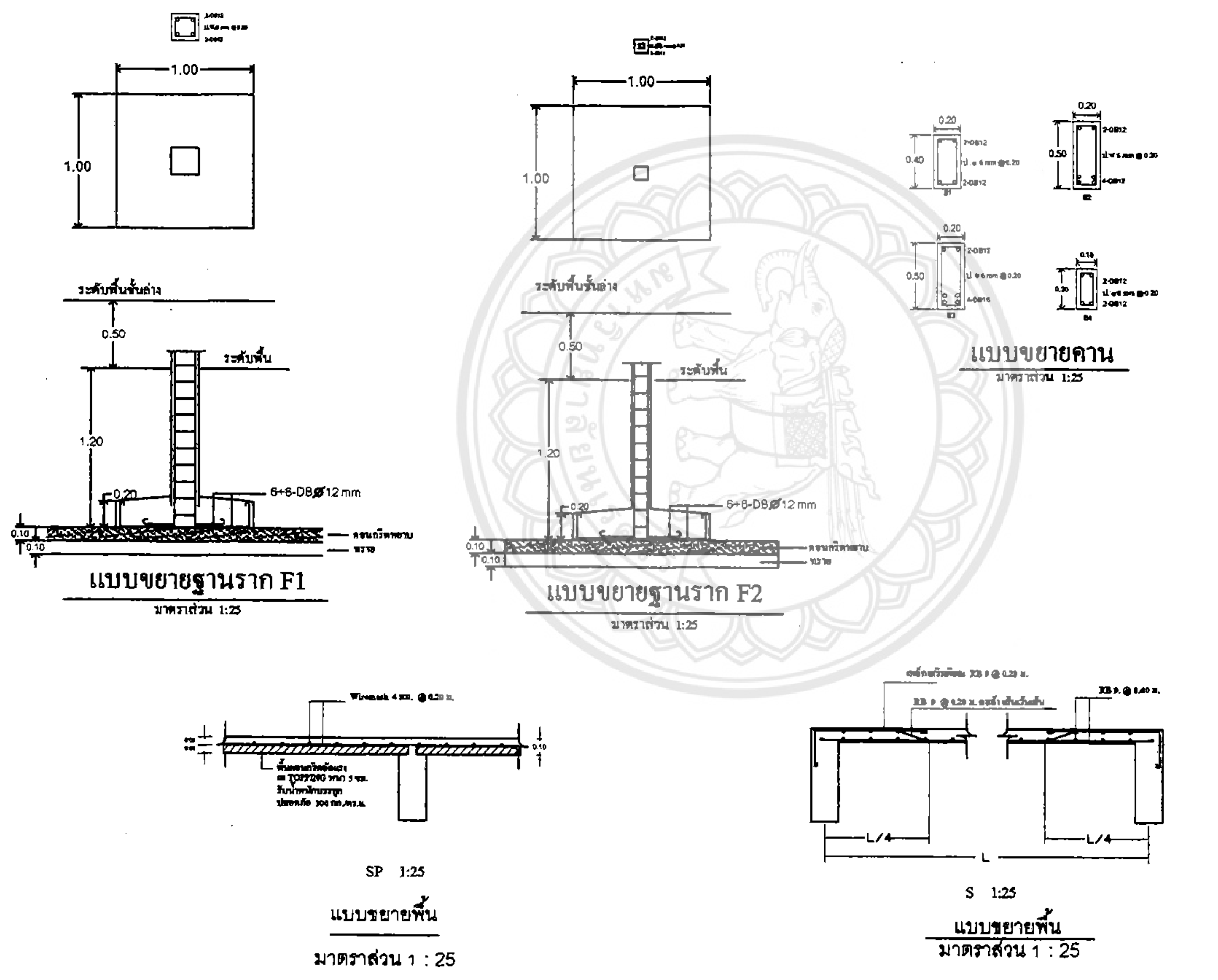
| | |
|---|---|
| โครงการ | อาคารเขียว (Green Building) |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 |
| ผู้ออกแบบ | กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) |
| ชื่อแบบ | อาคารเขียว |
| แบบแสดง | แปลนหลังคา |
| สำรวจ | วันที่ / วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 15/19 |



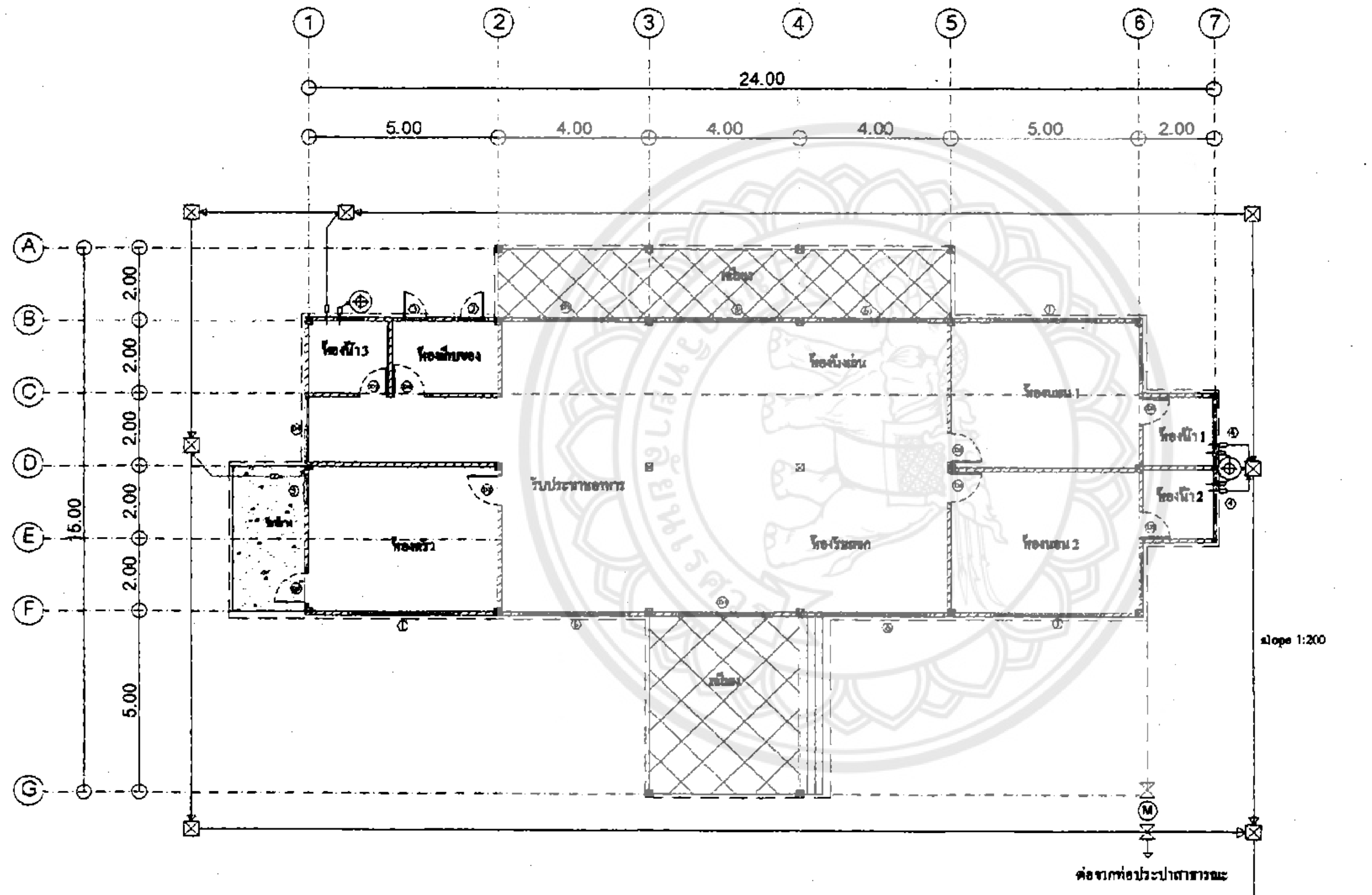

## แปลนโครงหลังคา

มาตราส่วน 1:100

| | |
|---|---|
| โครงการ อาคารเขียว (Green Building) | |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 | |
| ผู้ออกแบบ กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) | |
| ชื่อแบบ อาคารเขียว | |
| แบบแสดง แปลนโครงหลังคา | |
| ตำรวจ | วันที่ / วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 16/19 |




| | |
|---|---|
| **โครงการ** อาคารเขียว (Green Building) | |
| **เสนอ** | |
| **จัดทำโดย** กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 | |
| **ผู้ออกแบบ** กลุ่มปริญญานิพนธ์ หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building) | |
| **ชื่อแบบ** อาคารเขียว | |
| **แบบแสดง** แบบขยายฐานราก,เสา ,คาน,พื้น,บันได | |
| สำรวจ | วันที่ |
| | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 18/19 |

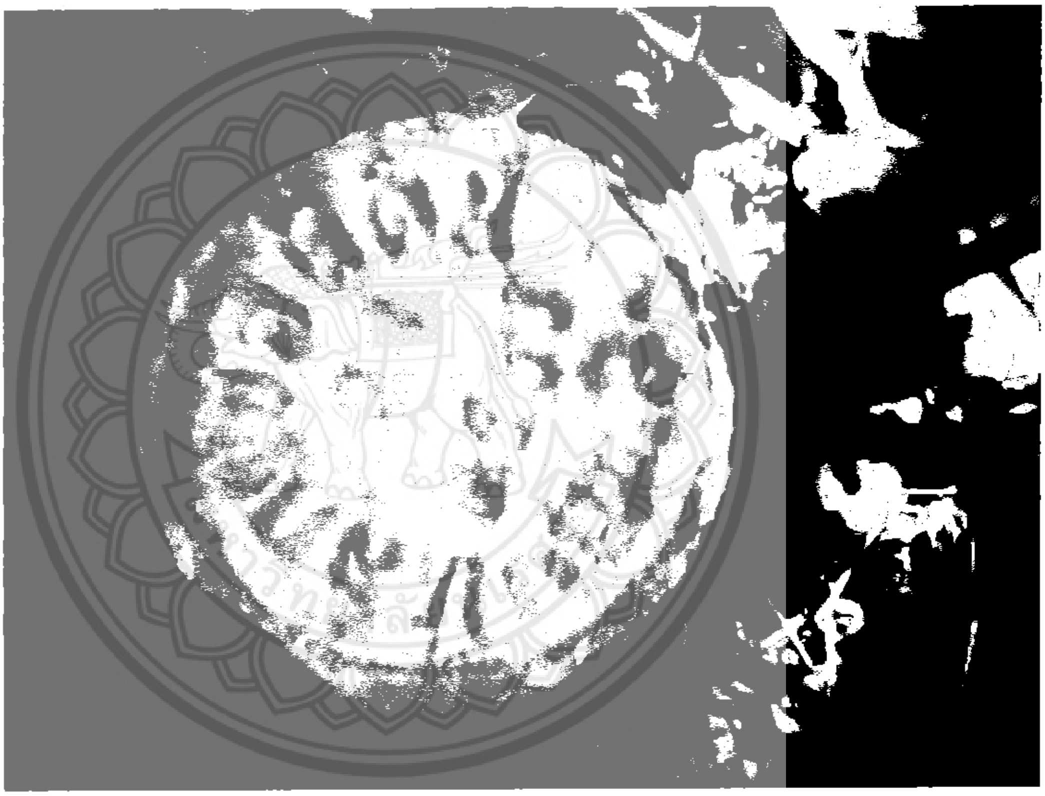



## แปลนสุขาภิบาล
มาตราส่วน 1:100

| | |
|---|---|
| โครงการ<br>อาคารเขียว<br>(Green Building) | |
| เสนอ | |
| จัดทำโดย<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว (Green Building)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>สาขาวิศวกรรมโยธา<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>99 หมู่ 9 ถนน พิษณุโลก-นครสวรรค์<br>ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก<br>65000 | |
| ผู้ออกแบบ<br>กลุ่มปริญญานิพนธ์<br>หัวข้อ อาคารเขียว<br>(Green Building) | |
| ชื่อแบบ<br>อาคารเขียว | |
| แบบแสดง<br>แปลนสุขาภิบาล | |
| คำนวณ | วันที่ |
| | วันที่ |
| มาตราส่วน | 1:100 |
| เขียนแบบ | วันที่ |
| ตรวจสอบ | วันที่ |
| อนุมัติ | แผ่นที่ 19/19 |

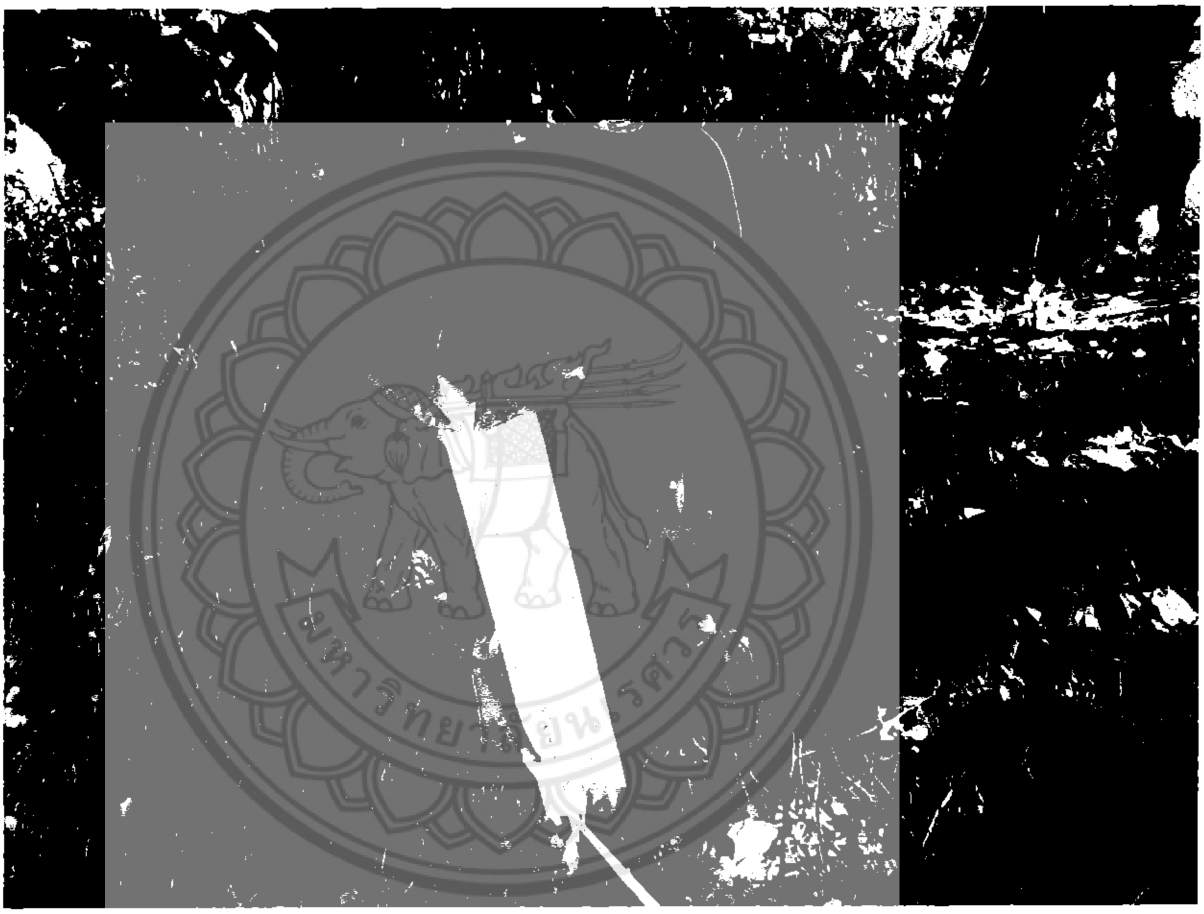
# ภาคผนวก ข

**ภาพประกอบการสำรวจสถานที่ก่อสร้าง**



รูปที่ ข.1 หมุดเขตที่ตั้ง

**รูปที่ ข.2 บันทึกตำแหน่งที่ตั้งหมุด**



รูปที่ ข.3 วัดระยะห่างระหว่างหมุด

รูปที่ ข.4 วัดระดับจุดอ้างอิงของตำแหน่งที่ตั้งตัวบ้าน