การเปรียบเทียบปริมาณงานโครงสร้างสำหรับอาคารที่ออกแบบโดยคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

Comparison Bill of Quantities of Structural Work in Reinforced Concrete Building Between Seismic Design for and Non-Seismic Design

ปวิชญา ลิมสัมพันธ์เจริญ
พิสิฐพงศ์ วงษ์โก
พีรพัฒน์ เหมรุ่งโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การเปรียบเทียบปริมาณงานโครงสร้างสำหรับอาคารที่ออกแบบโดยคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

Comparison Bill of Quantities of Structural Work in Reinforced Concrete Building Between Seismic Design and Non-Seismic Design

นักศึกษา	นายปวิชญา	ลิมสัมพันธ์เจริญ	รหัสนักศึกษา 62010543
	นายพิสิฐพงศ์	วงษ์โก	รหัสนักศึกษา 62010643
	นายพีรพัฒน์	เหมรุ่งโรจน์	รหัสนักศึกษา 62010650

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.ชลิดา	อู่ตะเภา	
รศ.ดร.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	
ผศ.สมเกียรติ	ขวัญพฤกษ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 5 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบปริมาณงานโครงสร้างสำหรับอาคารที่ออกแบบโดยคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

นายปวิชญา ลิมสัมพันธ์เจริญ รหัสนักศึกษา 62010543
นายพิสิฐพงศ์ วงษ์โก รหัสนักศึกษา 62010643
นายพีรพัฒน์ เหมรุ่งโรจน์ รหัสนักศึกษา 62010650

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันภัยแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งสร้างความเสียหายต่อประชาชน ที่อยู่อาศัยเป็นบริเวณกว้าง จึงได้มีการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในด้านปริมาณงานโครงสร้าง และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างของอาคารแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว ออกแบบโดยใช้วิธีกำลัง Strength Design Method คือ 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น กำหนดให้ออกแบบอาคารความสูงชั้นละ 3 เมตร มีหน้ากว้าง 15 เมตร แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 5 เมตร โดยเลือกที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ 3 ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2564 และทำการถอดแบบเพื่อหาปริมาณงานโครงสร้างเพื่อเปรียบเทียบปริมาณงานโครงสร้างของอาคารที่มีความสูงต่างกัน พบว่าในด้านของราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคาร กรณีความสูงของอาคารเพิ่มขึ้น ราคาค่าก่อสร้างจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นแบบพาราโบลา ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่จะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น โดยกรณีอาคารที่ออกแบบให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของอาคาร 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 1.6 % , 2.6 % และ 5.6 % ตามลำดับ และในด้านปริมาณงานโครงสร้างจะมีสัดส่วนปริมาตรคอนกรีตและไม้แบบเท่าเดิม แต่จะเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมและเหล็กปลอก โดยกรณีที่อาคารที่ออกแบบให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของอาคาร 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น จะมีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 7.9 % , 9.5 % และ 17.1 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : Strength Design Method , การต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว , Bill of Quantities

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARISON VOLUMES OF STRUCTURAL WORK IN REINFORCED CONCRETE BUILDING FOR ANTI AND NON-SEISMIC DESIGN

Mr. Pavichaya limsamphuncharoen Student ID. 62010543
Mr. Pisitpong Wonggo Student ID. 62010643
Mr. Perapat Hamerongroj Student ID. 61010650

Advisor: Asst. Prof. Somkiet Khwanpruk

Academic Year 2022

ABSTRACT

At present, many countries around the world have experienced earthquakes, causing widespread damage to people and residents. Therefore, a seismic free reinforced concrete building was designed to analyze the differences in structural workload. And compare the structural costs of buildings, considering and not considering earthquakes. The strength design method is as follows: The 2nd, 4th, and 6th floors, each with a height of 3 meters and a width of 15 meters, are divided into 3 stages, each with a height of 5 meters. 3 According to the ministerial regulation B.E.2021 , Structural engineering design is carried out to compare the Structural engineering quantities of buildings of different heights. Research has found that in terms of the total building cost, if the building height increases, the building cost may increase in a parabolic manner. As the available space increases, the construction cost of each area may decrease. If the building is designed for seismic resistance, the construction cost of 2-story, 4-story, and 6-story buildings will increase. 1.6 %, 2.6 %, and 5.6 % respectively , And in terms of the amount of structural work, there will be the same proportion of the volume of concrete and wood. But it will increase the amount of reinforcing steel in the pole and steel casing. In the case of a building designed to withstand earthquakes of a 2-storey, 4-storey, and 6-storey building, the steel content will increase by 7.9 %, 9.5 %, and 17.1 %, respectively.

KEYWORDS : Strength Design Method , Anti-seismic , Bill of Quantities

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ที่เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือดียิ่งจาก ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา กับคณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับปริญญานิพนธ์นี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ในทุกๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำโครงงานพิเศษเล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาต่างๆ ที่ให้คำแนะนำ และกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณปริญญานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องที่ให้คำความรู้ในการทำโครงงานเล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำโครงงาน รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธานี้ตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ปวิชญา ลิมสัมพันธ์เจริญ
พิสิฐพงศ์ วงษ์โก
พีรพัฒน์ เหมรุ่งโรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**2**
2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างและการออกแบบโดยวิธีกำลัง	3
2.1.1 น้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำกับโครงสร้าง	3
2.1.2 ขั้นตอนในกำรออกแบบโครงสร้าง	5
2.1.3 การออกแบบพื้นสองทาง	8
2.1.4 การออกแบบคาน	15
2.1.5 การออกแบบเสา	23
2.1.6 ฐานราก	33
2.2 การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว	36
2.2.1 กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว	36
2.2.2 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302)	41
2.2.3 ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสำหรับอาคาร	41
2.2.4 รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงตัดที่มีความเหนียวปานกลางสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	48
2.2.5 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีสถิตเทียบเท่า	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.6 ระดับสมรรถนะของอาคาร	55
2.2.7 การเสริมความแข็งแรงโครงสร้างอาคาร	53
2.3 การถอดแบบและประมาณราคางานโครงสร้าง	57
2.3.1 ความหมายของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง	57
2.3.2 แนวทางการประมาณราคาค่าก่อสร้างในงานก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไป	57
2.3.3 หลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงาน งานก่อสร้างอาคาร	59
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**64**
3.1 การกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล	65
3.2 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	65
3.2.1 การออกแบบพื้น	65
3.2.2 การออกแบบคาน	67
3.2.3 การออกแบบเสา	74
3.2.4 การออกแบบฐานราก	78
3.2.5 แบบแปลนและแบบขยาย	82
3.3 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยคิดแรงของแผ่นดินไหว	94
3.3.1 การเสริมเหล็กในคาน	94
3.3.2 การเสริมเหล็กในเสา	98
3.4 การถอดแบบและประมาณราคาโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	102
3.4.1 การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	102
3.4.2 การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว	111
3.4.3 การประมาณราคางานก่อสร้าง	122
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**124**
4.1 ผลการวิจัย	124
4.1.1 ด้านราคาค่าก่อสร้าง	124
4.1.2 ด้านปริมาณงานโครงสร้าง	130
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**134**
5.1 สรุปผลการวิจัย	134
5.2 ข้อเสนอแนะ	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	**หน้า**
เอกสารอ้างอิง	135
ภาคผนวก ก.	136
ข้อมูลสำหรับการออกแบบความมั่นคงของอาคาร	
ภาคผนวก ข.	142
รูปแบบโครงสร้างของอาคาร	
ภาคผนวก ค.	196
ราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน	
ประวัติผู้เขียน	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
2.1 แสดงค่าโดยประมาณของน้ำหนักบรรทุกคงที่คามวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง	4
2.2 น้ำหนัก (บรรทุกจรสำหรับอาคาร ข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)	4
2.3 ค่าโมเมนต์และแรงเฉือนโดยใช้สัมประสิทธิ์ของ ACI	8
2.4 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C)	12
2.5 ความลึกน้อยที่สุดของพื้นทางเดียวและคาน	21
2.6 ระยะหุ้มคอนกรีตน้อยที่สุด คอนกรีตหล่อในที่	22
2.7 ประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว (ค่า S_{D1})	39
2.8 ประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว (ค่า S_{DS})	39
2.9 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร	40
2.10 ระบบโครงสร้างโดยรวม	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างที่มา	5
2.2 (a) คานต่อเนื่องมากกว่าสองช่วง (b) คานต่อเนื่องสองช่วง (c) พื้นช่วงยาวไม่เกิน 3 เมตร	7
2.3 ระบบพื้นทางเดียวและสองทาง	9
2.4 พื้นสองทางบนขอบรองรับช่วงเดี่ยว	9
2.5 ความหนาน้อยที่สุดของพื้นสองทาง	10
2.6 ความลึกประสิทธิผลสำหรับเหล็กทางด้านสั้นและด้านยาว	10
2.7 การแบ่งแถบกลางและแถบเสาในพื้นสองทาง	11
2.8 ความต่อเนื่องของพื้นลักษณะต่างๆ	13
2.9 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสองทางลงสู่คานรองรับโดยรอบ	14
2.10 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นลงคานด้านสั้นและด้านยาว	14
2.11 รูปแบบรายละเอียดการเสริมเหล็กในด้านสั้นและด้านยาว	15
2.12 หน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้การดัด	16
2.13 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคาน	16
2.14 β_1 ที่กำลังอัดคอนกรีต f_c' ค่าต่างๆ	17
2.15 หน่วยการยืดหด	18
2.16 ระยะหุ้มและระยะห่างน้อยที่สุดของเหล็กเสริมในคาน	22
2.17 การแบ่งพื้นที่รับน้ำหนัก	24
2.18 แรงปฏิกิริยาปลายคานถ่ายน้ำหนักลงหัวเสา	25
2.19 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกสะสมจากเสาชั้นบนลงล่าง	26
2.20 ตัวอย่างการถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงเสา	26
2.21 การจัดกลุ่มเสารับน้ำหนักบรรทุก	28
2.22 ชนิดของเสา	28
2.23 เหล็กเสริมน้อยที่สุดในหน้าตัดเสา	29
2.24 รูปแบบการจัดวางเหล็กยืนและเหล็กปลอกในหน้าตัดเสา	29
2.25 ตัวอย่างตารางแสดงแบบรายละเอียดหน้าตัดเสา	30
2.26 กำลังของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกน	32
2.27 ฐานรากเสาเข็ม	33
2.28 แรงในฐานรากเสาเข็ม	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 รูปแบบการจัดวางเสาเข็ม	34
2.30 แรงในเสาเข็ม	35
2.31 การเปรียบเทียบคาบการสั่นที่มีผลต่อความสูงอาคาร	41
2.32 รายระเลียดการเสริมเหล็กแต่ละประเภท	44
2.33 ตัวอย่างการคำนวณกำลังต้านแรงเฉือนตามข้อ 2.1	50
2.34 รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน	51
2.35 รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา (ใช้ในกรณีไม่มีผนังอิฐก่อ)	52
2.36 ระดับสมรรถนะต่างๆของอาคาร	56
3.1 แผนภูมิวิธีการดำเนินการวิจัย	64
3.2 Excel การออกแบบพื้น	66
3.3 Excel การออกแบบคาน B1	68
3.4 Excel การออกแบบคาน B2	70
3.5 Excel การออกแบบคาน B3	72
3.6 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 2 ชั้น	75
3.7 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 4 ชั้น	76
3.8 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 6 ชั้น	77
3.9 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 2 ชั้น	79
3.10 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 4 ชั้น	80
3.11 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 6 ชั้น	81
3.12 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	82
3.13 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	83
3.14 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	83
3.15 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	83
3.16 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	84
3.17 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	84
3.18 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	85
3.19 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	86
3.20 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	87
3.22 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	87
3.23 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	88
3.24 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	88
3.25 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	89
3.26 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	90
3.27 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	91
3.28 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	91
3.29 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	91
3.30 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	92
3.31 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	92
3.32 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	93
3.33 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	95
3.34 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	96
3.35 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	97
3.36 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น	99
3.37 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น	100
3.38 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น	101
3.39 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	102
3.40 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	103
3.41 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	104
3.42 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	105
3.43 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	106
3.44 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	107
3.45 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	108
3.46 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	109
3.47 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	110
3.48 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.49 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	112
3.50 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	113
3.51 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	114
3.52 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	115
3.53 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	116
3.54 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	117
3.55 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	118
3.56 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว	119
3.57 สรุปปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	120
3.58 สรุปปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว	121
3.59 สรุปราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	122
3.60 สรุปราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว	123
4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	124
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	125
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดแรงแผ่นดินไหว	126
4.4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคารของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	127
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่และความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว	128
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่และความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดแรงแผ่นดินไหว	128
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของราคาโดยรวมที่เพิ่มขึ้นและความสูงอาคาร	129
4.8 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคาร	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคาร 130
4.10 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กต่อคอนกรีตของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว 131
4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กปลอก RB9 มม. ต่อความสูงของอาคาร 132
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นและความสูงอาคาร 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหาแผ่นดินไหว เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในหลายประเทศและส่งผลกระทบต่ออาคารบ้านเรือนเป็นอย่างมาก จึงได้มีการออกแบบโครงสร้างอาคารที่รับแรงเฉือนได้มากขึ้น เพื่อให้สามารถลดความเสียหายจากแผ่นดินไหว ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างจะช่วยให้ทราบถึงราคาค่าก่อสร้างและปริมาณงานโครงสร้าง กรณีผู้ลงทุนจำเป็นต้องก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหว จะทำให้มีข้อมูลที่สามารถนำไปพิจารณาก่อสร้าง เพื่อเป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในด้านปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 กำหนดให้ออกแบบอาคารความสูง 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น สูงชั้นละ 3 เมตร

1.3.2 กำหนดแปลนอาคารให้มีหน้ากว้าง 15 เมตร แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 5 เมตร

1.3.3 คิดเฉพาะงานโครงสร้าง

1.3.4 คิดผนังเต็มช่วงคาน

1.3.5 ไม่คิดงานบันได

1.3.6 คาบการสั่นพื้นฐาน คำนวณจากสูตรการประมาณค่า

1.3.7 เลือกพื้นที่ก่อสร้างที่บริเวณที่ 3 ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2564 มีทั้งหมด 12 จังหวัด

1.3.8 การคำนวณแรงต้านแผ่นดินไหว ใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

1.4 วิธีการดำเนินการ

1) ศึกษาค้นคว้าหลักการและข้อกำหนดในการออกแบบโครงสร้าง RC Design ด้วยวิธี Strength Design Method (SDM)

2) ศึกษาค้นคว้าหลักการและข้อกำหนดในการออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ศึกษากฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2564 เพื่อใช้ประกอบการออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว

4) วิเคราะห์และออกแบบอาคารสาธารณะ 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น โดยไม่คิดแรงของแผ่นดินไหว

5) วิเคราะห์และออกแบบอาคารสาธารณะ 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น โดยคิดแรงของแผ่นดินไหว โดยยึดขนาดโครงสร้าง ตามข้อ 4 ส่วนที่ต่าง คือ ปริมาณเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอก

6) ถอดปริมาณงานโครงสร้าง ตามข้อ 4 , 5 เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

7) วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอาคาร 3 แบบ คือ ด้านปริมาณงานโครงสร้างและราคาค่าก่อสร้าง

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565											
	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
ขั้นตอนที่ 1												
ขั้นตอนที่ 2												
ขั้นตอนที่ 3												
	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565											
ขั้นตอนที่ 4												
ขั้นตอนที่ 5												
ขั้นตอนที่ 6												
ขั้นตอนที่ 7												

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ผู้ลงทุนในการก่อสร้างของรัฐหรือเอกชนสามารถนำไป เป็นงานประกอบการตัดสินใจที่จะก่อสร้างอาคารสาธารณะหรือผลประโยชน์ด้านความปลอดภัยจากภัยพิบัติได้ จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ เช่น

1.5.1 มีข้อมูลในการตัดสินใจ โดยการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมที่จำเป็นสำหรับอาคาร

1.5.2 การวางแผนโครงการ การประมาณเหล็กเสริมหรืออุปกรณ์ตัวต้านทานแผ่นดินไหวที่จำเป็นสำหรับโครงการ จะทำให้การวางแผนงบประมาณได้โดยสอดคล้องกับงานที่ออกแบบ

1.5.3 ผู้ที่ศึกษามีความเข้าใจในหลักการออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างและการออกแบบโดยวิธีกำลัง (Strength Design Method)

โดยเนื้อหาในการออกแบบได้อ้างอิงข้อมูลจากหนังสือ การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ของ ผศ.ดร. มงคล จิรวัชรเดช สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี 2557 โดย การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ ขั้นตอนในการเลือกวัสดุ องค์ประกอบต่างๆ ของโครงสร้างตามหลักการทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โครงสร้างจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขทางด้านความปลอดภัย การใช้งาน ความประหยัด และเข้ากับสภาพแวดล้อม

2.1.1 น้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำกับโครงสร้าง

น้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำกับโครงสร้างโดยทั่วไปจะพิจารณาในรูปของแรงแบบสถิต(Static Loads) ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นน้ำหนักแบบจุด (Point Load) และน้ำหนักแผ่แบบสม่ำเสมอ (Uniform load) ก็ได้ น้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำกับโครงสร้าง ประกอบด้วย น้ำหนักบรทุกคงที่ (Dead Loads) น้ำหนักบรรทุกจร (Live loads) แรงลม (Wind Loads) แรงกระแทก (Impact Loads) และแรงแผ่นดินไหว (Earthquake loads)

2.1.1.1 น้ำหนักบรรทุกคงที่หรือน้ำหนักบรรทุกคายตัว (Dead Load)

หมายถึง น้ำหนักบรรทุกที่มีตำแหน่งของการกระทำคงที่ตลอดเวลาและไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ได้แก่ น้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง เช่น น้ำหนักของแผ่นพื้น คานเสา เป็นต้น หรือน้ำหนักของวัชดุอุปกรณ์อาคารต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่กับที่เช่น ผนัง วัสดุปูพื้นฟ้าเพดาน และวัสดุมุงหลังดา เป็นต้น โดยปกติจะสมมติให้น้ำหนักบรรทุกคงที่เป็นน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอกระทำบนส่วนโครงสร้าง ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร (กก./ม.) สำหรับคำนวณออกแบบแผ่นพื้น และมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อเมตร (กก.ม.) สำหรับคำนวณออกแบบคาน ดังตารางที่ 2.1

2.1.1.2 น้ำหนักบรรทุกจร (Live loads)

หมายถึง น้ำหนักบรรทุกที่มีการเปลี่ยนขนาด และตำแหน่งที่กระทำกับโครงสร้างตามกาลเวลา หรือน้ำหนักบรรทุกมีการเคลื่อนย้ายไปมาได้ เช่น น้ำหนักคนหรือสิ่งของบนอาการ และน้ำหนักรถบรรทุกบนสะพาน ในที่จะกล่าวถึงเฉพาะน้ำหนักบรรทุกจรบนอาคาร (Building Loads) เป็นน้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำบนพื้นอาคาร โดยสมมติให้แผ่กระจายแบบสม่ำเสมอและขนาดของน้ำหนักขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและประเภทของอาคารกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522 กำหนดให้ใช้น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารแต่ละประเภท ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าโดยประมาณของน้ำหนักบรรทุกคงที่ตามวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง

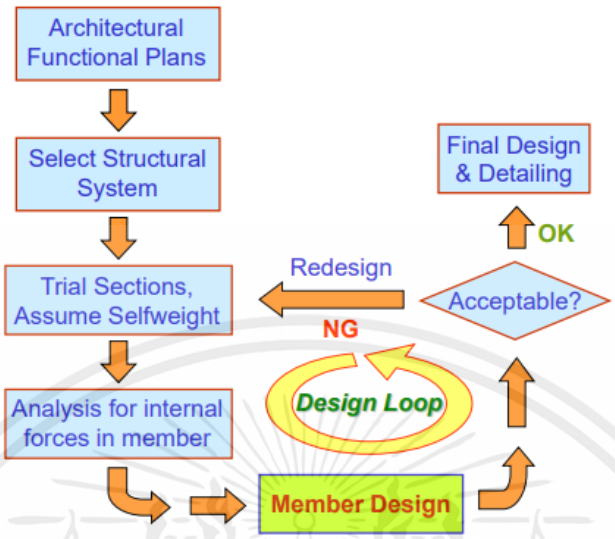
น้ำหนักวัสดุ	กก./ม.^{3}
คอนกรีตปกติ	2,300
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400
เหล็ก	7,850
อิฐ	1,900
ไม้	500–1,200
น้ำหนักผนัง	**กก./ม.^{2}**
ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน	180
ผนังก่ออิฐมอญเต็มแผ่น	360
ผนังอิฐบล็อก	100 – 200
ฝาไม้ ไม้อัด รวมเคร่า	30 – 50
น้ำหนักวัสดุปูผิวและวัสดุมุงหลังคา	**กก./ม.^{2}**
กระเบื้องปูพื้น	100
หินอ่อน หินแกรนิต	150
ซีเมนต์ขัดมัน	50
แผ่นพื้นสำเร็จรูปรวมคอนกรีตทับหน้า หนา 10 เซนติเมตร	240 – 260
พื้นไม้ รวมตง	30
กระเบื้องลอนคู่	14
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	50
สังกะสี เหล็กรีดลอน	5
ฝ้าเพดาน	14 – 25

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคาร (ข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)

ลักษณะการใช้งานและประเภทของอาคาร	น้ำหนัก
หลังคา	50 กก./ม.^{2}
กันสาด	100 กก./ม.^{2}
ที่พักอาศัย ห้องน้ำ ห้องส้วม	150 กก./ม.^{2}
อาคารชุด หอพัก โรงแรม	200 กก./ม.^{2}
สำนักงาน ธนาคาร	250 กก./ม.^{2}
อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย โรงเรียน	300 กก./ม.^{2}
ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร ที่จอดรถหรือที่เก็บรถยนต์นั่ง	400 กก./ม.^{2}
คลังสินค้า พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสาร	500 กก./ม.^{2}
ห้องเก็บหนังสือของหอสมุด	600 กก./ม.^{2}
ที่จอดหรือที่เก็บรถบรรทุกเปล่า และรถอื่นๆ	800 กก./ม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ขั้นตอนในการออกแบบโครงสร้าง



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

วิศวกรโครงสร้างจะเลือกระบบโครงสร้างที่เหมาะสมเช่น โครงสร้างเหล็ก หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก การออกแบบเริ่มต้นโดยการประมาณขนาดหน้าตัดองค์อาคารเพื่อคำนวณน้ำหนักองค์อาคารเพื่อใช้ร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่นในการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อให้ได้แรงภายในแต่ละองค์อาคาร เมื่อทำการออกแบบองค์อาคารแล้วจะทำการตรวจสอบองค์อาคารที่ได้ออกแบบและที่ใช้ในการวิเคราะห์ ถ้ามีความแตกต่างกันจะทำการปรับขนาดองค์อาคารแล้วทำการวิเคราะห์และออกแบบใหม่อีกครั้งเรียกว่า “วนรอบออกแบบ (Design Loop)” จนกระทั่งได้ผลที่ยอมรับได้ จึงทำการออกแบบโดยละเอียดต่อไป

2.1.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบโครงสร้าง

วิธีกำลัง (Strength Design Method, SDM) เป็นวิธีการออกแบบที่ถูกพัฒนาให้มีความแม่นยำในการคำนวณกำลังจากพฤติกรรมของคอนกรีตเสริมเหล็กในการรับน้ำหนักบรรทุก ผลการทดสอบองค์อาคารจนถึงจุดวิบัติถูกนำมาใช้ในการพัฒนาวิธีการออกแบบ ในวิธีกำลังน้ำหนักบรรทุกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นโดย ตัวคูณน้ำหนัก (Load factors) เพื่อให้ได้น้ำหนักขณะเกิดการวิบัติ น้ำหนักนี้จะถูกเรียกว่า น้ำหนักประลัย (U , Ultimate load) หรือ น้ำหนักเพิ่มค่า (Factored Load) ในทางกลับกัน กำลังขององค์อาคารจนถูกลดลงโดย ตัวคูณลดกำลัง (ϕ , Strength Reduction Factor) โดยค่าตัวคูณทั้งสองจะถูกกำหนดตามมาตรฐาน ในการออกแบบโครงสร้างหรือส่วนโครงสร้างจะถูกกำหนดสัดส่วนให้มีกำลังออกแบบ ϕSn มีค่าไม่น้อยกว่ากำลังที่ต้องการ U ที่คำนวณจากน้ำหนักเพิ่มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังออกแบบ $\geq$ กำลังที่ต้องการ

หรือ $$\phi Sn \geq U$$

เมื่อ Sn คือ กำลังระบุ (Nominal Strength) ที่คำนวณตามทฤษฎี กำลังที่ต้องการ U คำนวณ โดยใช้ตัวคูณน้ำหนักกับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load, D), น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load, L), แรงลม W, แรงแผ่นดินไหว E, แรงดันดิน H, แรงดันของไหล F, น้ำหนักหิมะ S, น้ำหนักฝน R และผลจากสิ่งแวดล้อม T อาทิเช่น การทรุดตัว, ความคืบ, การหดตัว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

สมการข้างต้นเป็นการกำหนดโดยทั่วไป เมื่อนำไปใช้งานออกแบบองค์อาคารรับแรงที่เฉพาะเจาะจง เช่น โมเมนต์, แรงเฉือน และแรงตามแนวแกน จะเขียนเป็น

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$\phi Vn \geq Vu$$

$$\phi Pn \geq Pu$$

โดยที่ตัวห้อย n หมายถึง กำลังระบุของโมเมนต์, แรงเฉือน และแรงตามแนวแกน ตามลำดับ และ ตัวห้อย u หมายถึง การเพิ่มค่าของโมเมนต์, แรงเฉือน และแรงตามแนวแกน โดยในการเพิ่มค่าจะทำโดยใช้ตัวคูณเพิ่มค่ากับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน หรือคูณกับแรงภายใน ที่เป็นผลมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

2.1.2.2 น้ำหนักบรรทุกร่วม (Load Combinations)

มาตรฐานการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง กำหนดให้กำลังที่ต้องการ U สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ D และน้ำหนักบรรทุกจร L ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า

$$U = 1.4\,D + 1.7\,L$$

2.1.2.3 กำลังที่คำนวณออกแบบ (Design Strength)

กำลังที่คำนวณออกแบบขององค์อาคาร คือ กำลังระบุที่คำนวณตามข้อกำหนดและสมมุติฐานตามทฤษฎีการออกแบบโดยวิธีกำลังคูณด้วยตัวคูณลดกำลัง ϕ กำหนดให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้

- การดัดร่วมกับแรงดึงหรือไม่มีแรงดึง $\phi = 0.90$
- แรงดึงตามแนวแกน $\phi = 0.90$
- แรงเฉือนและแรงบิด $\phi = 0.85$
- แรงอัดในเสาปลอกเกลียว $\phi = 0.75$
- แรงอัดในองค์อาคารอื่น ๆ $\phi = 0.70$
- แรงกดบนคอนกรีต $\phi = 0.70$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

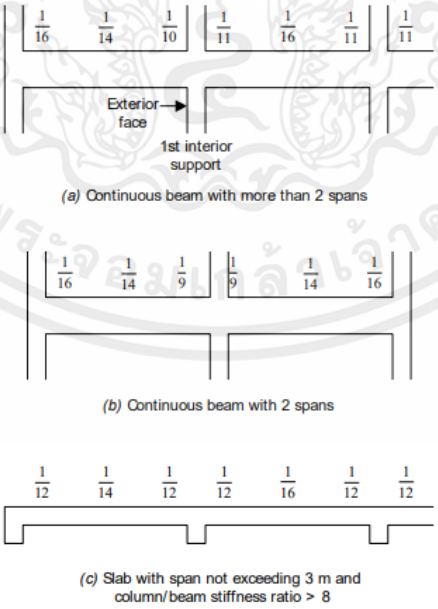
2.1.2.4 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง

องค์อาคารทุกตัวในโครงสร้างจะได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับผลที่มากที่สุดของน้ำหนักประลัย ซึ่งพิจารณาโดยทฤษฎีการวิเคราะห์แบบอิลาสติก หรืออาจใช้ค่าประมาณของโมเมนต์ และแรงเฉือน สำหรับการออกแบบคานต่อเนื่องและพื้นทางเดียว ซึ่งค่าประมาณที่ได้จะเผื่อค่อนข้างมากในกรณีที่องค์อาคารดัดนั้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงข้อแข็ง เนื่องจากรูปแบบน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน

ACI ได้กำหนดสัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการประมาณค่ามากที่สุดของโมเมนต์และแรงเฉือน ในคานและพื้นทางเดียวต่อเนื่อง โมเมนต์จะมีค่าเท่ากับผลคูณของสัมประสิทธิ์และ $w_u l_n^2$ เมื่อ w_u คือน้ำหนักประลัยต่อหน่วยความยาว และ l_n คือระยะห่างระหว่างผิวในของที่รองรับสำหรับการหาโมเมนต์บวก หรือค่าเฉลี่ยของสองช่วงคานที่ติดกันสำหรับโมเมนต์ลบ แรงเฉือนจะหาได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์คูณกับ $w_u l_n/2$ ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

ค่าสัมประสิทธิ์ ACI เหล่านี้ได้มาจากการวิเคราะห์แบบอีลาสติก โดยพิจารณาเลือกวางน้ำหนักจร เพื่อให้ได้โมเมนต์บวกหรือลบมากที่สุดที่หน้าตัดวิกฤติ ซึ่งจะใช้ได้ภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

1. มีช่วงคานตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไป
2. มีช่วงยาวเท่ากันโดยประมาณ โดยช่วงที่ติดกันมีความยาวต่างกันไม่เกิน 20%
3. รับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอเต็มทุกช่วง
4. น้ำหนักจรไม่เกิน 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่
5. องค์อาคารมีลักษณะเป็นปริซึมหน้าตัดคงที่



รูปที่ 2.2 (a) คานต่อเนื่องมากกว่าสองช่วง (b) คานต่อเนื่องสองช่วง (c) พื้นช่วงยาวไม่เกิน 3 เมตร

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าโมเมนต์และแรงเฉือนโดยใช้สัมประสิทธิ์ของ ACI

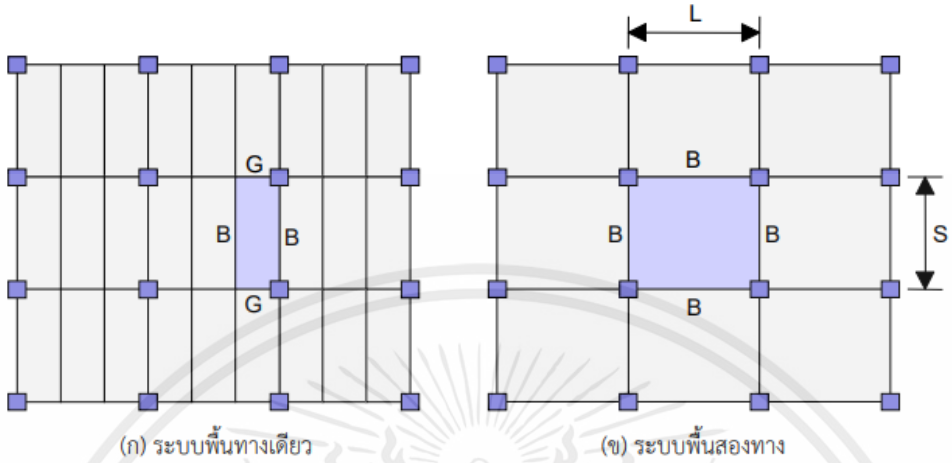
(ก) โมเมนต์บวก	
คานช่วงปลาย	
- ปลายไม่ต่อเนื่องไม่ยึดรั้งกับที่รองรับ	$w_u l_n^2/11$
- ปลายไม่ต่อเนื่องหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับที่รองรับ	$w_u l_n^2/14$
คานช่วงใน	$w_u l_n^2/16$
(ข) โมเมนต์ลบ	
โมเมนต์ลบที่ขอบนอกของที่รองรับตัวในตัวแรก	
- เมื่อมี 2 ช่วง	$w_u l_n^2/9$
- เมื่อมีมากกว่า 2 ช่วง	$w_u l_n^2/10$
โมเมนต์ลบที่ขอบของที่รองรับตัวในอื่นๆ	$w_u l_n^2/11$
โมเมนต์ลบที่ขอบของที่รองรับทุกแห่งสำหรับ	
- พื้นที่มีช่วงยาวไม่เกิน 3.00 ม. และ	$w_u l_n^2/12$
- คานที่มีอัตราส่วนสติฟเนสของเสาต่อคาน > 8	$w_u l_n^2/12$
โมเมนต์ลบที่ขอบในของที่รองรับตัวริมที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกับที่รองรับ	
- เมื่อที่รองรับเป็นคานขอบ	$w_u l_n^2/24$
- เมื่อที่รองรับเป็นเสา	$w_u l_n^2/16$
(ค) แรงเฉือน	
แรงเฉือนที่ขอบของที่รองรับตัวในแรก	$1.15\ w_u l_n/2$
แรงเฉือนที่ขอบของที่รองรับตัวอื่นๆ	$w_u l_n/2$

2.1.3 การออกแบบพื้นสองทาง

พื้นทางเดียวจะมีการเสียรูปทรงเป็นผิวทรงกระบอกเมื่อรับน้ำหนัก เนื่องจากพฤติกรรมโครงสร้างหลักมีเพียงหนึ่งทิศทางในแนวตั้งฉากกับคานรองรับที่ขอบด้านตรงข้ามดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก) ซึ่ง เหล็กเสริมหลักจะขนานกับด้านสั้นและเหล็กเสริมกันร้าวจะขนานกับด้านยาวและการแอ่นตัวของ พื้นจะมีเพียงทิศทางเดียว เมื่ออัตราส่วนด้านยาว L ต่อด้านสั้น S น้อยกว่า หรือเท่ากับ 2 ดังในรูปที่ 2.3 (ข) การแอ่น ของพื้นจะมีทั้งสองแกนเป็นรูปจานแทนที่จะเป็นผิวทรงกระบอก น้ำหนักจะถ่ายเทไปยังคานทั้งสี่ตัว ที่ล้อมรอบพื้นดังนั้นจึงเรียกว่าเป็น **แผ่นพื้นสองทาง** เมื่อ S เท่ากับ L คานทั้งสี่ตัวจะเหมือนกัน สำหรับกรณีอื่นคานยาวจะรับน้ำหนักมากกว่าคานสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

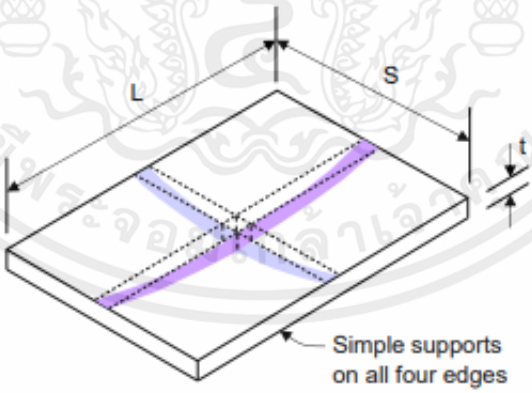
พื้นคอนกรีตที่มีพฤติกรรมสองทางจะมีทั้งแบบ ที่รองรับโดยผนังหรือคานโดยรอบ, พื้นไร้คาน และพื้นระบบตงสองทาง



รูปที่ 2.3 ระบบพื้นทางเดียวและสองทาง

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

รูปที่ 2.4 แสดงการเสียรูปทรงของแผ่นพื้นสองทางและแถบกลางของแต่ละทิศทาง จะเห็น ได้ว่ามีแบ่งการถ่ายเทน้ำหนักลงสู่คานขอบทั้งสองทิศทาง ถ้าช่วงความยาวด้านสั้น คือ S และด้าน ยาวคือ L น้ำหนักแผ่สม่ำเสมอเท่ากับ w ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรของแผ่นพื้น

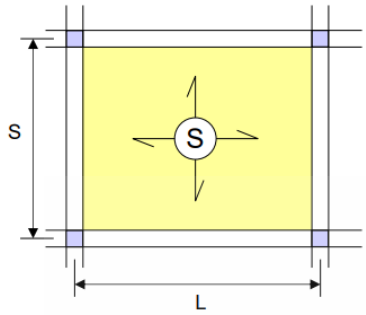


รูปที่ 2.4 พื้นสองทางบนขอบรองรับช่วงเดี่ยว

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อควบคุมการแอ่นตัวในพื้นสองทางไม่ให้มีค่ามากเกินไป ความหนาของพื้นต้องไม่น้อยกว่า 1/180 ของเส้นรอบรูปหรือ 10 ซม.



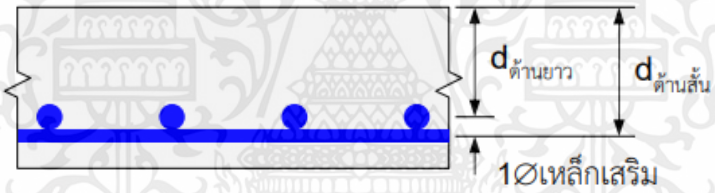
ความหนาพื้นน้อยที่สุด :

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

รูปที่ 2.5 ความหนาน้อยที่สุดของพื้นสองทาง

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

การเสริมเหล็กในพื้นมีลักษณะเป็นตะแกรงคือเสริมทั้งสองทิศทางในด้านสั้นและด้านยาวของ พื้น เหล็กเสริมด้านสั้นซึ่งรับโมเมนต์มากกว่าจะถูกวางอยู่ล่าง ส่วนเหล็กด้านยาววางอยู่บนท้าให้มี ความลึกประสิทธิผล d ไม่เท่ากันดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความลึกประสิทธิผลสำหรับเหล็กทางด้านสั้นและด้านยาว

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

2.1.3.1 การวิเคราะห์โดยวิธีสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์

ตามมาตรฐาน ACI แผ่นพื้นสองทางทุกแบบทั้งที่มีคานขอบและพื้นไร้คาน จะถูกวิเคราะห์โดยวิธี เดียวกันซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไปเรียกว่า วิธีการออกแบบโดยตรง อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิธีโดยตรงนั้นมีความซับซ้อนมาก ทำให้วิศวกรหลายคนยังคงใช้วิธีการออกแบบตามวิธีที่ 2 ของ มาตรฐาน ACI ปี 1963 ซึ่งมีความง่ายและสะดวกในการใช้งานสำหรับพื้นที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในพื้นสองทางจะได้จากการพิจารณาแบ่งพื้นกว้าง S ยาว L ออกเป็น แถบกลาง มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น และ แถบเสา ทั้งสองข้างมีความกว้างข้างละหนึ่ง ในสี่ของช่วงพื้นดังแสดงในรูปที่ 2.7 จากนั้นจะอ่านค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์จากตารางสำหรับ สภาวะการณ์ต่างๆ ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มาจากการวิเคราะห์แบบอิลาสติกซึ่งค้านึงผลของการ กระจายซ้ำแบบอินอีลาสติกด้วย ค่าโมเมนต์ในแถบกลางของทั้งสองทิศทางจะค้านวณได้จาก

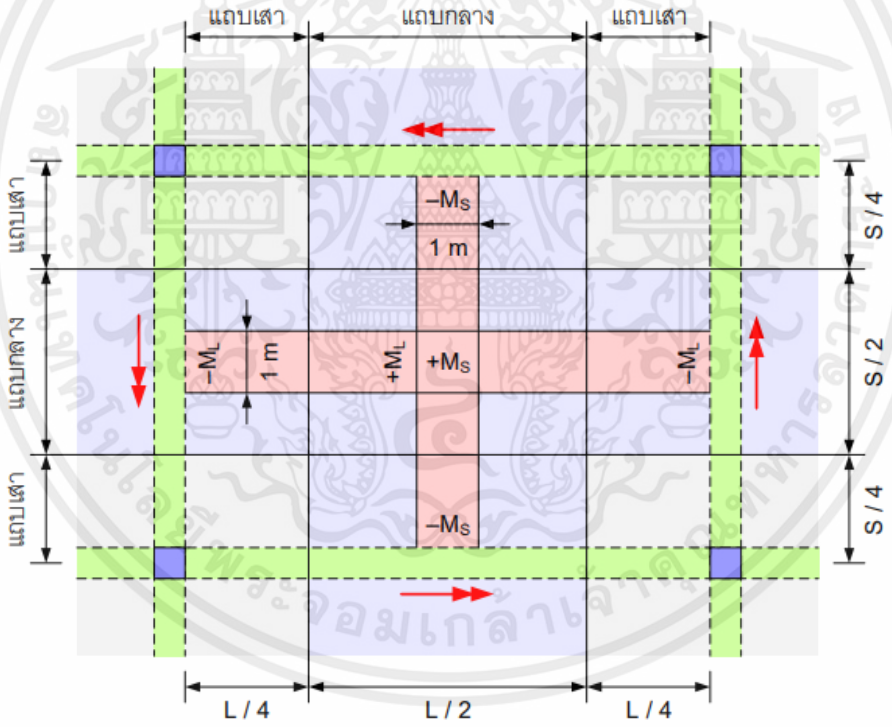
$$M = C\ w\ s^2$$

เมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่อ่านได้จากตาราง

w = น้ำหนักบรรทุกรวมแผ่สม่ำเสมอ (ก.ก./ม.^{2})

S = ช่วงความยาวด้านสั้น (เมตร)

โมเมนต์ดัดในแถบเสาจะมีค่าเท่ากับสองในสามของโมเมนต์ในแผ่นพื้น แต่ในการค้านวณมักคิดเพียง แถบกลางแล้วเสริมเหล็กในแถบเสาให้เหมือนกับแถบกลาง



รูปที่ 2.7 การแบ่งแถบกลางและแถบเสาในพื้นสองทาง

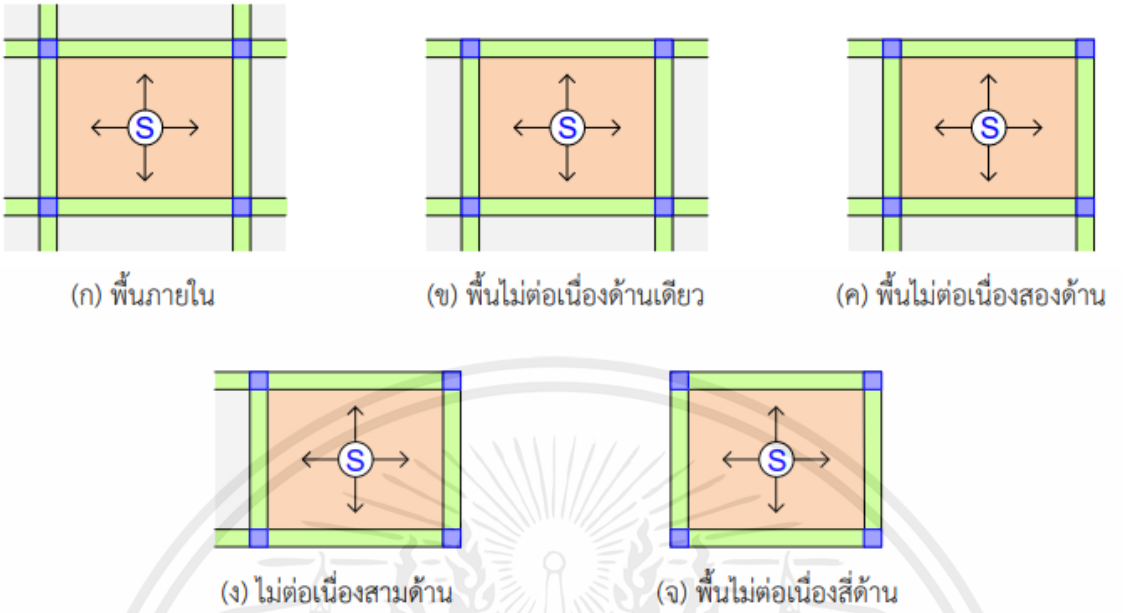
ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความต่อเนื่องของพื้นลักษณะต่างๆ

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

ค่าสัมประสิทธิ์ C ในตารางที่ 2.4 จะขึ้นกับด้านที่ไม่ต่อเนื่องของพื้น และอัตราส่วน m = S/L หรือด้านสั้นต่อด้านยาวจึงมีค่าไม่เกิน 1.0 และถ้าน้อยกว่า 0.5 จะถือว่าเป็นพื้นทางเดียว ถ้า m อยู่ ระหว่างค่าในตารางให้ประมาณเชิงเส้น (interpolate) จากค่า 2 ช่องข้างเคียง

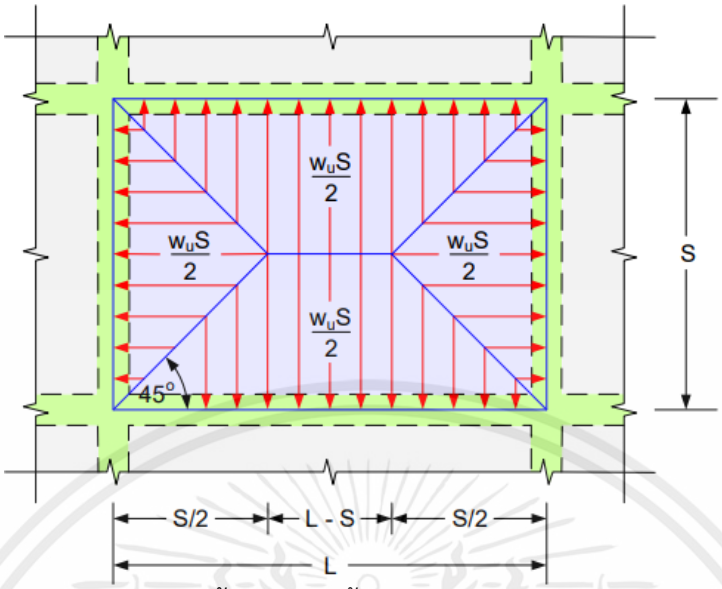
ในการออกแบบพื้นหลายแผ่นที่ต่อเนื่องกัน ค่าโมเมนต์ลบที่ขอบของแต่ละแผ่นค้านวณได้อาจ ไม่เท่ากัน แต่ต้องใช้เหล็กเสริมต่อเนื่องเท่ากัน ให้ใช้ค่าที่มากกว่า ถ้าโมเมนต์ลบต่างกันมากคือมีค่า หนึ่งน้อยกว่า 80% ของอีกค่าหนึ่ง ให้หาผลต่างมาคูณด้วย 2/3 แล้วกระจายโมเมนต์ตามสัดส่วน ของสติฟเนสของพื้นที่ติดกันนั้น

แรงเฉือน: ในแผ่นพื้น ค้านวณได้โดยสมมุติว่าน้ำหนักบนแผ่นพื้นถูกแบ่งลงคานรองรับ โดยเส้นตรงที่ ลากทำมุม 45 องศาออกจากมุมทั้งสี่ดังในรูปที่ 2.9

แรงเฉือนเฉลี่ยที่กระท้าบนด้านสั้น = $\frac{wS}{4}$ ก.ก./ม.

แรงเฉือนเฉลี่ยที่กระท้าบนด้านยาว = $\frac{wS}{4}\left(\frac{2-m}{m}\right)$ ก.ก./ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



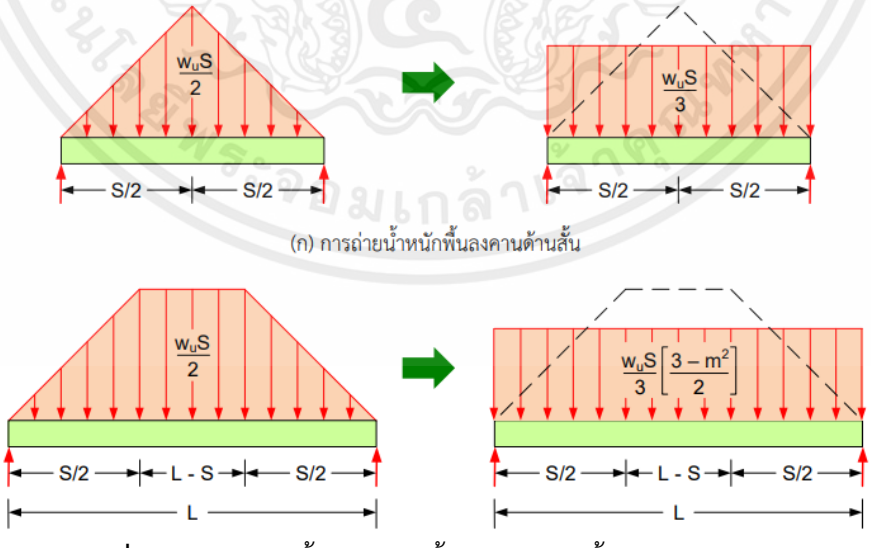
รูปที่ 2.9 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสองทางลงสู่คานรองรับโดยรอบ

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

น้ำหนักแผ่ลงคานรองรับ : พิจารณาเช่นเดียวกับแรงเฉือน น้ำหนักบรรทุกลงคานด้านสั้นมีการ กระจายเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนน้ำหนักลงคานด้านยาวเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงประมาณเป็นน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอบนคาน (รูปที่ 2.10) มีค่าเท่ากับ

น้ำหนักแผ่บนคานด้านสั้น = $\frac{wS}{3}$ ก.ก./ม.

น้ำหนักแผ่บนคานด้านยาว = $\frac{wS}{3}\left(\frac{3-m^2}{m}\right)$ ก.ก./ม.



รูปที่ 2.10 การถ่ายน้ำหนักจากพื้นลงคานด้านสั้นและด้านยาว

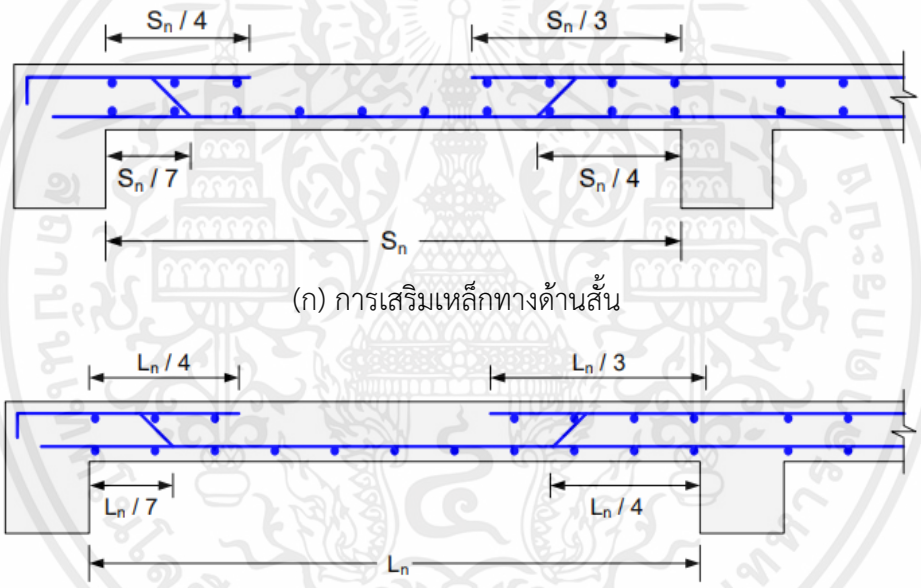
ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 การจัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นสองทาง

จากค่าโมเมนต์ดัดที่ค้านวณได้ การออกแบบเหล็กเสริมในแต่ละทิศทางจะใช้ค่าความลึกประสิทธิผล ต่างกัน โดยทั่วไปเหล็กเสริมจะถูกจัดวางเป็นตะแกรงโดยจะให้เหล็กด้านสั้นอยู่ล่างและเหล็กด้านยาวอยู่บนที่บริเวณกลางแผ่นพื้นเนื่องจากด้านสั้นเป็นด้านหลักในการรับน้ำหนักบรรทุกคือรับโมเมนต์ดัด มากกว่านั่นเอง ดังนั้นความลึกประสิทธิผลของเหล็กด้านยาวจะน้อยกว่าทางด้านสั้นเท่ากับ เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม

เหล็กเสริมที่ใช้คือ RB9, DB10 และ DB12 ขึ้นกับความหนาพื้นและน้ำหนักบรรทุกที่รับ ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมจะต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าความหนาพื้น ปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุดจะ ตรวจสอบโดยใช้ปริมาณเหล็กเสริมกันร้าว และบริเวณจุดรองรับด้านต่อเนื่องนิยมดัดเหล็กล่างขึ้นมา เป็นคอม้าเส้นเว้นเส้น แล้วเสริมเหล็กบนพิเศษในต้าแหน่งที่ถูกเว้นไว้เช่นเดียวกับในพื้นทางเดียว



(ก) การเสริมเหล็กทางด้านสั้น

(ข) การเสริมเหล็กทางด้านยาว

รูปที่ 2.11 รูปแบบรายละเอียดการเสริมเหล็กในด้านสั้นและด้านยาว

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

2.1.4 การออกแบบคาน

2.1.4.1 กำลังรับโมเมนต์ดัด

สมการพื้นฐานในการคำนวณออกแบบสำหรับการดัด คือ

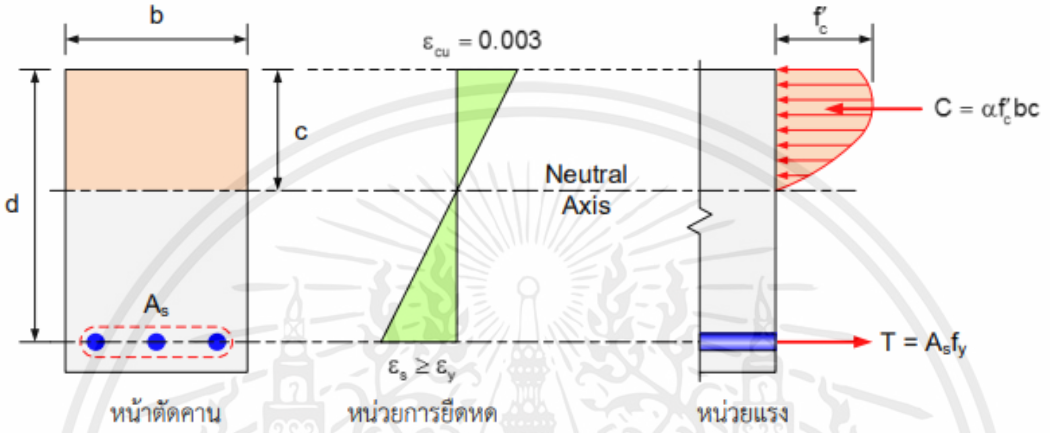
กำลังดัดต้านทาน ≥ กำลังดัดที่ต้องการ

หรือ $$\phi M_n \geq M_u$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M_u คือโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักคูณเพิ่มค่า, M_n คือกำลังรับโมเมนต์ที่ค้านวณได้ทางทฤษฎี (Nominal moment capacity) และ ϕ คือตัวคูณลดกำลังสำหรับการดัด ACI กำหนดให้เท่ากับ 0.90

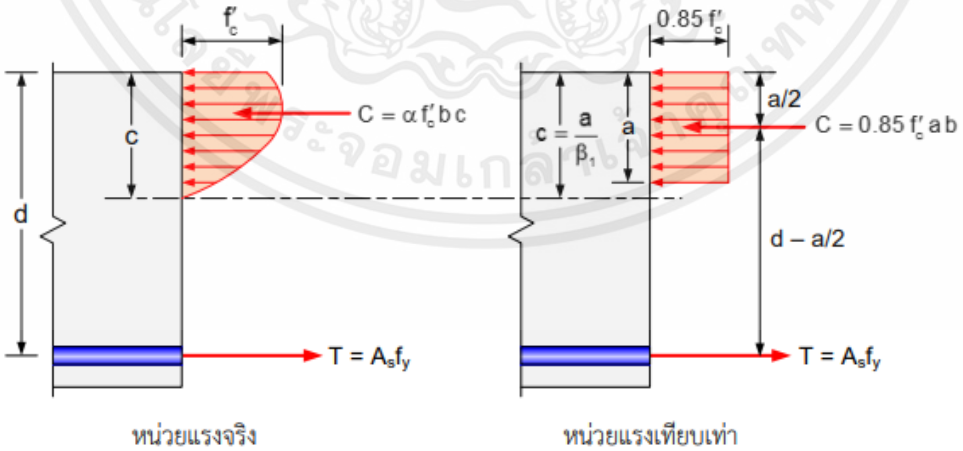
ในการคำนวณกำลังรับโมเมนต์ดัด M_n นั้นจะค้านวณจากแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดคาน คือแรงอัดบนคอนกรีต C และแรงดึงในเหล็กเสริม T คูณด้วยระยะห่างระหว่างแรงทั้งสอง แต่เนื่องจากหน่วยแรงอัดบนคอนกรีตมีการกระจายไม่เป็นเส้นตรงดังในรูปที่ 2.12 ท้าให้การคำนวณ ค่อนข้างยุ่งยาก



รูปที่ 2.12 หน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้การดัด

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

C.S. Whitney ได้เสนอวิธีการคำนวณที่ให้ผลเทียบเท่ากันซึ่งได้รับการตรวจสอบและยอมรับ นำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยใช้การกระจายหน่วยแรงรูปสี่เหลี่ยมเทียบเท่า หน่วยแรงในคอนกรีต จะมีค่าเท่ากับ 0.85fc ′ คงที่จากผิวด้านรับแรงอัดเข้ามาถึงความลึก a = β1 c ดังในรูปที่ 2.12



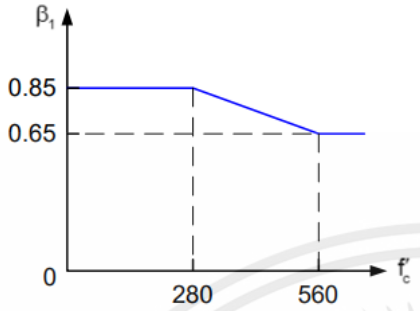
รูปที่ 2.13 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคาน

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคอนกรีต f_c' 280 $\leq$ ก.ก./ซม. 2 , $\beta_1 = 0.85$

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



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

รูปที่ 2.14 ค่า β_1 ที่กำลังอัดคอนกรีต f_c' ค่าต่างๆ

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

กำลังรับแรงดัด M_n สามารถหาได้จากหน่วยแรงสี่เหลี่ยมเทียบเท่าจากรูปที่ 2.13 ได้ดังนี้

แรงอัดจากคอนกรีต: $C = 0.85 f_c' a\, b$

แรงดึงจากเหล็กเสริม: $T = A_s f_y$

จากสมดุลของแรง $C = T$ จะได้

$$0.85 f_c' a\, b = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c'} = \frac{\rho f_y d}{0.85 f_c'}$$

เมื่อ ρ = As/bd คืออัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึง กำลังต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดจะเท่ากับ

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

แทนค่า a จะได้

$$M_n = \rho f_y b d^2 (1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f_c'})$$

ตัวคูณความต้านทานการดัด (Flexural resistance factor) R_n ด้วย bd^2

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $m = f_y/0.85f_c'$ คืออัตราส่วนระหว่างกำลังของเหล็กต่อคอนกรีต ในการออกแบบเราต้องพิจารณาค่า ρ หรืออัตราส่วนเหล็กเสริมสำหรับค่า M_u ที่ต้องการเพื่อรับ น้ำหนักบรรทุก เมื่อคำนวณ $M_n = M_u/\phi$ จะได้ค่า R_n เมื่อแก้สมการกำลัง จะได้

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

การคำนวณกำลังโมเมนต์ และอัตราส่วนเหล็กเสริม จะใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบหน้าตัดคานรับการดัด อย่างไรก็ตามการค้านวณดังกล่าวตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่าขณะเกิดการ วิบัติคือหน่วยการยืดหดในคอนกรีตถึงค่าประลัย $\varepsilon_{cu} =$ 0.003 เหล็กเสริมได้ถึงหรือเลยจุดครากไป แล้วหรือ $f_s = f_y$ ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบหน่วยการยืดหดของเหล็กเสริม

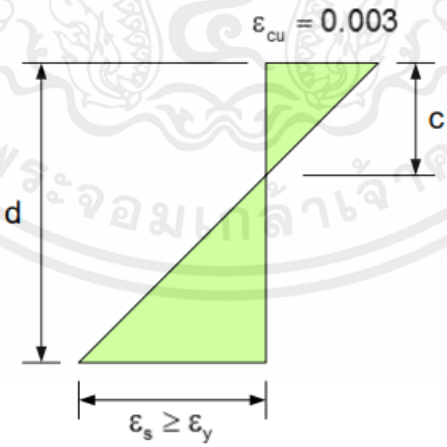
จากกฎสามเหลี่ยมคล้ายของการกระจายหน่วยการ ยืดหดในรูปที่ 2.15 จะได้ว่า

$$\frac{\varepsilon_s}{d-c} = \frac{\varepsilon_{cu}}{c}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d-c}{c}\right)\varepsilon_{cu}$$

เพื่อยืนยันสมมติฐานว่าเหล็กเสริมคราก

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$



รูปที่ 2.15 หน่วยการยืดหด

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเช่นนี้เรียกว่า Under-reinforcement หรือ UnderRC เพราะการเสริมเหล็กมีน้อย ทำให้กำลังจากเหล็กเสริมมีน้อยกว่ากำลังจากคอนกรีตท้าให้เหล็กเสริมครากก่อน เป็นสภาวะวิบัติที่ พึงประสงค์นั่นคือโครงสร้างจะไม่พังทลายอย่างทันทีทันใด แต่ถ้าเสริมเหล็กมากเกินไปจะเรียกว่า OverRC ซึ่งคอนกรีตจะวิบัติก่อนและโครงสร้างจะพังทลายอย่างทันทีทันใดซึ่งอันตรายกว่า UnderRC ในการวิเคราะห์หรือออกแบบจึงต้องพิจารณาให้ได้ว่าเป็น UnderRC หรือ OverRC ซึ่ง ท้าได้โดยพิจารณาสภาวะความเครียดสมดุล

2.1.4.2 ปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุด

ในบางกรณีโมเมนต์ดัดที่มากระทำมีค่าน้อยมากและขนาดหน้าตัดที่ถูกกำหนดมามีขนาดใหญ่กว่าที่ ต้องการมาก ท้าให้ปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการที่ค้านวณออกมามีค่าน้อยมาก หน่วยแรงดึงจะมีค่า น้อยกว่าค่าโมดูลัสแตกหักของคอนกรีต $f_r = 2.0\sqrt{f_c'}$ คานดังกล่าวจึงถูกใช้งานในสภาวะที่คอนกรีต ไม่เกิดการแตกร้าวนั่นคือเหล็กเสริมยังไม่ได้ท้างาน คานจะรับน้ำหนักโดยกำลังของหน้าตัดคอนกรีตล้วนจนถึงจุดที่คอนกรีตเริ่มแตกร้าว M_{cr} ซึ่งถ้าเหล็กเสริมที่ใช้มีน้อยเกินไป เมื่อถึงจุดที่คอนกรีตแตกร้าวหน้าตัดจะเปลี่ยนเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยกำลัง M_n ที่น้อยกว่ากำลัง M_{cr} ก็จะท้าให้เกิด การวิบัติแบบกะทันหันได้เพื่อป้องกันภาวะวิบัติดังกล่าว ACI กำหนดปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุด สำหรับต้านทานการดัดเท่ากับ

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

และไม่น้อยกว่า $14b_w d/f_y$ หรืออัตราส่วนเหล็กเสริมน้อยที่สุด $\rho_{min} = 0.8\sqrt{f_c'}/f_y \geq 14/.8\sqrt{f_c'}$ โดย ค่าแรกของสมการจะใช้กับคอนกรีตกำลังสูงกว่า 300 ก.ก./ซม.2 ค่าอัตราส่วนน้อยที่สุดทั้งสองจะ เท่ากันที่ $f_c' = 306$ กก. ซม.^{2} แสดงว่า

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} \quad \text{เมื่อ } f_c' < 306 \text{ กก. ซม.}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} \quad \text{เมื่อ } f_c' \geq 306 \text{ กก. ซม.}^2$$

ในกรณีหน้าตัดคานสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้ใช้ความกว้างคาน $b = b_w$ สำหรับหน้าตัดรูปตัว T ที่ปีกรับแรง ดึง ให้ใช้ค่า $A_{s,min}$ เป็นค่าที่น้อยกว่า

$$A_{s,min} = \frac{1.6\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} bd \geq \frac{14}{f_y} bd$$

เมื่อ b_w และ b คือความกว้างของเอวคานและปีกคานตามลำดับ

2.1.4.3 การตรวจสอบหน้าตัด

เป็นการตรวจสอบหน้าตัดเพื่อดูว่าหน้าตัดมีกำลังรับโมเมนต์ดัด M_n เพียงพอในการต้านทานโมเมนต์ ภายนอกที่มากระทำ M_u หรือ $\phi M_n \geq M_u$ ขั้นตอนมีดังนี้

1) คำนวณโมเมนต์ที่มากระท้าจากภายนอก M_u

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L$$

2) คำนวณกำลังโมเมนต์ดัด M_n ของหน้าตัด :

- ตรวจสอบอัตราส่วนเหล็กเสริม $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$
- คำนวณค่า $a = A_s f_y/(0.85 f_c' b)$
- คำนวณกำลังโมเมนต์ดัด $M_n = A_s f_y (d - a/2)$

3) ตรวจสอบกำลังรับโมเมนต์ดัดของหน้าตัด $\phi M_n \geq M_u$

2.1.4.4 การออกแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมรับแรงดัดที่เสริมเพียงเหล็กรับแรงดึง

ขั้นตอนการออกแบบโดยเลือกขนาดคานก่อนแล้วคำนวณปริมาณเหล็กที่ต้องการ

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

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

3. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมจาก $\rho = \frac{0.85 f_c'}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f_c'}}\right)$
4. ตรวจสอบว่า $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$ หรือไม่?
5. เลือกเหล็กเสริมและตรวจสอบกำลังของหน้าตัดเพื่อให้แน่ใจว่า $\phi M_n \geq M_u$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.5 ความลึกน้อยที่สุดของคาน

คานและพื้นทางเดียวซึ่งเป็นองค์อาคารรับการดัดเป็นหลัก ต้องมีสติฟเนสที่เพียงพอที่จะไม่ท้าให้เกิด การแอ่นตัวมากเกินไปจนเกิดผลเสียต่อการใช้งานของโครงสร้าง ตามมาตรฐาน ACI และ วสท. ได้ กำหนดค่าความลึกน้อยที่สุดของขององค์อาคารรับการดัดที่เสริมเหล็กเอกทางเดียว นอกจากจะมีการคำนวณหาระยะแอ่นที่บ่งชี้ว่าสามารถใช้ความลึกที่น้อยกว่าได้โดยไม่เกิดผลเสียหาย

ตารางที่ 2.5 ความลึกน้อยที่สุดของพื้นทางเดียวและคาน

องค์อาคาร	ความลึกน้อยที่สุด, *h*			
	ช่วงเดี่ยว	ต่อเนื่องข้างเดียว	ต่อเนื่องสองข้าง	ช่วงยื่น
พื้นทางเดียว	*L* / 20	*L* / 24	*L* / 28	*L* / 10
คาน	*L* / 16	*L* / 18.5	*L* / 21	*L* / 8

หมายเหตุ : ค่าในตารางใช้สำหรับคอนกรีตน้ำหนักปกติ Wc = 2,320กก./ม.^3 และเหล็กเสริมเกรด SD40 สำหรับกรณีอื่นควรปรับแก้ค่าในตารางดังนี้ :

- สำหรับคอนกรีตมวลเบาที่มีหน่วยน้ำหนัก Wc อยู่ในช่วง 1,500 – 2,000 กก./ม.^3 ให้คูณค่าใน ตาราง ด้วย (1.65 – 0.0003 Wc) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.09 เมื่อ Wc มีหน่วยเป็น กก./ม.^3

- สำหรับ fy อื่นนอกจาก 4,000 ก.ก./ซม.^2 ให้คูณค่าในตารางด้วยด้วย (0.4 + fy/7,000)

2.1.4.6 ระยะหุ้มคอนกรีตและระยะห่างเหล็กเสริม

ระยะหุ้มคอนกรีตหรือระยะช่องว่างระหว่างผิวคอนกรีตถึงเหล็กเสริมเป็นสิ่งจ้าเป็นเพื่อให้เกิดแรงยึด เหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีต, เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเหล็กเสริม, เพื่อป้องกันการเสีย กำลังของเหล็กระหว่างเกิดไฟไหม้ และบางครั้งเราเพิ่มระยะหุ้มด้านบนของพื้นคอนกรีตในลานจอด รถและโรงงาน เพื่อชดเชยการสึกหรอจากการเสียดสี

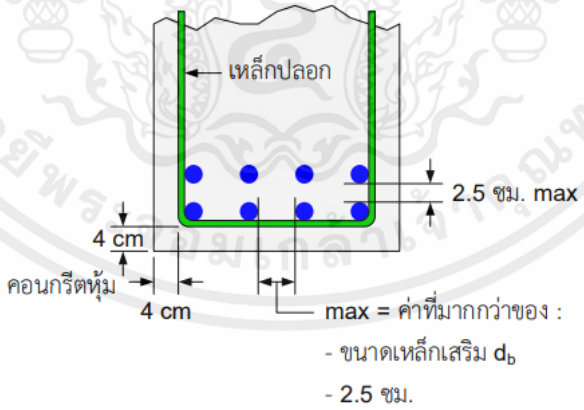
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ระยะหุ้มคอนกรีตน้อยที่สุด คอนกรีตหล่อในที่

	ระยะหุ้มน้อยที่สุด (ซม.)
(1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5
(2) คอนกรีตหล่อบนพื้นดินหรือสภาพอากาศภายนอก:	
เหล็กเสริม DB20 และใหญ่กว่า	5.0
เหล็กเสริม DB16 และน้อยกว่า	4.0
(3) คอนกรีตไม่สัมผัสพื้นดินหรือสภาพอากาศภายนอก:	
พื้น, ผนัง, คานย่อย	2.0
คาน, เสา	4.0

ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้นที่วางขนานกันในแต่ละชั้น ต้องไม่น้อยกว่าขนาดเหล็กเส้นและ 2.5 ซม. สำหรับการเสริมเหล็กในคานตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ระยะช่องว่างระหว่างชั้นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.18 โดยเหล็กนอนในคานทั้งหมดจะถูกห่อหุ้มโดยเหล็กปลอกซึ่งจะ กล่าวถึงต่อไปในเรื่องการออกแบบเพื่อรับแรงเฉือน

ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมตามยาวในองค์อาคารรับแรงอัดที่ใช้เหล็กปลอกเกลียวหรือปลอก เดี่ยว ต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของขนาดเหล็กเส้น และต้องไม่น้อยกว่า 4 ซม.



รูปที่ 2.16 ระยะหุ้มและระยะห่างน้อยที่สุดของเหล็กเสริมในคาน

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

2.1.4.7 ความลึกประสิทธิผล d

คือความลึกจากผิวคอนกรีตด้านรับแรงอัดถึงศูนย์ถ่วงของเหล็กรับแรงดึง ในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบนั้นเรายังไม่รู้ปริมาณเหล็กเสริม ดังนั้นจึงมักต้องใช้ค่าความลึก d โดยประมาณคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สำหรับหน้าตัดคานที่มีเหล็กเสริมหนึ่งชั้น :</u>

d ≅ h – 4 ซม.(ระยะหุ้ม) – 1 ซม.(เหล็กปลอก) – 1 ซม.(ครึ่งหนึ่งของ DB20)

d ≅ h – 6 ซม.

สำหรับหน้าตัดคานที่มีเหล็กเสริมสองชั้น : d ≅ h – 9 ซม.

2.1.5 การออกแบบเสา

2.1.5.1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคือองค์อาคารที่ทำหน้าที่รับแรงอัดเป็นหลัก โดยจะรับน้ำหนักที่ถ่ายเทจากระบบพื้นในแต่ละชั้น สะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเริ่มจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นต่ำลงมาจนถึงชั้นตอม่อเพื่อถ่ายน้ำหนักลงฐานรากต่อไป เสาจึงนับเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญมากเพราะหากเสาต้นหนึ่งต้นใดเกิดการวิบัติ อาจทำให้เสถียรภาพโดยรวมของอาคารเสียไปและจะนำมาซึ่งความวิบัติของโครงสร้างทั้งหมดได้ เนื่องจากพื้น , คาน, และเสา ถูกหล่อเป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้เกิดโมเมนต์ในเสาขึ้นจากการยึดรั้งที่ปลายคาน

นอกจากนั้นในอาคารหลายชั้นการวางตำแหน่งศูนย์กลางเสาให้ตรงกัน ในแนวนิ่งจะเกิดการ เยื้องศูนย์ (Eccentricity, e) ขึ้นเสมอ ซึ่งก็จะทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้นในเสา ดังนั้นเสาที่รับแรงอัดตาม แนวแกนโดยสมบูรณ์จึงไม่เกิดขึ้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตามเราอาจสมมุติให้การ เยื้องศูนย์ที่เกิด e ซึ่งมีค่าน้อยประมาณ 0.1h เมื่อ h คือความลึกของหน้าตัดเสา สมการที่ใช้ยังเป็น สำหรับเสารับแรงตามแนวแกนแต่มีการลดกำลังลงบ้าง

แต่ในบางกรณีเสาก็รับทั้งแรงอัดตามแนวแกนและโมเมนต์ดัดเนื่องจากลักษณะโครงสร้างเอง หรือจากแรงภายนอกที่มากระทำทางด้านข้างเช่นแรงลมหรือแผ่นดินไหว ในกรณีนี้จะต้องพิจารณา ผลรวมกระทำของทั้งแรงอัดตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบ เสาสั้น (Short column) ซึ่งมีกำลังขึ้นกับ กำลังของวัสดุและขนาดของพื้นที่หน้าตัด แต่เมื่อเสายาวขึ้นโอกาสที่จะเกิดการโก่งเดาะ (Buckling) ก็มีมากขึ้นเรียกว่า เสาชะลูด (Slender column) การพิจารณาว่าเป็นเสาสั้นหรือไม่นั้นจะดูจาก อัตราส่วนความชะลูด kl_u/r เมื่อ k คือแฟกเตอร์ของการยึดรั้งที่ปลายเสา, l_u คือความยาวปราศจาก การยึดรั้งของเสา และ r คือรัศมีไจเรชั่น ตัวอย่างเช่นในกรณีอาคารที่ไม่มียึดรั้งด้านข้าง ถ้า kl_u/r มีค่า น้อยกว่า 22 จะถือว่าเป็นเสาสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

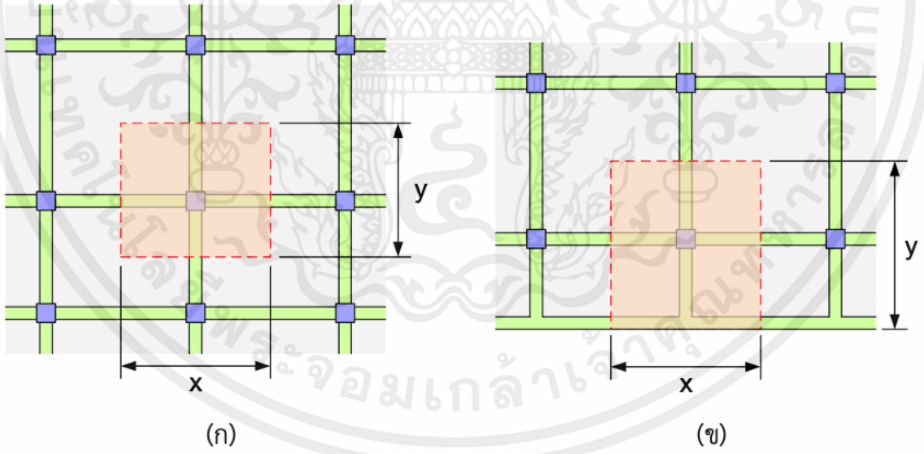
2.1.5.2 การถ่ายน้ำหนักจากคานและพื้นลงเสา

การถ่ายน้ำหนักลงเสาอาจนับได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบเสาเพราะ ถ้าคำนวณน้ำหนักลงเสาผิดก็อาจทำให้เสารับน้ำหนักไม่ได้และเกิดการวิบัติได้ การคำนวณน้ำหนักลงเสามีทั้ง แบบประมาณและแบบละเอียดแต่ผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์จะมีความคิดอยู่แล้วว่าผลที่คำนวณได้ ควรจะประมาณเท่าใด ถ้ามีความผิดพลาดในการคำนวณ ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามคาดก็จะตรวจสอบพบ และแก้ไขได้ โดยทั่วไปก่อนออกแบบเสาเราจะออกแบบพื้นและคานมาก่อนทำให้รู้ขนาดและคำนวณ น้ำหนักได้ วิธีในการคำนวณน้ำหนักลงสู่มีสองวิธีคือ วิธีพื้นที่รับน้ำหนัก (Tributary area method) และ วิธีแรงปฏิกิริยาปลายคาน (Beam reaction method)

2.1.5.3 วิธีพื้นที่รับน้ำหนัก (Tributary area method)

เป็นวิธีคำนวณแบบประมาณโดยแบ่งพื้นที่ของระบบพื้นทั้งหมดออกเป็นส่วนๆให้เสาแต่ละต้นรับน้ำหนัก โดยใช้ระยะกึ่งกลางระหว่างเสาเป็นจุดแบ่งดังแสดงในรูปที่ 2.17 แล้วนำพื้นที่นี้ไปคำนวณ น้ำหนักบรรทุกจรและน้ำหนักบรรทุกคงที่ลงเสาต่อไป ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ 20 ตรม. น้ำหนักจร 300 ก.ก./ตรม. พื้นหนา 10 ซม.

น้ำหนักลงเสา = 20 (300 + (0.10) (2,400)) = 10,800 กก. = 10.8 ตัน



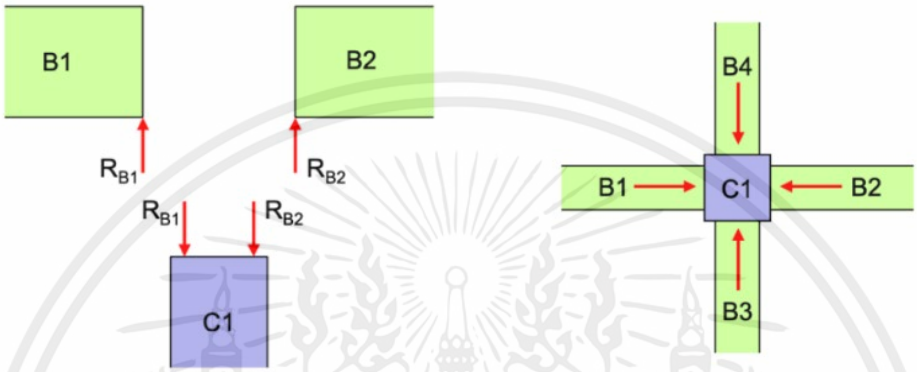
รูปที่ 2.17 การแบ่งพื้นที่รับน้ำหนัก

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.4 วิธีแรงปฏิกิริยาปลายคาน (Beam reaction method)

วิธีนี้ตรวจสอบจากรายการคำนวณออกแบบคาน โดยดูว่ามีคานอะไรบ้างที่มาถ่ายน้ำหนักลงหัวเสา จากนั้นกลับไปตรวจสอบค่าแรงปฏิกิริยาที่ปลายคานแล้วนำมารวมกัน วิธีการนี้อาจยุ่งยากเสียเวลา แต่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า



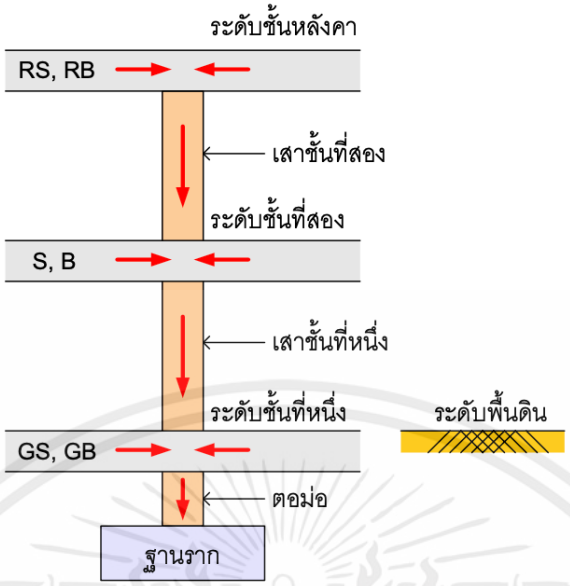
รูปที่ 2.18 แรงปฏิกิริยาปลายคานถ่ายน้ำหนักลงหัวเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

ในอาคารหลายชั้นการคำนวณน้ำหนักบรรทุกจะเริ่มจากชั้นบนสุดเช่นในรูปที่ 2.18 เป็น อาคารสองชั้นในการออกแบบเสาชั้นสอง จะคำนวณน้ำหนักจากพื้นชั้นดาดฟ้ารวมกับน้ำหนักเสา ชั้นสองเอง หน้าตัดที่ออกแบบจะอยู่ที่โคนเสา ต่อมาเมื่อออกแบบเสาชั้นหนึ่งก็จะคำนวณน้ำหนัก จากพื้นชั้นสองรวมกับน้ำหนักเสาชั้นหนึ่งแล้วรวมกับน้ำหนักที่สะสมมาจากชั้นสอง จนสุดท้ายลงสู่ เสาตอม่อที่อยู่ใต้ดินเป็นเสาสั้นรับน้ำหนักจากชั้นหนึ่งลงสู่ฐานรากในที่สุด

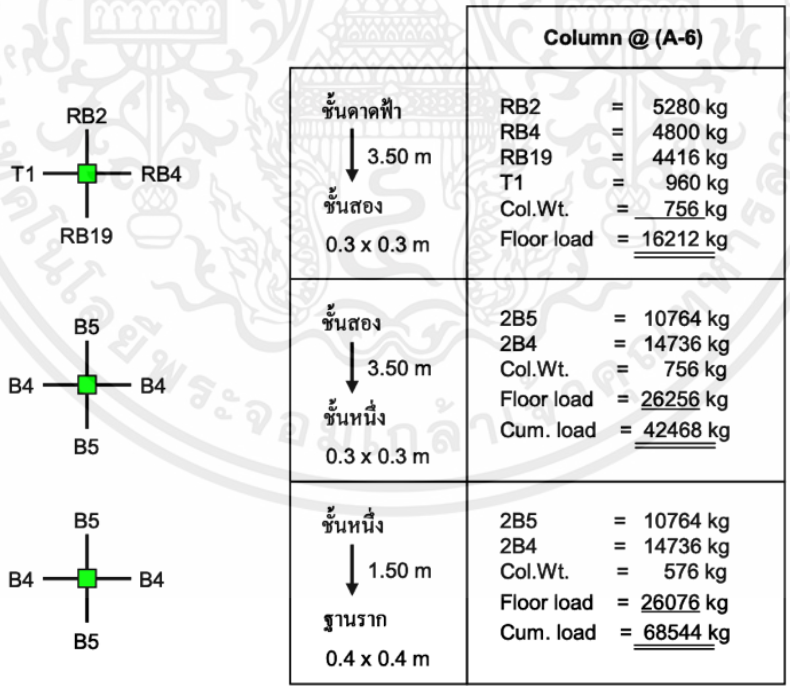
จะเห็นว่าน้ำหนักบรรทุกในเสาต้นหนึ่งจะเพิ่มขึ้นจากการสะสมน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นจาก บนลงล่าง ดังนั้นหน้าตัดเสาในแต่ละชั้นจึงอาจไม่เหมือนกันโดยอาจเปลี่ยนแปลงทุกชั้นหรือหลายชั้น เปลี่ยนก็ขึ้นกับขนาดน้ำหนักบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกสะสมจากเสาชั้นบนลงล่าง

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกลงเสานั้นต้องคำนวณทุกต้น การอ้างอิงตำแหน่งเสาจะระบุโดยใช้ จุดตัดของเส้นกริดในแนวราบและแนวดิ่งเช่น A-2, B-5, C-3 เป็นต้น โดยทำเป็นตารางดังเช่นที่ แสดงในรูป 2.20

เมื่อคำนวณน้ำหนักลงทุกต้นแล้วจึงทำการจัดกลุ่มเสาที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันเป็นชื่อเดียวกัน เช่น C , C , C , ... ซึ่งอย่างน้อยที่สุดจะมีสามกลุ่มคือ เสาภายใน(Interior column), เสา ภายนอก(Exterior column) และเสามุม (Corner column) ดังแสดงในรูปที่ 2.21

2.1.5.5 ชนิดของเสาและการเสริมเหล็ก

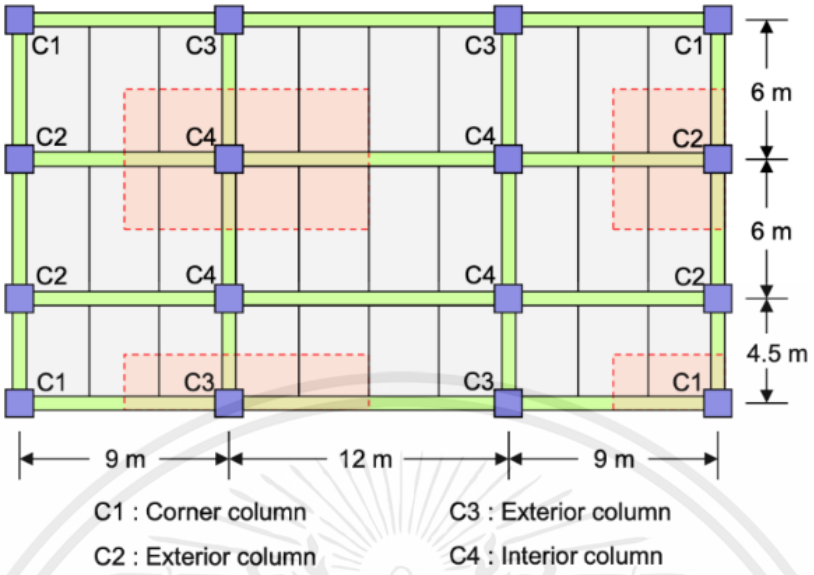
เสาคอนกรีตเสริมเหล็กอาจถูกจำแนกได้ตามรูปหน้าตัดและการเสริมเหล็ก, น้ำหนักบรรทุกที่รับ และความชะลูด ชนิดต่างๆของเสาที่แบ่งตามรูปหน้าตัดและเหล็กเสริมจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.22

หน้าตัดเสาทำได้หลายรูปแบบที่มักพบได้ทั่วไปคือ (a) เสาสี่เหลี่ยมปลอกเดี่ยว (Tied Column) และ (b) เสากลมปลอกเกลียว (Circular Column) นอกจากนั้นยังอาจทำเป็น (c) เสาสี่เหลี่ยมแกนเหล็ก, (d) เสาเหล็กหุ้มคอนกรีต และ (e) ท่อกลมเหล็กกรอกคอนกรีตภายใน

แม้ว่าเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลอกเดี่ยวจะถูกใช้เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากมีค่าก่อสร้างต่ำ แต่เสา ปลอกเกลียวก็มีการใช้เพื่อเพิ่มความเหนียวในโซนแผ่นดินไหว เหล็กปลอกเกลียวจะเป็นเส้นเดียวกัน และพันเป็นเกลียวรัดเหล็กเสริมหลักเอาไว้ซึ่งมักจะเป็นหน้าตัดวงกลม ระยะห่างระหว่างเกลียว (Pitch) ประมาณ 5 – 7.5 ซม.

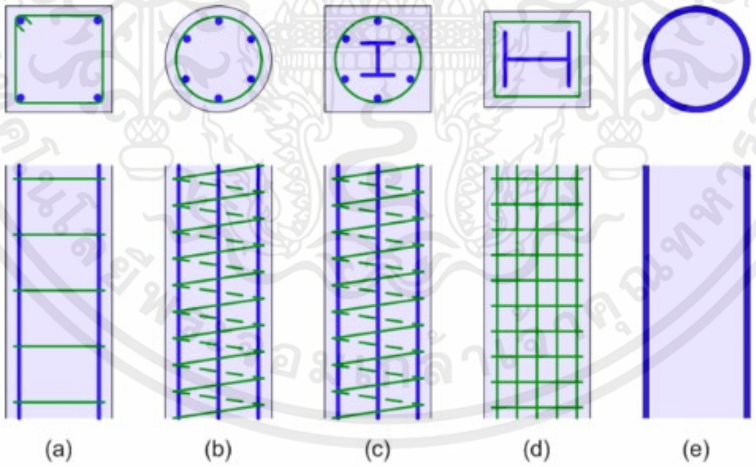
เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมต้องมีเหล็กเสริมหรือเรียกว่า “เหล็กยืน” อย่างน้อยที่สุด 4 เส้นที่แต่ละมุม โดยมีเหล็กปลอกเดี่ยวแบบปิด (closed loop tie) โอบรัดเหล็กเสริมทุกเส้นอยู่ภายใน ส่วนหน้าตัด กลมต้องมีเหล็กอย่างน้อย 6 เส้น กระจายบนเส้นรอบวงภายในเหล็กปลอกเกลียว หน้าเสาควรมี ขนาดอย่างน้อย 20 ซม. ปริมาณเหล็กเสริมที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08 ของพื้นที่ทั้งหมด Ag ของหน้าตัดเสา โดยเหล็กเสริมที่ใช้ควรมีขนาด 12 ม.ม. ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การจัดกลุ่มเสารับน้ำหนักบรรทุก

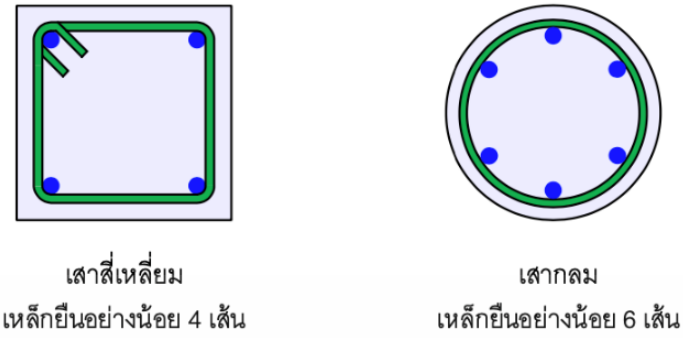
ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557



รูปที่ 2.22 ชนิดของเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

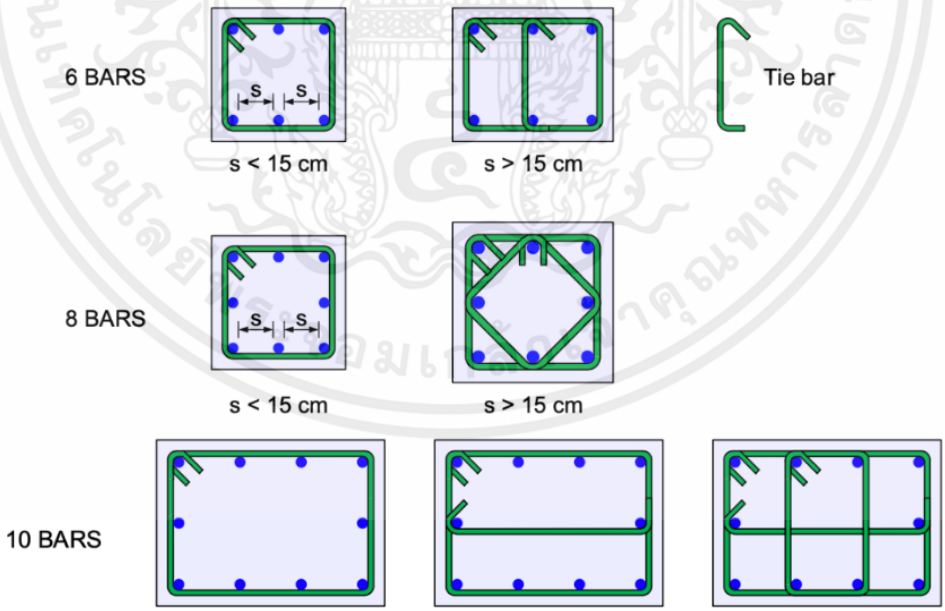
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 เหล็กเสริมน้อยที่สุดในหน้าตัดเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เมื่อเสารับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้นอาจขยายหน้าตัดเสาหรือเพิ่มจำนวนเหล็กเสริม การเพิ่ม เหล็กเสริมจะเพิ่มโดยรอบหน้าตัดแบบสมมาตรดังในรูปที่ 2.24 โดยให้ยึดโดยรอบเหล็กปลอก ถ้า ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กมากกว่า 15 ซม. ต้องใช้เหล็กยึด (crosstie) หรือเพิ่มจ้านวนเหล็กปลอก เพื่อยึดจับเหล็กยืนในทั้งสองทิศทาง ระยะห่างเหล็กปลอกให้ใช้ค่าที่น้อยกว่าของ หน้าเสาที่แคบที่สุด , 16 เท่าขนาดเหล็กยืน และ 48 เท่าขนาดเหล็กปลอก

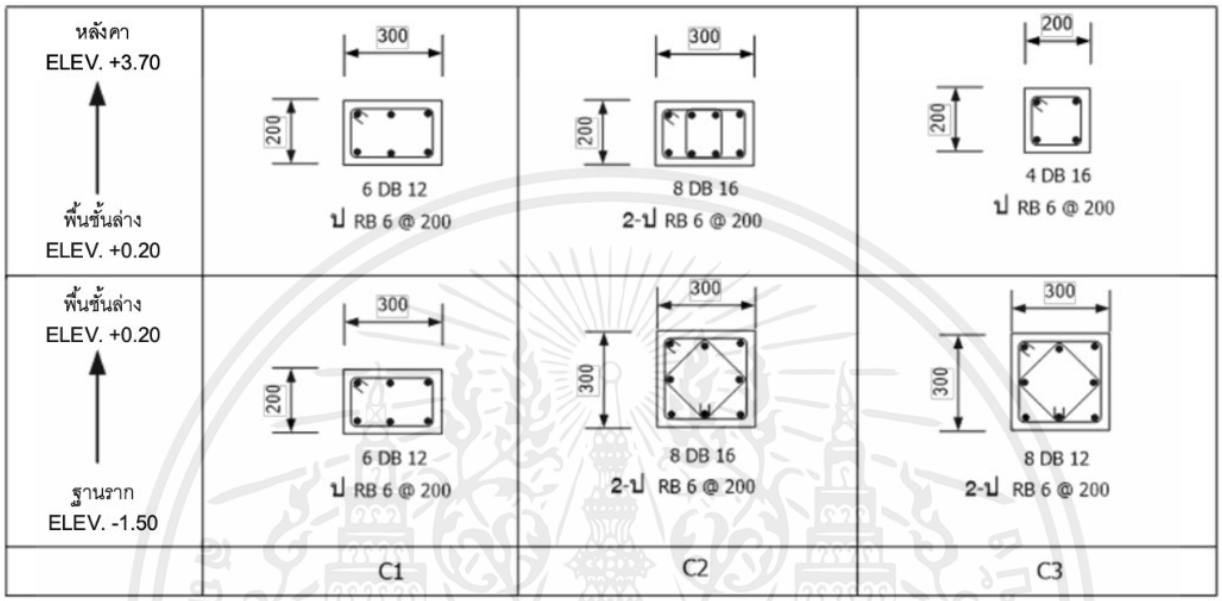


รูปที่ 2.24 รูปแบบการจัดวางเหล็กยืนและเหล็กปลอกในหน้าตัดเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเขียนแบบรายละเอียดหน้าตัดเสามักแสดงเป็นตารางหน้าตัดตามหมายเลขเสา C1, C ,... ในแนวดิ่งและระดับชั้นในแนวนอน ในแบบที่ละเอียดขึ้นจะเขียนแสดงรูปด้านข้าง และ รายละเอียดจุดต่อเหล็กเสริมเมื่อเสามีการเปลี่ยนหน้าตัด



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างตารางแสดงแบบรายละเอียดหน้าตัดเสา

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

2.1.5.6 กำลังเสาสั้นรับน้ำหนักตามแนวแกน

ในรูปที่ 2.26 (ก) เมื่อหน้าตัดเสาคอนกรีตเสริมเหล็กน้ำหนักบรรทุก P0 เสาจะหดสั้นลงเล็กน้อยเท่ากับ Δ อัตราการการหดสั้นในเหล็กและคอนกรีตมีค่าเท่ากัน

การวิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อหน่วยการยืดหด (Strain) มีค่าประมาณ 0.002 ดังในรูปที่ 2.26 (ข) หน่วยแรงในเหล็กจะเท่ากับ fy และในคอนกรีตจะเท่ากับ f' จากสมดุลในแนวดิ่งของรูปที่ 2.26 (ค) แรงกระทำ P0 จะเท่ากับผลรวมของแรงต้านทานรวมของคอนกรีตและเหล็กเสริม

$$P_0 = f_y A_{st} + f_c'(A_g - A_{st})$$

เมื่อ Ag คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และ Ast คือพื้นที่เหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคอนกรีตและเหล็กได้รับแรงอัดพร้อมกันสัดส่วนของการรับน้ำหนักของคอนกรีตและเหล็ก จะเปลี่ยนไปตามเวลาในช่วงต้นหน่วยแรงในเหล็กจะมีค่าเป็น E_S/E_C เท่าของหน่วยแรงในคอนกรีตซึ่ง เป็นไปตามทฤษฎีอิลาสติก ต่อมาเมื่อผลของความคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) มีมาก ขึ้นเหล็กจะค่อยๆรับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น

จากผลการทดสอบพบว่ากำลังประลัยของเสามีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้ เพื่อให้กำลังที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจึงลดค่า f_c' ลง 15%

$$P_0 = f_y A_{st} + 0.85 f_c'(A_g - A_{st})$$

กำลังที่ได้ถูกใช้เป็นพื้นฐานในมาตรฐาน ACI ประกอบกับตัวคูณลดกำลัง ซึ่งในกรณีของเสาจะมีค่าต่ำกว่าของคานเนื่องจากเสาเป็นองค์อาคารมีความสำคัญมากกว่านั้นเอง การวิบัติของคานโดยทั่วไปจะมีผลเฉพาะที่ในขณะที่การวิบัติของเสาอาจทำให้เกิดการพังทลายของ ทั้งโครงสร้างได้

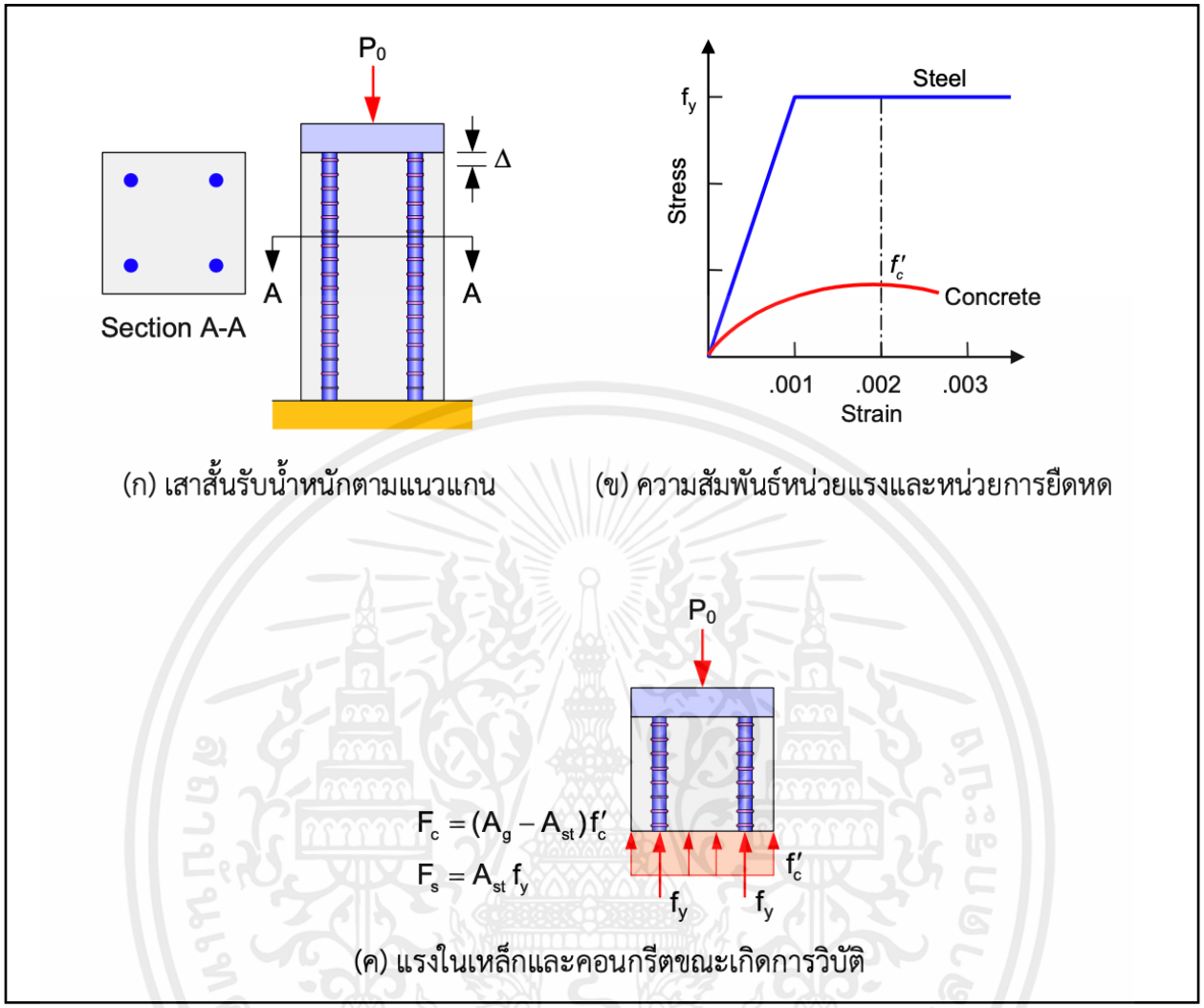
นอกจากนั้นตัวคูณลดกำลังสำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียวก็แตกต่างกันอันเนื่อง มากจากพฤติกรรมการรับน้ำหนักซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป นั่นคือน้ำหนักบรรทุกประลัยต้องมีค่าไม่เกิน $P_u \leq \phi P_n$ เมื่อ ϕ คือตัวคูณลดกำลังมีค่าเท่ากับ 0.75 สำหรับเสาปลอกเกลียว และเท่ากับ 0.70 สำหรับเสาปลอกเดี่ยว

เสาปลอกเกลียว $$P_n = 0.85\{0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\}$$

เสาปลอกเดี่ยว $$P_n = 0.85\{0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}\}$$

เมื่อ P_n = กำลังระบุ (Nominal strength) ในการแรงอัดตามแนวแกน กำลังของเสาสั้นที่ได้ คือกำลังที่ใช้ในการออกแบบเสาสั้นคอนกรีต เสริมเหล็กรับแรงตามแนวแกนโดยวิธีกำลังตามมาตรฐาน ACI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 กำลังของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกน

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

2.1.5.7 กำลังรับน้ำหนักของเสาเล็กที่สุด

ในการคำนวณออกแบบเสาจะคิดน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงสู่เสาซึ่งในอาคารขนาดเล็กน้ำหนักบรรทุก อาจมีค่าน้อยกว่ากำลังของหน้าตัดเสาที่เล็กที่สุดและใส่เหล็กน้อยที่สุดตามข้อกำหนด ถ้ามีการ คำนวณกำลังเสาน้อยสุดไว้ก่อนก็จะช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน สำหรับ f_c' = 240 กก./ซม.^{2} และ f_y = 4,000 กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

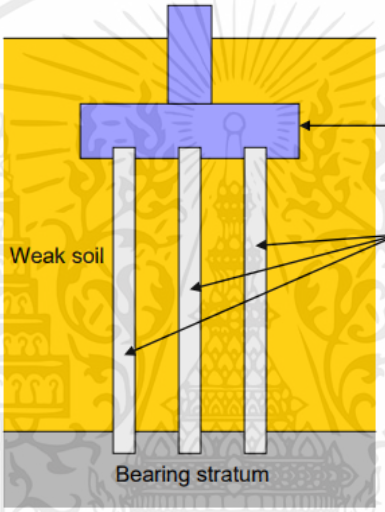
2.1.6 ฐานราก

ข้อกำหนดในการออกแบบฐานราก ว.ส.ท.

- ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา ดังนั้นใช้ระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุด 7.5 ซม.

- ความลึกของฐานรากเหนือเหล็กเสริมล่าง: ต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม. สำหรับฐานรากวางบนดิน และ ต้องไม่น้อยกว่า 30 ซม. สำหรับฐานรากวางบนเสาเข็ม

- เสาตอม่อรูปกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม อาจคิดเสมือนเสาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน เพื่อใช้ในการกำหนดหน้าติดวิกฤตของโมเมนต์ แรงเฉือน และการฝังยึดของเหล็กเสริม



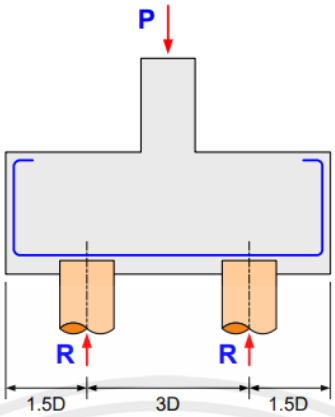
รูปที่ 2.27 ฐานรากเสาเข็ม

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

ฐานรากเสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกจากเสา และแรงปฏิกิริยาต้านทานจากเสาเข็ม มีลักษณะเหมือนคานรับแรง กระทำเป็นจุด ดังเช่นในรูปที่ 2.28 น้ำหนักบรรทุกจะทำให้ฐานแอ่นตัว จึงต้องเสริมเหล็กด้านล่าง และพยายามให้เสาเข็มอยู่ใกล้กันมาก ที่สุดเพื่อลดแรงภายในและจำกัดขนาดฐานราก โดยระยะห่าง ระหว่างเสาเข็มจะอยู่ที่ 3 เท่าของขนาดเสาเข็ม (D)

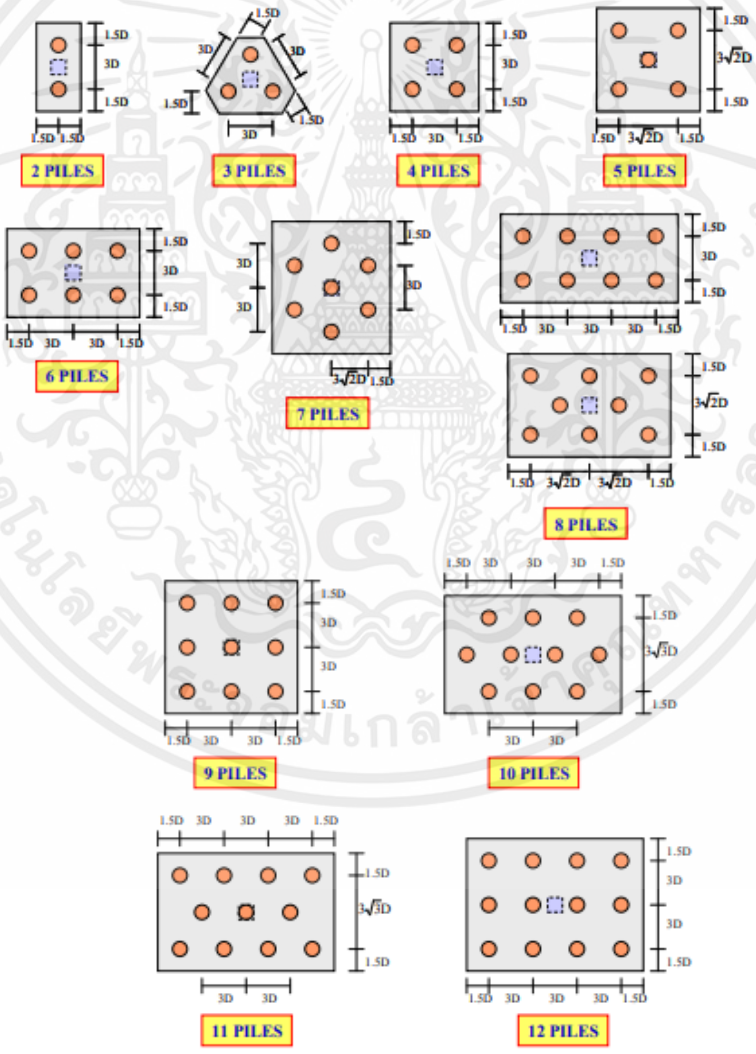
ขนาดหรือจำนวนเสาเข็มจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกจากเสา โดยรักษาระยะห่างระหว่าง เสาเข็มสามเท่าของขนาดเข็ม (3D) รูปแบบของกลุ่มเสาเข็มจะมีได้หลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แรงในฐานรากเสาเข็ม

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

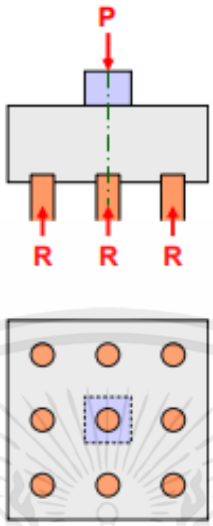


รูปที่ 2.29 รูปแบบการจัดวางเสาเข็ม

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.1 ฐานรากเสาเข็มรับน้ำหนักตรงศูนย์



รูปที่ 2.30 แรงในเสาเข็ม

ที่มา : การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก, โดย มงคล จิรวัชรเดช, 2557

เสาเข็มจะถูกจัดวางอย่างสมมาตรดังเช่นในรูปที่ 2.30 ถ้าฐานรากมีความหนาเพียงพออาจสมมติได้ว่าเสาเข็มทุกต้นรับน้ำหนักเท่ากันคือ

$$R = \frac{P}{n} \leq R_a$$

เมื่อ $R =$ น้ำหนักบรรทุกที่กระจายลงเสาเข็มแต่ละต้น

$P =$ น้ำหนักบรรทุกใช้งาน $=$ DL + LL

$n =$ จำนวนเสาเข็ม

$R_a =$ น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ของเสาเข็ม

จำนวนเสาเข็มจะหาออกมาเป็นเลขจำนวนเต็มปัดขึ้นจาก

$$n = \frac{DL + LL}{R_a}$$

โดยทั่วไปเสาเข็มจะถูกวางใกล้กันเพื่อลดค่าฐานรากหัวเข็ม แต่จะไม่สามารถวางได้ใกล้กว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือน้อยกว่า 75 ซม. ได้ โดยทั่วไปเสาเข็มขนาด 30 ถึง 70 ตันจะวางห่าง กัน 90 ซม.

การออกแบบฐานรากบนหัวเสาเข็มจะคล้ายกับการออกแบบฐานรากของเสาเดี่ยว โดยเริ่มจากการคำนวณน้ำหนักบรรทุกประลัยจากเสาแล้วหารด้วยจำนวนเสาเข็มจะได้น้ำหนักประลัยที่รับโดยเข็มแต่ละต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว

2.2.1 กฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

กฎกระทรวง
กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร
และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
พ.ศ. 2564

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 (3) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มาตรา 8 (1) (3) (11) และ (12) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 และมาตรา 8 วรรคสองแห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
(ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2558 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 2 ให้ยกเลิกกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงหนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ท.ศ. 2550

ข้อ 3 ในกฎกระทรวงนี้

"บริเวณที่ 1" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดตรัง จังหวัดนครพนม จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดเลย จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดหนองคาย

"บริเวณที่ 2" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพในระดับปานกลางเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดชัยนาท จังหวัดนครปฐม จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพังงา
จังหวัดภูเก็ต จังหวัดระนอง จังหวัดราชบุรี จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอุทัยธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"บริเวณที่ 3" หมายความว่า บริเวณหรือพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบทางด้านความมั่นคงแข็งแรงและเสถียรภาพในระดับสูงเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง จังหวัดลำพูน จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดอุตรดิตถ์

ประกาศกระทรวงมหาดไทย

เรื่อง การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์การออกแบบและคำนวณอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่เป็นรายละเอียดด้านเทคนิคและหลักวิชาการด้านแผ่นดินไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้การก่อสร้างและดัดแปลงอาคารในบริเวณสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีความปลอดภัยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 8 วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ท.ศ. 2522 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 ประกอบข้อ 6 แห่งกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2564 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2558 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ 2 ในประกาศนี้

"กฎกระทรวง" หมายความว่า กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2564

"บริเวณที่ 1" หมายความว่า บริเวณที่ 1 ตามกฎกระทรวง

"บริเวณที่ 2" หมายความว่า บริเวณที่ 2 ตามกฎกระทรวง

"บริเวณที่ 3" หมายความว่า บริเวณที่ 3 ตามกฎกระทรวง

"การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น" หมายความว่า การเคลื่อนตัวด้านข้างสัมพัทธ์ระหว่างพื้นของชั้นถัดไปที่อยู่เหนือชั้นที่พิจารณาและชั้นที่พิจารณา

"ไดอะแฟรม" หมายถึง ระบบโครงสร้างที่วางตัวอยู่ในแนวราบหรือใกล้เคียงแนวราบทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงด้านข้างไปสู่ชิ้นส่วนในแนวดิ่งซึ่งเป็นส่วนของระบบต้นแรงด้านข้าง และหมายความรวมถึงระบบค้ำยันในแนวราบด้วย

"แผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา" หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาในมาตรฐานฉบับนี้ ซึ่งความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงกว่าระดับที่พิจารณาเท่ากับร้อยละสองในช่วงเวลาห้าสิบปี

"แผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ" หมายความว่า แผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงเป็นสองในสามของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"วิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก" หมายความว่า วิธีการออกแบบเพื่อหาขนาดสัดส่วนขององค์อาคารโดยแรงที่เกิดขึ้นในองค์อาคารภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานที่คูณด้วยตัวคูณน้ำหนักบรรทุกที่เหมาะสมไม่สูงเกินกว่ากำลังระบุที่คูณด้วยตัวคูณความต้านทาน และเรียกว่าการออกแบบโดยวิธีกำลังสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

"วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้" หมายความว่าวิธีการออกแบบเพื่อหาขนาดสัดส่วนขององค์อาคารโดยหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในองค์อาคารภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานไม่สูงเกินหน่วยแรงที่ยอมให้และเรียกว่าการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งานสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

หมวด 2

ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ข้อ 6 ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารอยู่ในรูปของคำความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม ซึ่งเป็นคำบนพื้นดินและแปรเปลี่ยนตามคาบการสั่นพื้นฐานและอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร โดยค่าความเร่งดังกล่าวได้จำแนกออกตามพื้นที่ที่ตั้งอาคารประกอบด้วย พื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพมหานครและพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร ซึ่งในการออกแบบและคำนวณต้องปรับค่าดังกล่าวให้เป็นคำความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบโดยมีรายละเอียดและหลักเกณฑ์ตามผนวก ก ท้ายประกาศนี้

หมวด 3

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ข้อ 7 การออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวตามประกาศนี้แยกเป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) สำหรับบริเวณที่ 1 ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือข้อ 27 โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

(2) สำหรับบริเวณที่ 2 และบริเวณที่ 3 จะแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวออกเป็นสี่ประเภท ได้แก่ ประเภท ก ประเภท ข ประเภท ค และประเภท ง โดยเริ่มจากระดับที่ต้องออกแบบให้มีความเหนียวอย่างน้อยตามที่กำหนดในข้อ 26 หรือข้อ 27 แต่ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (ประเภท ก) ไปจนถึงระดับที่ต้องออกแบบอย่างเข้มงวดที่สุด (ประเภท ง) การกำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวพิจารณาจากประเภทความสำคัญของอาคารตามข้อ 8 และความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ที่ตั้งอาคาร ซึ่งแสดงโดยค่า S_{DS} และ S_{D1} ตามข้อ 6 และผนวก ก ท้ายประกาศนี้ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.7 และตารางที่ 2.8 ซึ่งการแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS} และ S_{D1} ตามประกาศนี้ กำหนดให้ใช้อัตราส่วนความหน่วงเท่ากับร้อยละห้ากับอาคารทุกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว (ค่า S_{D1})

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{D1} < ๐.๐๖๗$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$๐.๐๖๗ \leq S_{D1} < ๐.๑๓๓$	ข	ข	ค
$๐.๑๓๓ \leq S_{D1} < ๐.๒๐$	ค	ค	ง
$๐.๒๐ \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 2.8 ประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว (ค่า S_{DS})

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I (น้อย) หรือ II (ปกติ)	ประเภทความสำคัญ III (มาก)	ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)
$S_{DS} < ๐.๑๖๗$	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)	ก (ไม่จำเป็นต้องคำนวณแรง)
$๐.๑๖๗ \leq S_{DS} < ๐.๓๓$	ข	ข	ค
$๐.๓๓ \leq S_{DS} < ๐.๕๐$	ค	ค	ง
$๐.๕๐ \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

ค่า S_{DS} และ S_{D1} ตามวรรคหนึ่ง สำหรับพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร ให้ใช้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (S_a) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาทีและ 1.0 วินาที ตามลำดับ โดยพิจารณาที่อัตราส่วนความหน่วงร้อยละห้า

สำหรับพื้นที่นอกแอ่งกรุงเทพมหานครหากประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 1 แตกต่างจากที่กำหนดตามเกณฑ์ในตารางที่ 2.8 ให้ยึดถือประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่เข้มงวดกว่า แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) ที่คำนวณโดยใช้สมการ 13 หรือ 14 มีค่าน้อยกว่า $0.8T_S$ โดยที่ T_S มีค่าเป็นไปตามที่กำหนดในผนวก ท้ายประกาศนี้ อนุญาตให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตาราง
ที่ 1 เท่านั้น

สำหรับพื้นที่ในแงกรุงเทพมหานคร ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคารที่คำนวณโดยใช้สมการ 13 หรือสมการ 14 มีคำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 วินาที ให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 2.7 เท่านั้น แต่ในกรณีที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคารดังกล่าวมีค่ามากกว่า 0.5 วินาที ให้กำหนดประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้เฉพาะเกณฑ์ในตารางที่ 2.8 เท่านั้นข้อ 8 ประเภทความสำคัญของอาคารจำแนกตามลักษณะการใช้งานและความสำคัญของอาคารที่มีต่อสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ แบ่งออกเป็นสี่ประเภท คือ ประเภท I (น้อย), II (ปกติ), III (มาก), และ IV (สูงมาก) ดังแสดงในตารางที่ 2.9 โดยอาคารแต่ละประเภทมีค่าตัวประกอบความสำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวแตกต่างกันตามข้อ 23

ตารางที่ 2.9 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
(๑) อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้น ๆ เช่น อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร อาคารชั่วคราว อาคารเก็บของเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ เป็นต้น	I (น้อย)
(๑) อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภทความสำคัญ I (น้อย) III (มาก) และ IV (สูงมาก)	II (ปกติ)
(๑) โรงมหรสพ หอประชุม ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ สถานีขนส่งสถานบริการ หรือท่าจอดเรือ ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หกร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๒) หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน หรือสถานศึกษา ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หนึ่งพันตารางเมตรขึ้นไป (๓) หอสมุด ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่สองพันตารางเมตรขึ้นไป (๔) ตลาด ห้างสรรพสินค้า หรือศูนย์การค้า ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่หนึ่งพันห้าร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๕) สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน สถานให้บริการดูแลผู้สูงอายุ หรือสถานสงเคราะห์ผู้สูงอายุ ที่มีพื้นที่อาคารตั้งแต่สามร้อยตารางเมตรขึ้นไป (๖) สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืนที่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ (๗) เรือนจำตามกฎหมายว่าด้วยราชทัณฑ์ (๘) อาคารที่ทำการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย ที่มีพื้นที่สาธารณะตั้งแต่หนึ่งพันตารางเมตรขึ้นไป (๙) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่ง ๆ ได้ตั้งแต่สามร้อยคนขึ้นไป (๑๐) อาคารประเภทอื่น ๆ ที่สามารถรองรับผู้มาใช้สอยอาคารได้ตั้งแต่ห้าพันคนขึ้นไป	III (มาก)
ประเภทของอาคาร	**ประเภทความสำคัญ**
(๑) อาคารที่จำเป็นต่อการช่วยเหลือและบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่ สถานพยาบาลที่รับผู้ป่วยไว้ค้างคืนที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า หรือโรงผลิตและเก็บน้ำประปา (๒) คลังสินค้าที่ใช้เป็นสถานที่เก็บรักษาวัตถุอันตรายตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย ประเภทวัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ หรือวัตถุกัมมันตรังสี	IV (สูงมาก)

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302)

มยผ. 1302 จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้กฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2550 เพื่อให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนเทียบเท่ามาตรฐานสากล โดยการปรับแก้ข้อกำหนด และตัวประกอบที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลงานวิจัยภายในประเทศ โดยเฉพาะการคำนวณด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ให้สอดคล้องกับสภาพความเสี่ยงภัยโดยกำหนดค่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวสำหรับทุก ๆ อำเภอในประเทศไทย และมีการกำหนดประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ตลอดจนวิธีการคำนวณวิธีแรงสถิตเทียบเท่าซึ่งมีความแม่นยำกว่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2550 และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารได้หลายประเภทรวมทั้งอาคารที่มีรูปทรงไม่ปกติในบางกรณี แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 และให้ข้อกำหนดการออกแบบอาคารด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ที่อ้างอิงมาจากมาตรฐาน American Society of Civil Engineer (ASCE7-05) สำหรับกรณีที่ไม่สามารถออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าได้ เช่น อาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.2.3 ต่อไป

2.2.3 ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสำหรับอาคาร

2.2.3.1 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม

ขณะที่เกิดแผ่นดินไหว อาคารที่ได้รับผลกระทบจะมีการตอบสนองต่อแรงสั่นสะเทือนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น คาบการสั่นของอาคาร โดยผลการตอบสนองของอาคารจะอยู่ในรูปของ "ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม" ซึ่งเป็นค่าที่แปรผันตามคาบการสั่นของอาคาร โดยมาตรฐาน Federal Emergency Management Agency (FEMA 454, 2006)ได้กล่าวว่าสำหรับค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.2 วินาทีเทียบได้กับผลการตอบสนองของอาคารที่มีความสูงประมาณ 2-3 ชั้น และที่คาบการสั่น 1.0 วินาทีนั้น เทียบได้กับผลการตอบสนองของอาคารที่มีความสูงประมาณ 10 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.31

รูปที่ 2.31 การเปรียบเทียบคาบการสั่นที่มีผลต่อความสูงอาคาร
ที่มา : Federal Emergency Management Agency (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มยผ. 1302 ได้กำหนดค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา (Maximum Considered Earthquake) ที่คาบการสั่น 0.20 วินาที (S_{DS})และคาบการสั่นที่ 10 วินาที (S_{D1}) ณ อำเภอและจังหวัดทั่วประเทศ ยกเว้นพื้นที่แอ่งกรุงเทพที่มีลักษณะเป็นดินอ่อนพิเศษ ผลตอบสนองจะอยู่ในรูปของคำความเร่งตอบสนองที่ใช้ในการออกแบบซึ่งได้รวมผลเนื่องจากสภาพดินอ่อนเข้าไว้แล้ว สามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบได้โดยตรงในการศึกษานี้จะเสนอเฉพาะจังหวัดที่อยู่ใกล้รอยเลื่อน และคาดว่าจะได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวในระดับรุนแรง จำนวน 10 จังหวัด แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 สำหรับข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสถิตไม่เชิงเส้น สำหรับการหาค่าความเร่งตอบสนองสำหรับการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรงเพื่อการสร้างกราฟ Demand Curve

2.2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงแผ่นดินไหวกับประเภทชั้นดินที่ตั้งอาคาร

สามารถจำแนกได้ 6 ประเภท ได้แก่ A (หินแข็ง) B (หิน) C (ดินแข็ง) D (ดินปกติ) E (ดินอ่อน) หรือ F (ดินที่มีลักษณะพิเศษ) อธิบายได้ดังนี้

1) ชั้นดินประเภท A มีระดับการแตกร้าวหรือผุพังของหินน้อย
2) ชั้นดินประเภท B มีระดับแตกร้าวและการผุพังต้องมีลักษณะคล้ายหิน
3) ชั้นดินประเภท C มีระดับการผุพังมากและมีลักษณะคล้ายหินที่อ่อนแอ
4) ชั้นดินประเภท D มีลักษณะเป็นหินที่ผุพังโดยสมบูรณ์
5) ชั้นดินประเภท E มีลักษณะเป็นดินตะกอน หรือดินเหนียวอ่อน
6) ชั้นดินประเภท F เป็นลักษณะของดินตะกอน หรือดินเหนียวอ่อนพิเศษ

เป็นชั้นดินที่มีโอกาสเกิดปรากฏการณ์ทรายเหลวอิ่มตัว (Liquefaction)สำหรับประเทศไทยจัดให้เป็นชั้นดินประเภท D ยกเว้น จังหวัดสงขลาที่พบว่าเป็นชั้นดินอ่อน นอกจากนี้ยังพบว่ากรุงเทพมหานครและปริมณฑลยังมีลักษณะของชั้นดินอ่อนพิเศษ

ข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสถิตไม่เชิงเส้นสำหรับสร้างกราฟ Demand Curve เพื่อหาค่าความเร่งตอบสนองสำหรับการประเมินความมั่นคงแข็งแรง

2.2.3.3 การปรับแก้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม

ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.2 วินาที (S_{DS}) และ 1.0 วินาที (S_{D1}) ตามตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 และปรับแก้ตามประเภทของชั้นดินที่ตั้งอาคารตามสมการดังนี้

$$S_{MS} = F_a . S_S \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_V . S_1 \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสถิตไม่เชิงเส้นสำหรับสร้างกราฟ Demand Curve เพื่อหาค่าความเร่งตอบสนองสำหรับการประเมินความมั่นคงแข็งแรง

2.2.3.4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ

มยผ. 1302 กำหนดค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.2 วินาที (S.s) และ 1.0 วินาที (S.) ตามตารางภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 เป็นแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาจากคาบการกลับ 2,500 ปี ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงกว่านี้ระดับที่พิจารณา (Probability of Exceedance) เท่ากับร้อยละ 2 ใน 50 ปี แต่การออกแบบอาคารใหม่จะพิจารณาแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ (Design Earthquake) ซึ่งเป็นแผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงเป็นสองในสามของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาและคำนวณตามสมการดังนี้

$$S_{D1} = \frac{2}{3} . S_{M1} \tag{2.3}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} . S_{MS} \tag{2.4}$$

2.2.3..5 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ

ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ S (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ) จะขึ้นอยู่กับที่ตั้งอาคาร และวิธีการออกแบบ โดยหากเป็นการออกแบบด้วยวิธีสถิตศาสตร์แล้วพื้นที่ใดมีค่า $S_{DS} \leq S_{D1}$ ให้ใช้สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบตามภาคผนวก ก ภาพที่ ก.1และหากมีค่า $S_{D1} > S_{DS}$ ให้ใช้สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบตามภาคผนวก ก ภาพที่ ก.2 ในกรณีการออกแบบด้วยวิธีพลศาสตร์ หากพื้นที่ใดมีค่า $S_{DS} \leq S_{D1}$ ให้ใช้สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบตามภาคผนวก ก ภาพที่ ก.3 และหากมีค่า $S_{D1} > S_{DS}$ ให้ใช้สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบตามภาคผนวก ก ภาพที่ ก.4 สำหรับข้อมูลนี้จะนำไปตรวจสอบกับค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งจะใช้ครึ่งหนึ่งของค่าความเร่งตอบสนองสำหรับการออกแบบอาคารใหม่

2.2.3.6 ประเภทการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวแบ่งได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย

1) ประเภท ก ไม่จำเป็นต้องออกแบบ

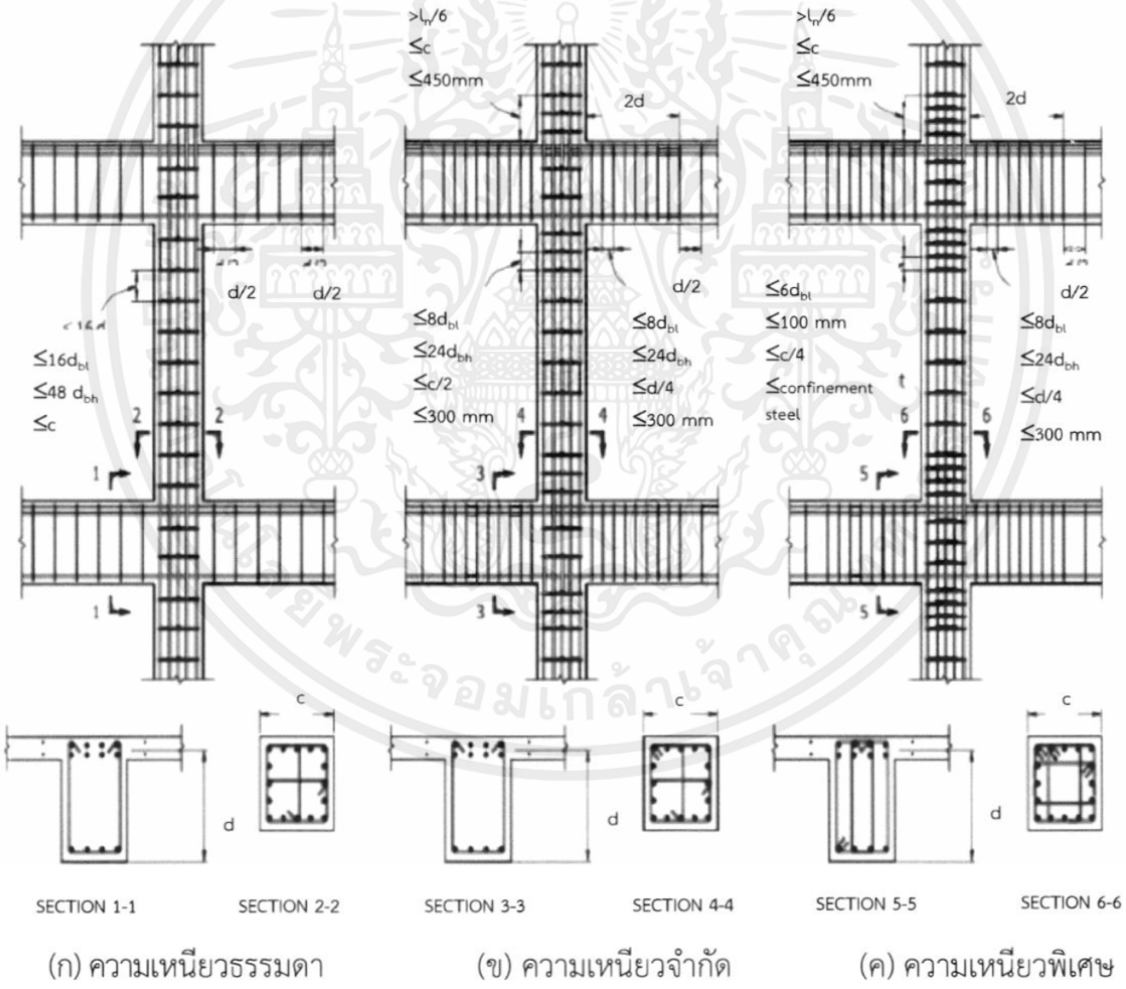
2) ประเภท ข ต้องให้รายละเอียดเหล็กเสริมบริเวณปลายของชิ้นส่วนโดยสามารถใช้ระบบโครงสร้างธรรมดาหรือระบบมีความเหนียวธรรมดา (Ductility) แสดงในรูปที่ 2.32 (ก) หรือระบบโครงสร้างที่มีความเหนียวพิเศษในการต้านทานแผ่นดินไหว

3) ประเภท ค ต้องให้รายละเอียดเหล็กเสริมบริเวณปลายชิ้นส่วนและรอยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างชิ้นส่วน โดยใช้โครงต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดหรือความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility) หรือโครงต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษหรือกำแพงโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา หรือแบบความเหนียวจำกัด หรือแบบมีความเหนียวพิเศษแสดงในรูปที่ 2.32 (ข) ตาม มยผ. 1302 ได้อ้างอิงวิธีการออกแบบและรายละเอียดการเสริมเหล็กไปยังมยผ. 1301-54 ที่คล้ายกับมาตรฐาน American Concrete Institute (ACI 318) สำหรับการออกแบบความเหนียวพิเศษแต่แตกต่างกันที่อัตราการเสริมเหล็กตามแนวแกนของเสาที่การออกแบบความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัดมีค่าไม่เกินร้อยละ 8 (เป็นหนึ่ง วานิชชัย และคณะ, 2558)

4) ประเภท ต้องออกแบบในระดับเข้มงวดที่สุด กล่าวคือต้องเสริมเหล็กให้องค์อาคารมีความเหนียวพิเศษ (Special Ductility) แสดงในรูปที่ 2.32 (ค) โดยใช้โครงต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษ หรือกำแพงโครงสร้างแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ รวมทั้งแผ่นไดอะแฟรม โครงถัก



รูปที่ 2.32 รายระเลียดการเสริมเหล็กแต่ละประเภท

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ระบบโครงสร้างโดยรวม

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่ง (Bearing Wall System)	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	4	2.5	4	√	√	*
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	5	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall) ++	3	2.5	3	√	X	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precaset Shear Wall)++	4	2.5	4	√	√	X
2. ระบบโครงอาคาร (Building Frame System)	โครงแกงแนงเหล็กแบบเยื้องศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับแรงดัดได้ (Steel Eccentrically Braced Frame with Moment-Resisting Connections)	8	2	4	√	√	√
	โครงแกงแนงเหล็กแบบเยื้องศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับแรงเฉือน (Steel Eccentrically Braced Frame with Non-Moment-Resisting Connections)	7	2	4	√	√	√
	โครงแกงแนงเหล็กแบบตรงศูนย์แบบให้รายละเอียดพิเศษ (Special Steel Concentric Braced Frame)	6	2	5	√	√	√
	โครงแกงแนงเหล็กแบบตรงศูนย์แบบธรรมดา (Ordinary Steel Concentric Braced Frame)	3.5	2	3.5	√	√	X
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	4.5	√	√	*
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall) ++	4	2.5	4	√	X	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall) ++	5	2.5	4.5	√	√	X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
3. ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่ หรือ แบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast-in-Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame) ++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง หรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X
4. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวที่สามารถต้านทานแรงด้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับอาคารทั้งหมด (Dual System with Ductile/Special Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงแกงแนงเหล็กแบบตรงศูนย์แบบพิเศษ (Special Steel Concentrically Braced Frame)	7	2.5	5.5	√	√	√
	ร่วมกับโครงแกงแนงเหล็กแบบเยื้องศูนย์ (Steel Eccentrically Braced Frame)	8	2.5	4	√	√	√
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	7	2.5	5.5	√	√	√
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	√	√	*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
5. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัดที่สามารถต้านทานแรงด้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับอาคารทั้งหมด (Dual System with Moment Resisting Frame with Limited Ductility / Dual System with Intermediate Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงแกงแนงเหล็กแบบตรงศูนย์แบบพิเศษ (Special Steel Concentrically Braced Frame)	6	2.5	5	√	√	X
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	6.5	2.5	5	√	√	√
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	5.5	2.5	4.5	√	√	*
6. ระบบปฏิสัมพันธ์ (Shear Wall Frame Interactive System)	ระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำแพงรับแรงเฉือนและโครงต้านแรงดัดแบบธรรมดาที่ไม่มีการให้รายละเอียดความเหนียว (Shear Wall Frame Interactive System with Ordinary Reinforced Concrete Moment Frame and Ordinary Concrete Shear Wall)	4.5	2.5	4	√	X	X
7. ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่มีการให้รายละเอียดสำหรับรับแรงแผ่นดินไหว (Steel Systems Not Specifically Detailed for Seismic Resistance)	ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่มีการให้รายละเอียดสำหรับรับแรงแผ่นดินไหว	3	3	3	√	√	X

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงตัดที่มีความเหนียวปานกลางสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.2.4.1 คานและเสา คานหมายถึง องค์อาคารของโครงต้านแรงตัดที่มีแรงตามแนวแกนปรับค่า (Factored Axial Load) ไม่มากกว่า $0.1A_g f'_c$ และเสาหมายถึงองค์อาคารของโครงต้านแรงตัดที่มีแรงตามแนวแกนปรับค่ามากกว่าค่าดังกล่าว

2.2.4.2 กำลังต้านแรงเฉือน กำลังต้านแรงเฉือนที่ใช้ออกแบบ คาน เสา และแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน สำหรับต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะต้องไม่น้อยกว่าค่าแรงเฉือนในข้อ 1. หรือข้อ 2. ข้อใดข้อหนึ่ง

2.1 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อแรงตัดที่ปลายขององค์อาคารทั้งสองถึงคู่โมเมนต์กำลังระบบรวมกับแรงเฉือนจากน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (ถ้ามี) (รูปที่ 2.33)

2.2 แรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการรวมน้ำหนักบรรทุกออกแบบ (Design Load Combinations) ที่พิจารณาแรงแผ่นดินไหวเป็น 2 เท่าของแรงที่กำหนดในกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

2.2.4.3 การเสริมเหล็กในคาน ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในคานของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 กำลังต้านโมเมนต์บวกที่ขอบของข้อต่อจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของกำลังต้านโมมนต์ลบที่ขอบของข้อต่อเดียวกัน นอกจากนี้กำลังต้านโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบที่หน้าตัดใด ๆ ตลอดความยาวคานจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในห้าของกำลังต้านโมเมนต์สูงสุดที่ขอบของข้อต่อที่ปลายทั้งสองของคาน

3.2 ภายในบริเวณปลายคานที่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะ 2 เท่าของความลึกคานจะต้องเสริมเหล็กปลอกที่มีระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่มากกว่าค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล

(2) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด

(3) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก

(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะอยู่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตร

3.3 ระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากข้อ 3.2 จะต้องไม่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิผล

3.4 ควรหลีกเสี่ยงการทาบเหล็กเสริมตามยาวทั้งบนและล่างภายในระยะ 2 เท่าของความลึกคานเมื่อวัดจากขอบของจุดรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.4 การเสริมเหล็กในเสา ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในเสาของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะไม่มากกว่าระยะ s_0ตลอดความยาว l_0 ที่วัดจากขอบของข้อต่อเสา โดยที่ระยะ s_0 จะต้องไม่มากกว่าค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด

(2) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก

(3) ครึ่งหนึ่งของมิติที่เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา

(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะต้องอยู่ห่างจากขอบของข้อต่อเป็นระยะไม่มากกว่า $0.5s_0$

4.2 สำหรับความยาว l_0 ในข้อ 4.1 จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 6 ของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา

(2) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา

(3) 500 มิลลิเมตร

4.3 ในกรณีเหล็กปลอกเกลียว การเสริมเหล็กให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการเสริมเหล็กองค์อาคารรับแรงอัดในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

4.4 ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นในกรณีแผ่นพื้นไร้คาน จะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_v = \frac{1}{3}\frac{c_1 s}{f_y}$$

(หรือไม่น้อยกว่า $A_v = 3.5\frac{c_1 s}{f_y}$ สำหรับหน่วยเมตริก)

โดยที่เหล็กเสริมนี้จะต้องเสริมภายในเสาเป็นความลึกไม่น้อยกว่าความลึกของคานที่ลึกที่สุดที่ข้อต่อนั้น

ข้อยกเว้น ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นไร้คาน ที่ไม่ได้เป็นส่วนหลักของระบบรับแรงต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว และมีการยึดโคนเสาทั้ง 4 ด้านด้วยคานหรือแผ่นพื้นที่มีความลึกเท่ากันโดยประมาณ

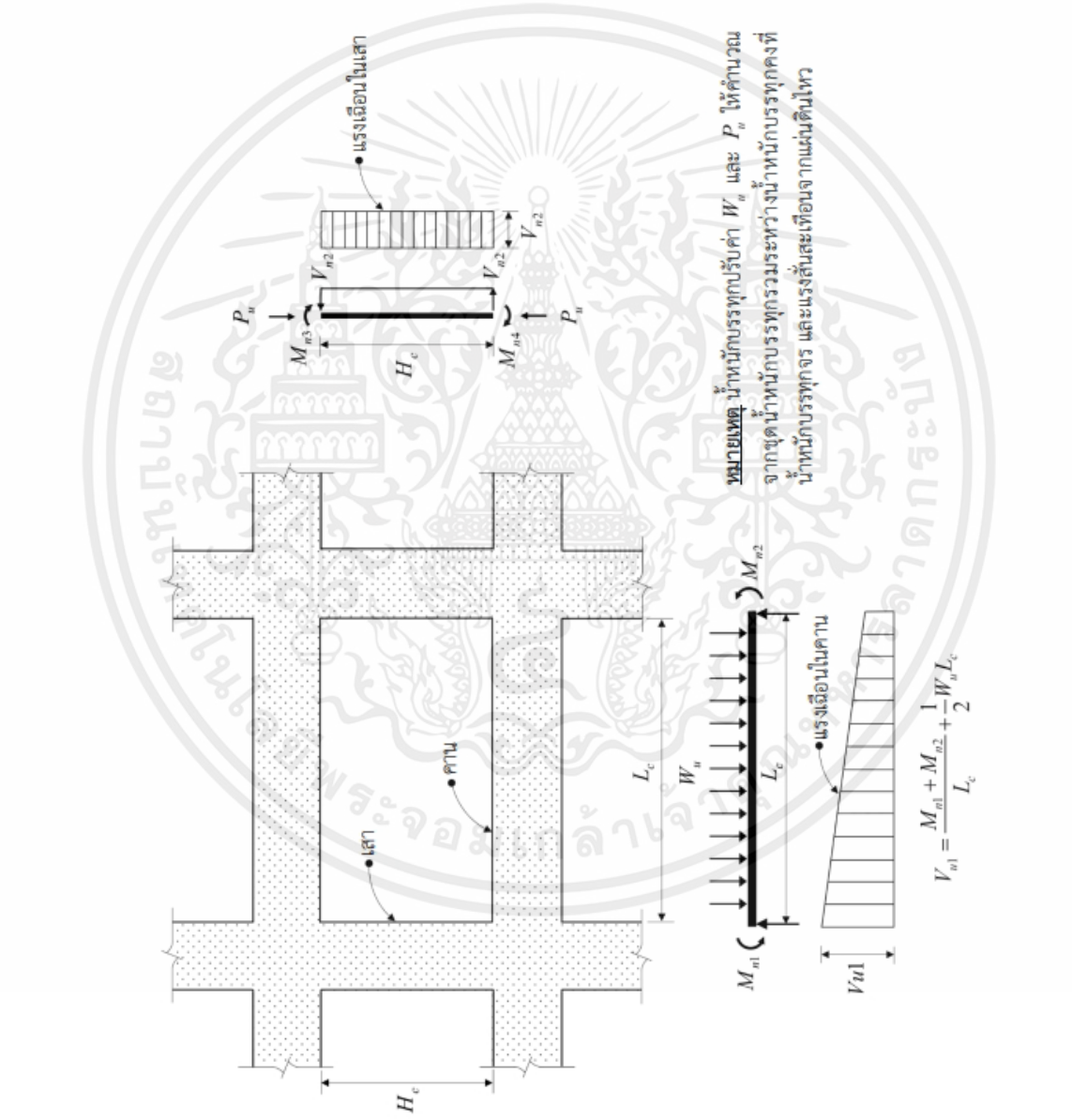
4.5 ระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในส่วนที่นอกเหนือจากข้อ 4.1 จะต้องไม่มากกว่า 2 เท่าของระยะ s_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวของเสาจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 และไม่ควรมากกว่าร้อยละ 6 ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด

4.7 การต่อเหล็กเสริมในเสาควรต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา โดยวิธีการต่อเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ

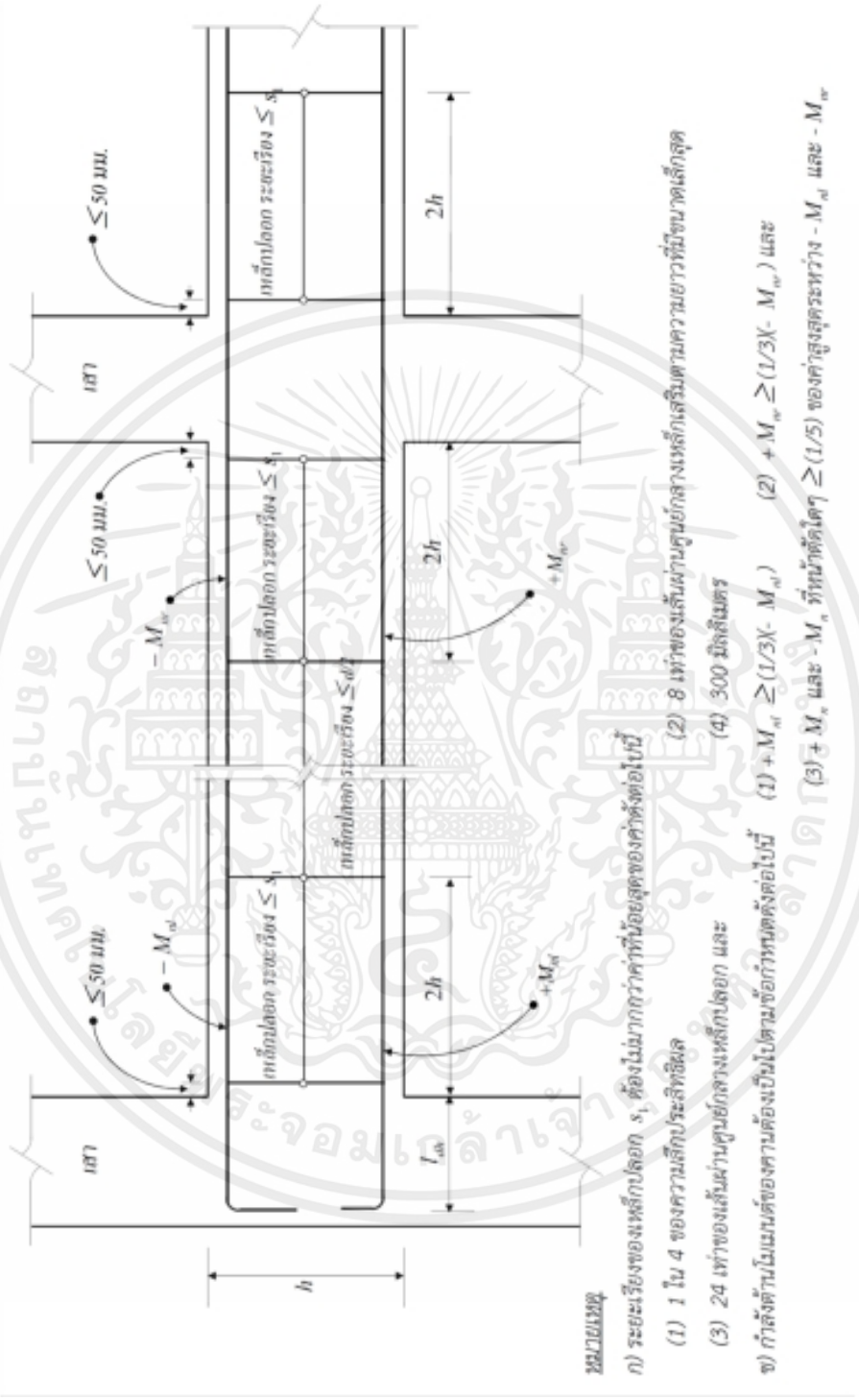
4.8 รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1.00 เมตร หากไม่จำเป็นไม่ควรต่อเหล็กเสริม



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างการคำนวณกำลังต้านแรงเฉือนตามข้อ 2.1

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

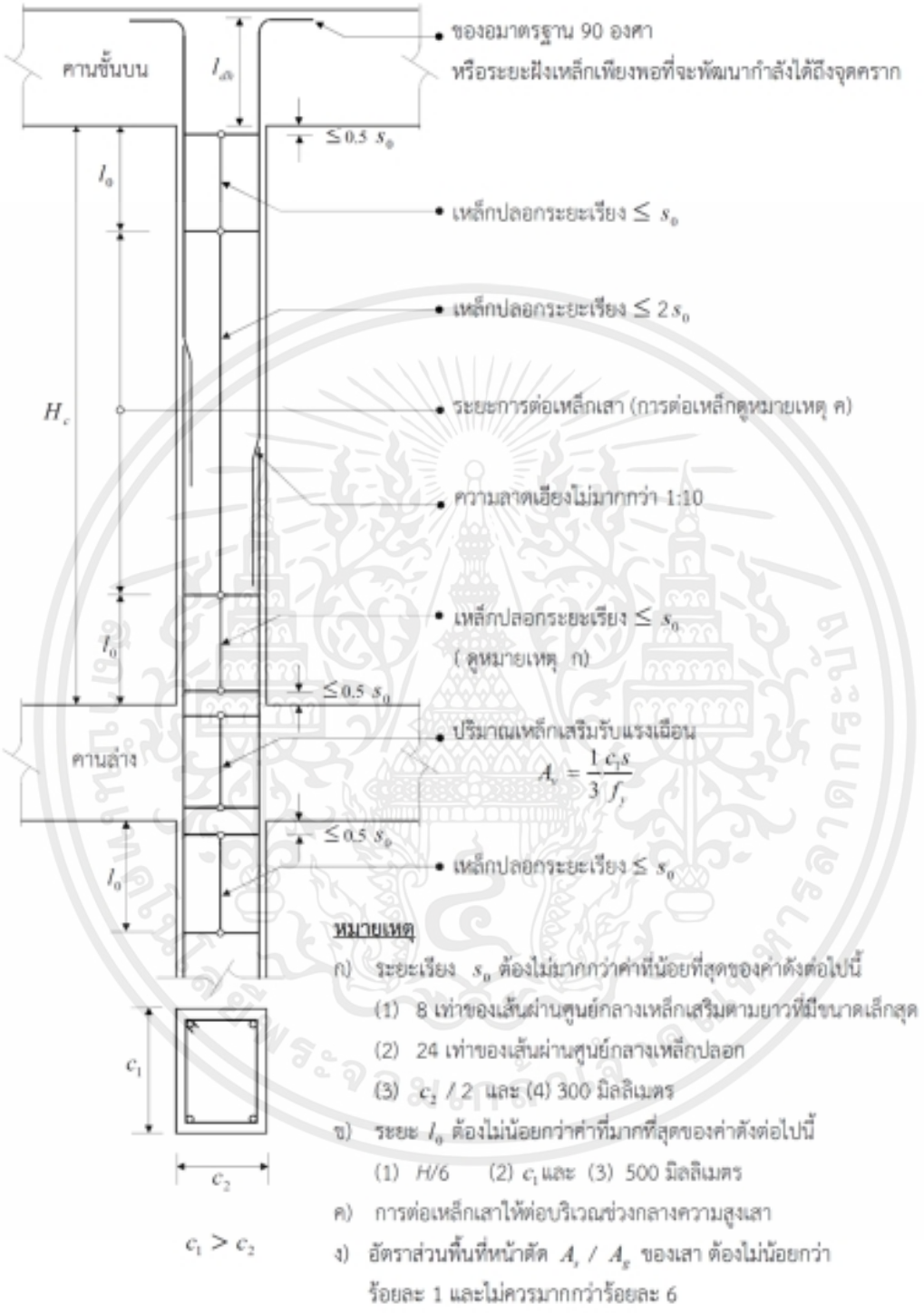
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา (ใช้ในกรณีไม่มีผนังอิฐก่อ)

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีสถิตเทียบเท่า

วิธีแรงสถิตเทียบเท่าเปรียบแรงแผ่นดินไหวเป็นแรงเฉือนให้กระทำที่ฐานของอาคารแล้วกระจายแรงไปตามชั้นต่างแรงภายในที่เกิดขึ้นจากแรงสถิตเทียบเท่าร่วมกับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งของอาคาร จะนำไปออกแบบชิ้นส่วนต้านทานแผ่นดินไหว และหาค่าการเคลื่อนตัวของอาคารคำนวณได้ดังนี้

2.2.5.1 การคำนวณหาค่าแรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V, มีหน่วยเป็นนิวตัน) จะต้องคำนวณจากสมการที่ 2.5

$$V = C_S W \tag{2.5}$$

โดยที่ C_S คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร

2.2.5.2 การคำนวณหาสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_S) จะต้องคำนวณจากสมการที่ 2.6

$$C_S = S_a . \left(\frac{I}{R}\right) \tag{2.6}$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ S_a ที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T)

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง

ใช้ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงสร้างต้านแรงดัดที่มีความเหนียวที่สามารถต้านทานแรงด้านข้างได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำต่อกับอาคารร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา ค่า $R = 6$

I คือ ตัวประกอบความสำคัญ ของอาคาร

ประเภทความสำคัญ	ค่าตัวประกอบ
ประเภทความสำคัญ I (น้อย)	1.00
ประเภทความสำคัญ II (ปกติ)	1.00
ประเภทความสำคัญ III (มาก)	1.25
ประเภทความสำคัญ IV (สูงมาก)	1.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.3 การคำนวณหาคาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (Fundamental Period, T)

การคำนวณอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถหาได้จากสมการที่ 2.7 และสมการที่ 2.8 โดยผลจากการคำนวณตามสมการที่ 2.8 นั้นจะต้องมีค่าไม่เกิน 1.5 เท่าของสมการที่ 2.7

$$T = 0.02H \tag{2.7}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\omega_i\delta_i^2)}{g\sum_{i=1}^{n}(F_i\delta_i)}} \tag{2.8}$$

โดยที่ F_i คือ แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่อชั้นที่ : (นิวตัน)

δ_i คือ การเคลื่อนตัวในแนวราบของอาคารที่ชั้นที่ : ไม่รวมผลของการบิดตำแหน่งศูนย์กลางมวลของชั้นที่เกิดจากแรงสถิตเทียบเท่า (เมตร)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (เมตร/วินาที')

n คือ จำนวนชั้นของอาคาร

ω_i คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ i (นิวตัน)

2.2.5.4 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานอาคาร ในลักษณะแรงกระทำด้านข้างไปยังชั้นต่างๆ (F_x มีหน่วยเป็นนิวตัน) จะคำนวณจากสมการที่ 2.9 ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่งในสมการที่ 2.10

$$F_x = C_{vx}V \tag{2.9}$$

และ $$C_{vx} = \frac{\omega_x h_x^k}{\sum_{i=1}^{n}\omega_i h_i^k} \tag{2.10}$$

โดยที่ C_{vx} คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

ω_x คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

h_i และ h_x คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T-0.5}{2}$ เมื่อ 0.5 วินาที $< T <$ 2.5 วินาที

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.4 การกระจายแรงเฉือนในแนวราบ แรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ ที่เกิดจากแรงสถิตเทียบเท่า (Y) ดังสมการที่ 2.11 จะกระจายแรงไปยังองค์อาคารในแนวดิ่งของโครงสร้าง โดยจะกระจายแรงไปตามสติฟเนสของชิ้นส่วนโครงสร้าง

$$V_x = \sum_{i=1}^{n} F_i \quad (2.11)$$

2.2.6 ระดับสมรรถนะของอาคาร

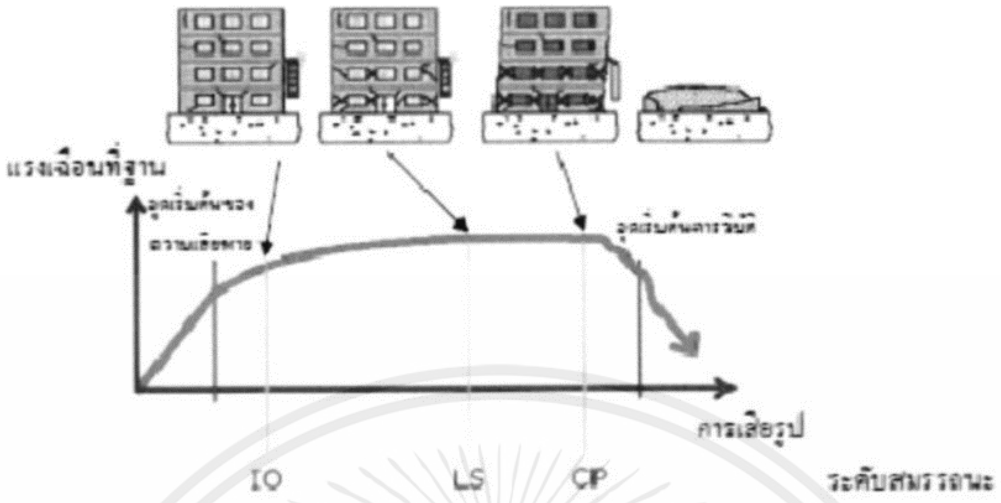
1) ระดับอาคารปฏิบัติงานได้ (Operational level, OP) ได้แก่ ส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างเกิดความเสียหายน้อยมาก จะต้องไม่มีการเคลื่อนที่ระหว่างชั้น ผนังรอบอาคารเกิดรอยร้าวเล็กน้อย อาคารสามารถใช้งานได้แต่ไม่ปกติ ซึ่งอาจต้องพึ่งระบบฉุกเฉิน จัดเป็นระดับที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินในระดับต่ำที่สุด

2) ระดับเข้าใช้อาคารได้ทันที (Immediate Occupancy Level, IO) ได้แก่ ส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างเกิดความเสียหายเล็กน้อย ไม่มีการเคลื่อนที่ระหว่างชั้น สามารถกลับเข้าใช้งานได้อย่างปลอดภัยทันที ถึงแม้ว่าระบบต่าง ๆ อาจใช้งานไม่ได้ เช่น ระบบไฟฟ้ากำลังมีปัญหาในการจ่ายไฟเป็นต้น ต้องซ่อมแซมและบูรณะระบบต่าง ๆ ภายหลัง จัดเป็นระดับที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินในระดับที่ต่ำมาก

3) ระดับปลอดภัยต่อชีวิต (Life Safety Level, LS) ได้แก่ ชิ้นส่วนโครงสร้างมีระดับสมรรถนะโครงสร้างแบบปลอดภัยต่อชีวิต มีการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นเล็กน้อย ซึ่งจำเป็นต้องทำการซ่อมแซมและบูรณะอาคารค่อนข้างมากก่อนกลับเข้าใช้งานได้ตามปกติ ระดับนี้จัดว่ามีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินในระดับต่ำ

4) ระดับป้องกันการพังทลาย (Collapse Prevention Level, CP) ได้แก่เกิดความเสียหายโดยรวมที่รุนแรงมาก แต่สามารถทำการอพยพผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ได้ เนื่องจากอาคารยังไม่พังทลาย แต่อาคารเกิดการสูญเสียกำลังต้านทานแรงด้านข้างทั้งหมด แต่อาจมีชิ้นส่วนบางชิ้นส่วนรับน้ำหนักบรรทุกจากแรงโน้มถ่วงของโลกอยู่ โดยทั่วไปการออกแบบแรงในระดับปลอดภัยต่อชีวิตเพราะระดับการป้องกันการพังทลายจะเป็นจุดที่นำไปคำนวณเพื่อออกแบบตึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ระดับสมรรถนะต่างๆของอาคาร

ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง (2564)

2.2.7 การเสริมความแข็งแรงโครงสร้างอาคาร

ในหัวข้อนี้เป็นกระบวนการภายหลังการวิเคราะห์ที่ทำให้ทราบตำแหน่งขึ้นส่วนที่อ่อนแอและสามารถเสริมความมั่นคงแข็งแรงให้เหมาะสม และไม่ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงเกินความจำเป็น ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและงบประมาณในการเสริมความแข็งแรง แบ่งได้ 2 วิธีได้แก่ วิธีการเสริมความมั่นคงแข็งแรงเฉพาะจุด (Localized Strengthening) เป็นวิธีที่ทำให้องค์อาคาร มีกำลังและมีความเหนียวเพียงพอ และวิธีเสริมความมั่นคงแข็งแรงให้อาคารทั้งระบบ(Structure Level) เป็นวิธีการที่ทำให้อาคารมีระดับการตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหวมีระดับที่ดีขึ้นอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การถอดแบบและประมาณราคางานโครงสร้าง

2.3.1 ความหมายของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

การประมาณราคาค่าก่อสร้างเป็นกระบวนการหรือวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งราคาค่าก่อสร้างที่ใกล้เคียงกับค่าก่อสร้างที่ เป็นจริงมากที่สุดดังนั้น ประมาณการราคาค่าก่อสร้างที่ได้จากการประมาณราคานั้น จึงไม่ใช่ราคาค่าก่อสร้างที่แท้จริงหรือ ถูกต้องตรงกับราคาค่าก่อสร้างจริงแต่เป็นเพียงราคาโดยประมาณซึ่งใกล้เคียงกับราคาค่าก่อสร้างจริงเท่านั้นเพราะเมื่อ ก่อสร้างแล้วเสร็จก็ไม่เคยปรากฏว่าค่าก่อสร้างจริงตรงกับราคาที่ได้ประมาณการไว้ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการเข้ามาเกี่ยวข้องที่สำคัญ ได้แก่

- ปริมาณวัสดุที่ได้ประมาณการโดยเผื่อการเสียหายไว้แล้วนั้นไม่ตรงกับที่ใช้ในการก่อสร้างจริง
- ราคาวัสดุก่อสร้างที่ใช้ประมาณการราคาไม่ตรงกับที่จัดหาเมื่อทำการก่อสร้างจริง
- ค่าแรงงานที่ใช้ประมาณการราคาไม่ตรงกับที่ว่าจ้างเมื่อทำการก่อสร้างจริง
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้างต่างๆตามที่ได้ประมาณการไว้นั้นไม่ตรงกับค่าใช้จ่าย ที่เกิดขึ้นจริงเมื่อทำการก่อสร้าง

- เทคนิคและการบริหารจัดการของผู้ดำเนินการก่อสร้างสามารถลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้ เป็นต้น

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างหรือในบางกรณีเรียกว่าการประเมินราคาค่าก่อสร้าง นั้นจึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ การคำนวณหาปริมาณงาน วัสดุหรือเนื้องานค่าวัสดุค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างซึ่งประกอบด้วย ค่าดำเนินการ กำไร ภาษี และอื่นๆดังนั้น ราคาค่าก่อสร้างที่ได้จากการประมาณราคาดังกล่าวจึงหมายถึงวงเงินรวมยอดของ ค่าวัสดุค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างนั้นทั้งหมด ทั้งนี้การประมาณราคาค่าก่อสร้างดังกล่าวหากได้ กระทำโดยผู้ประมาณราคาที่มีความเชี่ยวชาญแล้วราคาค่าก่อสร้างที่ได้จากการประมาณราคากับค่าก่อสร้างจริงเมื่อ ก่อสร้างแล้วเสร็จไม่ควรผิดหรือแตกต่างกันมากนักโดยควรอยู่ในเกณฑ์สูง-ต่ำไม่เกินร้อยละ10

2.3.2 แนวทางการประมาณราคาค่าก่อสร้างในงานก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไป

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไปนั้นมีวิธีประมาณการประมาณราคาสรุปได้ 2 วิธี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 การประมาณราคาโดยละเอียด

เป็นการประมาณราคาในรายละเอียดเพื่อใช้เป็นราคาปานกลางหรือราคากลางในการจัดหาผู้ทำการ ก่อสร้างกระทำโดยการกำหนดรายการก่อสร้างรวมทั้งปริมาณงานและวัสดุก่อสร้างแล้วนำไปคำนวณรวมกับค่าวัสดุค่าแรง งานและค่าใช้จ่ายอื่นๆที่เกี่ยวกับกิจกรรมก่อสร้างจากนั้นจึงรวมยอดเป็นค่าก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดผลที่ได้ จากการประมาณราคาโดยละเอียดนี้จะได้ราคาที่ใกล้เคียงกับค่าก่อสร้างจริงมากที่สุด ทั้งนี้ การประมาณราคาโดยละเอียด ดังกล่าว สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางดังนี้

1) ประมาณราคาจากปริมาณงานวัสดุและแรงงานต่อหน่วยเป็นวิธีประมาณราคาโดยการถอดแบบก่อสร้างเพื่อกำหนดรายการก่อสร้าง และคำนวณปริมาณงานวัสดุและแรงงานออกมาเป็นหน่วยๆ สำหรับแต่ละกลุ่มงาน/ งานแล้วคูณด้วยราคาวัสดุต่อหน่วยค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยและหรือค่าแรงงานต่อหน่วยได้เป็นยอดรวมค่าวัสดุและค่าแรง งานทั้งหมด แล้วนำไปคำนวณรวมกับค่าอำนวยการค่าดอกเบี้ยค่ากำไรและค่าภาษีรวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้เป็น ประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด

2) ประมาณราคาจากปริมาณวัสดุก่อสร้างทั้งหมดเป็นวิธีประมาณราคาโดยการถอดแบบก่อสร้างเพื่อกำหนดรายการก่อสร้าง และคำนวณปริมาณวัสดุก่อสร้างออกมาตามชนิดของวัสดุแล้วคูณด้วยราคาต่อหน่วยของวัสดุ แต่ละชนิดแล้วรวมยอดเป็นราคาค่าวัสดุทั้งหมดส่วนค่าแรงงานให้กำหนดเป็นร้อยละ (%) ของค่าวัสดุทั้งหมด (ไม่สามารถ กำหนดค่าแรงงานต่อหน่วยได้ต้องกำหนดค่าแรงงานเป็นร้อยละ (%) ของค่าวัสดุทั้งหมด)จากนั้นจึงรวมเป็นค่าวัสดุและ ค่าแรงงานทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณรวมกับค่าอำนวยการค่าดอกเบี้ยค่ากำไรและค่าภาษีรวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้เป็นประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด

ทั้งนี้หากพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่าประมาณราคาค่าก่อสร้างที่ประมาณการทั้ง 2 แนวทาง ดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับวงเงินรวมยอดของค่าวัสดุ ค่าแรงงานค่าอำนวยการค่าดอกเบี้ยค่ากำไร ภาษีและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ เกี่ยวข้อง แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจริงนั้นหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งผู้เสนอราคานิยมใช้วิธีประมาณราคาจากปริมาณ งานวัสดุและแรงงานต่อหน่วยส่วนการประมาณราคาจากปริมาณวัสดุก่อสร้างทั้งหมดนั้นนิยมใช้กับงานก่อสร้างที่เป็นงาน ขนาดเล็กซึ่งไม่มีความละเอียดประณีตมากนักหรือเพื่อต้องการหาจำนวนวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การประมาณราคาโดยสังเขป

ปกติจะใช้สำหรับผู้ออกแบบสถาปนิกวิศวกรหรือนายช่างโยธาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้ว่าแบบก่อสร้าง นั้นจะสามารถก่อสร้างได้ตามวงเงินงบประมาณที่มีอยู่หรือไม่หรือใช้สำหรับตรวจสอบการประมาณราคาโดยละเอียดที่ได้ ประมาณราคาไปแล้วว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่โดยสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1) ประมาณราคาจากปริมาตรเป็นวิธีประมาณราคาโดยคำนวณหาปริมาตรของอาคารทั้งหมดแล้วคูณด้วยราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของปริมาตรซึ่งได้มาจากผลของการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภท เดียวกันที่ได้เคยประมาณการไว้แล้ววิธีนี้นิยมใช้กับอาคารโล่งๆที่มีรายละเอียดซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาคารไม่มากนัก เช่นอาคารโรงงานถังเก็บน้ำ ค.ส.ล. หรือบ่อบำบัดน้ำเสีย ค.ส.ล. เป็นต้น

2) ประมาณราคาจากพื้นที่หรือเนื้อที่เป็นวิธีประมาณราคาโดยคำนวณหาปริมาณพื้นที่หรือเนื้อที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคารแล้วคูณด้วยราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของพื้นที่หรือเนื้อที่ซึ่งได้มาจากผลของการประมาณราคาโดย ละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกันที่ได้เคยทำการประมาณราคา และมีการเก็บรวมรวมเป็นข้อมูลไว้การประมาณ ราคาวิธีนี้นิยมใช้กับงานก่อสร้างอาคารโดยทั่วไปแต่ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการคำนวณหาพื้นที่หรือเนื้อที่ใช้สอยของ อาคารที่ถูกต้องด้วย

2.3.3 หลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงาน งานก่อสร้างอาคาร

ในการวัดหาปริมาณงานโดยทั่วไป ต้องเป็นไปตามมาตรฐานการวัดและคำนวณปริมาณงานในงานก่อสร้างอาคารดัง กล่าวแล้วในส่วนของมาตรฐานการวัดและคำนวณปริมาณงานในงานก่อสร้างอาคารแต่อย่างไรก็ตามในบางรายการงาน ก่อสร้าง จำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์และวิธีการในการวัดและคำนวณหาปริมาณงานวัสดุ และหรือแรงงานที่ชัดเจนยิ่งขึ้น โดย เฉพาะอย่างยิ่ง รายการงานก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้างวิศวกรรม งานสถาปัตยกรรม และงานระบบต่างๆ ทั้งนี้ เพื่อ ให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางงานก่อสร้างสามารถวัดและคำนวณปริมาณงานได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ดังนั้น รายการ งานก่อสร้างใดที่ได้กำหนดหลักเกณฑ์การวัดและคำนวณปริมาณงานไว้ในส่วนนี้ ให้ใช้ตามที่กำหนดในส่วนนี้

หลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงานที่กำหนดไว้ในส่วนนี้ ประกอบด้วย รายการงานก่อสร้างบางรายการในส่วนของ งานโครงสร้างวิศวกรรม งานสถาปัตยกรรม งานระบบสุขาภิบาล ดับเพลิง และป้องกันอัคคีภัย งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร และงานระบบปรับอากาศและเครื่องกล ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 งานโครงสร้างวิศวกรรม

1) งานขุดดินและถมดิน

- งานขุดดินและถมคืนให้คำนวณหาปริมาณงานดินที่ต้องขุด ตามเนื้อที่ของฐานรากแต่ละขนาดคูณด้วยความลึกจากระดับดินถึงใต้ฐานรากแล้วคูณด้วยจำนวนของฐานรากแต่ละขนาดจะได้ผลลัพธ์ มีหน่วยเป็น.....ม.^{3} เมื่อได้ ปริมาณงานดินขุดของฐานรากทั้งหมดแล้ว ให้นำไปรวมกับเปอร์เซ็นต์การเผื่องานขุดดิน (ตามหลักเกณฑ์เผื่อดินพังและ เพื่อทำงานสะดวก) ก็จะได้ปริมาณงานดินขุดทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.^{3}

- การถมคืน คือ การนำดินที่ขุดขึ้นจากฐานราก แล้วถมคืนลงไปในหลุมฐานรากหลังจากทำการหล่อคอนกรีตฐานรากและเสาตอม่อ แล้วเสร็จ

2) งานเจาะเสาเข็ม

- งานเจาะเสาเข็ม ให้การคำนวณหาปริมาณของเสาเข็มที่จะเจาะ ตามชนิด ขนาดและความยาวของเสาเข็ม โดยคิดปริมาณของเสาเข็มที่กำหนดให้เจาะ กับฐานรากแต่ละขนาด แล้วรวมยอดได้จำนวนเท่าใด เป็นปริมาณของเสาเข็ม ที่จะใช้ทั้งหมดเป็นจำนวน.....ต้น

3) งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

- งานวัสดุรองใต้ฐานราก การคำนวณหาปริมาณงานวัสดุรองใต้ฐานราก ให้คำนวณวัสดุรองฐานรากตามขนาดเนื้อที่ใต้ฐานรากแต่ละขนาดคูณด้วยความหนาของวัสดุรองใต้ฐานรากแล้วคูณด้วยจำนวนของฐานรากแต่ละขนาดจะ ได้ผลลัพธ์เป็น.....ม.^{3} เมื่อรวมปริมาณงานวัสดุรองใต้ฐานรากทั้งหมดแล้ว ให้นำไปรวมกับเปอร์เซ็นต์การเผื่องานถมทราย (ตามหลักเกณฑ์เผื่อการยุบตัวของงานถมทราย) ก็จะได้ปริมาณงานวัสดุรองใต้ฐานรากทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.^{3}

- งานคอนกรีตรองใต้ฐานราก (คอนกรีต 1:3:5) การคำนวณหาปริมาณงานคอนกรีตรองใต้ฐานราก ให้คำนวณคอนกรีตของฐานรากตามขนาดเนื้อที่ใต้ฐานรากแต่ละขนาดคูณด้วยความหนาของงานคอนกรีตใต้ฐานรากแล้วคูณ ด้วยจำนวนของฐานรากแต่ละขนาด เมื่อรวมปริมาณงานคอนกรีตรองใต้ฐานรากทุกขนาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตใต้ ฐานรากทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานคอนกรีตโครงสร้าง ให้คำนวณหาปริมาณเนื้องานคอนกรีตโครงสร้างของอาคารทั้งหมดตั้งแต่ฐานราก เสาตอม่อ คานคอดิน เสา คาน พื้นและบันไดทุกชั้น จนถึงโครงหลังคาตามแบบแปลนแล้วรวมปริมาณของจำนวนทั้งหมด เป็น.....ม.3

- คอนกรีตฐานราก การคำนวณปริมาณคอนกรีตฐานราก ให้คำนวณคอนกรีตตามขนาดของฐานราก แต่ละขนาด คือ ความกว้างคูณความยาว แล้วคูณด้วยความหนาของฐานราก จะได้ผลลัพธ์เป็นลูกบาศเมตร เมื่อรวมปริมาณคอนกรีตฐานรากทุกขนาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตฐานรวมทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.3

- คอนกรีตเสาตอม่อการคำนวณปริมาณคอนกรีตเสาตอม่อให้คำนวณพื้นที่หน้าตัดตามขนาดของเสาตอม่อแต่ละขนาดแล้วนำพื้นที่หน้าตัดของเสาตอม่อนั้นคูณด้วยความสูงของเสาตอม่อจะได้ผลลัพธ์เป็นลูกบาศเมตร เมื่อ รวมปริมาณคอนกรีตเสาตอม่อทุกขนาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตเสาตอม่อทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.3

- คอนกรีตเสา การคำนวณปริมาณคอนกรีตเสา ให้คำนวณพื้นที่หน้าตัดตามขนาดของเสาแต่ละขนาดแล้ว นำพื้นที่หน้าตัดของเสาคูณด้วยความสูงของเสาจะได้ผลลัพธ์เป็นลูกบาศเมตร เมื่อรวมปริมาณคอนกรีตเสาทุกขนาดแล้วก็ จะได้ปริมาณคอนกรีตเสาทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.3

- คอนกรีตคาน การคำนวณปริมาณคอนกรีตคาน ให้คำนวณพื้นที่หนาตัดตามขนาดของคานแต่ละขนาดแล้วนำพื้นที่หน้าตัดของคานคูณด้วยความยาวของคานจะได้ผลลัพธ์เป็นลูกบาศเมตร เมื่อรวมปริมาณคอนกรีตคานทุกข นาดแล้วก็จะได้ปริมาณคอนกรีตคานทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.3

- คอนกรีตพื้น การคำนวณปริมาณคอนกรีตพื้น ให้คำนวณเนื้อที่ของพื้นตามขนาดของพื้นแต่ละขนาดแล้ว นำเนื้อที่ของพื้นคูณด้วยความหนาของพื้นจะได้ผลลัพธ์เป็นลูกยบาศเมตร เมื่อรวมปริมาณคอนกรีตพื้นทุกขนาดแล้วก็จะ ได้ปริมาณคอนกรีตพื้นทั้งหมดเป็นจำนวน.....ม.3

2.3.3.1.4 งานแบบหล่อคอนกรีต

1) การคำนวณหาปริมาณเนื้อที่แบบหล่อคอนกรีต หมายถึง การคำนวณหาเนื้อที่/ปริมาณแบบที่รองรับหรือ ห่อหุ้มคอนกรีตที่จะหล่อเป็นงานโครงสร้าง ค.ส.ล.ทั้งหมดตั้งแต่ฐานราก ตอม่อ เสา คาน พื้น ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งเมื่อรวม ปริมาณเนื้อที่แบบหล่อคอนกรีตทั้งหมดแล้วจะได้ปริมาณงานแบบหล่อคอนกรีต เป็นจำนวน.....ม.2

2) การคำนวณหาปริมาณค้ำยันหรือไม้คร่าวสำหรับยึดแบบหล่อคอนกรีตให้คำนวณโดยเฉลี่ยประมาณ 30% ของเนื้อที่แบบหล่อคอนกรีตซึ่งได้จากการปรับลดปริมาณแล้ว จะได้ผลลัพธ์ปริมาณค้ำยันหรือไม้คร่าวสำหรับยึดแบบหล่อ เป็น.....ฟ.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การคำนวณหาปริมาณเสาค้ำยันแบบหล่อคอนกรีต ให้คำนวณโดยใช้อัตรา เสาค้ำยันท้องคาน 1 ต้น ต่อ ความยาวของท้องคาน 1 เมตร และเสาค้ำยันท้องพื้น 1 ต้น ต่อเนื้อที่พื้น 1 ตารางเมตร เมื่อรวมปริมาณงานเสาค้ำยัน ทั้งหมดแล้วให้คำนวณโดยเฉลี่ยประมาณ 30% ของทั้งหมดจะได้เป็นจำนวน.....ต้น

กรณีแบบหล่อคอนกรีตชนิดแบบเหล็กหรือแบบหล่อชนิดอื่นใดการคิดคำนวณเพื่อหาปริมาณของแบบหล่อ คอนกรีต ผู้ประมาณการอาจใช้วิธีคิดหาปริมาณตามข้อ 2.3.3.1.4.1 ก็อาจทำได้ ซึ่งผู้ประมาณราคาจะต้องทำการสืบราคา โดยคิดเป็นราคาของการเช่าเท่านั้น ซึ่งจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากในสืบราคาและระยะเวลาที่ใช้งานแต่ทั้งนี้ใน ทางปฏิบัติผู้ประมาณการเป็นเพียงผู้คำนวณราคากลางในโครงการของงานก่อสร้างนั้นๆ จึงไม่สามารถที่จะกำหนด ชนิด/ประเภท ของแบบหล่อคอนกรีตเป็นอย่างหนึ่งอย่างใดลงไปได้ โดยข้อเท็จจริงการใช้แบบหล่อคอนกรีตชนิด/ ประเภทอื่นใด ย่อมขึ้นอยู่กับเทคนิคการทำงานและศักยภาพของผู้รับจ้างเอง ดังนั้นในทางปฏิบัติผู้ประมาณราคายัง คงยึดแนวทางการคิดคำนวณตามหลักการเดิมตามข้อ (4) โดยการประมาณราคาค่าวัสดุและค่าแรงก็ยังเป็นไปตาม ข้อกำหนด แนวทางปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางของทางราชการ

2.3.3.1.5 งานเหล็กเสริมคอนกรีต

การคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต ให้คำนวณตามที่กำหนดในแบบแปลนตามชนิดขนาดและความยาว ของเหล็กเสริม โดยคิดตามขนาดความกว้างหรือความยาวของโครงสร้างนั้นๆ ในแนวเส้นตรง โดยไม่ต้องหักผิวคอนกรีตที่ ห่อหุ้ม และไม่ต้องเผื่อความยาวในการทาบต่อ งอปลาย หรือดัดคอม้า เช่น กรณีของเหล็กเสริมของฐานราก ให้คำนวณ เหล็กเสริมตามขนาดและตามความกว้าง ยาว ของฐานราก คูณด้วยจำนวนเส้นตามที่กำหนดในรูปแบบแปลนแล้วรวม ความยาวทั้งหมดเป็น.....เมตร เป็นต้น

- เหล็กเสริมของเสา ให้คำนวณเหล็กเสริมที่เป็นเหล็กยืนแต่ละขนาดตามความสูงของเสา และจำนวนตามรูป แบบที่กำหนด แล้วรวมความยาวทั้งหมดเป็น.....เมตร ส่วนเหล็กปลอกให้คำนวณความยาวตามเส้นรอบรูปของเสาและหา จำนวนของเหล็กปลอกตามที่กำหนดในแบบรูป รายการ แล้วรวมความยาวทั้งหมดเป็น.....เมตร

- เหล็กเสริมของคาน ให้คำนวณเหล็กเสริมที่เป็นเหล็กแนวนอน ทั้งที่วางในแนวราบและดัดเป็นคอม้าแต่ละ ขนาดตามความยาวของคานจากศูนย์กลางเสาถึงศูนย์กลางเสา และนับจำนวนตามแบบรูป รายการ แล้วรวมความยาว เป็น.....เมตร ส่วนเหล็กปลอกให้คำนวณความยาวตามเส้นรูปของคาน และหาจำนวนของเหล็กปลอกตามแบบรูป รายการ แล้วรวมความยาวเป็น.....เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กเสริมของพื้น ให้คำนวณเหล็กเสริมที่เป็นเหล็กนอนที่วางในแนวราบและดัดเป็นคอม้าแต่ละขนาด ตาม ความกว้างและความยาวของแผ่นพื้น และหาจำนวนตามแบบรูป รายการ แล้วรวมความยาวเป็น.....เมตร ส่วนเหล็กเสริม พิเศษ ให้คำนวณตามชนิดขนาด ความยาวของเหล็กแต่ละเส้น และหาจำนวนตามแบบรูป รายการ แล้วรวมความยาวเป็น. .....เมตร

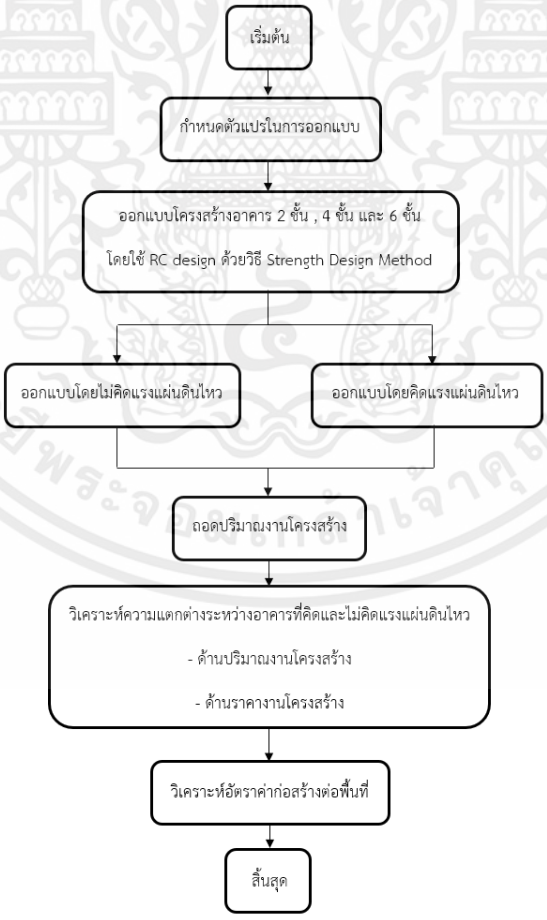
ทั้งนี้ เมื่อคำนวณได้ปริมาณเหล็กเสริมทุกขนาดของงานโครงสร้างทั้งหมด (ซึ่งมีความยาวเป็นเมตร) แล้ว ให้เผื่อการ ทาบต่อ งอปลาย ดัดคอม้าและการเสียเศษตามเปอร์เซ็นต์การเผื่อเหล็กแต่ละขนาด จากนั้นให้ คำนวณหาน้ำหนักของเหล็ก เสริมเป็น.....กิโลกรัม. หรือเมตริกตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิจัยนี้เป็นการศึกษา เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณงานและราคาโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว โดยวิเคราะห์โครงสร้างของอาคาร 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น ความกว้าง 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร จากนั้นออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวและไม่รับแรงแผ่นดินไหว แล้วถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ของอาคารทั้ง 6 แบบ เปรียบเทียบปริมาณงานโครงสร้างและอัตราค่าก่อสร้างทั้งหมด เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้โครงสร้าง 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น ที่สามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน 1) การกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล 2) ออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น ที่คิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว 3) ถอดแบบและประมาณราคางานโครงสร้าง 4) วิเคราะห์ความแตกต่างด้านปริมาณงานและราคา 5) วิเคราะห์อัตราค่าก่อสร้างต่อพื้นที่

วิธีการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนภูมิวิธีการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ออกแบบนั้นได้กำหนดลักษณะของอาคาร 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น แยกเป็นรองรับแรงแผ่นดินไหวได้และไม่รองรับแรงแผ่นดินไหว โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

อาคาร 2 ชั้น ความกว้างแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร รวมความกว้างตัวอาคารสาธารณะ 12 เมตร ความสูงชั้นละ 3 เมตร ความสูงรวม 6 เมตร

อาคาร 4 ชั้น ความกว้างแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร รวมความกว้างตัวอาคารสาธารณะ 12 เมตร ความสูงชั้นละ 3 เมตร ความสูงรวม 12 เมตร

อาคาร 6 ชั้น ความกว้างแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร รวมความกว้างตัวอาคารสาธารณะ 12 เมตร ความสูงชั้นละ 3 เมตร ความสูงรวม 18 เมตร

โดยมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกจร 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ความหนาพื้นสำเร็จ 15 เซนติเมตร และชนิดของผนังเป็นอิฐมวลเบา ผนังเต็มทุกด้าน

3.2 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น , 4 ชั้น และ 6 ชั้น จะใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณโดยจะต้องกำหนดค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต ชั้นคุณภาพเหล็ก น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร ขนาดหน้าตัดต่างๆ และปริมาณเหล็กเสริม เพื่อทำการออกแบบพื้น คาน เสา และฐานราก

3.2.1 การออกแบบพื้น

3.2.1.1 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบพื้น

L = ความยาวพื้นช่วงยาว

S = ความยาวพื้นช่วงสั้น

DL = น้ำหนักบรรทุกคงที่

LL = น้ำหนักบรทุกจร

f_y = กำลังที่จุดครากของเหล็ก (Yield strength)

$f_{c'}$ = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

3.2.1.2 ความลึกน้อยสุด จะเท่ากับ 1/180 เท่าของเส้นรอบรูป แต่ไม่น้อยกว่า 10 ซม

$$h_{min} = \frac{1}{180}(2L + 2S) \leq 10\ cm.$$

3.2.1.3 ตรวจสอบโมเมนต์ดัด จากสูตร

$$M = C\ w\ s^2$$

เมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่อ่านได้จากตาราง ที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

w = น้ำหนักบรรทุกรวมแผ่สม่ำเสมอ (ก.ก./ม.^{2})

S = ช่วงความยาวด้านสั้น (เมตร)

3.2.1.4 ตรวจสอบแรงเฉือน จากสูตร

$$V_c = \frac{1.15wL}{2} \text{ และ } V_c = 0.29\sqrt{f_c'}bd$$

หาก $V_c > V_{max}$ ถือว่าใช้ได้

การออกแบบพื้น (Slab Design)

Two way Slab					case	lo min	fy
case	3				1=SR24	0.0025	2400 ksc
L (cen to cen)	5 m				2=SD30	0.002	3000 ksc
s	5 m				3=SD40	0.0018	4000 ksc
DL	120 kg/m2						
LL	300 kg/m3						
Fy	4000 fs		2000				
fc`	240 fc		108				
n	8.66325222	8					
1.check minimum thickness							
hmin	11.11	15 มากกว่า8cm					
2.check bending capacity							
conc self	360 kg/m						
total load	780 kg/m						
M	19500						
S/L	1.00						
	M1	M2	M3-		sum condition		
short	continue	mid	not con		dจริง>dคำนวณ	ok	
coeff	0.058	0.044	0.029		Vc short>Vmax	ok	
M	1131	858	566		Vc long>Vmax	ok	
	M4	M5	M6		shot side	ok	
long	continue	mid	not con		long side	ok	
coeff	0.059	0.044	0.029				
M	1151	858	566				
design concept							
k	0.302						
j	0.899						
dคำนวณ	8.78 cm		เหล็กที่ใช้				
dลบcovering	11.90		DB	12			
dจริง>dคำนวณ	ok	Dshort side	11.90 cm				
		Dlong side	10.70 cm				
			moment	Asคำนวณ	use		
		M1 (con)	1131	5.29	5.29		
	short	M2 (mid)	858	4.01	4.01		
		M3 (not con)	566	2.65	2.7	Asmin	lo min 0.0018 2.7 cm2/m
As		M4 (con)	1151	5.98	5.98		
	long	M5 (mid)	858	4.46	4.46		
		M6 (not con)	566	2.94	2.94		
3.check shear capacity							
Vshort	2243						
Vlong	2243		Vc short>Vmax	ok			
Vc short	5346		Vc long>Vmax	ok			
Vc long	4807						
4. detail drawing							
Arebar	1.131		As	spacing	use		
		M1 (con)	5.29	21.4	20 cm	8.56	8
	short	M2 (mid)	4.01	28.2	27.5 cm	11.28	11
		M3 (not con)	2.7	41.9	40 cm	16.76	16
spacing		M4 (con)	5.98	18.9	17.5 cm	7.56	7
	long	M5 (mid)	4.46	25.4	25 cm	10.16	10
		M6 (not con)	2.94	38.5	37.5 cm	15.4	15
5.check bonding							
check ด้านที่ critical (spacing มาก) , (no. of rebar น้อย)							
	max spacing	No. of rebar	bond stress				
shot side	40	2	27.81	ok		คำนวณ max use	
					allow bond	41.7 35 35	
long side	37.5	2	30.93	ok			

รูปที่ 3.2 Excel การออกแบบพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบคาน

3.2.2.1 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบคาน

b = ความลึกคาน

S = ความยาวคาน (ช่วงสั้น)

L = ความยาวคาน (ช่วงยาว)

d' = ระยะหุ้มคอนกรีต

f_y = กำลังที่จุดครากของเหล็ก (Yield strength)

$f_{c'}$ = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

3.2.2.2 ความลึกน้อยสุดของคาน พิจารณจากตารางที่ 2.5 คำนวณได้จากสูตร

$$h_{min} = \frac{L}{18.5}$$

3.2.2.3 ใส่ระยะหุ้มคอนกรีต

3.2.2.4 ปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุด คำนวณได้จากสมการ

$$A_{S,min} = \frac{14}{f_y} bd \qquad \text{เมื่อ } f_c' < 306 \text{ กก. ซม.}^2$$

$$A_{S,min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} bd \qquad \text{เมื่อ } f_c' \geq 306 \text{ กก. ซม.}^2$$

3.2.2.5 เลือกขนาดคานที่เหมาะสมคือค่า b และ d ซึ่งจริงๆแล้ว จะเริ่มจากเลือกความลึกทั้งหมด h แล้วคำนวณ d โดยการลบระยะหุ้มคอนกรีตออก

3.2.2.6 คำนวณสัมประสิทธิ์ความต้านทานโมเมนต์ดัด R_n ที่ต้องการจากสูตร

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

3.2.2.7 คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมจากสูตร $\rho = \frac{0.85f_c'}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85f_c'}}\right)$

3.2.2.8 ตรวจสอบว่า $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$ หรือไม่?

3.2.2.9 เลือกเหล็กเสริมและตรวจสอบกำลังของหน้าตัดเพื่อให้แน่ใจว่า

$$\phi M_n \geq M_u$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบคาน (Beam Design)

BEAM Design			B1
case	2		
L (ความยาวคาน)	5	m	
S(ด้านสั้นของ two way	5	m	
fc`	240	ksc	108
fy	3000		

คานคอดิน

case	lo min	fy
1=SR24	0.0025	2400
2=SD30	0.002	3000
3=SD40	0.0018	4000

1.check minimum thickness

ตัวหาร	18.5	use
Hmin	22.39	50

maximun thickness (hmin) L/

ตัวหาร	
16	simple support
18.5	one end continuous
21	both end continuous
8	cantilever

Try	กว้าง(b)	30	cm
	สูง(h)	50	cm
	d`(cover	5	cm
	d	45	cm

2.find total load

S/L 1

sum condition	
fisrt lo check	TRUE
second lo check	TRUE
Mn> Mu	ok

design load

dead load	floor finis	120	kg/m^2
	wall	100	kg/m^2
	conc	2400	kg/m^3
live load	หอพัก	300	kg/m^2

ความสูงชั้น	3	m
ความหนาพื้น	0.15	m

floor finishing

ซ้ายคาน			ขวาคาน		
1	2	3	1	2	3
one way	two way(ด้านสั้น	two way(ด้านยาว)	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
300.00	200.00	200.00	300.00	200.00	200.00

	ซ้ายคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	200	200
total	400	kg/m

dead loac

DL floor 360 kg/m^2

floor

ซ้ายคาน			ขวาคาน		
1	2	3	1	2	3
one way	two way(ด้านสั้น	two way(ด้านยาว)	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
900.00	600.00	600.00	900.00	600.00	600.00

	ซ้ายคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	600	600
total	1200	kg/m

wall DL 300 kg/m

Beam DL 360 kg/m

live load

ซ้ายคาน			ขวาคาน		
1	2	3	1	2	3
one way	two way(ด้านสั้น	two way(ด้านยาว)	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
750.00	500.00	500.00	750.00	500.00	500.00

	ซ้ายคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	500	500
total	1000	kg/m

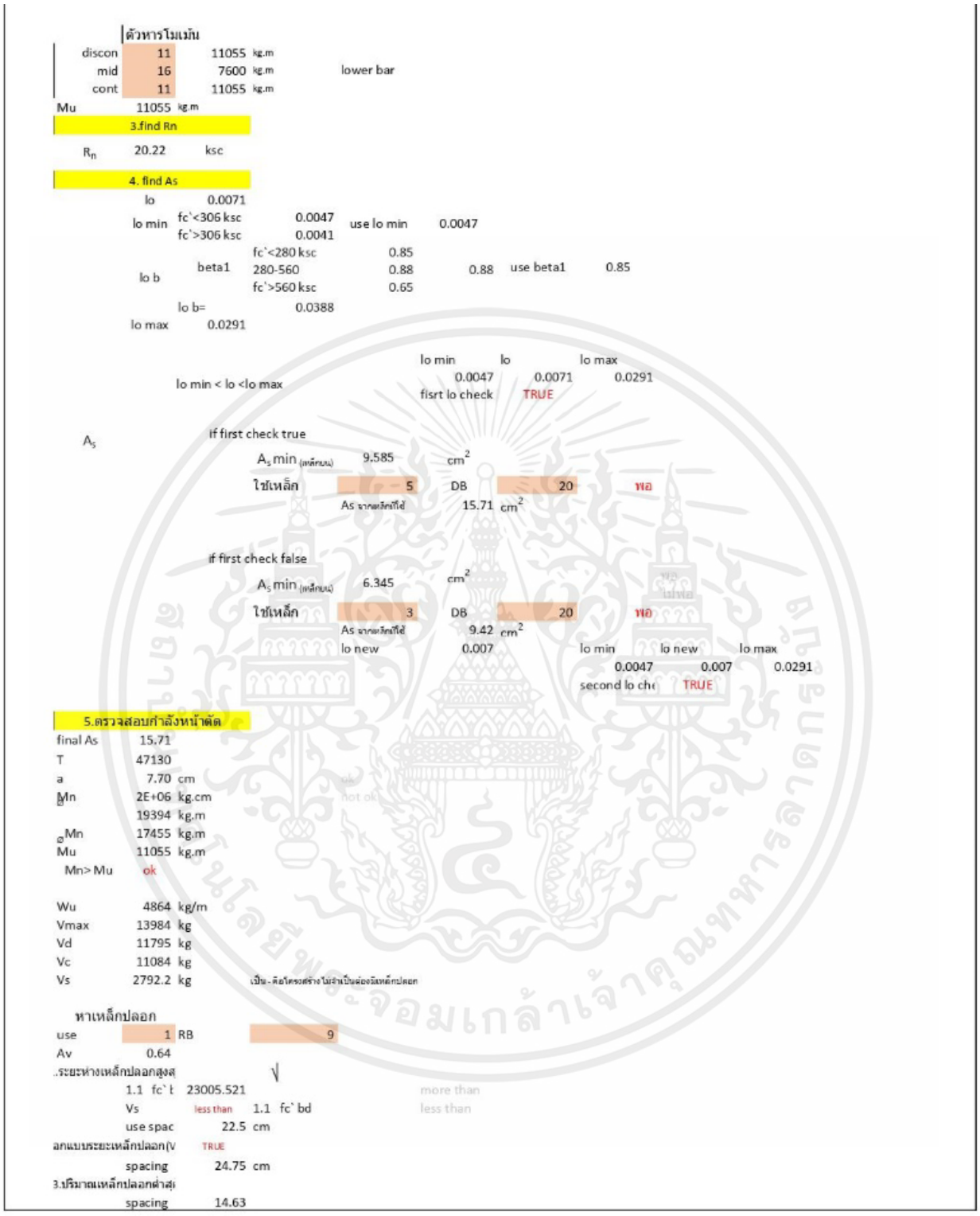
total load (W_u)

DL= 2260 kg/m

LL= 1000 kg/m

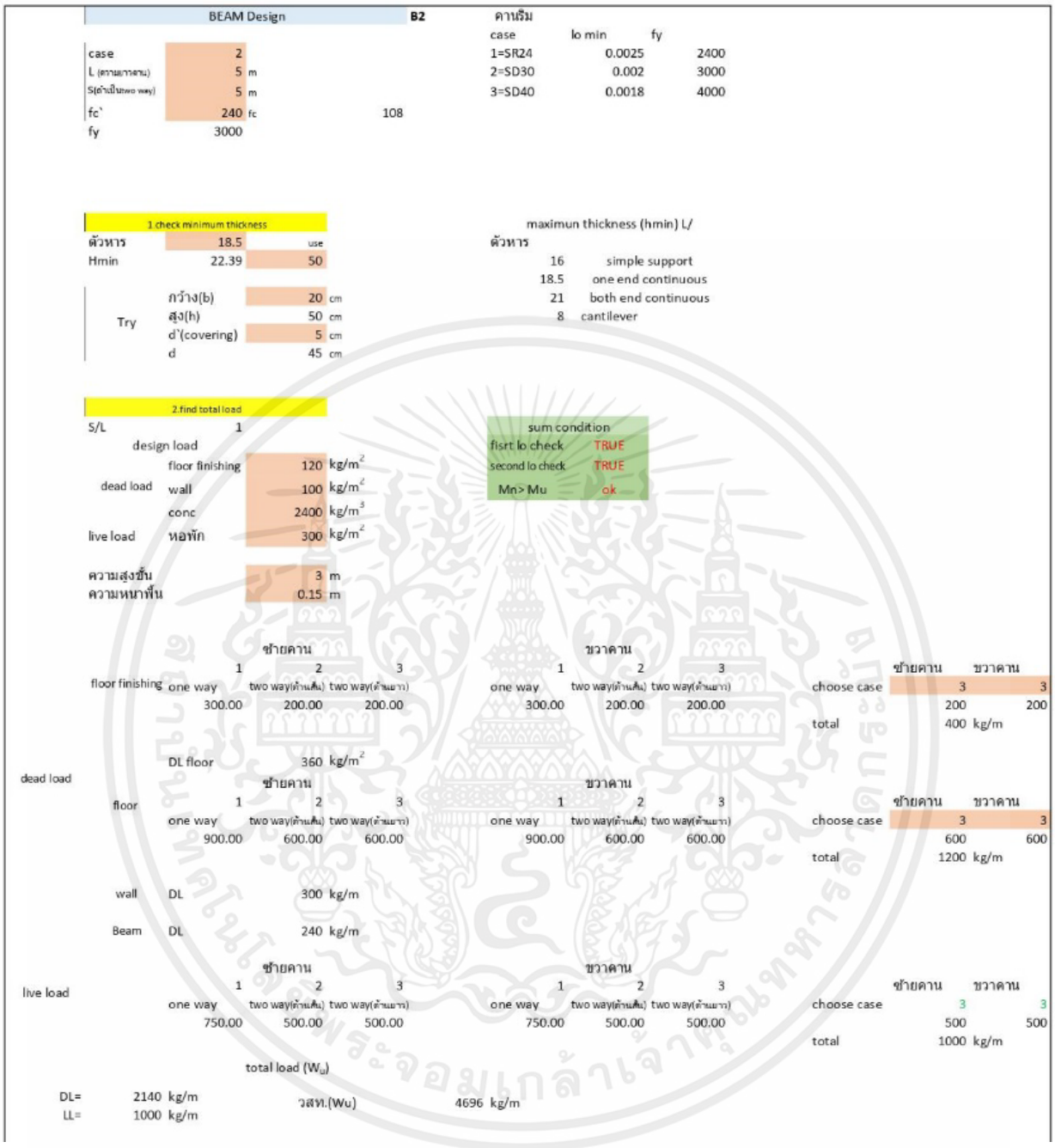
วสท.(Wu) 4864 kg/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Excel การออกแบบคาน B1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BEAM Design **B2**

case	2		
L (ความยาวคาน)	5	m	
S(ด้านสั้นของ two way)	5	m	
fc`	240	fc	108
fy	3000		

คานริม

case	lo min	fy
1=SR24	0.0025	2400
2=SD30	0.002	3000
3=SD40	0.0018	4000

1.check minimum thickness

ตัวหาร	18.5	use
Hmin	22.39	50

maximun thickness (hmin) L/

ตัวหาร	
16	simple support
18.5	one end continuous
21	both end continuous
8	cantilever

Try

กว้าง(b)	20	cm
สูง(h)	50	cm
d`(covering)	5	cm
d	45	cm

2.find total load

S/L 1

design load

dead load	floor finishing	120	kg/m^2
	wall	100	kg/m^2
	conc	2400	kg/m^3
live load	หอพัก	300	kg/m^2

ความสูงชั้น	3	m
ความหนาพื้น	0.15	m

sum condition

fisrt lo check	TRUE
second lo check	TRUE
Mn> Mu	ok

ช่วยคาน

floor finishing	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	300.00	200.00	200.00

ขวาคาน

	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	300.00	200.00	200.00

	ช่วยคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	200	200
total	400 kg/m	

dead load

DL floor 360 kg/m^2

ช่วยคาน

floor	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	900.00	600.00	600.00

ขวาคาน

	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	900.00	600.00	600.00

	ช่วยคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	600	600
total	1200 kg/m	

wall	DL	300	kg/m
Beam	DL	240	kg/m

ช่วยคาน

live load	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	750.00	500.00	500.00

ขวาคาน

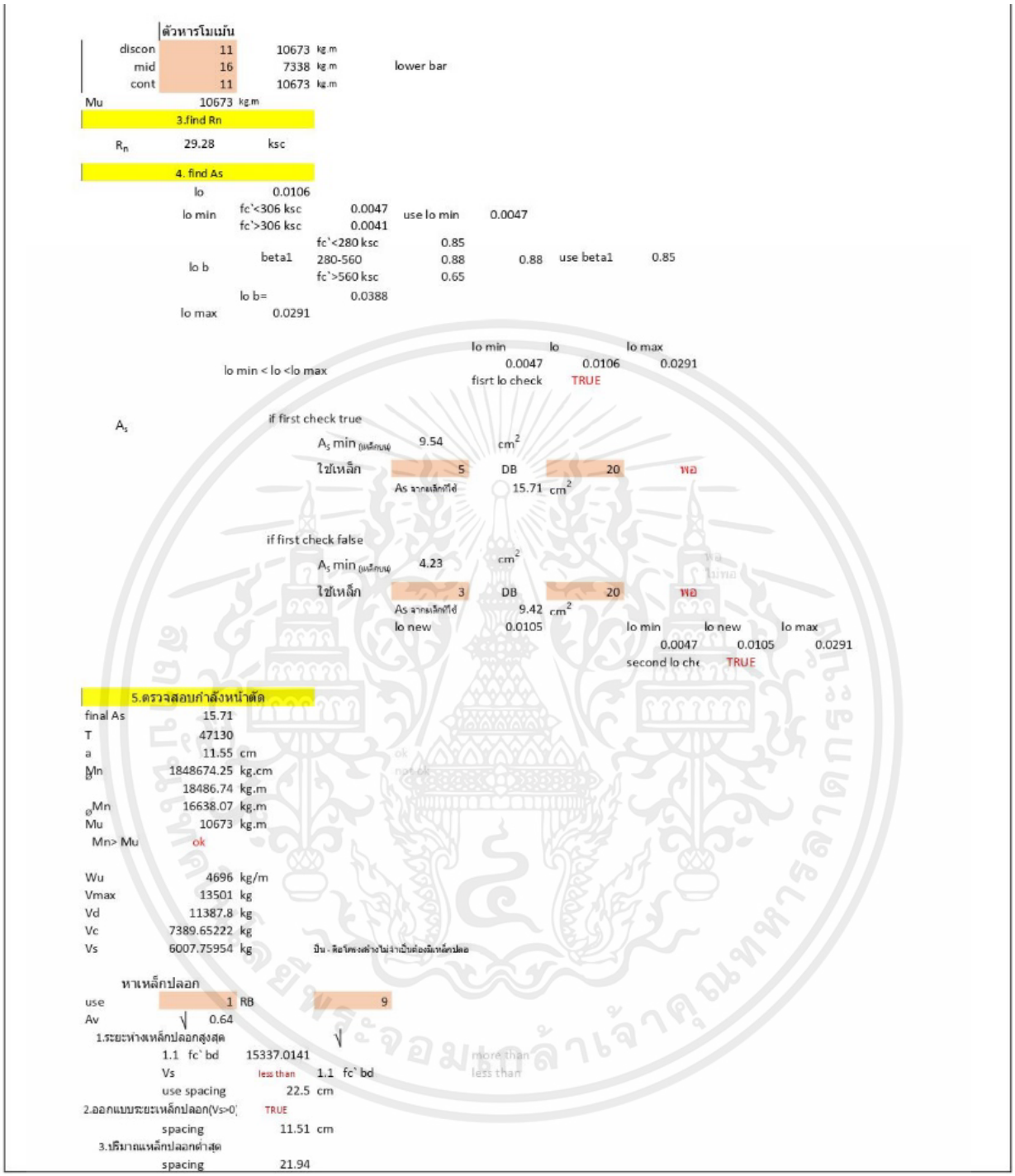
	1	2	3
	one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)
	750.00	500.00	500.00

	ช่วยคาน	ขวาคาน
choose case	3	3
	500	500
total	1000 kg/m	

total load (W_u)

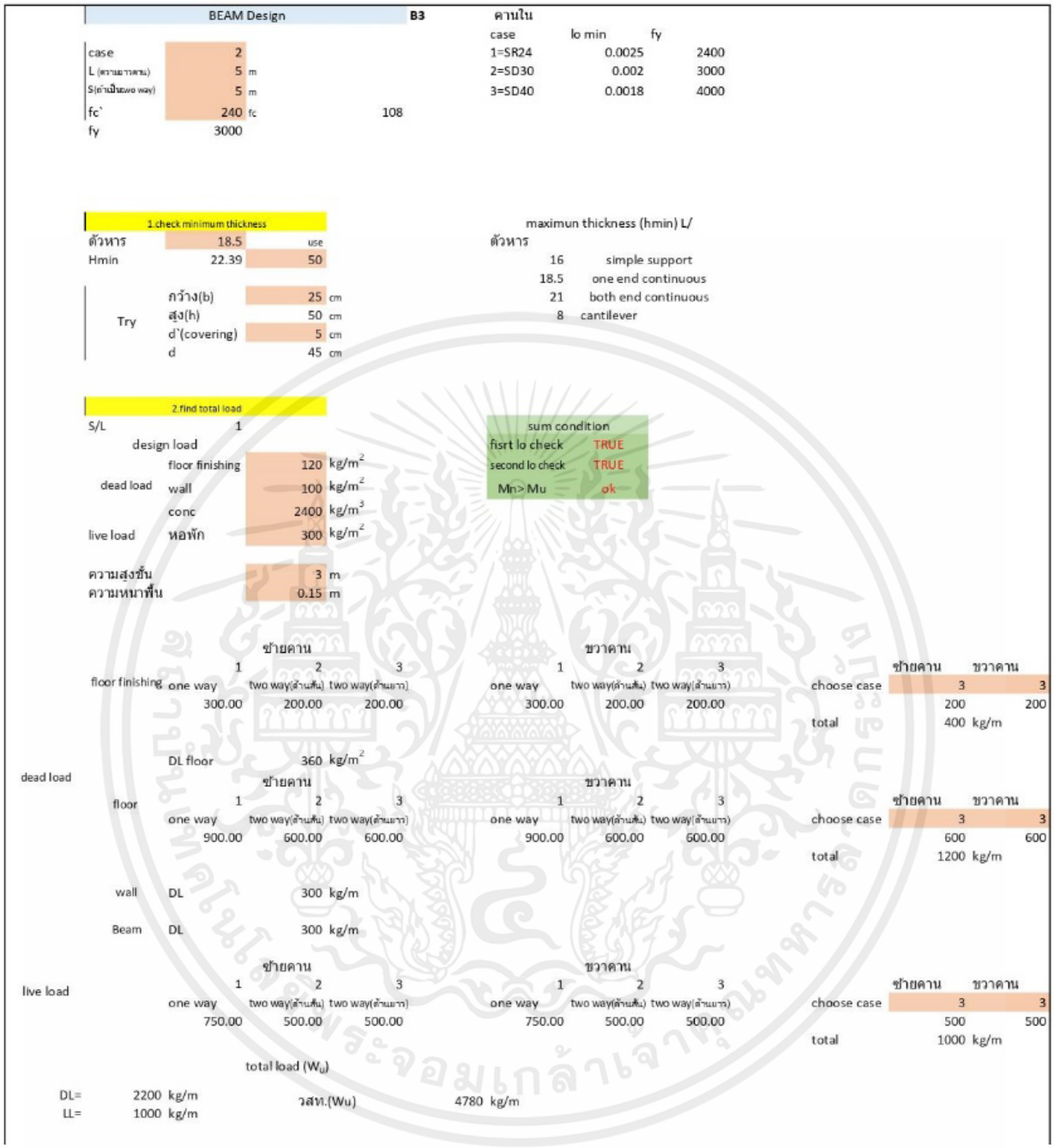
DL=	2140	kg/m	วสท.(Wu) 4696 kg/m
LL=	1000	kg/m	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Excel การออกแบบคาน B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BEAM Design B3

case	2	
L (ความยาวคาน)	5	m
S(ถ้าเป็นtwo way)	5	m
fc`	240	fc
fy	3000	

108

คานใน

case	lo min	fy
1=SR24	0.0025	2400
2=SD30	0.002	3000
3=SD40	0.0018	4000

1.check minimum thickness

ตัวหาร	18.5	use
Hmin	22.39	50

maximun thickness (hmin) L/

ตัวหาร	
16	simple support
18.5	one end continuous
21	both end continuous
8	cantilever

Try

กว้าง(b)	25	cm
สูง(h)	50	cm
d`(covering)	5	cm
d	45	cm

2.find total load

S/L 1

design load

dead load	floor finishing	120	kg/m^2
	wall	100	kg/m^2
	conc	2400	kg/m^3
live load	หอพัก	300	kg/m^2

ความสูงชั้น	3	m
ความหนาพื้น	0.15	m

sum condition

fisrt lo check	TRUE
second lo check	TRUE
Mn> Mu	ok

floor finishing

ซ้ายคาน				ขวาคาน					
1	2	3		1	2	3		ซ้ายคาน	ขวาคาน
one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)		one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)	choose case	3	3
300.00	200.00	200.00		300.00	200.00	200.00		200	200
							total	400	kg/m

dead load

DL floor 360 kg/m^2

floor

ซ้ายคาน				ขวาคาน					
1	2	3		1	2	3		ซ้ายคาน	ขวาคาน
one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)		one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)	choose case	3	3
900.00	600.00	600.00		900.00	600.00	600.00		600	600
							total	1200	kg/m

wall	DL	300	kg/m
Beam	DL	300	kg/m

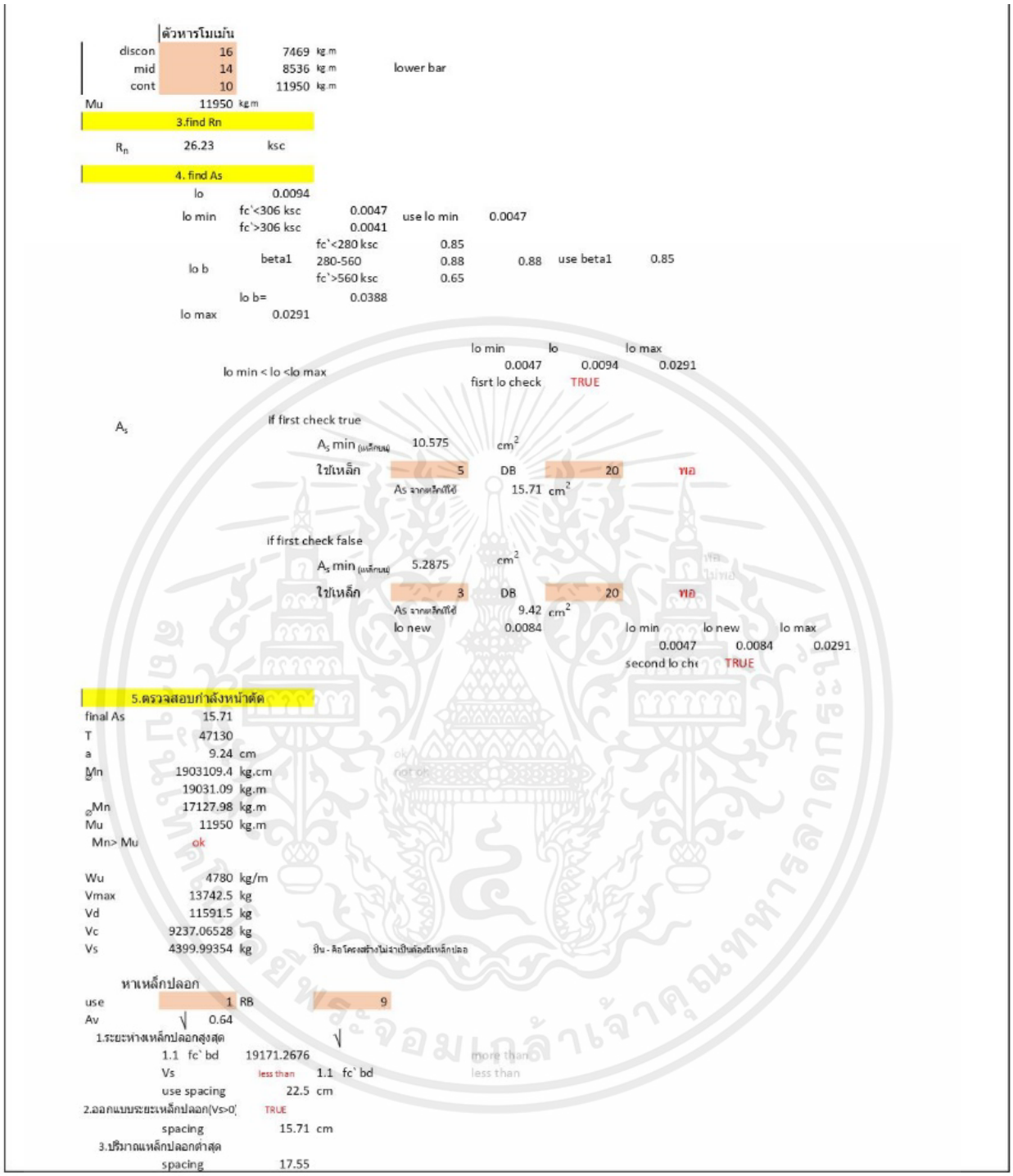
live load

ซ้ายคาน				ขวาคาน					
1	2	3		1	2	3		ซ้ายคาน	ขวาคาน
one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)		one way	two way(ด้านสั้น)	two way(ด้านยาว)	choose case	3	3
750.00	500.00	500.00		750.00	500.00	500.00		500	500
							total	1000	kg/m

total load (W_u)

DL=	2200	kg/m	วสท.(Wu)	4780 kg/m
LL=	1000	kg/m		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Excel การออกแบบคาน B3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบเสา

3.2.3.1 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบเสา

b x h = ขนาดหน้าตัดเสา

DL = น้ำหนักบรรทุกคงที่

LL = น้ำหนักบรทุกจร

3.2.3.2 เลือกขนาดเสาที่เหมาะสม คือ $(b \times h = A_g)$

3.2.3.3 คำนวณ P_u , P_n , P_0 จากสูตร

$$P_u = 1.4DL + 1.7LL$$

$$P_n = P_u/\emptyset$$

โดยที่ เหล็กปลอกเส้น $\emptyset = 0.70$

เหล็กปลอกเกลียว $\emptyset = 0.75$

$$P_0 = P_n/\emptyset$$

โดยที่ เสาสี่เหลี่ยม $\emptyset = 0.80$

เสากลม $\emptyset = 0.85$

3.2.3.4 แทนค่า A_g ใน $P_0 = f_y A_{st} + 0.85 f_c'(A_g - A_{st})$ เพื่อหาค่า A_{st}

3.2.3.5 คำนวณ $\rho = \left(\frac{A_{st}}{A_g}\right) \times 100$

หาก $(1\% < \rho < 8\%)$ ถือว่าใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเสา (Column Design)

อาคาร 2 ชั้น

Floor	Trib. Area(m^2)	DL	LL	1.4DL+1.7LL	accumulate(P_u)
roof	25	19200	2500	31130	31130
ขนาดเสาชั้น 2 ที่เลือกใช้	25x25	m.			
2nd	25	25848	7500	48937.2	80067.2
ขนาดเสาชั้น 1 ที่เลือกใช้	30x30	m.			
1st	25	25848	7500	48937.2	129004.4
ขนาดเสาชั้น ตอม่อ ที่เลือกใช้	30x30	m.			
sum	75	70896	17500	129004.4	

ข้อมูล

floor finishing	DL=	120	kg/m^2
พื้นหนา		15	cm
wall	DL=	100	kg/m^2
general	LL=	300	kg/m^2
ดาดฟ้า	LL=	100	kg/m^2

ช่วงที่คิด

ยาว (m.) 5 area 25

กว้าง (m.) 5

DL

	กว้าง	สูง	ความยาว	จำนวนตัว	DL	
beam ด้านยาว	0.3	0.5	5	2	3600	kg
beam ด้านกว้าง	0.3	0.5	5	2	3600	kg
slab(แผ่นพื้น)					9000	kg
finishing					3000	kg
colomn	0.3	3		1	648	kg
wall ด้านยาว		3	5	2	3000	kg
wall ด้านสั้น		3	5	2	3000	kg
			Total		25848	kg

	DL	LL
roof	19200	2500
ชั้น 1-2	25848	7500

LL 7500 kg

1.4DL+1.7LL 48937.2

			case	lo min	fy
case	3		1=SR24	0.0025	2400
fc`	240	f_c 108	2=SD30	0.002	3000
fy	4000		3=SD40	0.0018	4000

1.Assume column dimension (b x h = A_g)

30 x 30 cm

area 900 cm^2

2.Determine P_u , P_n, P_0

P_u 129004.4 kg

P_n 184292 kg (0.7) เสาเหลี่ยมø=0.80, เสากลมø=0.85

P_0 230365 kg (0.8) เหล็กปลอกเส้นø=0.70, เหล็กปลอกเกลียวø=0.75

3.Substitute A_g in

A_{st} 12.32 cm^2

lo 1.368888889 % ok TRUE พอ / ไม่พอ

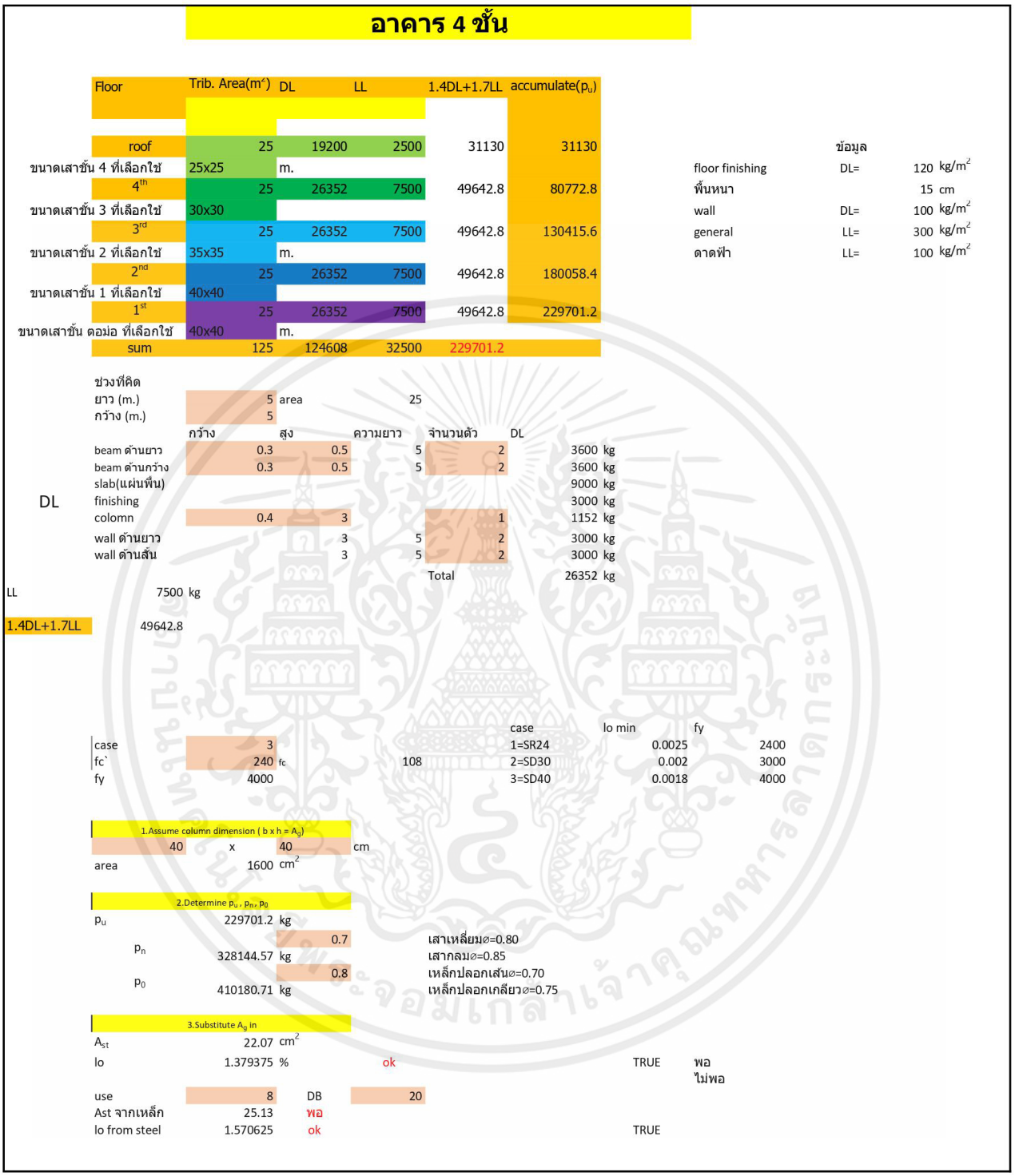
use 6 DB 20

Ast จากเหล็ก 18.85 พอ

lo from steel 2.094444444 ok TRUE

รูปที่ 3.6 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อาคาร 4 ชั้น

Floor	Trib. Area(m²)	DL	LL	1.4DL+1.7LL	accumulate(p_u)
roof	25	19200	2500	31130	31130
4th	25	26352	7500	49642.8	80772.8
3rd	25	26352	7500	49642.8	130415.6
2nd	25	26352	7500	49642.8	180058.4
1st	25	26352	7500	49642.8	229701.2
sum	125	124608	32500	229701.2	

ขนาดเสาชั้น 4 ที่เลือกใช้ 25x25 m.
ขนาดเสาชั้น 3 ที่เลือกใช้ 30x30
ขนาดเสาชั้น 2 ที่เลือกใช้ 35x35 m.
ขนาดเสาชั้น 1 ที่เลือกใช้ 40x40
ขนาดเสาชั้น ตอม่อ ที่เลือกใช้ 40x40 m.

ข้อมูล

floor finishing	DL=	120	kg/m²
พื้นหนา		15	cm
wall	DL=	100	kg/m²
general	LL=	300	kg/m²
ดาดฟ้า	LL=	100	kg/m²

ช่วงที่คิด
ยาว (m.) 5 area 25
กว้าง (m.) 5

DL

	กว้าง	สูง	ความยาว	จำนวนตัว	DL	
beam ด้านยาว	0.3	0.5	5	2	3600	kg
beam ด้านกว้าง	0.3	0.5	5	2	3600	kg
slab(แผ่นพื้น)					9000	kg
finishing					3000	kg
colomn	0.4	3		1	1152	kg
wall ด้านยาว		3	5	2	3000	kg
wall ด้านสั้น		3	5	2	3000	kg
				Total	26352	kg

LL 7500 kg

1.4DL+1.7LL 49642.8

				case	lo min	fy
case	3			1=SR24	0.0025	2400
fc`	240	fc	108	2=SD30	0.002	3000
fy	4000			3=SD40	0.0018	4000

1.Assume column dimension (b x h = A_g)
40 x 40 cm
area 1600 cm^2

2.Determine p_u , p_n, p_0
p_u 229701.2 kg
0.7
p_n 328144.57 kg
0.8
p_0 410180.71 kg

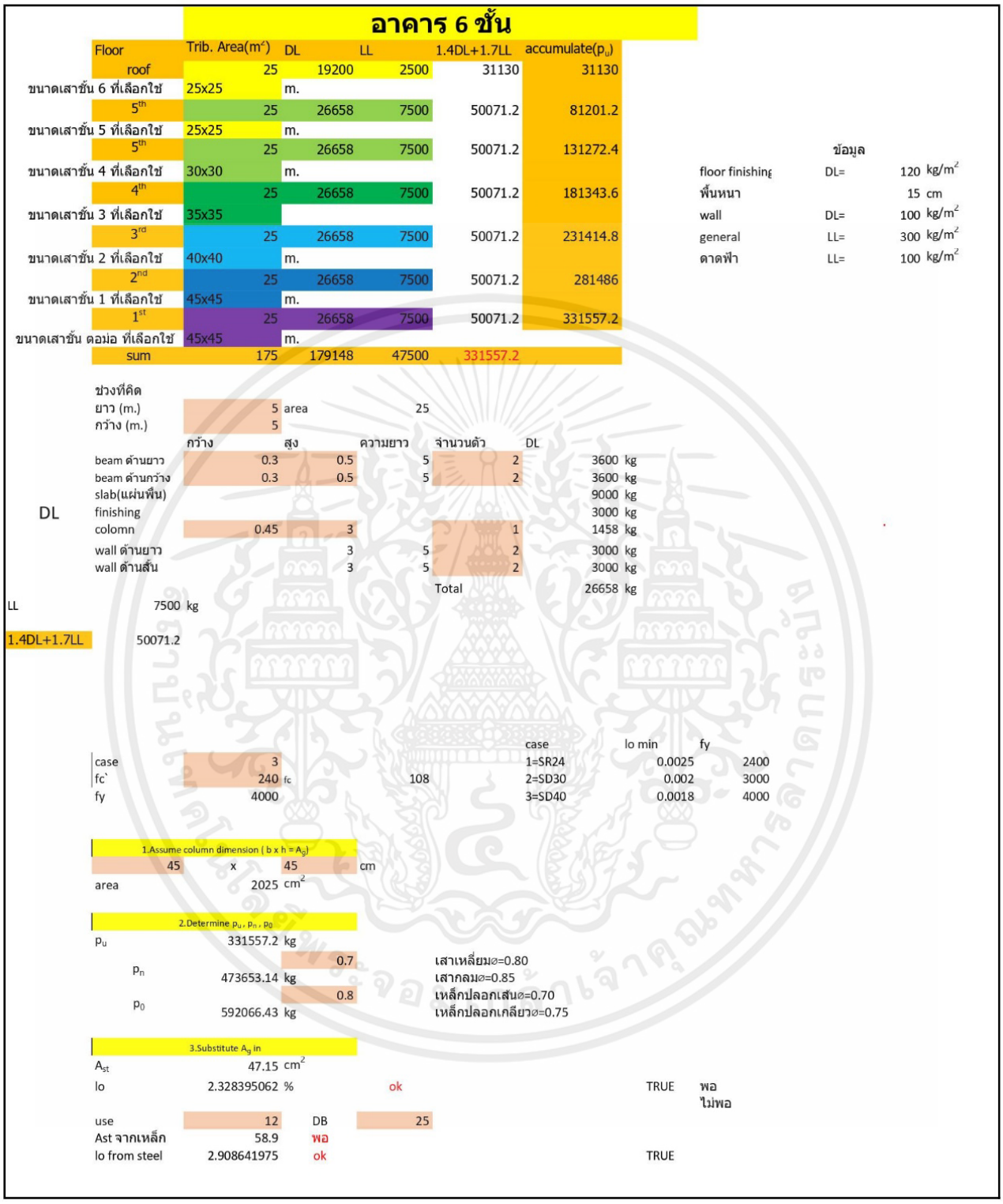
เสาเหลี่ยมø=0.80
เสากลมø=0.85
เหล็กปลอกเส้นø=0.70
เหล็กปลอกเกลียวø=0.75

3.Substitute A_g in
A_{st} 22.07 cm^2
lo 1.379375 % ok TRUE พอ ไม่พอ

use 8 DB 20
Ast จากเหล็ก 25.13 พอ
lo from steel 1.570625 ok TRUE

รูปที่ 3.7 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อาคาร 6 ชั้น

Floor	Trib. Area(m²)	DL	LL	1.4DL+1.7LL	accumulate(p_u)
roof	25	19200	2500	31130	31130
ขนาดเสาชั้น 6 ที่เลือกใช้	25x25	m.			
5th	25	26658	7500	50071.2	81201.2
ขนาดเสาชั้น 5 ที่เลือกใช้	25x25	m.			
5th	25	26658	7500	50071.2	131272.4
ขนาดเสาชั้น 4 ที่เลือกใช้	30x30	m.			
4th	25	26658	7500	50071.2	181343.6
ขนาดเสาชั้น 3 ที่เลือกใช้	35x35				
3rd	25	26658	7500	50071.2	231414.8
ขนาดเสาชั้น 2 ที่เลือกใช้	40x40	m.			
2nd	25	26658	7500	50071.2	281486
ขนาดเสาชั้น 1 ที่เลือกใช้	45x45	m.			
1st	25	26658	7500	50071.2	331557.2
ขนาดเสาชั้น ตอม่อ ที่เลือกใช้	45x45	m.			
sum	175	179148	47500	331557.2	

ข้อมูล

floor finishing	DL=	120	kg/m²
พื้นหนา		15	cm
wall	DL=	100	kg/m²
general	LL=	300	kg/m²
ดาดฟ้า	LL=	100	kg/m²

ช่วงที่คิด

ยาว (m.) 5 area 25

กว้าง (m.) 5

DL

	กว้าง	สูง	ความยาว	จำนวนตัว	DL	
beam ด้านยาว	0.3	0.5	5	2	3600	kg
beam ด้านกว้าง	0.3	0.5	5	2	3600	kg
slab(แผ่นพื้น)					9000	kg
finishing					3000	kg
colomn	0.45	3		1	1458	kg
wall ด้านยาว		3	5	2	3000	kg
wall ด้านสั้น		3	5	2	3000	kg
			Total		26658	kg

LL 7500 kg

1.4DL+1.7LL 50071.2

			case	lo min	fy
case	3		1=SR24	0.0025	2400
fc`	240	fc 108	2=SD30	0.002	3000
fy	4000		3=SD40	0.0018	4000

1.Assume column dimension (b x h = A_g)

45 x 45 cm

area 2025 cm^2

2.Determine p_u, p_n, p_0

p_u 331557.2 kg

p_n 473653.14 kg (0.7)

p_0 592066.43 kg (0.8)

เสาเหลี่ยมø=0.80
เสากลมø=0.85
เหล็กปลอกเส้นø=0.70
เหล็กปลอกเกลียวø=0.75

3.Substitute A_g in

A_{st} 47.15 cm^2

lo 2.328395062 % ok TRUE พอ / ไม่พอ

use 12 DB 25

Ast จากเหล็ก 58.9 พอ

lo from steel 2.908641975 ok TRUE

รูปที่ 3.8 Excel การออกแบบเสา C1 ของอาคาร 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบฐานราก

3.2.4.1 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบฐานราก

f_y = กำลังที่จุดครากของเหล็ก (Yield strength)

$f_{c'}$ = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

$\emptyset_b$ = 0.90

$\emptyset_v$ = 0.85

β_1 = 0.85

a x b = ขนาดหน้าตัดเสา

T = ความลึกของฐานราก

3.2.4.2 คำนวณ Tributary Area น้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร

3.2.4.3 หาจำนวนเสาเข็ม

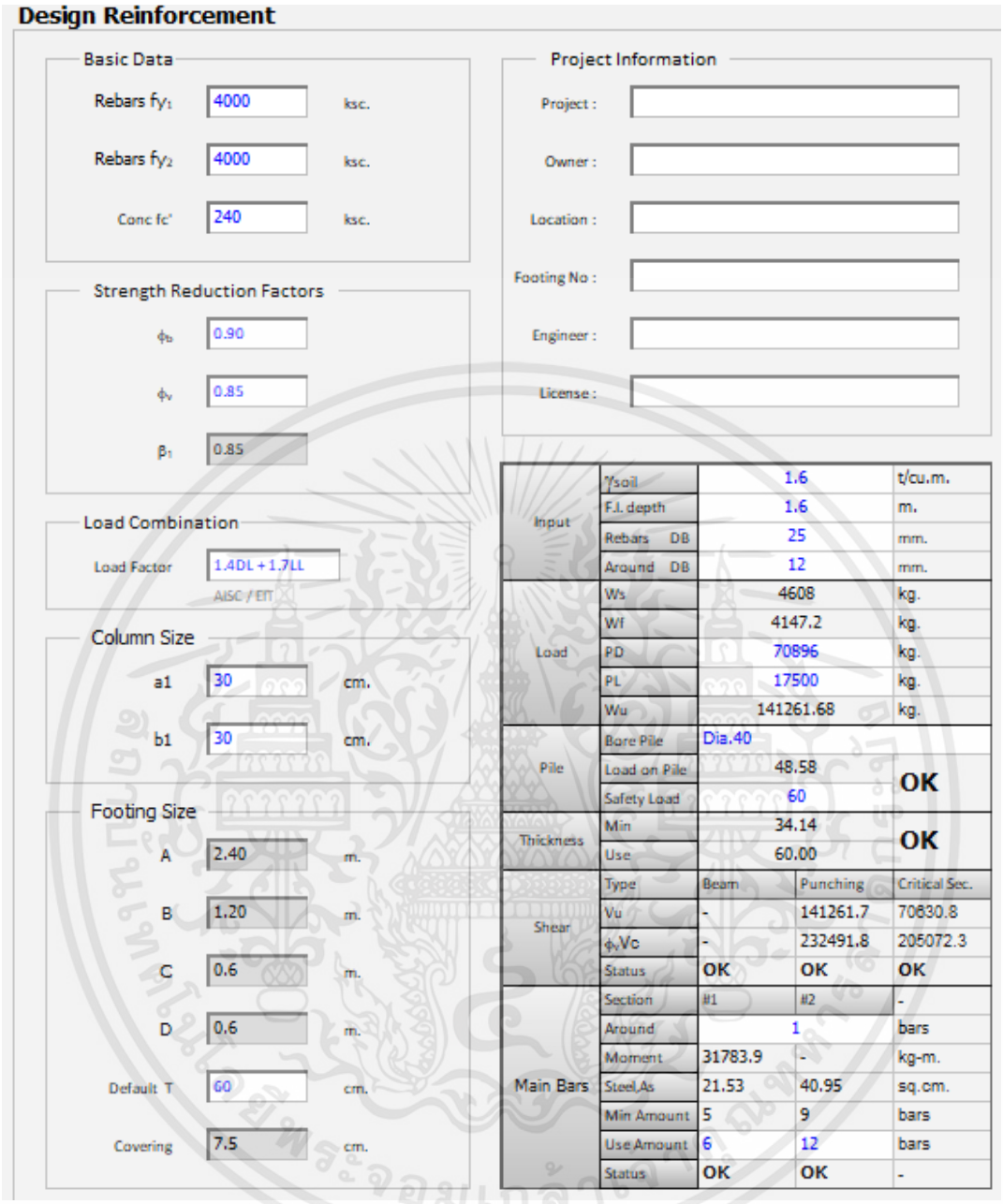
$$\mathrm{n} = \frac{P + \Delta P}{S \times W \times L}$$

3.2.4.4 คำนวณน้ำหนักบรรทุกประลัย จากสูตร

$$P_u = 1.4DL + 1.7LL$$

3.2.4.5 นำค่าใส่ในโปรแกรมเพื่อออกแบบฐานรากเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Design Reinforcement

Basic Data

Rebars fy_1	4000	ksc.
Rebars fy_2	4000	ksc.
Conc fc'	240	ksc.

Strength Reduction Factors

ϕ_b	0.90	
ϕ_v	0.85	
β_1	0.85	

Load Combination

Load Factor: 1.4DL + 1.7LL (ACI / EIT)

Column Size

a1	30	cm.
b1	30	cm.

Footing Size

A	2.40	m.
B	1.20	m.
C	0.6	m.
D	0.6	m.
Default T	60	cm.
Covering	7.5	cm.

Project Information

Project :	
Owner :	
Location :	
Footing No :	
Engineer :	
License :	

Input	γsoil	1.6		t/cu.m.
	F.I. depth	1.6		m.
	Rebars DB	25		mm.
	Around DB	12		mm.
Load	Ws	4608		kg.
	Wf	4147.2		kg.
	PD	70896		kg.
	PL	17500		kg.
	Wu	141261.68		kg.
Pile	Bore Pile	Dia.40		
	Load on Pile	48.58		OK
	Safety Load	60		
Thickness	Min	34.14		OK
	Use	60.00		
Shear	Type	Beam	Punching	Critical Sec.
	Vu	-	141261.7	70830.8
	ϕ_vVc	-	232491.8	205072.3
	Status	OK	OK	OK
Main Bars	Section	#1	#2	-
	Around	1		bars
	Moment	31783.9	-	kg-m.
	Steel,As	21.53	40.95	sq.cm.
	Min Amount	5	9	bars
	Use Amount	6	12	bars
	Status	OK	OK	-

รูปที่ 3.9 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Reinforcement

Basic Data

Rebars fy_1	4000	ksc.
Rebars fy_2	4000	ksc.
Conc fc'	240	ksc.

Strength Reduction Factors

ϕ_b	0.90
ϕ_v	0.85
β_1	0.85

Load Combination

Load Factor: 1.4DL + 1.7LL (AISC / EIT)

Column Size

a1	40	cm.
b1	40	cm.

Footing Size

A	2.40	m.
B	2.40	m.
C	0.6	m.
D	0.6	m.
Default T	60	cm.
Covering	7.5	cm.

Project Information

Project :
Owner :
Location :
Footing No :
Engineer :
License :

Input	γsoil	1.6		t/cu.m.
	F.I. depth	1.6		m.
	Rebars DB	25		mm.
	Around DB	12		mm.
Load	Ws	9216		kg.
	Wf	8294.4		kg.
	PD	124608		kg.
	PL	32500		kg.
	Wu	254215.76		kg.
Pile	Bore Pile	Dia.40		
	Load on Pile	43.65		OK
	Safety Load	60		
Thickness	Min	31.46		OK
	Use	60.00		
Shear	Type	Beam	Punching	Critical Sec.
	Vu	-	254215.8	63553.9
	$\phi_v Vc$	-	261106.2	205072.3
	Status	OK	OK	OK
Main Bars	Section	#1	#2	-
	Around	1		bars
	Moment	50843.2	50843.2	kg-m.
	Steel As	43.05	54.99	sq.cm.
	Min Amount	9	12	bars
	Use Amount	12	12	bars
	Status	OK	OK	-

รูปที่ 3.10 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Reinforcement

Basic Data

Rebars fy_1	4000	ksc.
Rebars fy_2	4000	ksc.
Conc fc'	240	ksc.

Strength Reduction Factors

ϕ_b	0.90
ϕ_v	0.85
β_1	0.85

Load Combination

Load Factor: 1.4DL+1.7LL (AISC / EIT)

Column Size

a1	45	cm.
b1	45	cm.

Footing Size

A	2.90	m.
B	2.90	m.
C	0.85	m.
D	0.6	m.
Default T	70	cm.
Covering	7.5	cm.

Project Information

Project :	
Owner :	
Location :	
Footing No :	
Engineer :	
License :	

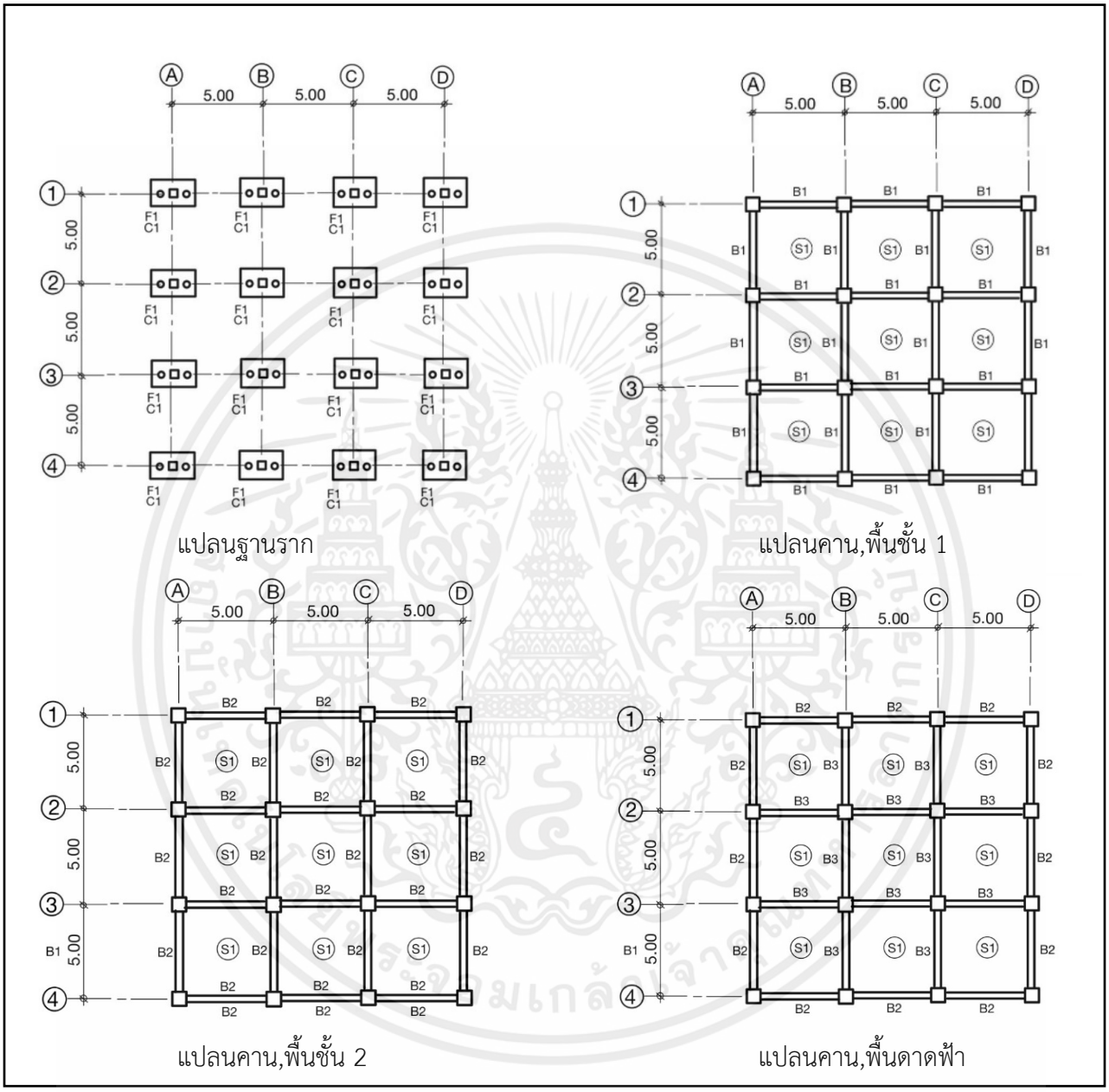
Input	γsoil	1.6		t/cu.m.
	F.I. depth	1.7		m.
	Rebars DB	25		mm.
	Around DB	12		mm.
Load	Ws	13456		kg.
	Wf	14128.8		kg.
	PD	179148		kg.
	PL	47500		kg.
	Wu	370175.92		kg.
Pile	Bore Pile	Dia.40		
	Load on Pile	50.85		OK
	Safety Load	60		
Thickness	Min	36.62		OK
	Use	70.00		
Shear	Type	Beam	Punching	Critical Sec.
	Vu	-	296140.7	74035.2
	ϕ_vVc	-	363350.2	271945.2
	Status	OK	OK	OK
Main Bars	Section	#1	#2	-
	Around	1		bars
	Moment	92544.0	92544.0	kg-m.
	Steel As	62.17	80.08	sq.cm.
	Min Amount	13	17	bars
	Use Amount	18	18	bars
	Status	OK	OK	-

รูปที่ 3.11 Excel การออกแบบฐานราก F1 ของอาคาร 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

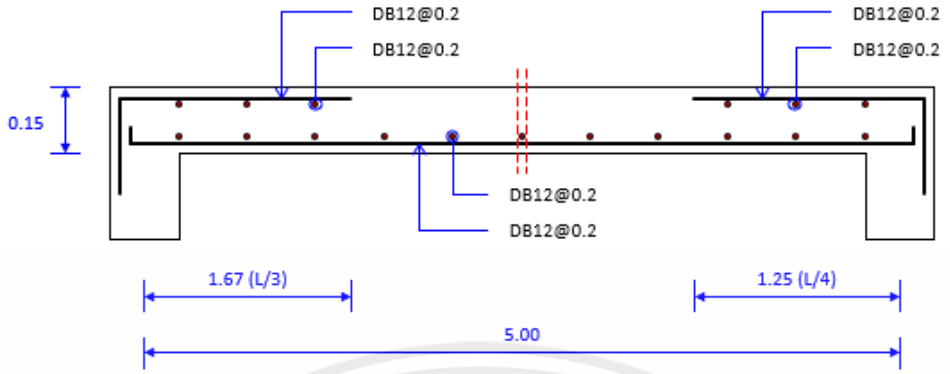
3.2.5 แบบแปลนและแบบขยาย

จากการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะได้แบบแปลนและแบบขยาย ดังต่อไปนี้

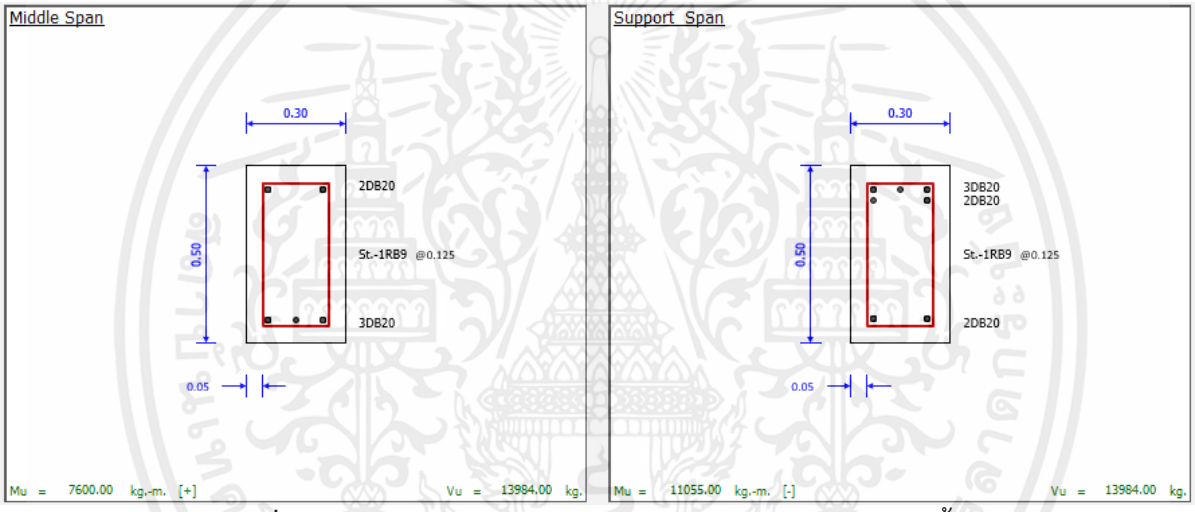


รูปที่ 3.12 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

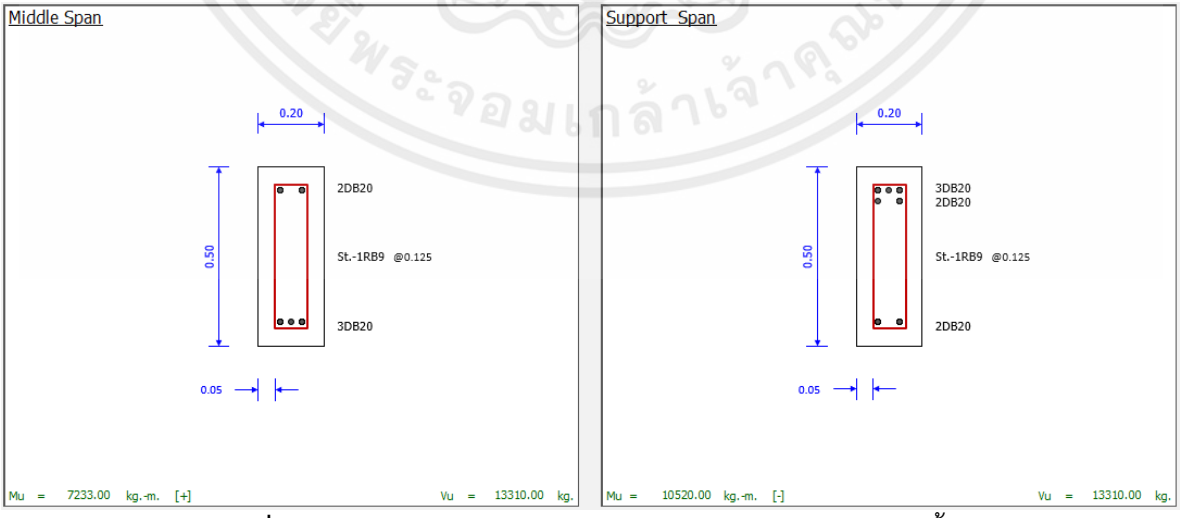
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

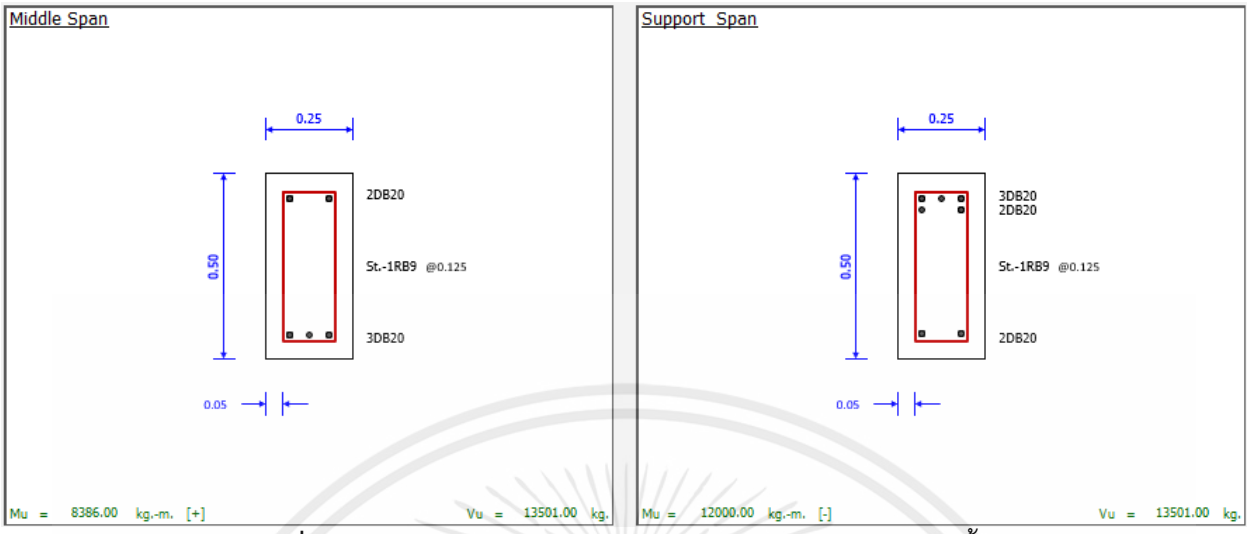


รูปที่ 3.14 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

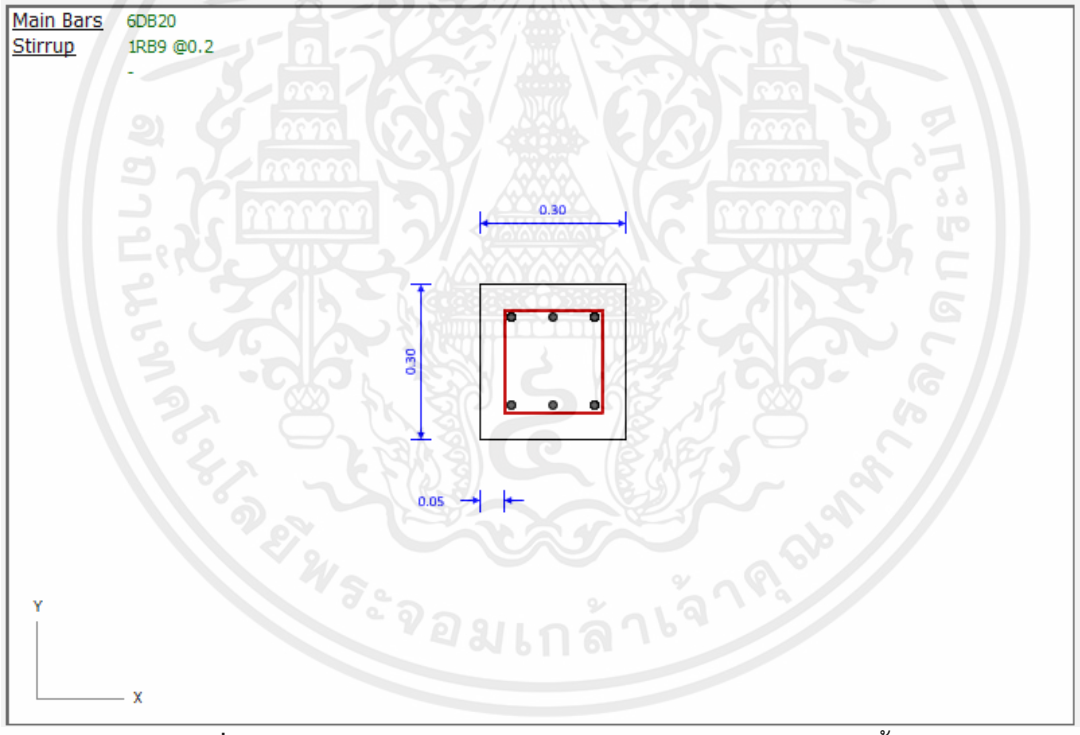


รูปที่ 3.15 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

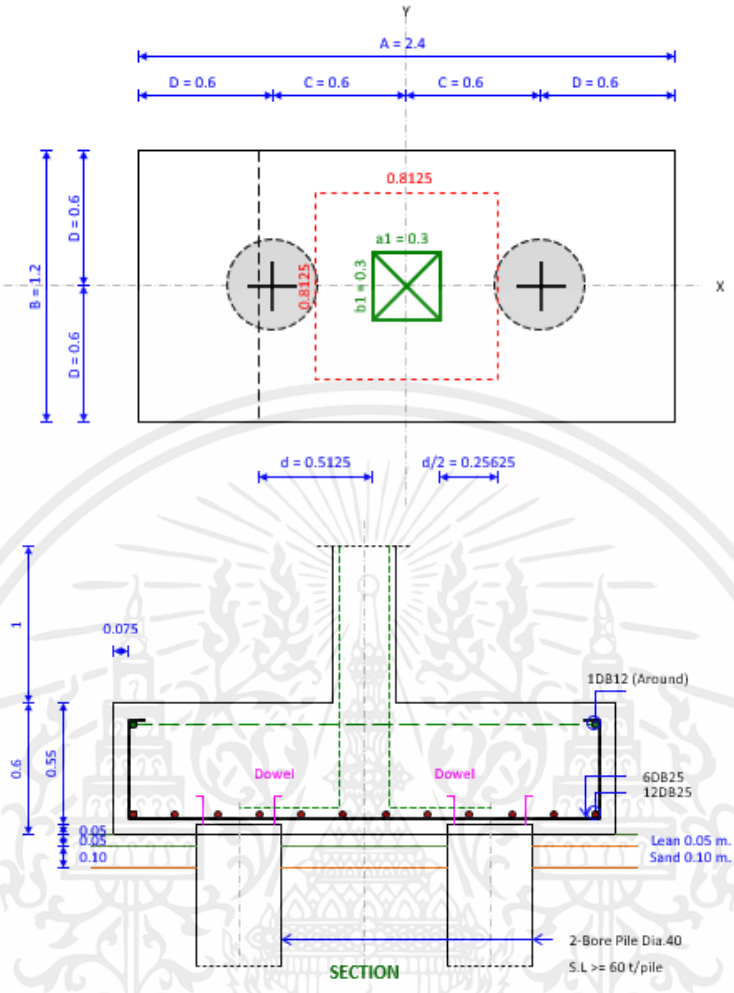


รูปที่ 3.16 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น



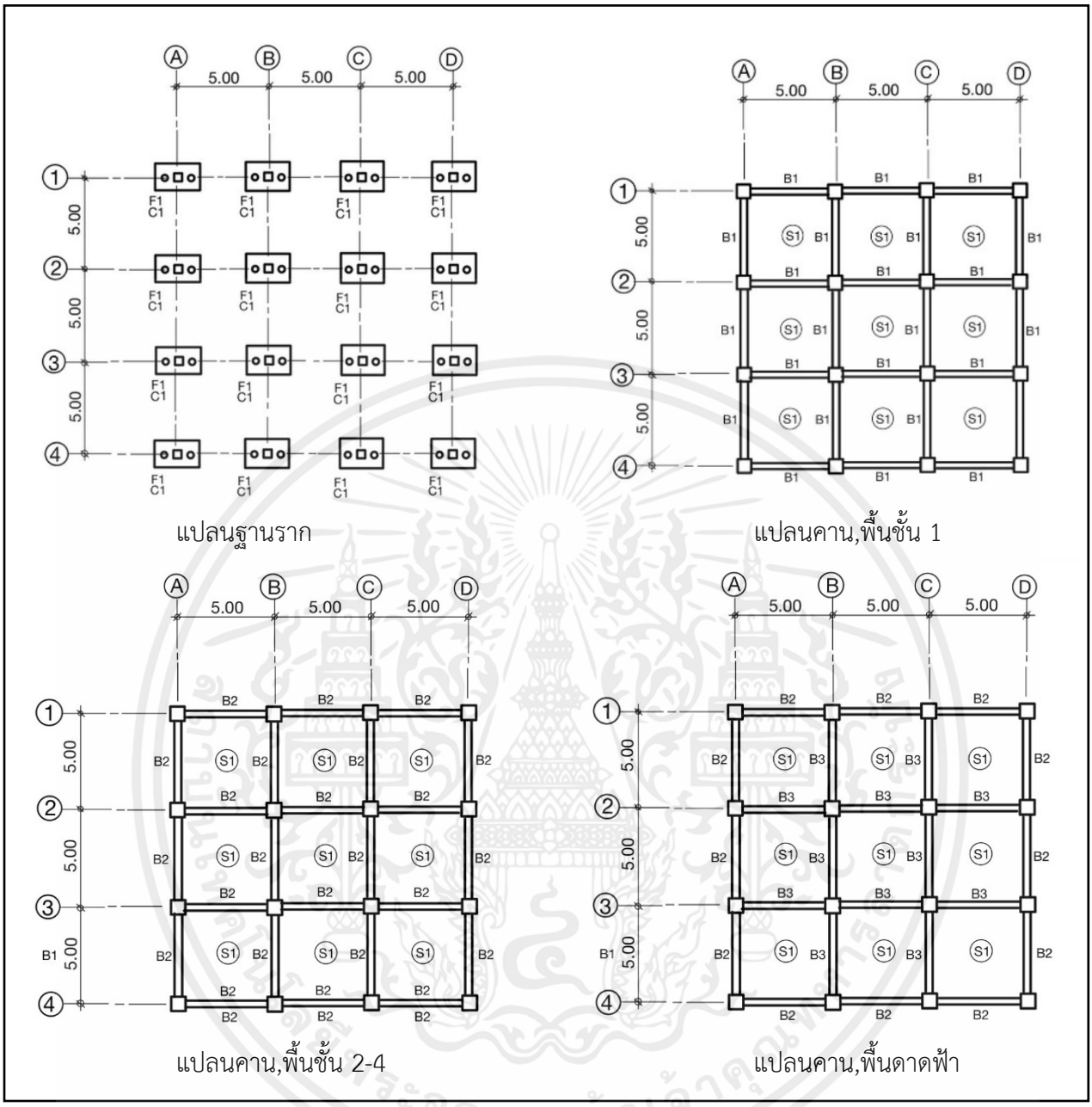
รูปที่ 3.17 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



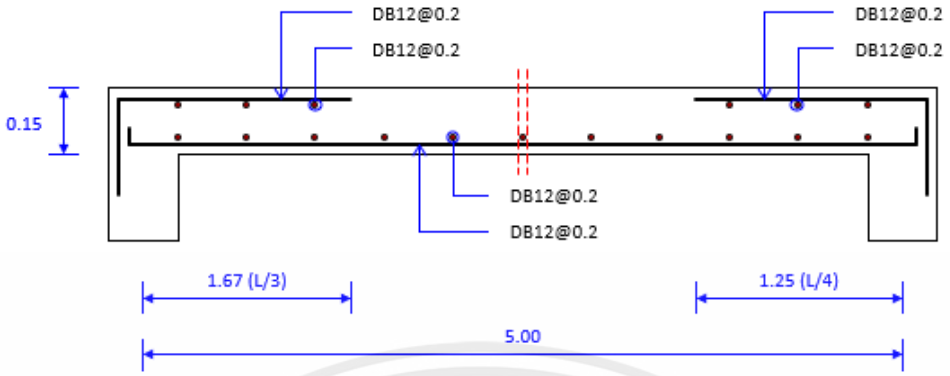
รูปที่ 3.18 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

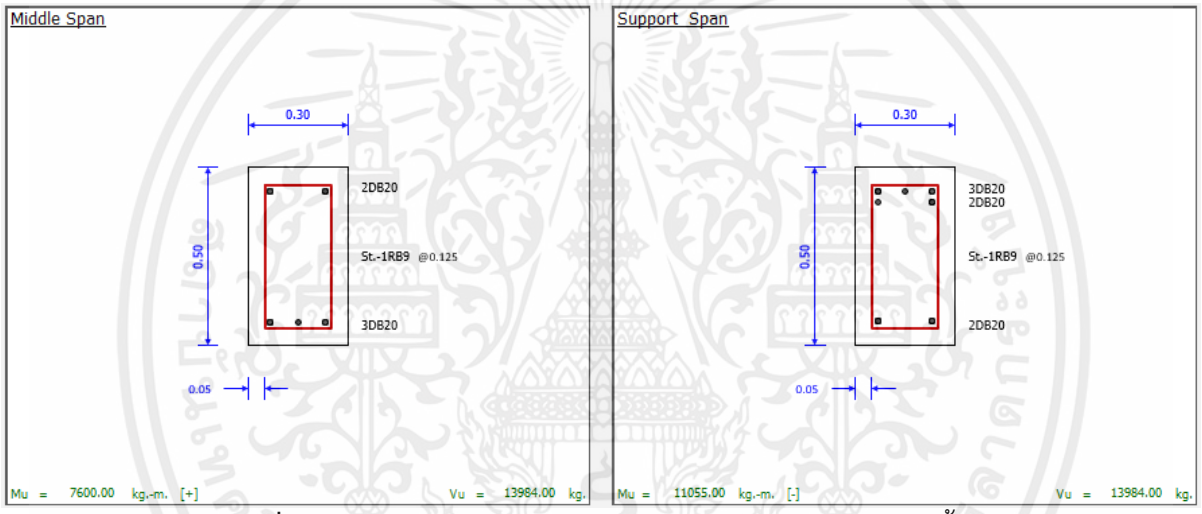


รูปที่ 3.19 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

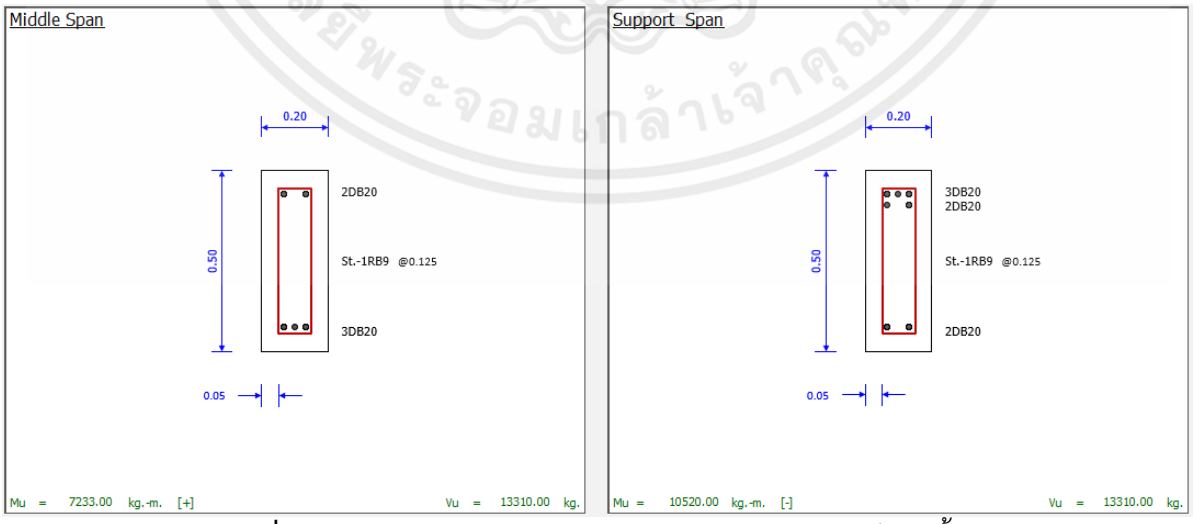
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

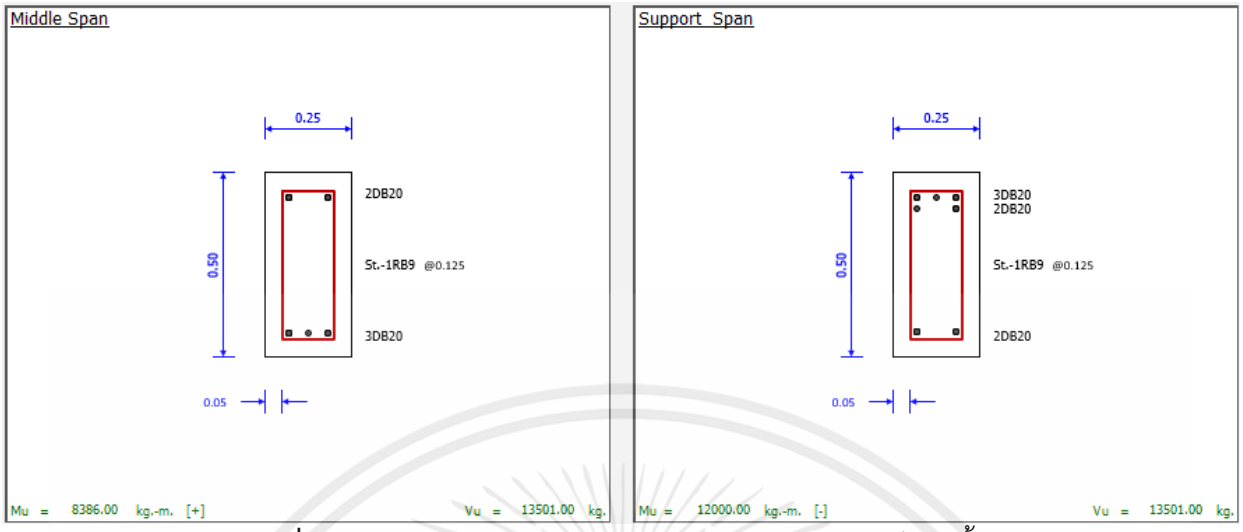


รูปที่ 3.21 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

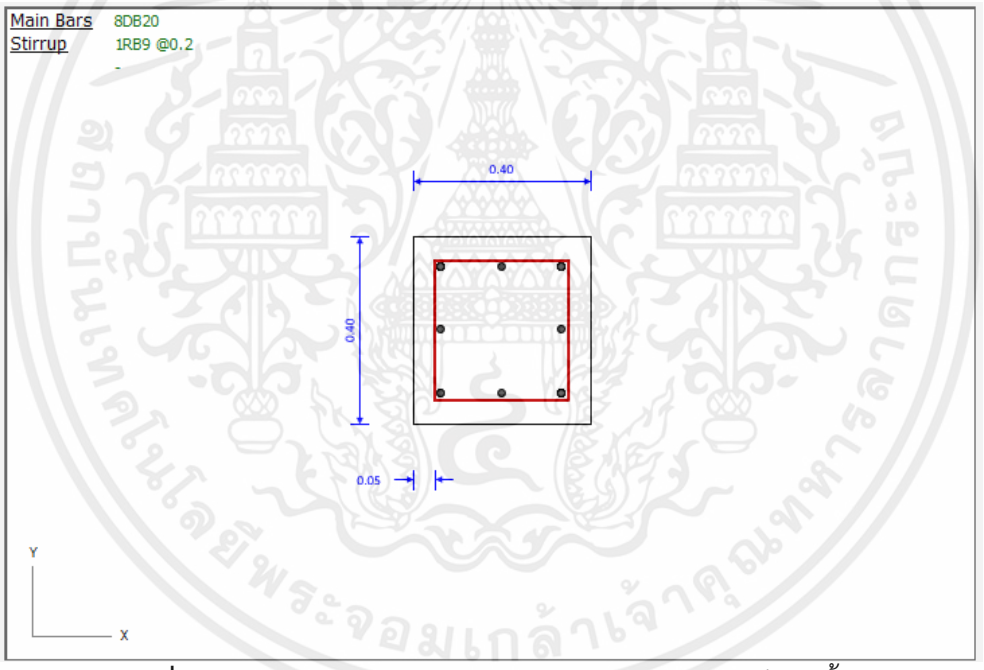


รูปที่ 3.22 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

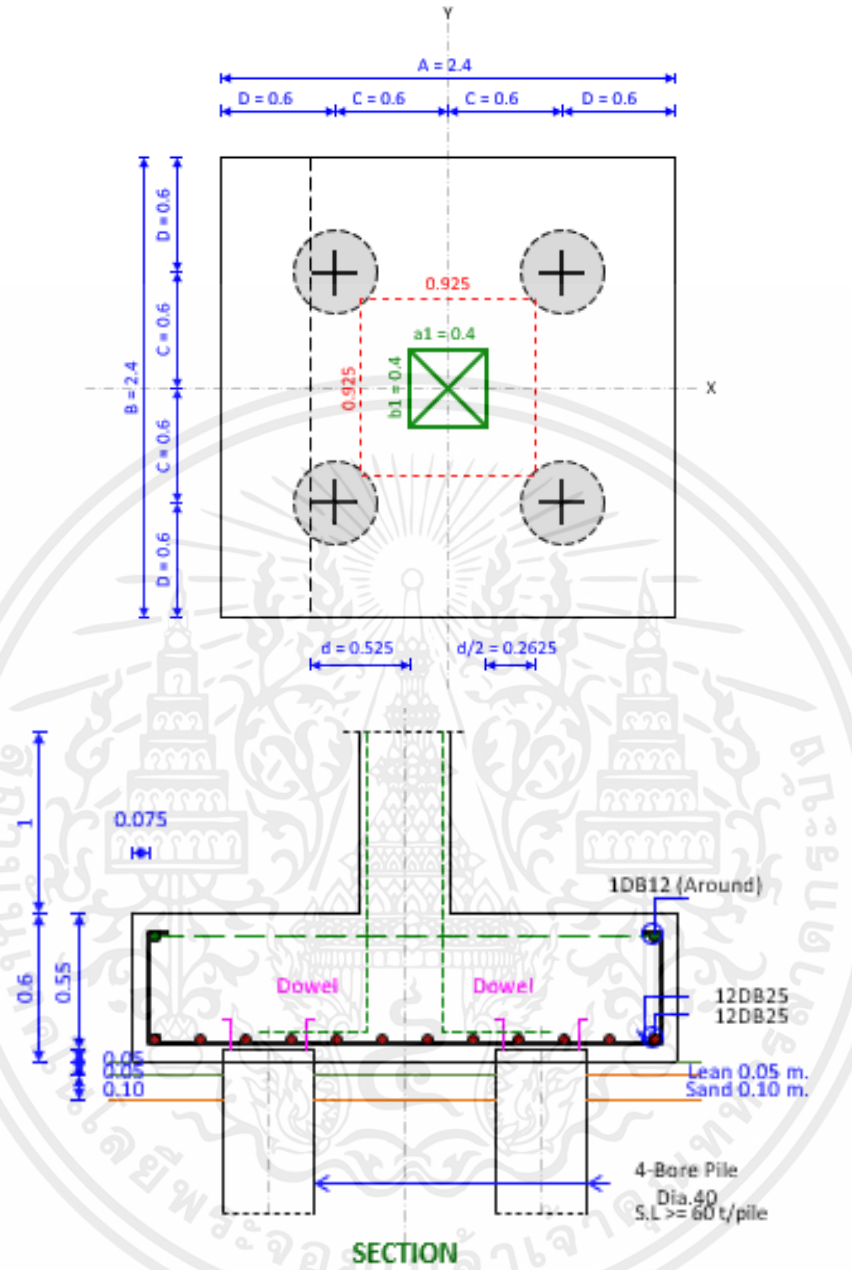


รูปที่ 3.23 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น



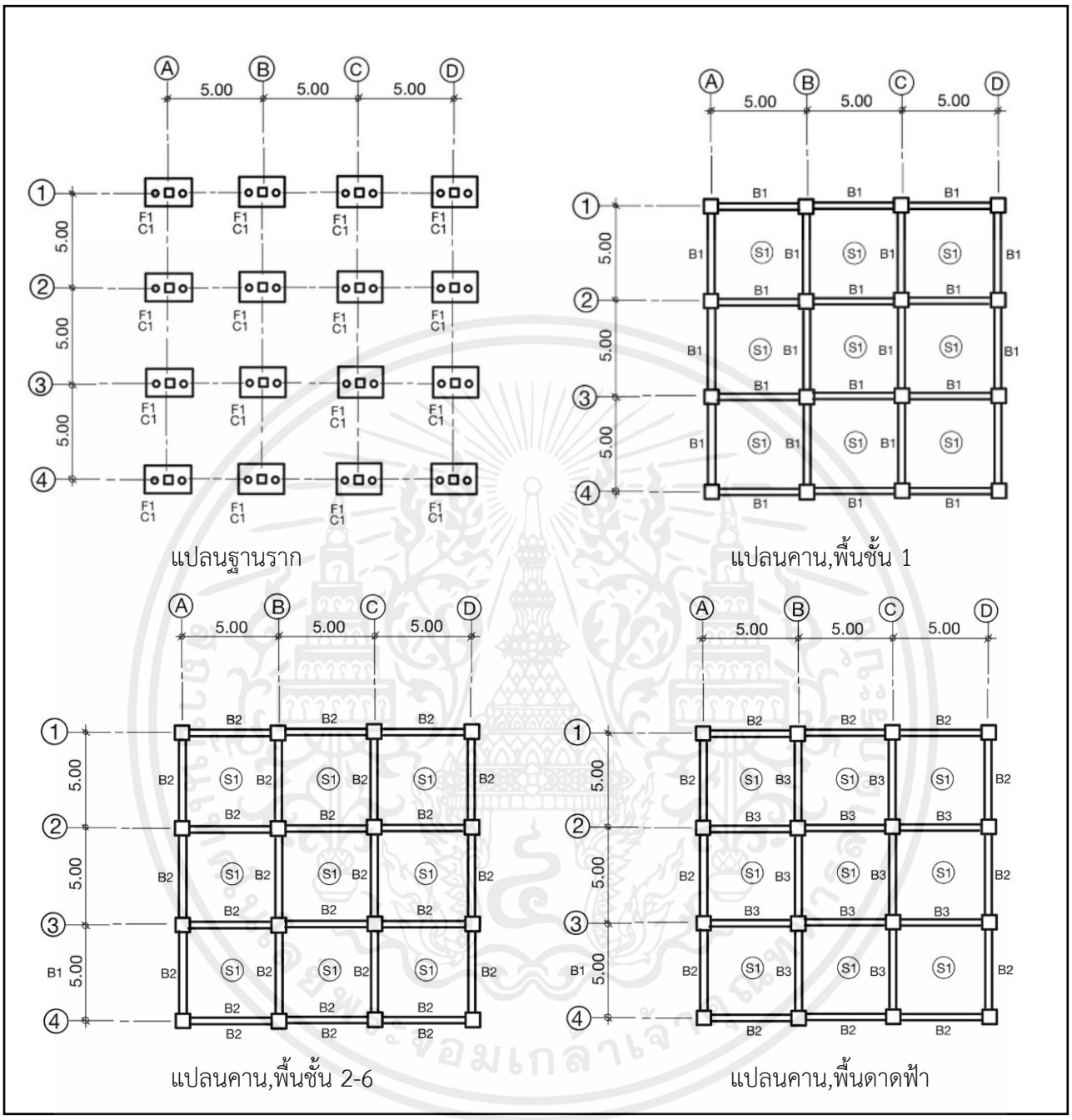
รูปที่ 3.24 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



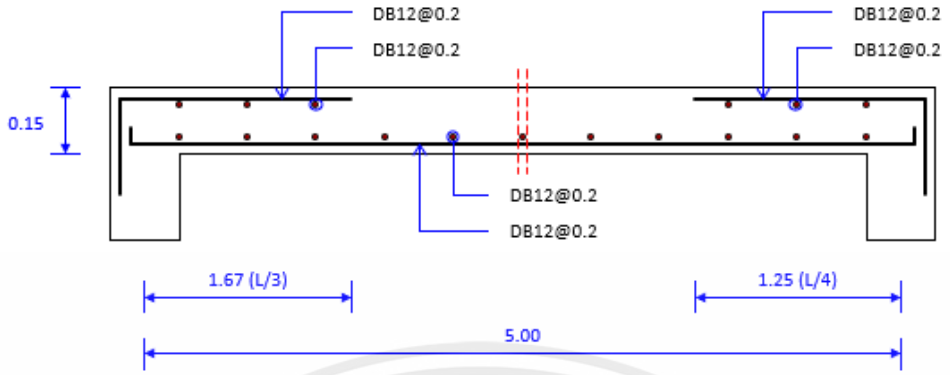
รูปที่ 3.25 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

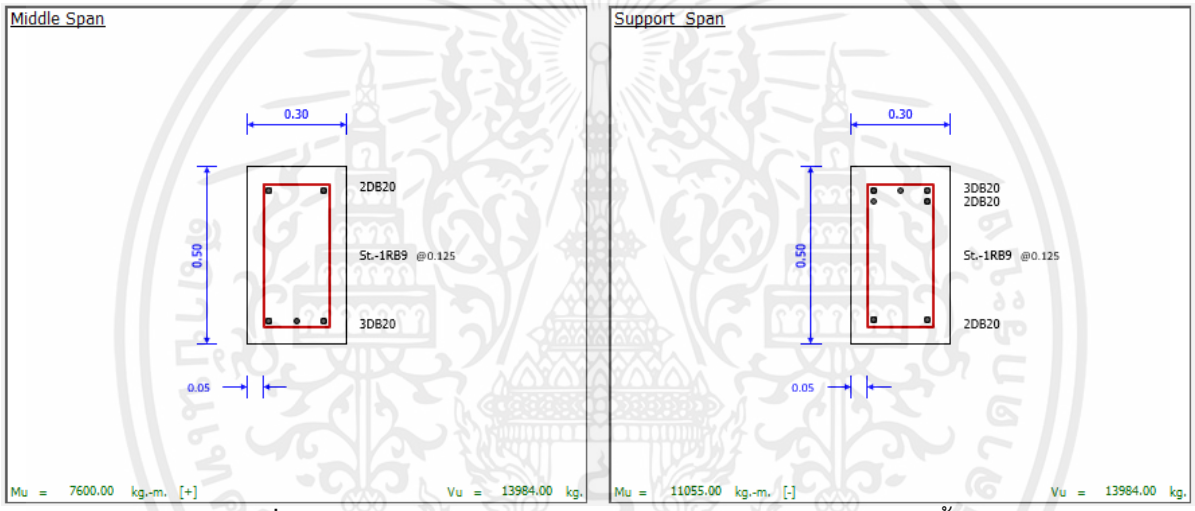


รูปที่ 3.26 แปลนคานและพื้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

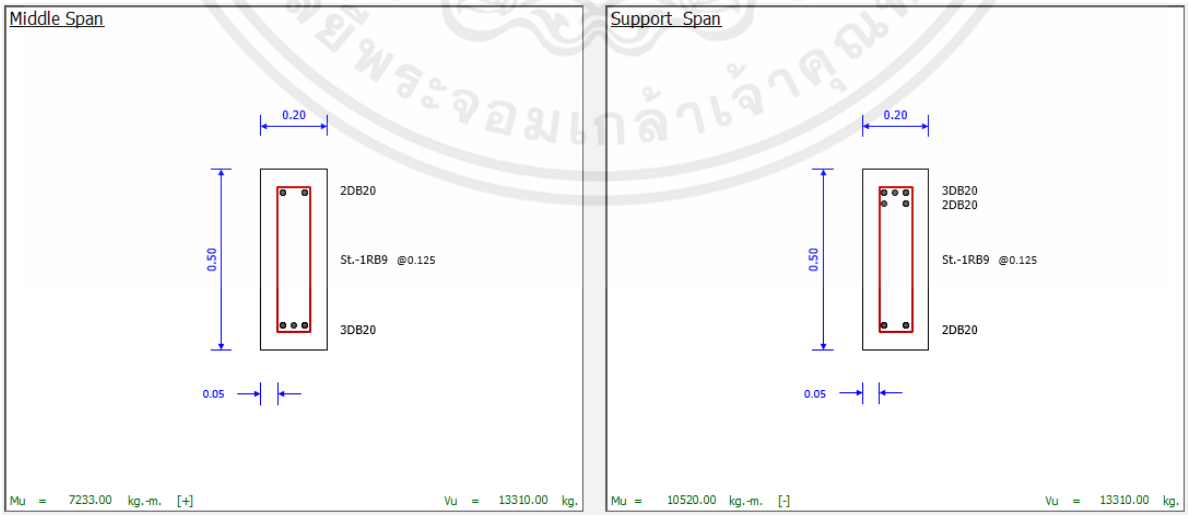
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แบบขยายพื้น S1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

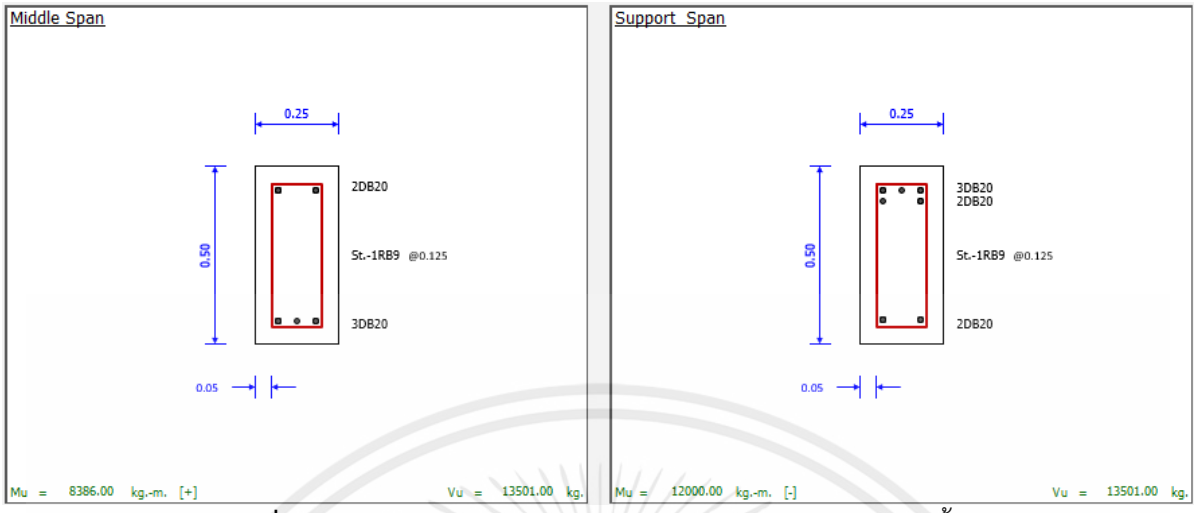


รูปที่ 3.28 แบบขยายคาน B1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

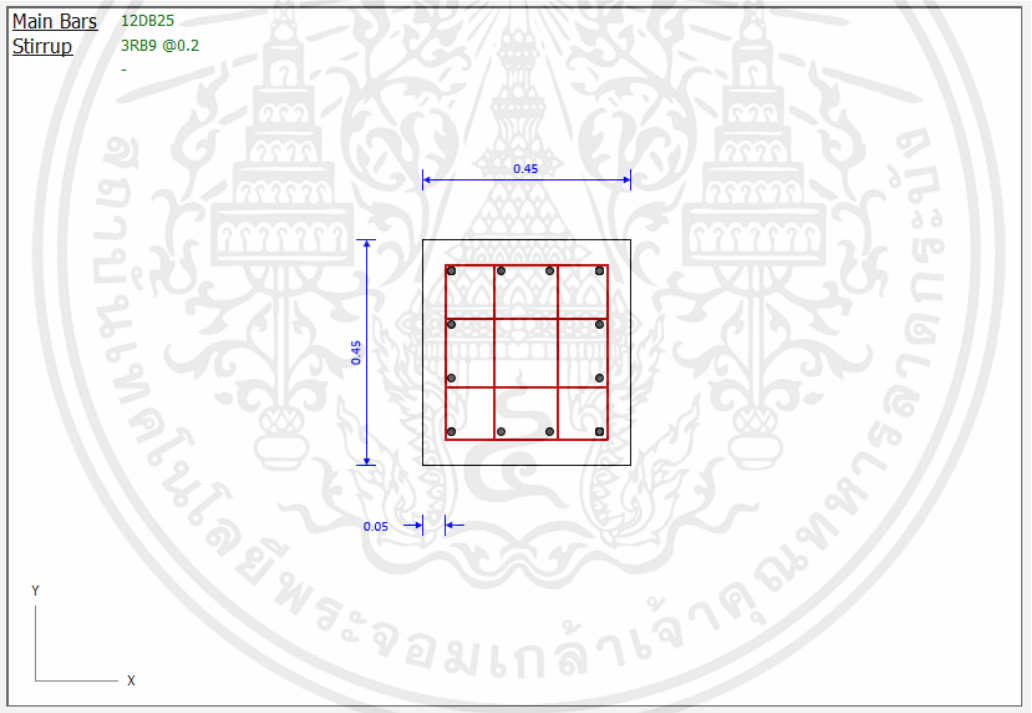


รูปที่ 3.29 แบบขยายคาน B2 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

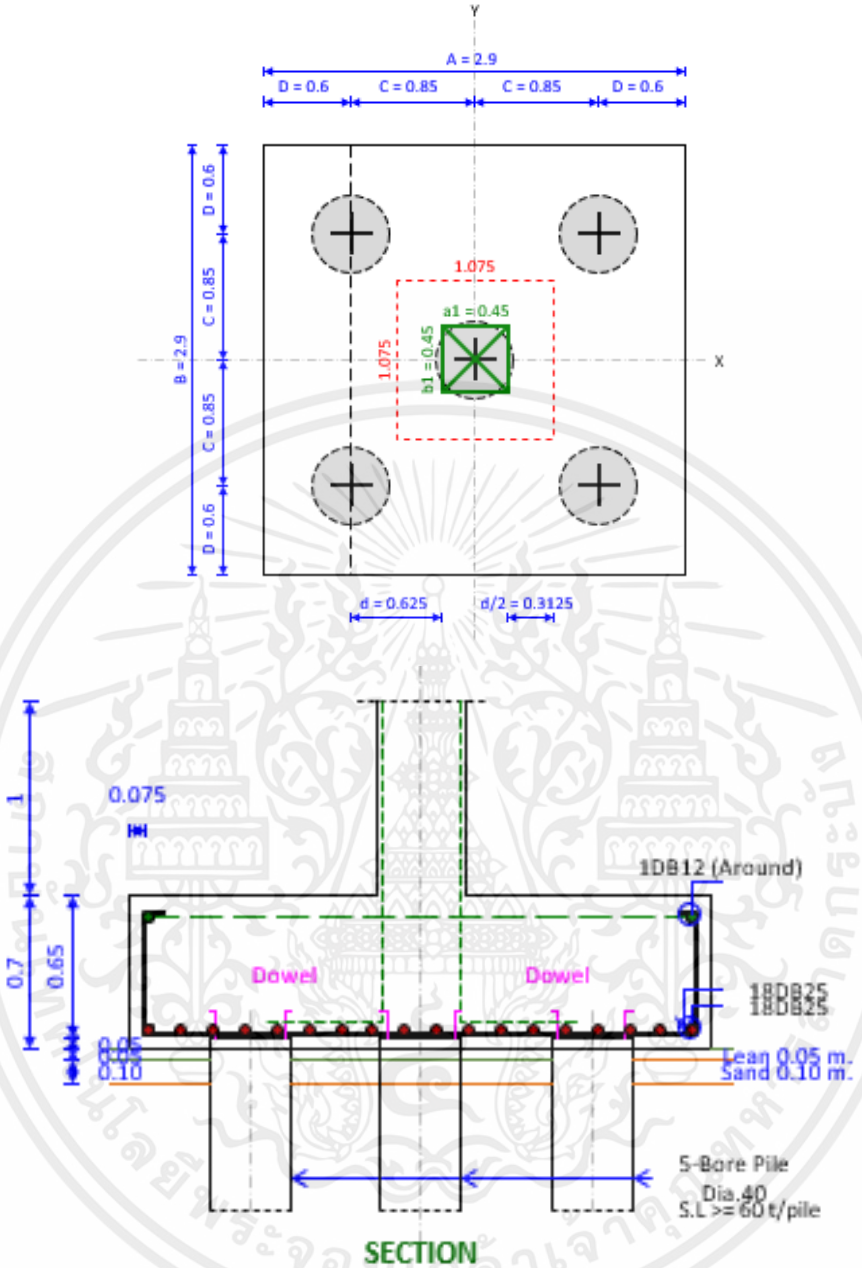


รูปที่ 3.30 แบบขยายคาน B3 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น



รูปที่ 3.31 แบบขยายเสา C1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 แบบขยายฐานราก F1 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยคิดแรงของแผ่นดินไหว

3.3.1 การเสริมเหล็กในคาน

ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในคานของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1.1 กำลังต้านโมเมนต์บวกที่ขอบของข้อต่อจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของกำลังต้านโมมนต์ลบที่ขอบของข้อต่อเดียวกัน นอกจากนี้กำลังต้านโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบที่หน้าตัดใด ๆ ตลอดความยาวคานจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในห้าของกำลังต้านโมเมนต์สูงสุดที่ขอบของข้อต่อที่ปลายทั้งสองของคาน

3.3.1.2 ภายในบริเวณปลายคานที่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะ 2 เท่าของความสึกคานจะต้องเสริมเหล็กปลอกที่มีระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่มากกว่าค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล

(2) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด

(3) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก

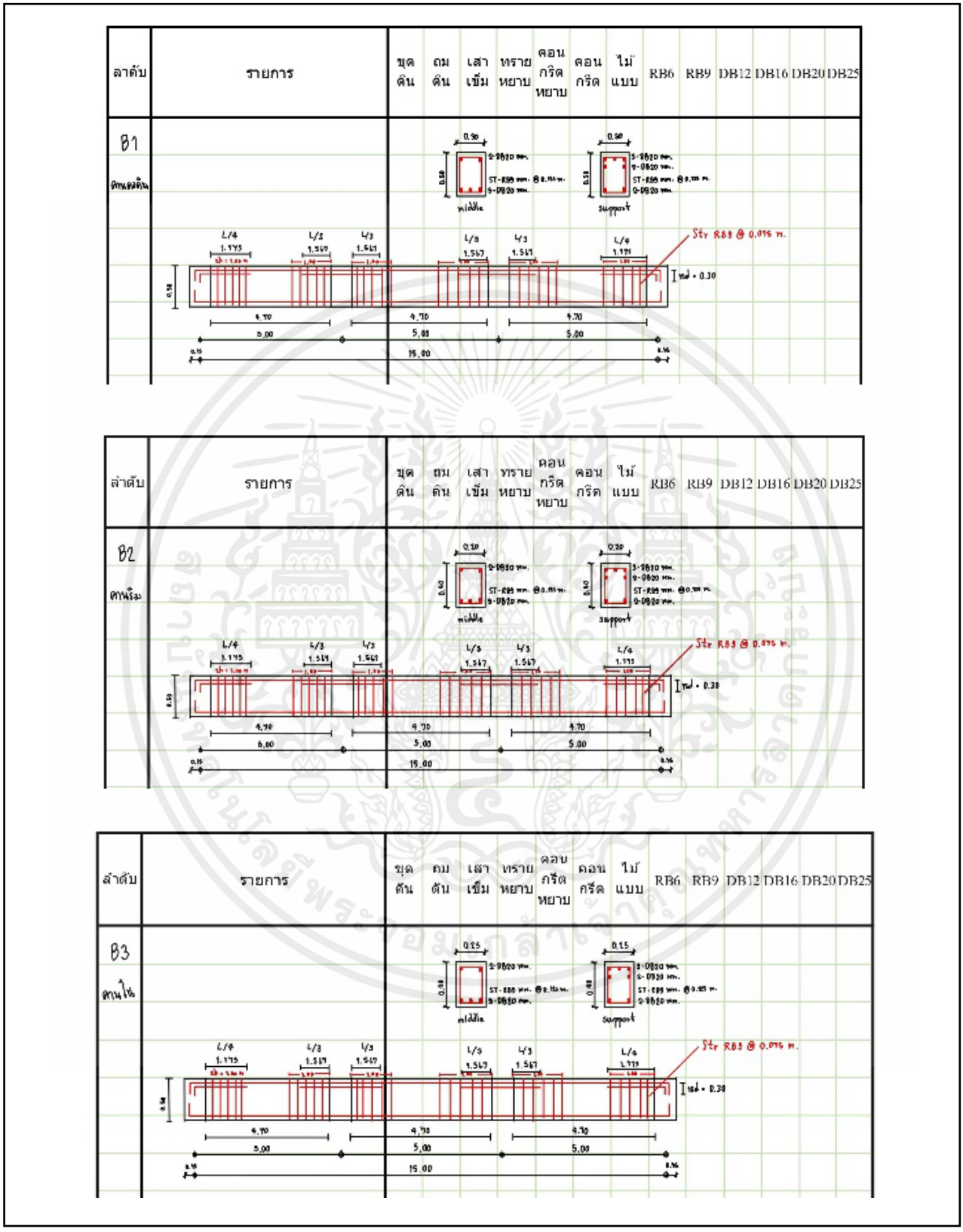
(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะอยู่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตร

3.3.1.3 ระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากข้อ 3.3.1.2 จะต้องไม่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิผล

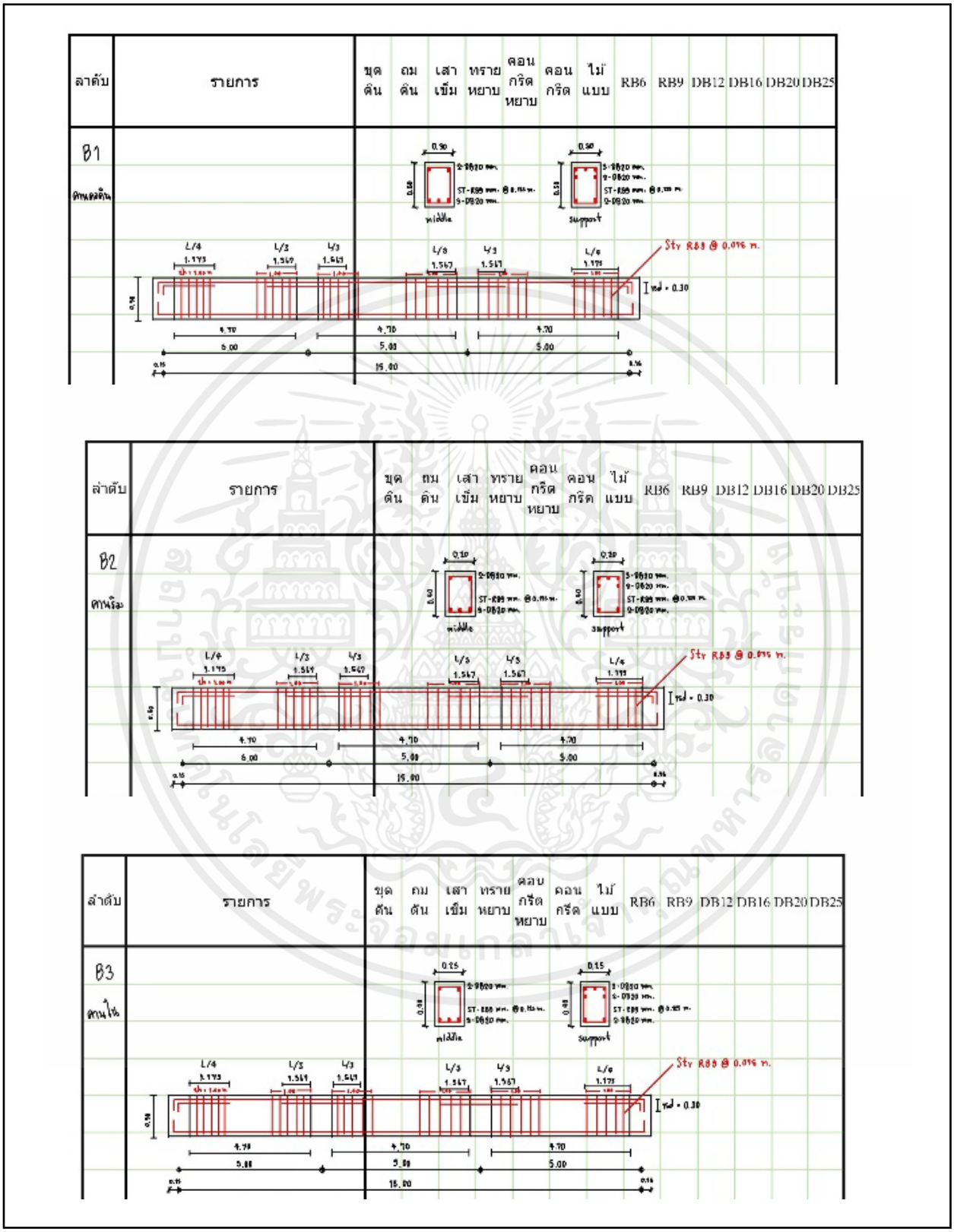
3.3.1.4 ควรหลีกเสี่ยงการทาบเหล็กเสริมตามยาวทั้งบนและล่างภายในระยะ 2 เท่าของความลึกคานเมื่อวัดจากขอบของจุดรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



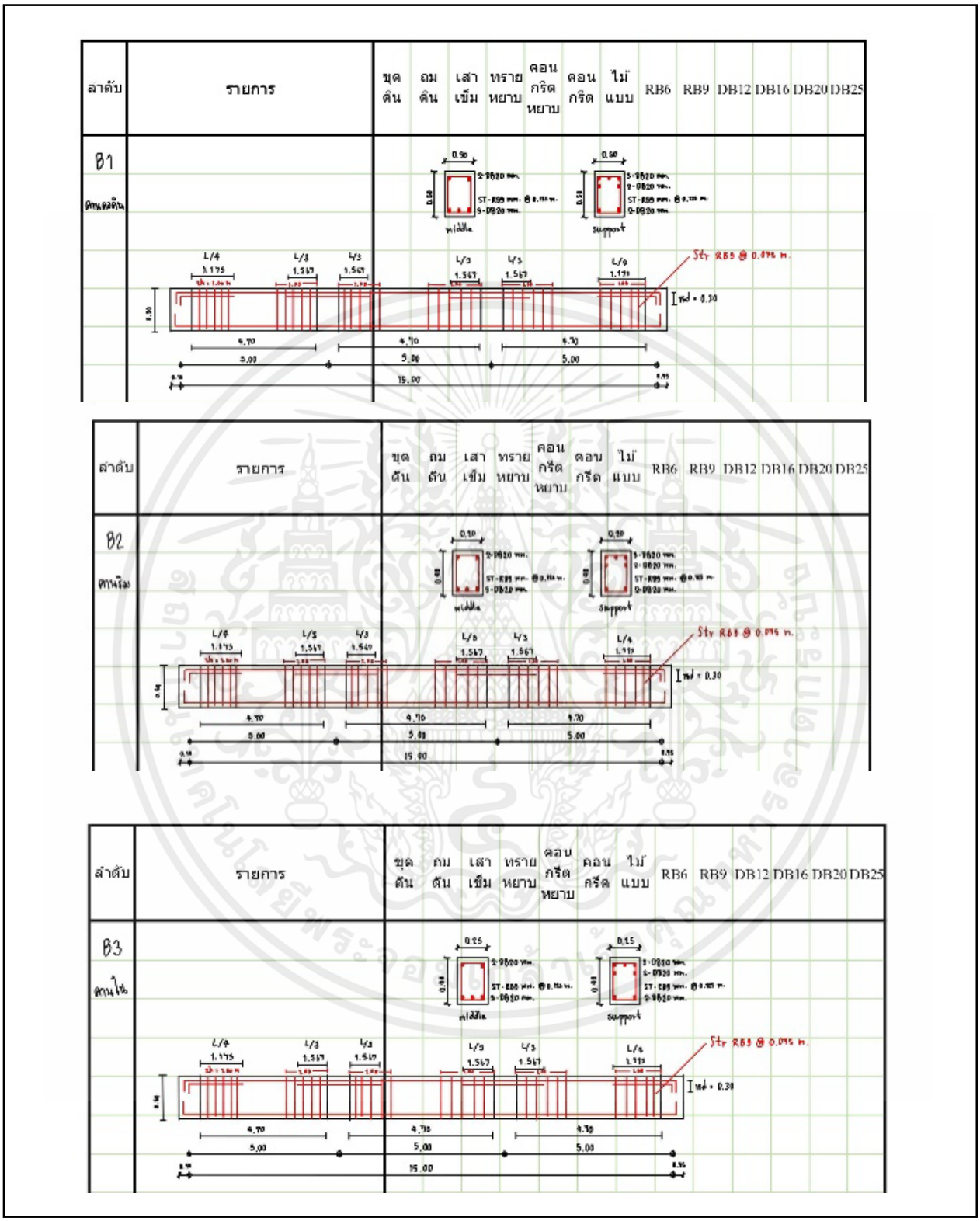
รูปที่ 3.33 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 การเสริมเหล็กในคาน ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเสริมเหล็กในเสา ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในเสาของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.2.1 ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะไม่มากกว่าระยะ s_0ตลอดความยาว l_0 ที่วัดจากขอบของข้อต่อเสา โดยที่ระยะ s_0 จะต้องไม่มากกว่าค่าที่น้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด

(2) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก

(3) ครึ่งหนึ่งของมิติที่เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา

(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะต้องอยู่ห่างจากขอบของข้อต่อเป็นระยะไม่มากกว่า $0.5s_0$

3.3.2.2 สำหรับความยาว l_0 ในข้อ 4.1 จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่มากที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 6 ของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา

(2) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา

(3) 500 มิลลิเมตร

3.3.2.3 ในกรณีเหล็กปลอกเกลียว การเสริมเหล็กให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการเสริมเหล็กองค์อาคารรับแรงอัดในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

3.3.2.4 ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นในกรณีแผ่นพื้นไร้คานจะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_v = \frac{1}{3}\frac{c_1 s}{f_y}$$

(หรือไม่น้อยกว่า $A_v = 3.5\frac{c_1 s}{f_y}$ สำหรับหน่วยเมตริก)

โดยที่เหล็กเสริมนี้จะต้องเสริมภายในเสาเป็นความลึกไม่น้อยกว่าความลึกของคานที่ลึกที่สุดที่ข้อต่อนั้น

ข้อยกเว้น ข้อต่อระหว่างเสาและคานหรือระหว่างเสาและแผ่นพื้นไร้คาน ที่ไม่ได้เป็นส่วนหลักของระบบรับแรงต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว และมีการยึดโคนเสาทั้ง 4 ด้านด้วยคานหรือแผ่นพื้นที่มีความลึกเท่ากันโดยประมาณ

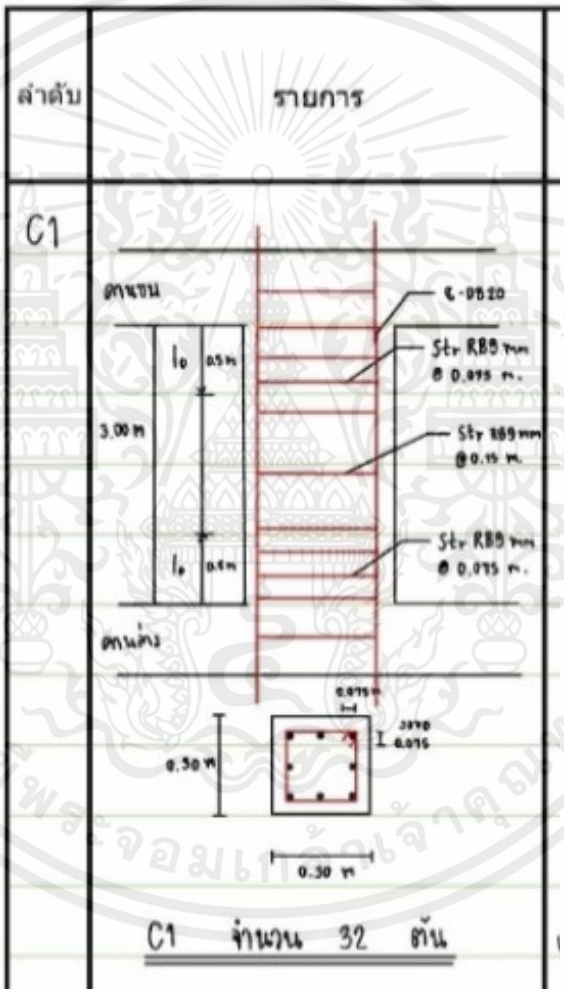
3.3.2.5 ระยะเรียงของเหล็กปลอกเตี่ยวในส่วนที่นอกเหนือจากข้อ 3.3.2.1 จะต้องไม่มากกว่า 2 เท่าของระยะ s_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.6 พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวของเสาจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 และไม่ควรมากกว่าร้อยละ 6 ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด

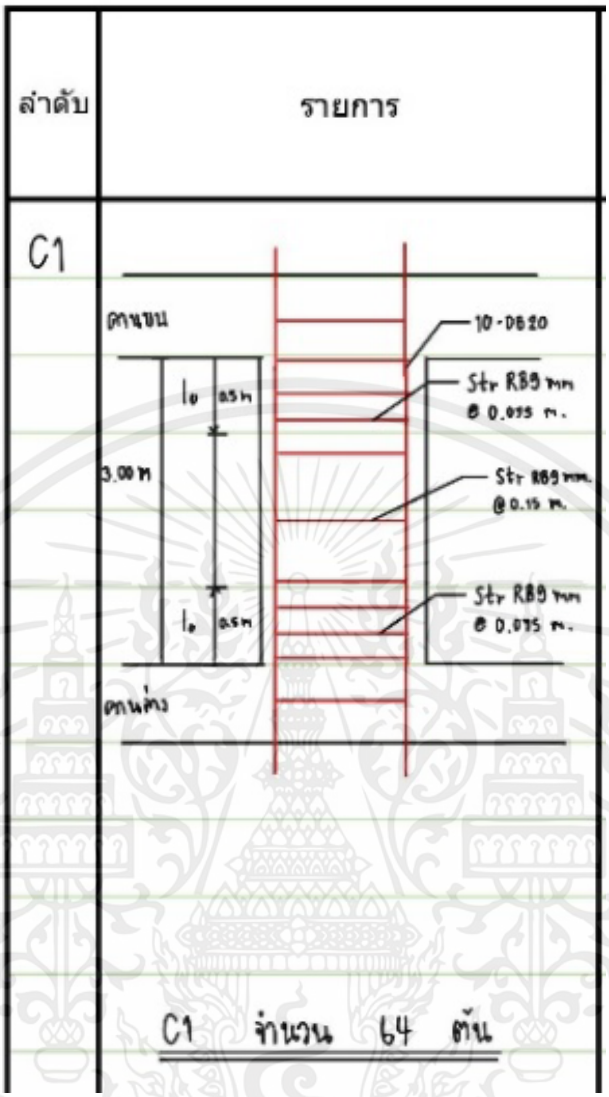
3.3.2.7 การต่อเหล็กเสริมในเสาควรต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา โดยวิธีการต่อเหล็กให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ

3.3.2.8 รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1.00 เมตร หากไม่จำเป็นไม่ควรต่อเหล็กเสริม



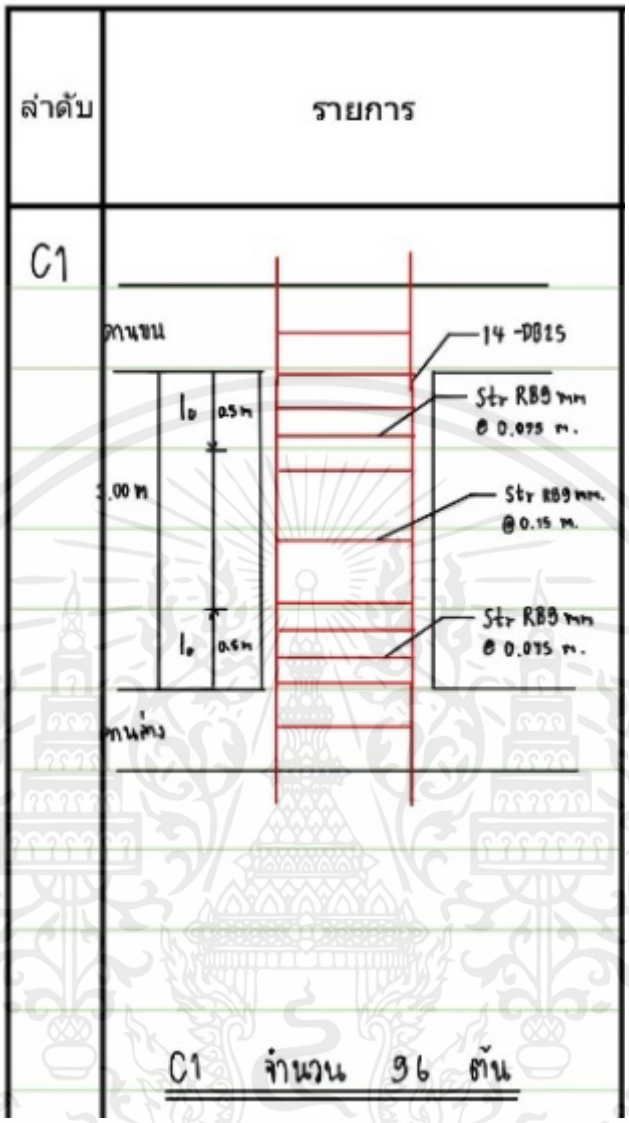
รูปที่ 3.36 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 การเสริมเหล็กในเสา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

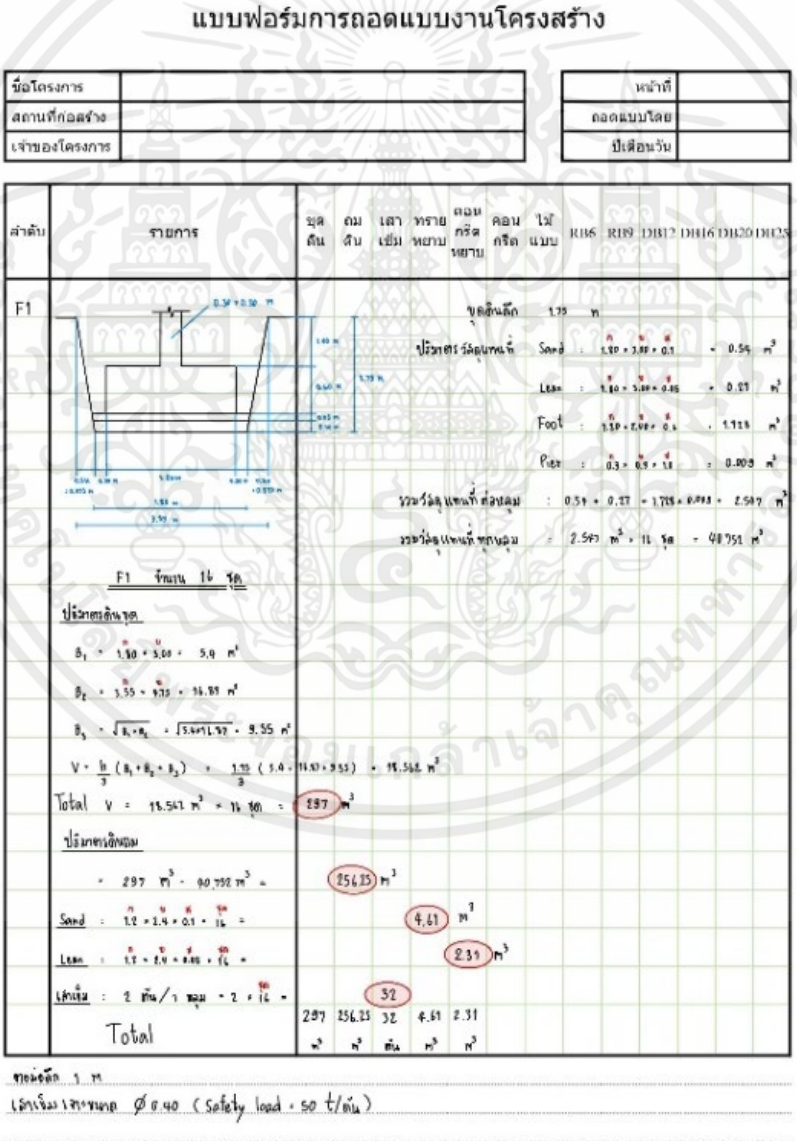
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การถอดแบบและประมาณราคาโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

นำรายละเอียดงานโครงสร้างที่ได้จากการออกแบบมาถอดปริมาณแบบละเอียด ตาม ว.ส.ท. โดยจะคำนวณตั้งแต่ปริมาตรดินขุด ดินถม จำนวนเสาเข็ม ปริมาตรทรายหยาบ ปริมาตรคอนกรีตหยาบ ปริมาตรคอนกรีตโครงสร้าง ปริมาตรไม้แบบ ปริมาณเหล็กเสริม ปริมาณเหล็กปลอก และปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

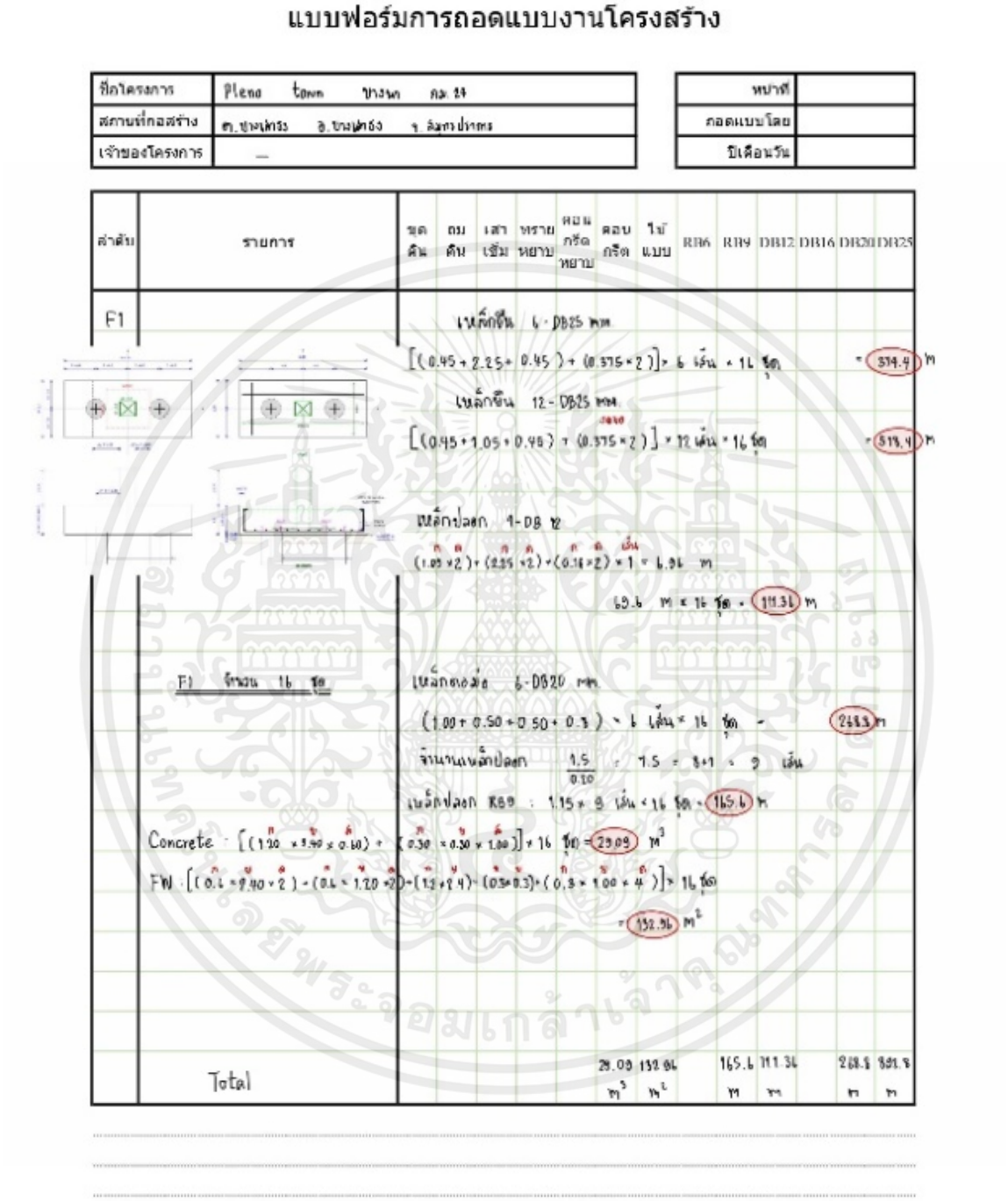
3.4.1 การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

ตัวอย่างการถอดแบบและคำนวณปริมาณงานโครงสร้างของอาคารที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว จะแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.39 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



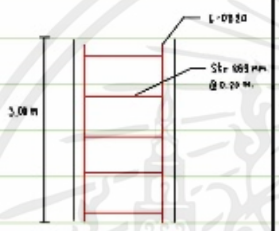
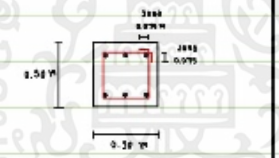
รูปที่ 3.40 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรัตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
C1	  C1 จำนวน 32 ต้น													
	Total									9.14 ม³	115.1 ม²	598.8 ม		729.6 ม

Concrete : (0.30 × 0.30 × 3.00) × 32 ต้น

= 8.64 ม³

FW : (0.3 × 4) × 3.00 × 32 ต้น

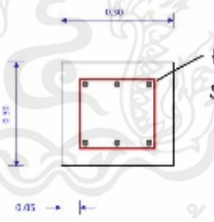
= 115.2 ม²

DB20 : (3.00 + 0.8) × 6 เส้น × 32 ต้น = 729.6 ม

จำนวนเหล็กปลอก : 3.00 / 0.20 × 15 × 15 × 1 × 16 เส้น

เหล็กปลอก (RB9) : [(0.25 × 4) + (0.075 × 2)] = 1.15 ม

1.15 ม × 16 เส้น × 32 ต้น = 598.8 ม



Covering เสา = 5 cm

รูปที่ 3.41 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

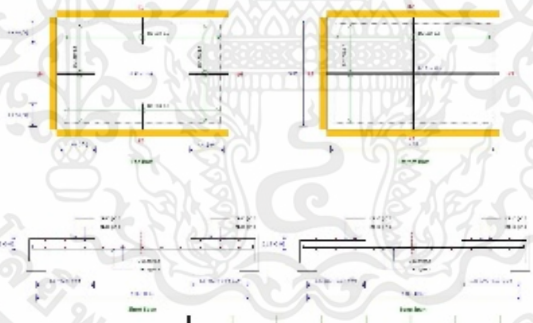
พื้นชั้น 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม² จำนวนเหล็กปั้น : 5/0.15 = 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 × 26 × 9 ชุด = 1938 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 × 26 × 9 ชุด = 2481 ม													
	Total						33.75 ม³	27 ม²			9419 ม			



รูปที่ 3.42 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

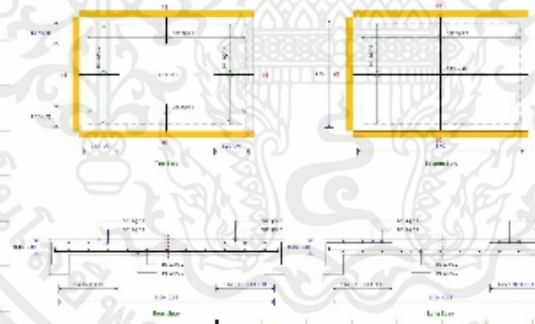
ชั้นชั้น 2 - ชั้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 67.5 ม.³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5×5)] × 9 ชุด × 2 ชั้น = 504 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.20 × 25 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กเส้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 × 24 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 3,196 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 × 24 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 4,961 ม.													
	Total										8,157 ม.			



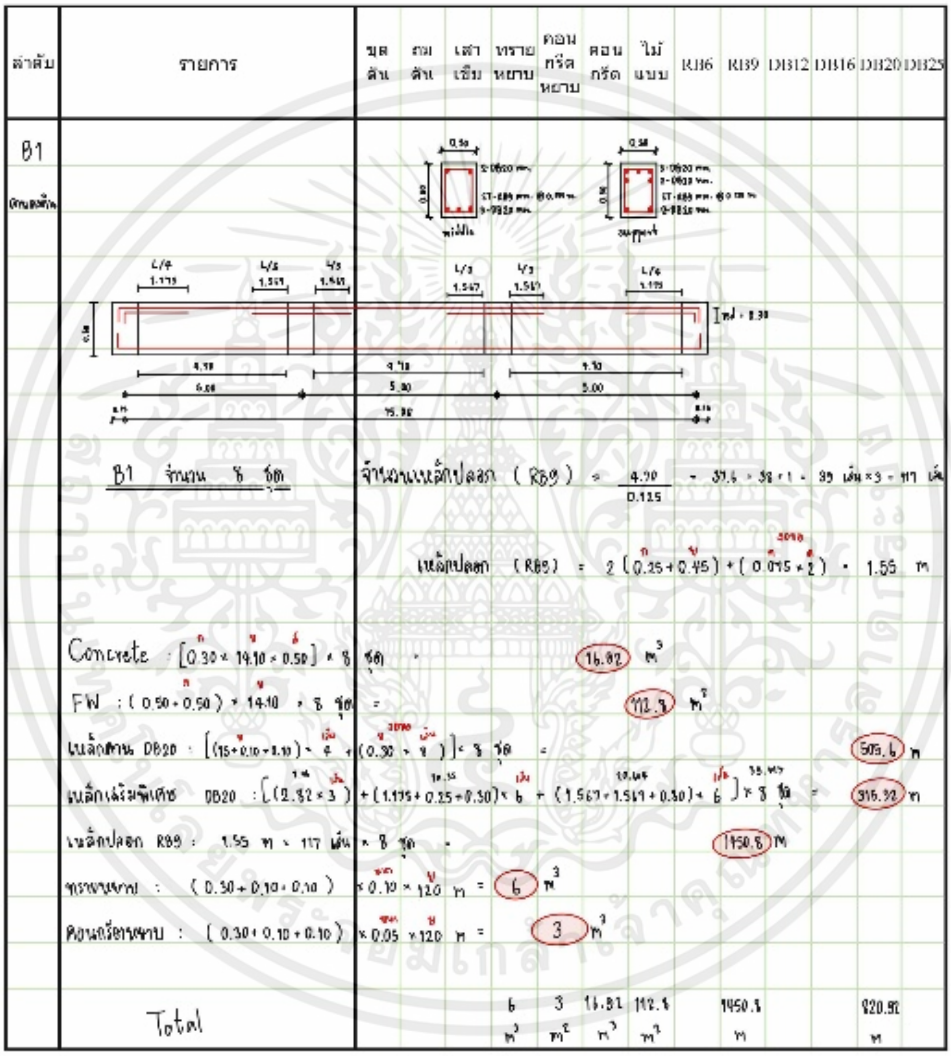
รูปที่ 3.43 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



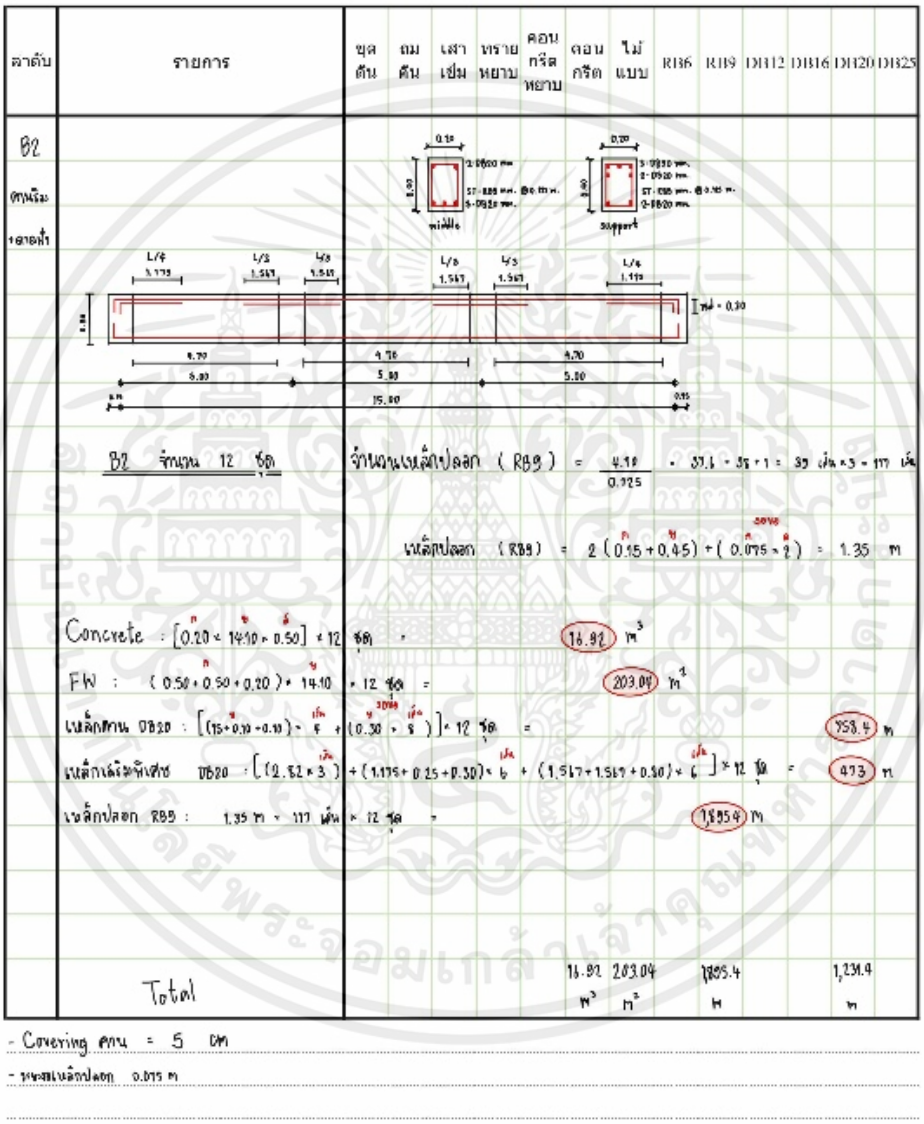
รูปที่ 3.44 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



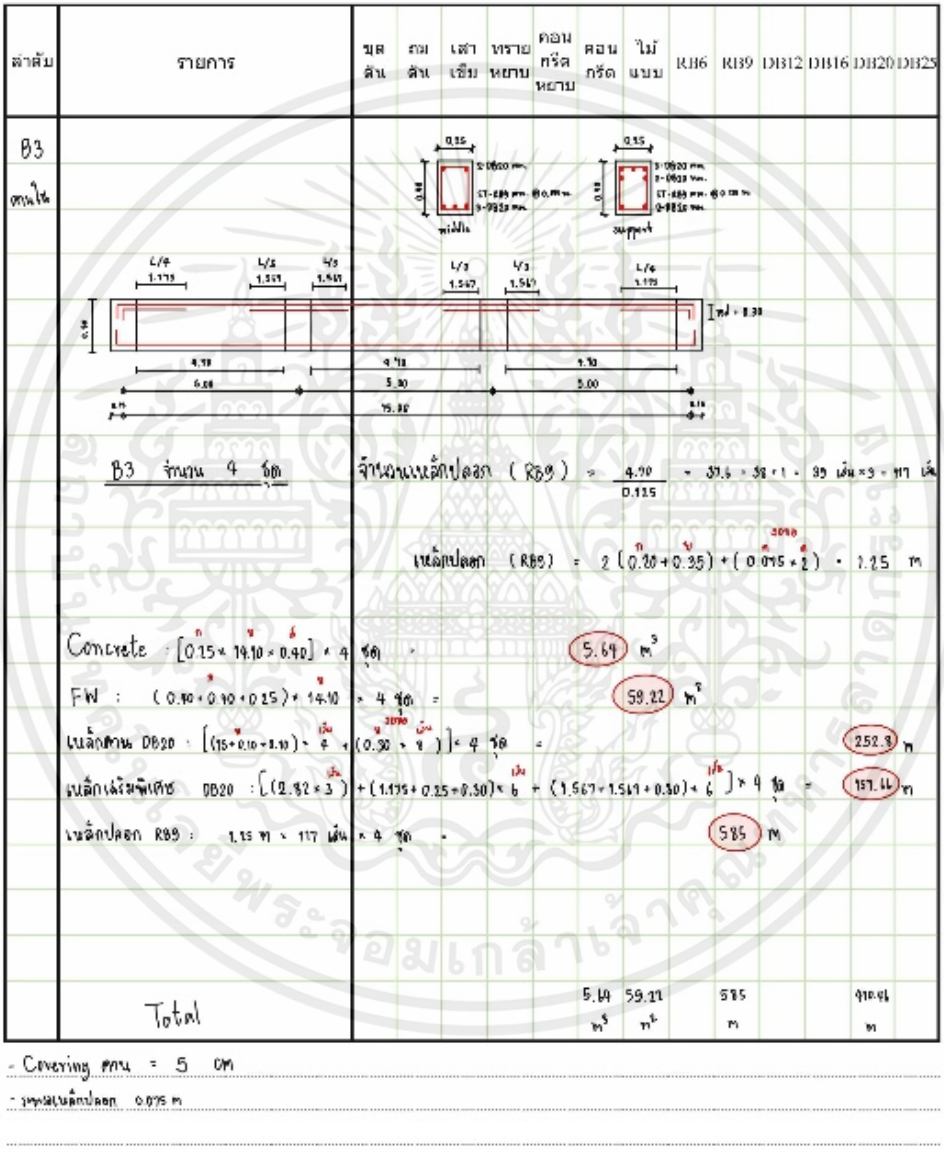
รูปที่ 3.45 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือนวัน	



รูปที่ 3.46 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

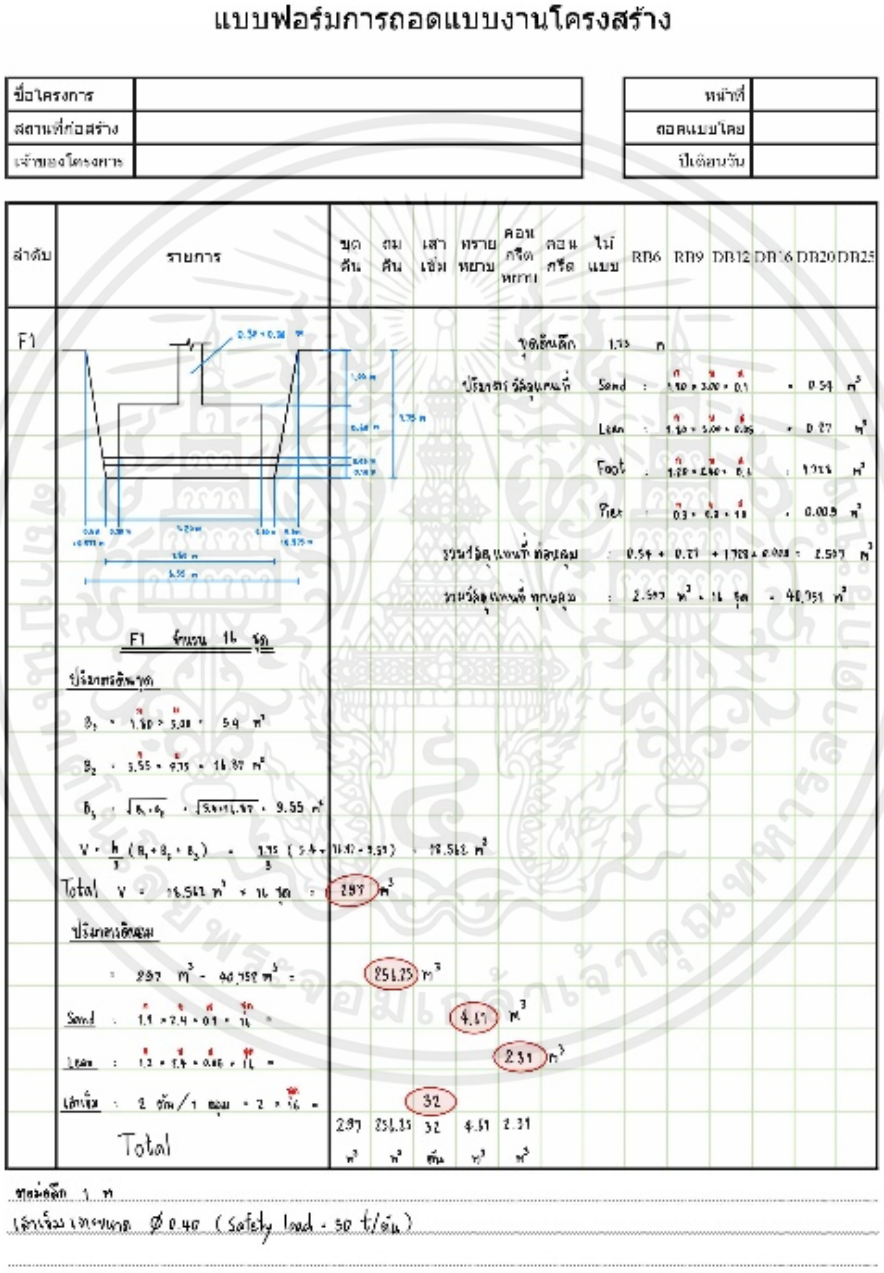
ลำดับ	รายการ
อิฐมวลเบา	พื้นที่ผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 2 ชั้น = 720 ม.² ใช้ 720 / (0.1 × 0.6) = 6,000 ก้อน เผื่อ 5% = 6,000 × 1.05 = 6,300 ก้อน

รูปที่ 3.47 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว

ตัวอย่างการถอดแบบและคำนวณปริมาณงานโครงสร้างของอาคารที่คิดแรงแผ่นดินไหว จะแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.48 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

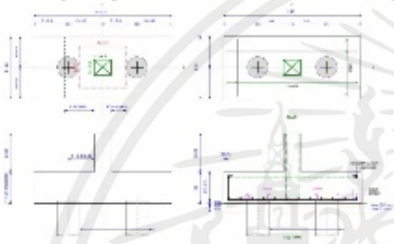
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Plano โดยการ ปางพุด ตอน 34
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางเคียง อ. ปางเคียง จ. ลำพูนปางพุด
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ชุดต่อ	ลบต่อ	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														



เหล็กเส้นกลม 6 - RB6 mm.

[(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.315 × 2)] × 6 เส้น × 16 ชุด = 379.4 m

เหล็กเส้น 12 - DB25 mm.

[(0.45 + 1.05 + 0.45) + (0.315 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 513.9 m

เหล็กปลอก 9 - DB 12

(1.05 × 2) + (2.25 × 2) + (0.15 × 2) × 1 = 6.84 m

69.6 m × 16 ชุด = 111.36 m

F1 จำนวน 16 ชุด

เหล็กลงมุม 6 - DB20 mm.

(1.00 + 0.50 + 0.50 + 0.6) × 6 เส้น × 16 ชุด = 268.8 m

จำนวนเหล็กปลอก $\frac{1.0}{0.15}$ = 6.67 + 1 = 8 เส้น

$\frac{0.5}{0.315}$ = 1.61 + 1 = 3 เส้น

เหล็กปลอก RB6 : 1.15 × 16 เส้น × 16 ชุด = 294.9 m

Concrete : [(1.20 × 2.40 × 0.40) + (0.30 × 0.30 × 1.80)] × 16 ชุด = 29.05 m³

FW : [(0.1 × 2.40 × 2) + (0.1 × 1.20 × 2) + (1.2 × 1.4) - (0.3 × 0.3) + (0.3 × 1.80 × 4)] × 16 ชุด

= 192.96 m²

Total	29.05 m³	192.96 m²	294.9 m	111.36 m	268.8 m	891.9 m	

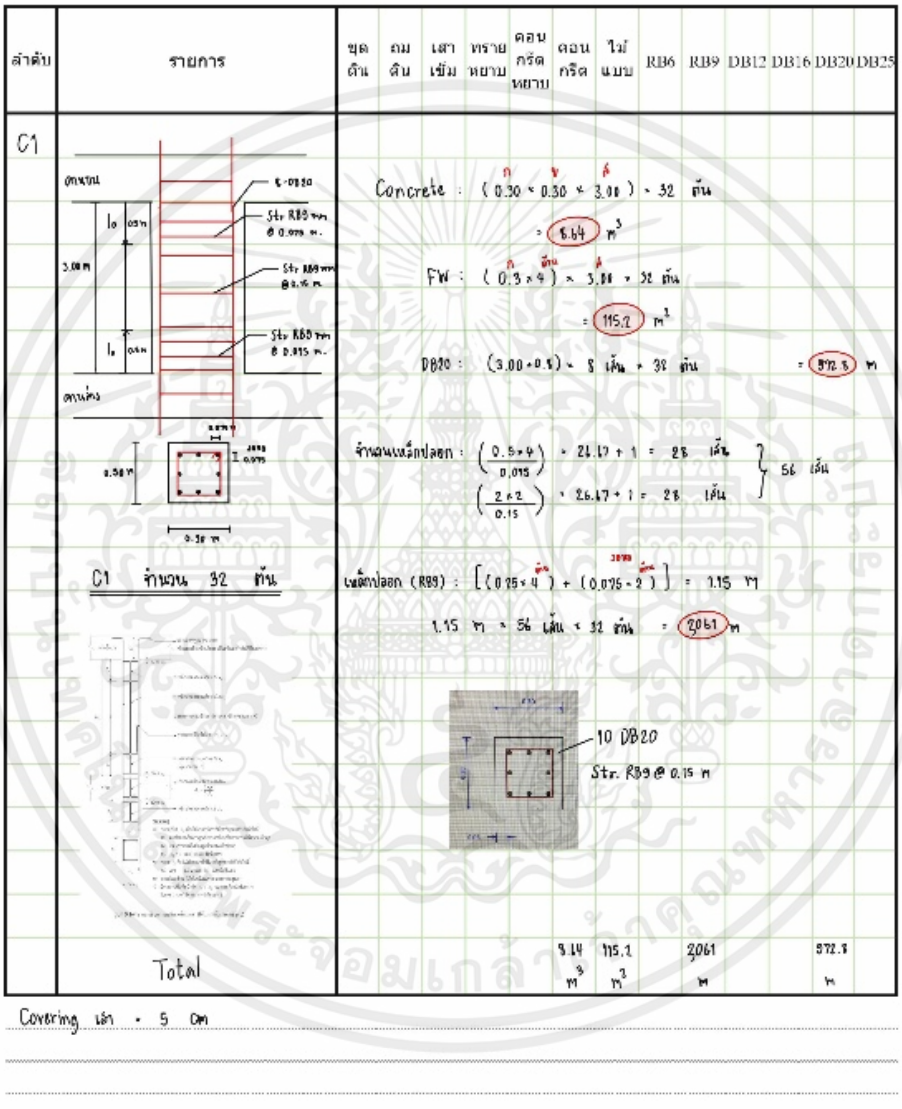
รูปที่ 3.49 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ 3.50 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

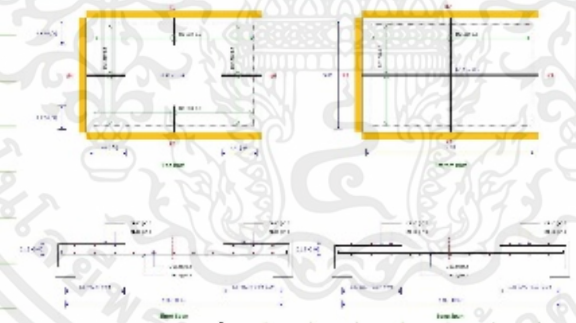
ชั้นที่ 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม.³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5/0.15 = 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม.													
	Total						33.75 ม.³	27 ม.²			4419 ม.			



รูปที่ 3.51 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

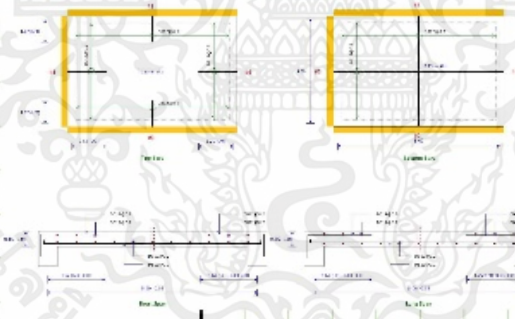
พื้นชั้น 2 - พื้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 67.5 ม³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5 × 5)] × 9 ชุด × 2 ชั้น = 504 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.20 × 25 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 25 เส้น × 9 ชุด × 2 ชั้น = 3,996 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 24 เส้น × 9 ชุด × 2 ชั้น = 4,961 ม													
Total							67.5 ม³	504 ม²			8,957 ม			



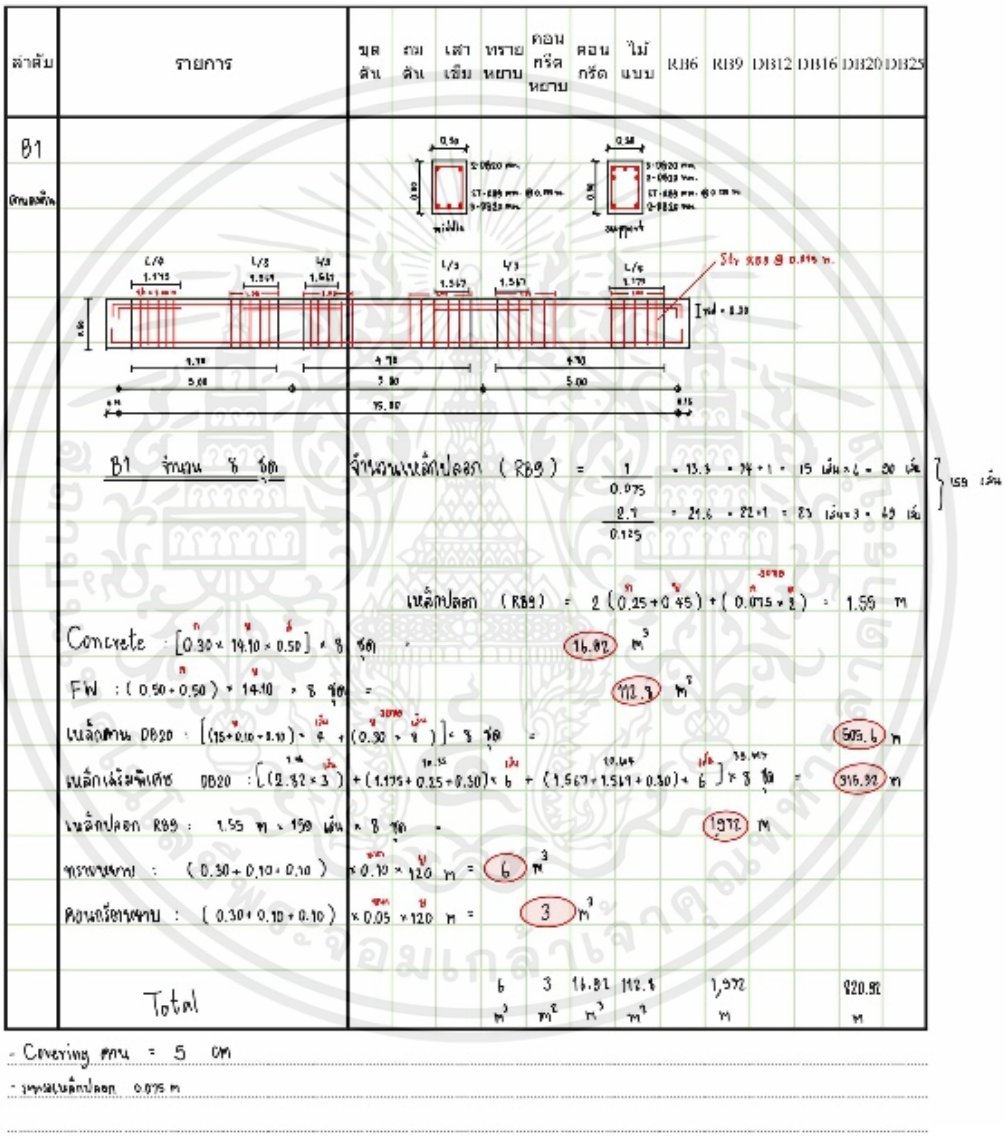
รูปที่ 3.52 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือนวัน	



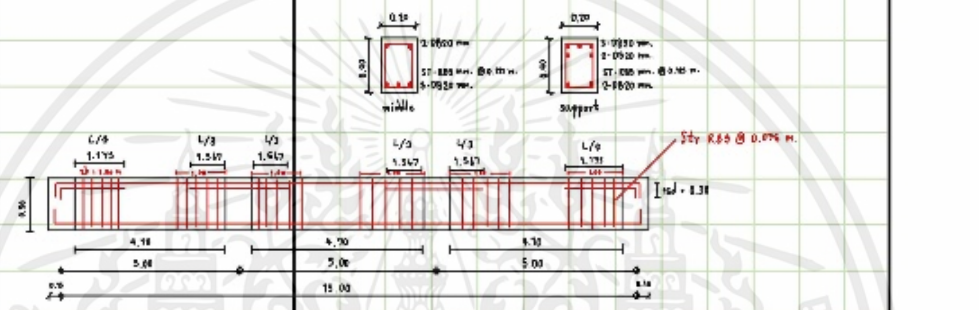
รูปที่ 3.53 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
B2 คานเรียบ														
	B2 จำนวน 12 ชุด									จำนวนเหล็กปลอก (RB9) = 1/0.075 = 13.3 ≈ 14+1 = 15 เส้น×4 = 60 เส้น 2.7/0.125 = 21.6 ≈ 23+1 = 25 เส้น×3 = 69 เส้น รวม 129 เส้น เหล็กปลอก (RB9) = 2(0.15+0.45)+(0.075×2) = 1.35 ม.					
	Concrete : [0.20×14.10×0.50]×12 ชุด =						16.92 ม³							
	FW : (0.50+0.50+0.20)×14.10×12 ชุด =							203.04 ม²						
	เหล็กคาน DB20 : [(15+0.10+0.10)×4 เส้น + (0.30×2)×5 เส้น]×12 ชุด =												753.4 ม.	
	เหล็กเสริมพิเศษ DB20 : [(2.82×3 เส้น) + (1.175+0.25+0.30)×6 เส้น + (1.547+1.567+0.36)×6 เส้น]×12 ชุด =												473 ม.	
	เหล็กปลอก RB9 : 1.35 ม. × 159 เส้น × 12 ชุด =									2,575.8 ม.				
	Total						16.92 ม³	203.04 ม²		2,575.8 ม.			1,226.4 ม.	

- Covering คาน = 5 ซม.
- ระยะเหล็กปลอก 0.075 ม.

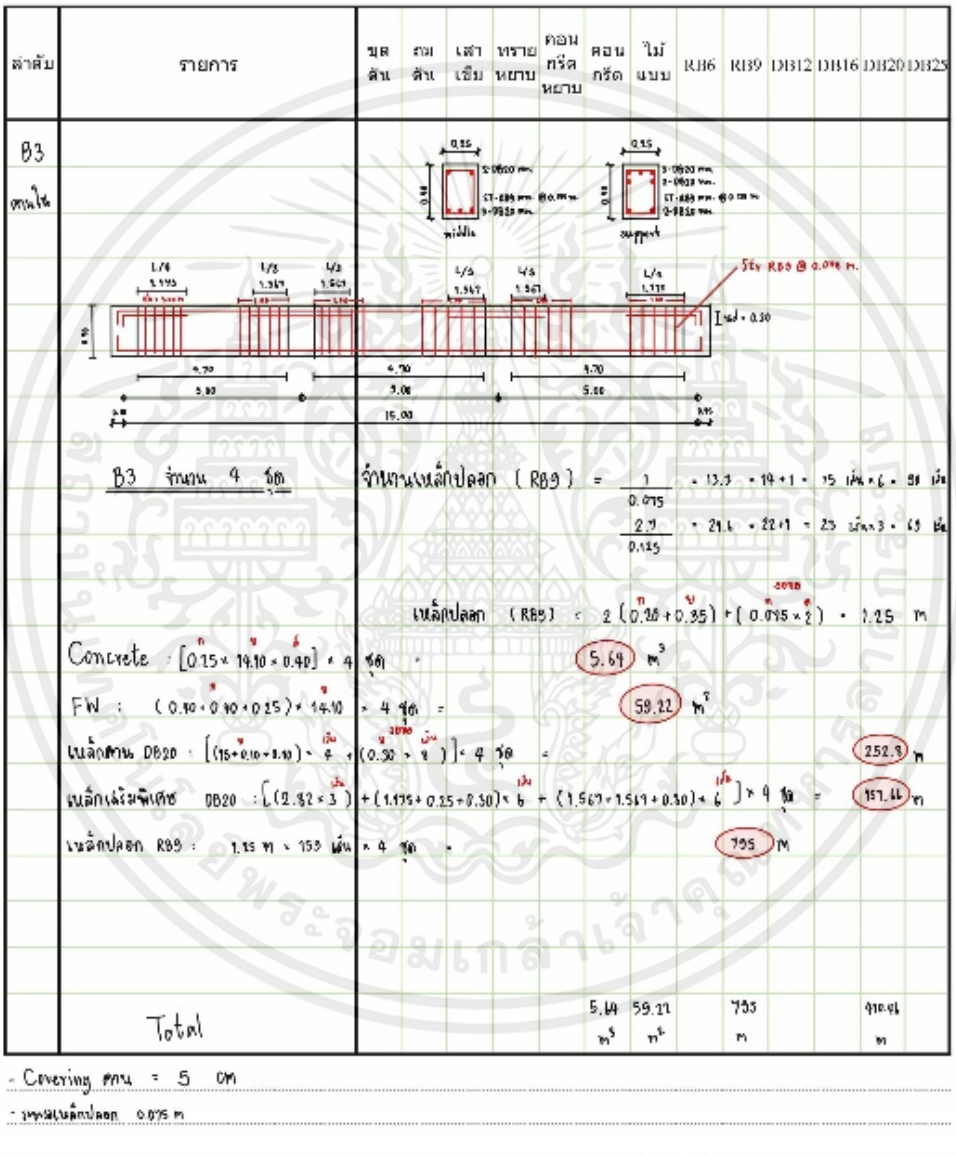
รูปที่ 3.54 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

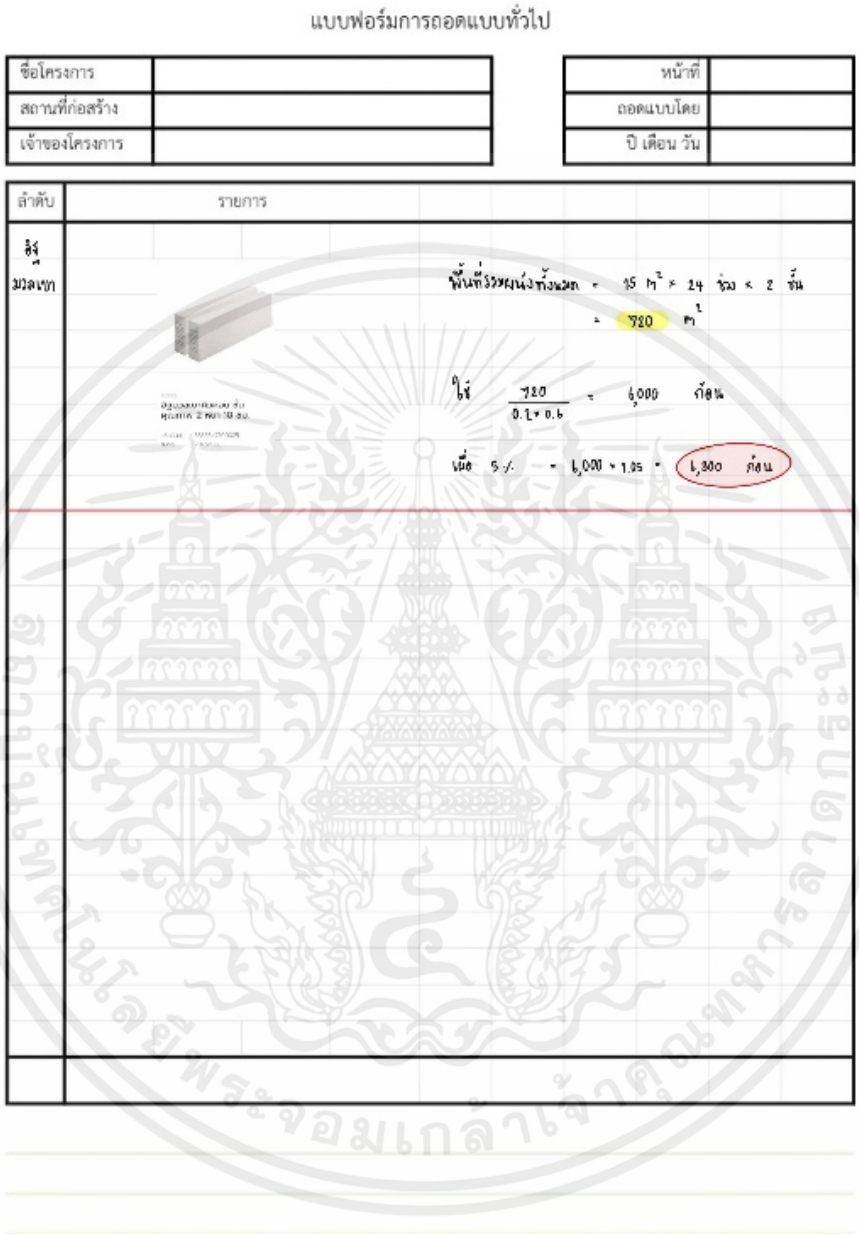
ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ 3.55 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.56 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการถอดแบบโครงสร้างทั้งหมดแล้ว ทำให้สรุปปริมาณงานโครงสร้างได้ดังรูปนี้

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 2 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	297	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	32	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	178.460	ลบ.ม.
ไม้แบบ	1154.220	ตร.ม.
ทรายหยาบ	10.610	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	5.310	ลบ.ม.
RB9	4685.600	ม.
DB12	13367.360	ม.
DB20	3461.180	ม.
DB25	892.800	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	720.000	ตร.ม.

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 4 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	427.68	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	64	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	319.370	ลบ.ม.
ไม้แบบ	2178.420	ตร.ม.
ทรายหยาบ	15.220	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	7.610	ลบ.ม.
RB9	8175.200	ม.
DB12	22240.440	ม.
DB20	6409.300	ม.
DB25	1497.600	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	1440.000	ตร.ม.

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 6 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	588.16	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	80	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	476.610	ลบ.ม.
ไม้แบบ	3230.460	ตร.ม.
ทรายหยาบ	19.460	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	9.730	ลบ.ม.
RB9	15938.800	ม.
DB12	31108.280	ม.
DB20	5747.220	ม.
DB25	7833.600	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	2160.000	ตร.ม.

รูปที่ 3.57 สรุปปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 2 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	297	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	32	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	178.460	ลบ.ม.
ไม้แบบ	1097.820	ตร.ม.
ทรายหยาบ	10.610	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	5.310	ลบ.ม.
RB9	7698.200	ม.
DB12	13367.360	ม.
DB20	3704.380	ม.
DB25	892.800	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	720.000	ตร.ม.

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 4 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	427.68	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	64	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	319.370	ลบ.ม.
ไม้แบบ	2178.420	ตร.ม.
ทรายหยาบ	15.220	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	7.610	ลบ.ม.
RB9	14601.800	ม.
DB12	22240.440	ม.
DB20	6895.700	ม.
DB25	1497.600	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	1440.000	ตร.ม.

ปริมาณงานโครงสร้าง อาคาร 6 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย
งานขุดดิน	588.16	ลบ.ม.
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	80	ต้น
คอนกรีต 240 ksc	476.610	ลบ.ม.
ไม้แบบ	3230.460	ตร.ม.
ทรายหยาบ	19.460	ลบ.ม.
คอนกรีตหยาบ	9.730	ลบ.ม.
RB9	38043.800	ม.
DB12	31108.280	ม.
DB20	5747.220	ม.
DB25	8601.600	ม.
อิฐมวลเบา 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	2160.000	ตร.ม.

รูปที่ 3.58 สรุปปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การประมาณราคางานก่อสร้าง

โดยการประมาณราคาจะอ้างอิงราคากลาง จากบัญชีค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงประจำปี 2566 ของ ส.พ.ฐ. โดยจะนำปริมาณงานที่ได้จากการถอดแบบมา ในขั้นตอนที่ 3.1 มาคูณกับราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานเพื่อคำนวณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ดังรูปต่อไปนี้

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม	
งานขุดดินฐานราก	297.000	ลบ.ม.	-	99	-	29,403.00	29,403.00	
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	32	ต้น	22,500.00	-	720,000.00	-	720,000.00	
คอนกรีต 240 ksc	178.460	ลบ.ม.	2,420.00	485	431,873.20	86,553.10	518,426.30	
ไม้แบบ	1,154.220	ลบ.ฟ.	400.00	133	461,688.00	59,850.00	521,538.00	
ทรายหยาบ	10.610	ลบ.ม.	495.00	91	5,251.95	965.51	6,217.46	
คอนกรีตหยาบ	5.310	ลบ.ม.	1,610.00	398	8,549.10	2,113.38	10,662.48	
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	2.502	ตัน	26,800.00	4,100	67,047.77	10,257.31	77,305.08	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	12.939	ตัน	26,500.00	3,300	342,871.18	42,697.17	385,568.35	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	9.490	ตัน	26,166.00	2,900	248,302.71	27,519.60	275,822.31	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	3.953	ตัน	26,166.00	2,900	103,430.85	11,463.33	114,894.18	
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	720.000	ตร.ม.	376.00	60	270,720.00	43,200.000	313,920.00	
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	2,973,757.15	บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,608.35	บาท/ตร.ม.

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม	
งานขุดดินฐานราก	427.680	ลบ.ม.	-	99	-	42,340.32	42,340.32	
เสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.40x21.00 ม.	64	ต้น	22,500.00	-	1,440,000.00	-	1,440,000.00	
คอนกรีตผสมเสร็จ 240 ksc.	319.370	ลบ.ม.	2,420.00	485	772,875.40	154,894.45	927,769.85	
ไม้แบบ	2,178.420	ลบ.ฟ.	400.00	133	871,368.00	119,700.00	991,068.00	
ทรายหยาบ	15.220	ลบ.ม.	495.00	91	7,533.90	1,385.02	8,918.92	
คอนกรีตหยาบ	7.610	ลบ.ม.	1,610.00	398	12,252.10	3,028.78	15,280.88	
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	4.365	ตัน	26,800.00	4,100	116,981.59	17,896.44	134,878.02	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	21.527	ตัน	26,500.00	3,300	570,464.62	71,038.99	641,503.61	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	17.572	ตัน	26,166.00	2,900	459,798.84	50,959.90	510,758.73	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	6.631	ตัน	26,166.00	2,900	173,496.91	19,228.81	192,725.72	
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	1,440.000	ตร.ม.	376.00	60	541,440.00	86,400.000	627,840.00	
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	5,533,084.05	บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,147.87	บาท/ตร.ม.

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม	
งานขุดดินฐานราก	588.160	ลบ.ม.	-	99	-	58,227.84	58,227.84	
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	80.000	ต้น	22,500.00	-	1,800,000.00	-	1,800,000.00	
คอนกรีต 240 ksc	476.610	ลบ.ม.	2,420.00	485	1,153,396.20	231,155.85	1,384,552.05	
ไม้แบบ	3,230.460	ลบ.ฟ.	400.00	133	1,292,184.00	179,550.00	1,471,734.00	
ทรายหยาบ	19.460	ลบ.ม.	495.00	91	9,632.70	1,770.86	11,403.56	
คอนกรีตหยาบ	9.730	ลบ.ม.	1,610.00	398	15,665.30	3,872.54	19,537.84	
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	8.510	ตัน	26,800.00	4,100	228,073.45	34,891.83	262,965.29	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	30.110	ตัน	26,500.00	3,300	797,923.65	99,364.08	897,287.73	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	15.757	ตัน	26,166.00	2,900	412,301.67	45,695.74	457,997.41	
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	34.683	ตัน	26,166.00	2,900	907,522.29	100,581.47	1,008,103.75	
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	2,160.000	ตร.ม.	376.00	60	812,160.00	129,600.000	941,760.00	
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	8,313,569.47	บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,158.20	บาท/ตร.ม.

รูปที่ 3.59 สรุปราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม
งานขุดดินฐานราก	297.000	ลบ.ม.	-	99	-	29,403.00	29,403.00
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	32.000	ต้น	22,500.00	-	720,000.00	-	720,000.00
คอนกรีต 240 ksc	178.460	ลบ.ม.	2,420.00	485	431,873.20	86,553.10	518,426.30
ไม้แบบ	1,097.820	ลบ.ฟ.	400.00	133	439,128.00	59,850.00	498,978.00
ทรายหยาบ	10.610	ลบ.ม.	495.00	91	5,251.95	965.51	6,217.46
คอนกรีตหยาบ	5.310	ลบ.ม.	1,610.00	398	8,549.10	2,113.38	10,662.48
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	4.110	ตัน	26,800.00	4,100	110,156.04	16,852.23	127,008.27
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	12.939	ตัน	26,500.00	3,300	342,871.18	42,697.17	385,568.35
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	10.156	ตัน	26,166.00	2,900	265,749.71	29,453.27	295,202.98
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	3.953	ตัน	26,166.00	2,900	103,430.85	11,463.33	114,894.18
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	720.000	ตร.ม.	376.00	60	270,720.00	43,200.000	313,920.00
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	3,020,281.01 บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,711.74 บาท/ตร.ม.

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม
งานขุดดินฐานราก	427.680	ลบ.ม.	-	99	-	42,340.32	42,340.32
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	64.000	ต้น	22,500.00	-	1,440,000.00	-	1,440,000.00
คอนกรีต 240 ksc	319.370	ลบ.ม.	2,420.00	485	772,875.40	154,894.45	927,769.85
ไม้แบบ	2,178.420	ลบ.ฟ.	400.00	133	871,368.00	119,700.00	991,068.00
ทรายหยาบ	15.220	ลบ.ม.	495.00	91	7,533.90	1,385.02	8,918.92
คอนกรีตหยาบ	7.610	ลบ.ม.	1,610.00	398	12,252.10	3,028.78	15,280.88
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	7.796	ตัน	26,800.00	4,100	208,941.89	31,964.99	240,906.88
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	21.527	ตัน	26,500.00	3,300	570,464.62	71,038.99	641,503.61
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	18.906	ตัน	26,166.00	2,900	494,692.84	54,827.23	549,520.07
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	6.631	ตัน	26,166.00	2,900	173,496.91	19,228.81	192,725.72
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	1,440.000	ตร.ม.	376.00	60	541,440.00	86,400.000	627,840.00
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	5,677,874.24 บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,308.75 บาท/ตร.ม.

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 6 ชั้น

รายการงานก่อสร้าง	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวม
งานขุดดินฐานราก	588.160	ลบ.ม.	-	99	-	58,227.84	58,227.84
เสาเข็มเจาะ 0.40x21.00 ม.	80.000	ต้น	22,500.00	-	1,800,000.00	-	1,800,000.00
คอนกรีต 240 ksc	476.610	ลบ.ม.	2,420.00	485	1,153,396.20	231,155.85	1,384,552.05
ไม้แบบ	3,230.460	ลบ.ฟ.	400.00	133	1,292,184.00	179,550.00	1,471,734.00
ทรายหยาบ	19.460	ลบ.ม.	495.00	91	9,632.70	1,770.86	11,403.56
คอนกรีตหยาบ	9.730	ลบ.ม.	1,610.00	398	15,665.30	3,872.54	19,537.84
เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม.	20.313	ตัน	26,800.00	4,100	544,381.06	83,282.18	627,663.24
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม.	30.110	ตัน	26,500.00	3,300	797,923.65	99,364.08	897,287.73
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม.	15.757	ตัน	26,166.00	2,900	412,301.67	45,695.74	457,997.41
เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม.	38.084	ตัน	26,166.00	2,900	996,495.06	110,442.39	1,106,937.45
อิฐมวลเบา ขนาด 0.2x0.6 ม. หนา 10 ซม.	2,160.000	ตร.ม.	376.00	60	812,160.00	129,600.000	941,760.00
						ราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด	8,777,101.12 บาท
						ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่	6,501.56 บาท/ตร.ม.

รูปที่ 3.60 สรุปราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยการศึกษาการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว และถอดปริมาณงานโครงสร้างทั้งหมด จากนั้นสร้างกราฟเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ และปริมาณงานโครงสร้างต่อพื้นที่ ได้ดังนี้

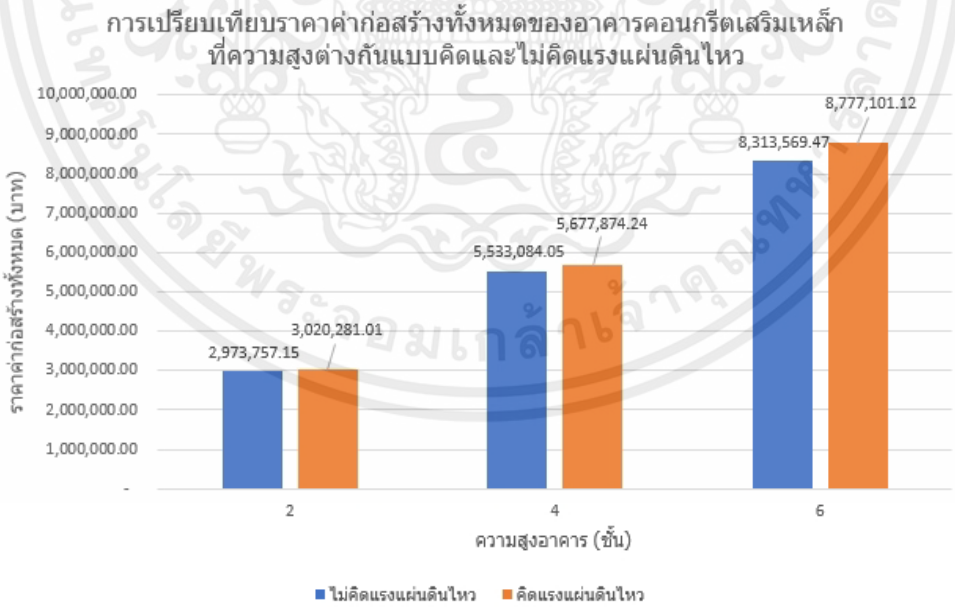
4.1 ผลการวิจัย

ได้ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหวและแบบคิดแรงแผ่นดินไหว โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น หลักๆ คือ

1. ด้านราคาค่าก่อสร้าง
2. ด้านปริมาณงานโครงสร้าง

4.1.1 ด้านราคาค่าก่อสร้าง

4.1.1.1 การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ความสูงต่างกันแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

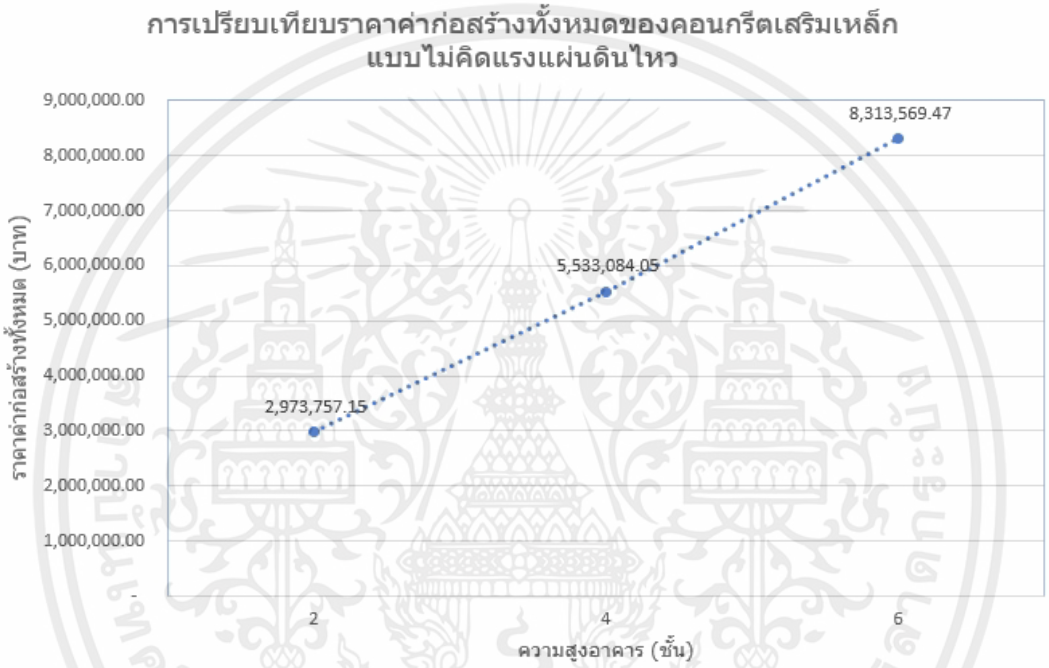
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นว่า การออกแบบอาคารให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว จะมีราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่เพิ่มเข้ามาในแต่ละชั้นความสูง ในลักษณะคล้ายเส้นโค้งพาราโบลา โดย

อาคาร 2 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 46,523.86 บาท เพิ่มขึ้น 1.6 %

อาคาร 4 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 144,790.19 บาท เพิ่มขึ้น 2.6 %

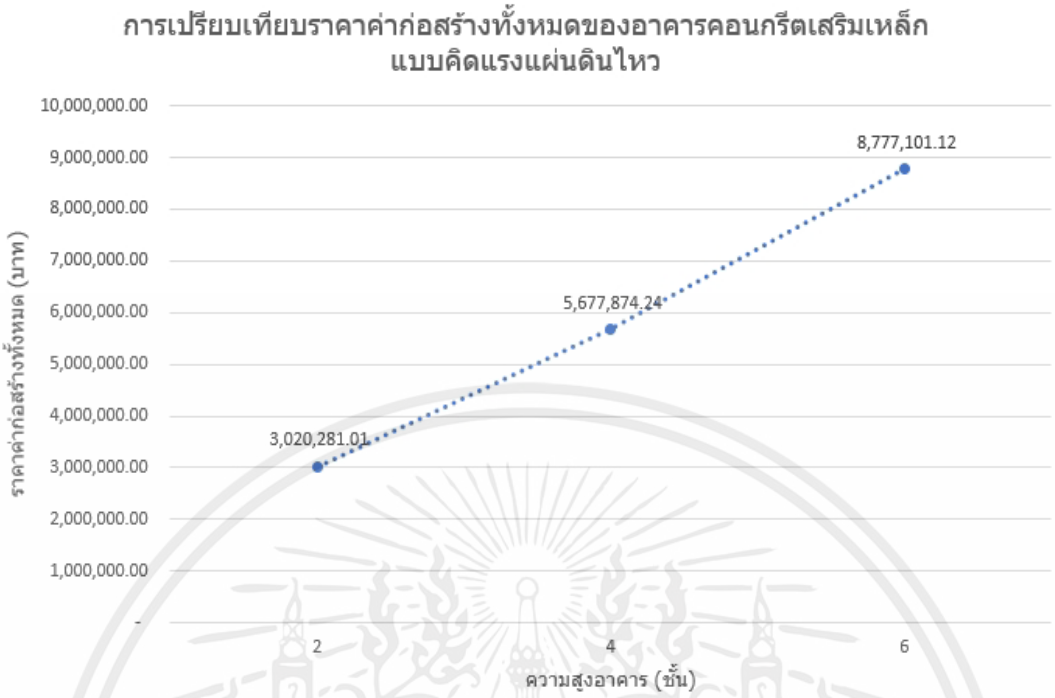
อาคาร 6 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 463,532.11 บาท เพิ่มขึ้น 5.6 %



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

จากรูปที่ 4.2 จากกราฟจะเห็นได้ว่า การออกแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหวมีราคาก่อสร้างเพิ่มขึ้น โดยขึ้นอยู่กับความสูงของอาคาร เป็นการเพิ่มขึ้นแบบพาราโบลา โดยราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคาร 2 ชั้น มีราคา 2,973,757.15 บาท อาคาร 4 ชั้น มีราคา 5,533,084.05 บาท และอาคาร 6 ชั้น มีราคา 8,313,569.47 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

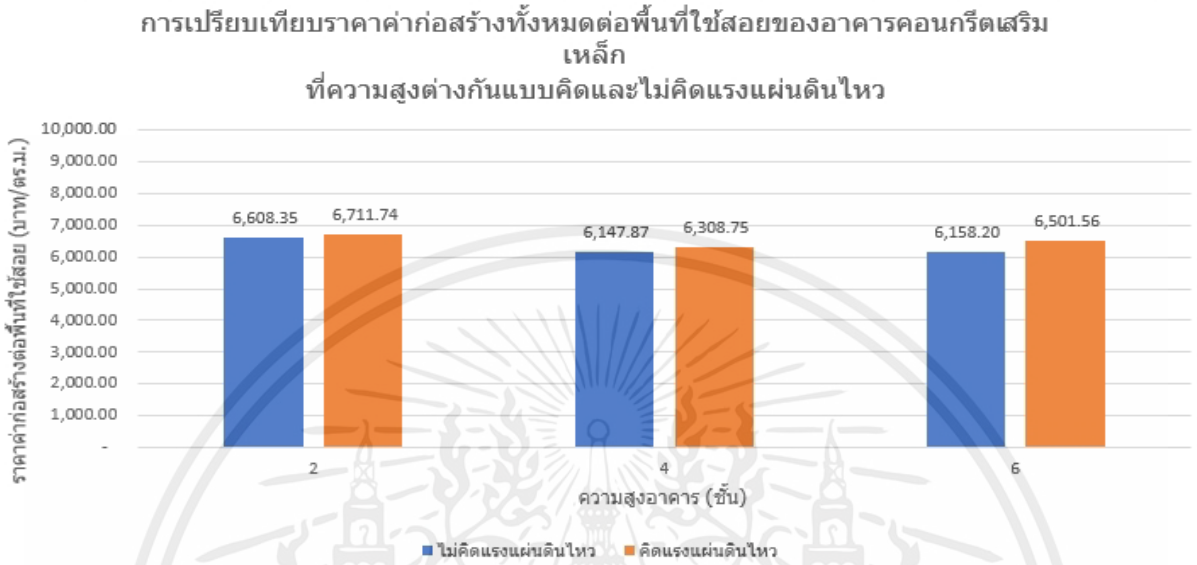


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดแรงแผ่นดินไหว

จากรูปที่ 4.3 จากกราฟจะเห็นได้ว่า การออกแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหวมีราคาก่อสร้างเพิ่มขึ้น โดยขึ้นอยู่กับความสูงของอาคาร เป็นการเพิ่มขึ้นแบบพาราโบลา โดยราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคาร 2 ชั้น มีราคา 3,020,281.01 บาท อาคาร 4 ชั้น มีราคา 5,677,874.24 บาท และอาคาร 6 ชั้น มีราคา 8,777,101.12 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ความสูงแตกต่างกัน แบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคารของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

จากรูปที่ 4.4 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นว่า การออกแบบอาคารให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว จะมีราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่เพิ่มเข้ามาในแต่ละชั้นความสูงเพียงเล็กน้อย โดย

อาคาร 2 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 103.39 บาทต่อตารางเมตร เพิ่มขึ้น 1.6 %

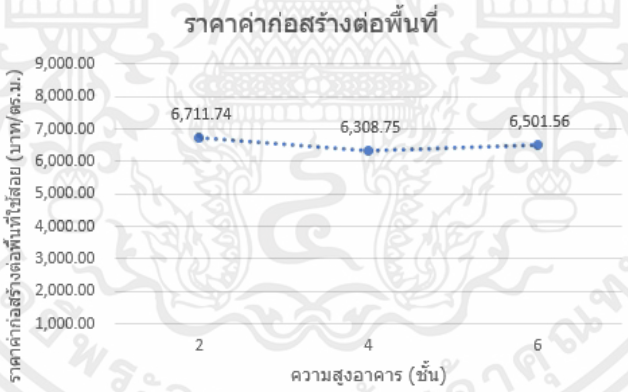
อาคาร 4 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 160.88 บาทต่อตารางเมตร เพิ่มขึ้น 2.6 %

อาคาร 6 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 343.36 บาทต่อตารางเมตร เพิ่มขึ้น 5.6 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่และความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

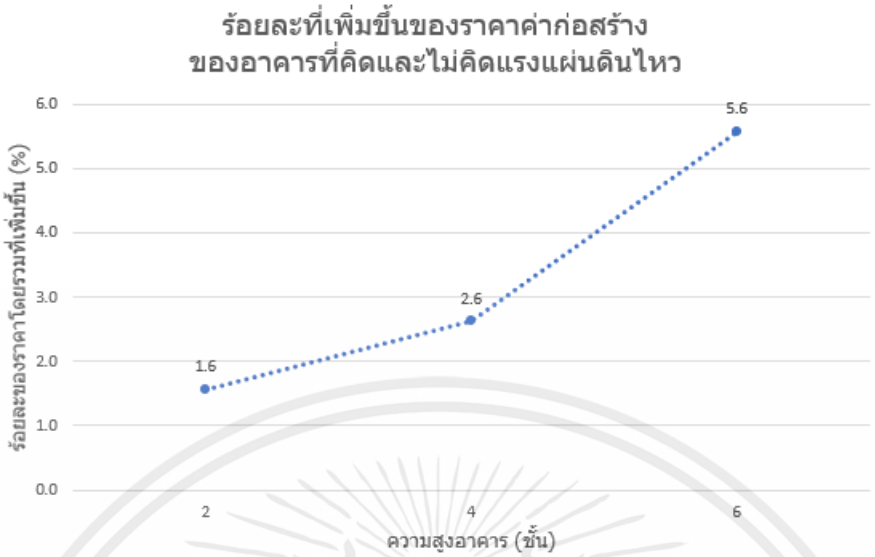
จากรูปที่ 4.5 จากกราฟจะเห็นได้ว่า การออกแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว มีราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ของอาคาร 2 ชั้น มีราคาสูงที่สุด ที่ราคา 6,608.35 บาท และถูกลงมาที่อาคาร 4 ชั้น และอาคาร 6 ชั้น ที่ราคา 6,147.87 บาท และ 6,158.20 บาท ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและพื้นที่ใช้สอยของอาคาร



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่และความสูงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดแรงแผ่นดินไหว

จากรูปที่ 4.6 จากกราฟจะเห็นได้ว่า การออกแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไม่คิดแรงแผ่นดินไหว มีราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ของอาคาร 2 ชั้น มีราคาสูงที่สุด ที่ราคา 6,711.74 บาท และถูกลงมาที่อาคาร 4 ชั้น และอาคาร 6 ชั้น ที่ราคา 6,308.75 บาท และ 6,501.56 บาท ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดและพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของราคาโดยรวมที่เพิ่มขึ้นและความสูงของอาคาร

จากรูปที่ 4.7 จากกราฟจะเห็นได้ว่าร้อยละที่เพิ่มขึ้นของราคาค่าก่อสร้างของอาคารที่คิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว เป็นการเพิ่มขึ้นแบบพาราโบลา โดย

อาคาร 2 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 1.6 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

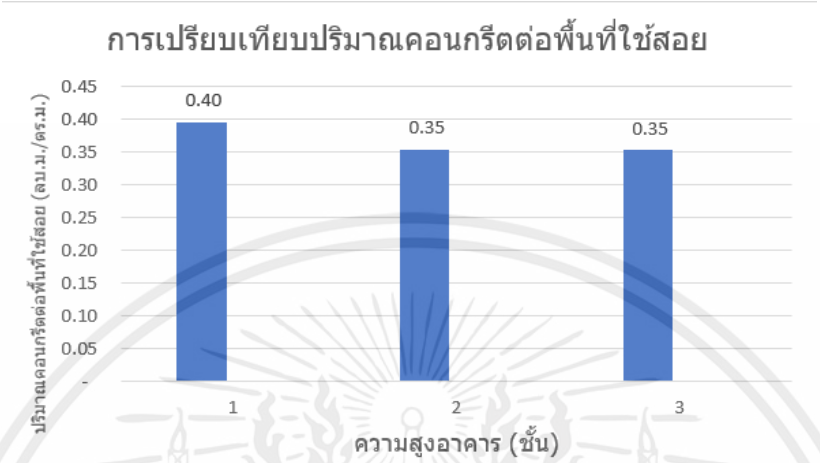
อาคาร 4 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 2.6 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

อาคาร 6 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 5.6 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ด้านปริมาณงานโครงสร้าง

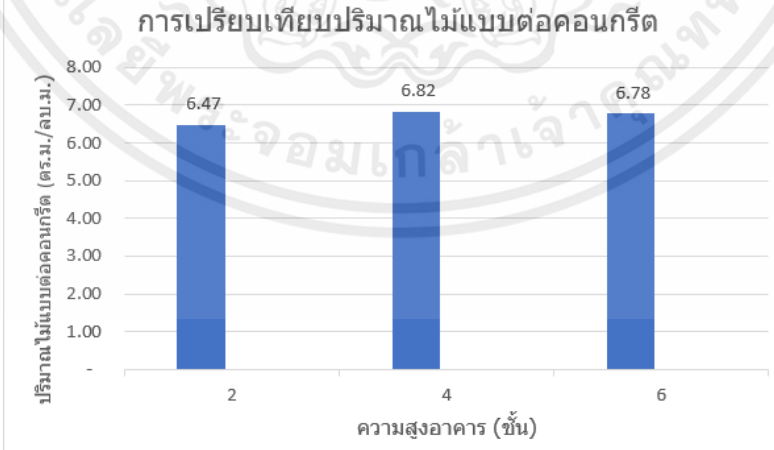
4.1.2.1 การเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคาร

เนื่องจากปริมาณคอนกรีตมีค่าคงที่ ไม่ได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากการออกแบบ จากรูปที่ 4.8 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณคอนกรีตต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 2 ชั้น มีค่าสูงที่สุด คือ 0.40 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร และปริมาณคอนกรีตต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 4 ชั้นและ 6 ชั้น มีค่าเท่ากัน คือ 0.35 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร

4.1.2.2 การเปรียบเทียบปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยและความสูงอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

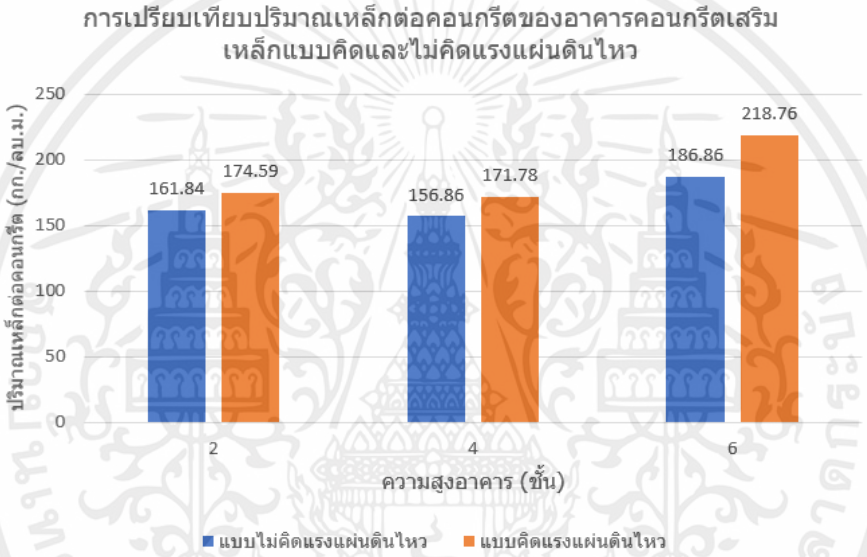
เนื่องจากปริมาณไม้แบบมีค่าคงที่ ไม่ได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากการออกแบบ จากรูปที่ 4.9 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า

ปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 2 ชั้น จะมีค่า 6.47 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร

ปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 4 ชั้น จะมีค่า 6.82 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร

ปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 6 ชั้น จะมีค่า 6.78 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร

4.1.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณเหล็กต่อคอนกรีตของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กต่อคอนกรีตของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

จากรูปที่ 4.10 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า การออกแบบอาคารให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว จะมีปริมาณเหล็กต่อคอนกรีตที่เพิ่มเข้ามาในแต่ละชั้นความสูง เนื่องจากการเพิ่มเหล็กเสริมที่คานและเสา โดย

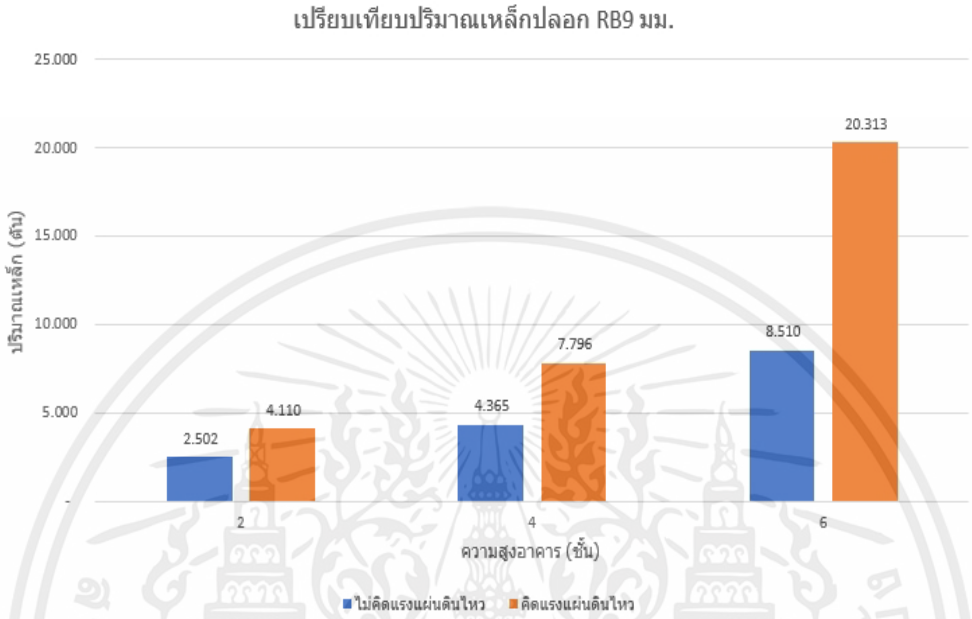
อาคาร 2 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 12.75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้น 1.079 เท่า

อาคาร 4 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 14.92 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้น 1.095 เท่า

อาคาร 6 ชั้น จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นมาอีก 31.90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้น 1.171 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 การเปรียบเทียบปริมาณเหล็กปลอก RB9 มม. ต่อความสูงของอาคารระหว่างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กปลอก RB9 มม. ต่อความสูงของอาคาร

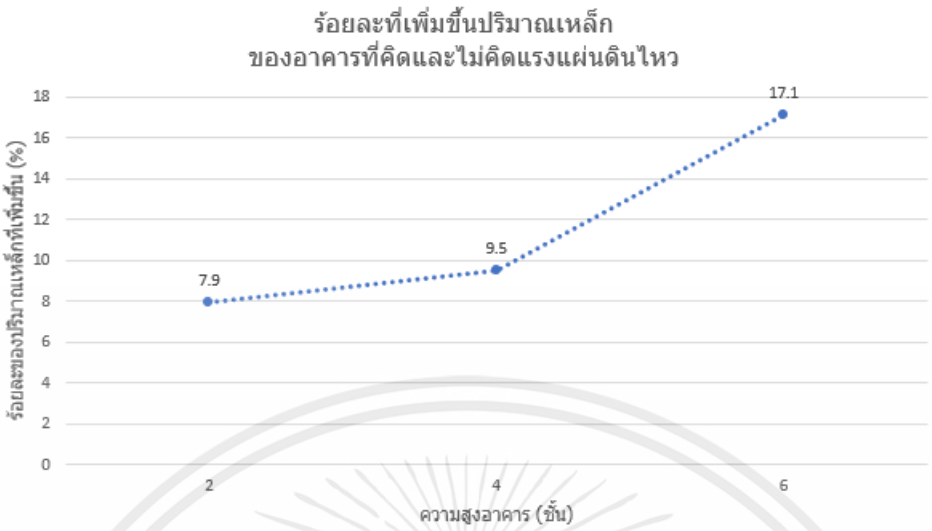
จากรูปที่ 4.10 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นว่า เมื่ออาคารที่สูงขึ้นจะมีการใช้ปริมาณการใช้เหล็กปลอกที่มากขึ้นเป็นปกติแต่หากมีการเสริมโครงสร้างอาคารโดยใช้วิธีการคิดแรงต้านแรงแผ่นดินไหวจะมีการเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกที่มากขึ้นจนเห็นได้ชัดจากมาตรฐานการออกแบบของอาคารต้านแผ่นดินไหว โดย

อาคาร 2 ชั้น จะมีการเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกเข้ามาอีก 1.608 ตัน เพิ่มขึ้น 1.643 เท่า

อาคาร 4 ชั้น จะมีการเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกเข้ามาอีก 3.431 ตัน เพิ่มขึ้น 1.786 เท่า

อาคาร 6 ชั้น จะมีการเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกเข้ามาอีก 11.803 ตัน เพิ่มขึ้น 2.387 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณเหล็กที่เพิ่มขึ้นและความสูงของอาคาร

จากรูปที่ 4.12 จากกราฟจะเห็นได้ว่าร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณเหล็กของอาคารที่คิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว เป็นการเพิ่มขึ้นแบบพาราโบลา โดย

อาคาร 2 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 7.9 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

อาคาร 4 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 9.5 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

อาคาร 6 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มขึ้น 17.1 % กรณีออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและปริมาณงานโครงสร้างของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคิดและไม่คิดแรงแผ่นดินไหว พบว่าในด้านของราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของอาคาร กรณีความสูงของอาคารเพิ่มขึ้น ราคาค่าก่อสร้างจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นแบบพาราโบลา ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่จะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น โดยกรณีอาคารที่ออกแบบให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของอาคาร 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น จะมีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 1.6 % , 2.6 % และ 5.6 % ตามลำดับ และในด้านปริมาณงานโครงสร้างจะมีสัดส่วนปริมาตรคอนกรีตและไม้แบบเท่าเดิม แต่จะเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมและเหล็กปลอก โดยกรณีที่อาคารที่ออกแบบให้มีการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของอาคาร 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้น จะมีปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 7.9 % , 9.5 % และ 17.1 % ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมในการออกแบบอาคารในแต่ละพื้นที่

5.2.2 ควรเพิ่มเติมการออกแบบอาคารที่มีความสูงมากกว่า 6 ชั้น หรือเป็นอาคารที่มีรูปทรงหลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมบัญชีกลาง. (2560). **หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อรสร้างอาคาร.** เข้าถึงเมื่อ 9 กมุภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก https://www.yotathai.com/passadu/rakaklang-october-60
2. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2564). **คู่มือการประมาณราคา** เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://oldoffice.dpt.go.th/sca/images/pdf/101.pdf
3. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2564). **มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว.** เข้าถึงเมื่อ 7 กมุภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_work/64/standard_1301-1302-61.pdf
4. ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช. **REINFORCED CONCRETE DESIGN STRENGTH DESIGN METHOD.** สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2557
5. ยุพิน พรมหล่อ. **การประเมินความมั่นคงของอาคารชุด ตึกแถวอนุรักษ์ไทยจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว.** สาขาวิศวกรรมโยธา วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2560
6. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). **หนังสือราคาวัสดุก่อสร้างและแรงงานปีงบประมาณ 2566.** เข้าถึงเมื่อ 7 กมุภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก https://www.yotathai.com/yotanews/cost-build-66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลสำหรับการออกแบบความมั่นคงของอาคาร

ตารางที่ ก.1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
ง	อาคารที่มีประเภทความสำคัญ แบบ I หรือ II ที่มีโครงสร้างอาคารแบบน้ำหนักเบา (เช่น โครงสร้างไม้ หรือโครงสร้างเหล็กรีดเย็น) และมีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ ที่มีประเภทความสำคัญแบบ I หรือ II และมีความสูงไม่เกิน 2 ชั้น	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอและมีคาบการสั่นพื้นฐานน้อยกว่า $3.5T_s$	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีคาบการสั่นพื้นฐานน้อยกว่า $3.5T_s$ และมีความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้างในแนวระนาบ แบบ 2, 3, 4, หรือ 5 หรือในแนวดิ่ง แบบ 4, 5ก หรือ 5ข	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ	ไม่อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นที่ 0.2 วินาที (S_S) และที่คาบ 1.0 วินาที (S_1) ของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (g)	
		S_s	S_1
กาญจนบุรี	ด่านมะขามเตี้ย	0.876	0.253
	ทองผาภูมิ	0.689	0.199
	ท่าม่วง	0.826	0.238
	ท่ามะกา	0.475	0.138
	ไทรโยค	0.698	0.202
	บ่อพลอย	0.593	0.172
	พนมทวน	0.429	0.127
	เมืองกาญจนบุรี	0.704	0.205
	เลาขวัญ	0.435	0.128
	ศรีสวัสดิ์	0.673	0.195
	สังขละบุรี	0.777	0.233
	หนองปรือ	0.595	0.171
	ห้วยกระเจา	0.491	0.144
เชียงราย	กิ่งอ.ดอยหลวง	0.924	0.270
	กิ่งอ.เวียงเชียงรุ้ง	0.833	0.241
	ขุนตาล	0.65	0.169
	เชียงของ	0.706	0.191
	เชียงแสน	0.935	0.273
	เทิง	0.619	0.157
	ป่าแดด	0.618	0.154
	พญาเม็งราย	0.672	0.18
	พาน	0.656	0.173
	เมืองเชียงราย	0.798	0.232
	แม่จัน	0.94	0.278
	แม่ฟ้าหลวง	0.929	0.275
	แม่ลาว	0.735	0.211
	แม่สรวย	0.749	0.209
	แม่สาย	0.933	0.273
	เวียงแก่น	0.683	0.175
	เวียงชัย	0.753	0.215
	เวียงป่าเป้า	0.759	0.194

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (g)	
		S_s	S_1
เชียงใหม่	กิ่งอ.ดอยหล่อ	0.832	0.248
	กิ่งอ.แม่ออน	0.74	0.187
	จอมทอง	0.796	0.243
	เชียงดาว	0.933	0.266
	ไชยปราการ	0.909	0.262
	ดอยเต่า	0.739	0.237
	ดอยสะเก็ด	0.821	0.225
	ฝาง	0.927	0.271
	พร้าว	0.85	0.237
	เมืองเชียงใหม่	0.878	0.248
	แม่แจ่ม	0.776	0.242
	แม่แตง	0.914	0.26
	แม่ริม	0.896	0.254
	แม่วาง	0.847	0.248
	แม่อาย	0.963	0.283
	เวียงแหง	0.959	0.273
	สะเมิง	0.884	0.258
	สันกำแพง	0.835	0.23
	สันทราย	0.89	0.251
	สันป่าตอง	0.844	0.244
	สารภี	0.847	0.236
	หางดง	0.853	0.243
	อมก๋อย	0.771	0.244
	ฮอด	0.744	0.237
ตาก	กิ่งอ.วังเจ้า	0.485	0.135
	ท่าสองยาง	0.664	0.184
	บ้านตาก	0.498	0.153
	พบพระ	0.5	0.152
	เมืองตาก	0.481	0.14
	แม่ระมาด	0.575	0.171
	แม่สอด	0.525	0.154
	สามเงา	0.509	0.162
	อุ้มผาง	0.544	0.162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นที่ 0.2 วินาที (S_S) และที่คาบ 1.0 วินาที (S_1) ของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (g)	
		S_s	S_1
น่าน	กิ่งอ.ภูเพียง	0.641	0.154
	เฉลิมพระเกียรติ	0.636	0.147
	เชียงกลาง	0.834	0.215
	ท่าวังผา	0.893	0.222
	ทุ่งช้าง	0.766	0.192
	นาน้อย	0.544	0.124
	นาหมื่น	0.571	0.129
	บ่อเกลือ	0.596	0.138
	บ้านหลวง	0.572	0.132
	ปัว	0.874	0.235
	เมืองน่าน	0.629	0.15
	แม่จริม	0.565	0.133
	เวียงสา	0.54	0.126
	สองแคว	0.697	0.167
	สันติสุข	0.714	0.177
พะเยา	กิ่งอ.ภูกามยาว	0.616	0.143
	กิ่งอ.ภูซาง	0.608	0.144
	จุน	0.597	0.139
	เชียงคำ	0.603	0.141
	เชียงม่วน	0.58	0.132
	ดอกคำใต้	0.605	0.138
	ปง	0.584	0.136
	เมืองพะเยา	0.63	0.146
	แม่ใจ	0.641	0.155
แพร่	เด่นชัย	0.783	0.193
	เมืองแพร่	0.847	0.214
	ร้องกวาง	0.636	0.146
	ลอง	0.769	0.184
	วังชิ้น	1.021	0.276
	สอง	0.628	0.143
	สูงเม่น	0.795	0.195
	หนองม่วงไข่	0.787	0.191

จังหวัด	อำเภอ	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (g)	
		S_s	S_1
แม่ฮ่องสอน	ขุนยวม	0.76	0.208
	ปางมะผ้า	0.967	0.269
	ปาย	0.94	0.268
	เมือง	0.86	0.226
	แม่ลาน้อย	0.701	0.199
	แม่สะเรียง	0.707	0.195
	สบเมย	0.729	0.200
ลำปาง	เกาะคา	0.74	0.184
	งาว	0.637	0.142
	แจ้ห่ม	0.702	0.16
	เถิน	0.597	0.166
	เมืองปาน	0.714	0.170
	เมืองลำปาง	0.738	0.177
	แม่ทะ	0.836	0.21
	แม่พริก	0.556	0.162
	แม่เมาะ	0.692	0.155
	วังเหนือ	0.782	0.194
	สบปราบ	0.956	0.265
	เสริมงาม	0.734	0.197
	ห้างฉัตร	0.723	0.178
ลำพูน	กิ่งอ.เวียง	0.808	0.245
	ทุ่งหัวช้าง	0.742	0.215
	บ้านธิ	0.784	0.209
	บ้านโฮ่ง	0.792	0.238
	ป่าซาง	0.838	0.24
	เมืองลำพูน	0.835	0.232
	แม่ทา	0.781	0.211
	ลี้	0.675	0.210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินที่ ณ ที่ตั้งอาคาร F_a

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 0.2 วินาที(S_S)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณีๆไป				

ตารางที่ ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินที่ ณ ที่ตั้งอาคาร F_v

ประเภทของชั้นดิน	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณาที่คาบ 1.0 วินาที(S_1)				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของดินเป็นกรณีๆไป				

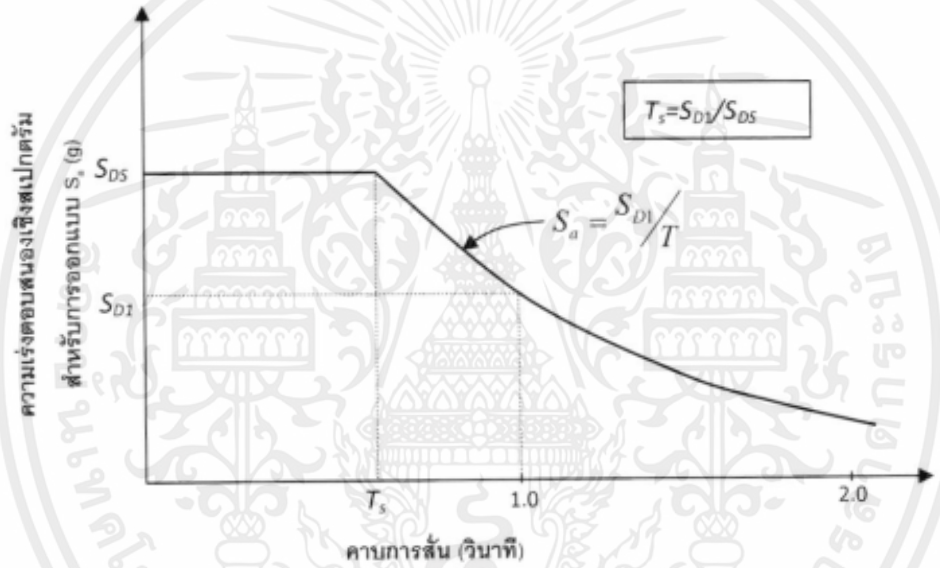
ตารางที่ ก.5 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DS} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

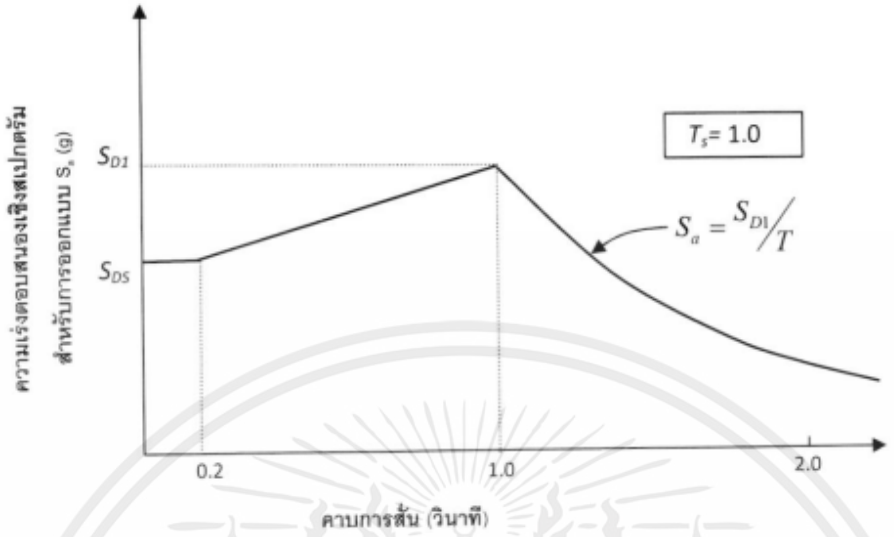
ตารางที่ ก.6 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง



ภาพที่ ก.1 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ) ที่มีค่า $S_{D1} \leq S_{DS}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย (ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ) ที่มีค่า $S_{D1} > S_{DS}$

ตารางที่ ก.7 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (Ω_0) และตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (C_d) สำหรับระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)

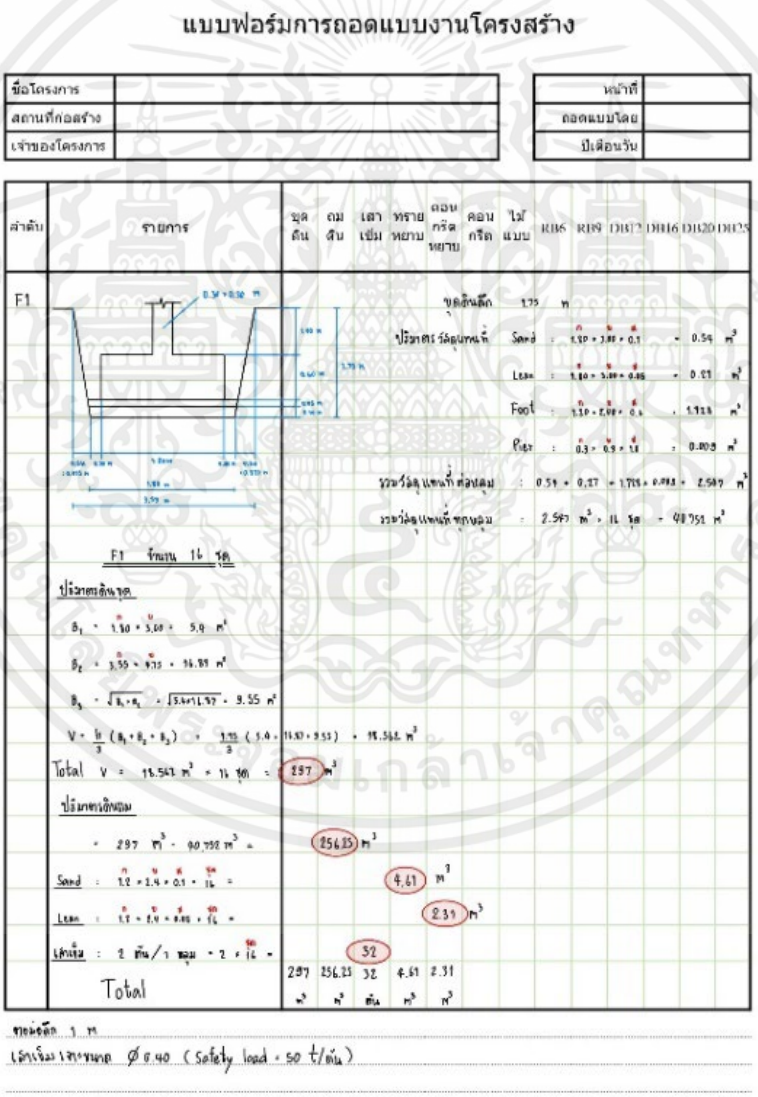
ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบ		
		R	Ω_0	C_d	ข	ค	ง
ระบบโครงต้านแรงดัด (Moment Resisting Frame)	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียว (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงถักต้านแรงดัดที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/Intermediate RC	5	3	4.5	√	√	X
	โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	X	X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การถอดแบบโครงสร้างของอาคาร

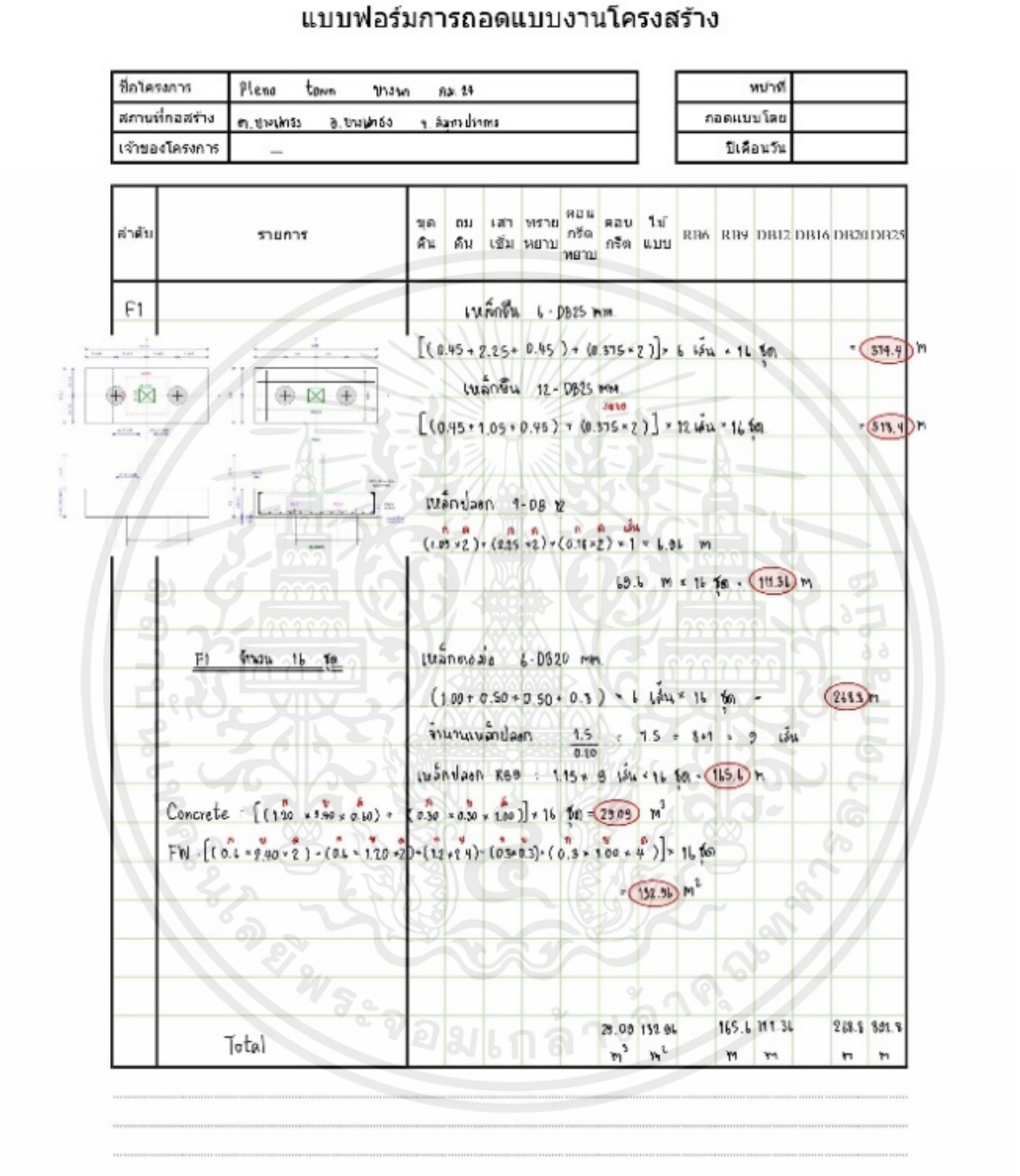
1) การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

ตัวอย่างการถอดแบบและคำนวณปริมาณงานโครงสร้างของอาคารที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว จะแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ ข.1 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Plena town ปางมะ คม. 14
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางม่าโรง อ. ปางม่าโรง จ. ลำพูน ปางมะ
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	หมุดกรีดหยาบ	ลอบกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														

เหล็กเส้น 6 - DB25 mm

[(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 6 เส้น × 16 ชุด = 374.4 ม

เหล็กเส้น 12 - DB25 mm

[(0.45 + 1.05 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 374.4 ม

เหล็กปลอก 9 - DB 12

(1.05 × 2) + (2.25 × 2) + (0.15 × 2) × 1 = 6.84 ม

69.6 ม × 16 ชุด = 111.36 ม

F1 จำนวน 16 ชุด

เหล็กยึดข้อ 6 - DB20 mm

(1.00 + 0.50 + 0.50 + 0.3) × 6 เส้น × 16 ชุด = 249.6 ม

จำนวนเหล็กปลอก $\frac{1.5}{0.20}$ + 1.5 = 8+1 = 9 เส้น

เหล็กปลอก RB9 : 1.15 × 9 เส้น × 16 ชุด = 165.6 ม

Concrete [(1.20 × 3.90 × 0.60) + (0.30 × 0.30 × 1.00)] × 16 ชุด = 29.09 m^3

FW [(0.4 × 3.90 × 2) + (0.4 × 1.20 × 2) + (1.2 × 1.4) + (0.5 × 0.3) + (0.3 × 1.00 × 4)] × 16 ชุด

= 132.96 m^2

Total	29.09 m^3	132.96 m^2	165.6 ม	111.36 ม	249.6 ม	561.6 ม

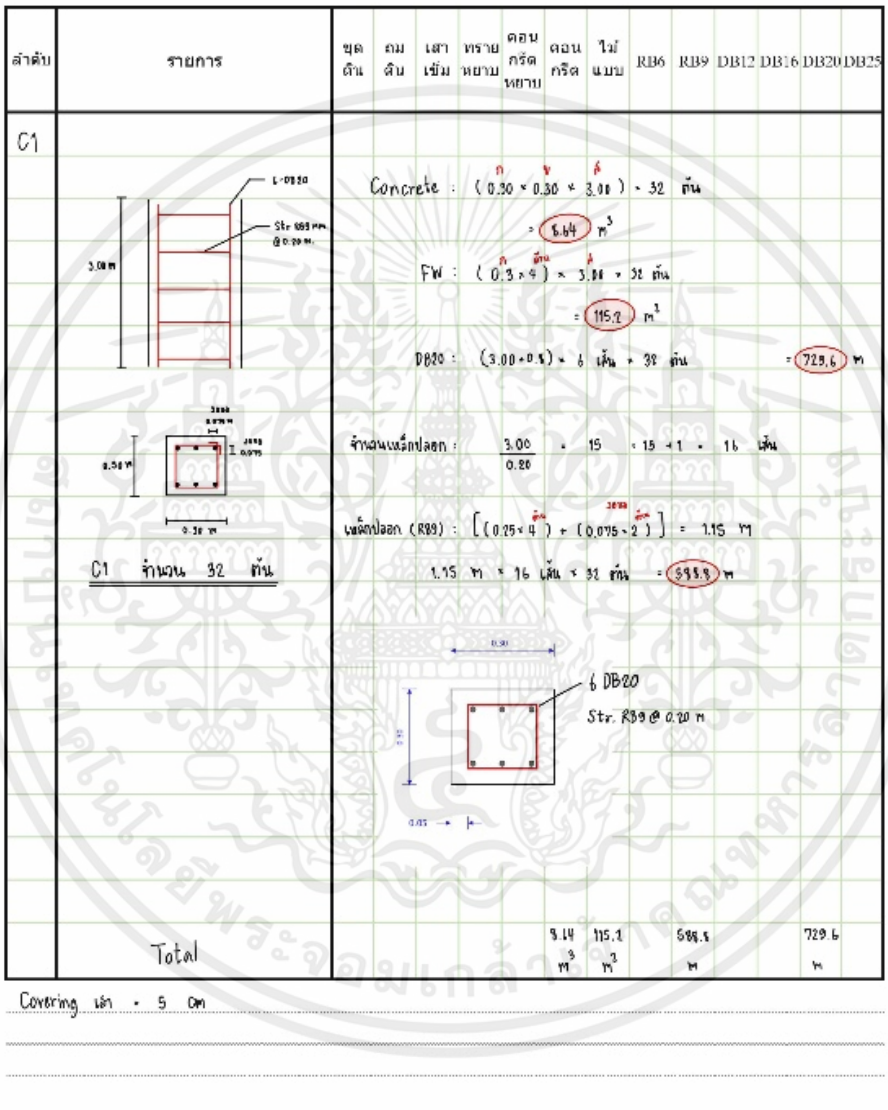
รูปที่ ข.2 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.3 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

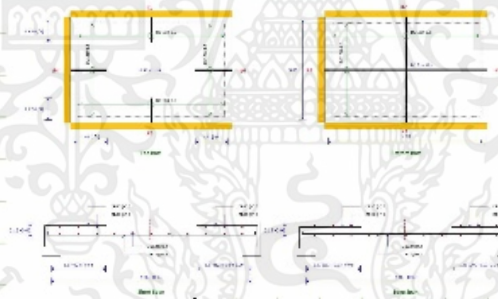
ชั้นที่ 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม.³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5/0.15 = 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.17 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม.													
	Total						33.75 ม.³	27 ม.²			9419 ม.			



รูปที่ ข.4 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 2 - ชั้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 67.5 ม.³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5 × 5)] × 9 ชุด × 2 ชั้น = 504 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.20 × 25 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 ด้าน × 25 เส้น × 9 ชุด × 2 ชั้น = 3,996 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ด้าน × 24 เส้น × 9 ชุด × 2 ชั้น = 4,961 ม.													
Total							67.5 ม.³	504 ม.²			8,957 ม.			

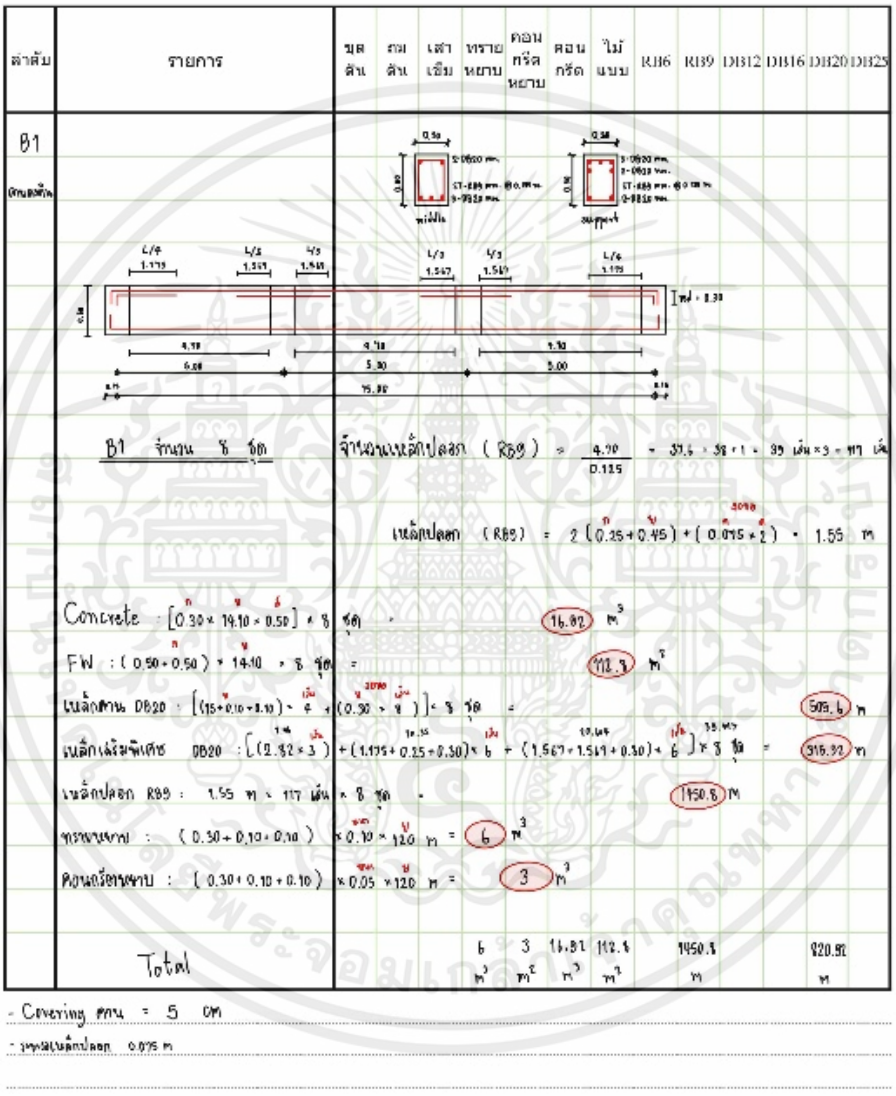
รูปที่ ข.5 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



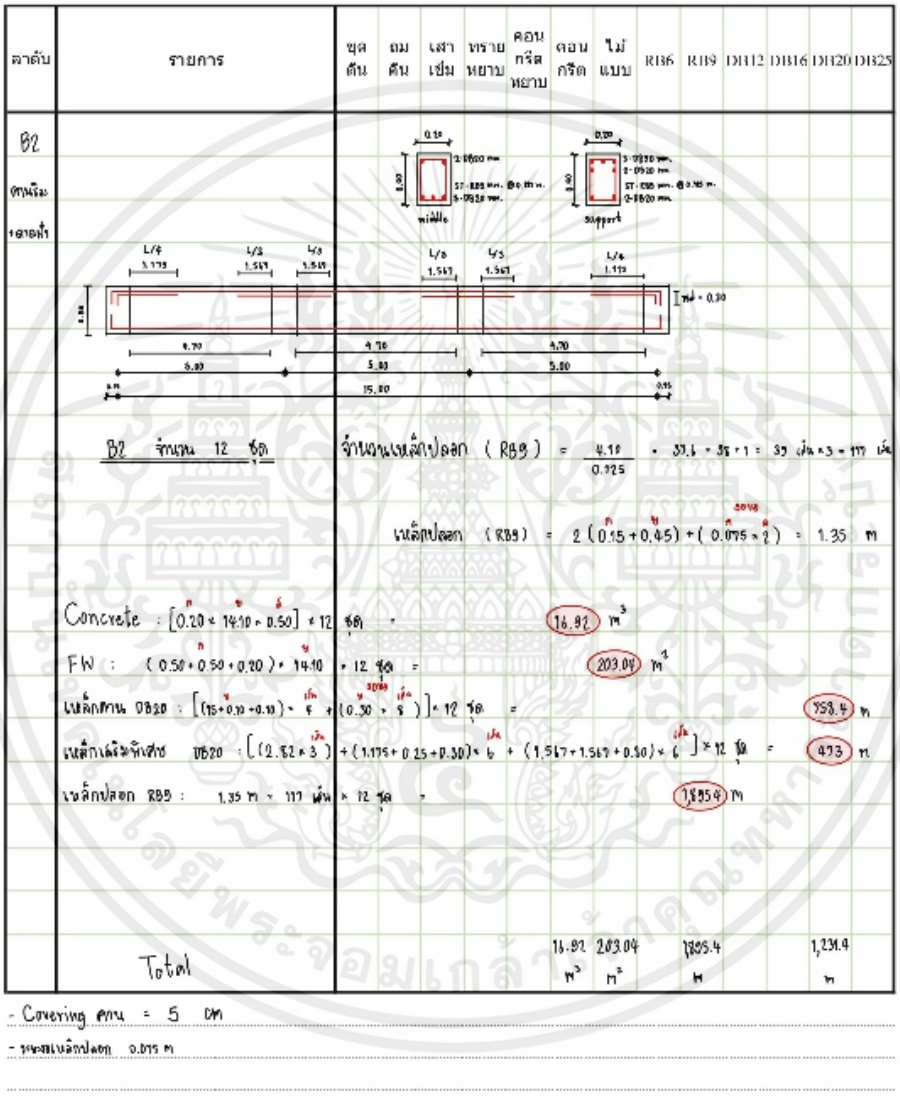
รูปที่ ข.6 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



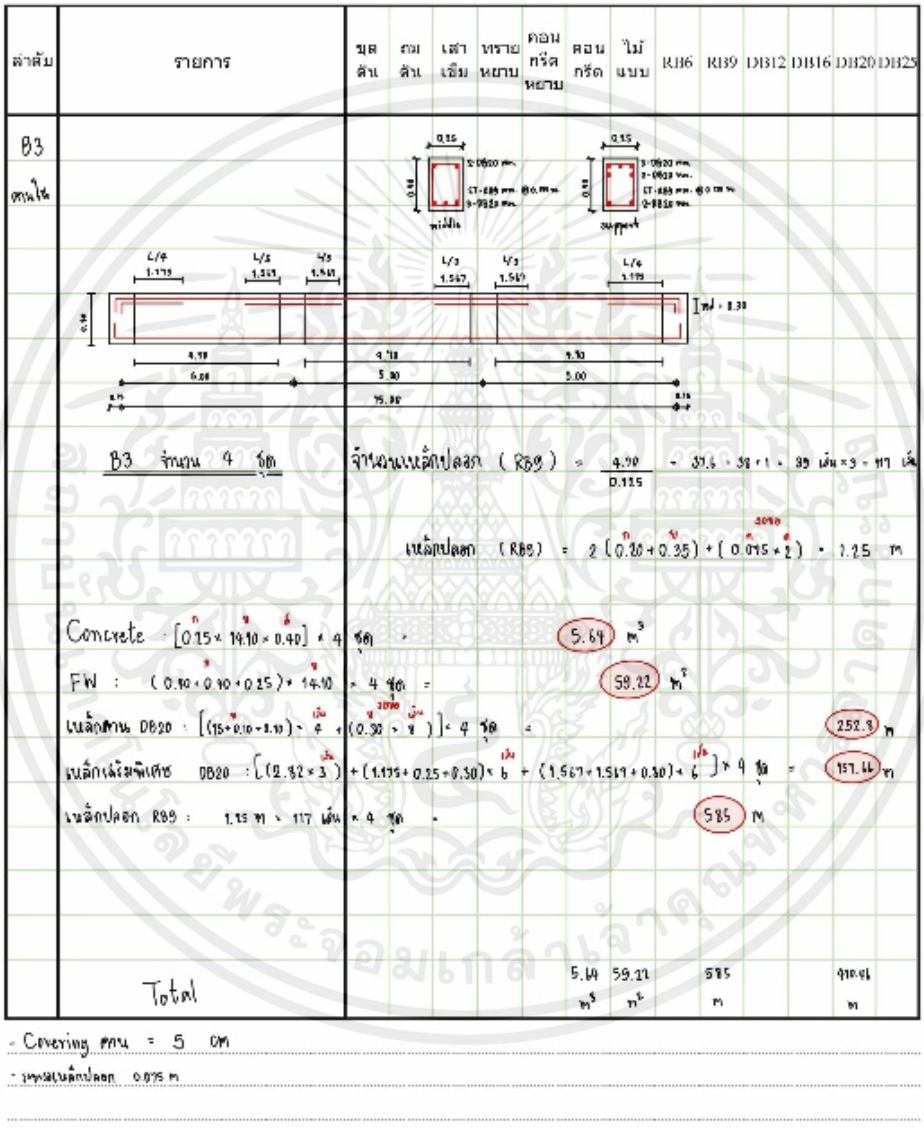
รูปที่ ข.7 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.8 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ
อิฐมวลเบา	พื้นที่ผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 2 ชั้น = 720 ม.² ใช้ 720 / (0.1 × 0.6) = 6,000 ก้อน เผื่อ 5% = 6,000 × 1.05 = 6,300 ก้อน

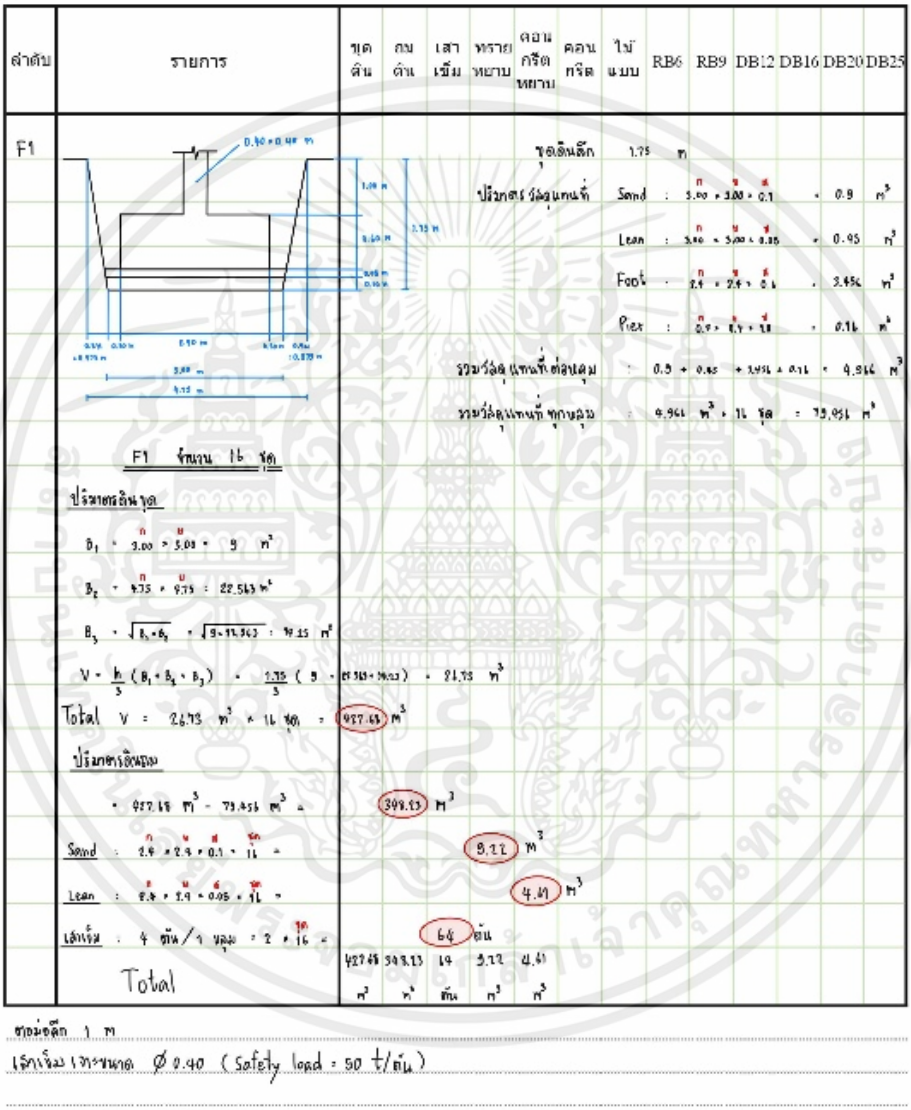
รูปที่ ข.9 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

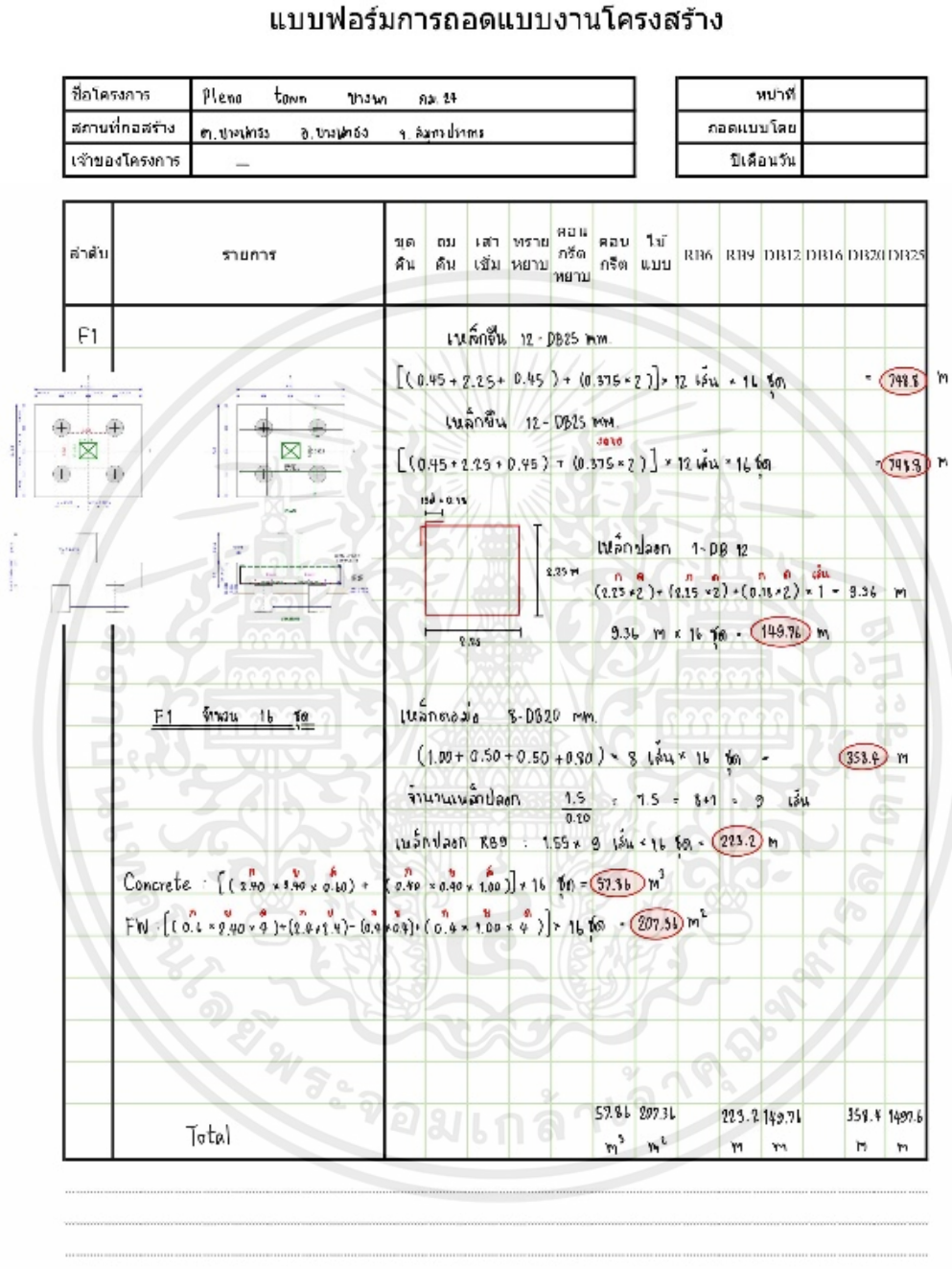
ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
วันเดือนวัน	



รูปที่ ข.10 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Plena Town ปางมด คม. 24
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางม่วง อ. บางม่วง จ. สมุทรปราการ
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	หอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														
	เหล็กยืน 12 - DB25 mm. [(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 748.8 ม.													
	เหล็กยืน 12 - DB25 mm. [(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 748.8 ม.													
	เหล็กปลอก 1 - DB 12 (ก 2.25 × 2) + (ก 2.15 × 2) + (ก 0.15 × 2) × 1 เส้น = 9.36 ม.; 9.36 ม. × 16 ชุด = 149.76 ม.													
F1 จำนวน 16 ชุด	เหล็กตะล่อม 8 - DB20 mm. (1.00 + 0.50 + 0.50 + 0.90) × 8 เส้น × 16 ชุด = 358.4 ม.													
	จำนวนเหล็กปลอก 1.5 / 0.20 = 7.5 = 8+1 = 9 เส้น													
	เหล็กปลอก RB9 : 1.55 × 9 เส้น × 16 ชุด = 223.2 ม.													
	Concrete : [(ก 2.90 × ย 1.90 × ล 0.40) + (ก 2.90 × ย 0.40 × ล 1.00)] × 16 ชุด = 57.36 ม.³													
	FW : [(ก 0.4 × ย 2.90 × 9) + (ก 2.9 × ย 1.4) - (ย 0.9 × ล 0.4) + (ก 0.4 × ย 1.00 × 4)] × 16 ชุด = 207.36 ม.²													
	Total								57.86 ม.³	207.36 ม.²	223.2 ม.	149.76 ม.	358.4 ม.	1497.6 ม.

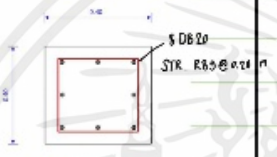
รูปที่ ข.11 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
C1														
	C1 จำนวน 64 ต้น						Concrete : (0.90 × 0.40 × 3.00) × 64 ต้น = 30.72 ม³							
							FW : (0.4 × 4) × 3.00 × 64 ต้น = 307.2 ม²							
							DB20 : (3.00+0.8) × 8 เส้น × 64 ต้น						1945.6 ม	
							จำนวนเหล็กปลอก : 3.00 / 0.20 + 1 = 16 เส้น							
							เหล็กปลอก (RB9) : [(0.35×4) ต้น + (0.075×2) ข้างๆ] = 1.55 ม							
							1.55 ม × 16 เส้น × 64 ต้น = 1587.2 ม							
	Total						30.72 ม³	307.2 ม²	1587.2 ม				1945.6 ม	

Covering เสา = 5 cm

รูปที่ ข.12 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

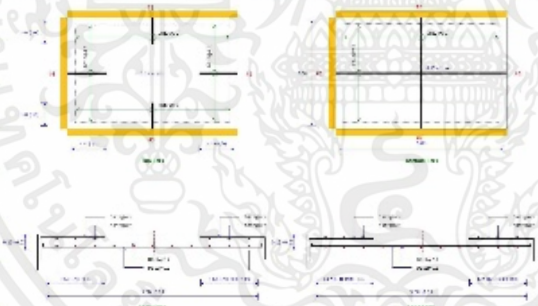
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นชั้น 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม.³													
	FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม.²													
	จำนวนเหล็กพื้น : 5/0.15 + 25 = 25+1 = 26 เส้น													
	เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม.													
	(5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม.													
														
	Total						33.75 ม.³	27 ม.²			4419 ม.			

รูปที่ ข.13 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

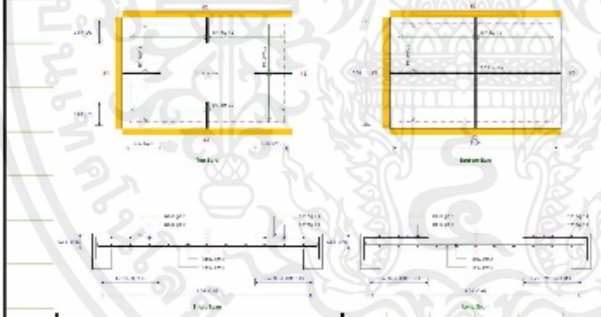
ชั้นชั้น 2 – พื้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 135 ม³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5 × 5)] × 9 ชุด × 4 ชั้น = 1,008 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.20 × 2 × 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 × 26 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 7,750.08 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 × 26 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 9,921.6 ม													
	Total										135 ม³	1,008 ม²	17,671.68 ม	



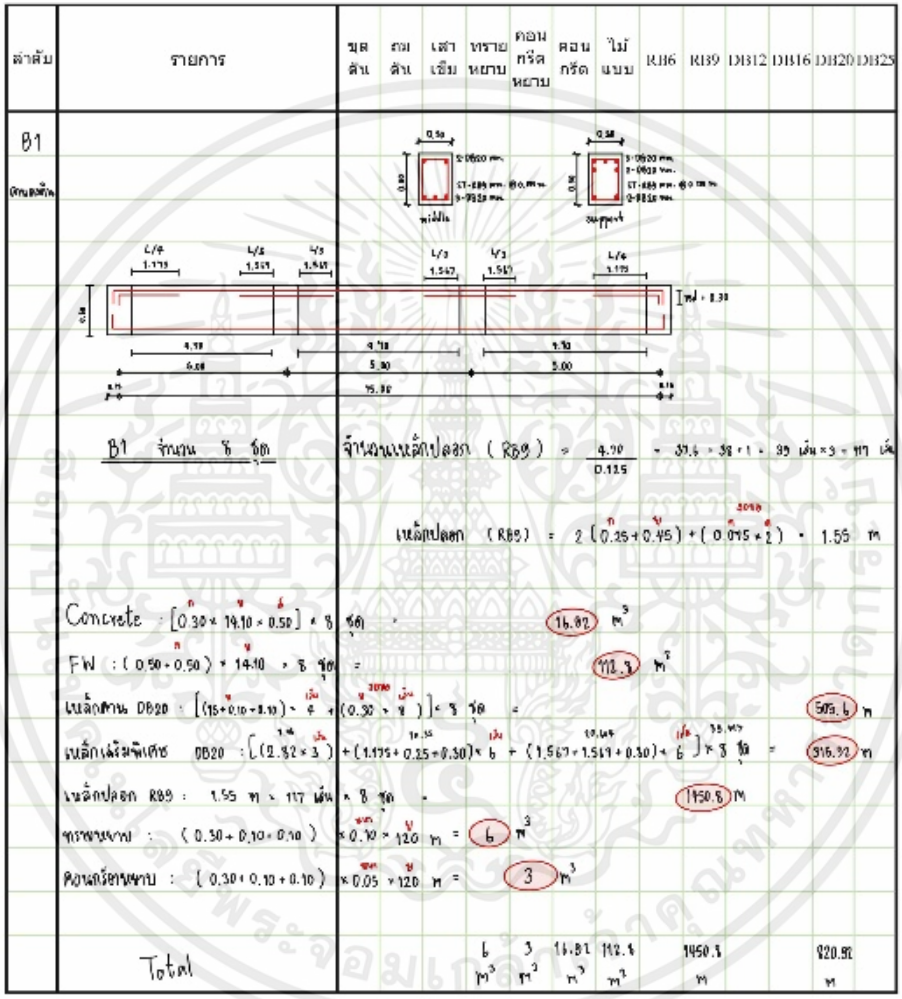
รูปที่ ข.14 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.15 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

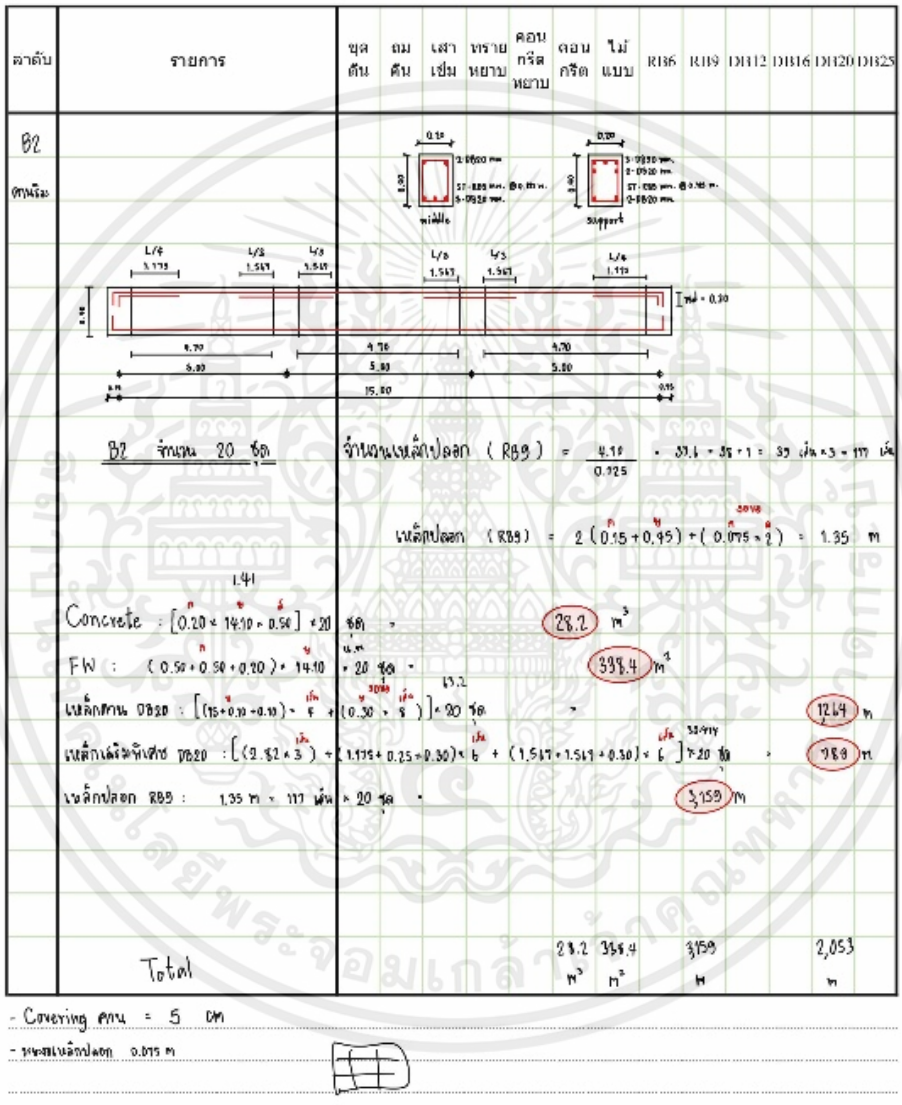
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี 3 ชั้น

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



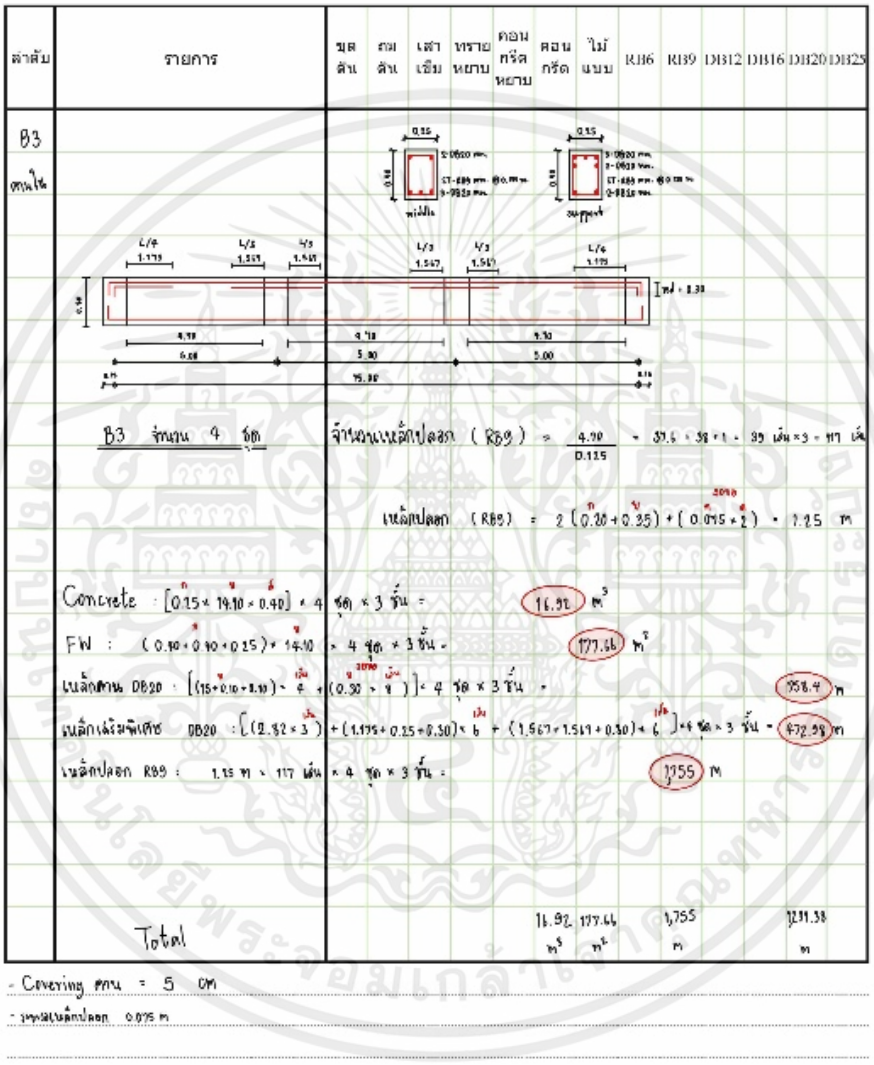
รูปที่ ข.16 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.17 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ
สิ่งมวลเทา	พื้นที่ผิวผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 4 ชั้น = 1,440 ม.² ใช้ 1,440 / 0.1 × 0.6 = 12,000 ก้อน เผื่อ 5% = 12,000 × 1.05 = 12,600 ก้อน

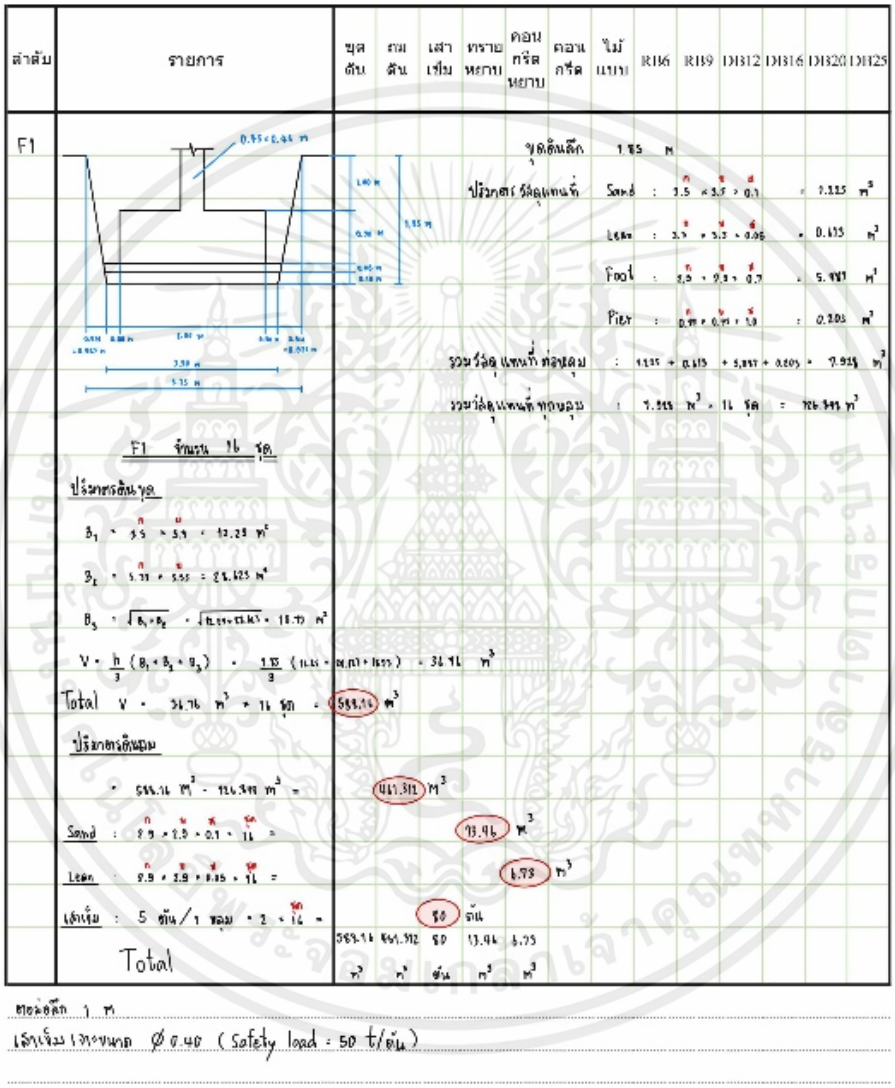
รูปที่ ข.18 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 4 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.19 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

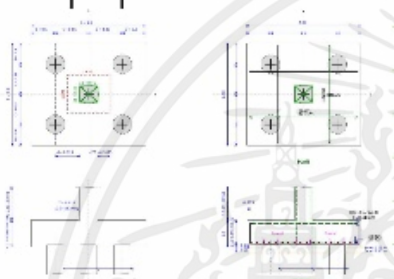
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Plena townhome ปางมะผ้า คอม 24
สถานที่ก่อสร้าง	ต.ปางมะผ้า อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็มเจาะ	ทรายหยาบ	หินกรีดหยาบ	คอนกรีตผสมเสร็จ	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														



เหล็กเส้นกันดิน 18 - DB25 mm.

[(0.55 + 2.75 + 0.55) + (0.375 × 2)] × 18 เส้น × 16 ชุด = 1324.8 ม

เหล็กเส้นกันดิน 18 - DB25 mm. (ซ้อน)

[(0.55 + 2.75 + 0.55) + (0.375 × 2)] × 18 เส้น × 16 ชุด = 1,324.8 ม

เหล็กปลอก 1 - DB 12

(2.75 × 2) + (2.75 × 2) + (0.15 × 2) × 1 เส้น = 11.36 ม

11.36 ม × 16 ชุด = 181.76 ม

F1 จำนวน 16 ชุด

เหล็กตอม่อ 12 - DB25 mm.

(1.00 + 0.50 + 0.50 + 1.00) × 12 เส้น × 16 ชุด = 576 ม

จำนวนเหล็กปลอก $\frac{1.5}{0.20}$: 7.5 = 8+1 = 9 เส้น

เหล็กปลอก RB9 : 4.25 × 9 เส้น × 16 ชุด = 612 ม

Concrete : [(2.90 × 2.90 × 0.30) + (0.95 × 0.95 × 1.00)] × 16 ชุด = 97.44 ม³

FW : [(0.7 × 2.90 × 4) + (2.9 × 2.9) − (0.95 × 0.95) + (0.95 × 1.00 × 4)] × 16 ชุด

= 290.04 ม²

Total							97.44 ม³	290.04 ม²		612 ม	181.76 ม			5,225.6 ม

รูปที่ ข.20 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

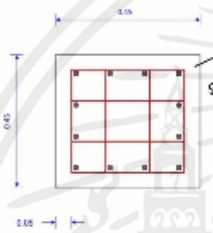
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือบรับ	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
C1														



Concrete : (ก 0.45 × ข 0.45 × ค 3.00) × 96 ต้น
= 58.32 m³

FW : (ก 0.45 × ข้าง 4) × ค 3.00 × 96 ต้น
= 518.4 m²

DB25 : (3.00 + 1) × 12 เส้น × 96 ต้น = 4,608 m

จำนวนเหล็กปลอก : 3.00 / 0.20 = 19 − 15 + 1 = 16 เส้น

เหล็กปลอก (RB9)
[(0.40 × 4) + (0.075 × 2)] + [(0.6 × 4) + (0.15 × 4) + (0.075 × 4)] = 4.25 m
4.25 m × 16 เส้น × 96 ต้น = 6,528 m

C1 จำนวน 96 ต้น

Total	58.32 m³	518.4 m²	6,528 m			4,608 m

Covering เสา = 5 cm

รูปที่ ข.21 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

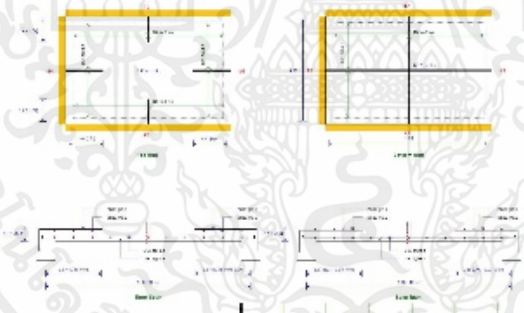
ชั้นที่ 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 83.75 ม.³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.15 + 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม.													
Total							83.75 ม.³	27 ม.²			4419 ม.			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.22 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

ชั้นที่ 2 - พื้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

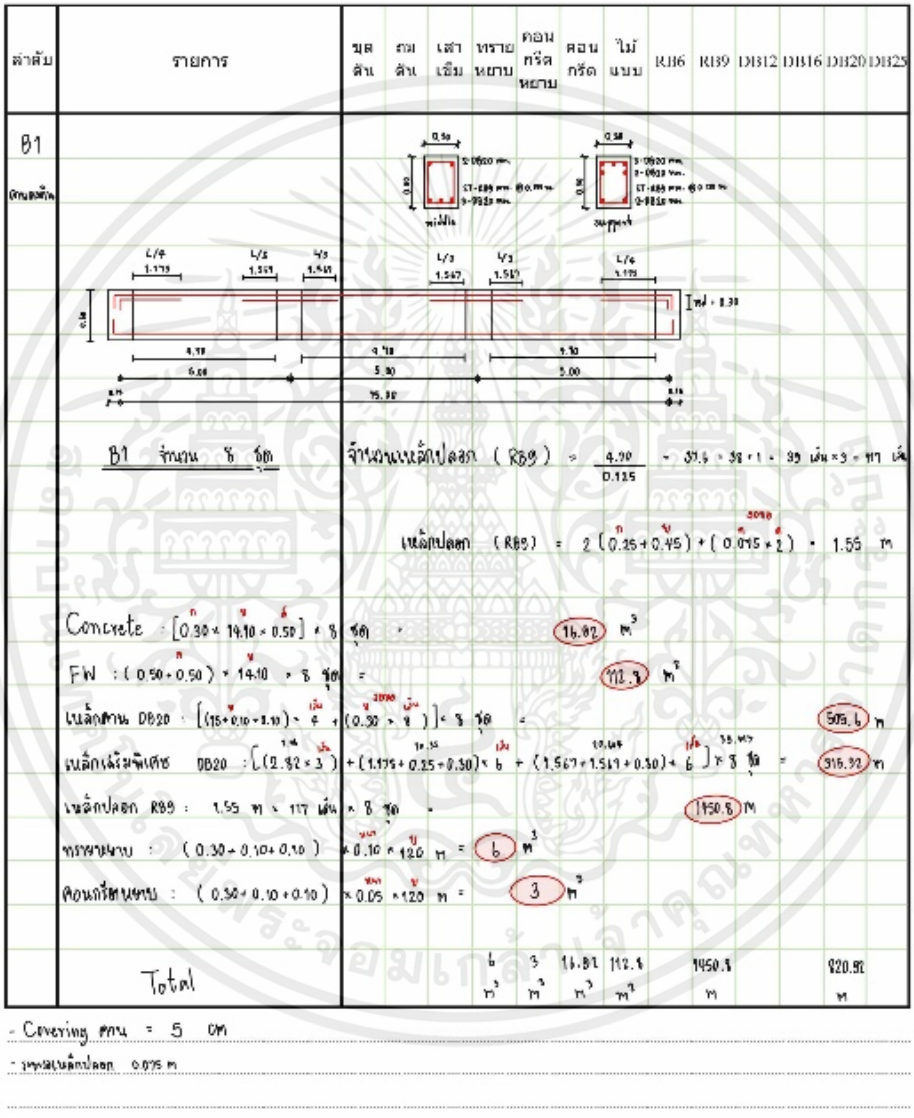
ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 6 ชั้น = 202.5 ม.³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5×5)] × 9 ชุด × 6 ชั้น = 1512 ม.² จำนวนเหล็กปลอก : 5/0.20 + 25 × 25+1 = 26 เส้น เหล็กเส้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 เส้น × 25 × 9 ชุด × 6 ชั้น = 14,955.12 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 เส้น × 25 × 9 ชุด × 6 ชั้น = 14,955.12 ม.													
	Total										202.5 ม.³	1,512 ม.²		21607.52 ม.		

รูปที่ ข.23 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปีเดือนวัน	



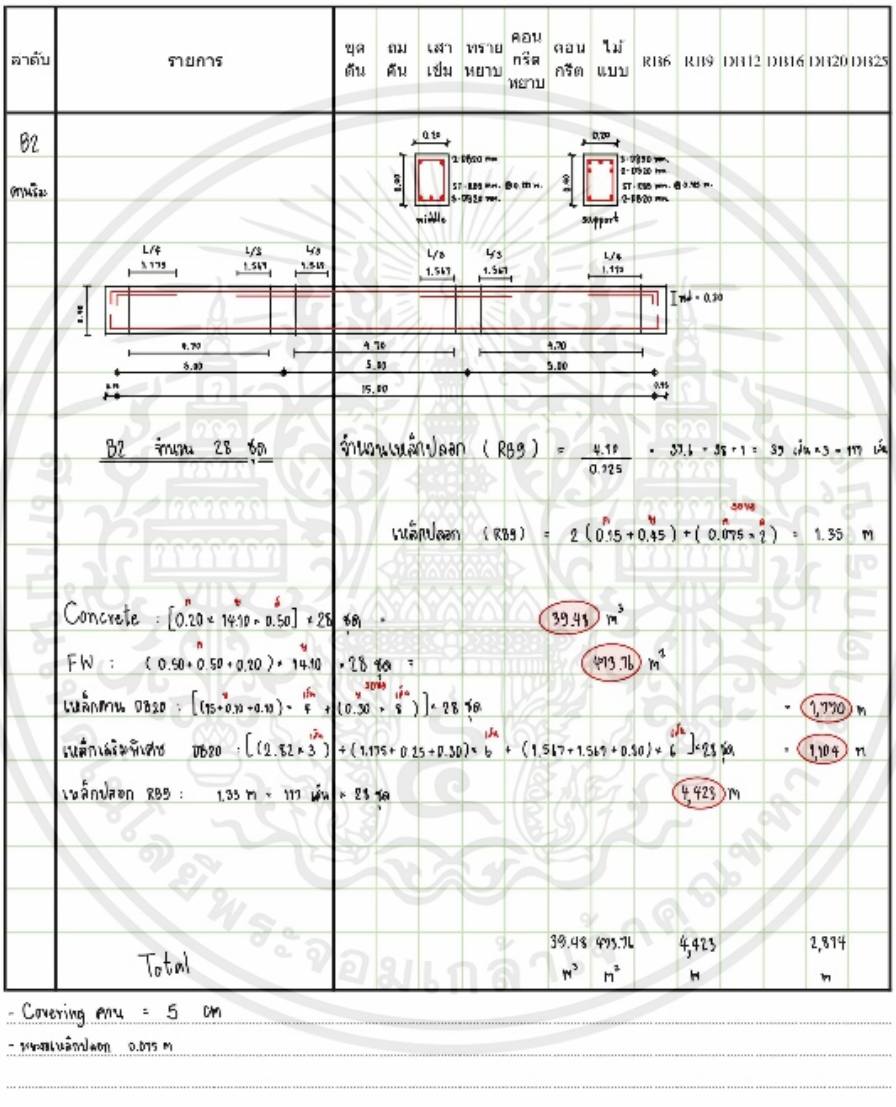
รูปที่ ข.24 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



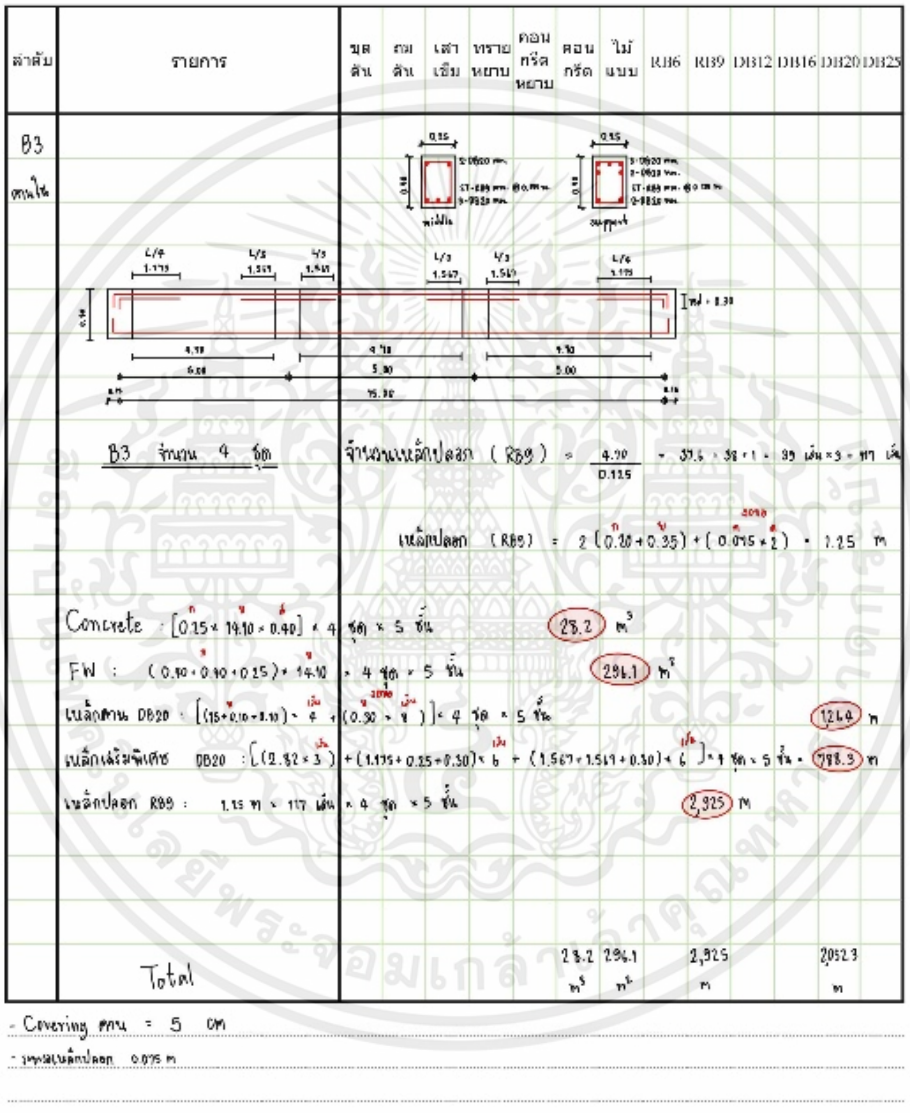
รูปที่ ข.25 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.26 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

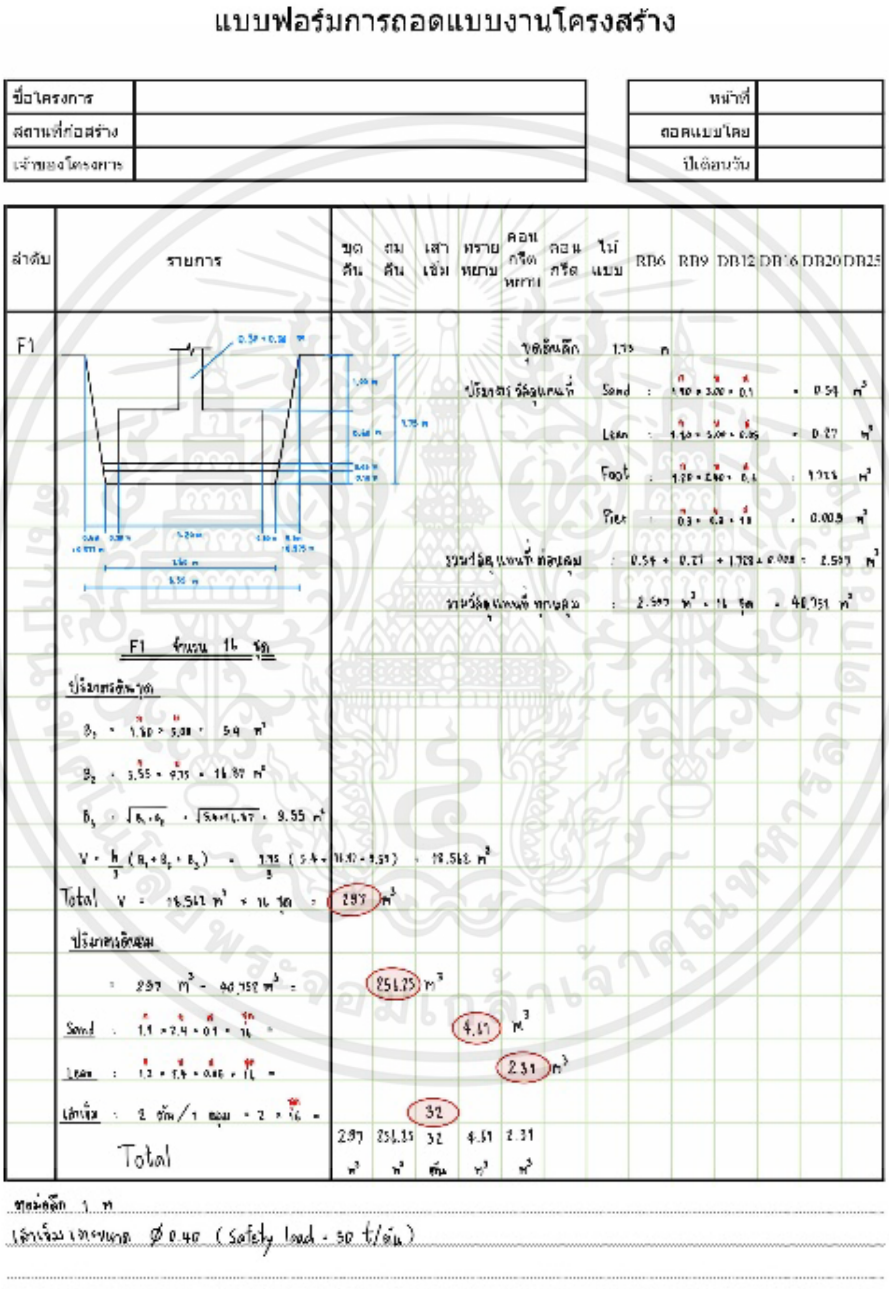
ลำดับ	รายการ
อิฐมวลเบา	พื้นที่ผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 6 ชั้น = 2,160 ม.² ใช้ 2,160 / 0.1 × 0.6 = 18,000 ก้อน เผื่อ 5% = 18,000 × 1.05 = 18,900 ก้อน

รูปที่ ข.27 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 6 ชั้น ที่ไม่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การถอดแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่คิดแรงแผ่นดินไหว

ตัวอย่างการถอดแบบและคำนวณปริมาณงานโครงสร้างของอาคารที่คิดแรงแผ่นดินไหว จะแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ ข.28 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Piano town ปางพุก ค.ส. 84
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางเคร่ง อ. ปางเคร่ง จ. ลุ่มน้ำปางพุก
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ชุด ต้น	ลบ ต้น	เสา เพิ่ม	หรายหยาบ	คูณกรัสหยาบ	คูณกรัส	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														
									เหล็กยืน 6 - DB25 mm.					
									[(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 6 เส้น × 16 ชุด = 374.4 ม.					
									เหล็กยืน 12 - DB25 mm.					
									[(0.45 + 1.05 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 518.4 ม.					
									เหล็กปลอก 9 - DB 12					
									(1.05 × 2) + (1.15 × 2) + (0.11 × 8) × 1 เส้น = 4.94 ม.					
									69.6 ม. × 16 ชุด = 111.31 ม.					
	F1 จำนวน 16 ชุด								เหล็กลอดม่อ 6 - DB20 mm.					
									(1.00 + 0.50 + 0.50 + 0.8) × 6 เส้น × 16 ชุด = 249.6 ม.					
									จำนวนเหล็กปลอก 1.0 / 0.15 = 6.67 + 1 = 8 เส้น					
									0.5 / 0.515 = 6.41 + 1 = 8 เส้น					
									เหล็กปลอก RB9 : 1.15 × 16 เส้น × 16 ชุด = 294.9 ม.					
									Concrete : [(1.20 × 2.40 × 0.40) + (0.38 × 0.36 × 1.80)] × 16 ชุด = 29.05 ม³					
									FW : [(0.1 × 2.40 × 2) + (0.4 × 1.20 × 2) + (1.2 × 1.4) - (0.34 × 0.3) + (0.3 × 1.00 × 4)] × 16 ชุด					
									= 192.36 ม²					
	Total								29.05 ม³	192.36 ม²	294.9 ม.	111.31 ม.	249.6 ม.	891.3 ม.

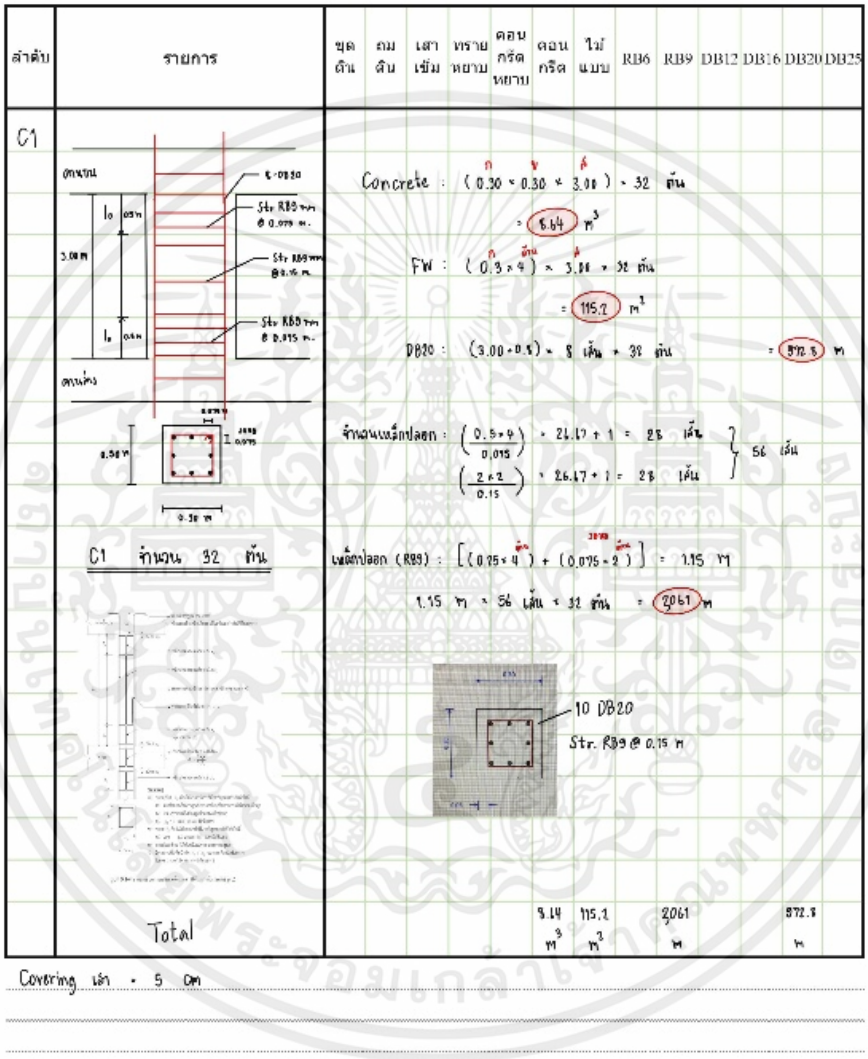
รูปที่ ข.29 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
วันที่ถอดแบบ	



รูปที่ ข.30 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นชั้น 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม.³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม.² จำนวนเหล็กพื้น : 5/0.20 = 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม. (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม.													
	Total										4419 ม.			
											33.75 ม.³	27 ม.²		

รูปที่ ข.31 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

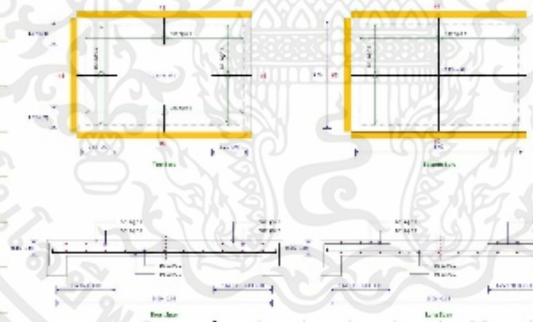
ชั้นชั้น 2 - ดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 67.5 ม³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5×5)] × 9 ชุด × 2 ชั้น = 504 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.20 × 25 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กเส้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 เส้น × 24 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 3,576 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 เส้น × 24 × 9 ชุด × 2 ชั้น = 4,961 ม													
	Total										8,537 ม			



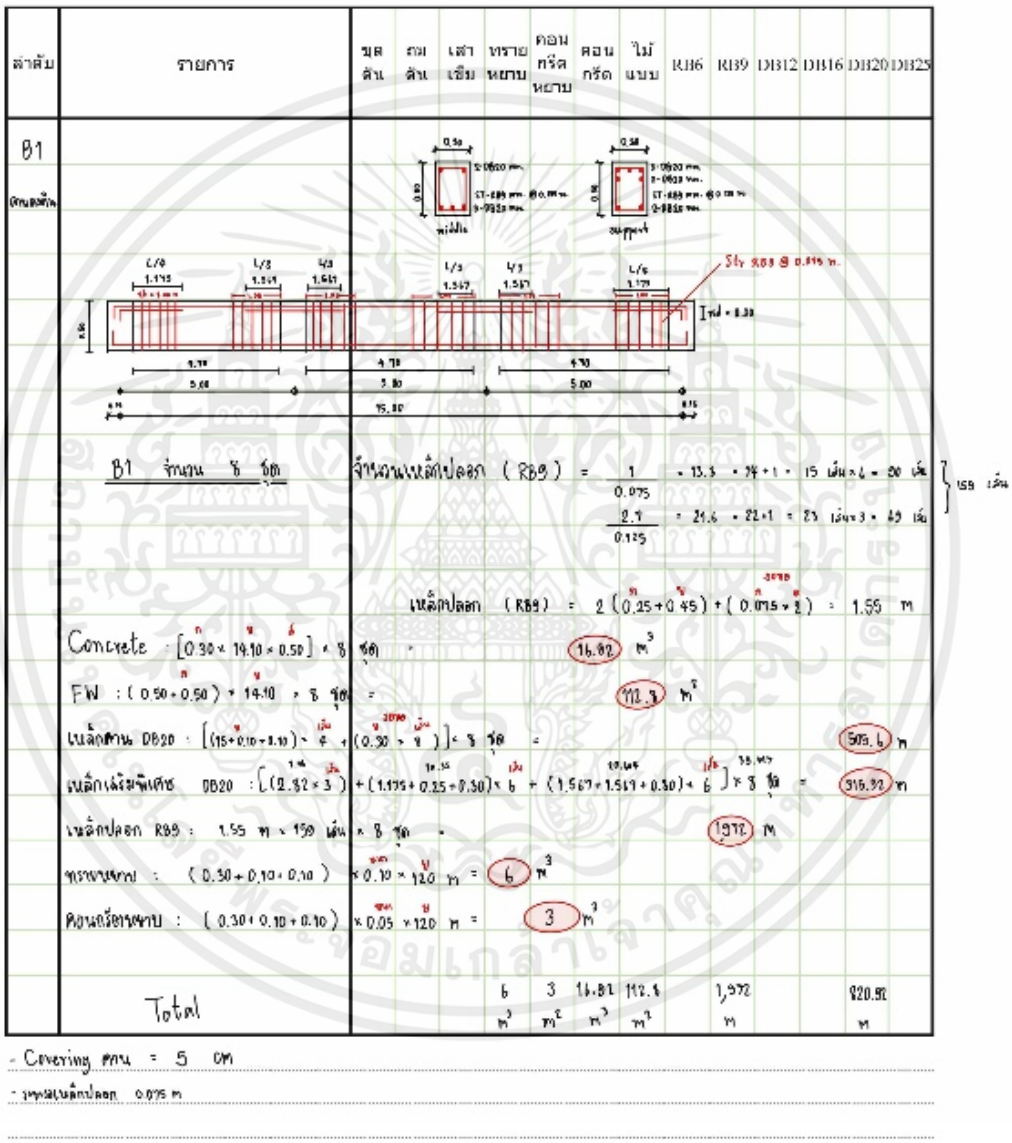
รูปที่ ข.32 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือบวัน	



รูปที่ ข.33 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

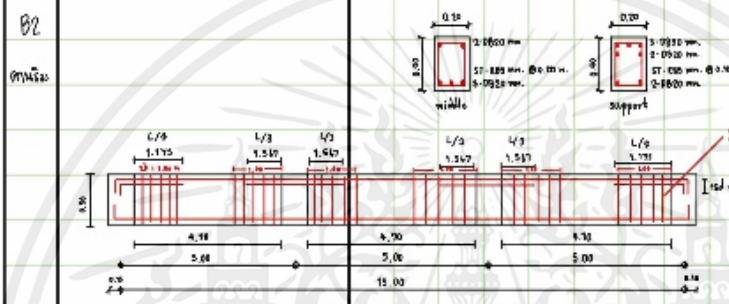
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
B2	คานริม													



B2 จำนวน 12 ชุด

จำนวนเหล็กปลอก (RB9) = 1/0.075 = 13.3 + 1 = 15 เส้น × 6 = 90 เส้น
2.7/0.135 = 21.1 + 1 = 23 เส้น × 3 = 69 เส้น
} 159 เส้น

เหล็กปลอก (RB9) = 2(0.15 + 0.45) + (0.075 × 2) = 1.35 ม.

Concrete : [0.20 × 14.10 × 0.50] × 12 ชุด = 16.92 ม.³

FW : (0.50 + 0.50 + 0.20) × 14.10 × 12 ชุด = 203.04 ม.²

เหล็กคาน DB20 : [(15 × 0.10 + 0.10) × 4 เส้น + (0.30 × 8 เส้น)] × 12 ชุด = 758.4 ม.

เหล็กเสริมพิเศษ DB20 : [(2.82 × 3 เส้น) + (1.175 + 0.25 + 0.30) × 6 เส้น + (1.547 + 1.567 + 0.36) × 6 เส้น] × 12 ชุด = 473 ม.

เหล็กปลอก RB9 : 1.35 ม. × 159 เส้น × 12 ชุด = 2,575.8 ม.

Total			16.92	203.04	2,575.8	1,231.4
			ม.³	ม.²	ม.	ม.

- Covering คาน = 5 ซม.
- ระยะเหล็กปลอก 0.075 ม.

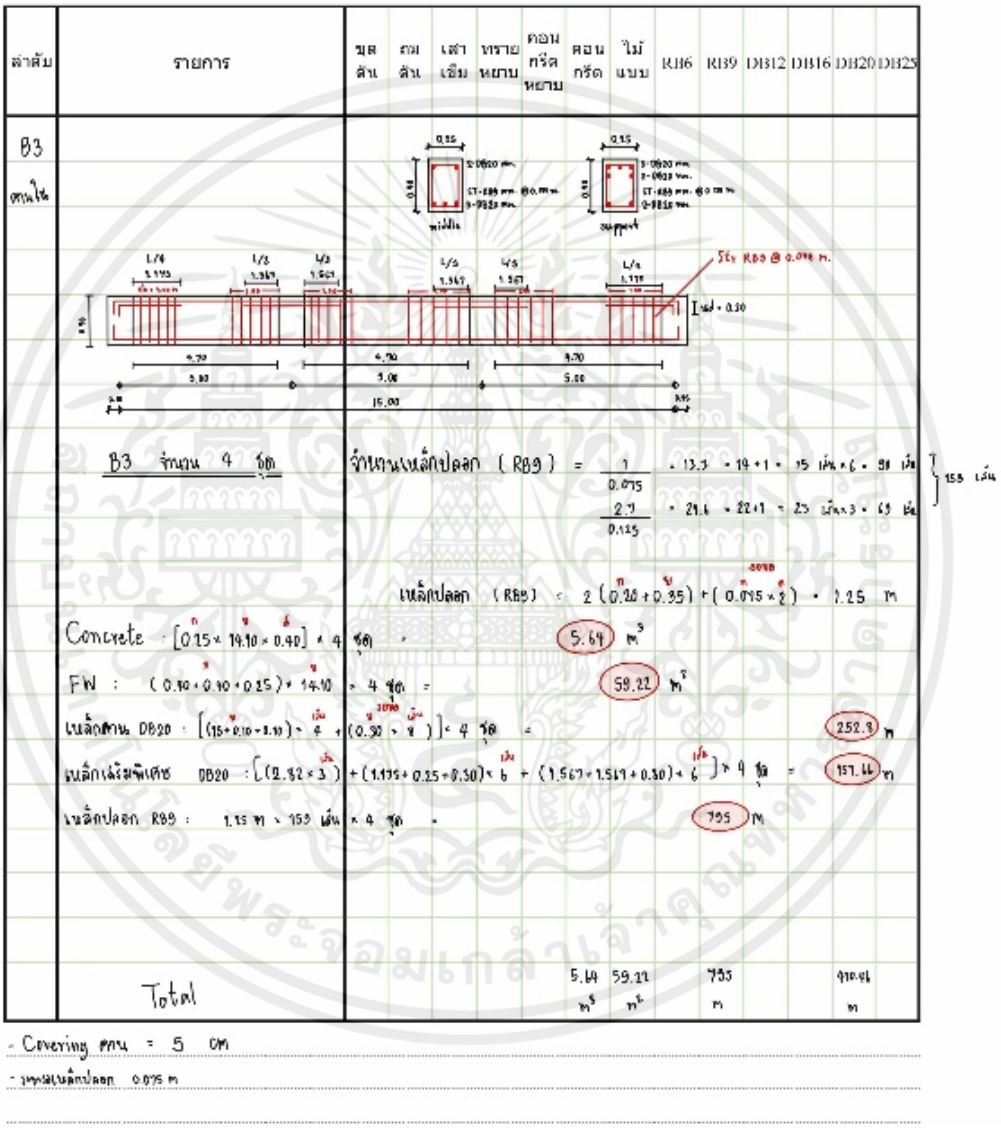
รูปที่ ข.34 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.35 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

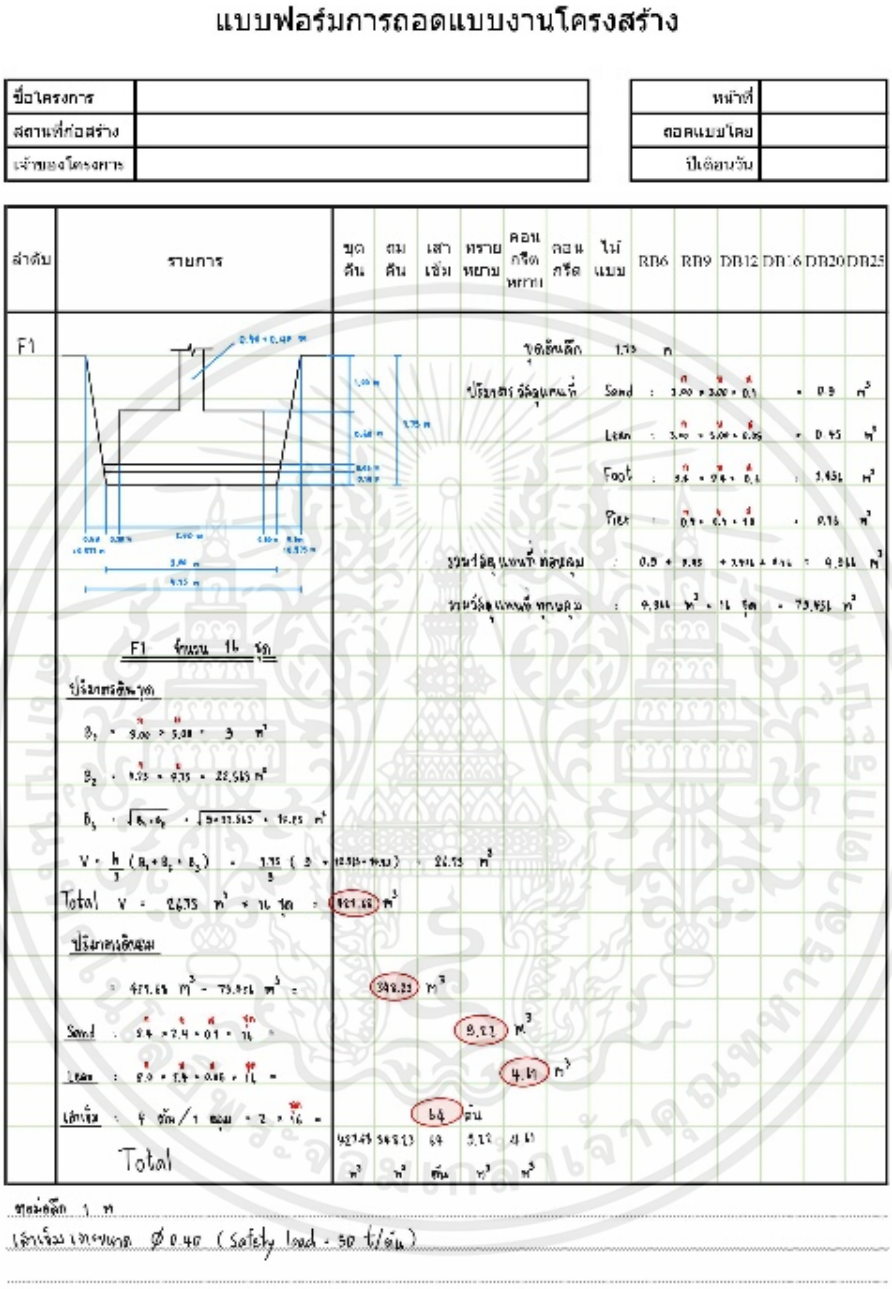
แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ
อิฐมวลเบา	พื้นที่ผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 2 ชั้น = 720 ม.² ใช้ 720 / 0.1 × 0.6 = 6,000 ก้อน เผื่อ 5% = 6,000 × 1.05 = 6,300 ก้อน

รูปที่ ข.36 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 2 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.37 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

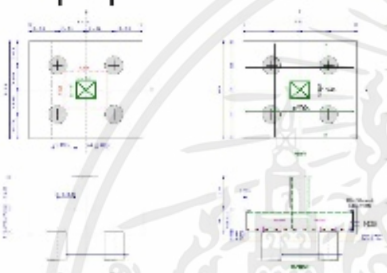
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	Plena town ปางพุด ถ.ส. 84
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางเต่าเรือง อ. ปางเต่าเรือง จ. สมุทรปราการ
เจ้าของโครงการ	—

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														

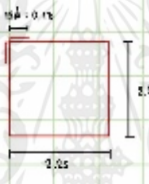


เหล็กยืน 12 - DB25 mm.

[(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 798.3 ม

เหล็กยืน 12 - DB25 mm.

[(0.45 + 2.25 + 0.45) + (0.375 × 2)] × 12 เส้น × 16 ชุด = 798.3 ม



เหล็กปลอก 1-DB 12

(2.25 × 2) + (2.25 × 2) + (0.15 × 2) × 1 = 9.36 ม

9.36 ม × 16 ชุด = 149.76 ม

F1 จำนวน 16 ชุด

เหล็กลงเข็ม 8-DB20 mm.

(1.00 + 0.50 + 0.50 + 0.50) × 8 เส้น × 16 ชุด = 358.4 ม

จำนวนเหล็กปลอก $\frac{1.0}{0.15}$ = 6.67 ≈ 7+1 = 8 เส้น

$\frac{0.5}{0.115}$ = 4.41 ≈ 7+1 = 8 เส้น

เหล็กปลอก RB8 : 1.55 × 16 เส้น × 16 ชุด = 396.8 ม

Concrete : [(2.50 × 2.50 × 0.60) + (0.40 × 0.40 × 1.00)] × 16 ชุด = 59.36 ม³

FW : [(2.0 × 2.40 × 4) + (2.4 × 1.9) − (0.4 × 0.4) + (0.4 × 1.00 × 4)] × 16 ชุด = 207.36 ม²

Total									57.86 ม³	207.36 ม²	396.8 ม	149.76 ม	358.4 ม	1097.6 ม

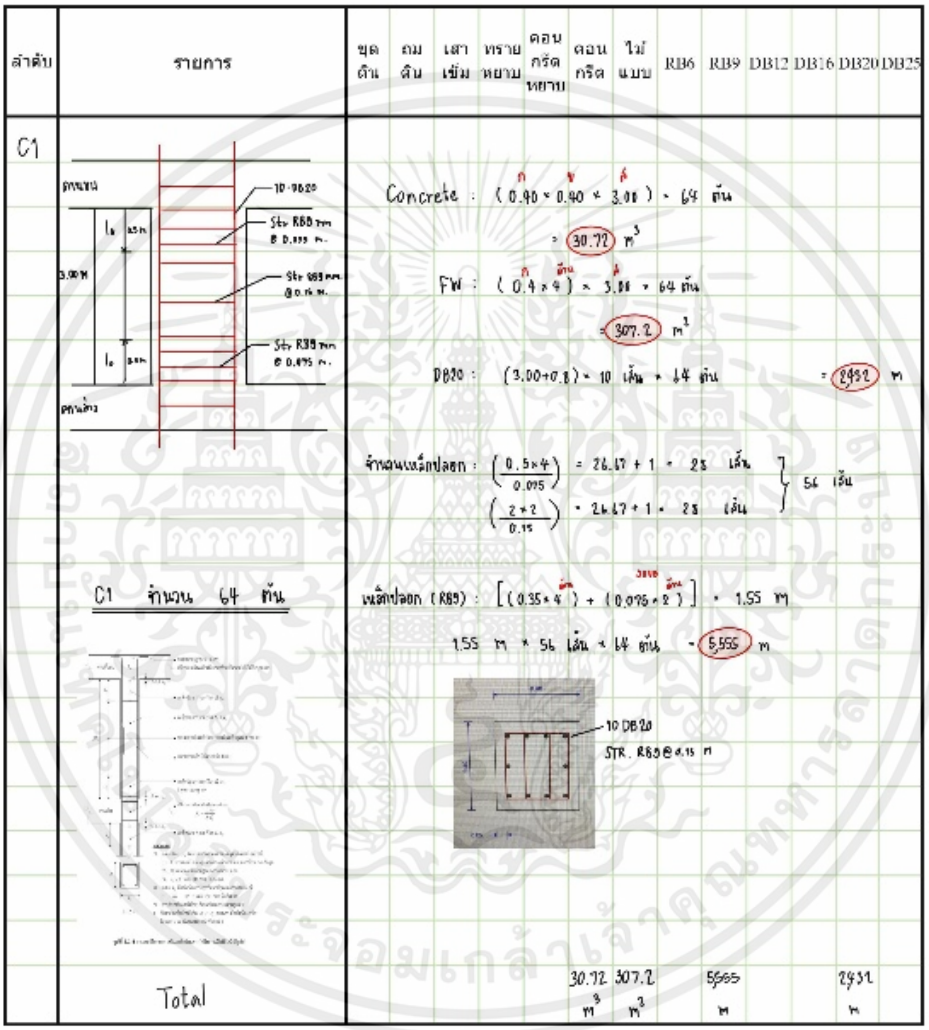
รูปที่ ข.38 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.39 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นชั้น 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม³ FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.15 = 25 + 25+1 = 26 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม													
	Total						33.75 ม³	27 ม²			4419 ม			

รูปที่ ข.40 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

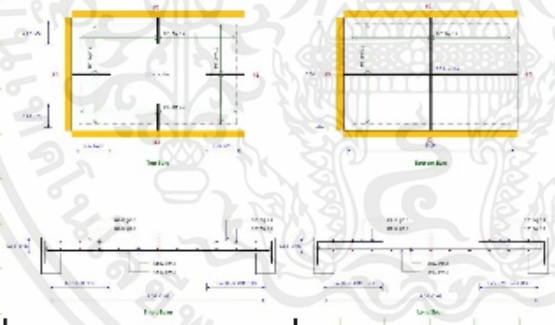
ชั้นชั้น 2 – ชั้นดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 135 ม³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5×5)] × 9 ชุด × 4 ชั้น = 1008 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5/0.20 × 2 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 × 25 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 7,750.08 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 × 24 × 9 ชุด × 4 ชั้น = 3,921.6 ม													
	Total						135 ม³	1,008 ม²			11,671.68 ม			



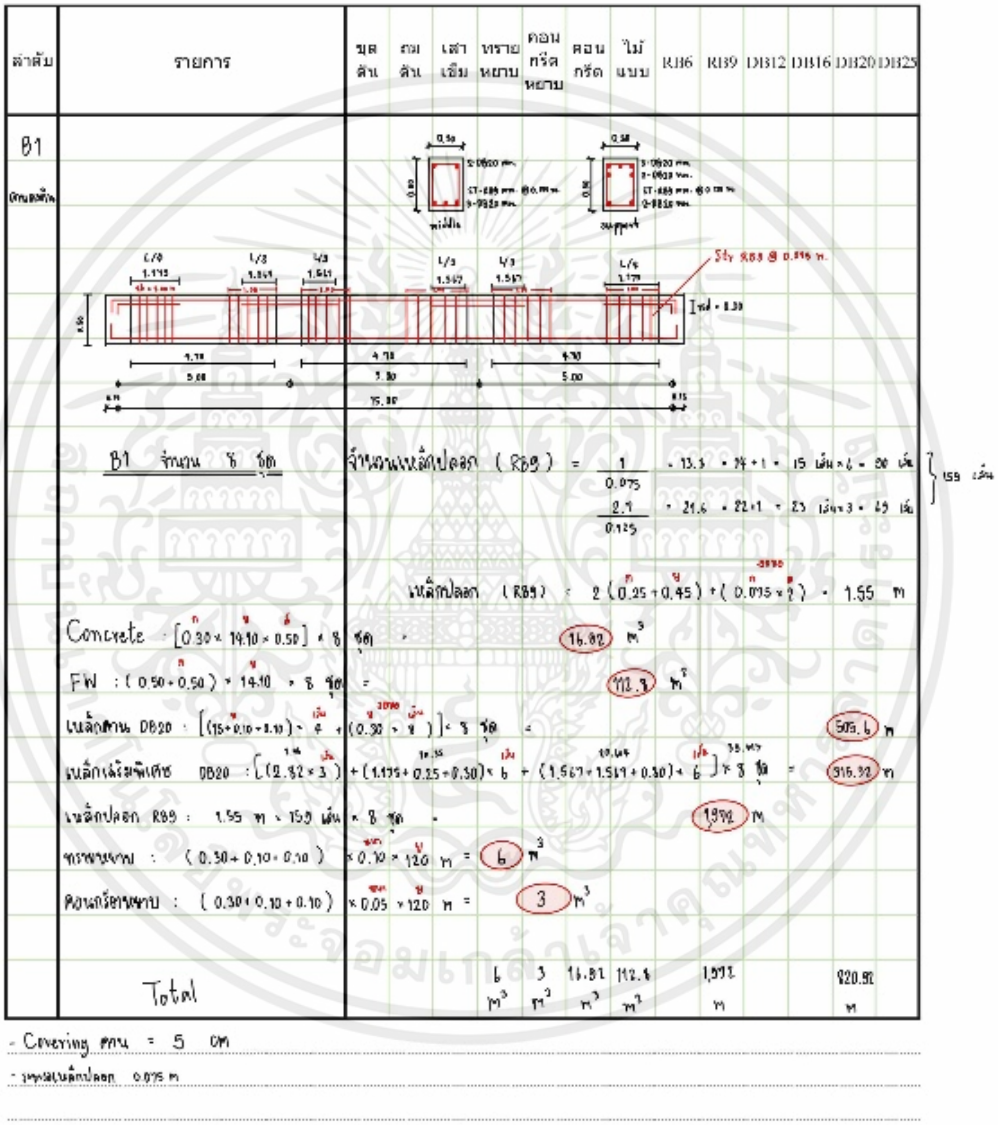
รูปที่ ข.41 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.42 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

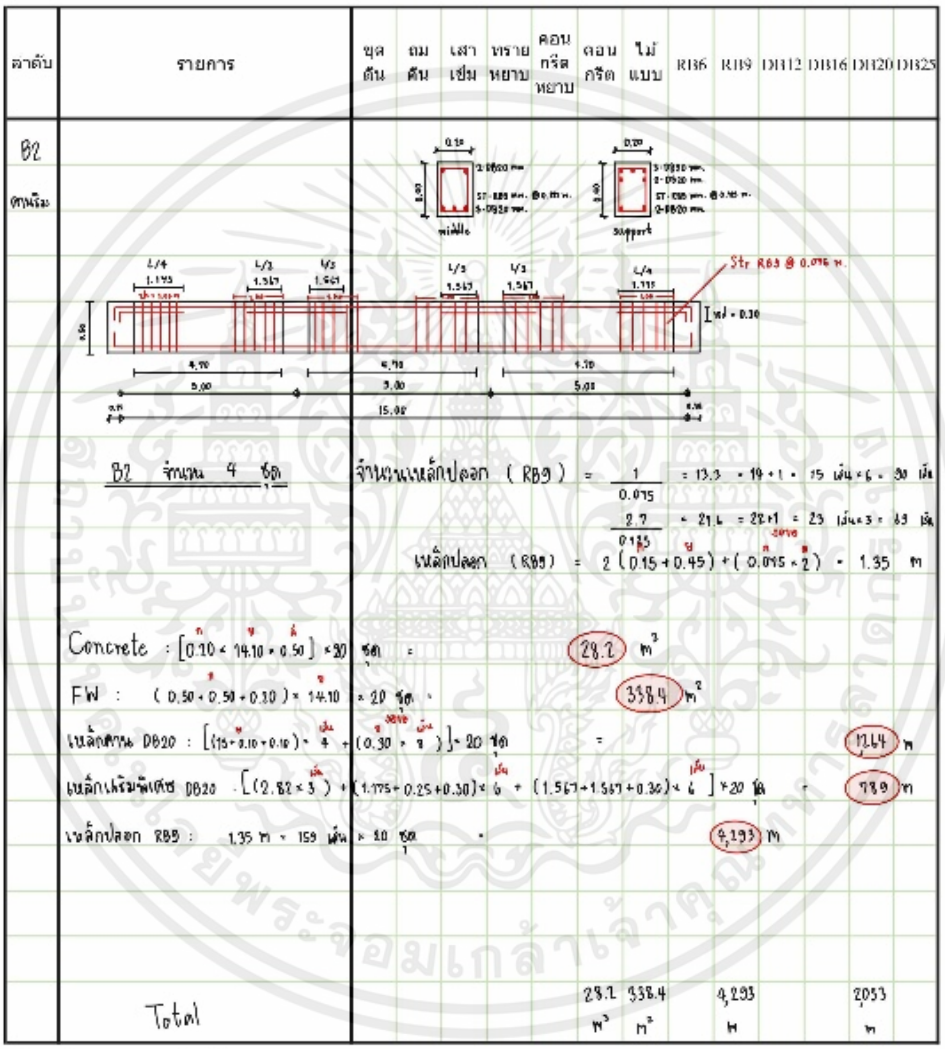
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี 3 ชั้น

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



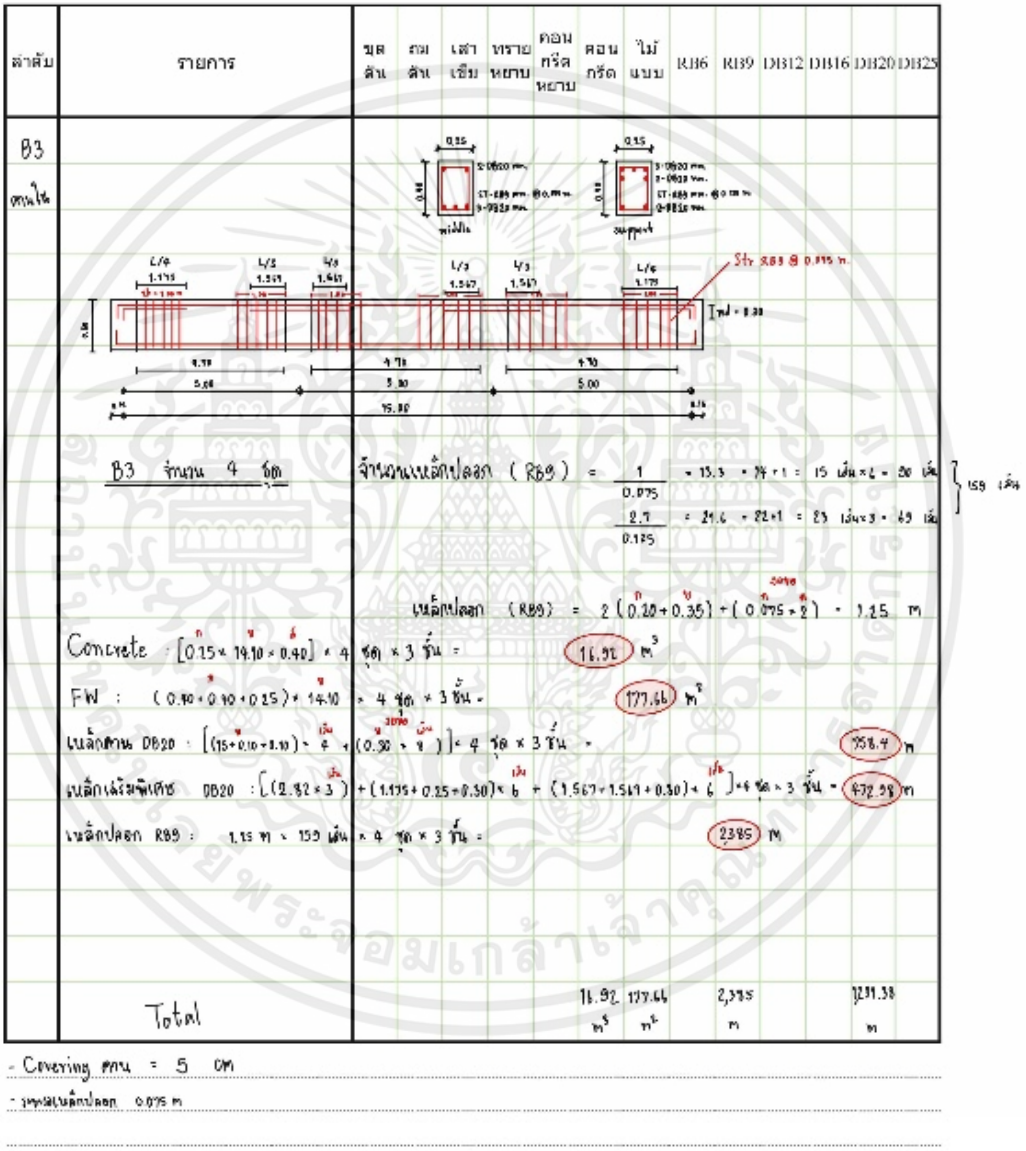
รูปที่ ข.43 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.44 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ
ฐานมวลเบา	พื้นที่ผิวผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 4 ชั้น = 1,440 ม.² ใช้ 1,440 / 0.1 × 0.6 = 12,000 ก้อน เผื่อ 5% = 12,000 × 1.05 = 12,600 ก้อน

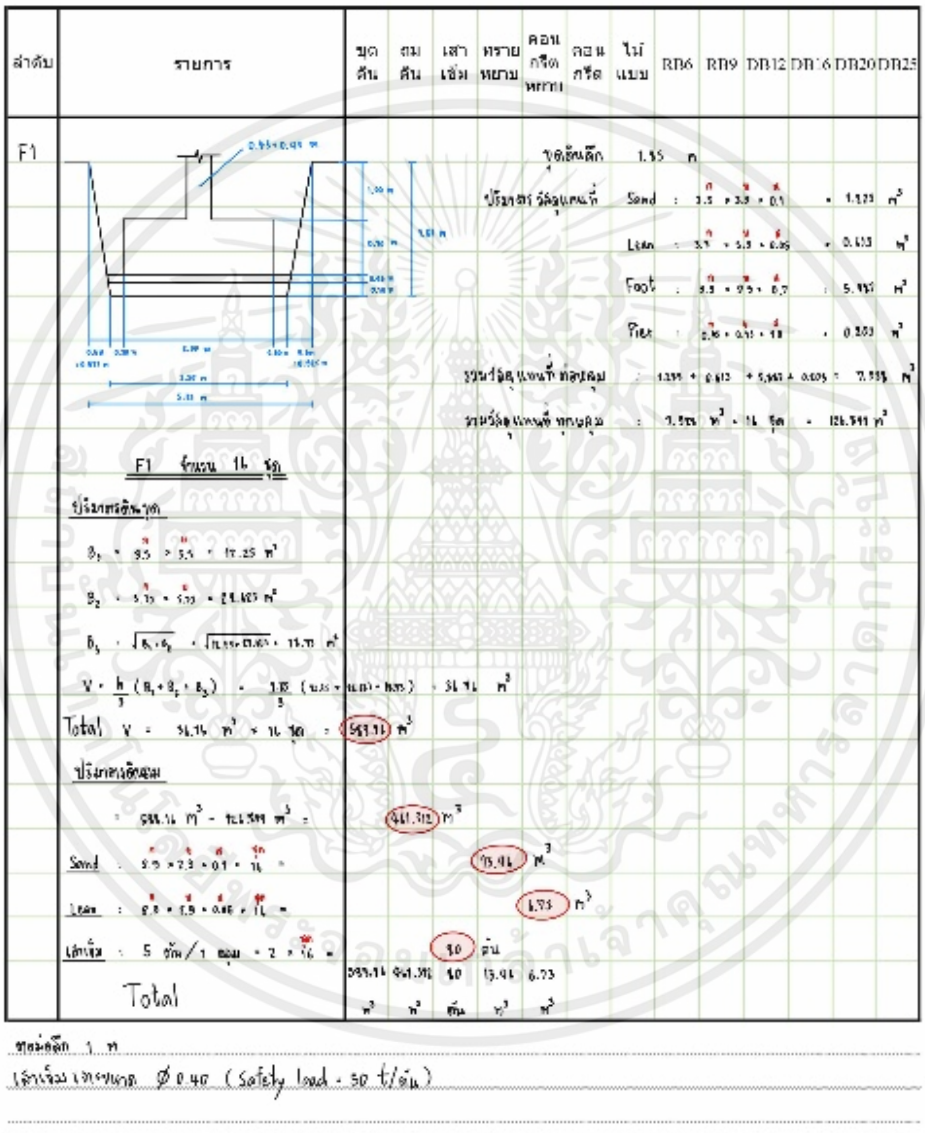
รูปที่ ข.45 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 4 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือนวัน	

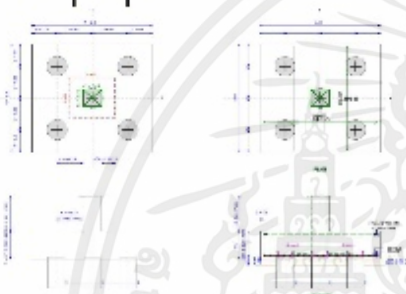


รูปที่ ข.46 การถอดปริมาณดินขุด ดินถม ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

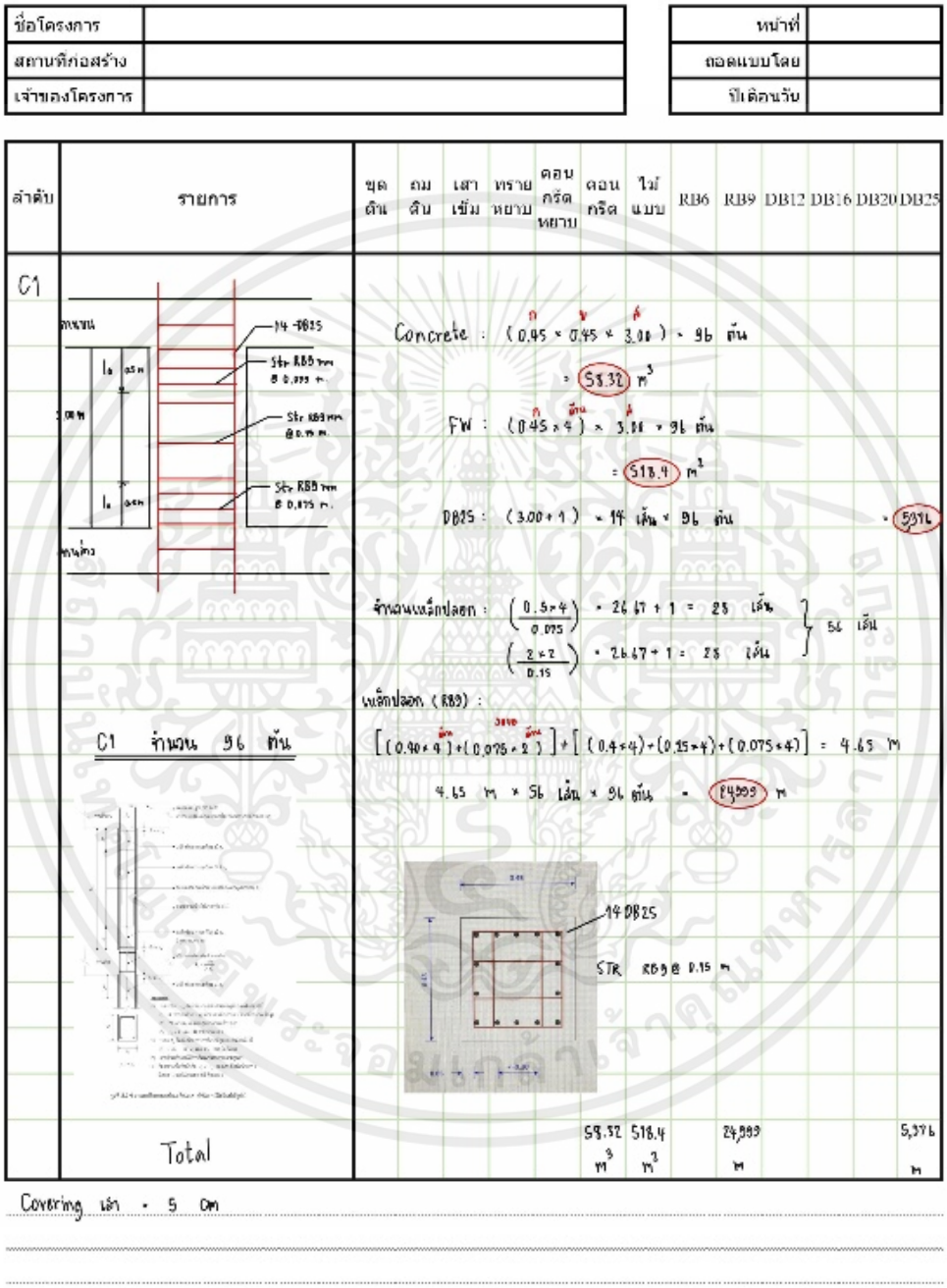
ชื่อโครงการ	Plano โฮเทล ปางมะ ตอน 34	หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง	ต. ปางมะค่าย อ. ปางมะค่าย จ. จันทบุรี	ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ	—	ปีเดือนวัน	



ลำดับ	รายการ	ชุดฝัน	ลบดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
F1														
	F1 จำนวน 16 ชุด													
	Concrete : [(2.80 × 2.80 × 0.70) + (0.45 × 0.45 × 1.05)] × 16 ชุด = 87.44 ม³													
	F/W : [(0.15 × 2.90 × 9) + (2.8 × 2.8) − (3.45 × 0.45) + (0.45 × 1.00 × 4)] × 16 ชุด													
	= 890.04 ม²													
	Total								87.44 ม³	890.04 ม²	1,093 ม.	191.76 ม.		5,225.6 ม.

รูปที่ ข.47 การถอดปริมาณฐานราก ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.48 การถอดปริมาณโครงสร้างเสา ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

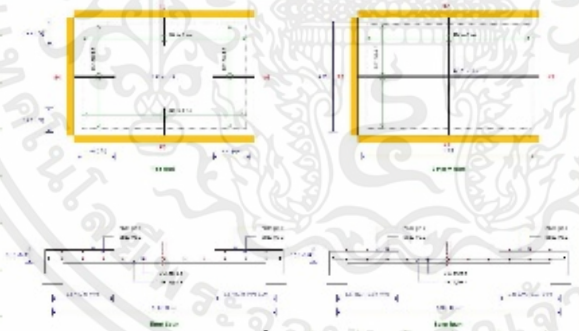
พื้นชั้น 1

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเตือบวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด = 33.75 ม³													
	FW : (0.15 × 5 × 4) × 9 ชุด = 27 ม²													
	จำนวนเหล็กปลอก : 5 / 0.15 + 25 + 25+1 = 26 เส้น													
	เหล็กพื้น DB12 : (1.47 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 1938 ม													
	(5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 26 เส้น × 9 ชุด = 2481 ม													
	Total						33.75 ม³	27 ม²			4419 ม			



รูปที่ ข.49 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 1 ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

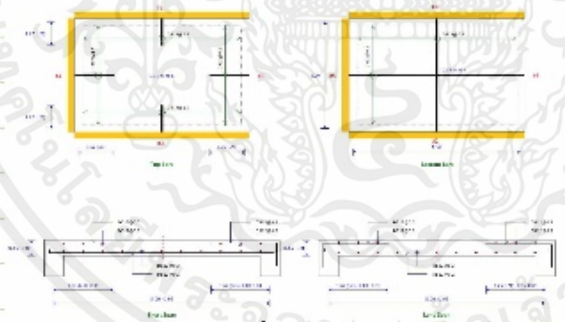
ชั้นชั้น 2 - ดาดฟ้า

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเสื่อนวัน	

ลำดับ	รายการ	ขุดดิน	ถมดิน	เสาเข็ม	ทรายหยาบ	คอนกรีตหยาบ	คอนกรีต	ไม้แบบ	RB6	RB9	DB12	DB16	DB20	DB25
S1	Concrete : (5×5) × 0.15 × 9 ชุด × 6 ชั้น = 202.5 ม³ FW : [(0.15 × 5 × 4) + (5×5)] × 9 ชุด × 6 ชั้น = 1512 ม² จำนวนเหล็กปลอก : 5/0.20 × 25 × 25+1 = 24 เส้น เหล็กพื้น DB12 : (1.67 + 0.10 + 0.30) × 4 ต้น × 25 เส้น × 9 ชุด × 6 ชั้น = 21,615.11 ม (5.00 + 0.20 + 0.10) × 2 ต้น × 24 เส้น × 9 ชุด × 6 ชั้น = 14,551.9 ม													
	Total						202.5 ม³	1,512 ม²			21607.52 ม			



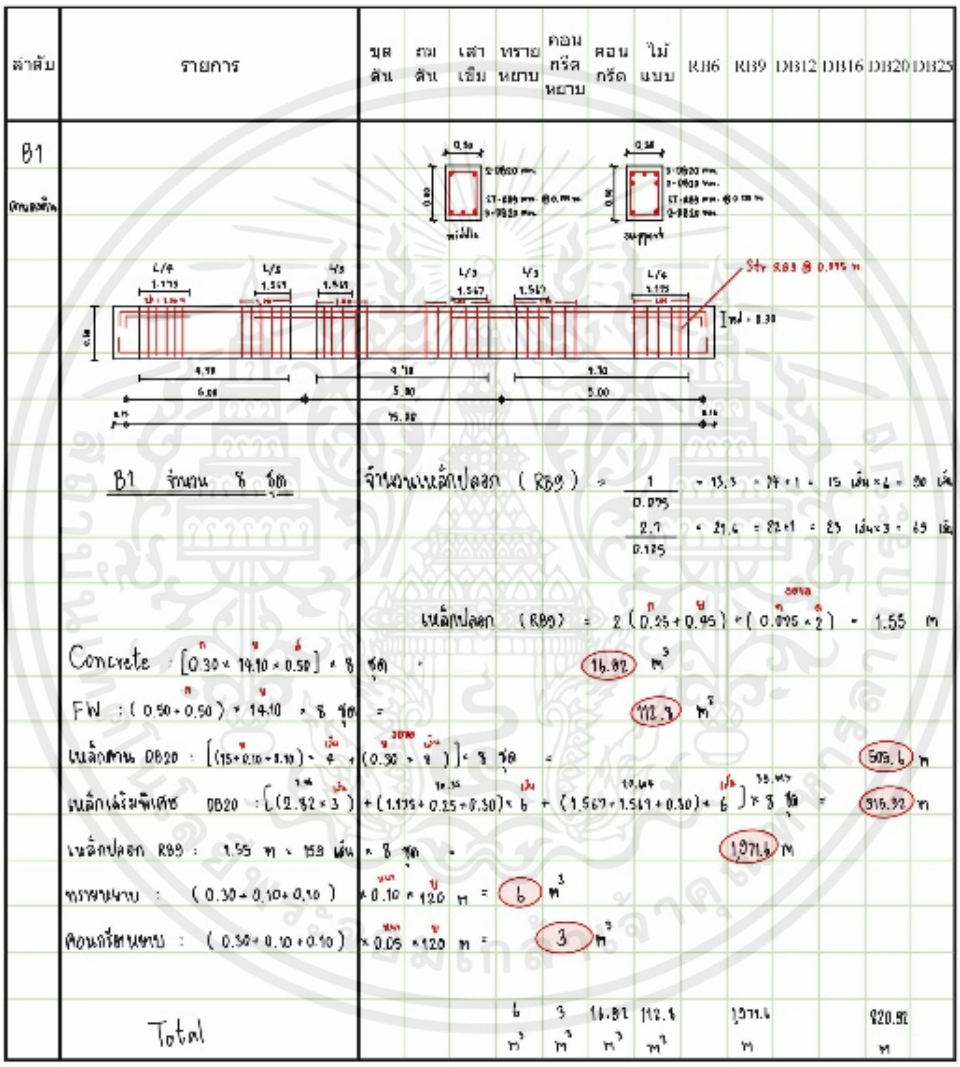
รูปที่ ข.50 การถอดปริมาณโครงสร้างพื้นชั้น 2- ดาดฟ้า ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



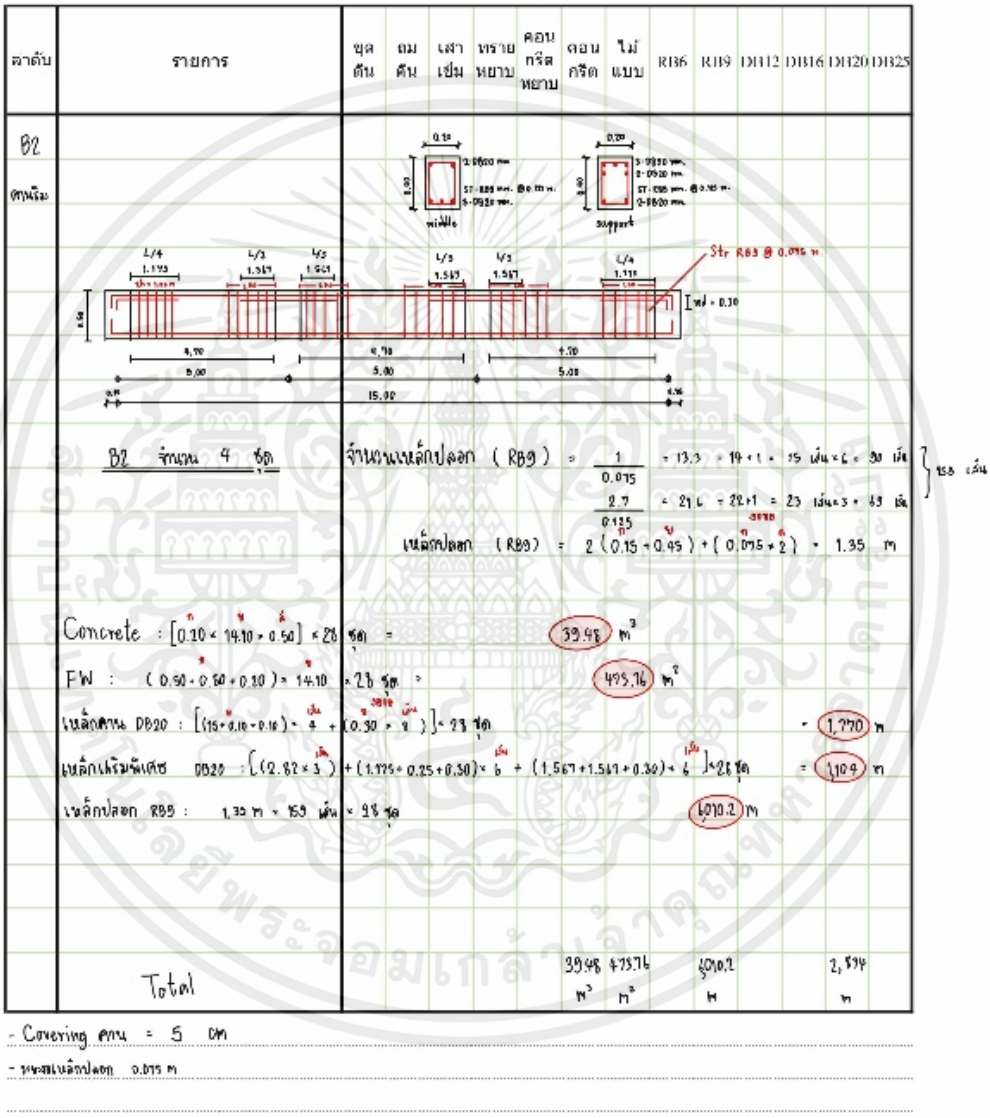
รูปที่ ข.51 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B1 ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



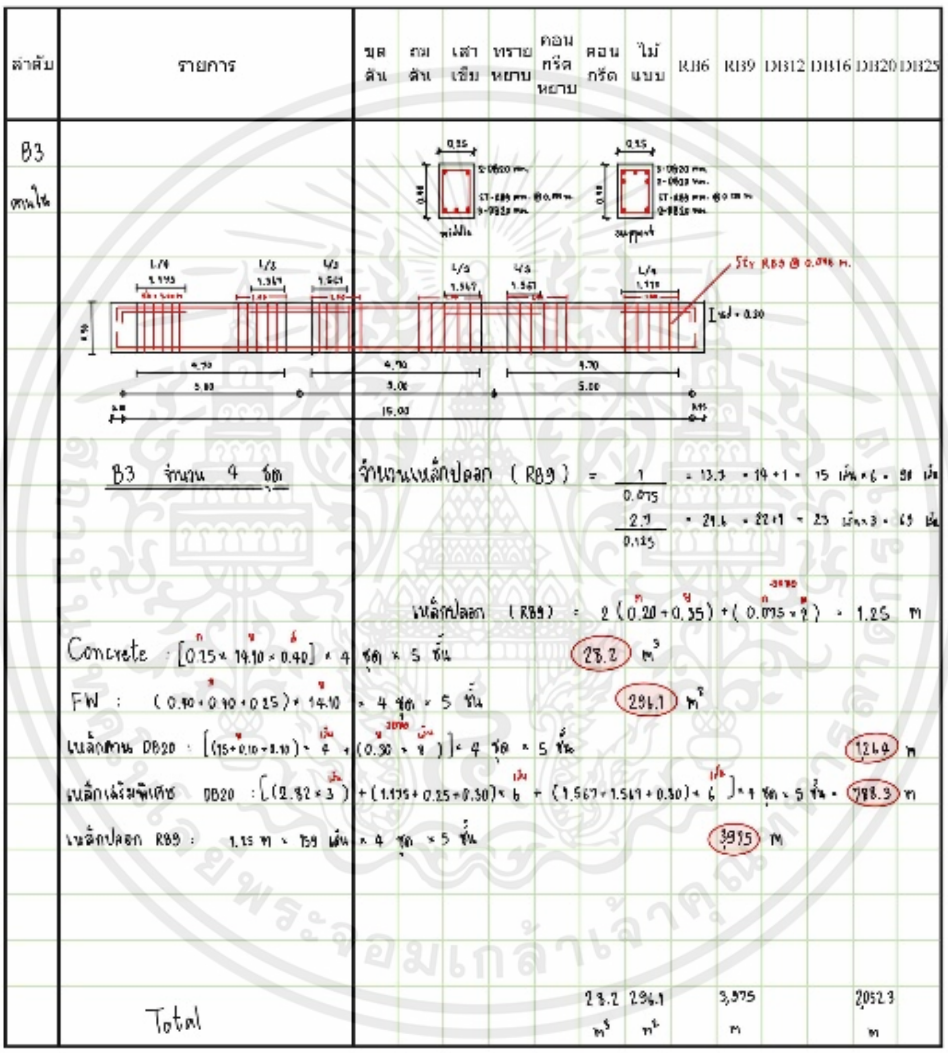
รูปที่ ข.52 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B2 ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบงานโครงสร้าง

ชื่อโครงการ	
สถานที่ก่อสร้าง	
เจ้าของโครงการ	

หน้าที่	
ถอดแบบโดย	
ปีเดือนวัน	



รูปที่ ข.53 การถอดปริมาณโครงสร้างคาน B3 ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการถอดแบบทั่วไป

ชื่อโครงการ		หน้าที่	
สถานที่ก่อสร้าง		ถอดแบบโดย	
เจ้าของโครงการ		ปี เดือน วัน	

ลำดับ	รายการ
อิฐมวลเบา	พื้นที่ผิวผนังทั้งหมด = 15 ม.² × 24 ช่อง × 6 ชั้น = 2160 ม.² ใช้ 2,160 / 0.1 × 0.6 = 18,000 ก้อน เผื่อ 5% = 18,000 × 1.05 = 18,900 ก้อน

รูปที่ ข.54 การถอดปริมาณอิฐมวลเบา ของอาคาร 6 ชั้น ที่คิดแรงแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน

	เสาเข็มเจาะระบบ DRY PROCESS				
A2020	เสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.35 x 21.00 ม. (6 เส้น 12 มม. ป.@ 0.15)	ต้น	18,500	รวมค่าเจาะ	ราคาการทำเสาเข็มเจาะอาจเปลี่ยนแปลงตามสภาพพื้นที่ก่อสร้าง
A2021	เสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.40 x 21.00 ม. (6 เส้น 12 มม.ป.@ 0.15)	ต้น	22,500	รวมค่าเจาะ	
A2022	เสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.50 x 21.00 ม. (9 เส้น 12 มม.ป.@ 0.15)	ต้น	27,500	รวมค่าเจาะ	
A2023	เสาเข็มเจาะ ขนาด Ø 0.60 x 21.00 ม. (8 เส้น 16 มม.ป.@ 0.15)	ต้น	43,000	รวมค่าเจาะ	

รูปที่ ค.1 ราคาเสาเข็มเจาะ

A1.	1.1 งานขุดดิน				
a	**ขุดดินฐานรากแล้วถมคืน**				
A1000	ดินทั่วไป				
	ปริมาณเกิน 100 ลบ.ม. หรือขุดลึกไม่เกิน 1.00 เมตร	ลบ.ม.	-	99	.
	ปริมาณตั้งแต่ 25-100 ลบ.ม. หรือขุดลึก1.00-1.50 ม.	ลบ.ม.	-	125	.
	ปริมาณน้อยกว่า 25 ลบ.ม.หรือขุดลึกเกิน1.50 ม.	ลบ.ม.	-	148	.

รูปที่ ค.2 ราคาค่าแรงงานขุดดิน

a	**วัสดุรองฐานราก**				
A1006	ทรายหยาบรองพื้น	ลบ.ม.	495	91	.
A1007	อิฐหักกระทุ้งแน่นรองพื้น	ลบ.ม.	150	104	.
a	**คอนกรีตหยาบรองฐานราก**				
A1008	คอนกรีตหยาบ 1:3:5 (ประเภท 1)	ลบ.ม.	1,610	398	.
A1009	คอนกรีตหยาบ 1:3:5 (ประเภท 5)	ลบ.ม.	1,650	398	.

รูปที่ ค.3 ราคาค่าวัสดุและค่าแรงของทราบหยาบและคอนกรีตหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CODE	รายการ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	หมายเหตุ
A4.	**1.4 งานคอนกรีตโครงสร้าง**				
a	**คอนกรีตโครงสร้าง ประเภท 1**				
A4000	คอนกรีต 1:2:4 โครงสร้างติดดิน	ลบ.ม.	1,845	436	.
A4001	คอนกรีต 1:2:4 โครงสร้างชั้นเดียว	ลบ.ม.	1,845	498	.
A4002	คอนกรีต 1:2:4 โครงสร้าง 2 ชั้นขึ้นไป	ลบ.ม.	1,845	542	.
a	**คอนกรีตผสมเสร็จ กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)** **รูปลูกบาศก์ 15x15x15 ซม. / รูปทรงกระบอก 15x30 ซม.**				
A4003	คอนกรีตผสมเสร็จ 180 กก./ตร.ซม. / 140 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,399	-	1. โครงสร้างติดดิน
A4004	คอนกรีตผสมเสร็จ 210 กก./ตร.ซม. / 180 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,384	-	ค่าแรง 306 บาท
A4005	คอนกรีตผสมเสร็จ 240 กก./ตร.ซม. / 210 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,420	-	2. โครงสร้างชั้นเดียว
A4006	คอนกรีตผสมเสร็จ 280 กก./ตร.ซม. / 240 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,457	-	ค่าแรง 391 บาท
A4007	คอนกรีตผสมเสร็จ 320 กก./ตร.ซม. / 280 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,529	-	3. โครงสร้างหลายชั้น
A4008	คอนกรีตหยาบผสมเสร็จ 1:3:5	ลบ.ม.	2,193	-	ค่าแรง 485 บาท

รูปที่ ค.4 ราคาค่าวัสดุและค่าแรงของคอนกรีตโครงสร้างและคอนกรีตผสมเสร็จ

CODE	รายการ		หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	หมายเหตุ
A3.	**1.3 งานแบบหล่อคอนกรีต**					
a	**ไม้แบบทั่วไป**					
A3000	ไม้แบบทั่วไป อาคารชั้นเดียว	(ใช้ 80 %)	ลบ.ฟ.	400	-	.
A3001	ไม้แบบทั่วไป อาคาร 2 ชั้น	(ใช้ 70 %)	ลบ.ฟ.	400	-	.
A3002	ไม้แบบทั่วไป อาคาร 3 ชั้น	(ใช้ 60 %)	ลบ.ฟ.	400	-	.
A3003	ไม้แบบทั่วไป อาคาร 4 ชั้นขึ้นไป	(ใช้ 50 %)	ลบ.ฟ.	400	-	.
a	**ไม้แบบเปลือยผิว**					
A3004	ไม้แบบเปลือยผิว อาคารชั้นเดียว	(ใช้ 80 %)	ลบ.ฟ.	500	-	.
A3005	ไม้แบบเปลือยผิว อาคาร 2 ชั้น	(ใช้ 70 %)	ลบ.ฟ.	500	-	.
A3006	ไม้แบบเปลือยผิว อาคาร 3 ชั้น	(ใช้ 60 %)	ลบ.ฟ.	500	-	.
A3007	ไม้แบบเปลือยผิว อาคาร 4 ชั้นขึ้นไป	(ใช้ 50 %)	ลบ.ฟ.	500	-	.
a	**ค่าแรงไม้แบบ**					
A3008	ค่าแรงไม้แบบทั่วไป		ตร.ม.	-	115	5,000 ตร.ม. ขึ้นไป
			ตร.ม.	-	133	น้อยกว่า 5,000 ตร.ม.
A3009	ค่าแรงไม้แบบเปลือยผิว		ตร.ม.	-	154	ชนิดผิวเรียบ
			ตร.ม.	-	193	ชนิดผิวมีบัวลวดลาย

รูปที่ ค.5 ราคาค่าวัสดุและค่าแรงของไม้แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CODE	รายการ	หน่วย	ค่าวัสดุ	ค่าแรง	หมายเหตุ
A5.	1.5 งานเหล็กเสริมคอนกรีต				
a	**เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 (ยาวเส้นละ 10.00 เมตร) ราคาต่อตัน**				
A5000	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 6 มม. (2.22 กก./เส้น)	ตัน	27,666	4,100	.
A5001	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม. (4.99 กก./เส้น)	ตัน	26,800	4,100	.
A5002	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 12 มม (8.88 กก./เส้น)	ตัน	26,433	3,300	.
A5003	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 15 มม. (13.87 กก./เส้น)	ตัน	26,300	3,300	.
A5004	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 19 มม. (22.26 กก./เส้น)	ตัน	26,366	2,900	.
A5005	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 25 มม. (38.53 กก./เส้น)	ตัน	26,366	2,900	.
a	**เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 (ยาวเส้นละ 10.00 เมตร) ราคาต่อเส้น**				
A5006	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 6 มม. (2.22 กก./เส้น)	เส้น	61	10	เผื่อวัสดุ 5%
A5007	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 9 มม. (4.99 กก./เส้น)	เส้น	133	21	เผื่อวัสดุ 7%
A5008	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 12 มม (8.88 กก./เส้น)	เส้น	234	30	เผื่อวัสดุ 9%
A5009	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 15 มม. (13.87 กก./เส้น)	เส้น	364	46	เผื่อวัสดุ 11%
A5010	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 19 มม. (22.26 กก./เส้น)	เส้น	586	65	เผื่อวัสดุ 13%
A5011	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 ขนาด RB 25 มม. (38.53 กก./เส้น)	เส้น	1,015	112	เผื่อวัสดุ 15%
a	**เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 (ยาวเส้นละ 10.00 เมตร) ราคาต่อตัน**				
A5012	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม. (8.88 กก./เส้น)	ตัน	26,500	3,300	.
A5013	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 16 มม. (15.80 กก./เส้น)	ตัน	26,366	3,300	.
A5014	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม. (24.70 กก./เส้น)	ตัน	26,166	2,900	.
A5015	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม. (38.50 กก./เส้น)	ตัน	26,166	2,900	.
A5016	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 28 มม. (48.30 กก./เส้น)	ตัน	26,166	2,900	.
a	**เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 (ยาวเส้นละ 10.00 เมตร) ราคาต่อเส้น**				
A5017	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 12 มม. (8.88 กก./เส้น)	เส้น	235	30	เผื่อวัสดุ 9%
A5018	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 16 มม. (15.80 กก./เส้น)	เส้น	416	53	เผื่อวัสดุ 11%
A5019	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 20 มม. (24.70 กก./เส้น)	เส้น	646	72	เผื่อวัสดุ 13%
A5020	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 25 มม. (38.50 กก./เส้น)	เส้น	1,008	112	เผื่อวัสดุ 15%
A5021	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.40 ขนาด DB 28 มม. (48.30 กก./เส้น)	เส้น	1,264	140	เผื่อวัสดุ 15%

รูปที่ ค.6 ราคาค่าวัสดุและค่าแรงของเหล็กเสริมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b	ผนังก่อบล๊อก (ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา)				
B4015	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. X 60 ซม. หนา 7.5 ซม. G4	ตร.ม.	273	56	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 53 บาท
B4016	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. x 60 ซม. หนา 10.0 ซม. G4	ตร.ม.	376	60	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 56 บาท
B4017	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. x 60 ซม. หนา 12.5 ซม. G4	ตร.ม.	471	63	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 61 บาท
B4018	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. x 60 ซม. หนา 20.0 ซม. G4	ตร.ม.	754	78	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 75 บาท
B4019	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. X 60 ซม. หนา 7.5 ซม. G2	ตร.ม.	247	56	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 61 บาท
B4020	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา ขนาด 20 ซม. x 60 ซม. หนา 10.0 ซม.G2	ตร.ม.	335	60	รั้ว - กำแพง ค่าแรง = 75 บาท

รูปที่ ค.7 ราคาค่าวัสดุและค่าแรงของผนังก่อคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายปวิชญา ลิมสัมพันธ์เจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	5 กันยายน 2543
ที่อยู่	109/19 หมู่10 ซ.นวมินทร์ 74 ค.คลองกุ่ม ข.บึงกุ่ม กรุงเทพ 10230
โทร	083-536-9928
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ.2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62010543@gmail.com

ชื่อ-นามสกุล	นายพิสิฐพงศ์ วงษ์โก
วัน เดือน ปีเกิด	7 กันยายน 2543
ที่อยู่	128 ม.1 ต.สงเปือย อ.ภูเวียง จ.ขอนแก่น 40150
โทร	083-246-1054
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนบ้านนาก้านเหลือง - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62010643@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นายพีรพัฒน์ เหมรุ่งโรจน์
วัน เดือน ปีเกิด	19 มีนาคม 2543
ที่อยู่	657 ซอยฉลองกรุง 1 เขต ลาดกระบัง แขวง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร	064-291-2591
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนน่านคริสเตียนศึกษา - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีศรีน่าน - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62010650@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้