การเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค

COMPARISON OF PRICE FACTOR FOR SELECT METHODS TO SOLVE BUILDING SETTLEMENT PROBLEMS AFFECT CONSUMER DECISION

นันทกานต์ ไตรรัตน์อัญชลี
NUNTAKARN TRAIRATANCHALEE

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562
KMITL-2019-EN-M-090-503

การเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค

COMPARISON OF PRICE FACTOR FOR SELECT METHODS TO SOLVE BUILDING SETTLEMENT PROBLEMS AFFECT CONSUMER DECISION

นันทกานต์ ไตรรัตน์อัญชลี
NUNTAKARN TRAIRATANCHALEE

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562
KMITL-2019-EN-M-090-503

COMPARISON OF PRICE FACTOR FOR SELECT METHODS TO SOLVE BUILDING SETTLEMENT PROBLEMS AFFECT CONSUMER DECISION

NUNTAKARN TRAIRATANCHALEE

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019
KMITL-2019-EN-M-090-503

COPYRIGHT 2019
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ การเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค
นักศึกษา นายนันทกานต์ ไตรรัตน์อัญชลี
รหัสประจำตัว 59601070
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ. 2562
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

บทคัดย่อ

เนื่องในปัจจุบันผู้บริโภคมีทางเลือกในการว่าจ้างผู้รับเหมาก่อสร้างได้มากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันด้านราคาในงานก่อสร้างเพื่อให้ได้งานมา ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้ได้งานคือการลดต้นทุนเพื่อให้เสนองานได้ราคาถูกลง แต่การลดต้นทุนส่งผลกระทบต่อคุณภาพงานตามมา ทั้งด้านคุณภาพวัสดุหรือแม้กระทั่งฝีมือแรงงาน ทำให้คุณภาพงานก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งการทรุดตัวของอาคารเป็นส่วนหนึ่งของการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมทำให้ต้องได้รับการแก้ไข การแก้ไขการทรุดตัวของอาคารสามารถทำได้หลายวิธี การรื้อทิ้งสร้างใหม่หรือการซ่อมแซมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING) เป็นวิธีแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารให้อาคารกลับมาไม่เกิดปัญหาอีก แต่การแก้ไขด้วย 2 วิธีนี้ยังมีข้อสงสัยจากผู้บริโภคอยู่ คือการแก้ไขด้วยวิธีไหนมีความคุ้มค่ากว่ากัน และปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคต้องการทราบคือด้านราคาเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางวิธีการแก้ไข การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค โดยเป็นการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบระหว่าง ค่าใช้จ่ายรื้อทิ้งสร้างใหม่กับค่าใช้จ่ายซ่อมแซมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) โดยได้จำลองแบบตัวอย่างและประมาณราคาจากแบบจำลองนั้น โดยสร้างแบบจำลองจำนวน 9 ตัวอย่าง ที่มีระยะ Span 3 เมตร x 3 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร และ 5 เมตร x 5 เมตร โดยแต่ละขนาด Span มีจำนวน 3 ชั้น 5 ชั้น และ 8 ชั้น จากผลของการศึกษาพบว่า ยิ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคารหรือจำนวนชั้นของอาคารมากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ ราคาประเมินค่าใช้จ่ายการเสริมฐานรากต่อราคาประเมินเฉลี่ยค่าก่อสร้างน้อยลง ข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อไปในอนาคตได้

Independent Study Title	Comparison of Price Factor for Select Methods to Solve Building Settlement Peoblems Affect Consumer Decision
Student	Mr.Nuntakarn Trairatanchalee
Student ID.	59601070
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2019
Independent Study Advisor	Assoc.Prof.Dr.Laemthong Laokhongthavorn

ABSTRACT

Nowadays consumers have alternative ways of choosing contractors so the cost of construction is competitive in the market. The essential key to win the job is to reduce the capital which also impacts quality. It is not only quality of material, but also quality of works that makes the outcome not complied with standards. Subsidence of building or structure is one of examples of construction works which do not conform with engineering standards. However, there are two main techniques to fix subsided buildings that are demolition to build a new construction and underpinning method. Although the advantage of each methods seems attractive, the method that earns the most benefit is in doubt for the consumers. Most consumers usually want to know price of each techniques to compare and make a decision. So this study is aimed to focus on cost factors between demolition to build a construction and underpinning for consumers to make a decision to solve subsided building. The study was done by simulating nine models whose span series are 3×3m, 4×4m and 5×5m. Each spans has 3, 5, and 8 stories. This study found that the more floors and areas the building has, the better the cost saving is. That makes the percentage of construction cost estimation to the average construction cost decrease. This data will be utilized for consumer decision making in the future.

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลม ทอง เหล่าคงถาวร ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ ให้ความรู้ ให้แง่คิดและถ่ายทอดประสบการณ์จนทำให้การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ เพื่อเป็นการพัฒนาตัวข้าพเจ้า ซึ่งข้าพเจ้าได้นำมาใช้ในกระบวนการคิด การทำงานในการค้นคว้าอิสระเล่มนี้

ขอขอบคุณบริษัท สยาม เอ็นจิเนีย ฟอรั่ม จำกัด ที่ให้ข้อมูล ความช่วยเหลือพร้อมทั้งคำปรึกษา ในการค้นคว้าอิสระเล่มนี้ รวมถึงเพื่อน รุ่นพี่ และรุ่นน้องวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจให้กันและกัน คอยให้คำปรึกษา และช่วยสร้างแรงผลักดันในการดำเนินการค้นคว้าอิสระเล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และคนรอบข้างของข้าพเจ้าที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจและแรงผลักดันจนทำให้การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นันทกานต์ ไตรรัตน์อัญชลี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญ(ต่อ).....V
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII
สารบัญรูป(ต่อ).....VIII-IX

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....1-2
1.4 ประโยชน์และคุณค่าที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....2-3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 สาเหตุและปัญหาการทรุดตัวของอาคาร.....4
2.1.1 ลักษณะการทรุดตัวของอาคาร.....5
2.1.2 สาเหตุการทรุดตัว.....5
2.2 แนวทางการตรวจสอบการทรุดตัวของอาคาร.....8
2.2.1 การตรวจเช็คลักษณะรอยร้าวในตัวอาคาร.....8
2.2.2 การตรวจสอบการทรุดตัวของอาคารด้วยกล้องระดับ.....11
2.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาอาคารที่เกิดการทรุด.....12
2.3.1 การเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING).....12
2.3.2 การรื้อถอนและก่อสร้างใหม่.....13
2.4 การคำนวณราคากลางและราคามาตรฐานงานก่อสร้าง.....14
2.5 ขั้นตอนการเสริมฐานรากอาคาร.....16

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย
3.1 จำลองโมเดลอาคารตัวอย่างในการเปรียบเทียบ.....28
3.1.1 กำหนดขนาด พื้นที่ และจำนวนชั้น ตัวอย่าง.....28
3.1.2 กำหนดรูปแบบโมเดลแบบจำลองอาคาร.....29
3.2 จำลองปัญหาการทรุดตัวของอาคารตัวอย่าง.....37
3.3 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบและแบบรายละเอียด.....38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 วิธีรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่.....45
3.3.2 วิธีเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING).....57
3.4 การเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์งานวิจัย.....66
3.4.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ.....66
3.4.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาต่อตารางเมตรในการเปรียบเทียบ.....67
3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....69
3.5.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ.....69
3.5.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ.....73

บทที่ 4 ผลการวิจัย
4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านราคาในการแก้ปัญหาการทรุดตัวของอาคาร.....77
4.1.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ.....79
4.1.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ.....82

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย.....85
5.2 ข้อเสนอแนะ.....87
บรรณานุกรม.....88
ภาคผนวก ก. รายการคำนวณ ฐานราก เสา คาน.....89
ภาคผนวก ข. รายการคำนวณ ออกแบบการเสริมฐานราก.....107
ภาคผนวก ค. ตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก WF-Beam จากน้ำหนักถ่ายลงสู่ฐานราก.....140
ประวัติผู้เขียน.....143

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ขนาดฐานรากที่ใช้ในการประมาณราคา....46
3.2 ขนาดคานที่ใช้ในการประมาณราคา....46
3.3 ขนาดเสาที่ใช้ในการประมาณราคา....47
3.4 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น....58
3.5 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น....59
3.6 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น....60
3.7 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น....61
3.8 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น....62
3.9 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น....63
3.10 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น....64
3.11 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น....65
3.12 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น....66
3.13 ราคาประเมิณโดยมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562....68
3.14 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 3ชั้น....69
3.15 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 3ชั้น....69
3.16 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 3ชั้น....70
3.17 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 5ชั้น....70
3.18 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 5ชั้น....70
3.19 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 5ชั้น....71
3.20 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 8ชั้น....71
3.21 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 8ชั้น....71
3.22 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 8ชั้น....72
3.23 สรุปราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่จากราคากลางแต่ละตัวอย่าง....72
3.24 สรุปราคาประเมิณจากราคากลาง....73
3.25 สรุปราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารพักอาศัยมูลนิธิประเมินค่า ทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562)....74
3.26 ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่ 3x3x3 3ชั้น เอกชน....75
3.27 สรุปราคาโดยใช้ราคาต่อตารางเมตรในการเปรียบเทียบ....75
4.1 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่าย เป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคากลาง....79
4.2 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่าย เป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคาเอกชน....82

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงขั้นตอนการวิจัยศึกษาปัจจัยด้านราคาสำหรับการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไข	3
2.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-ค่าการทรุด	4
2.2	เสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อน	6
2.3	เสาเข็มบกพร่อง	7
2.4	ปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิด	7
2.5	การเคลื่อนตัวของดิน	8
2.6	รอยร้าวแนวเฉียง (กลางผนัง)	9
2.7	รอยร้าวแนวดิ่ง (กลางผนัง)	9
2.8	รอยร้าวแตกลึกที่เสา	10
2.9	รอยร้าวกลางคาน	10
2.10	รอยร้าวข้อปล้องเสา	11
2.11	การแบ่งกั้นเขตก่อสร้างก่อนเข้าทำการแก้ไข	17
2.12	เตรียมหน้างานก่อนการกดเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดแม่แรง ไฮดรอลิค	19
2.13	กดเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดแม่แรง ไฮดรอลิค	20
2.14	เอกสาร CALIBRATION แม่แรงไฮดรอลิค เพื่อใช้ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนัก	21
2.15	การเสริมเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดปั้นจั่น	22
2.16	ตารางการคำนวณ การรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วย Danish'Formular	22
2.17	ติดตั้ง คานเหล็ก Cross Bream และ Main Bream	23
2.18	รัดเหล็กปลอก และเทคอนกรีก่อนทำการยกปรับระดับอาคาร	24
2.19	ติดตั้งแม่แรง ไฮดรอลิค และตัวค้ำยัน	25
2.20	เทฐานรากและต่อม่อใหม่หลังทำการ ปรับระดับและ Preload เรียบร้อย	26
2.21	ถมดินกลับพร้อมเก็บความเรียบร้อย	27
3.1	แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น	30
3.2	แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น	32
3.3	แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น	33
3.4	รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น	34
3.5	รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น	35
3.6	รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น	36
3.7	การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น	38
3.8	การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น	39
3.9	การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น	40
3.10	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 243 ตารางเมตร	41
3.11	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร	41
3.12	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร	42

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.13	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร	42
3.14	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร	43
3.15	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร	43
3.16	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร	44
3.17	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร	44
3.18	น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร	45
3.19	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	48
3.20	ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	48
3.21	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	49
3.22	ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	49
3.23	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	50
3.24	ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	50
3.25	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	51
3.26	ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	51
3.27	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	52
3.28	ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	52
3.29	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	53
3.30	ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	53
3.31	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	54
3.32	ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	54
3.33	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	55
3.34	ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	55
3.35	ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	56
3.36	ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	56
3.37	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	57
3.38	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น	58
3.39	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	59
3.40	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	60
3.41	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	61
3.42	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	62
3.43	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	63
3.44	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	64
3.45	ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	65
4.1	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคา	77

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2	วิเคราะห์ความสัมพันธ์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้นเพื่อเปรียบเทียบด้านปัจจัยด้านราคา	78
4.3	กราฟความสัมพันธ์จำนวนชั้นคงที่แปรผันขนาด Span	80
4.4	กราฟความสัมพันธ์ Span คงที่แปรจำนวนชั้น	81
4.5	กราฟวิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย	81
4.6	กราฟความสัมพันธ์จำนวนชั้นคงที่แปรผันขนาด Span	83
4.7	กราฟความสัมพันธ์ Span คงที่แปรจำนวนชั้น	83
4.8	กราฟวิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย	84

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องในปัจจุบันผู้บริโภคมีทางเลือกในการว่าจ้างผู้รับเหมาก่อสร้างได้มากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันด้านราคาในงานก่อสร้างเพื่อให้ได้งานมา ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้ได้งานคือการลดต้นทุนเพื่อให้เสนองานได้ราคาถูกลง แต่การลดต้นทุนส่งผลกระทบต่อคุณภาพงานตามมา ทั้งด้านคุณภาพวัสดุหรือแม้กระทั่งฝีมือแรงงาน ทำให้คุณภาพงานก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งการทรุดตัวของอาคารเป็นส่วนหนึ่งของการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมทำให้ต้องได้รับการแก้ไข การแก้ไขการทรุดตัวของอาคารสามารถทำได้หลายวิธี การรื้อทิ้งสร้างใหม่หรือการซ่อมแซมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING) เป็นวิธีแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารให้อาคารกลับมาไม่เกิดปัญหาอีก แต่การแก้ไขด้วย 2 วิธีนี้ยังมีข้อสงสัยจากผู้บริโภคอยู่ คือการแก้ไขด้วยวิธีไหนมีความคุ้มค่ากว่ากัน และปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคต้องการทราบคือด้านราคาเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกทางวิธีการแก้ไข

จากการที่ผู้วิจัยทำงานด้านการแก้ไขอาคารทรุดและยกปรับระดับอาคารที่ผ่านมา ผู้วิจัยเล็งเห็นว่ายังไม่มีข้อมูลหรือคำตอบเกี่ยวกับข้อสงสัยปัจจัยด้านราคาที่เปรียบเทียบค่าใช่จ่ายระหว่างรื้อทิ้งสร้างใหม่กับการเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) ให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยด้านราคาเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ไขของผู้บริโภค

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจและคิดว่างานวิจัยจะเป็นผลดีต่อผู้บริโภคเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคาร และจะเป็นผลดียิ่งขึ้นสำหรับเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการก่อสร้างบ้าน แม้กระทั่งบริษัทที่ทำการแก้ไขปัญหาอาคารทรุดตัวโดยตรง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาถึงการปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลด้านราคาให้ทราบถึงแนวโน้มเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจของผู้บริโภคในการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคาร
3. เพื่อทราบถึงขั้นตอนการแก้ไข อาคารทรุดตัว ด้วยวิธีการ เสริมฐานราก (Underpinning)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาโดยวิธีการจำลองโมเดล จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น
   SPAN 3 เมตร x 3 เมตร , 4 เมตร x 4 เมตร , 5 เมตร x 5 เมตร โดยแต่ละขนาด SPAN กำหนดจำนวนชั้นเป็น 3ชั้น , 5ชั้น , 8ชั้น
2. ถอดแบบประมาณราคางานแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคาร ด้วยวิธีการ รื้อทิ้งสร้างใหม่และเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING)
   a. การประมาณราคาโดยการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ รื้อถอนอาคาร งานโครงสร้าง และ งานสถาปัตย์ ใช้ในการวิเคราะห์ ไม่รวมงานระบบในส่วนอื่น ๆ

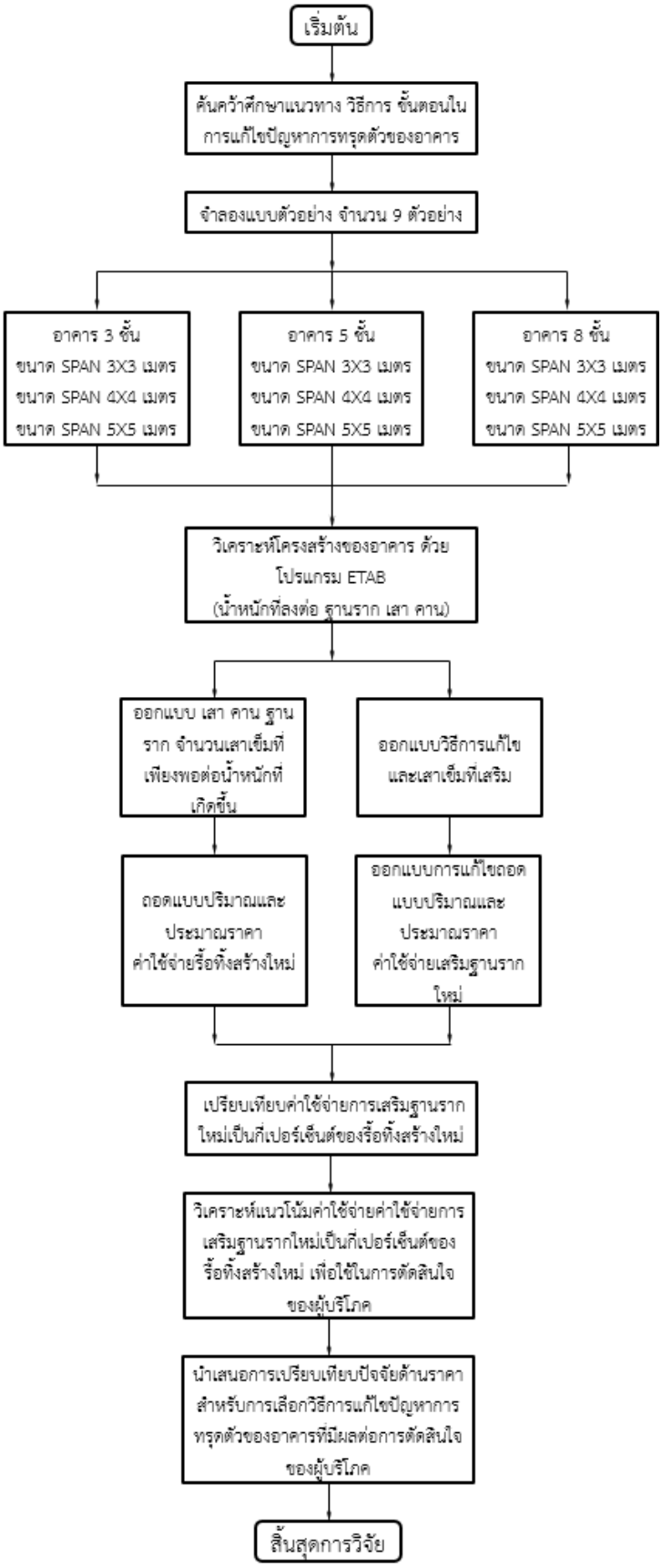
3. ราคาที่ใช้ในการประเมิณโดยใช้ราคาของหน่วยงานกลาง และ หน่วยงานเอกชน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ
4. เขตพื้นที่จำลองปัญหาอาคารทรุดตัว กำหนดบริเวณ จังหวัด กรุงเทพมหานคร ชั้นในเมือง
5. การคำนวณออกแบบ เปรียบเทียบ โดยวิธี Ultimate Strength เท่านั้น

1.4 ประโยชน์และคุณค่าที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

การศึกษานี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคที่พบปัญหาอาคารทรุดตัวร่วมถึงผู้บริโภคที่ต้องการยกปรับระดับอาคารให้สูงขึ้น และเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาในอนาคต

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 1.1 โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้ ผู้วิจัยได้ทำงานเกี่ยวกับบริษัทด้านการแก้ไขปัญหาอาคารทรุดตัวด้วยวิธีการเสริมฐานราก (UNDERPINING) โดยตรงได้หลักจากทำงานมาตลอดได้พบกับคำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างรื้อทิ้งสร้างใหม่กับการเสริมฐานราก(UNDERPINING) ผู้บริโภคต้องการทราบเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจึงเริ่มจากการค้นคว้าศึกษาแนวทาง วิธีการ ขั้นตอนในการแก้ไขปัญหาอาคารทรุดตัว และหาองค์ความรู้เพิ่มเติม เพื่อนำมาวางกรอบแนวความคิด และแนวทางในการศึกษาวิจัย โดยในทุกขั้นตอนได้อาจารย์และวิศวกรบริษัทที่ชำนาญให้คำแนะนำเป็นแนวทางเริ่มต้น เมื่อได้กรอบแนวทางการศึกษาผู้วิจัยได้ จำลองโมเดลอาคาร จำนวน 9 ตัวอย่าง ด้วยโปรแกรม ETAB เพื่อใช้ในการออกแบบและประมาณราคาในการวิเคราะห์ โดยราคาที่ใช้ในการประเมิณนั้นใช้ราคาของหน่วยงานกลางเพื่อนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยกราฟข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้ม หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสรุปผลและนำเสนอรายงานการวิจัยต่อไป



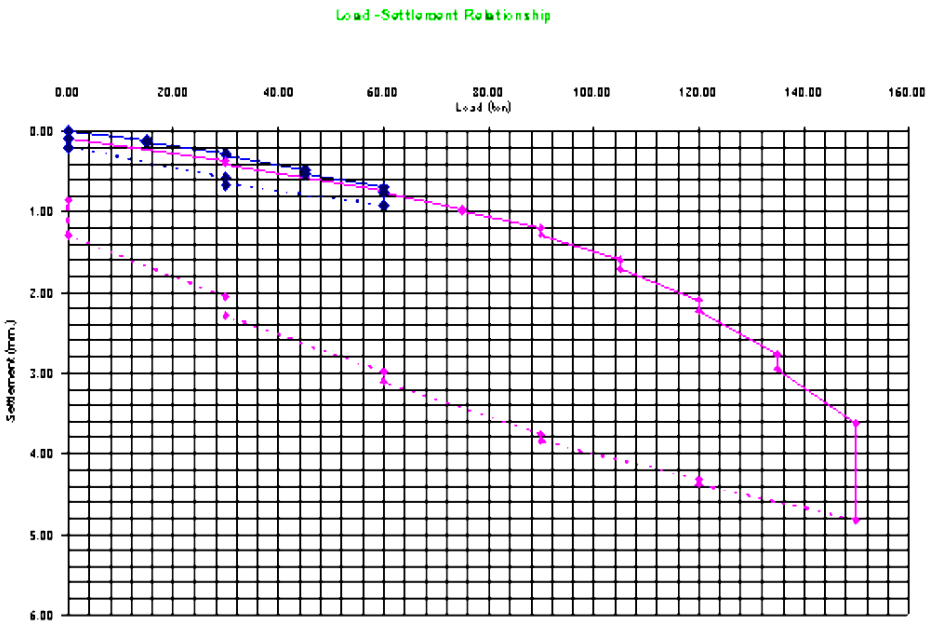
รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการวิจัยศึกษาปัจจัยด้านราคาสำหรับการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไข

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เกี่ยวกับการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค ซึ่งจำเป็นต้องเข้าใจถึงปัญหาสาเหตุที่ทำให้อาคารเกิดการทรุดตัวและทราบถึงแนวทางแก้ไขที่ทำให้ไม่เกิดอาคารทรุดตัวขึ้นอีก ซึ่งในบทนี้ได้กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาวารสาร วิทยานิพนธ์และ ข้อมูลจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยเนื้อหาสาเหตุและปัญหาการทรุดตัวของอาคาร แนวทางการตรวจสอบการทรุดตัวของอาคาร และแนวทางการแก้ไขปัญหาอาคารที่เกิดการทรุดตัว การคำนวณราคากลางและราคามาตรฐานงานก่อสร้าง เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวความคิดเพื่อประกอบการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.1 สาเหตุและปัญหาการทรุดตัวของอาคาร

คุณธเนศ วีระศิร (การแก้ไขอาคารทรุดและเทคนิคการยกอาคารที่ทรุดเอียง วันที่6 และ 8 ธันวาคม 2544) กล่าวถึงฐานรากที่รองรับอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทั้งชนิดที่เป็นฐานนรากแผ่และฐานรากเสาเข็มเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกย่อมต้องเกิดการทรุดตัว ระดับหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากดินที่รองรับฐานรากเป็นวัสดุที่ยืดตัว หรือยุบตัวเสียรูปได้เมื่อมีแรงมากระทำ แต่การทรุดตัวที่เกิดขึ้นต้องไม่มากเกินไป ไม่ควรมีการทรุดตัวที่แตกต่างกันมาก (Differential settlement) และเมื่อฐานรากรับน้ำหนักบรรทุกคงที่เป็นระยะเวลาหนึ่ง อัตราการทรุดตัวควรมีค่าลดลง โครงสร้างของอาคารที่วางบนฐานรากนั้นจึงจะไม่เกิดการแตกร้าวหรือวิบัติในภายหลัง ในกรณีที่เป็นนรากเสาเข็มพฤติกรรมการทรุดตัวของฐานรากเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก จะพิจารณาได้จากผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม (Pile load test) ซึ่งผลการ ทดสอบเสาเข็มจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับ ค่าการทรุดตัวซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-ค่าการทรุด

เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแต่ละครั้งเสาเข็มจะเกิดการทรุดตัวเพิ่มขึ้น เสาเข็มจะรับน้ำหนักที่ต้องการได้หรือไม่นั้นต้อง พิจารณาว่าเมื่อแช่น้ำหนักไว้ อัตราการทรุดตัว (ค่าการทรุดตัวต่อช่วงเวลา) มีค่าลดลงหรือไม่ หากยังเกิดการทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าที่สภาวะน้ำหนักนั้นไม่ปลอดภัยอาคารจะเกิดการทรุดตัวมากจนเป็นผลให้โครงสร้างเกิดการแตกร้าว

การเลือกใช้น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มควรเลือกใช้น้ำหนักในช่วงที่ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักบรรทุก-การทรุดตัวเป็นเส้นตรง เพราะในช่วงดังกล่าวเมื่อแช่น้ำหนักบรรทุกไว้อัตราการทรุดตัวจะมีค่าลดลงตามช่วงเวลา นั่นแสดงว่าดินโดยรอบเสาเข็มยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพียงพอ นอกจากนั้นความแตกต่างของน้ำหนักในช่วงที่เป็นเส้นตรงยังทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันน้อยมาก ถ้าจะเปรียบเทียบไปแล้วก็เหมือนกับน้ำหนักที่ลงฐานรากแต่ละฐานในอาคารย่อมจะมีความแตกต่างกัน แต่หากน้ำหนักที่ลงเสาเข็มแต่ละต้น (Load/Pile) ไม่แตกต่างกันมากและยังอยู่ในช่วงที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-ค่าการทรุดตัวเป็นเส้นตรง การทรุดตัวจะแตกต่างกันไม่มากอาคารจะไม่เกิดการแตกร้าว [1]

2.1.1 ลักษณะการทรุดตัวของอาคาร

เมื่อเสาเข็มไม่สามารถรับน้ำหนักได้จะเกิดการทรุดตัวจมลงเป็นผลให้อาคารเกิดการแตกร้าวเสียรูปไปจากเดิม เท่าที่พบเห็นอาคารจะเกิดการทรุดตัวจำแนกเป็นสองประเภทคือ[1]

2.1.1.1 **ฐานรากทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement)**

ลักษณะการทรุดตัวเช่นนี้มีสาเหตุจาก เสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกต่างกันมาก เสาเข็มบกพร่อง ฐานรากบางฐานเกิดการเยื้องศูนย์หรือปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิดกัน เมื่อฐานรากเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันจะทำให้โครงสร้างบิดตัวแตกร้าวมักจะพบว่าอาคารที่มีปัญหาเช่นนี้ผนังจะแตกร้าวเป็นแนวเฉียง

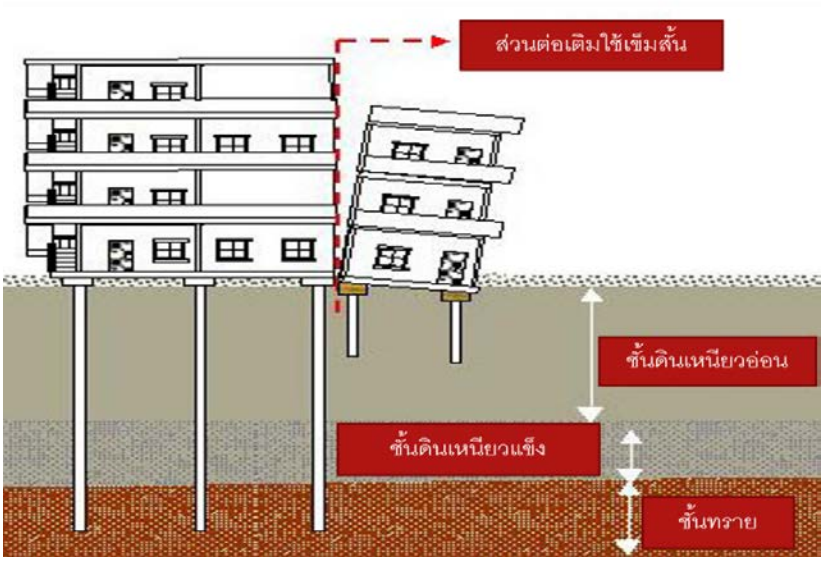
2.1.1.2 **อาคารทรุดเอียง**

ลักษณะการทรุดตัวของอาคารแบบนี้เกิดจากฐานรากส่วนใหญ่ของอาคารเยื้องศูนย์และเยื้องศูนย์ไปในทิศทางเดียวกันซึ่งมักจะเกิดขึ้นจากการก่อสร้างที่มีการวางตำแหน่งเสาเข็มผิดพลาด หรือเสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกไม่ได้และ มีน้ำหนักบรรทุกลงฐานรากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากเกินไปทำให้ อาคารทรุดจมลงด้านเดียว เมื่ออาคารทรุดจมลงด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งของอาคารจะถูกดึงขึ้น การทรุดตัวของอาคารแบบนี้จะไม่พบการแตกร้าวของโครงสร้างส่วนบน แม้แต่รอยแตกร้าวที่ผนังก็พบเห็นได้น้อยมาก รอยแตกร้าวส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ฐานราก เสาเข็มหรือ ตอม่อบริเวณด้านของอาคารที่ถูกดึง

2.1.2 สาเหตุการทรุดตัว

การทรุดตัวของฐานรากส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจาก

2.1.2.1 **เสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อน** เสาเข็มอาจสั้นเกินไปหรือยาวไม่เพียงพอ ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อนซึ่งรับแรงแบกทานได้น้อย และยังเป็นดินที่ยุบตัวได้ง่าย

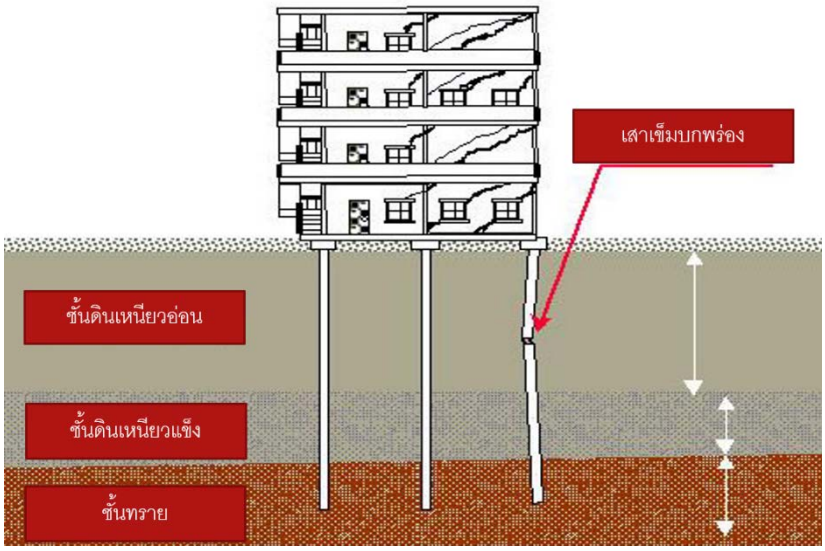


รูปที่ 2.2 เสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อน

2.1.2.2 **เสาเข็มบกพร่อง** เป็นสาเหตุที่ทำให้เสาเข็มไม่สามารถส่งผ่านน้ำหนักลงไปยังชั้นดินแข็งที่ลึกลงไปได้

เสาเข็มตอกมักพบได้จากการที่พยายามตอกเข่นเสาเข็มให้ผ่านชั้นดินที่มีค่า SPT (Stand Penetration Test) มากกว่า 30 Bl/ft และดินชั้นนั้นมีความหนามากกว่า 5- 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม

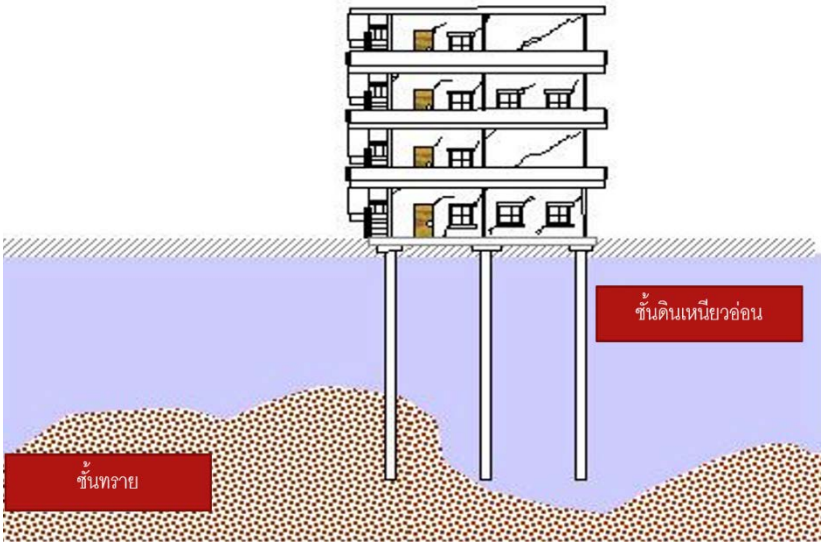
เสาเข็มเจาะข้อบกพร่องเกิดจากตอนถอนปลอกเหล็ก (Temporary Casing) ที่อาจถอนจนหลุดจากคอนกรีตทำให้ดินเคลื่อนตัวเข้ามาแทรกกลายเป็นเสาเข็มขาด นอกจากนั้นการเลือกใช้เสาเข็มเจาะระบบแห้งโดยกำหนดให้ปลายเสาเข็มอยู่ใน ชั้นทรายหรือทรายปนดินเหนียวที่เรียกกันว่า First sand layer นั้น ปลายหลุมเจาะก่อนเทคอนกรีตจะมีน้ำไหลเข้าสภาพดินทรายบริเวณปลายเข็มจะหลวม เสาเข็มเจาะแบบนี้จะไม่มีแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม



รูปที่ 2.3 เสาเข็มบกพร่อง

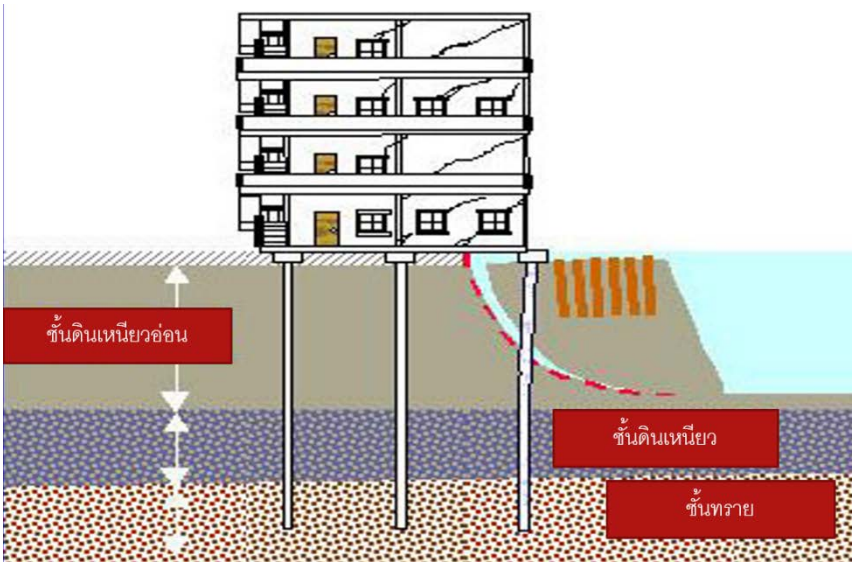
2.1.2.3 **ฐานรากหรือเสาเข็มเยื้องศูนย์** จุดศูนย์กลางเสาเข็มหรือกลุ่มเสาเข็มเยื้องตำแหน่งกับเสาอาคาร น้ำหนักที่กดลงทำให้ครอบหัวเสาเข็มพลิกตัว ลักษณะเช่นนี้มักพบมากกับฐานรากเสาเข็มต้นเดียวที่มีการติดตั้งเสาเข็มอาจคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดไปมากและไม่ได้ทำการแก้ไขหรือแก้ไขไม่ถูกต้อง เมื่อน้ำหนักจากอาคารลงตรงตำแหน่งที่ไม่ใช่ศูนย์กลางเสาเข็มจะทำให้ฐานรากพลิกตัว

2.1.2.4 **ปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิด** การเลือกใช้เสาเข็มยาวที่เท่ากันไม่ได้หมายความว่าจะไม่พอปัญหา เนื่องจากหากปลายเสาเข็มส่วนหนึ่งอยู่ในดินแข็งหรือทรายแน่น ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งอยู่ในชั้นดินอ่อน เป็นสาเหตุทำให้เกิดเสาเข็มทรุดตัวไม่เท่ากัน ปัญหานี้เกิดขึ้นเพราะไม่มีการสำรวจชั้นดินก่อนการก่อสร้างทำให้ไม่ทราบการจัดเรียงตัวของชั้นดิน



รูปที่ 2.4 ปลายเสาเข็มอยู่บนดินต่างชนิด

2.1.2.5 **การเคลื่อนตัวของดิน** การขุดดินลึกบริเวณข้างเคียงหรือดินริมฝั่งน้ำที่เสียเสถียรภาพ ทำให้ดินใต้อาคารไหลเคลื่อนออกไป หากดินที่ไหลมีปริมาณมาก ๆจะทำให้ครอบหัวเข็ม(ฐานราก)และเสาเข็มถูกดันเคลื่อนออกจากตำแหน่งเดิม และอาจทำให้เสาเข็มหลุดออกจากครอบหัวเข็มได้



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนตัวของดิน

2.1.2.6 **กำลังรับน้ำหนักเสาเข็มไม่เพียงพอ** ในบางครั้งพบว่าเสาเข็มมีความยาวหยั่งลงในชั้นดินที่เหมาะสมแล้วแต่ขนาดหน้าตัดของเสาเข็มเล็กเกินไป กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มไม่เพียงพอที่จะแบกทานน้ำหนักจากตัวอาคารได้เสาเข็มจะทรุดตัวมาก

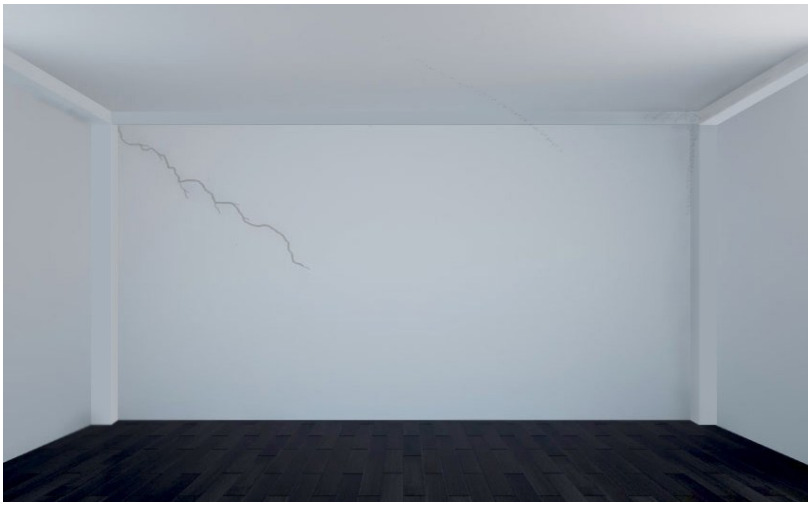
2.1.2.7 **การเปลี่ยนเสาเข็มตอกเป็นเสาเข็มเจาะ** เหตุผลที่เปลี่ยนส่วนใหญ่เป็นเพราะพื้นที่คับแคบไม่สะดวกในการขนส่งเสาเข็มหรือ บริเวณที่ก่อสร้างใกล้ชิดกับอาคารข้างเคียงมากเกินไปเกรงว่าจะกระทบกระเทือนในขณะทำการตอกเสาเข็ม การเปลี่ยนชนิดเสาเข็ม เช่นนี้ควรระมัดระวังเรื่องกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม ไม่ควรเปลี่ยนเสาเข็มตอกเป็นเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเท่ากันเพราะเสาเข็มเจาะจะรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่า แนะนำว่าควรทำการเจาะสำรวจดินเพื่อพิจารณาขนาดเสาเข็มจะเป็นการดีที่สุด

2.2 แนวทางการตรวจสอบการทรุดตัวของอาคาร

อาคารเกิดการทรุดตัวนั้นสามารถตรวจสอบเบื้องต้นได้โดยวิธีการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุได้ดังนี้ [2]

2.2.1 การตรวจเช็คลักษณะรอยร้าวในตัวอาคาร

2.2.1.1 **รอยร้าวแนวเฉียง (กลางผนัง)** แนวเฉียงทแยงจากมุมบนลงล่าง มักเกิดจากการต่อเติมบ้านที่ผิดหลักการ เสาต้นเดิมไม่สามารถรับน้ำหนักได้ หรือฐานรากของอาคารเกิดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากัน ทำให้เสาเข็มไม่สามารถพยุงเสาให้อยู่ในระนาบเดียวกัน เคลื่อนที่ออกจากจุดเดิม ขาดความต่อเนื่องกัน ผนังจึงเกิดการแตกร้าวขึ้นมา โดยรอยเฉียงชี้ขึ้นไปที่ฝั่งด้านไหนฝั่งนั้นมีการทรุดตัว



รูปที่ 2.6 รอยร้าวแนวเฉียง (กลางผนัง)

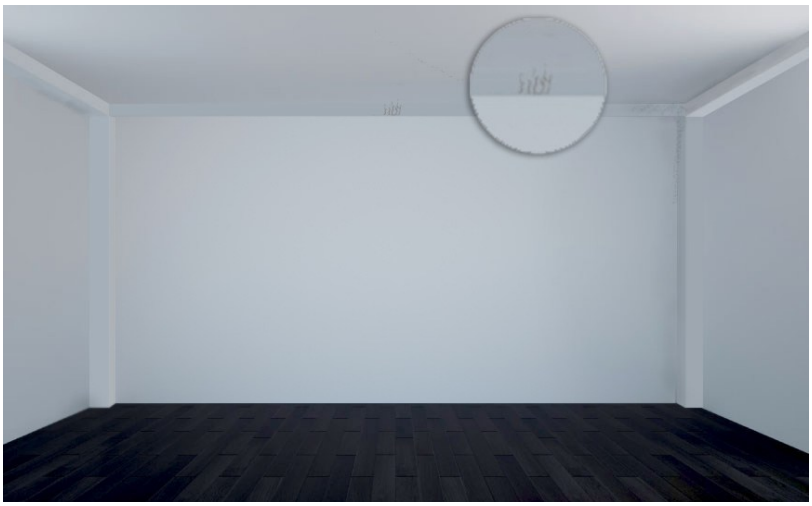
2.2.1.2 **รอยร้าวแนวดิ่ง (กลางผนัง)** รอยร้าวชนิดนี้จะอยู่ตรงกลางผนังเป็นแนวดิ่งลงมาตรง ๆ เกิดจากการมีของที่มีน้ำหนักมาก มากดทับพื้นข้างบน พื้นจึงเกิดการแอ่นตัวเป็นรูปตัวยู (U) ซึ่งคานที่อยู่เหนือผนังและพื้นนั้นไม่สามารถรองรับน้ำหนักได้ ผนังข้างล่างที่ติดกับพื้นจึงเกิดเป็นรอยร้าวขึ้นมานั่นเอง

รูปที่ 2.7 รอยร้าวแนวดิ่ง (กลางผนัง)

2.2.1.3 **รอยร้าวแตกลึกที่เสา** เกิดได้จากเสามีการรับน้ำหนักที่มากเกินไป ซึ่งเสาต้องรับน้ำหนักมากกว่าที่วิศวกรคำนวณมาในตอนแรก จึงทำให้โครงสร้างของอาคารในแต่ละส่วนนั้นแยกออกจากกัน เสาและคานไม่เชื่อมกันถ้าเสายังร้าวไม่มาก ควรคลื่อนย้ายของที่มีน้ำหนักออกจากบริเวณนั้น แต่ถ้าเกิดรอยร้าวจนเห็นถึงเหล็กที่เสริมภายในเสาได้ชัดเจน เป็นสัญญานเตือนควรได้รับการแก้ไขโดยด่วน

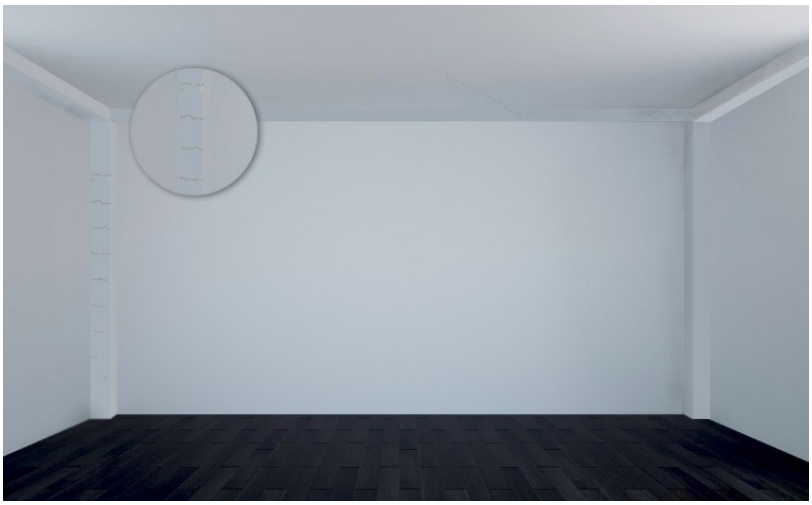
รูปที่ 2.8 รอยร้าวแตกลึกที่เสา

2.2.1.4 **รอยร้าวกลางคาน** รอยร้าวกลางคานคือการรับน้ำหนักมากกว่าปกติ คอนกรีตจึงปริออกเกิดเป็นรอยร้าว คานต้องรับน้ำหนักที่มากเกินกว่าปกติแล้ว ในบางครั้งอาจเกิดได้จาก ข้างบนมีน้ำรั่วซึม จึงทำให้เหล็กเกิดสนิม และดันคอนกรีตคาน จนแตกร้าว ต่อมาจึงทำให้คานเหล็กอันนั้นเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งาน



รูปที่ 2.9 รอยร้าวกลางคาน

2.2.1.5 **รอยร้าวข้อปล้องเสา** รอยร้าวที่มีลักษณะเป็นปล้องที่เสาเป็นชั้น ๆ แนวนอนนั้น เกิดจากการทรุดตัวของฐานราก ซึ่งอาจจะน้อยกว่าหรือไม่เท่ากันกับเสาต้นอื่น ๆ เสาเลยแอ่นตัว และเกิดเป็นรอยร้าวขึ้นมา รอยร้าวชนิดนี้แสดงถึงความไม่มั่นคงของเสาและฐานราก



รูปที่ 2.10 รอยร้าวข้อปล้องเสา

2.2.2 การตรวจสอบการทรุดตัวของอาคารด้วยกล้องระดับ

การหาความสูงหรือระดับของจุดต่างๆ บนผิวโลกเกี่ยวข้อง กับการวัดระยะทางดิ่ง ซึ่งจะต้องอาศัยกล้องระดับ ไม้วัดระดับและเครื่องมือประกอบอื่นๆ ซึ่งการทำระดับมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่องานการทำแผนที่ เพื่อนำไปออกแบบทางด้านวิศวกรรมและการก่อสร้าง รวมทั้งการตรวจสอบการทรุดตัว ของอาคาร หรือพื้นดินในภูมิประเทศนั้น [3]

ในการรังวัดค่าระดับที่ต้องการอ่านค่าให้มีค่าความละเอียดระดับมิลลิเมตรหรือต่ำกว่า จะใช้กล้องระดับที่มีความละเอียดสูงที่สามารถอ่านค่าได้ถึง 0.1-0.01 มิลลิเมตรที่มีกำลังขยายไมต่ำกว่า 40 เท่าในการทำงานที่ใช้งานร่วมกับไม้วัดระดับ แบบอนิวาร์ที่มีการยืดหดตัวน้อยเพื่อให้ได้ค่าระดับที่มีความแม่นยำที่สุด

ในการวัดการทรุดตัวความลาดเอียงของพื้นในการเทคอนกรีต หรือการทำหมุดควบคุมที่มีความถูกต้องสูง ดังเช่นงานวิจัยของ Likhitripaiboon และคณะ การทรุดตัวของอาคารด้วยกล้องระดับกล้องระดับอัตโนมัติรุ่น WILD NAK2 พร้อม Plan Parallel Plate Micrometer ในการหาค่าการทรุดตัวของ อาคารสำนักงานอธิการบดีที่มีค่าการทรุดตัวน้อยสุด 0.69 มิลลิเมตรและมากสุดที่ 1.89 มิลลิเมตร [3] หรือการสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินกรุงเทพมหานครของกรมแผนที่ทหาร ในปี 2550 ที่ใช้กล้องกล้องระดับอัตโนมัติรุ่น WILD N3 ไม้วัด ระดับอินวาร์ที่พบว่ามีการทรุดตัว 2-3 เซนติเมตรต่อปีในบาง พื้นที่ แต่โดยทั่วไปจะทรุดตัวต่ำกว่า 2 เซนติเมตร [5]

2.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาอาคารที่เกิดการทรุดตัว

การแก้ไขอาคารที่เกิดการทรุดตัวสามารถแก้ไขด้วย 2 วิธี ดังนี้

2.3.1 **การเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING)**

เมื่อพบว่าอาคารเกิดการทรุดตัวไม่ว่าจะเป็นเพราะฐานรากทรุดตัวแตกต่างกันหรืออาคารเกิดการทรุด เอียง ควรรีบดำเนินการแก้ไขให้อาคารหยุดการทรุดตัวเป็นอันดับแรกก่อน ต่อจากนั้นจึงค่อยแก้ไขโครงสร้างที่แตกร้าวหรือทำการยกอาคารเป็นลำดับถัดไป และดังที่ได้กล่าวแล้วว่าการทรุดตัวของอาคารจนเกิดการแตกร้าวนั้นมีผลมาจากฐานรากและเสาเข็ม ดังนั้นการแก้ไขที่ถูกต้องและตรงประเด็นที่สุดจึงควรเป็นการแก้ไขตรงตำแหน่งฐานรากด้วยการเสริมเสาเข็มหรือเสริมกำลังฐานราก ไม่ใช่ไปเสริมกำลังของคานหรือเสริมเสาเข็มตรงตำแหน่งกลางคาน เพราะนอกจากจะไม่เป็นการแก้ปัญหาที่ถูกต้องแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนพฤติกรรมของคานที่เป็นอยู่เดิมอีกด้วยควรทำการแก้ไขฐานรากที่เกิดการทรุดตัวด้วยการเสริมเสาเข็มใหม่ที่มีกำลังรับน้ำหนักเพียงพอสามารถ รับแรงแบกทาน อันเนื่องจากน้ำหนักของอาคารได้สำหรับเสาเข็มเดิมจะยังคงใช้งานได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์สาเหตุการทรุดตัว หากเสาเข็มเดิมยังสามารถนำมาใช้ได้ก็จะเป็นการประหยัด ค่าใช้จ่ายในการแก้ไข โดยทั่วไปก่อนจะดำเนินการแก้ไขควรศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และ ออกแบบดังนี้ [1]

1. ศึกษาแบบแปลนรายละเอียดของอาคาร ชนิดฐานราก ขนาดและระดับปลายเสาเข็มที่ใช้
2. คำนวณน้ำหนักที่ลงฐานรากแต่ละฐาน
3. สำรวจสภาพชั้นดิน
4. คำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มเดิมจากผลข้อมูลดินที่สำรวจ
5. สำรวจการทรุดตัวของอาคาร การสำรวจการทรุดตัวของอาคารนั้นทำการสำรวจเพียงครั้งเดียว จะไม่ได้ค่าอัตราการทรุดตัวการสำรวจเพียงครั้งเดียวจะได้เพียงค่าความต่างระดับของอาคารที่เกิดขึ้นแล้วเท่านั้น ควรสำรวจอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยครั้งที่1 จะเป็นการตั้งจุดอ้างอิงทุกเสา (สำรวจการทรุดตัวของอาคารควรสำรวจที่ตำแหน่งเสา) เมื่อสำรวจครั้งที่ 2 , 3 จะทำให้ทราบ ค่าความเปลี่ยนแปลงของการทรุดตัว หากยังไม่ทราบผลควรสำรวจเพิ่มเติมอีก การสำรวจการทรุดตัวนั้นควรใช้กล้องที่มีความละเอียดเป็นจุดทศนิยมของมิลลิเมตรจะได้ผลที่แน่นอนกว่า
6. เลือกชนิดและขนาดของเสาเข็มพร้อมทั้งคำนวณกำลังรับน้ำของเสาเข็มที่จะนำมาใช้เสริมฐานราก

2.3.2 **การรื้อถอนและก่อสร้างใหม่**

2.3.2.1 การรื้อถอนอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง

รื้อถอน หมายถึง รื้อส่วนอันเป็นโครงสร้างของอาคารออกไป เช่น เสา คาน ตง หรือส่วนอื่นของโครงสร้างตามที่กำหนดในกฎกระทรวง โดยอาคารที่ต้องขออนุญาตรื้อถอน คือ อาคารที่มีส่วนสูงเกิน ๑๕ เมตร ซึ่งอยู่ห่างจากอาคารอื่นหรือที่สาธารณะน้อยกว่าความสูงของอาคาร และอาคารที่อยู่ห่างจากอาคารอื่น หรือที่สาธารณะน้อยกว่า ๒ เมตร ตามกฎหมายได้ระบุไว้ในมาตรา ๔, ๒๒

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ แก้ไขโดย พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ มาตรา ๒๒ บัญญัติไว้ว่า : ผู้ใดจะรื้อถอนอาคารดังต่อไปนี้ ต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและดำเนินการตามมาตรา ๓๙ ทวิ

(๑) อาคารที่มีส่วนสูงเกินสิบห้าเมตร ซึ่งอยู่ห่างจากอาคารอื่นหรือที่สาธารณะน้อยกว่าความสูงของอาคาร

(๒) อาคารที่อยู่ห่างจากอาคารอื่นหรือที่สาธารณะน้อยกว่าสองเมตร

- กรณีอาคารสูงเกิน 15 เมตร หากอยู่ห่างจากอาคารอื่นๆ หรือที่สาธารณะ น้อยกว่าระยะความสูงของอาคารจะต้องขออนุญาต แต่ถ้าอยู่ห่างอาคารอื่นๆเป็นระยะเท่ากับหรือมากกว่าความสูงของอาคารไม่ต้องขออนุญาต

- กรณีอาคารทั่วไป หากอยู่ห่างจากอาคารอื่นๆ หรือที่สาธารณะ น้อยกว่า 2 เมตร หากจะทำการรื้อถอนจะต้องขออนุญาต แต่ถ้าอยู่ห่างอาคารอื่นๆตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไปก็ไม่ต้องขออนุญาต

ขั้นตอนการขออนุญาต

1.ยื่นแบบขออนุญาตก่อสร้างอาคาร,ดัดแปลงอาคาร,รื้อถอนอาคาร(แบบ ข.1)

1.1 แบบแปลนของอาคารที่จะรื้อ ประกอบด้วยรายละเอียดแบบแปลนทุกชั้น รูปด้านข้างทั้งสองด้าน ภาพตัดขวาง และรายละเอียดวัสดุที่ใช้สร้างอาคาร วิธีการรื้อถอน ที่ทำมาไม่เกิน 45 วัน

1.2 แบบคำร้อง ข.1

1.3 บัตรประชาชน

1.4 ทะเบียนบ้านแสดงความเป็นเจ้าของที่ดิน

1.5 หนังสือยินยอม ในกรณีไม่ได้เป็นเจ้าของที่ดิน

1.6 สำเนาโฉนด

2.เมื่อผู้ขออนุญาตได้รับอนุญาตแล้ว ท่านจะต้องมายื่นขอรับใบอนุญาตดังต่อไปนี้

2.1 ใบแจ้งการออกใบอนุญาตก่อสร้าง,ดัดแปลง,รื้อถอนอาคาร ภายใน 45 วัน นับแต่วันที่ขออนุญาต

2.2 ใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร , ดัดแปลงอาคารรื้อถอนอาคาร (แบบ อ.1) ให้ท่านไปขอรับใบอนุญาตภายใน 30 วัน นับแต่วันที่ได้รับหนังสือแจ้งออกใบอนุญาตไว้ หากประสงค์จะขออนุญาตอีกจะต้องดำเนินการเช่นเดียวกันกับการขออนุญาตใหม่

2.3.2.2 การก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง

“อาคาร” หมายความว่า สิ่งปลูกสร้างถาวรที่บุคคลอาจเข้าไปอยู่หรือใช้สอยได้ เช่น อาคารที่ท าการ โรงพยาบาล โรงเรียน สนามกีฬา สถานีนำร่อง หรือสิ่งปลูกสร้างอย่างอื่นที่มีลักษณะทำนองเดียวกัน และรวมถึงสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งก่อสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ใช้สอยสำหรับอาคารนั้น ๆ เช่น เสาธง รั้ว ท่อระบายน้ำ หอถังน้ำ ถนน ประปา และสิ่งอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวอาคาร เช่นเครื่องปรับอากาศ ลิฟต์ ครุภัณฑ์ ฯลฯ

“การก่อสร้าง” หมายถึง การสร้างสิ่งปลูกสร้างอาคารขึ้นใหม่ และหมายความรวมถึง การดัดแปลง รื้อถอน ปรับปรุง ติดตั้ง ต่อเติม อาคารหรืออุปกรณ์ประกอบอาคารหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ

การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายและใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร

มาตรา ๒๑(๓๓) ผู้ใดจะก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่น และดำเนินการตามมาตรา ๓๙ ทวิ

มาตรา ๒๑ ทวิ ๓๔ การก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารชนิดหรือประเภทที่กฎกระทรวงกำหนดให้มีการตรวจสอบงานออกแบบ และคำนวณส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างอาคาร ผู้ขอรับใบอนุญาต หรือผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิต้องจัดให้มีการตรวจสอบงานออกแบบ และคำนวณดังกล่าวตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

2.4 การคำนวณราคากลางและราคามาตรฐานงานก่อสร้าง

ราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการหมายถึง ราคาค่าก่อสร้างในงานก่อสร้างของทางราชการในแต่ละงาน/โครงการ ซึ่งเป็นราคาที่ทางราชการยอมรับได้ ไม่สูงจนผู้ประกอบการได้กำไรมากเกินกว่าที่ควรจะได้รับ และเป็นราคาที่ไม่ต่ำจนผู้ประกอบการไม่สามารถที่จะดำเนินการก่อสร้างได้ราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการจึงไม่ใช่ราคามาตรฐานของสิ่งก่อสร้าง แต่เป็นราคาค่า

ก่อสร้างที่คำนวณหรือประเมินขึ้นตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามที่คณะรัฐมนตรีกำหนด เพื่อใช้เป็นราคาอ้างอิงและพิจารณาราคาค่าก่อสร้างของผู้เสนอราคาในกระบวนการจัดหาผู้รับจ้างก่อสร้างตามระเบียบว่าด้วยการพัสดุระเบียบว่าด้วยการพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์และหรือระเบียบหรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยหน่วยงานที่จะมีการจ้างก่อสร้างต้องแต่งตั้งคณะกรรมการขึ้นคำนวณราคากลางงานก่อสร้างตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามที่คณะรัฐมนตรีกำหนด [5]

รายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างตามหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างนี้ ประกอบด้วย

1. ราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้างต้องเป็นไปตามข้อก าหนดเกี่ยวกับราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง ตามที่กำหนดไว้ในส่วนของแนวทางและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ข้อ 9 และข้อ 10 โดยข้อก าหนดเกี่ยวกับราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้างดังกล่าว กำหนดให้ใช้กับทั้ง 3 หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างเว้นแต่กรณีที่ได้มีข้อกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในบางกรณีของบางหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง

2. ค่าแรงงานให้ใช้ตามบัญชีค่าแรงงาน/ดำเนินการสำหรับการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้างในเอกสารเล่มแนวทาง วิธีปฏิบัติ และรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างเล่มนี้โดยมีข้อกำหนดให้ใช้กับทั้ง 3 หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เว้นแต่กรณีที่ได้มีข้อก าหนดไว้เป็นอย่างอื่นในบางกรณีของบางหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง

3. ตารางและหลักเกณฑ์การคำนวณค่าขนส่งวัสดุก่อสร้างให้ใช้ตามหลักเกณฑ์และตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้างในเอกสารเล่มแนวทาง วิธีปฏิบัติ และรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างเล่มนี้ โดยมีข้อกำหนดให้ใช้กับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทางสะพาน และท่อเหลี่ยม และหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน

4. ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร(ค่า Operating Costงานก่อสร้างทาง สะพานและท่อเหลี่ยม) และข้อมูลปริมาณวัสดุสำหรับงานสะพานและท่อเหลี่ยมเป็นข้อมูลหรือรายละเอียดประกอบการคำนวณสำหรับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทางสะพาน และท่อเหลี่ยมซึ่งมีรายละเอียดปรากฏในเอกสารเล่มหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพานและท่อเหลี่ยม

5. ข้อมูลหรือรายละเอียดประกอบการคานวณสาหรับหลักเกณฑ์การคานวณราคากลางงานก่อสร้างชลประทานซึ่งประกอบด้วย

5.1 ตารางอัตราราคางานดิน(ค่า Operating Costสำหรับงานก่อสร้างชลประทาน

5.2 ตารางอัตราราคางานปรับปรุงฐานรากและงานระเบิดหิน

5.3 ข้อมูลส่วนขยายตัวและส่วนยุบตัวและส่วนสูญเสียเมื่อบดทับ (Bank Volume and Compacted Factor)

5.4 ตารางคำนวณอัตราราคางานคอนกรีตและหิน

5.5 ตารางค่าดินถมบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักรเบางานก่อสร้างชลประทาน

5.6 ตารางคำนวณอัตราราคางานบานฝาท่อและเครื่องยก

5.7 อัตราราคางานปลูกหญ้า

5.8 ข้อมูลหรือรายละเอียดประกอบการคำนวณฯ อื่นๆ สำหรับงานก่อสร้างชลประทานทั้งนี้ ข้อมูลหรือรายละเอียดประกอบการคำนวณสำหรับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างชลประทานทั้งหมดดังกล่าวมีรายละเอียดปรากฏในเอกสารเล่มหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างชลประทาน

2.5 ขั้นตอนการเสริมฐานรากอาคาร

มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้ [6]

2.5.1 การจัดเตรียมสถานที่, ย้ายวัสดุ, เครื่องมือ

การจัดเตรียมสถานที่, ย้ายวัสดุ, เครื่องมือ

- การเตรียมสถานที่ เช่น การกั้นเขตพื้นที่ในการทำงานให้ชัดเจน เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงาน, การรักษาความปลอดภัย, การรักษาความสะอาด เป็นต้น

- การเตรียมสโตร์ ย้ายวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสาธารณูปโภค น้ำ ไฟฟ้า

- เคลื่อนย้ายสิ่งกีดขวางการทำงาน พร้อมเตรียมการป้องกันอุบัติภัยจากการทำงาน

รูปที่ 2.11 การแบ่งกั้นเขตก่อสร้างก่อนเข้าทำการแก้ไข

2.5.2 งานขุดดินและขนย้ายดินออก

เนื่องจากการเสริมฐานรากและยกปรับระดับเป็นการทำงานใต้อาคาร เพื่อให้อาคารสามารถใช้งานได้ตามปกติและป้องกันความเสียหายของงานตกแต่งและงานระบบต่าง ๆ ของอาคารที่ได้ติดตั้งไปแล้วซึ่งมีมูลค่าสูง จึงช่วยให้เกิดการประหยัดสำหรับงานอาคารที่มีการตกแต่งและติดตั้งงานระบบต่าง ๆแล้ว และไม่จำเป็นต้องสกัดพื้นหรือโครงสร้างบนดินส่วนต่าง ๆ ของอาคารเสียหาย เพราะจะเป็นการทำงานใต้พื้นอาคาร ดังนั้นในการทำงานจึงจำเป็นต้องมีการขุดและขนย้ายดินออก

2.5.3 งานเสริมเสาเข็ม

ระบบกด(HYDRAULIC COMPRESSION PILES:HCP.)

โดยทำการกดเสาเข็มด้วยชุดอุปกรณ์ไฮดรอลิค โดยอาศัยตัวอาคารเป็น

COUNTER WEIGHT

- ติดตั้ง BRACKETS จุดรองรับน้ำหนักใต้ฐานรากหรือคานและจุดค้ำยันชั่วคราว โดยเชื่อมติดกับโครงสร้างเดิมของอาคารตามที่ออกแบบไว้ ในกรณีที่โครงสร้างเดิมมีความแข็งแรงไม่พอ

- ติดตั้งฐานรองรับแม่แรงไฮโดรลิค (โดยใช้แผ่นเหล็กและ วัสดุที่ไม่หดตัว) ช่วยในการกระจายน้ำหนัก แต่ละจุดจะต้องรับน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนักออกแบบของเสาเข็ม (ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับน้ำหนักของฐานรองรับด้วย)

- ทำการกดเสาเข็มด้วย HYDRAULIC โดยอาศัยโครงสร้างอาคารเป็นน้ำหนักถ่วง ซึ่งในระหว่างทำการกดเข็มบริษัทฯ สามารถทราบกำลังการรับน้ำหนักของเสาเข็มเบื้องต้นได้ทันทีจากเกจที่วัดความดัน ซึ่งบริษัทได้ส่งไปให้ทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หรือสถาบันที่น่านับถือ ทำการสอบเทียบ ให้สามารถอ่านค่าที่ถูกต้องแล้ว

- เสริมโครงสร้างของฐานรากเสาเข็มให้สามารถรองรับน้ำหนักได้ตามแบบฐานรากใหม่ โดยเพิ่มขนาดหรือเพิ่มชิ้นส่วนในการรับน้ำหนักให้กับโครงสร้างของอาคาร เนื่องจากในระหว่างที่ทำการยกปรับระดับอาคารอาจเกิด ความเค้น (STRESS) และแรงบิด (TORQUE) ที่บางจุดของโครงสร้างอาคาร จึงต้องเสริมความแข็งแรงให้เพียงพอ

รูปที่ 2.12 เตรียมหน้างานก่อนการกดเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดแม่แรง ไฮดรอลิค

รูปที่ 2.13 กดเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดแม่แรง ไฮดรอลิค

Our Ref : 487/2557
Date of Issue: 18/08/2557

MATERIAL TESTING LABORATORY
DEPARTMENT OF TEACHER TRAINING IN CIVIL ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK
1518 Pracharat 1 Rd. Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800
Tel. 02-5552000 ext 3247,3253,3285 Fax. 02-5878260

CALIBRATION OF HYDRAULIC JACK

Client : บริษัท สยามเอ็นจิเนีย ฟอรั่ม จำกัด
Address : 54 ซอยอินทามระ35 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
Pump no : 11

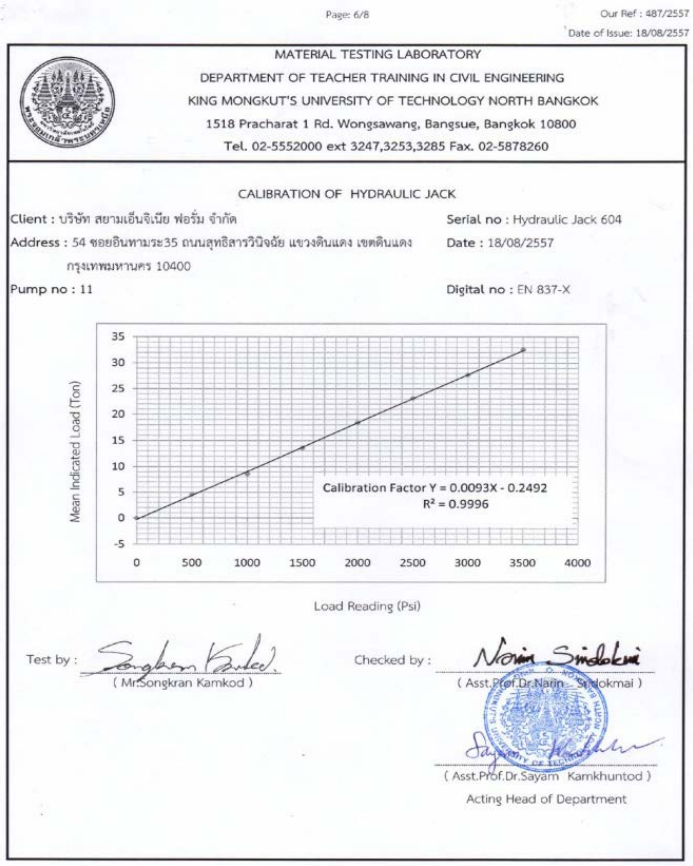
Serial no : Hydraulic Jack 604
Date : 18/08/2557
Digital no : EN 837-X

Actual Load Applied (Psi)	Indicated Load (Ton)			Mean Indicated Load (Ton)	Remark
	TEST 1	TEST 2	TEST 3		
0	0.000	0.000	0.000	0.000	
500	4.58	4.46	4.79	4.61	
1000	8.39	9.07	8.36	8.61	
1500	13.41	13.96	13.47	13.61	
2000	18.39	18.66	18.19	18.41	
2500	22.96	23.24	23.16	23.12	
3000	27.90	27.87	27.32	27.70	
3500	32.63	32.63	32.53	32.60	

Test by : (Mr.Songkran Kamkod)

Checked by : (Asst.Prof.Dr.Narin Sridokmai)

(Asst.Prof.Dr.Sayam Kamkhuntod)
Acting Head of Department



Page: 6/8

Our Ref : 487/2557
Date of Issue: 18/08/2557

MATERIAL TESTING LABORATORY
DEPARTMENT OF TEACHER TRAINING IN CIVIL ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK
1518 Pracharat 1 Rd. Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800
Tel. 02-5552000 ext 3247,3253,3285 Fax. 02-5878260

CALIBRATION OF HYDRAULIC JACK

Client : บริษัท สยามเอ็นจิเนีย ฟอรั่ม จำกัด
Address : 54 ซอยอินทามระ35 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
Pump no : 11

Serial no : Hydraulic Jack 604
Date : 18/08/2557
Digital no : EN 837-X

Test by : (Mr.Songkran Kamkod)

Checked by : (Asst.Prof.Dr.Nann Sindokmai)

(Asst.Prof.Dr.Sayam Kamkhuntod)
Acting Head of Department

รูปที่ 2.14 เอกสาร CALIBRATION แม่แรงไฮดรอลิค เพื่อใช้ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนัก

ระบบตอก (MACHINE DRIVER PILES:MDP.)

โดยจะทำการตอกเสาเข็ม ด้วยชุดปั้นจั่น กรณีไม่มีCOUNTER WEIGHT

1. กำหนดจุดที่ทำการตอก ตำแหน่งตามแบบที่กำหนดไว้
2. กำหนดจุดอ้างอิง (OFFSET) เพื่อใช้ตอนเช็คตำแหน่งเสาเข็ม
3. ติดตั้งปั่นจั่นชุดตอกขนาดเล็ก ใตตำแหน่งที่ทำการตอก
4. ตอกเสาเข็มที่ละท่อนโดยความยาวต่อท่อน เท่ากับ 1.5 เมตร ต่อด้วยการเชื่อม จนได้ความลึกที่ต้องการ

5. ตรวจสอบเช็ค LAST 10 BLOW ทุกต้น เพื่อนำไปคำนวณในสูตร Danish'Formular ในการคำนวณน้ำหนักที่รับได้ของเสาเข็ม-ตรวจสอบเช็ค LAST 10 BLOW ทุกต้น เพื่อนำไปคำนวณในสูตรDanish'Formular ในการคำนวณน้ำหนักที่รับได้ของเสาเข็ม

รูปที่ 2.15 การเสริมเสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ด้วยชุดปั้นจั่น

ตารางการคำนวณการตอกเสาเข็ม SPUN - 200mm. (fc'=400ksc.)Safe Load=20 t./p.

Danish ' Formular

Qu = (eWH) / [S + Sqrt.(eWHL / (2AE))]

A = พื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม 219 $cm.^2$

L = ความยาวเสาเข็ม 1,600-2,300 cm.

W = น้ำหนักตุ้ม 1,200 kg.

H = ระยะยกของตุ้มน้ำหนัก 40 cm.

S = ระยะจมของเสาเข็มใน 10 ครั้งสุดท้าย cm.

Symbol														
e	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
E (T/sq.cm.)	302	302	302	302	302	302	302	302	302	302	302	302	302	302
Qu (T)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
A (sq.cm.)	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219
L (cm.)	1600	1700	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2250	2300
F.S.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Des.Load(T)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
W (T)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
H (cm.)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
S/10 blw.(cm.)	2.78	2.57	2.37	2.27	2.17	2.08	1.98	1.89	1.79	1.70	1.61	1.52	1.52	1.43
S/ blow.(cm.)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14

รูปที่ 2.16 ตารางการคำนวณ การรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วย Danish'Formular

2.5.4 งานเสริมฐานราก และถ่ายน้ำหนักสู่ฐานรากใหม่ (PRELOAD) และยกปรับระดับอาคารให้ได้ระนาบ

1. ภายหลังจากการเสริมเสาเข็มเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการเสริมฐานรากและทำการถ่ายน้ำหนักจากอาคารสู่ฐานรากใหม่ทุกฐาน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเสาเข็มและฐานรากใหม่สามารถรับน้ำหนักได้ตามแบบ

2. ฐานรากที่ทำการถ่ายน้ำหนักแล้ว จะได้รับการดัดแปลงฐานรากใหม่ด้วยโครงสร้างเหล็ก เทคอนกรีตหุ้มฐานรากที่ได้ทำการเสริมใหม่ เพื่อใช้ฐานรากของอาคารที่ถาวรต่อไป

3. เมื่อถ่ายน้ำหนักของอาคารเดิมลงสู่ฐานรากใหม่ได้แล้วและทำการติดตั้งค้ำยันชั่วคราว

4. ทำการยกปรับระดับอาคารด้วย HYDRAULIC JACKS พร้อมทำการตรวจสอบค่าระดับให้เหมาะสมกับการปรับระดับของฐานรากแต่ละฐาน

5. ประกอบตอม่ออาคารตามแบบ พร้อมเทคอนกรีตหุ้ม เพื่อใช้เป็นโครงสร้างของอาคารที่ถาวรต่อไป

รูปที่ 2.17 ติดตั้ง คานเหล็ก Cross Bream และ Main Bream

รูปที่ 2.18 รัดเหล็กปลอก และเทคอนกรีก่อนทำการยกปรับระดับอาคาร

รูปที่ 2.19 ติดตั้งแม่แรง ไฮดรอลิค และตัวค้ำยัน

รูปที่ 2.20 เทฐานรากและต่อม่อใหม่หลังทำการ ปรับระดับและ Preload เรียบร้อย

2.5.5.ถมดินกลับคืน, เก็บงานและทำความสะอาด

- ทำการถอด BRACKET และค้ำยันชั่วคราวที่ติดตั้งไว้ออกทั้งหมด

- ขนดินกลับเข้ามาถมใต้อาคาร

- เก็บงานและทำความสะอาดพื้นที่ให้เรียบร้อย

รูปที่ 2.21 ถมดินกลับพร้อมเก็บความเรียบร้อย

โดยจากขั้นตอนที่ศึกษานั้น การแก้ไขอาคารทรุดตัวด้วยวิธีเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNIG) ณ. ตลอดเวลาการดำเนินการแก้ไขนั้น เจ้าของอาคารสามารถใช้อาคารได้ปรกติ เนื่องจากการทำงานนั้นทำอยู่ใต้ดิน การเสริมเสาเข็มนั้นตัวอาคารยังมีเสาเข็มเก่าในการรับโครงสร้าง ขณะตอนเสริมเสาเข็มและหลังจากเสริมเสาเข็มเสร็จนั้น มีการ ถ่ายน้ำหนักลงสู่เสาเข็มใหม่ที่เสริมเข้าไปทำให้อาคารมีเสาเข็มรองรับตลอดระยะเวลาการทำงาน หรือตอนยกปรับระดับอาคารนั้น การปรับระดับจะทำด้วยทีละ มิลลิเมตร เพื่อให้อาคารได้ระนาบและไม่เกิดการเคลื่อนตัวที่เร็วไปจนทำให้เกิดความเสียหายของโครงสร้าง จึงทำให้ไม่มีผลกับตัวอาคาร หรือแม้แต่กระจกที่เปาะบาง

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคอโดยมีวิธีวิจัยในรูปแบบของการจำลองโมเดลและเหตุการของปัญหา เพื่อนำโมเดลมาประมาณราคาการแก้ไขที่ทำให้ไม่เกิดการทรุดตัวขึ้นอีก โดยหลังจากได้ราคาจากการประมาณที่ใช้ในการแก้ไขนำมาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นและนำมาพล็อตกราฟ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มในรูปแบบอื่น ๆ โดยผู้วิจัยได้ทาการศึกษาวิธีการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 จำลองโมเดลอาคารตัวอย่างในการเปรียบเทียบ
3.2 จำลองปัญหาการทรุดตัวของอาคารตัวอย่าง
3.3 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบและแบบรายละเอียด
3.4 การเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์งานวิจัย
3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 จำลองโมเดลอาคารตัวอย่างในการเปรียบเทียบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารจึงทำให้ต้องสร้างโมเดลแบบจำลองของอาคาร เพื่อใช้ในการสร้างสถานะการณ์ปัญหาการทรุดตัวของอาคาร โดยขั้นตอนการจำลองโมเดลของอาคารมีดังนี้

3.1.1 กำหนดขนาด พื้นที่ และจำนวนชั้น ตัวอย่าง

ทางผู้วิจัยได้กำหนดขนาด พื้นที่และจำนวนชั้นของตัวอย่างโมเดลดังนี้

3.1.1.1 SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 243 ตารางเมตร

3.1.1.2 SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร

3.1.1.3 SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร

3.1.1.4 SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร

3.1.1.5 SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร

3.1.1.6 SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร

3.1.1.7 SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร

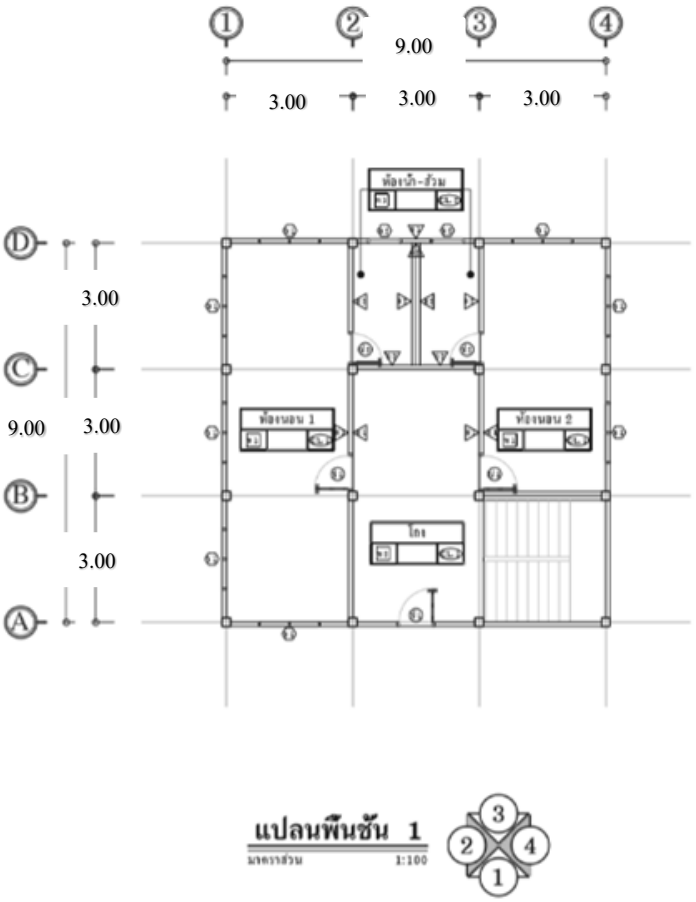
3.1.1.8 SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร

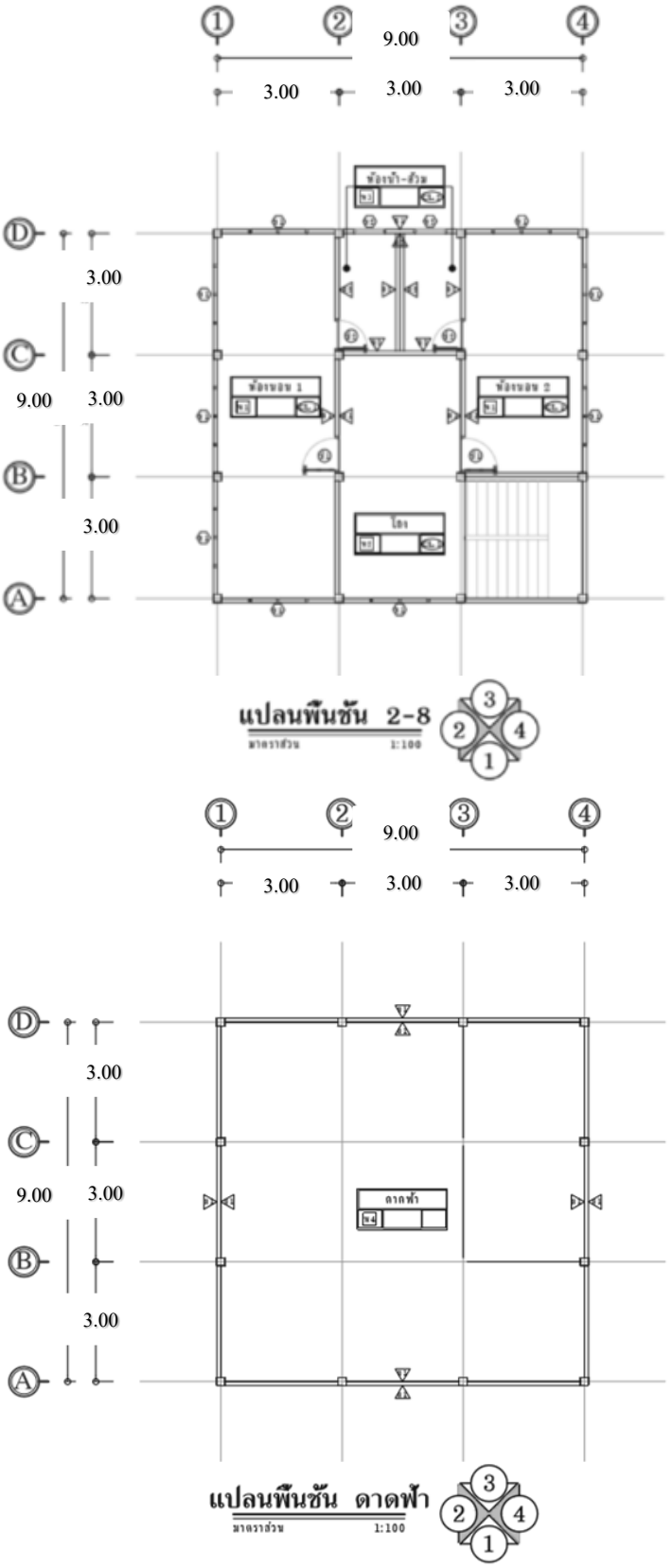
3.1.1.9 SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร

3.1.2 กำหนดรูปแบบโมเดลแบบจำลองอาคาร

โดยการจำลองอาคาร กำหนดเป็นอาคารพักอาศัย 2 ห้องพักอาศัยต่อชั้น มีโถงและบันได้ รูปแบบของอาคารตามรูปดังนี้

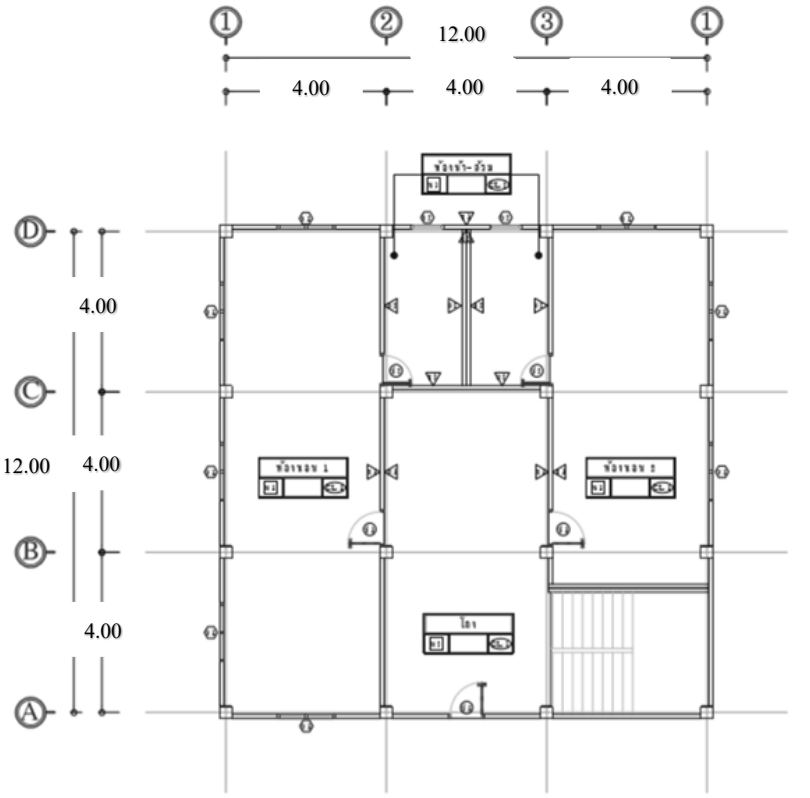
แบบสถาปัตย์ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น



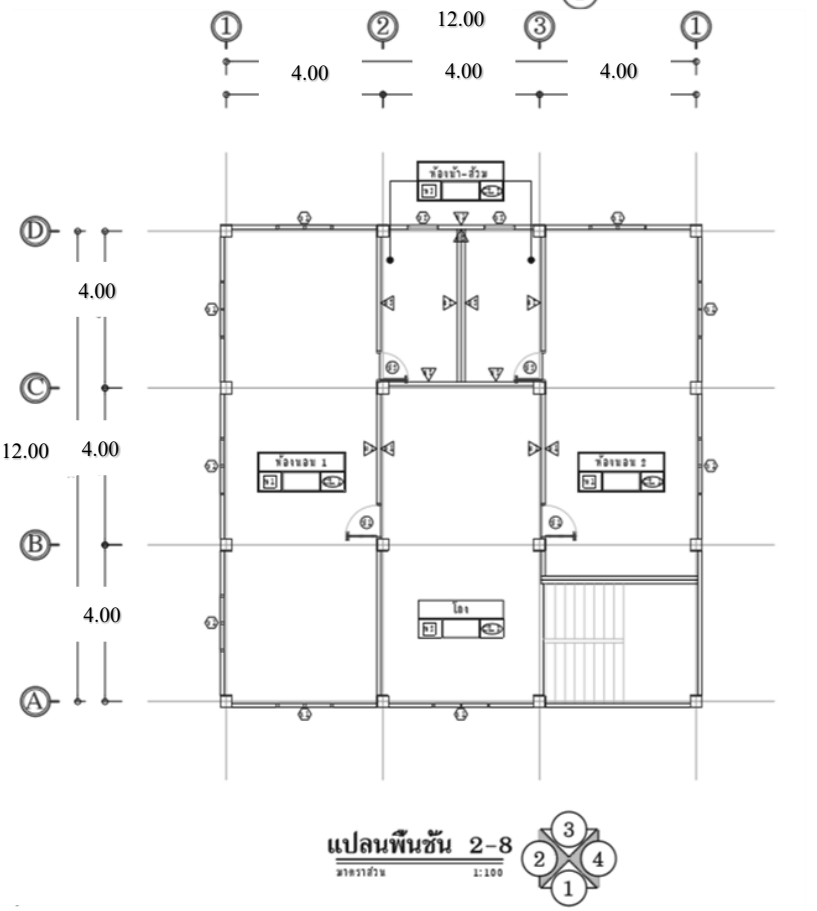


รูปที่ 3.1 แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น

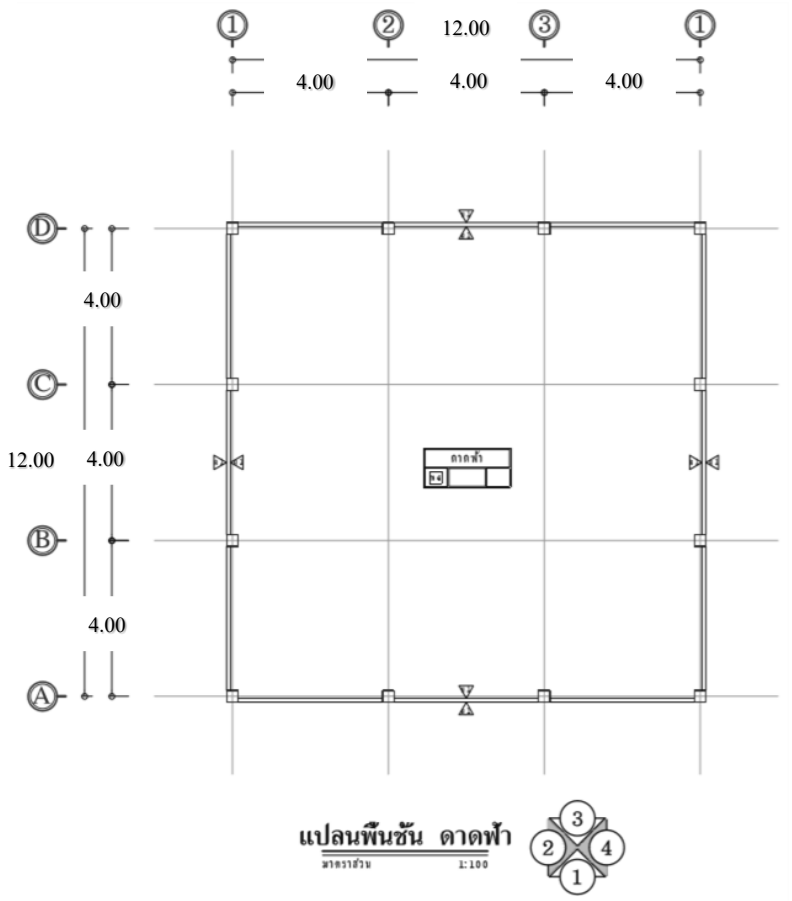
แบบสถาปัตย์ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น



แปลนพื้นชั้น 1

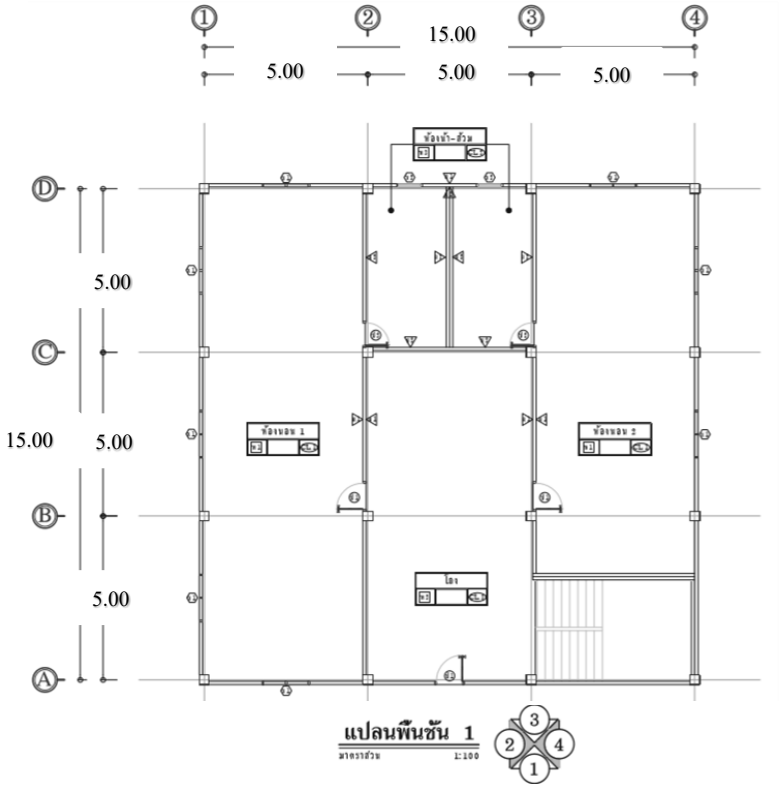


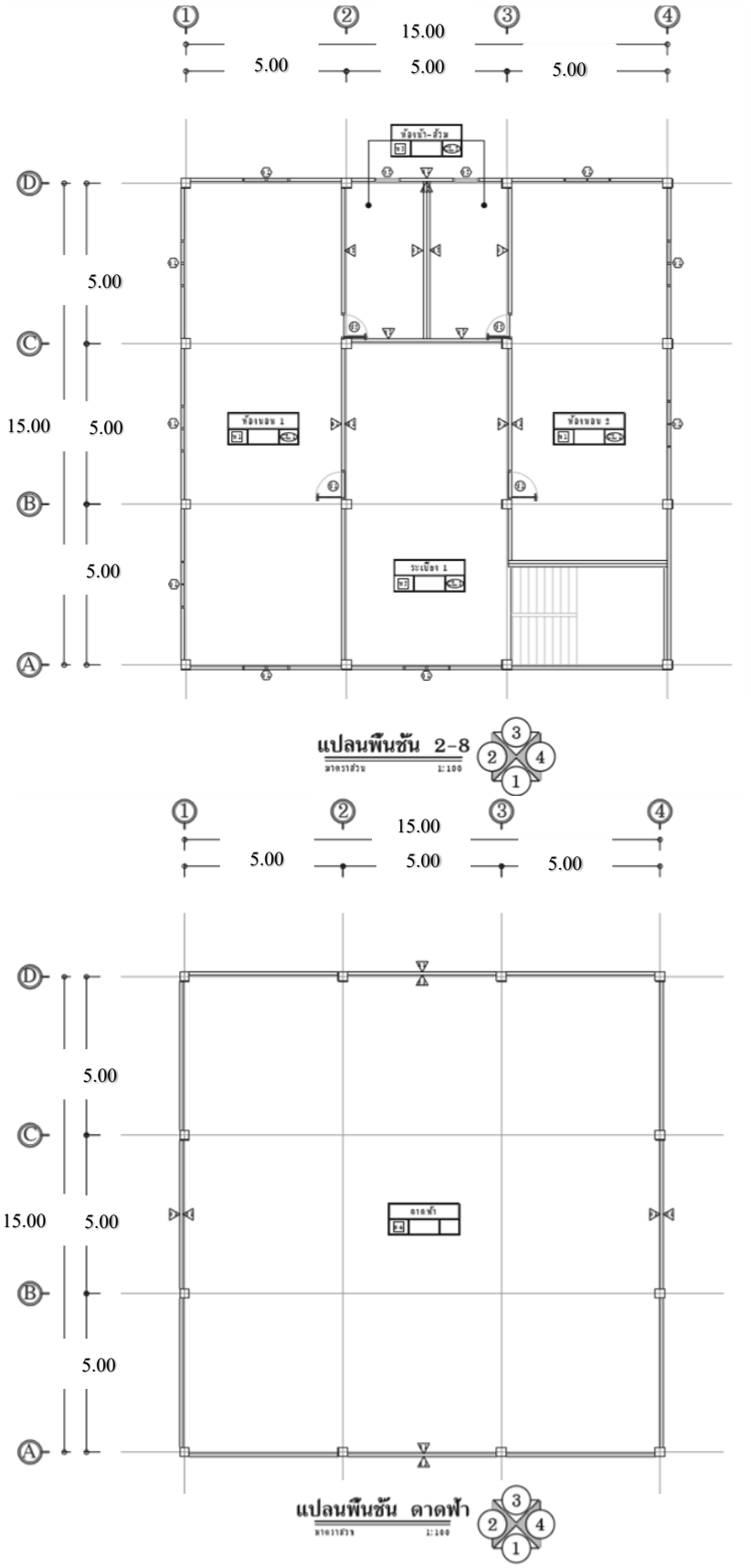
แปลนพื้นชั้น 2-8



รูปที่ 3.2 แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น

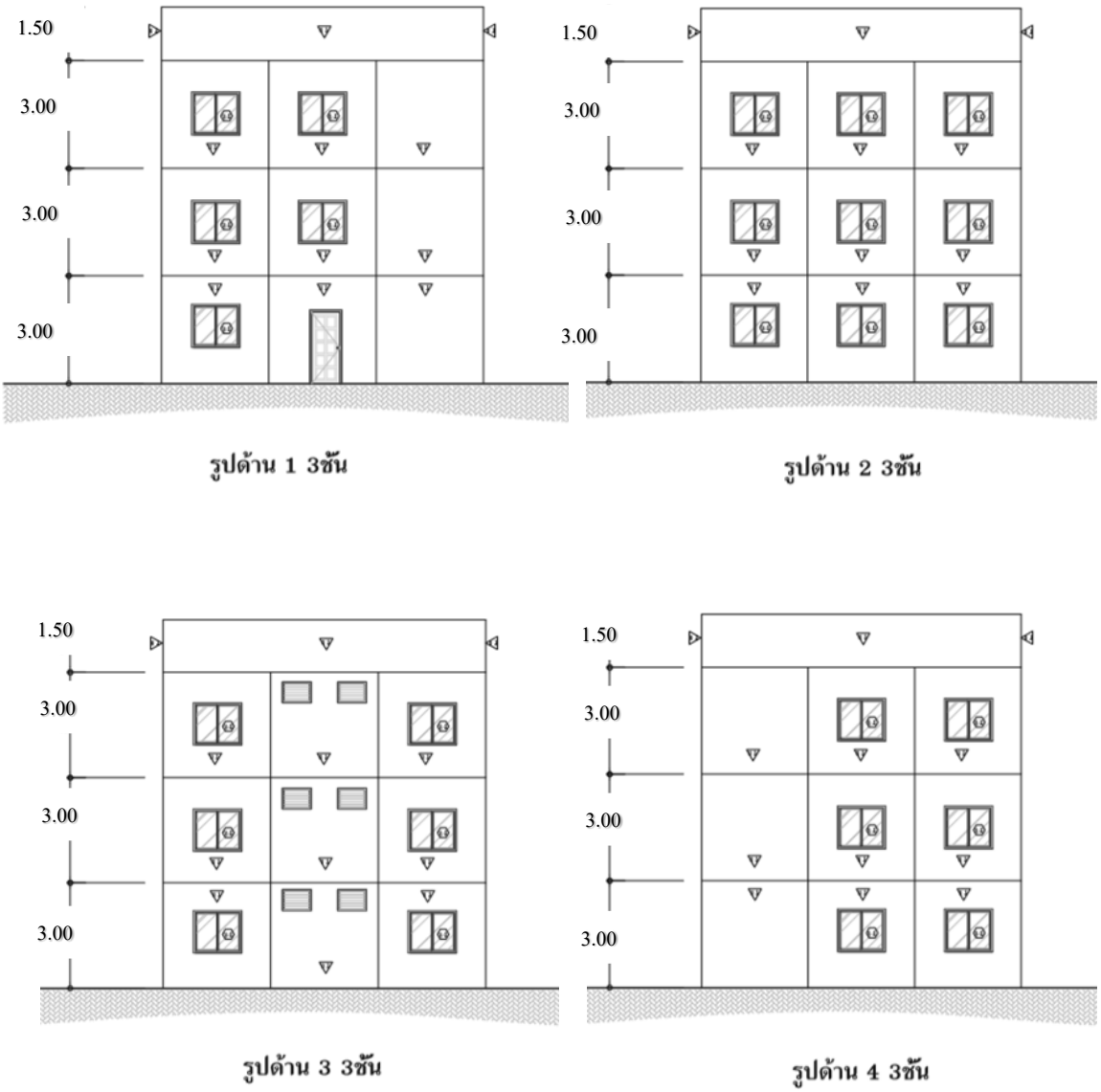
แบบสถาปัตย์ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น





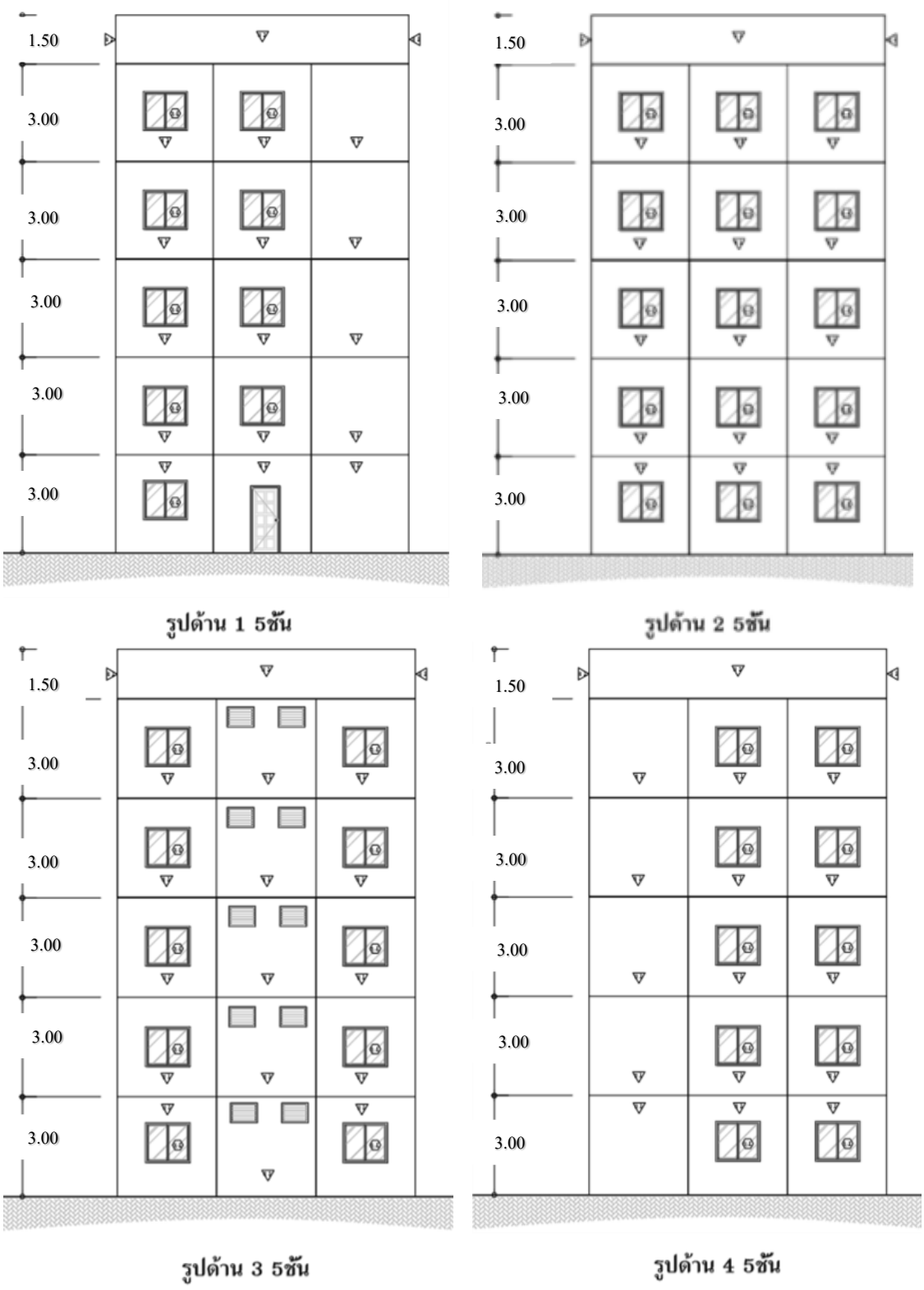
รูปที่ 3.3 แปลนพื้นชั้น 1-ดาดฟ้า ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น ,5 ชั้น ,8 ชั้น

รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น โดยแต่ละชั้นสูง 3 เมตร โดยชั้นดาดฟ้าผนังสูง 1.5 เมตร



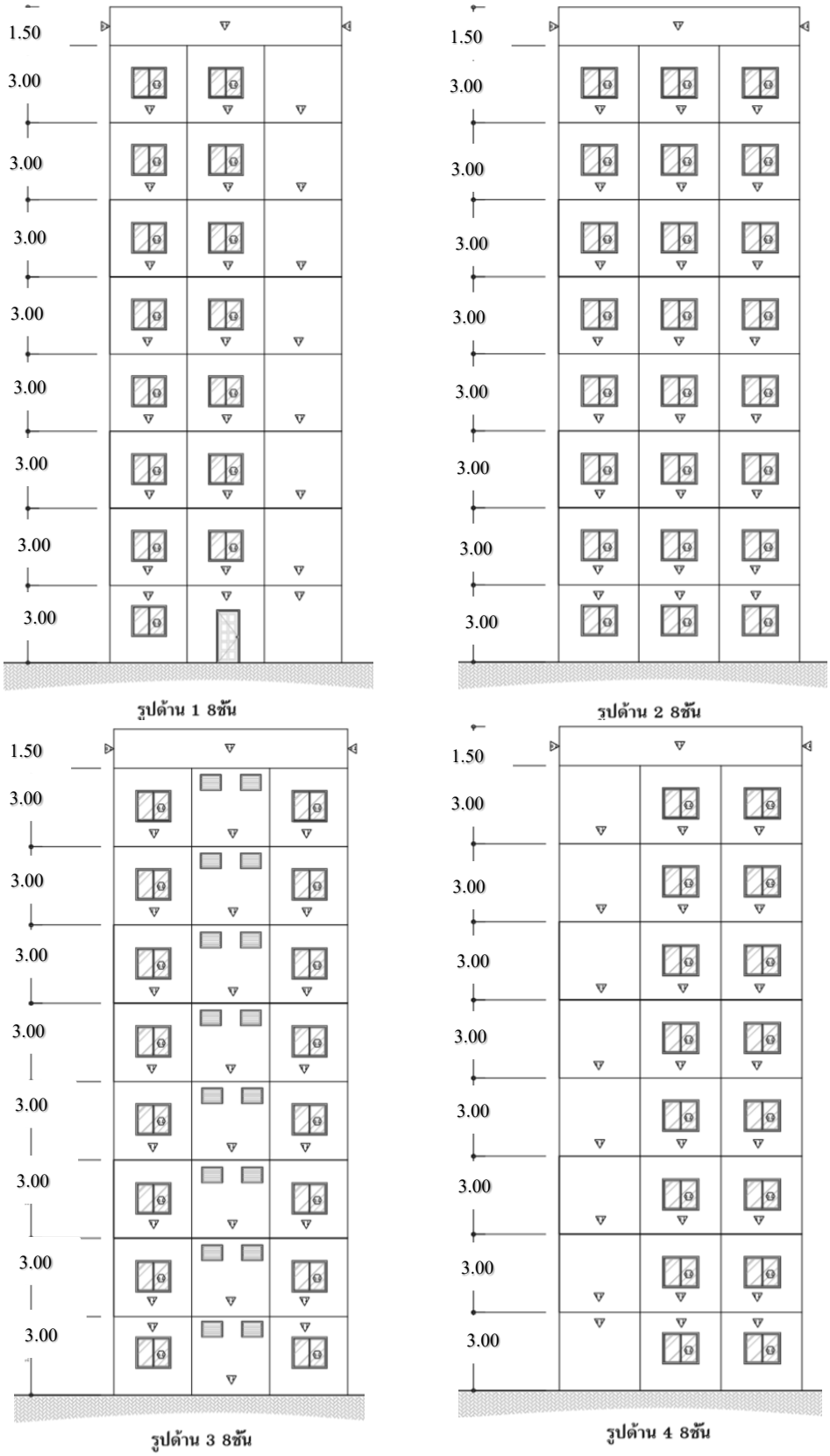
รูปที่ 3.4 รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น

รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น โดยแต่ละชั้นสูง 3 เมตร โดยชั้นดาดฟ้าผนังสูง 1.5 เมตร



รูปที่ 3.5 รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น

รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น โดยแต่ละชั้นสูง 3 เมตร โดยชั้นดาดฟ้าผนังสูง 1.5 เมตร



รูปที่ 3.6 รูปด้าน 1,2,3,4 SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น

3.2 จำลองปัญหาการทรุดตัวของอาคารตัวอย่าง

หลังจากที่ทำการจำลองโมเดลอาคาร 9 ตัวอย่างนั้น ได้จำลองปัญหาการทรุดตัวของอาคารและแนวทางการแก้ไขดังนี้

3.2.1 อาคารมีรอยแตกร้าวที่ผนังด้านข้างทั้งซ้ายขวา เฉียงขึ้นจากข้างหลังชี้ขึ้นไปข้างหน้าของอาคาร

3.2.2 ได้ตรวจสอบด้วยการกลิ้งลูกกลิ้งที่พื้น พบว่าลูกกลิ้งไหลไปข้างหน้าของตัวอาคารด้วยความเร็ว

3.2.3 ตรวจสอบค่าทรุดตัวด้วยการทำระดับ พบว่า ด้านหน้าอาคาร มีค่าทรุดตัว -20 เซนติเมตร เทียบกับท้ายอาคาร

3.2.4 จากการสอบถามพบว่า อาคารทั้ง 9 ตัวอย่างนี้เป็นอาคารเก่าที่นำมาปรับปรุงเป็นห้องพักและไม่ได้ทำการตรวจสอบ ซึ่งเสาเข็มที่ใช้เป็นเข็มเจาะและไม่ทราบความลึกของเสาเข็มนั้น

3.2.5 ชั้นดินในระแวกที่อาคารพักอาศัยตั้งอยู่นั้น ชั้นดินที่สามารถรับน้ำหนักได้อยู่ที่ความลึก 21 เมตร ซึ่งชั้นดินที่ 18 เมตร พบว่าชั้นดินนั้นมีน้ำอยู่ในระดับดังกล่าว

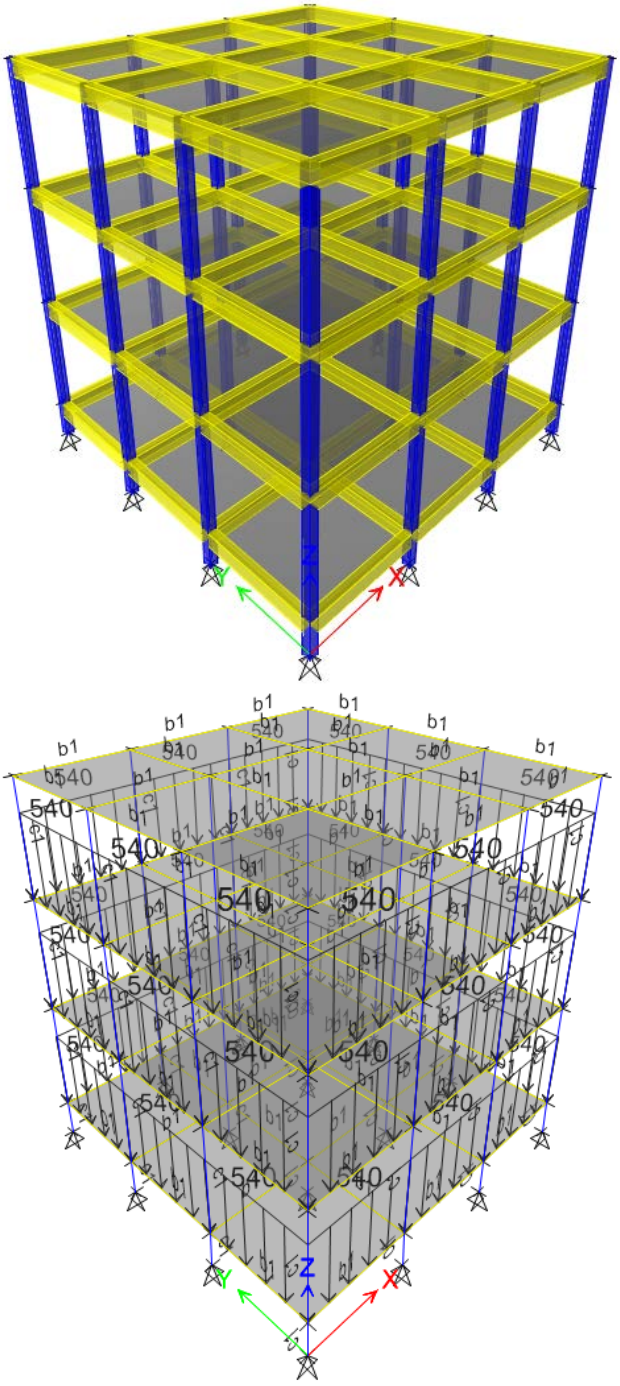
จากปัญหาที่สมมุติขึ้น ปัญหาอาจเกิดจากเข็มที่ไม่ได้คุณภาพเนื่องจากเป็นเข็มเจาะเมื่อเจอน้ำต้องทำการหยุดเจาะทันที จึงอาจทำให้เข็มไม่ไปถึงชั้นดินที่ออกแบบไว้และไม่สามารถรับน้ำหนักของอาคารที่ปรับปรุงได้ จึงมีวิธีการแก้ไขอาคารทรุดตัวนี้ 2 วิธีคือ

1. รื้ออาคารทิ้งและก่อสร้างใหม่โดยการตอกเสาเข็มให้ถึงชั้นดินแข็งเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้
2. การเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDIG) โดยการยกเลิกเสาเข็มที่มีอยู่ ทำการเสริมเสาเข็มใหม่ให้ถึงชั้นดินแข็งเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้

3.3 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบการแก้ไขและแบบรายละเอียด

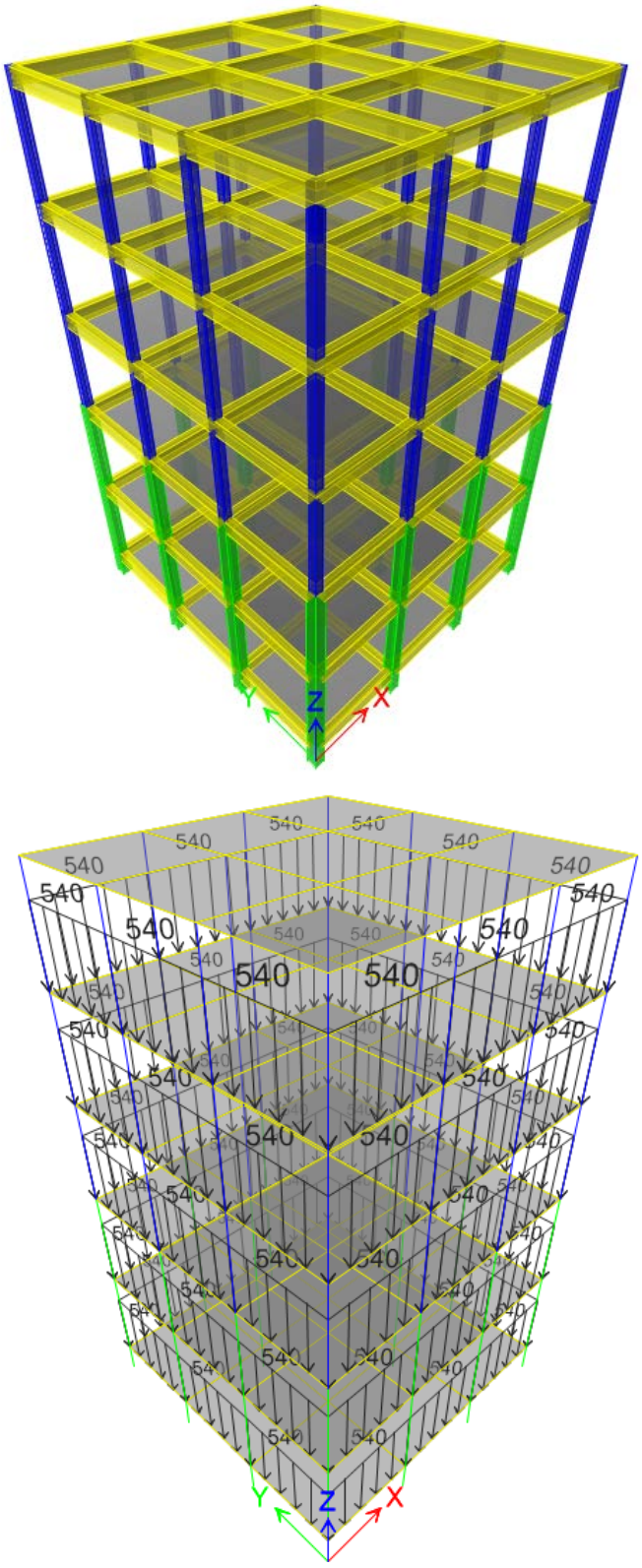
หลังจากได้จำลองโมเดลอาคารพักอาศัย ทั้งหมด 9 ตัวอย่างแล้วนั้น ทำการคำนวณการถ่ายน้ำหนักของอาคาร โดยใช้โปรแกรม ETAB เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ดังนี้

การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น



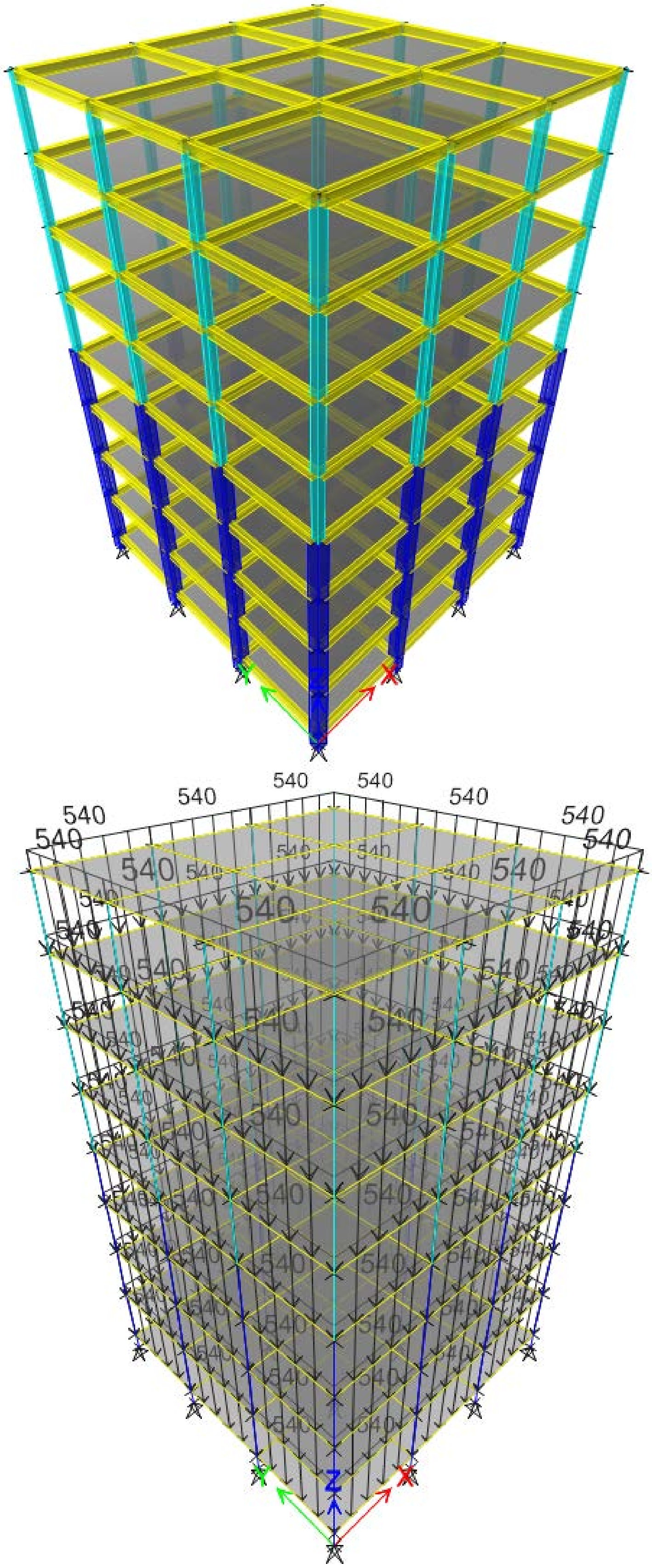
รูปที่ 3.7 การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 3ชั้น

การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น



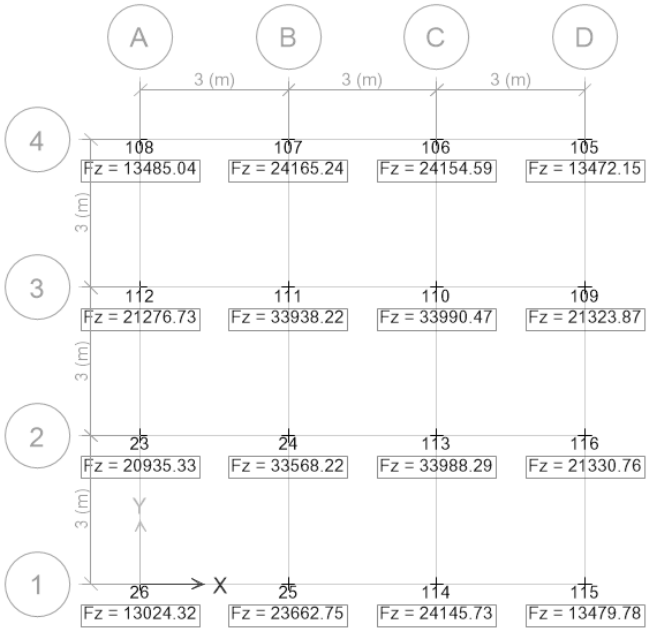
รูปที่ 3.8 การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 5ชั้น

การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น

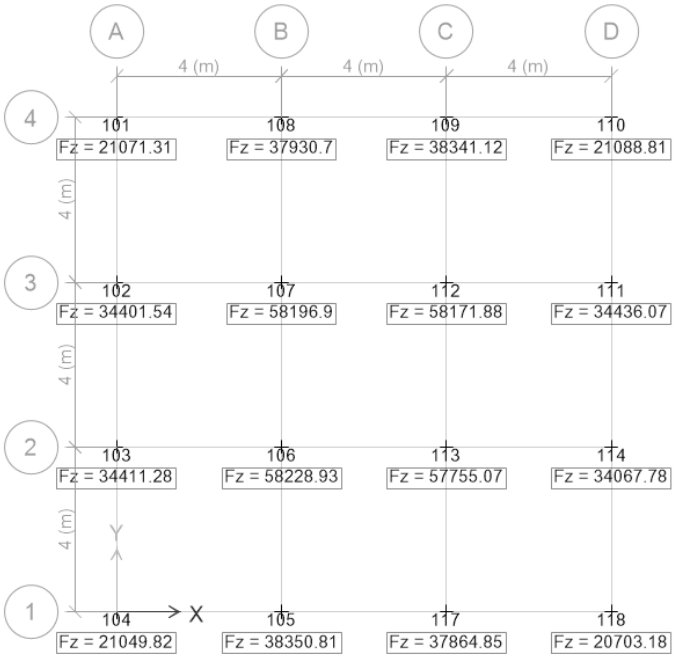


รูปที่ 3.9 การถ่ายน้ำหนัก SPAN 3X3 , 4X4 , 5X5 จำนวน 8ชั้น

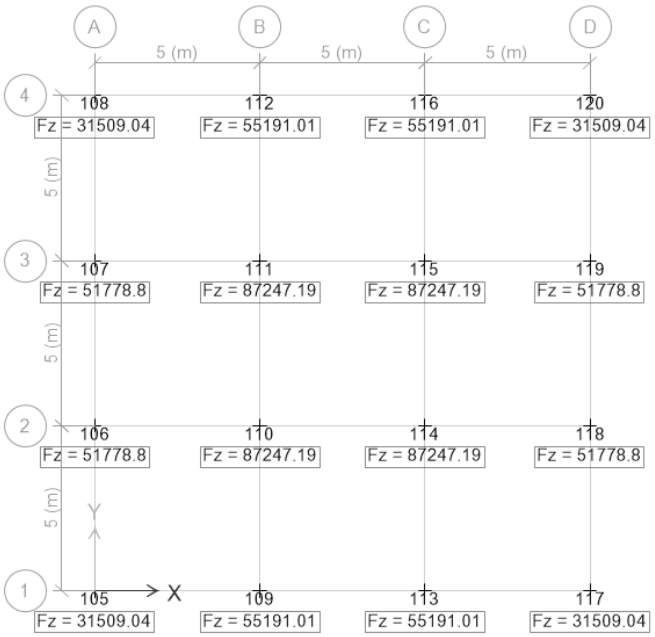
ทำการตรวจเช็คน้ำหนักที่ลงสู่ฐสนราก เพื่อใช้ในการออกแบบเสาเข็มแต่ละจุด และขนาดการเสริมเหล็กของฐานราก ร่วมถึงการออกแบบแก้ไขด้วยวิธีการเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING) (ซึ่งค่า Fz คือค่าน้ำหนักของตัวอาคารที่ถ่ายลงมาสู่ฐานราก โดย Fz/10,000 หน่วยที่ได้เป็น T)



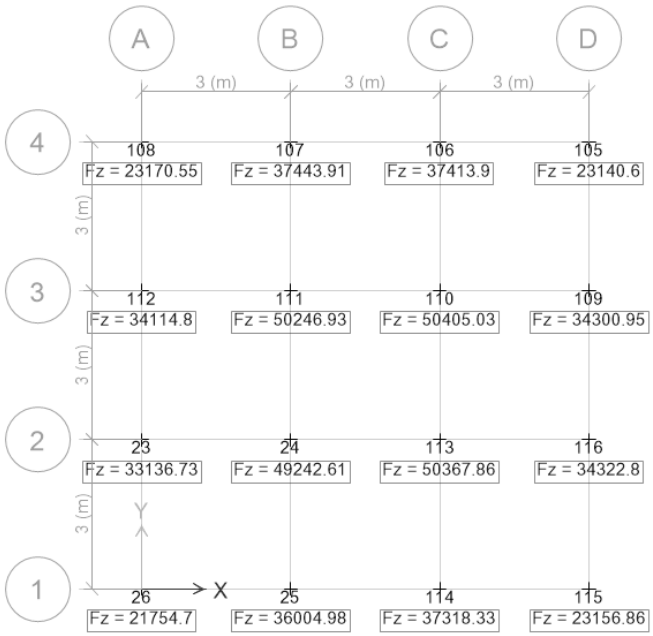
รูปที่ 3.10 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 243 ตารางเมตร



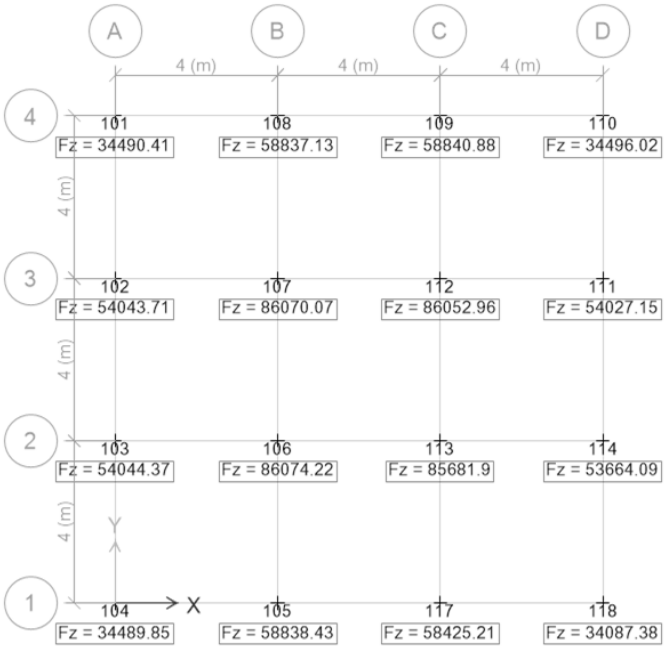
รูปที่ 3.11 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร



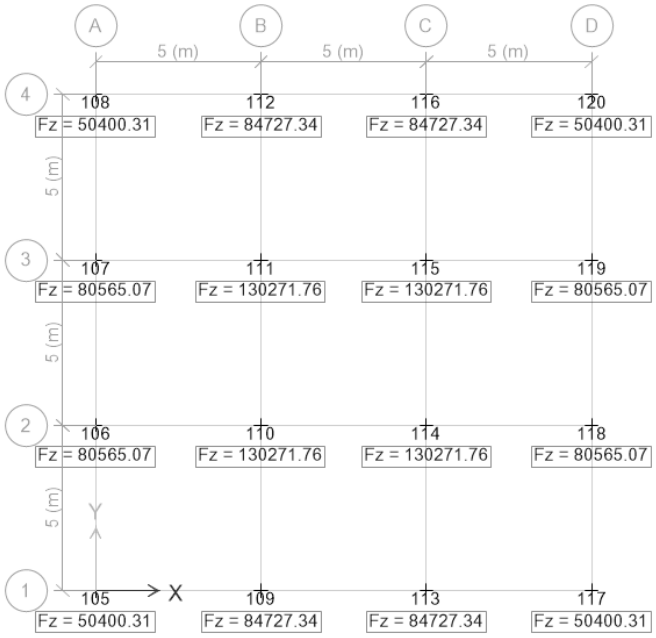
รูปที่ 3.12 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร



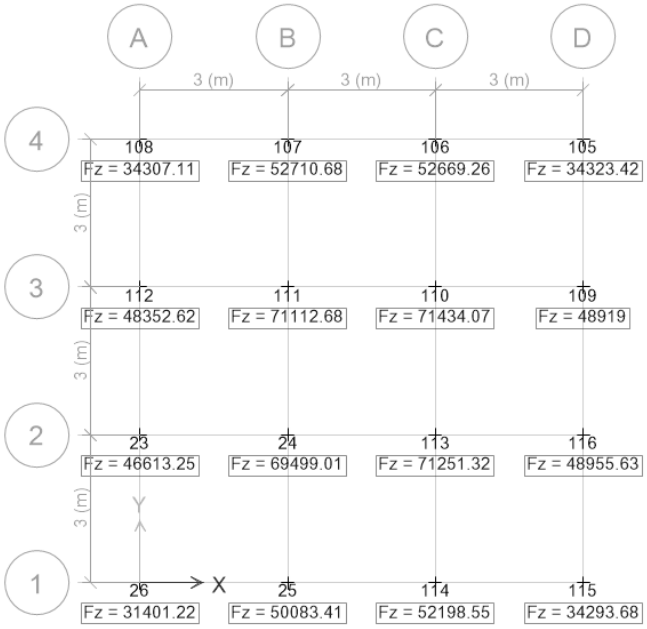
รูปที่ 3.13 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร



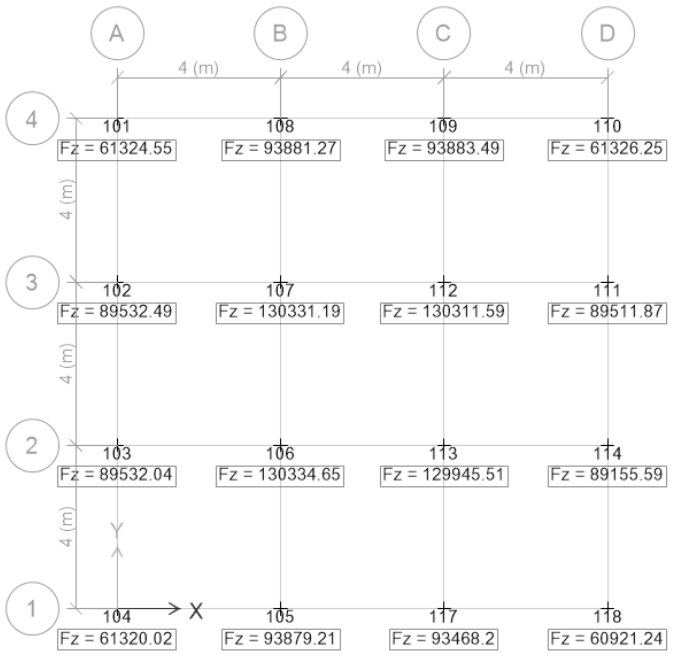
รูปที่ 3.14 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร



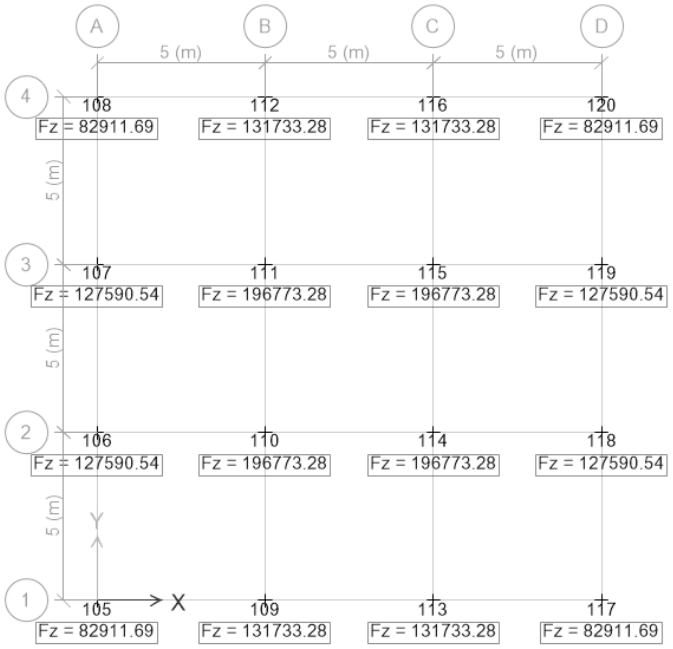
รูปที่ 3.15 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร



รูปที่ 3.16 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร



รูปที่ 3.17 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร



รูปที่ 3.18 น้ำหนักลงฐานราก SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร

3.3.1 วิธีรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่

หลังจากได้ข้อมูลการถ่ายน้ำหนักโครงสร้างมานั้น นำมาออกแบบ เสาเข็ม ฐานราก คาน พื้น โดยเงื่อนไขการรื้อถอนและสร้างใหม่นั้น สร้างใหม่โดยใช้แบบอาคารเดิมและก่อสร้างโดยไม่เกิดการทรุดตัวขึ้นอีก โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1.1 หลังจากทราบน้ำหนักที่ลงมากระทำต่อ เสาเข็ม ฐานราก คาน เสาของอาคารแล้วนั้น ในขั้นตอนต่อไปทำการออกแบบขนาดและการเสริมเหล็กของโครงสร้างเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักตามที่คำนวณได้ (โดยในการคำนวณ เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักได้ 30 ตัน/ต้น)

โดยการออกแบบจำแนกฐานราก เสา คาน รายการคำนวณ ตาม (ภาคผนวก ก.)

หลังจากวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบ สามารถทราบขนาดของ ฐานราก เสา คาน พื้น ได้ทั้งหมด สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ขนาดฐานรากที่ใช้ในการประมาณราคา

รายการ	ขนาดฐานราก(เมตร)			จำนวนเหล็กเสริม	จำนวนเสาเข็ม/ฐาน
	กว้าง	**ยาว**	**สูง**		
F1	0.85	0.85	0.45	3+3-DB20 มม. # , 4-RB9 มม. รัดรอบ	1 ต้น
F2	0.80	1.30	0.40	5+8-DB16 มม. # , 4-RB9 มม. รัดรอบ	2 ต้น
F3	1.40	1.40	0.80	3#3-DB16 มม. แผ่เป็นรูปพัด, 4-RB9 มม. รัดรอบ	3 ต้น
F4	1.40	1.40	0.80	3+3-DB16 มม. # , 4-RB9 มม. รัดรอบ	4 ต้น
F5	1.60	1.60	0.80	3+3-DB16 มม. # , 4-RB9 มม. รัดรอบ	5 ต้น
F6	1.50	2.50	1.20	11+16-DB20 มม. # , 9-RB9 มม. รัดรอบ	8 ต้น
***ใช้เสาเข็มอัดแรงด้วยวิธีการตอก สี่เหลี่ยมตัน ขนาด 0.22x0.22 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

ตารางที่ 3.2 ขนาดคานที่ใช้ในการประมาณราคา

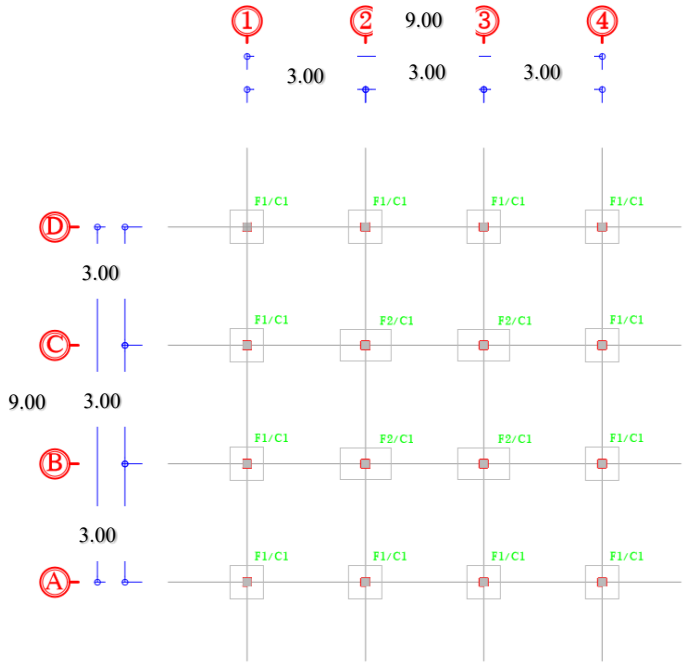
รายการ	ขนาดคาน(เมตร)			จำนวนเหล็กเสริม
	กว้าง	**ยาว**	**สูง**	
B1	0.20	L	0.40	3-DB 12 มม. 2-DB 16 มม. ป-RB 9 มม. @0.15 ม. 2-DB 16 มม.
B2	0.25	L	0.50	2-DB 20 มม. 2-DB 12 มม. ป-RB 9 มม. @0.15 ม. 2-DB 20 มม.
*ความยาวคานเป็นไปตามขนาดของอาคาร ตามแบบจำลอง 9 ตัวอย่าง				

ตารางที่ 3.3 ขนาดเสาที่ใช้ในการประมาณราคา

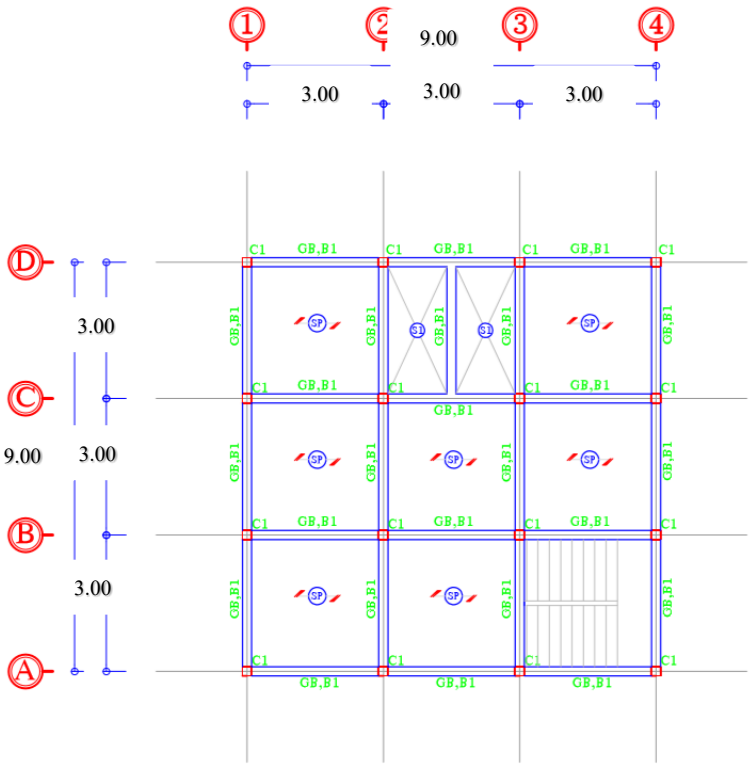
รายการ	ขนาดเสา(เมตร)			จำนวนเหล็กเสริม
	กว้าง	**ยาว**	**สูง**	
C1	0.20	0.20	3.00	4-DB 12 มม. ป-RB 6 มม. @0.15 ม. Covering 2.5 ซม.
C2	0.30	0.30	3.00	8-DB 12 มม. ป-RB 6 มม. @0.15 ม. Covering 2.5 ซม.
C2'	0.30	0.30	3.00	8-DB 16 มม. ป-RB 6 มม. @0.15 ม. Covering 2.5 ซม.
C3	0.40	0.40	3.00	8-DB 16 มม. ป-RB 6 มม. @0.15 ม. Covering 2.5 ซม.
C4	0.50	0.50	3.00	8-DB 20 มม. ป-RB 6 มม. @0.15 ม. Covering 2.5 ซม.

หลังจากการออกแบบข้อมูลที่วิเคราะห์จาก โปรแกรม ETAB และราคาการคำนวณ โดยทั้ง 9 ตัวอย่างแบบจำลอง ได้ออกแบบ ดังนี้

SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 243 ตารางเมตร

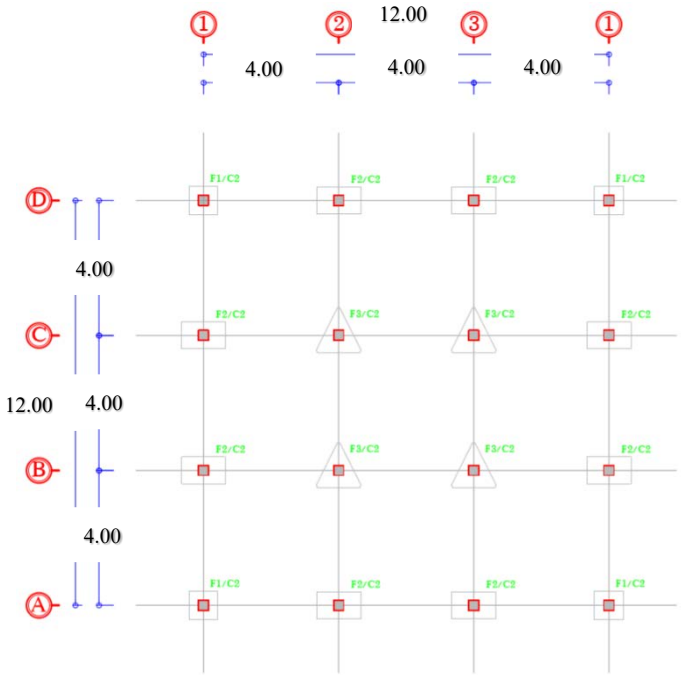


รูปที่ 3.19 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

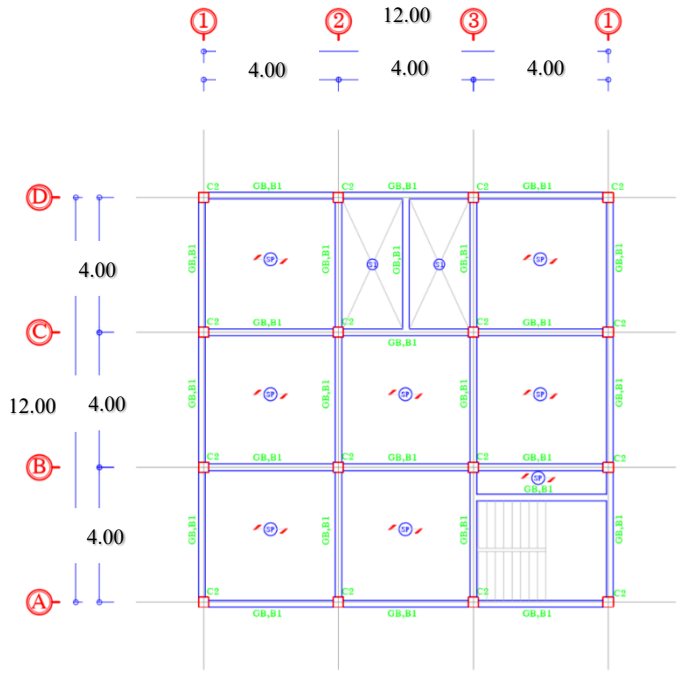


รูปที่ 3.20 ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร

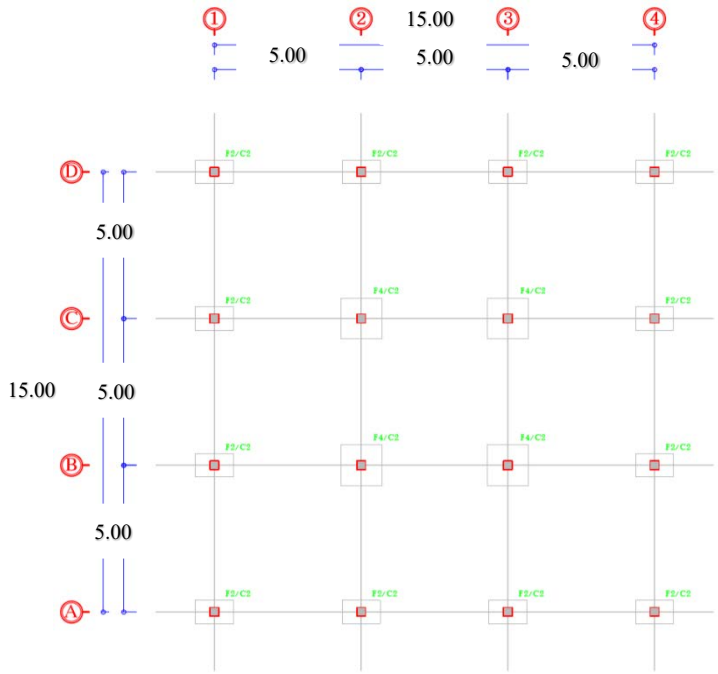


รูปที่ 3.21 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น

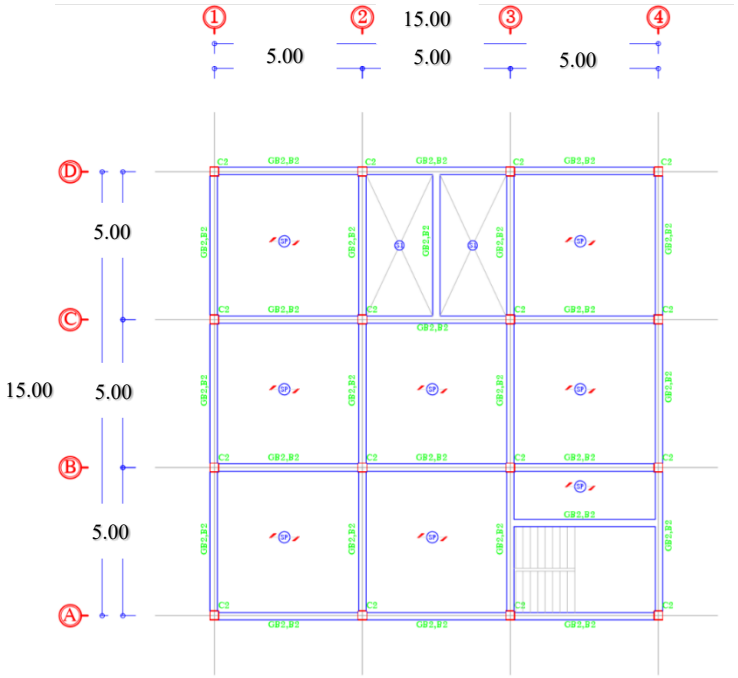


รูปที่ 3.22 ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น

SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร

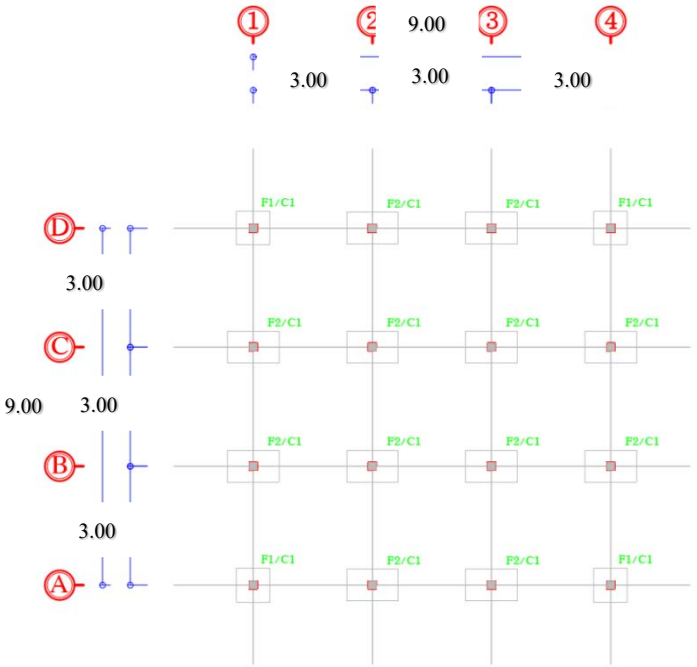


รูปที่ 3.23 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น

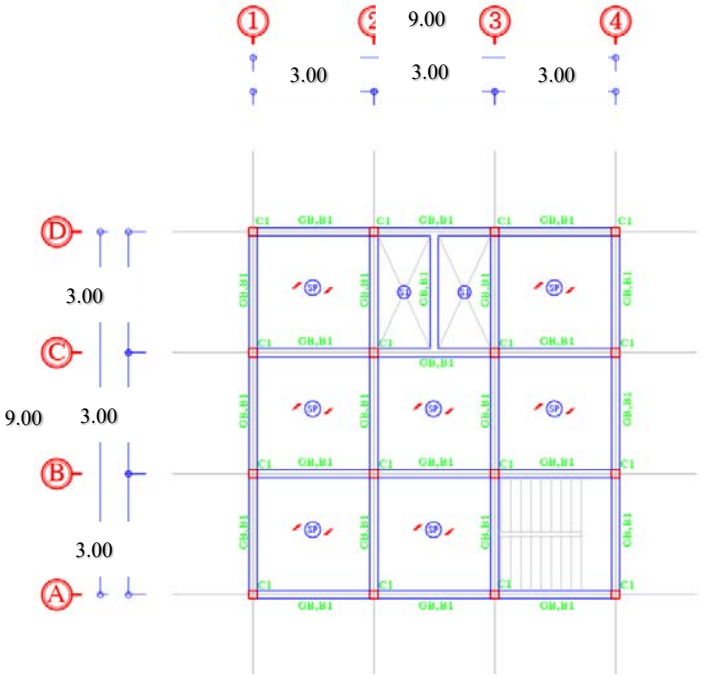


รูปที่ 3.4 ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น

SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร

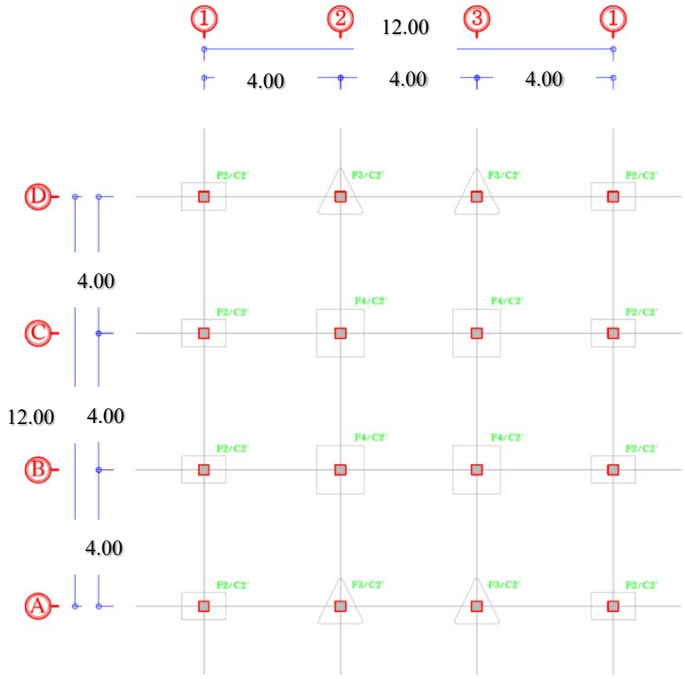


รูปที่ 3.25 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น

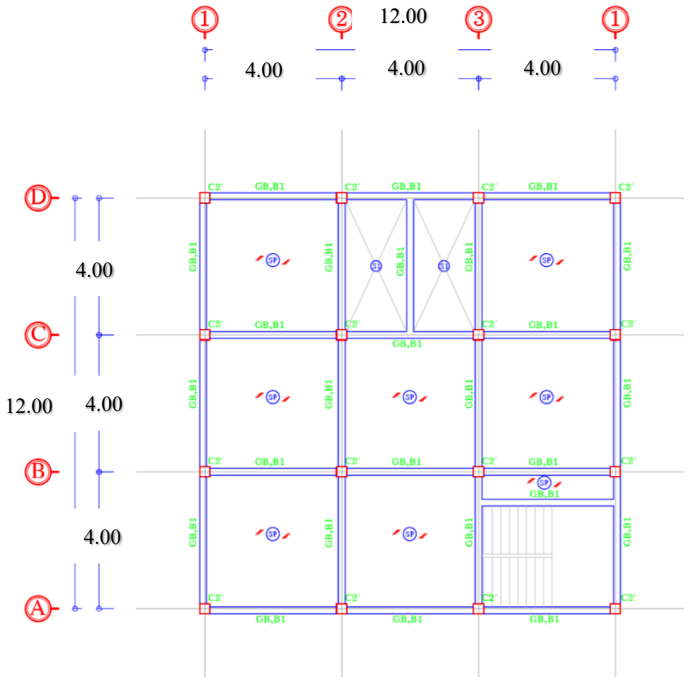


รูปที่ 3.26 ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น

SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร

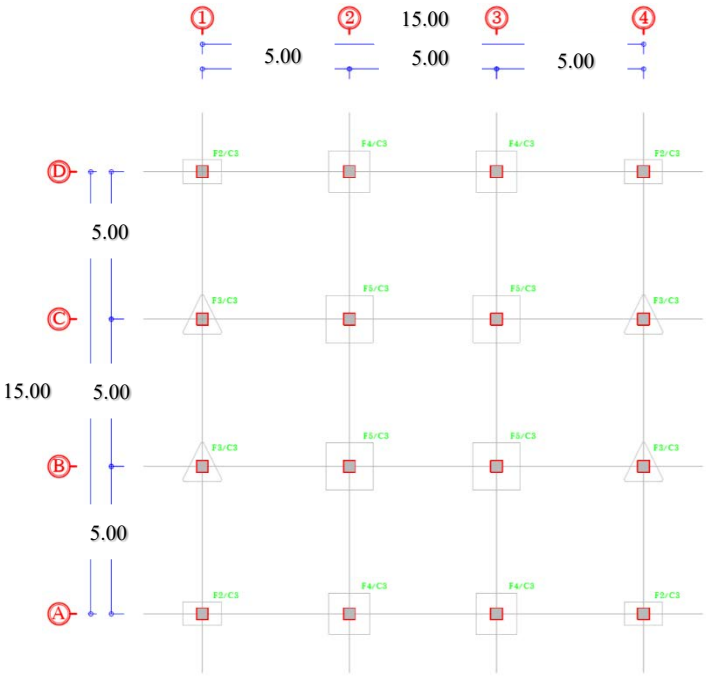


รูปที่ 3.27 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น

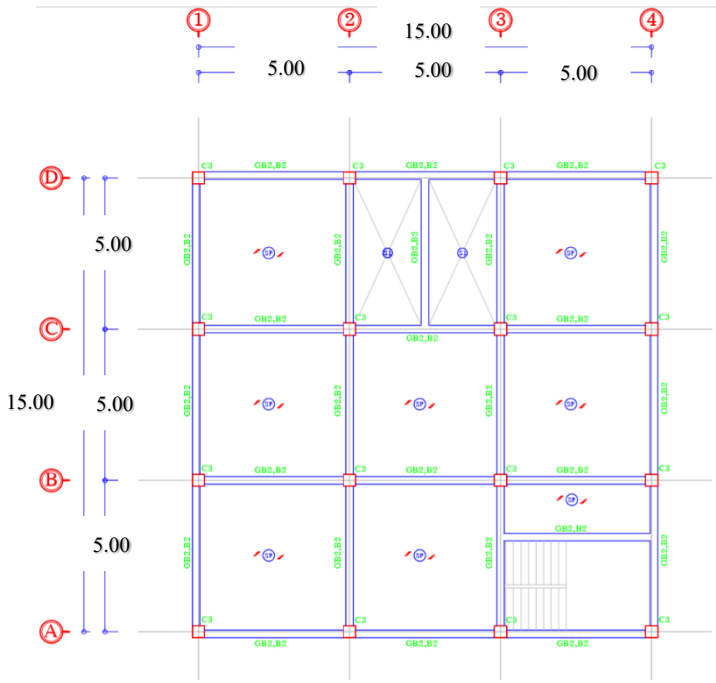


รูปที่ 3.28 ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น

SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร

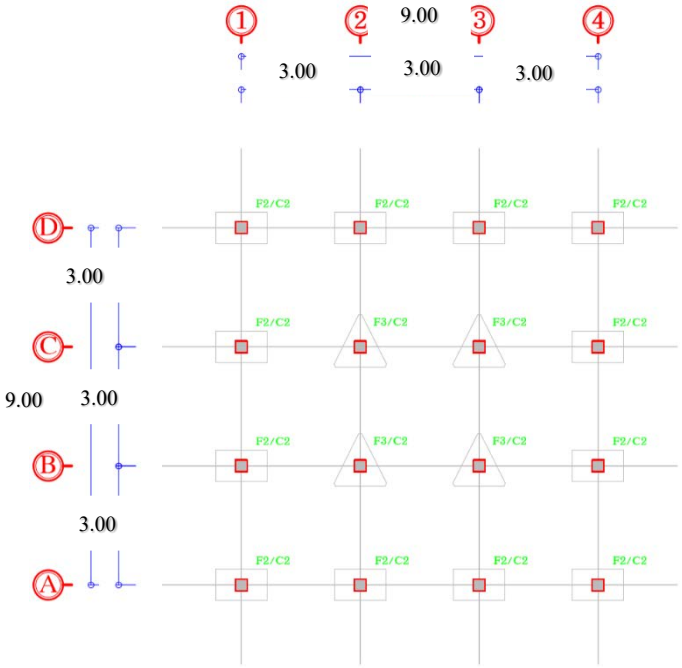


รูปที่ 3.29 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น

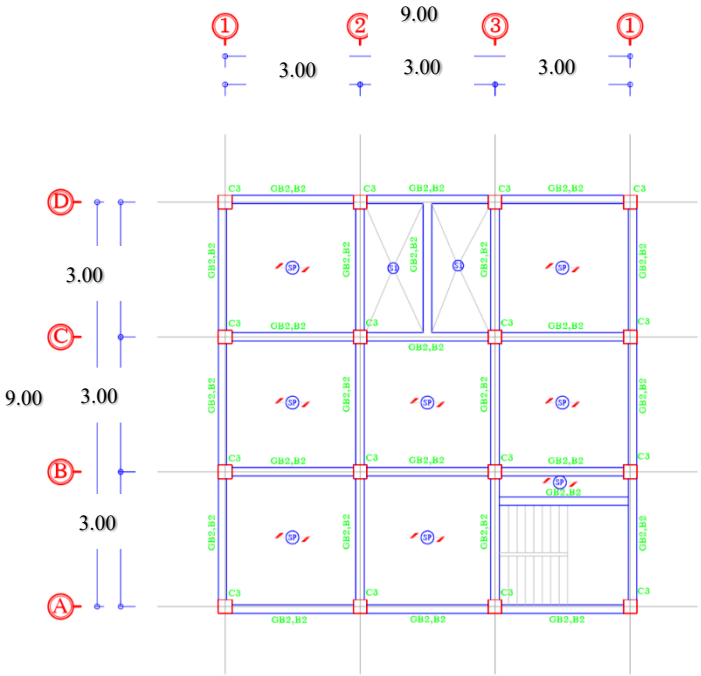


รูปที่ 3.30 ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น

SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร

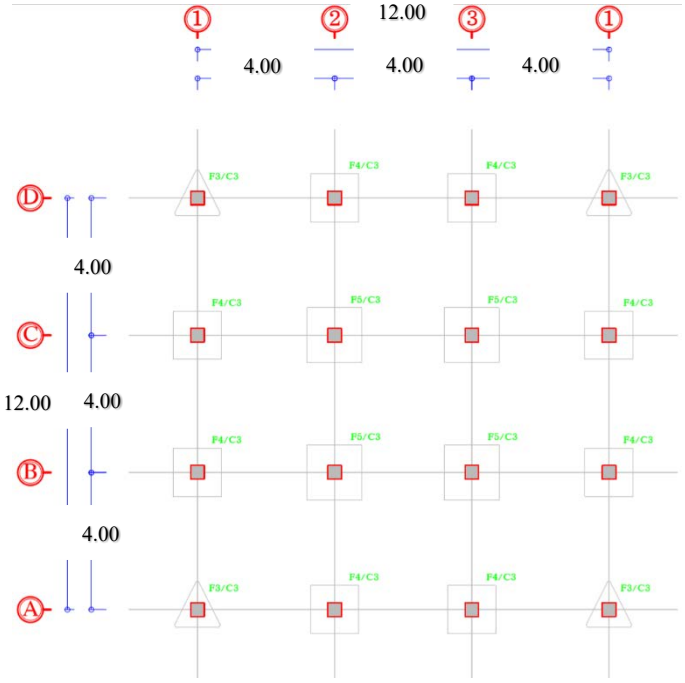


รูปที่ 3.31 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น

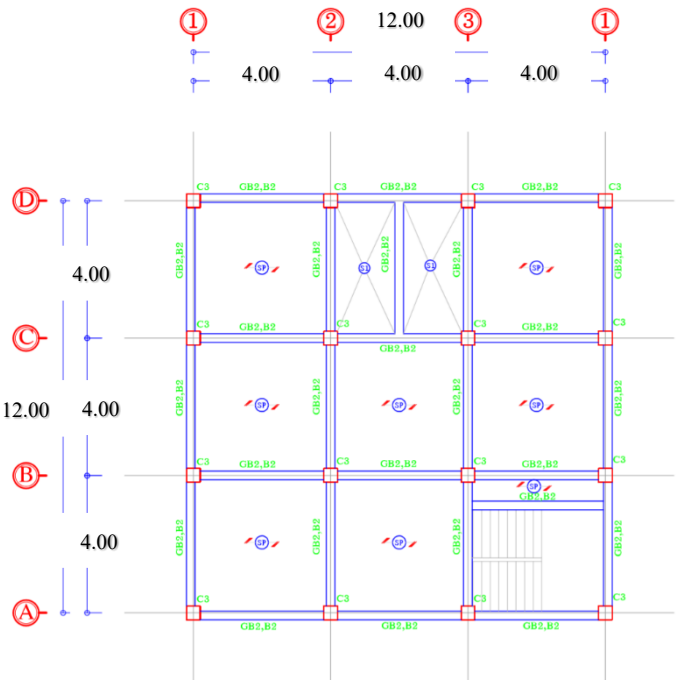


รูปที่ 3.32 ผังคานและพื้น ของ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น

SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร

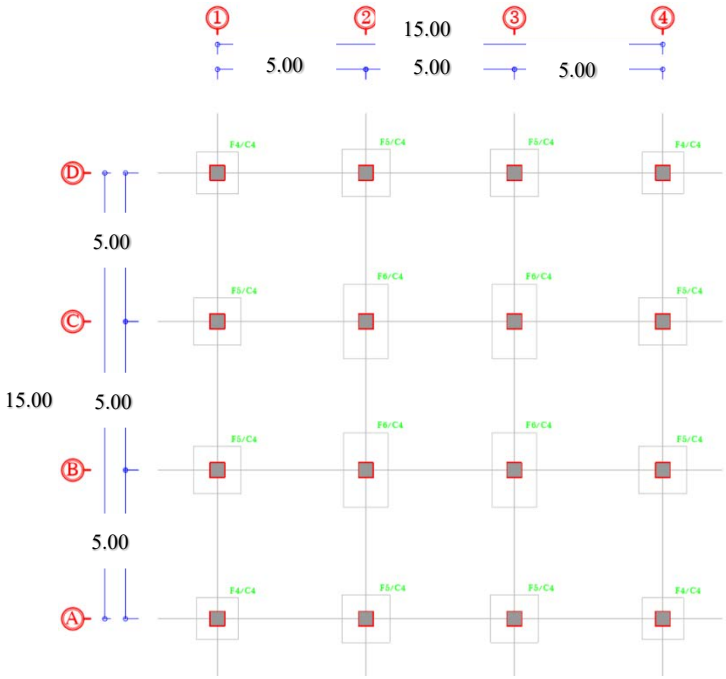


รูปที่ 3.33 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น

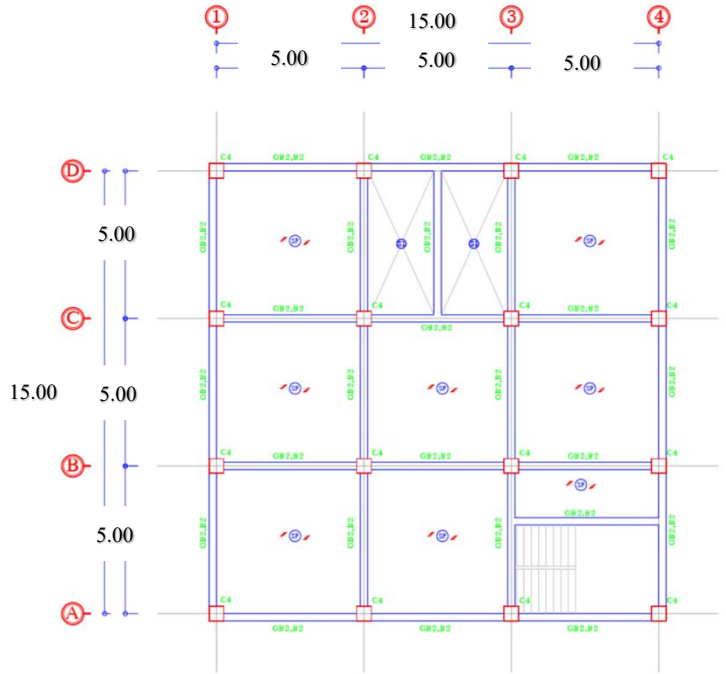


รูปที่ 3.34 ผังคานและพื้น ของ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น

SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร



รูปที่ 3.35 ผังฐานรากและเสา ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น



รูปที่ 3.36 ผังคานและพื้น ของ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น

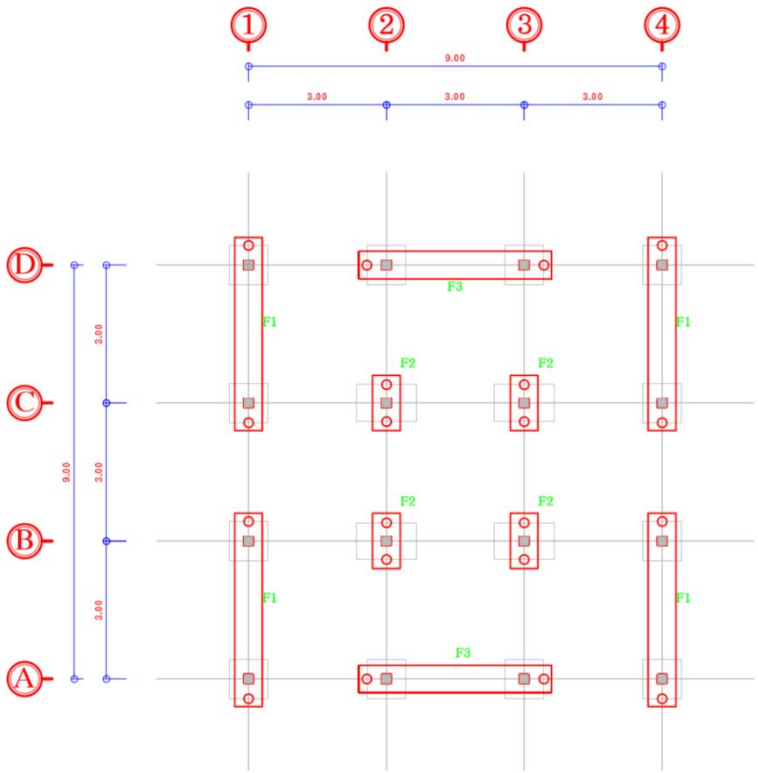
3.3.2 วิธีเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING)

หลังจากได้ข้อมูลการถ่ายน้ำหนักโครงสร้างมานั้น นำมาออกแบบ การเสริมเสาเข็ม การออกแบบฐานรากใหม่ การจัดวาง และวิธีการทำงาน เพื่อทำการยกปรับระดับ และแก้ไขการทรุดตัวไม่ให้เกิดขึ้นอีก ออกแบบวิธีการเสริมฐานรากด้วยวิธีคานหาม เพื่อไม่เป็นการเปลี่ยนพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคาน โดยใช้ เสาเข็ม สปันไมโครไพล์ ขนาด 0.20 เมตร สามารถรับน้ำหนักปลอดภัย 30 ตัน/ต้น

3.3.2.1 การวิเคราะห์ คำนวณ และออกแบบ การเสริมฐานรากใหม่

โดยก่อนเริ่มการแก้ไข มีการวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบ ฐานรากใหม่ (รายการคำนวณภาคผนวก ข.) ที่จะนำไปใช้งานรวมถึงเสาเข็มที่จะเสริม หลังจากได้คิดน้ำหนักอาคารลงที่ลงสู่ฐานรากแล้วนั้น ได้วิเคราะห์ออกกแบบฐานราก จำนวณเข็ม ของแบบจำลองโมเดล 9 ตัวอย่าง ดังนี้

SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

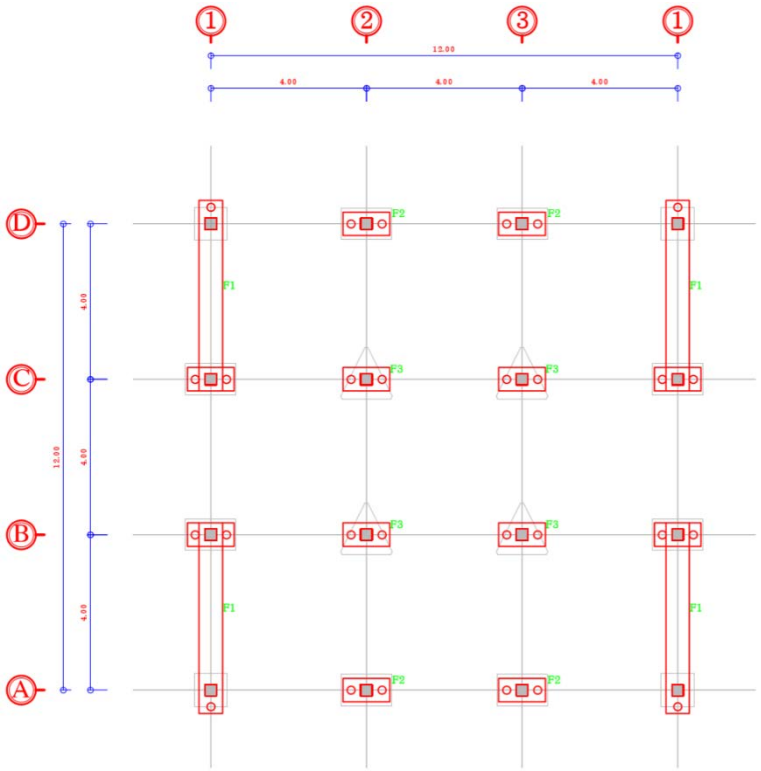


รูปที่ 3.37 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

ตารางที่ 3.4 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream	Cross Bream
F1	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
F2	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 250x125x29.6 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
F3	2 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 250x125x29.6 kg/m
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**				

SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร

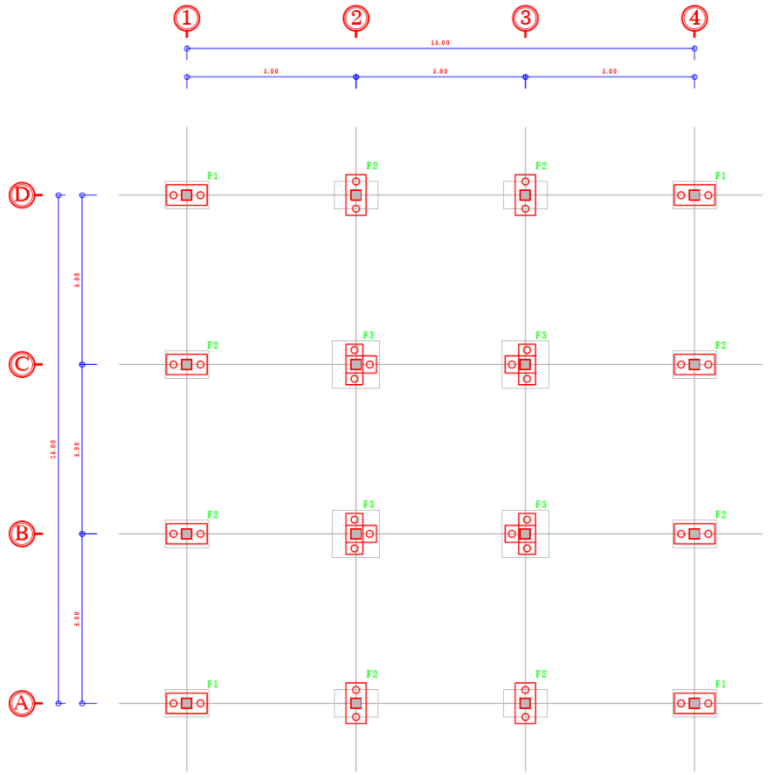


รูปที่ 3.38 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น

ตารางที่ 3.5 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรX4เมตร 3 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
			สั้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	
F2	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m		WF 200x100x21.3 kg/m
F3	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 350x175x49.6 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร

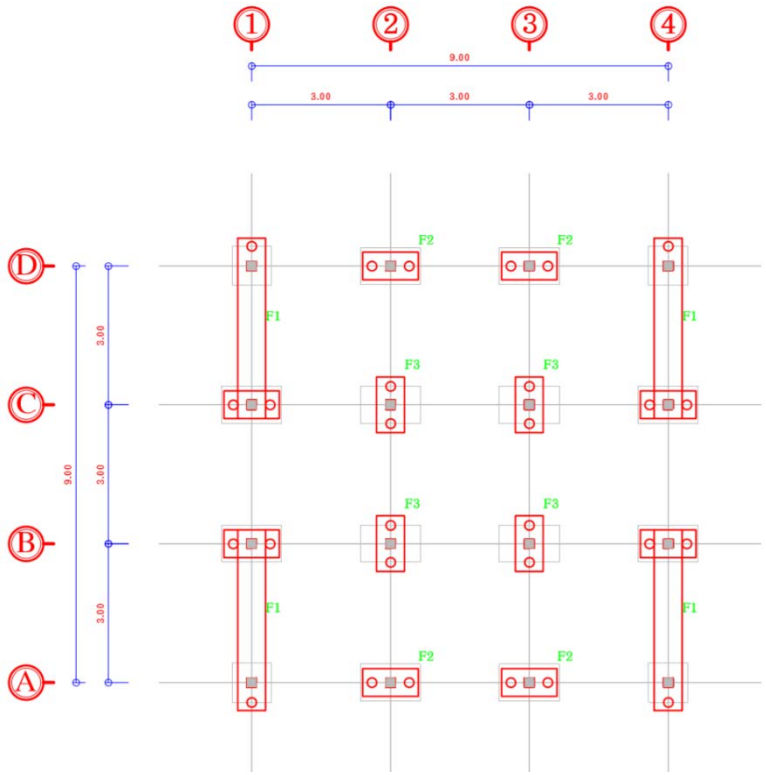


รูปที่ 3.39 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น

ตารางที่ 3.6 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 250x125x29.6 kg/m		WF 200x100x21.3 kg/m
F2	8 ฐาน	2 ต้น	2WF 350x175x49.6 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
F3	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 350x175x49.6 kg/m	WF 250x125x29.6 kg/m
			สั้น	2WF 350x175x49.6 kg/m	
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร

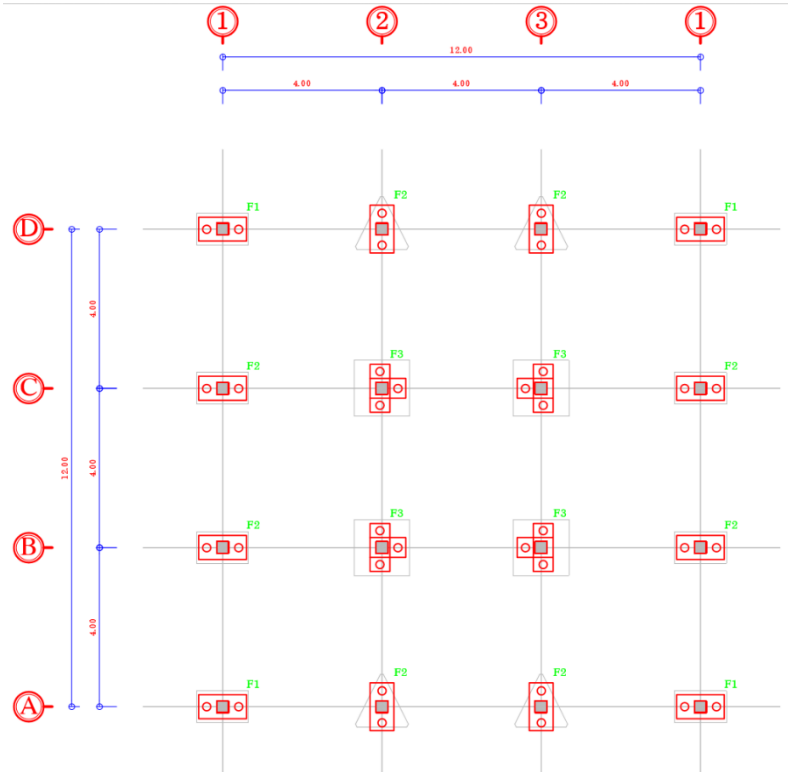


รูปที่ 3.40 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น

ตารางที่ 3.7 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
			สั้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	
F2	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m		WF 200x100x21.3 kg/m
F3	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร

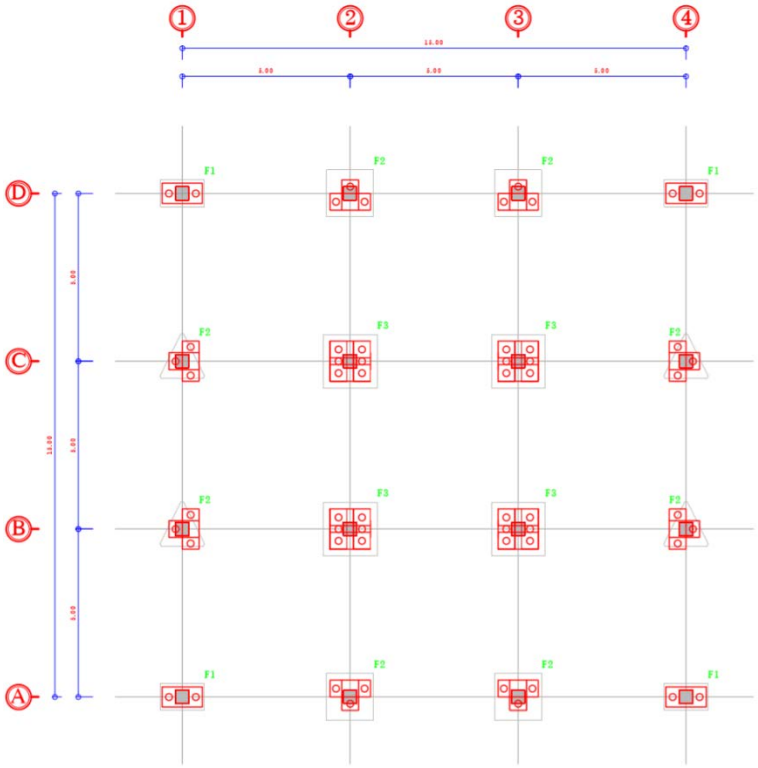


รูปที่ 3.41 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น

ตารางที่ 3.8 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 250x125x29.6 kg/m		WF 200x100x21.3 kg/m
F2	8 ฐาน	2 ต้น	2WF 350x175x49.6 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
F3	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 350x175x49.6 kg/m	WF 250x125x29.6 kg/m
			สั้น	2WF 350x175x49.6 kg/m	
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร

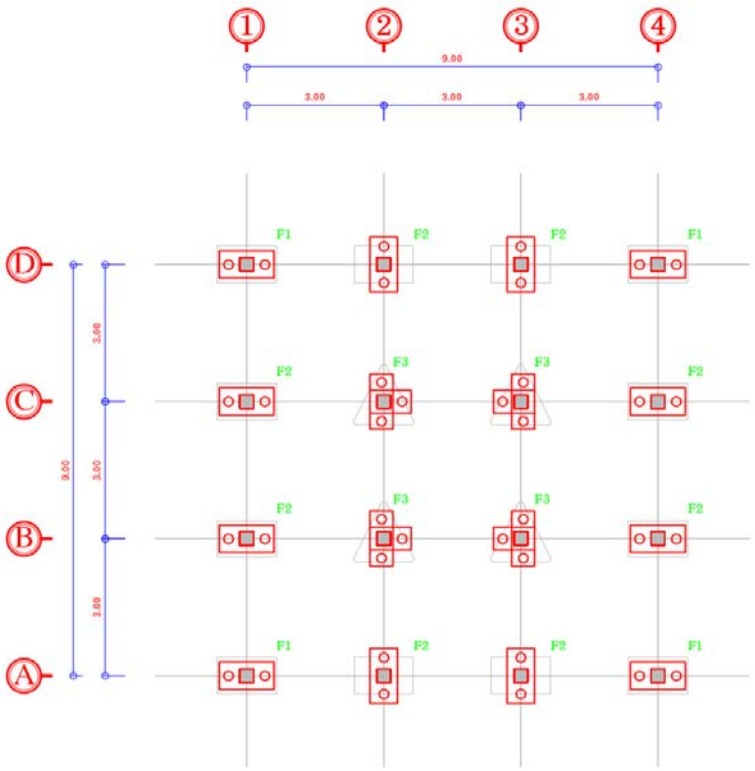


รูปที่ 3.42 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น

ตารางที่ 3.9 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 300x150x36.7 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
F2	8 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 350x175x49.6 kg/m	WF 250x125x29.6 kg/m
			สั้น	2WF 350x175x49.6 kg/m	
F3	4 ฐาน	6 ต้น	2WF 400x200x66.0 kg/m		2WF 250x125x29.6 kg/m
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร

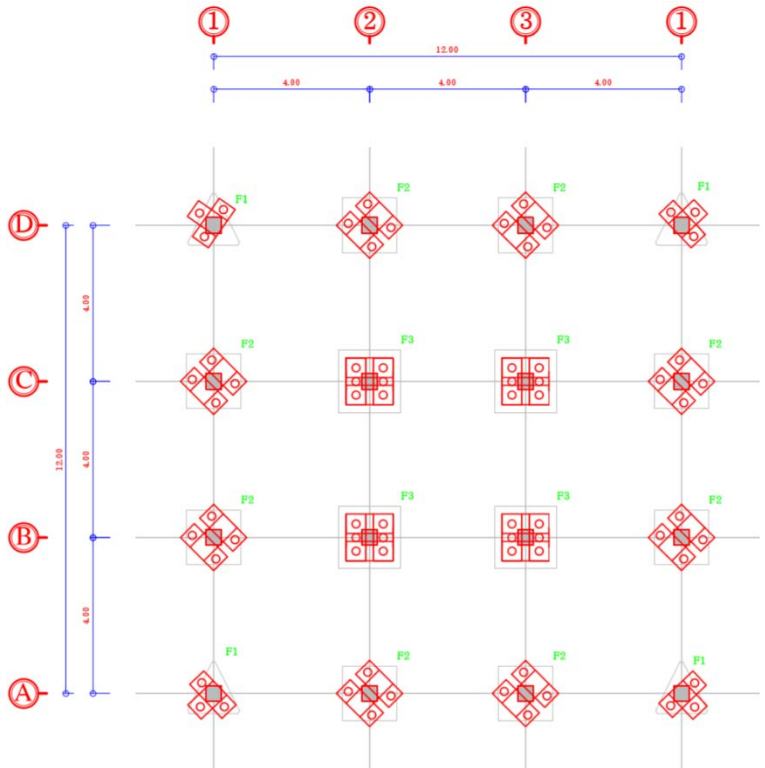


รูปที่ 3.43 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น

ตารางที่ 3.10 สรุปการออกแบบ SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	2 ต้น	2WF 250x125x29.6 kg/m		WF 200x100x21.3 kg/m
F2	8 ฐาน	2 ต้น	2WF 350x175x49.6 kg/m		WF 250x125x29.6 kg/m
F3	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
			สั้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร

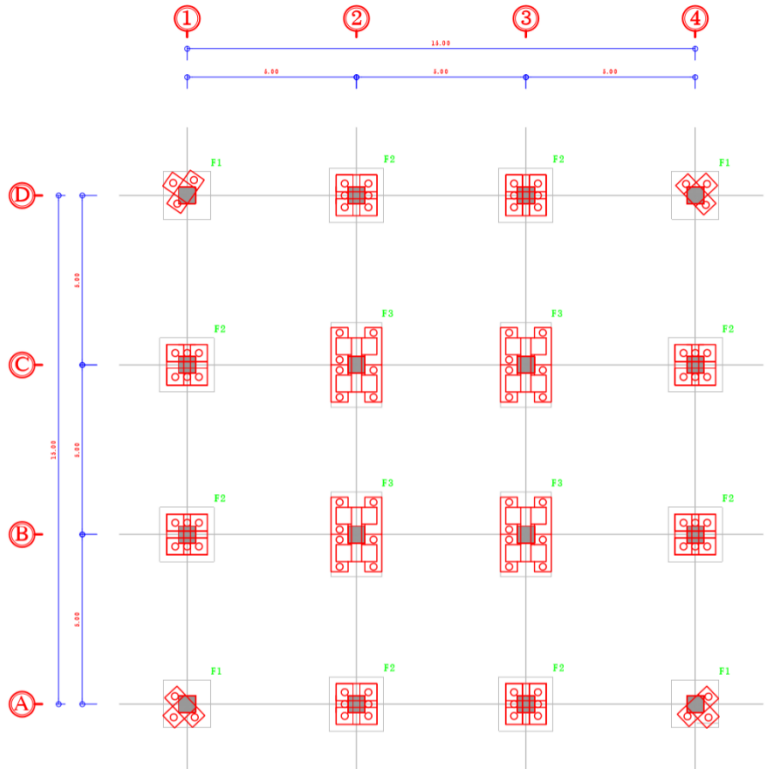


รูปที่ 3.44 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น

ตารางที่ 3.11 สรุปการออกแบบ SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 300x150x36.7 kg/m	WF 200x100x21.3 kg/m
			สั้น	2WF 300x150x36.7 kg/m	
F2	8 ฐาน	4 ต้น	2WF 400x200x66.0 kg/m		WF 400x200x66.0 kg/m
F3	4 ฐาน	6 ต้น	2WF 400x200x66.0 kg/m		WF 300x150x36.7 kg/m
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร



รูปที่ 3.45 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น

ตารางที่ 3.12 สรุปการออกแบบ SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น

ฐานราก	จำนวนฐาน	จำนวนเสาเข็มต่อฐาน	Main Bream		Cross Bream
F1	4 ฐาน	3 ต้น	ยาว	2WF 350x175x49.6 kg/m	WF 250x125x29.6kg/m
			สั้น	2WF 350x175x49.6 kg/m	
F2	8 ฐาน	6 ต้น	2WF 450x200x76.0 kg/m		WF 300x150x36.7 kg/m
F3	4 ฐาน	8 ต้น	บน	4WF 450x200x76.0 kg/m	WF 400x200x66.0 kg/m
			ล่าง	2WF 400x200x66.0 kg/m	
*** ใช้เสาเข็ม Spun Micro pile ขนาด 0.2 เมตร รับน้ำหนัก 30 ตัน/ต้น**					

3.4 การเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์งานวิจัย

หลังจากทำการ วิเคราะห์ ออกแบบแนวทางการแก้ไขนั้น โดยข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อประมาณราคาการซ่อมแซม แก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคาร ในแบบจำลองโมเดล ทั้ง 9 แบบ แบ่งได้ดังนี้

3.4.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ

โดยราคาที่นำมาใช้ในประมาณราคานั้น ใช้ราคากลางจาก “หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562”[7] เป็นการรวบรวม สืบค้นข้อมูลต่าง ๆ โดยอ้างอิงราคาค่าวัสดุจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ และข้อมูล วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างจากผู้ผลิตโดยตรง รวมถึงเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ค่าแรงงานจากบัญชีค่าแรงงาน/ค่าดำเนินการสำหรับถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ของกลุ่มพัฒนาราคากลาง สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง ค่าครุภัณฑ์จากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ สำนักงบประมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูล ที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ปรับปรุงซ่อมแซม ต่อเติม รื้อถอน อาคารเรียน อาคารประกอบ และสิ่งก่อสร้างอื่นในเบื้องต้น

ซึ่งจากการประมาณราคานั้น โดยใช้ราคากลางจาก “หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562”[7] จะนำราคามาใช้ประเมินและหลักการคิด ทั้ง 2 วิธี โดยมีเงื่อนไขดังนี้

3.4.1.1 วิธีรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่

- ราคาที่ใช้ในการประมาณการเป็นราคาที่ ไม่รวมค่าขนส่ง ไม่รวมค่าดำเนินการ ไม่รวมกำไร ไม่รวมภาษี คิดเฉพาะ ค่าวัสดุ และค่าแรง

- การออกแบบจำลองโมเดล ทั้ง 9 แบบ เพื่อใช้ในการประมาณราคานั้น ไม่รวมราคางาน ระบบไฟฟ้า และ ระบบสุขาภิบาล ภายในอาคาร

3.4.1.2 วิธีเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING)

- ราคาที่ใช้ในการประมาณการเป็นราคาที่ ไม่รวมค่าขนส่ง ไม่รวมค่าดำเนินการ ไม่รวมกำไร ไม่รวมภาษี คิดเฉพาะ ค่าวัสดุ และค่าแรง

- โดยจากการออกแบบคิดราคาในบางรายการ ไม่มีในหนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562 ประเมิณค่าใช้จ่ายโดยการประมาณการจากต้นทุนตามประสบการณ์จริง

3.4.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ

โดยแบ่งราคาออกเป็น 2 ส่วน

3.4.2.1 วิธีรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่

ราคาที่นำมาประเมิณในส่วนนี้นั้น ของหน่วยงานมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (องค์กรสาธารณประโยชน์) [8] ได้จัดทำราคาค่าก่อสร้างอาคารมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เป็นการดำริของ ดร.โสภณ พรโชคชัย ตั้งแต่สมัยที่เป็นกรรมการสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย โดยดำเนินการครั้งแรกในปี 2543 และ ดร.โสภณ ก็เป็นผู้รับผิดชอบงานนี้มาโดยตลอด แต่ในช่วงปี 2556 สมาคมฯ ไม่ได้จัดทำราคาค่าก่อสร้างเพิ่มเติม ดร.โสภณ จึงรับดำเนินการในนามของมูลนิธิฯ อย่างไรก็ตามในขณะนี้สมาคมฯ ได้กลับมาดำเนินการเพิ่มเติมอีก แต่คงมีการปรับปรุงราคาเป็นรายปี หรือเป็นรายสะดวก มูลนิธิฯ จึงยังดำเนินการต่อเนื่อง เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินค่าทรัพย์สิน และสำหรับประชาชน และนักลงทุนทั่วไปได้ใช้ต่อไป การดำเนินการของมูลนิธิฯ มูลนิธิฯได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลจากทางราชการและภาคสนามมาดำเนินการจัดทำราคาค่าก่อสร้าง

โดยราคาที่นำมาใช้ในการประเมิณราคาก่อสร้างอาคารใหม่
ตารางที่ 3.13 '

- ราคาต่อหน่วยของหน่วยงาน มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) ใช้ราคาอาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น และอาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น ในช่องราคา "ต่ำ" 10,600 บาท/ตร.ม. สำหรับอาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น และ 12,800 บาท/ตร.ม. สำหรับอาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น

การคำนวณราคาประเมิณราคาก่อสร้างอาคารใหม่นั้นได้มีการรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดโดยแบ่งเป็นส่วนดังนี้

- ราคามูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) แบ่งเป็นอัตราส่วนดังนี้ ค่าวัสดุ 60% ค่าแรง 20% กำไร ภาษีและค่าดำเนินการ 20%

ตารางที่ 3.13 ราคาประเมิณโดยมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562

ราคาที่ใช้ในปี 2562 ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างเดือน มีค.			อายุอาคาร (ปี)	ค่าเสื่อม /ปี	หมายเหตุ
ต่ำ	ปานกลาง	สูง			
10,600	13,200	15,200	50	2%	ข
12,800	17,300	21,000	50	2%	ข

3.4.2.2 วิธีเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING)

ราคาที่นำมาประเมินในการเสริมฐานรากใหม่นั้น เป็นราคาจากบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งที่ใช้ในการเสนอราคา ในการซ่อมแซมแก้ปัญหาการทรุดตัวของอาคารให้ลูกค้าโดยตรง โดยใช้หลักเกณฑ์ของบริษัทเอกชนทั้งหมด ซึ่งบริษัททำงานด้านซ่อมแซมแก้ไขอาคารทรุดตัว ระยะเวลา 20ปี จึงมีความชำนาญและเป็นที่ยอมรับ ซึ่งการแจงราคานั้นจะอยู่ในหัวข้อ 3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ถัดไป

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการ จำลองโมเดลอาคารตัวอย่างในการเปรียบเทียบทั้ง 9 แบบ จำลองปัญหาการทรุดตัวของอาคารตัวอย่าง กำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบและแบบรายละเอียด โดยมีวิธีการแก้ไข 2 วิธี คือ วิธีรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ และ วิธีเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING) โดย วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะทำโดยการ ถอดปริมาณวัสดุและนำราคาประมาณการที่ได้เลือกมาใช้ โดยแบ่งเป็น 2 การวิเคราะห์ ดังนี้

3.5.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ

3.5.1.1 งานรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่(หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562) [7] โดยจากการถอดแบบเป็นการประมาณราคาแค่งาน รื้อถอน โครงสร้าง และ สถาปัตย์ ไม่รวมงานระบบต่าง ๆ

ตารางที่ 3.14 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 3ชั้น

ราคาก่อสร้าง 3x3x3 3ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Price (Bath)
	งานรื้อถอน							105,157.00
	งานโครงสร้าง							572,707.84
	งานสถาปัตย์							1,014,362.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							1,692,227

ตารางที่ 3.15 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 3ชั้น

ราคาก่อสร้าง 4x4x3 3ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Price (Bath)
	งานรื้อถอน							163,930.00
	งานโครงสร้าง							890,095.50
	งานสถาปัตย์							1,391,759.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							2,445,784

ตารางที่ 3.16 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 3ชั้น

ราคาก่อสร้าง 5x5x3 3ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Price (Bath)
	งานรื้อถอน							224,113.00
	งานโครงสร้าง							1,283,327.94
	งานสถาปัตย์							1,820,150.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							3,327,591

ตารางที่ 3.17 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 5ชั้น

ราคาก่อสร้าง 3x3x3 5ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Price (Bath)
	งานรื้อถอน							174,433.00
	งานโครงสร้าง							898,713.97
	งานสถาปัตย์							1,692,495.20
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							2,765,642

ตารางที่ 3.18 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 5ชั้น

ราคาก่อสร้าง 4x4x3 5ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Per Unit (Bath)	Total (Bath)	Price (Bath)
	งานรื้อถอน							259,470.00
	งานโครงสร้าง							1,338,057.78
	งานสถาปัตย์							2,266,902.20
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							3,864,430

ตารางที่ 3.19 ราคาประเมินงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 5ชั้น

ราคาก่อสร้าง 5x5x3 5ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	Price
				(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)
	งานรื้อถอน							392,613.00
	งานโครงสร้าง							2,005,420.18
	งานสถาปัตย์							2,962,173.20
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							5,360,206

ตารางที่ 3.20 ราคาประเมินงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 3x3x3 8ชั้น

ราคาก่อสร้าง 3x3x3 8ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	Price
				(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)
	งานรื้อถอน							271,057.00
	งานโครงสร้าง							1,294,099.99
	งานสถาปัตย์							2,675,432.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							4,240,589

ตารางที่ 3.21 ราคาประเมินงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 4x4x3 8ชั้น

ราคาก่อสร้าง 4x4x3 8ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	Price
				(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)
	งานรื้อถอน							442,992.00
	งานโครงสร้าง							2,320,709.16
	งานสถาปัตย์							3,579,617.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							6,343,318

ตารางที่ 3.22 ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่ 5x5x3 8ชั้น

ราคาก่อสร้าง 5x5x3 8ชั้น (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562)								
Item	Description	Q'ty	Unit	Material Cost		Labour Cost		Total
				Per Unit	Total	Per Unit	Total	Price
				(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)	(Bath)
	งานรื้อถอน							629,865.00
	งานโครงสร้าง							3,312,837.77
	งานสถาปัตย์							4,675,208.00
	ราคารวม (ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมกำไร ไม่รวม Vat)							8,617,911

3.5.1.2 งานเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINNING) (หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562 [7] และราคาประมาณจากต้นทุนทำงานจริง)

ตารางที่ 3.23 สรุปราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่ จากราคากลางแต่ละตัวอย่าง

จำลองโมเดล	**ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่**
SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	639,718
SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	829,626
SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	888,896
SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	715,313
SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	864,855
SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	1,327,990
SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	875,468
SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	1,470,638
SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	1,955,120

ตารางที่ 3.24 สรุปราคาประเมิณจากราคากลาง

จำลองโมเดล	ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่	ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่
SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	1,692,227	639,718
SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	2,445,785	829,626
SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	3,327,591	888,896
SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	2,765,643	715,313
SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	3,864,430	864,855
SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	5,360,207	1,327,990
SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	4,240,588	875,468
SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	6,343,318	1,470,638
SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	8,617,910	1,955,120
*เป็นราคาประมาณจากราคากลาง หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562 และราคาประมาณจากต้นทุนทำงานจริง ซึ่งราคาอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้		

3.5.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ

3.5.2.1 งานรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ (มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562)[8] ราคาตาม ตารางที่ 3.13 ราคาประเมิณที่ใช้ในการประมาณการค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งการประเมิณคำนวณจาก สมการดังนี้

ราคาต่อตารางเมตร X พื้นที่ใช้สอย = ราคาก่อสร้าง (3.1)

ตารางที่ 3.25 สรุปราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารพักอาศัยมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) [8]

ลำดับ	จำลองโมเดล	พื้นที่ใช้สอย		ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารพักอาศัย
		พื้นที่	หน่วย	มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562)
				*เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินค่าทรัพย์สิน และสำหรับประชาชน และนักลงทุนทั่วไปได้ใช้ต่อไป
1.	SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	243	ตร.ม.	2,575,800
2.	SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	432	ตร.ม.	4,579,200
3.	SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	675	ตร.ม.	7,155,000
4.	SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	405	ตร.ม.	4,293,000
5.	SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	720	ตร.ม.	7,632,000
6.	SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	1,125	ตร.ม.	11,925,000
7.	SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	648	ตร.ม.	8,294,400
8.	SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	1,152	ตร.ม.	14,745,600
9.	SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	1,800	ตร.ม.	23,040,000
- ราคาต่อหน่วยของหน่วยงาน มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) ใช้ราคาอาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น และอาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น ในช่องราคา "ต่ำ" 10,600 บาท/ตร.ม. สำหรับอาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น และ 12,800 บาท/ตร.ม. สำหรับอาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น				
- ราคามูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) แบ่งเป็นอัตราส่วนดังนี้ ค่าวัสดุ 60% ค่าแรง 20% กำไร ภาษีและค่าดำเนินการ 20%				

3.5.2.2 งานเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING) (ราคาประเมิณจากบริษัทเอกชนชำนาญงานรับซ่อมแซมแก้ปัญหาอาคารทรุดตัวโดยวิธีเสริมฐานรากใหม่)

ตารางที่ 3.26 ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่ 3x3x3 3ชั้น เอกชน

จำลองโมเดล	ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่
SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	1,457,859
SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	1,901,751
SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	2,021,596
SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	1,647,489
SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	1,956,719
SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	3,072,692
SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	1,990,180
SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	3,340,566
SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	4,338,438

ตารางที่ 3.27 สรุปราคาโดยใช้ราคาต่อตารางเมตรในการเปรียบเทียบ

จำลองโมเดล	ราคาประเมิณงานรื้อทิ้งและสร้างใหม่	ราคาประเมิณงานเสริมฐานรากใหม่
SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น	2,575,800	1,457,859
SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น	4,579,200	1,901,751
SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น	7,155,000	2,021,596
SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น	4,293,000	1,647,489
SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น	7,632,000	1,956,719
SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น	11,925,000	3,072,692
SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น	8,294,400	1,990,180
SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น	14,745,600	3,340,566
SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น	23,040,000	4,338,438
*งานรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ (มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562) *งานเสริมฐานรากใหม่ (UNDERPINDING) (ราคาประเมิณจากบริษัทเอกชนชำนาญงานรับซ่อมแซมแก้ปัญหาอาคารทรุดตัวโดยวิธีเสริมฐานรากใหม่)		

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค โดยเป็นการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายรื้อทิ้งสร้างใหม่กับค่าใช้จ่ายซ่อมแซมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) โดยได้จำลองแบบตัวอย่างและประมาณราคาจากแบบจำลองนั้น โดยสร้างแบบจำลองจำนวน 9 ตัวอย่าง นำตัวอย่างได้จำลองโมเดล มาวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบ และคำนวณปริมาณงาน เพื่อใช้ในการประมาณราคา โดยการประมาณราคา จำแนกได้ 2 วิธี

1.ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ โดยใช้เอกสารจาก “หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562”[7]

อ้างอิงราคาดังนี้

- ค่าวัสดุจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์
- ข้อมูล วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างจากผู้ผลิตโดยตรง รวมถึงเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- ค่าแรงงานจากบัญชีค่าแรงงาน/ค่าดำเนินการสำหรับถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ของกลุ่มพัฒนาราคากลาง สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง
- ค่าครุภัณฑ์จากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ สำนักงบประมาณ

เพื่อให้ได้ข้อมูล ที่มีความถูกต้องมากที่สุด

2.ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก

- มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) ใช้ในการประมาณราคารื้อทิ้งสร้างใหม่[8]

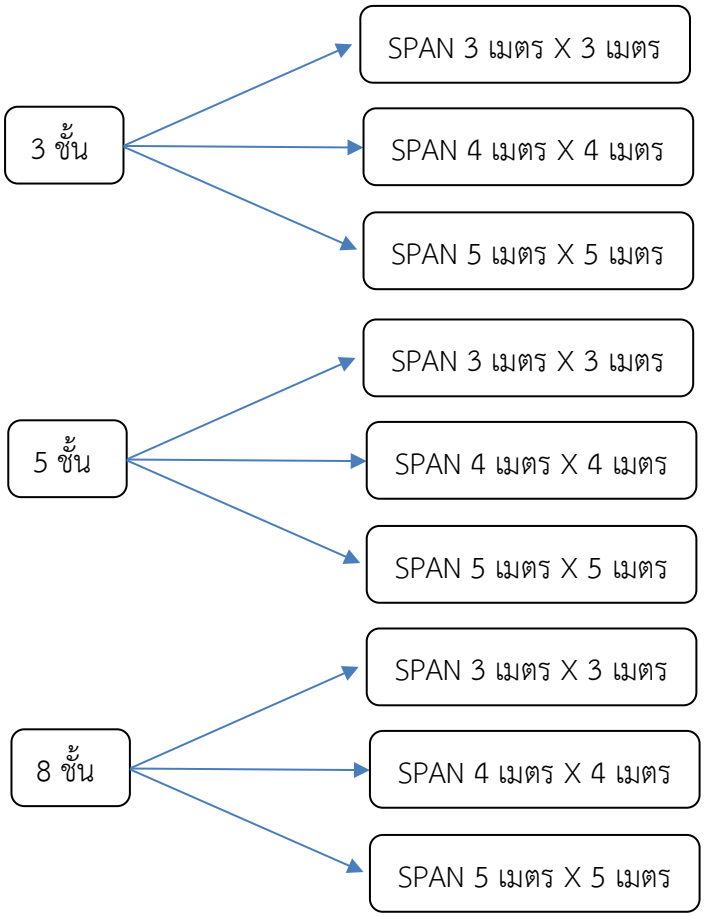
- ราคาจากบริษัทเอกชน ทำงานด้านเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) โดยตรง ใช้ในการประมาณราคา เสริมฐานรากใหม่

จากการวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบ และเปรียบเทียบจากข้อมูลที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านราคาในการแก้ปัญหาการทรุดตัวของอาคาร

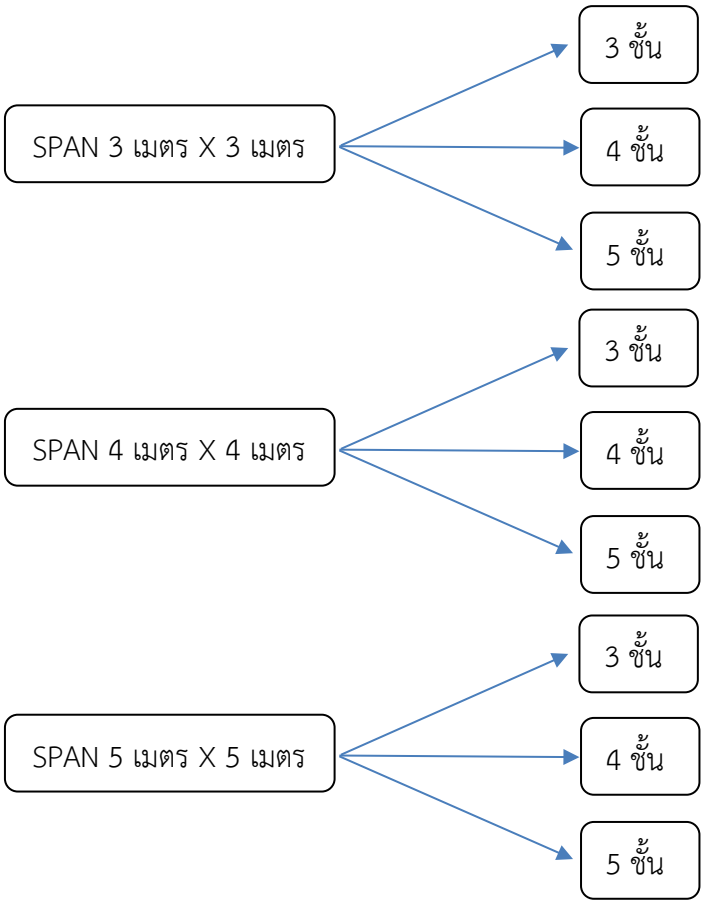
จากข้อมูลใน บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย นั้น ได้จำแนกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคาร ได้ 2 วิธี คือ 1.รื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ 2.เสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) นำทั้ง 2 วิธี ทำการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคา ซึ่งแยกเงื่อนไขในการวิเคราะห์อีก 2 ส่วน คือ 1.ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ 2.ประมาณราคาโดยใช้ราคาต่อตารางเมตรในการเปรียบเทียบ โดยกำหนดความสัมพันธ์ในการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาเพื่อหาแนวโน้มของราคา ให้ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจ ดังนี้

1. วิเคราะห์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN



รูปที่ 4.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคา

2. วิเคราะห์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น



รูปที่ 4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้นเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคา

3. วิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย

3.1 SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 243 ตารางเมตร

3.2 SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร

3.3 SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร

3.4 SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร

3.5 SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร

3.6 SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร

3.7 SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร

3.8 SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร

3.9 SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร

4.1.1 ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ ถอดแบบใน บทที่ 3 ได้ผลสรุปราคา เพื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่า โดยตรวจสอบว่า การแก้ปัญหาโดยวิธี เสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคากลาง

ลำดับ	ตัวอย่าง โมเดลอาคารพักอาศัย	พื้นที่ใช้สอย		ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารพักอาศัย	ค่าใช้จ่ายการเสริมฐานรากพร้อมยกปรับระดับ	เปรียบเทียบ % ค่าใช้จ่ายการเสริมฐานราก/ค่าเฉลี่ยราคาประเมินค่าก่อสร้าง
		พื้นที่	หน่วย	หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562 *ใช้เป็นคู่มือสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ปรับปรุง ซ่อมแซม ต่อเติม รื้อถอน อาคารเรียน อาคารประกอบ และสิ่งก่อสร้างอื่นในเบื้องต้นเท่านั้น ไม่สามารถนำไปอ้างอิง เมื่อเกิดความขัดแย้งในสัญญาหรือแบบรูปรายการไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น	หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงาน สำหรับปีงบประมาณ 2562 และ บางรายการเป็นราคาประมาณจากค่าใช้จ่ายจริง	
1.	อาคาร SPAN 3X3 m. 3 ชั้น	243	ตร.ม.	1,698,279	624,718	37%
2.	อาคาร SPAN 4X4 m. 3 ชั้น	432	ตร.ม.	2,456,761	817,626	33%
3.	อาคาร SPAN 5X5 m. 3 ชั้น	675	ตร.ม.	3,342,947	882,895	26%
4.	อาคาร SPAN 3X3 m. 5 ชั้น	405	ตร.ม.	2,778,859	703,312	25%
5.	อาคาร SPAN 4X4 m. 5 ชั้น	720	ตร.ม.	3,886,567	858,854	22%
6.	อาคาร SPAN 5X5 m. 5 ชั้น	1,125	ตร.ม.	5,383,923	1,321,990	25%
7.	อาคาร SPAN 3X3 m. 8 ชั้น	648	ตร.ม.	4,267,258	869,467	20%
8.	อาคาร SPAN 4X4 m. 8 ชั้น	1,152	ตร.ม.	6,379,798	1,464,638	23%
9.	อาคาร SPAN 5X5 m. 8 ชั้น	1,800	ตร.ม.	8,642,113	1,949,120	23%

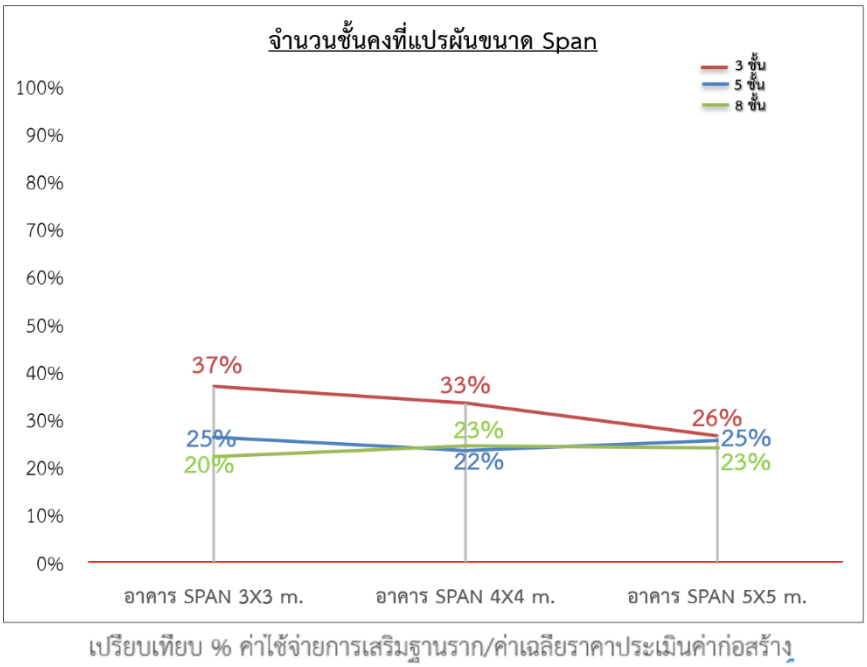
- เป็นการรวบรวม สืบค้นข้อมูลต่างๆ โดยอ้างอิงราคาค่าวัสดุจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ และข้อมูล วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างจากผู้ผลิตโดยตรง รวมถึงเว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ค่าแรงงานจากบัญชีค่าแรงงาน/ค่าดำเนินการ สำหรับถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ของกลุ่มพัฒนาราคากลาง สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง ค่าครุภัณฑ์จากบัญชีราคามาตรฐานครุภัณฑ์ สำนักงบประมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด

- ราคาที่ใช้ในการประมาณการเป็นราคาที่ ไม่รวมขนส่ง ไม่รวมค่าดำเนินการ ไม่รวมกำไร ไม่รวมภาษี

- ในการก่อสร้าง ไม่รวมราคางาน ระบบไฟฟ้า และ ระบบสุขาภิบาล

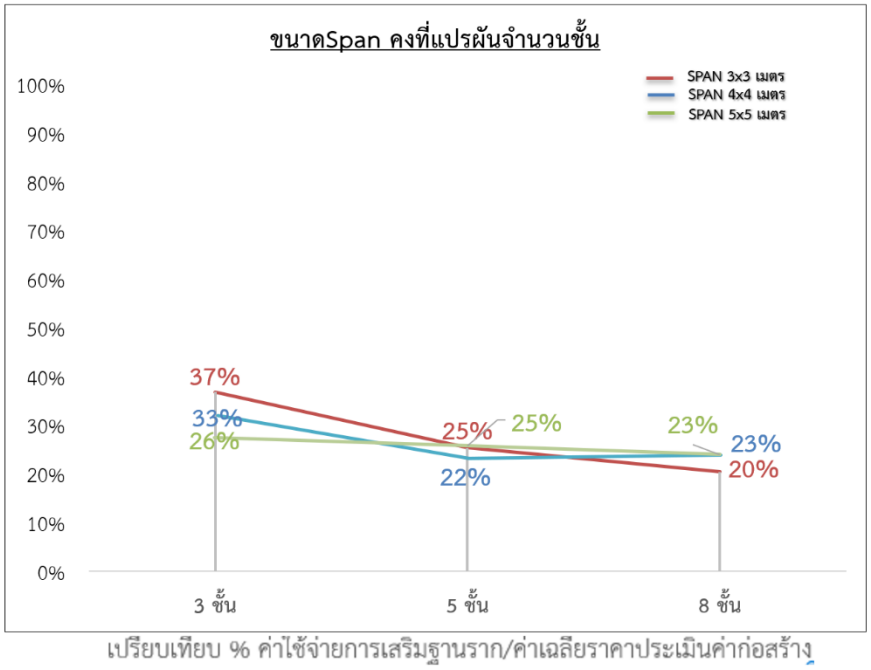
จากตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคากลางแสดงในรูปกราฟเส้น โดยแบ่งตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนี้

วิเคราะห์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN



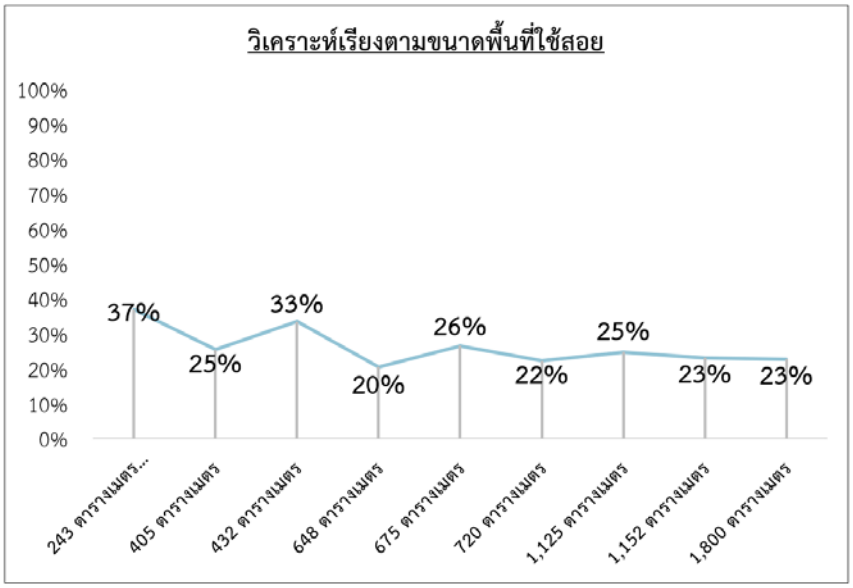
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์จำนวนชั้นคงที่แปรผันขนาด Span

วิเคราะห์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ Span คงที่แปรจำนวนชั้น

วิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย



รูปที่ 4.5 กราฟวิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย

4.1.2 ประมาณราคาโดยใช้ราคาต่อตารางเมตรในการเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ ถอดแบบใน บทที่ 3 ได้ผลสรุปราคา เพื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่า โดยตรวจสอบว่า การแก้ปัญหาโดยวิธี เสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคาเอกชน

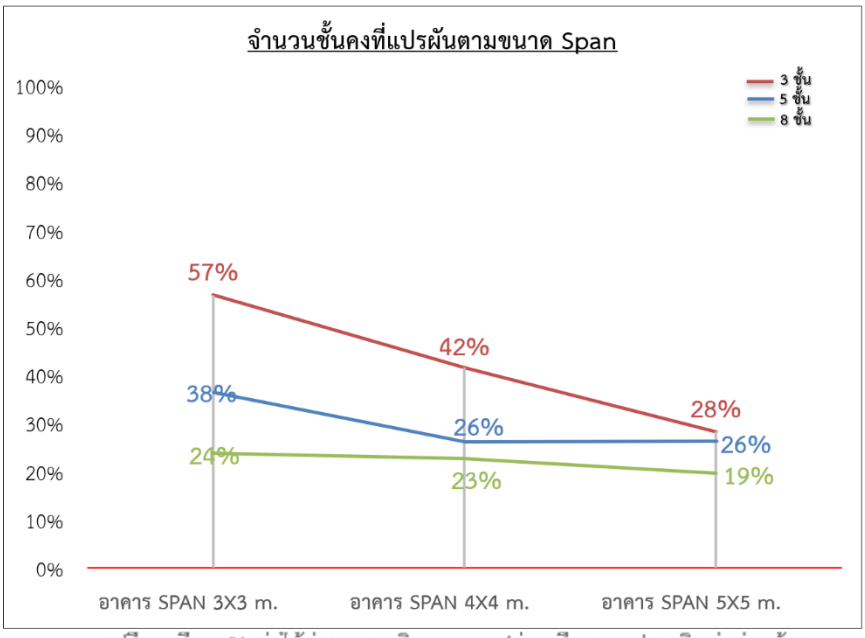
ลำดับ	ตัวอย่าง โมเดลอาคารพักอาศัย	พื้นที่ใช้สอย		ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารพักอาศัย	ค่าใช้จ่ายการเสริมฐานรากพร้อมยกปรับระดับ(บริษัทเอกชน)	เปรียบเทียบ % ค่าใช้จ่ายการเสริมฐานราก/ค่าเฉลี่ยราคาประเมินค่าก่อสร้าง
		พื้นที่	หน่วย	มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) *เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินค่าทรัพย์สิน และสำหรับประชาชน และนักลงทุนทั่วไปได้ใช้ต่อไป		
1.	อาคาร SPAN 3X3 m. 3 ชั้น	243	ตร.ม.	2,575,800	1,457,859	57%
2.	อาคาร SPAN 4X4 m. 3 ชั้น	432	ตร.ม.	4,579,200	1,901,751	42%
3.	อาคาร SPAN 5X5 m. 3 ชั้น	675	ตร.ม.	7,155,000	2,021,596	28%
4.	อาคาร SPAN 3X3 m. 5 ชั้น	405	ตร.ม.	4,293,000	1,647,489	38%
5.	อาคาร SPAN 4X4 m. 5 ชั้น	720	ตร.ม.	7,632,000	1,956,719	26%
6.	อาคาร SPAN 5X5 m. 5 ชั้น	1,125	ตร.ม.	11,925,000	3,072,692	26%
7.	อาคาร SPAN 3X3 m. 8 ชั้น	648	ตร.ม.	8,294,400	1,990,180	24%
8.	อาคาร SPAN 4X4 m. 8 ชั้น	1,152	ตร.ม.	14,745,600	3,340,566	23%
9.	อาคาร SPAN 5X5 m. 8 ชั้น	1,800	ตร.ม.	23,040,000	4,338,438	19%

- ราคาต่อหน่วยของหน่วยงาน มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) ใช้ราคาอาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น และอาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น ในช่องราคา "ต่ำ"

- ราคามูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ปี2562) แบ่งเป็นอัตราส่วนดังนี้ ค่าวัสดุ 60% ค่าแรง 20% กำไร ภาษีและค่าดำเนินการ 20%

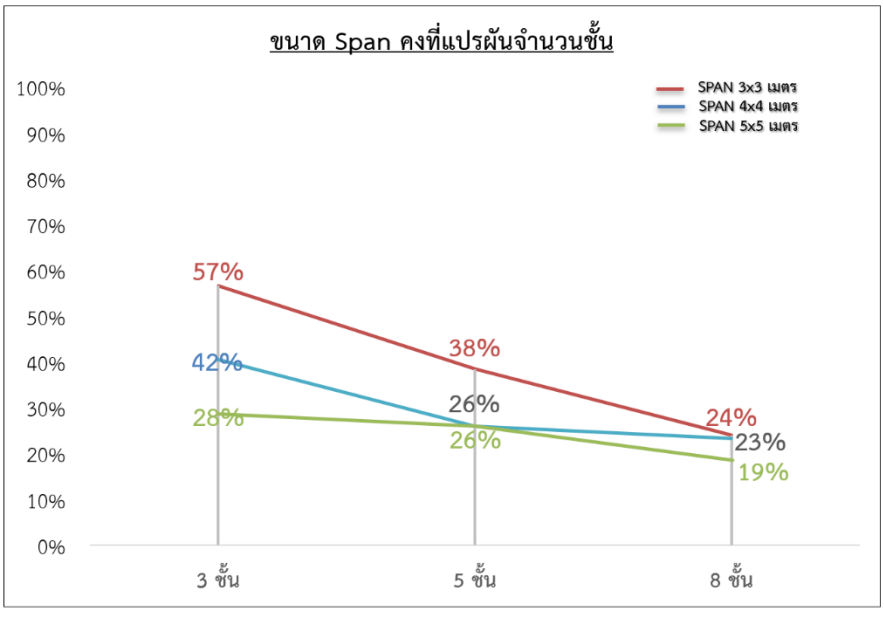
จากตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบราคาเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีค่าใช้จ่ายเป็นกี่เปอร์เซ็นของการรื้อทิ้งสร้างใหม่ โดยใช้ราคาเอกชนแสดงในรูปกราฟเส้น โดยแบ่งตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนี้

วิเคราะห์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN



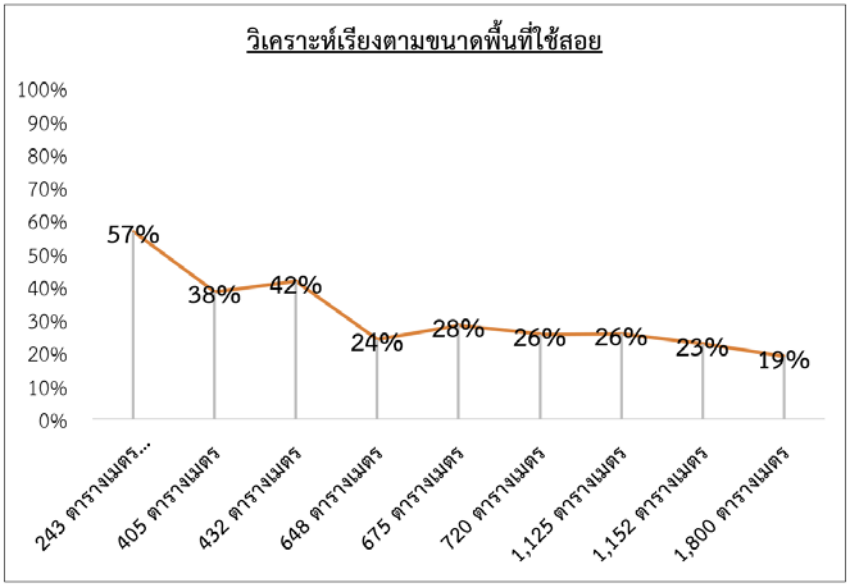
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์จำนวนชั้นคงที่แปรผันขนาด Span

วิเคราะห์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ Span คงที่แปรจำนวนชั้น

วิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย



รูปที่ 4.8 กราฟวิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค ใช้แนวทางแก้ไข 2 วิธี คือ

1.การรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่

2.การเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING)

ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารได้ ทางผู้ค้นคว้าได้จำลองโมเดลของอาคาร ทั้งหมด 9 แบบ ที่มีขนาด และ จำนวนชั้น ที่ต่างกัน เพื่อให้กลุ่มแบบจำลองโมเดลตัวอย่างที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคา มีความหลากหลายในการเปรียบเทียบ โดยได้การประมาณราคาเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

1.ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ

2.ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ

ในการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาได้กำหนดความสัมพันธ์ในการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาเพื่อหาแนวโน้มของราคา ให้ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจ

1.วิเคราะห์ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN

2.วิเคราะห์พื้นที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น

3.วิเคราะห์เรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย

หลังจากกำหนดแนวทางและข้อมูลการวิเคราะห์นั้น ทำการเปรียบเทียบราคาระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) ต่อ การรื้อทิ้งก่อสร้างใหม่ วาเป็นกี่เปอร์เซ็น จากการข้อมูลโดยการหาความสัมพันธ์ด้วยกราฟ พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม 1.ประมาณราคาโดยใช้ราคากลางในการเปรียบเทียบ และ 2.ประมาณราคาโดยใช้ราคาเอกชนในการเปรียบเทียบ โดยหลังจากการวิเคราะห์พบว่ากราฟมีแนวโน้มที่คล้ายกันคือ ดังนี้

5.1.1 ในกรณีที่ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN

จากรูป 4.3 และ 4.6 พบว่า ไม่ว่าจำนวน 3 ชั้น 5 ชั้น และ 8 ชั้น ยิ่งขนาด SPAN เพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ นั้นจะยิ่งลดลง เนื่องจากยิ่งขนาด SPAN ที่เพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายในการรื้อทิ้งสร้างใหม่ จะเพิ่มขึ้นมากกว่า ค่าใช้จ่าในการเสริมฐานรากใหม่มาก จึงเป็นผลให้ SPAN ที่เพิ่มขึ้นทำให้ อัตราส่วนระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ลดลง การเสริมฐานรากใหม่ จึงมีความคุ้มค่ามากกว่าการรื้อทิ้งสร้างใหม่

ในทางกลับกัน ถ้าขนาด SPAN น้อยลง ก็จะทำให้ การเสริมฐานราก มีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับการรื้อทิ้งสร้างใหม่ได้เหมือกัน ซึ่งในกรณียกตัวอย่าง ส่วนต่อเติม เช่น ครัว ระเบียง โรงจอดรถ เป็นต้น ที่มีขนาดพื้นที่ไม่มาก การรื้อทิ้งสร้างใหม่อาจต่อโจทย์และมีความคุ้มค่ามากกว่า

5.1.2 ในกรณีที่ SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น

จากรูป 4.4 และ 4.7 พบว่าไม่ว่าขนาด SPAN 3X3m. 4X4m. 5X5m. ยิ่งจำนวนชั้นเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ นั้นจะยิ่งลดลง เนื่องจากยิ่งชั้นที่เพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายในการรื้อทิ้งสร้างใหม่ จะเพิ่มขึ้น (1ชั้น ค่าใช้จ่าย 1 เท่า 2ชั้น ค่าใช้จ่ายเพิ่มอีกเกือบ 1 เท่าตัว) มากกว่า ค่าใช้จ่ายในการเสริมฐานรากใหม่มาก จึงเป็นผลให้ จำนวนชั้น ที่เพิ่มขึ้นทำให้ อัตราส่วนระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ลดลง การเสริมฐานรากใหม่จึงมีความคุ้มค่ามากกว่าการรื้อทิ้งสร้างใหม่ เช่นเดียวกับ กรณี 5.1

ในทางกลับกัน ถ้าจำนวนชั้นที่ น้อยลง ก็จะทำให้ การเสริมฐานราก มีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับการรื้อทิ้งสร้างใหม่ได้เหมือกัน ซึ่งในกรณียกตัวอย่าง บ้านชั้นเดียว ที่มีพื้นที่ไม่มาก หรือส่วนต่อเติมที่ไม่จำนวนชั้นน้อย เป็นต้น การรื้อทิ้งสร้างใหม่ อาจต่อโจทย์และมีความคุ้มค่ามากกว่า

5.1.3 ในกรณีเรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย

จากกรณี 5.1.1 และ 5.1.2 มีความสอดคล้องที่แน่ชัด เมื่อพิจารณา กรณีโดยเรียงตามขนาดพื้นที่ใช้สอย รูป 4.5 และ รูป 4.8 สรุปได้ว่า เมื่อขนาดอาคารที่มากขึ้น เป็นผลให้พื้นที่ใช้สอยที่เพิ่ม จากรูปที่ระบุนั้น พบว่า ยิ่งพื้นที่ใช้สอยมากเท่าไหร่ อัตราส่วนระหว่าง การเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ นั้นจะยิ่งลดลง ซึ่งสอดคล้องทั้ง กรณี 5.1.1 และ 5.1.2 เนื่องจากทั้งสองกรณี ชั้นคงที่ แปรผัน ตามขนาด SPAN , SPAN คงที่ แปรผัน ตามจำนวนชั้น ทำให้พื้นที่ใช้สอยมากขึ้นตามทั้งหมด จึงสามารถสรุปได้ว่า ยิ่งพื้นที่ใช้สอยมากเท่าไหร่ อัตราส่วนระหว่างการเสริมฐานรากใหม่ต่อการรื้อทิ้งสร้างใหม่ นั้นจะยิ่งลดลง

ในทางกลับกัน ยิ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคารน้อย ก็ส่งผลให้การเสริมฐานรากมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับการรื้อทิ้งสร้างใหม่ได้เหมือกัน การรื้อทิ้งสร้างใหม่ อาจต่อโจทย์และมีความคุ้มค่ามากกว่า

ทั้งนี้จากการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ พบว่า ยิ่งขนาดอาคารที่เกิดปัญหาการทรุดตัว มีพื้นที่ใช้สอยมาก หรือขนาดที่ใหญ่ ไม่ว่า ขนาด SPAN หรือ จำนวนชั้น ที่มากขึ้นนั้น การเสริมฐานรากใหม่มีความคุ้มค่ามากกว่า การรื้อทิ้งสร้างใหม่ เนื่องจากการสร้างอาคารที่มีขนาดใหญ่หรือจำนวนชั้นที่มาก ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างก็จะสูงขึ้นตาม ซึ่งต่างจากการเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) ปัจจัยหลักที่ทำให้ราคาในการ เสริมฐานรากใหม่เพิ่มขึ้น นั้น หลักคือ จำนวนเสาเข็มที่เราไปเสริมใหม่ เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ราคาสูงขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายเป็นอัตราส่วนที่น้อยกว่าการรื้อทิ้งสร้างใหม่

ในทางกลับกัน พื้นที่ใช้สอยที่น้อย การรื้อทิ้งสร้างใหม่ อาจตอบโจทย์ผู้บริโภคมากกว่าได้อาคารที่ใหม่ ทั้งตัวอาคาร และรูปทรงตามความต้องการ เนื่องจาก อาคารที่พื้นที่ใช้สอยน้อยนั้น ค่าใช้จ่ายในการรื้อทิ้งสร้างใหม่ ไม่สูงมาก แต่ในทางกลับกัน การเสริมฐานรากใหม่ จำนวนเสาเข็มที่ใช้เสริม ต้องเสริม 2 ต้น เพื่อทำให้พฤติกรรมการรับน้ำหนักของอาคาร ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งการรื้อทิ้งสร้างใหม่สามารถทำการ ตอกเข็มใหม่เพียงต้นเดียวก็ได้ เนื่องจาก พื้นที่ใช้สอยที่น้อยทำให้ น้ำหนักที่

ลงสู่ฐานน้อยตาม ซึ่งเสาเข็ม 1 ต้นก็เพียงพอ การเสริมเสาเข็ม ด้วยวิธีเสริมฐานรากนั้น จึงเป็นผลให้ค่าใช้จ่าสูงขึ้นตาม

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากผลการศึกษาการเปรียบเทียบปัจจัยด้านราคาสำหรับการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของอาคารที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวด้วย วิธีการเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) นั้น มีความคุ้มค่ากว่าการ รื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ ถึงแม้ในบางกรณีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกันแต่สามารถนำส่วนต่าง เป็นค่าใช้จ่ายในการตกแต่งหรือปรับปรุงอาคารได้ และผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจได้ ดังนี้

5.2.1 ถ้าผู้บริโภคต้องการเปลี่ยนรูปแบบลักษณะของอาคารให้ต่างจากเดิม การรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ โดยการตอกเข็มถึงชั้นดินที่เหมาะสมและมีคุณภาพ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับผู้บริโภคกว่า วิธีการเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING)

5.2.2 ระยะเวลาการทำงาน การเสริมฐานรากใหม่(UNDERPINNING) มีระยะเวลาการทำงานที่สั้นกว่า การรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ประมาณ 3-4 เท่า และตลอดการทำงานผู้บริโภคสามารถใช้อาคารที่มีปัญหาการทรุดตัวได้ โดยไม่รู้ถึงการทำงานนอกจากเวลาการปรับระดับ ซึ่งต่างจากการรื้อทิ้งก่อสร้างใหม่ ต้องมีค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการหาที่อยู่ชั่วคราว

5.2.3 การเสียพื้นที่ใช้สอยของอาคาร เนื่องจากการรื้อทิ้งและก่อสร้างใหม่ต้องมีการขอแบบในการก่อสร้างทำให้ต้องอยู่ในระเบียบของและข้อกำหนดกฎหมายควบคุมการก่อสร้าง ทำให้ต้องมีการล่นระยะพื้นที่ ซึ่งต่างจากการเสริมฐานราก(UNDERPINNING) เป็นการขออนุญาติซ่อมแซมอาคารถือว่าไม่เป็นการก่อสร้างใหม่ทำให้อาคารมีขนาดและพื้นที่ใช้สอยที่เท่าเดิม

บรรณานุกรม

[1] โดย คุณธเนศ วีระศิริ บริษัท ฟีเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด

[2] Design Something 5 รอยร้าวอันตราย

[3] เศรษฐพงศ์ ศรีวิริยานนท์1 ธงชัย โพธิ์ทอง2 และ ธีระ ลาภิศชยางกูล3* การตรวจสอบการทรุดตัวของอาคารด้วยกล้องระดับ วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 41 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2561

[4] Likhitripaiboon, N., Kenchaiwong, D., Thongmai, C. and Phetphrom, A., 2002, Settlement of Building by Level, King Mongkut's University of TechnologyThonburi [Online], Available : https : //opac.lib. kmutt.ac.th/vufind/Record/1127991[23 August 2017]. (In Thai)

[5] The Project Surveys of Ground Subsidence for the Year 2007, Geodesy and Geophysics Division,Royal Thai Armed Forces Headquarters [Online], Available : http : //library.dmr.go.th/Document/DMR_ Technical_Reports/2550/17004.pdf [23 August 2017]. (In Thai)

[6] ขั้นตอนการเสริมฐานรากบริษัท สยามเอ็นจิเนีย ฟอรั่ม จำกัด

[7] หนังสือบัญชีราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานสำหรับปีงบประมาณ 2562

[8] ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2562 “มูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย”

ภาคผนวก ก.

รายการคำนวณ ฐานราก เสา คาน

F1 = 1PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 28 T

F2 = 2PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 54 T

F3 = 3PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 81 T

F3 = 3PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 81 T (ต่อ)

F4 = 4PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 109 T

F4 = 4PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 109 T (ต่อ)

F5 = 5PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 136 T

F5 = 5PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 136 T (ต่อ)

F6 = 8PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 218 T

F6 = 8PILE ใช้รับน้ำหนักลงฐานรากไม่เกิน 218 T (ต่อ)

B1 ขนาด กว้าง 0.2 เมตร สูง 0.4 เมตร

B2 ขนาด กว้าง 0.25 เมตร สูง 0.50 เมตร

วิเคราะห์กำลังดานหน้าตัดสี่เหลี่ยมโดยวิธีกำลังตามมาตรฐาน วสท.(2538)

B2

1) คุณสมบัติของวัสดุ

กำลังครากเหล็กเสริมหลัก, fy	=	4000	กก./ตร.ซม.	
กำลังครากเหล็กปลอก, fys		2400	กก./ตร.ซม.	
กำลังที่กำหนดของคอนกรีต, f'c	=	240	กก./ตร.ซม.	
ขนาดเหล็กปลอก,ds	=	9	มม.	
ระยะเหล็กปลอก,s	=	15	ซม.	
จำนวนปลอก,n	=	1	ปลอก	
Steel young modulus, Es	=	2.0E+06	กก./ตร.ซม.	
ultimate concree strain,eu	=	3.0E-03		
yield strain of steel,ey	=	0.0020		

2) ความกว้าง ความลึก ของหน้าตัดคาน

ความกว้าง, b	=	25.0	ซม.
ความลึก, h	=	50.0	ซม.
ระยะคอนกรีตหุ้ม(clear cover), c	=	3.00	ซม.
Beta 1		0.85	
แกนสะเทินจากขอบบน,cb =		6.1446	ซม.
กำลังอัดคอนกรีต (0.85*fc'*beta*cb*b) =		26.64	ตัน

ปรับค่า cb จนผลรวมแรง ที่วงกลมด้านล่างเป็น ศูนย์หรือใกล้ศูนย์

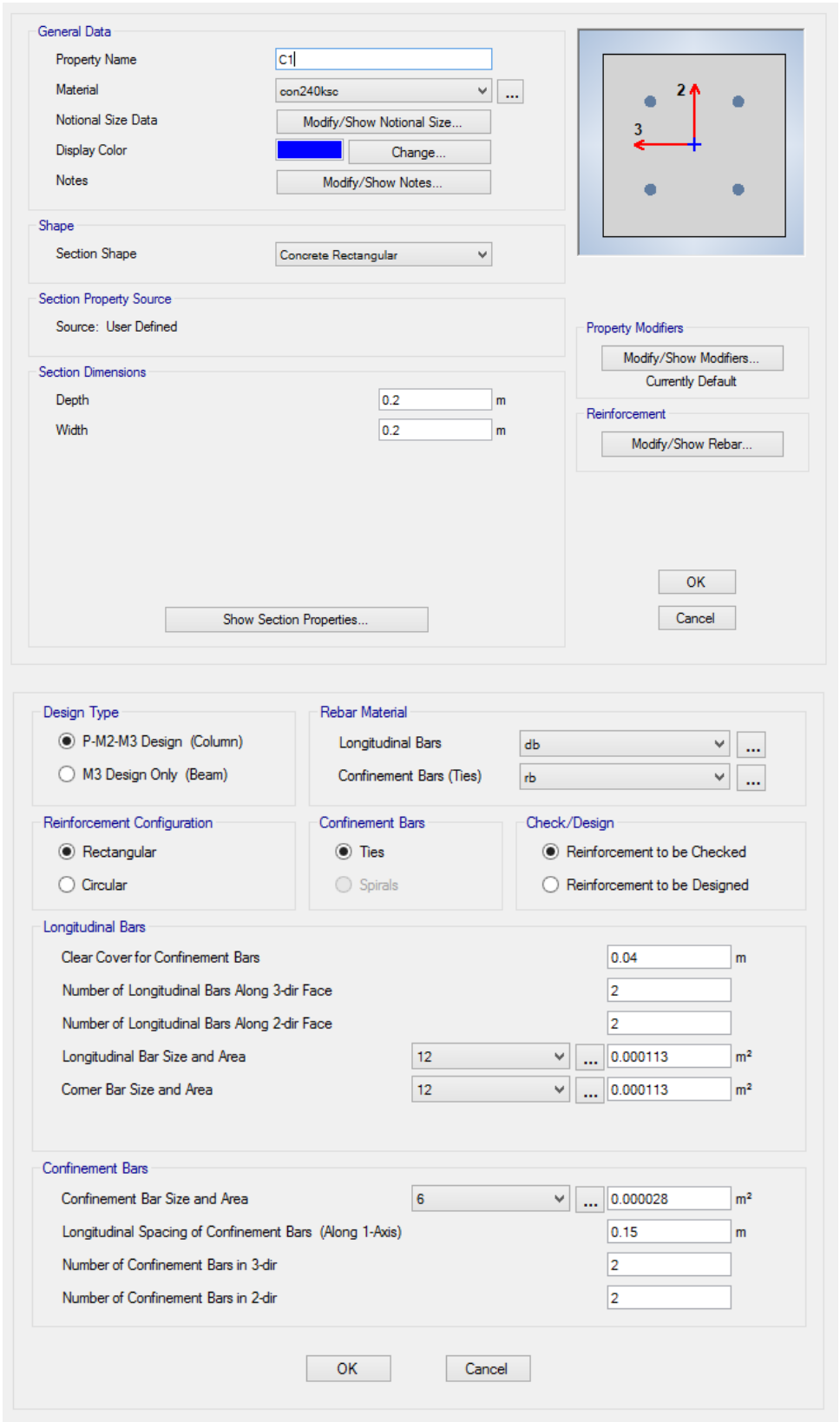
3) กำลังดัด M+

PosMcal

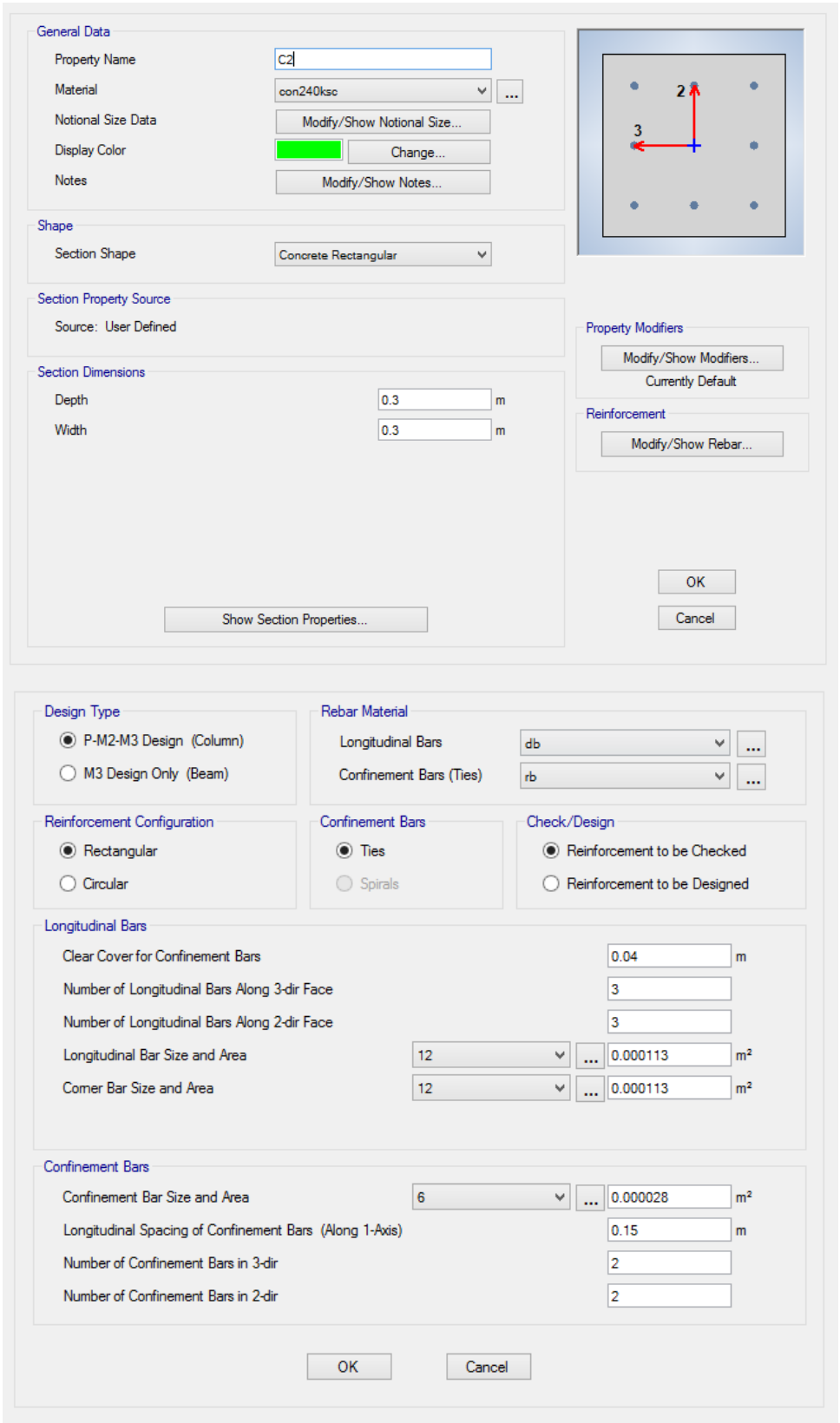
ชั้นเหล็กเสริม	ความลึกจากขอบรับแรงอัด	ขนาด	จำนวน	Asr, พื้นที่	strain	stress	actual stress	force	Con reduct	eff force	Section Capacity
	(ซม)	(มม)	(เส้น)	(ตร.ซม)	cm/cm	ksc	ksc	ton	ton	ton	ton-m
1	4.9	20	2	6.28	0.000607645	1239.595	1239.6	7.79	1.282	6.5	0.080962
2	9.7	12	2	2.26	-0.00173589	-3541.21	-3541.2	-8.01	0.000	-8.0	0.284791
3	0	0	0	0.00	0.003	6120	2400.0	0.00	0.000	0.0	0
4	0	0	0	0.00	0.003	6120	4000.0	0.00	0.000	0.0	0
5	45.1	20	2	6.28	-0.01901943	-38799.6	-4000.0	-25.13	0.000	-25.1	9.790567
6	0	0	0	0.00	0.003	6120	4000.0	0.00	0.000	0.0	0
7	0	0	0	0.00	0.003	6120	4000.0	0.00	0.000	0.0	0
8	0	0	0	0	0.003	6120	4000.0	0.00	0.000	0.0	0
	ผลรวมแรงอัดและแรงดึง							Sum Steel Forces		-26.6	
								ΣF=> Concrete+ steel		0.0008	

Page 1

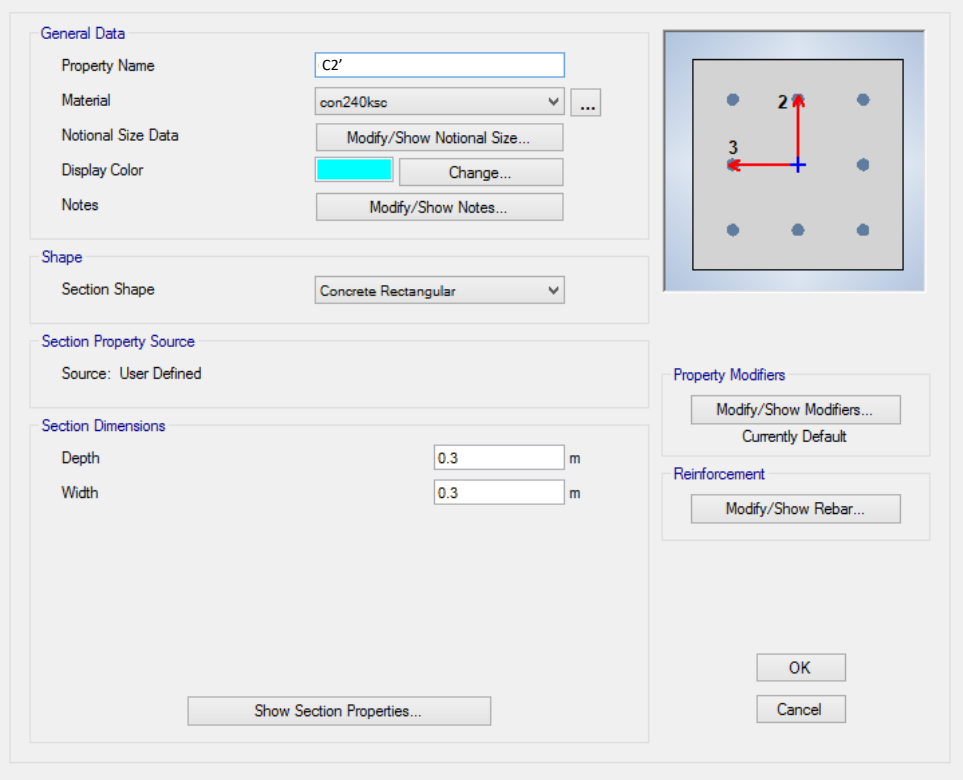
เสา C1 ขนาด กว้าง 0.2 เมตร ยาว 0.2 เมตร

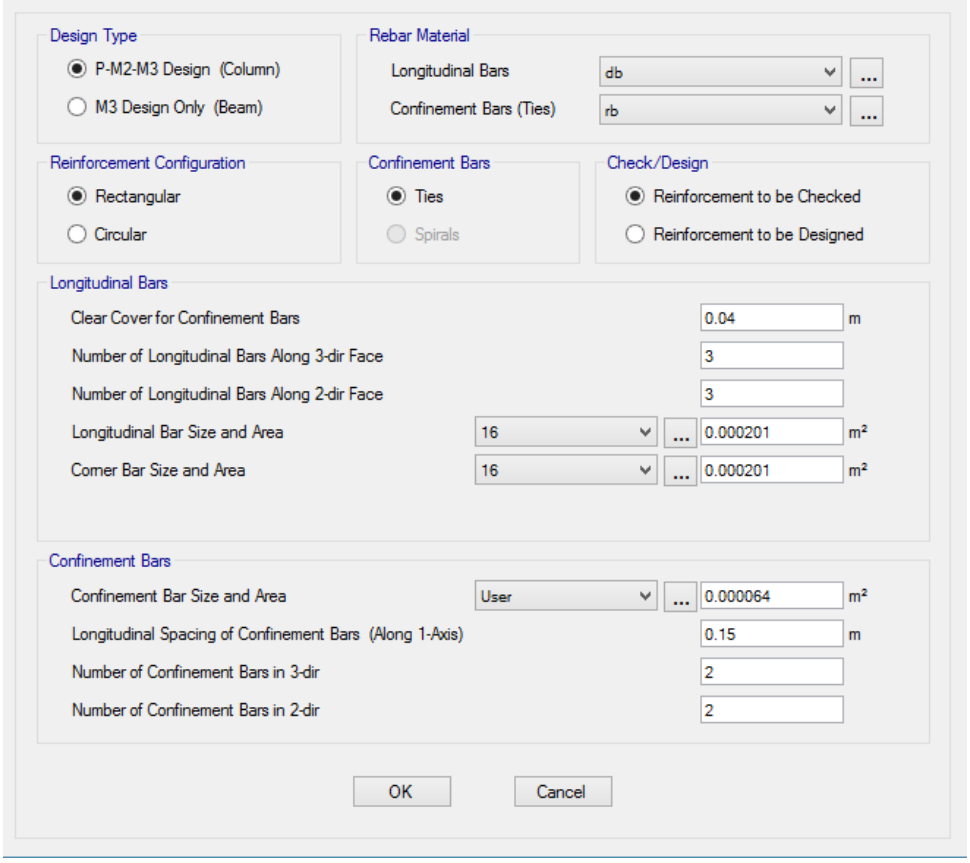


เสา C2 ขนาด กว้าง 0.3 เมตร ยาว 0.3 เมตร

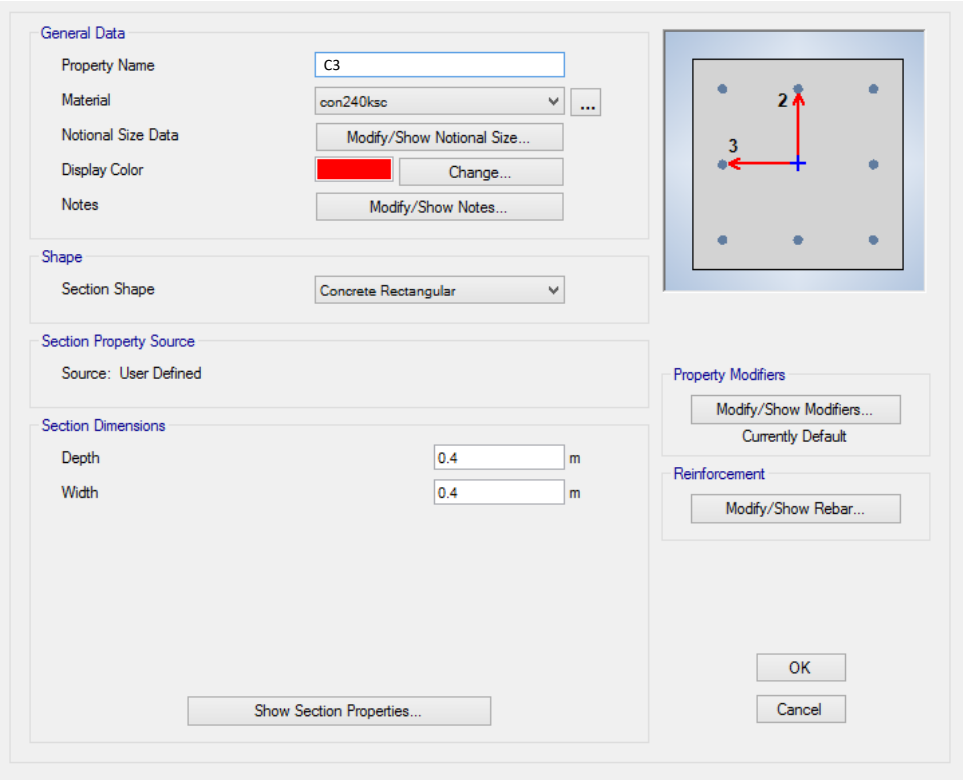


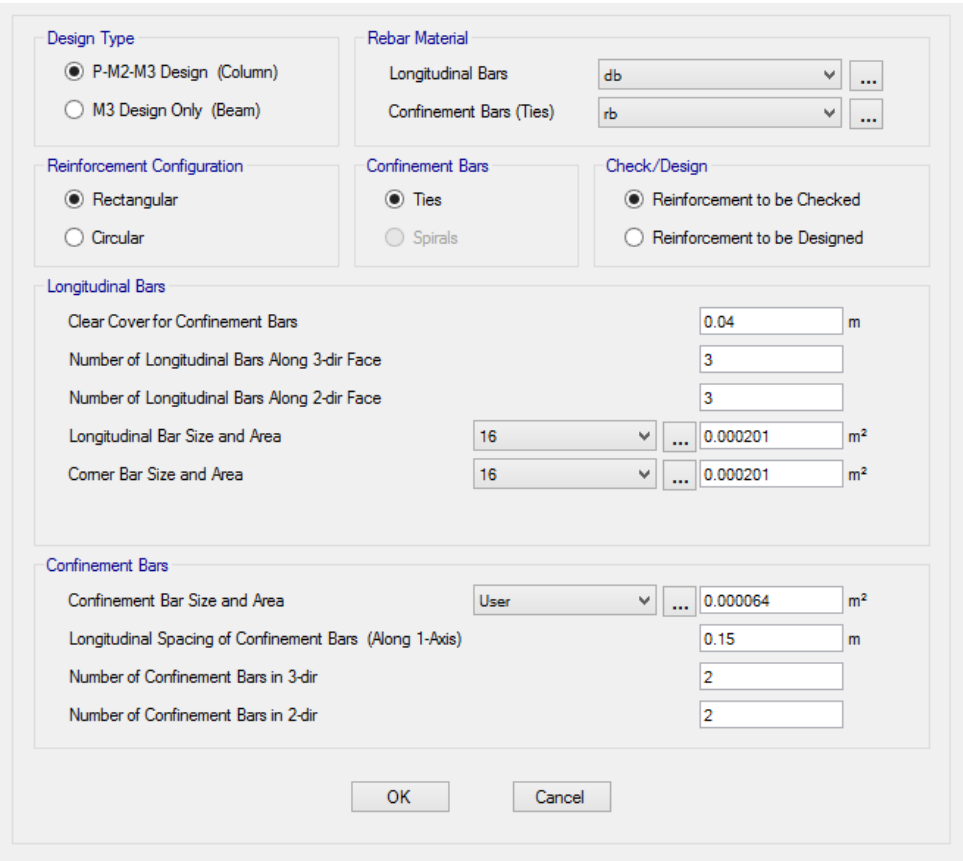
เสา C2’ ขนาด กว้าง 0.3 เมตร ยาว 0.3 เมตร



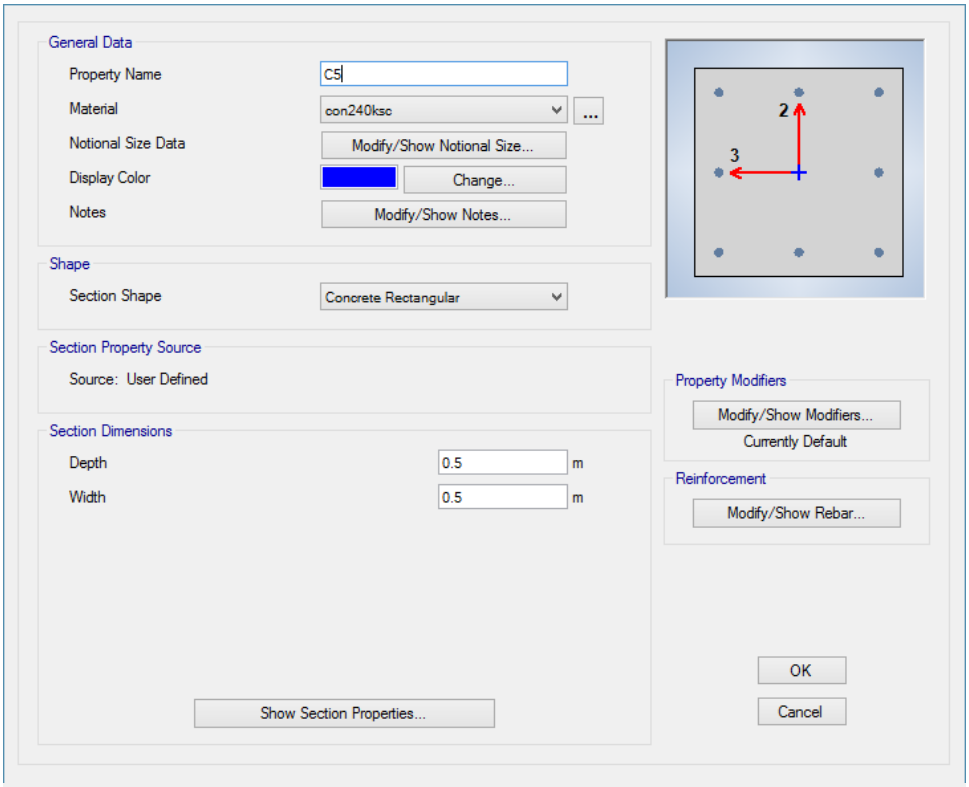


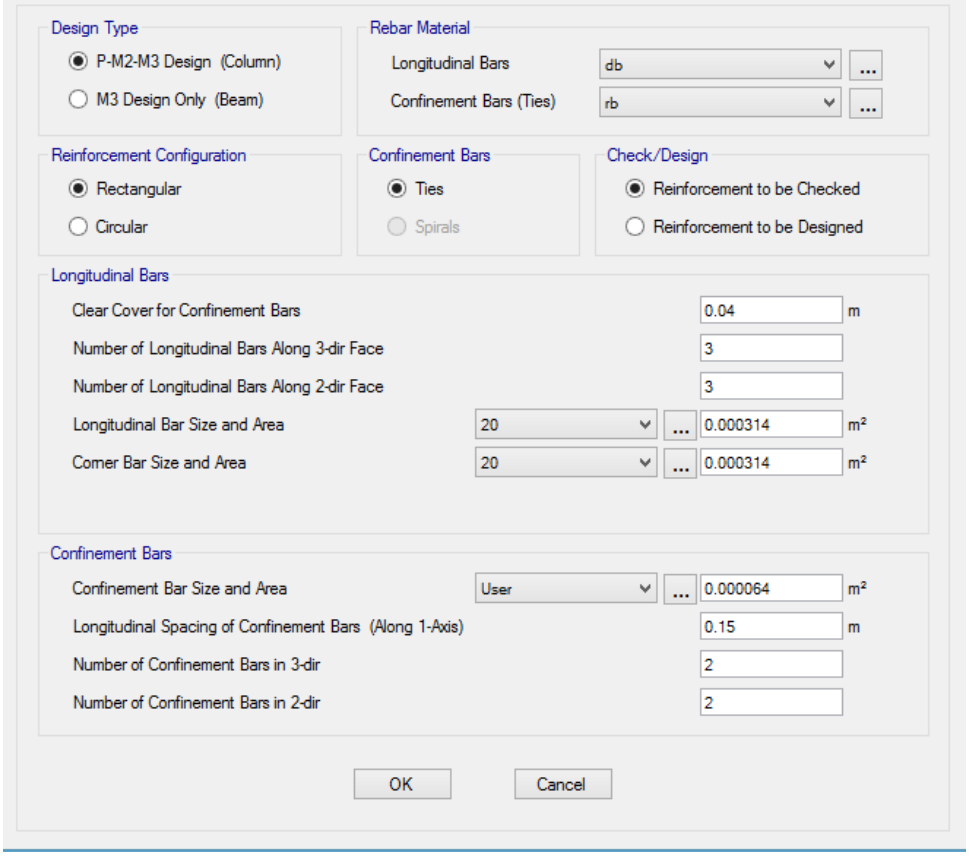
เสา C3 ขนาด กว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.4 เมตร





เสา C4 ขนาด กว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.5 เมตร





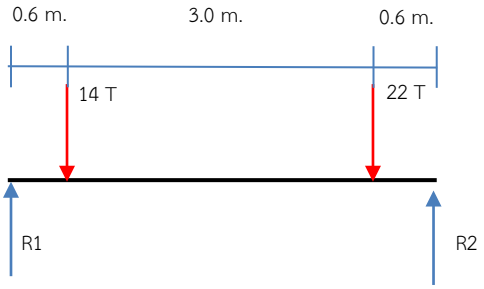
ภาคผนวก ข.

รายการคำนวณ ออกแบบการเสริมฐานราก

SPAN 3เมตรX3เมตร 3 ชั้น

Design **F1**

Main Bream



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1=0 ; -14(0.6)- 22(3.6)+R2(4.2) = 0

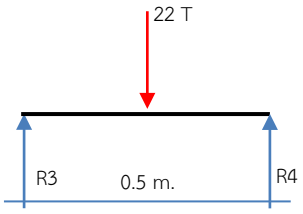
R2 = 20.9 T , R1=15.1 T , M max = 20.9x0.6 = 12.6 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{12.6\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 757.6 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4 = 11 T

M max = 11x0.25 = 2.75 T- m

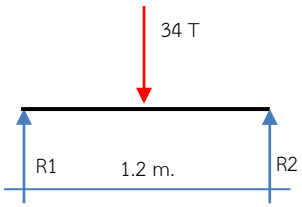
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.75\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 165.4 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 =

17 T

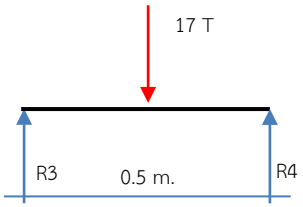
M max = 17x0.6 = 10.2 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{10.2\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 613.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 2x324 = 648 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4 =8.5T

M max = 8.5x0.25 = 2.2 T- m

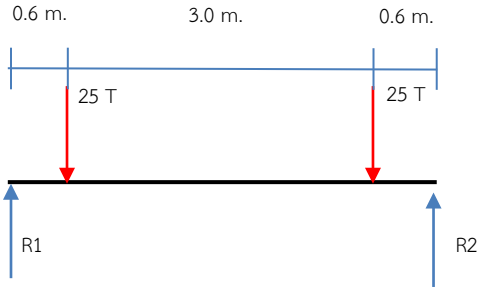
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.2\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 132.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream



R1 = R2 = 25.0 T

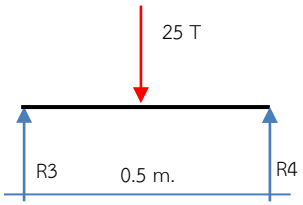
M max = 25x0.6 = 15.0 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{15.0\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 901.9 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4=12.5T

M max = 12.5x0.25 = 3.2 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.2\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 192.5 cm³

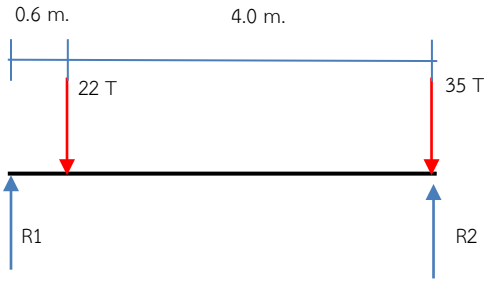
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 4เมตรXเมตร4 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 432 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -22(0.6)- 35(4.6)+R2(4.6) = 0

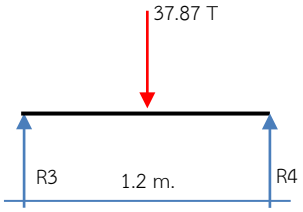
R2 = 37.87 T, R1=19.13 T, M max = 19.13x0.6 =11.48 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{11.48\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 690.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 18.935 T

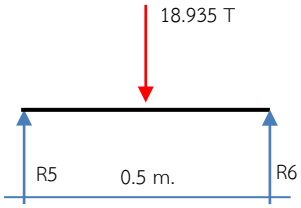
M max = 18.935x0.25 = 11.361 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{11.361\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 683.1 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 9.47 T

M max = 9.47x0.25 = 2.37 T- m

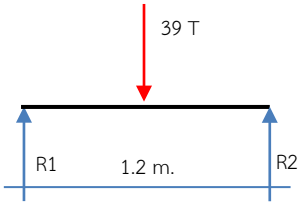
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.37x1000x100}{0.66x2520}$ = 142.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 19.5 T

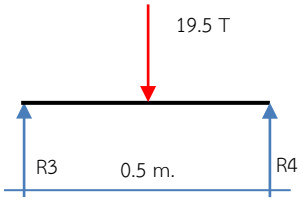
M max = 19.5x0.6 = 11.7 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{11.7x1000x100}{0.66x2520}$ = 703.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 9.75 T

M max = 9.75x0.25 = 2.44 T- m

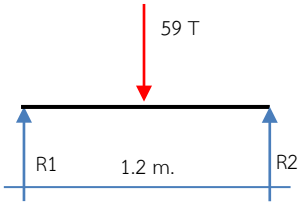
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.44\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 146.8 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream



R1 = R2 = 29.5 T

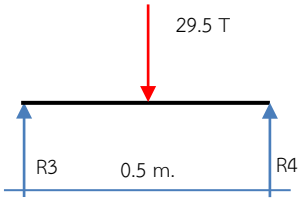
M max = 29.5x0.6 = 17.7 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.7\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 1065 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 14.75 T

M max = 14.75x0.25 = 3.69 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.69x1000x100}{0.66x2520}$ = 221.8 cm³

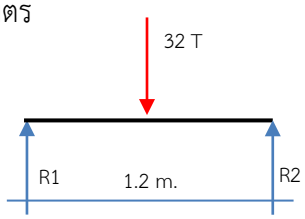
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 5เมตรX5เมตร 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 675 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream



R1 = R2 = 16.0 T

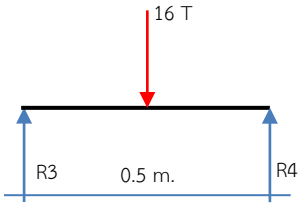
M max = 16.0x0.6 = 9.6 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{9.6 x1000x100}{0.66x2520}$ = 577.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 2x324 = 648 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 8.0 T

M max = 8x0.25 = 2.0 T- m

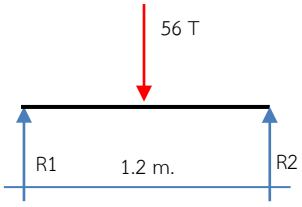
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.0\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 120.26 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 28.0 T

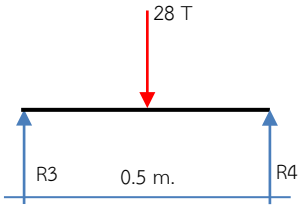
M max = 28.0x0.6 = 16.8 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{16.8\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 1010.2 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 14.0 T

M max = 14x0.25 = 3.5 T- m

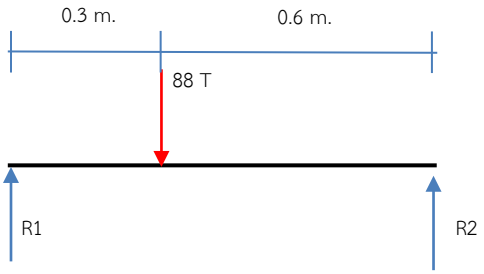
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.5\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 210.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -88(0.3) + R2(0.9) = 0

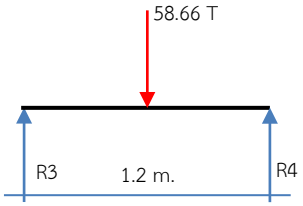
R2 = 29.34 T, R1= 58.66 T, M max = 29.34x0.6 =17.61 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.61\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 1058.9 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 29.33 T

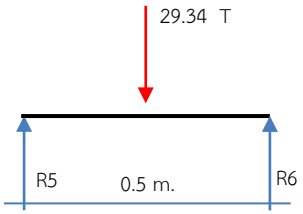
M max = 29.33x0.6 = 17.6 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.6\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 1058.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 14.7 T

M max = 14.7x0.25 = 3.68 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.68\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 222.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

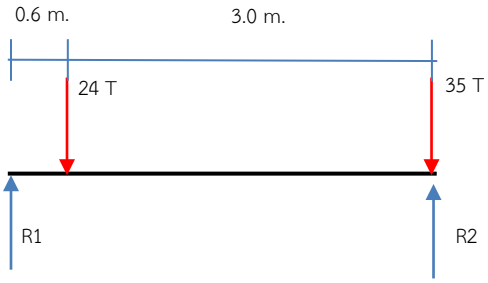
ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 405 ตารางเมตร

รูปที่ 3.3.2.1.4 ผังการเสริมฐานรากใหม่ SPAN 3เมตรX3เมตร 5 ชั้น

Design **F1**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -24(0.6)- 35(3.6)+R2(3.6) = 0

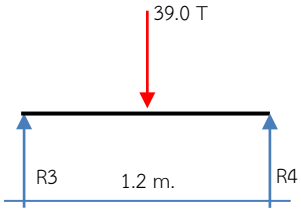
R2 = 39.0 T, R1=20.0 T, M max = 20.0x0.6 =12 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{12.0\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 721.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 19.5 T

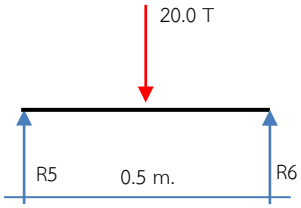
M max = 19.5x0.25 = 11.7 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{11.7\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 703.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 10.0 T

M max = 10.0x0.25 = 2.5 T- m

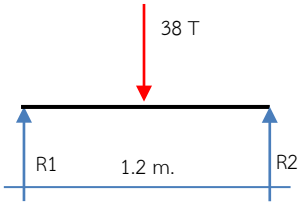
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.5\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 150.4 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 19.0 T

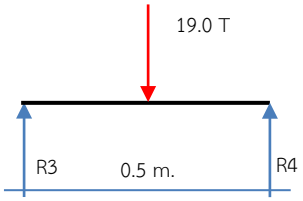
M max = 19.0x0.6 = 11.4 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{11.4\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 685.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 9.5 T

M max = 9.5x0.25 = 2.38 T- m

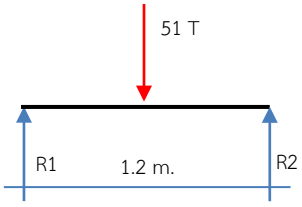
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.38\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 143.1 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream



R1 = R2 = 25.5 T

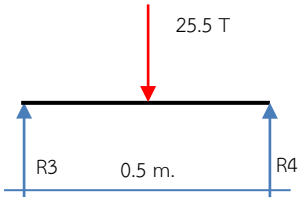
M max = 25.5x0.6 = 15.3 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{15.3\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 919.92 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 12.75 T

M max = 12.75x0.25 = 3.2 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.2x1000x100}{0.66x2520}$ = 192.5 cm³

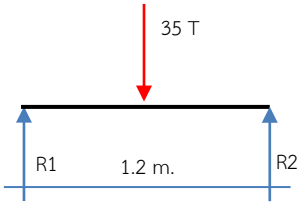
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 4เมตรX4เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 720 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream



R1 = R2 = 17.5 T

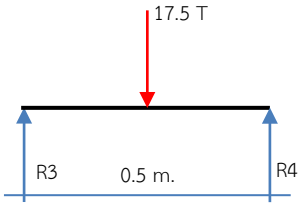
M max = 17.5x0.6 = 10.5 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{10.5 x1000x100}{0.66x2520}$ = 631.4 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 2x324 = 648 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 8.75 T

M max = 8.75x0.25 = 2.2 T- m

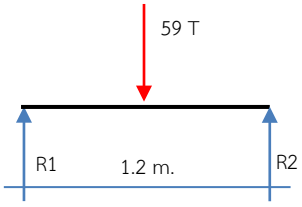
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.2\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 132.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 29.5 T

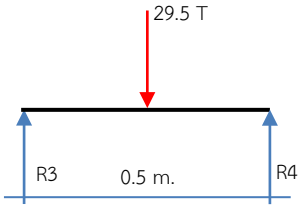
M max = 29.5x0.6 = 17.7 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.7\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 1064.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 14.75 T

M max = 14.75x0.25 = 3.7 T- m

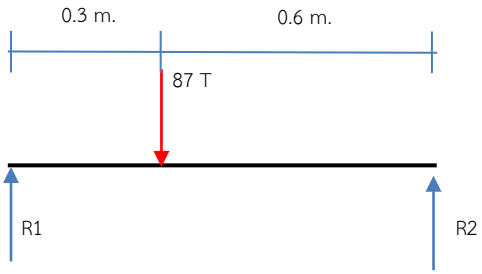
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.7x1000x100}{0.66x2520}$ = 222.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -87(0.3) + R2(0.9) = 0

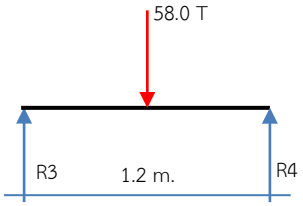
R2 = 29.0 T, R1= 58.0 T, M max = 29.0x0.6 =17.4 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.4x1000x100}{0.66x2520}$ = 1046.18 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 29.0 T

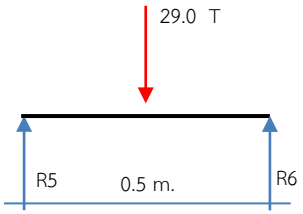
M max = 29.0x0.6 = 17.4 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.4\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 1046.18 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 14.5 T

M max = 14.5x0.25 = 3.63 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.63\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 217.95 cm³

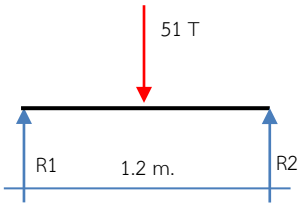
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 5เมตรX5เมตร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,125 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream



R1 = R2 = 25.5 T

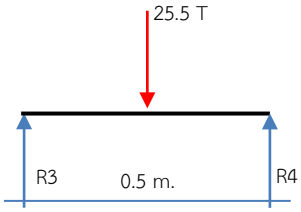
M max = 25.5x0.6 = 15.3 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{15.3 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 919.92 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 12.75 T

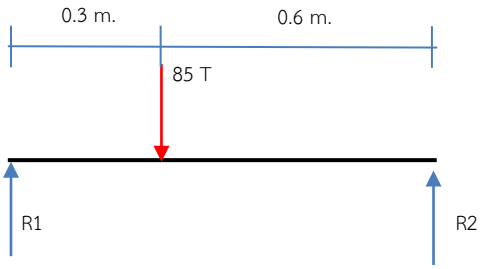
M max = 12.75x0.25 = 3.2 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.2 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 192.41 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F2**



Main Bream ยาว

M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -85(0.3) + R2(0.9) = 0

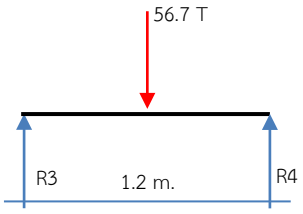
R2 = 28.4 T, R1= 56.7 T, M max = 28.4x0.6 =17.04 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.04 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 1024.54 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 28.35T

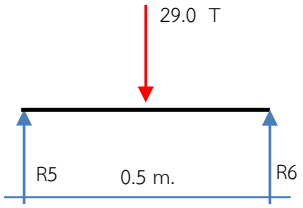
M max = 28.35x0.6 = 17.01 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{17.01 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 1022.73 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 14.5 T

M max = 14.5x0.25 = 3.63 T- m

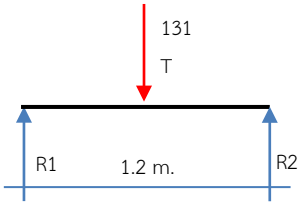
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.63x1000x100}{0.66x2520}$ = 217.95 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream



R1 = R2 = 65.5 T

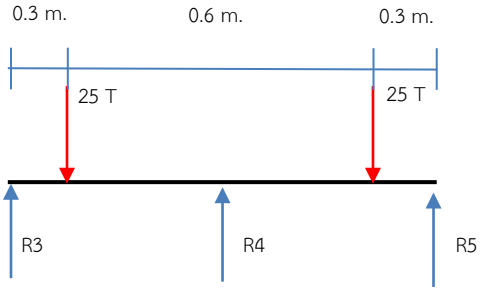
M max = 65.5x0.6 = 39.3 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{39.3 x1000x100}{0.66x2520}$ = 2363 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 400x200x66.0 kg/m ; S x-x = 2x1190 = 2380 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R5 = 17.13 T

R4 = 34.25 T

M max = 25x0.6 = 15.0 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{5.14 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 310 cm³

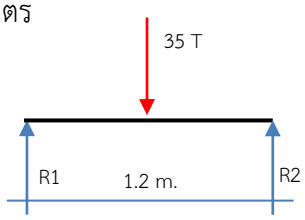
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

SPAN 3เมตรX3เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 648 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream



R1 = R2 = 17.5 T

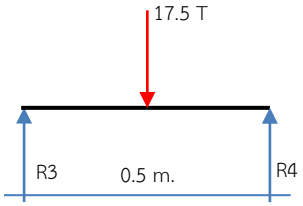
M max = 17.5x0.6 = 10.5 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{10.5 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 631.4 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 2x324 = 648 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 8.75 T

M max = 8.75x0.25 = 2.2 T- m

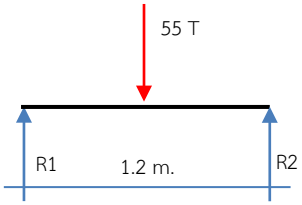
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.2\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 132.3 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 27.5 T

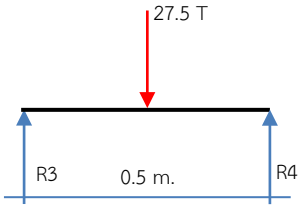
M max = 27.5x0.6 = 16.5 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{16.5\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 992.1 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 13.75 T

M max = 13.75x0.25 = 3.5 T- m

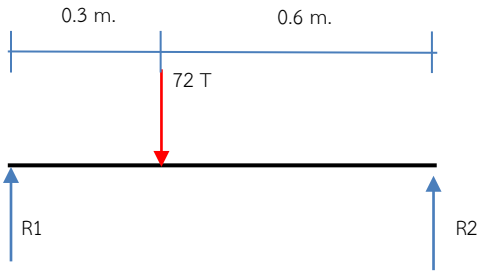
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.5x1000x100}{0.66x2520}$ = 210.5 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6 kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -72(0.3) + R2(0.9) = 0

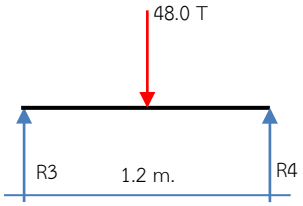
R2 = 24.0 T, R1= 48.0 T, M max = 48.0x0.3 =14.4 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{14.4x1000x100}{0.66x2520}$ = 865.9 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 24.0 T

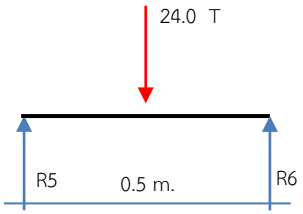
M max = 24.0x0.6 = 14.4 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{14.4\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 865.9 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6 = 12.0 T

M max = 12.0x0.25 = 3.0 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.0\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 180.4 cm³

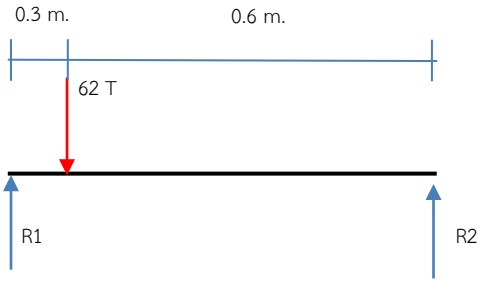
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

SPAN 4เมตรX4เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,152 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -62(0.3) +R2(0.9) = 0

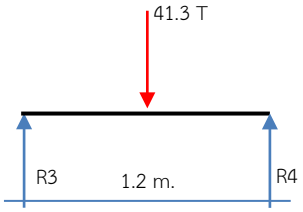
R2 = 20.7 T, R1=41.3 T, M max = 41.3x0.3 =12.4 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{12.4\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 745.6 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 20.65 T

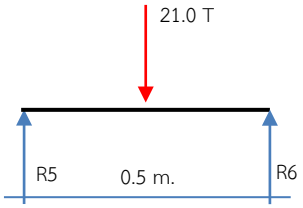
M max = 20.65x0.6 = 12.39 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{12.39\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 745 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 300x150x36.7 kg/m ; S x-x = 2x481 = 962 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 10.5 T

M max = 10.5x0.25 = 2.63 T- m

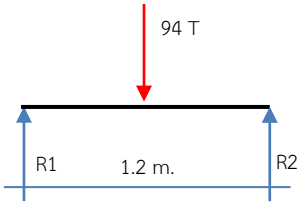
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{2.63x1000x100}{0.66x2520}$ = 157.83cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 200x100x21.3 kg/m ; S x-x = 184 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 47 T

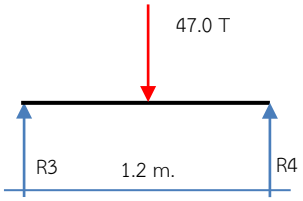
M max = 47x0.6 = 28.2T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{28.2x1000x100}{0.66x2520}$ = 1695.6 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 400x200x66.0 kg/m; S x-x = 2x1190 = 2380 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4

= 23.5 T

M max = 23.5x0.6 = 14.1 T- m

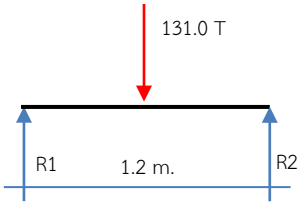
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{14.1\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 847.8 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 400x200x66.0 kg/m; S x-x = 1190 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream



R1 = R2 = 65.5 T

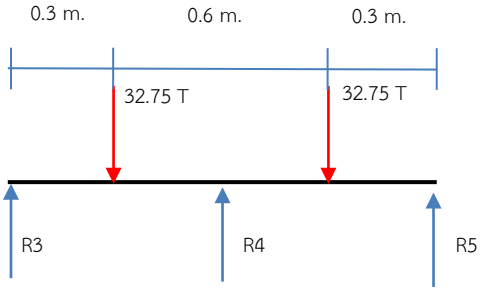
M max = 65.5x0.6 = 39.3 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{39.3\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 2362.92 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 400x200x66.0 kg/m; S x-x = 2x1190 = 2380 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4 = R5 = 22.0 T

M max = 22x0.3 = 6.6 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{6.6 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 396.83 cm³

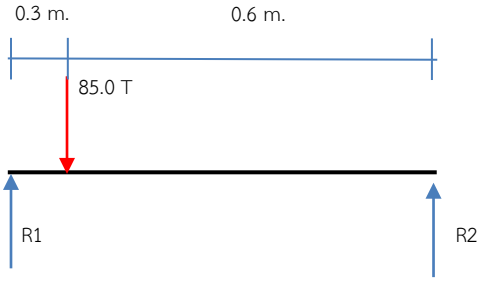
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 300x150x36.7 kg/m; S x-x = 481 cm³ (OK)

SPAN 5เมตรX5เมตร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 1,800 ตารางเมตร

Design **F1**

Main Bream ยาว



M ทวนเข็มเป็น + ให้ R1 =0 ; -85(0.3) +R2(0.9) = 0

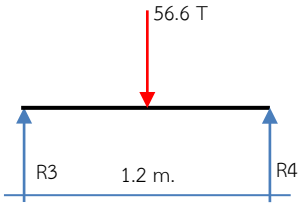
R2 = 28.4 T, R1=56.6 T, M max = 56.6x0.3 =16.98 T-m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{16.98 \times 1000 \times 100}{0.66 \times 2520}$ = 1020.94 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Main Bream สั้น



R3 = R4

= 28.3 T

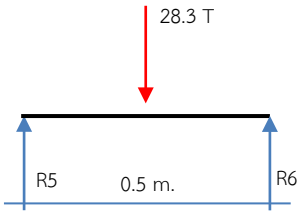
M max = 28.3x0.6 = 16.98 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{16.98x1000x100}{0.66x2520}$ = 1020.93 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 350x175x49.6 kg/m ; S x-x = 2x775 = 1550 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 14.15 T

M max = 14.15 x0.25 = 3.54 T- m

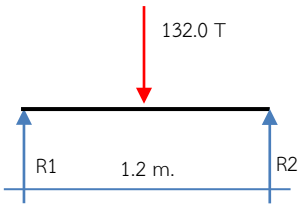
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{3.54x1000x100}{0.66x2520}$ = 212.85cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 250x125x29.6kg/m ; S x-x = 324 cm³ (OK)

Design **F2**

Main Bream



R1 = R2 = 66.0 T

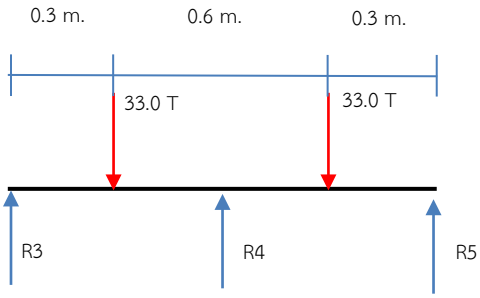
M max = 66.0x0.6 = 39.6 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{39.6\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 2380.96 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 450x200x76.0 kg/m; S x-x = 2x1490 = 2980 cm³ (OK)

Cross Bream



R3 = R4 = R5 = 22.0 T

M max = 22x0.3 = 6.6 T-m

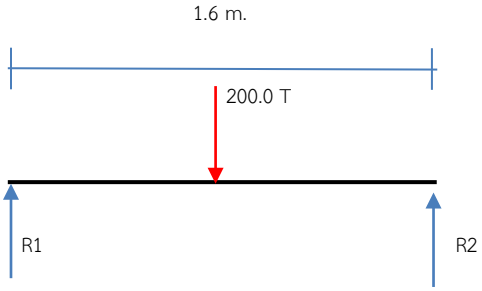
หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{6.6\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 396.83 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 300x150x36.7 kg/m; S x-x = 481 cm³ (OK)

Design **F3**

Main Bream ชั้นบน



R1 = R2 = 100.0 T

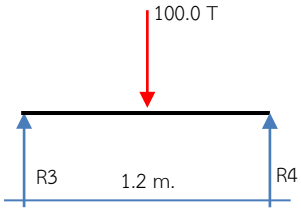
M max = 100.0x0.8 = 80.0 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{80.0\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 4810.0 cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 4WF 450x200x76.0 kg/m; S x-x = 4x1490 = 5960.0 cm³ (OK)

Main Bream ชั้นล่าง



R3 = R4 = 50.0 T

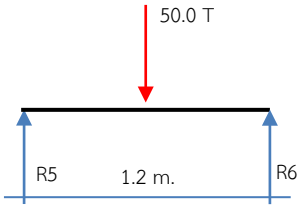
M max = 50.0x0.6 = 30.0 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{30.0\times1000\times100}{0.66\times2520}$ = 1803.8cm³

จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ 2WF 400x200x66.0 kg/m; S x-x = 2x1190 = 2380 cm³ (OK)

Cross Bream



R5 = R6

= 25.0 T

M max = 25.0 x0.6 = 15.0 T- m

หาหน้าตัด S req=M/Fb ; $\frac{15.0\text{x}1000\text{x}100}{0.66\text{x}2520}$ = 901.88 cm^3

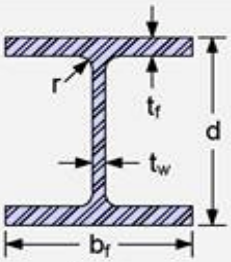
จากตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก

ใช้ WF 400x200x66.0 kg/m; S x-x = 1190 cm^3 (OK)

ภาคผนวก ค.

ตารางวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดเหล็ก WF-Beam จากน้ำหนักถ่ายลงสู่ฐานราก

คุณสมบัติของเหล็กรูปตัด W หรือ H



หน้าตัด	ขนาด			ความหนา		พื้นที่	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
	d	b_f	r	t_w	t_f	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
900×286	912	302	28	18	34	364.0	498,000	15,700	37.0	6.56	10,900	1,040
900×243	900	300	28	16	28	309.8	411,000	12,600	36.4	6.39	9,140	843
900×213	890	299	28	15	23	270.9	345,000	10,300	35.7	6.16	7,760	688
800×241	808	302	28	16	30	307.6	339,000	13,800	33.2	6.70	8,400	915
800×210	800	300	28	14	26	267.4	292,000	11,700	33.0	6.62	7,290	782
800×191	792	300	28	14	22	243.4	254,000	9,930	32.3	6.39	6,410	662
700×215	708	302	28	15	28	273.6	237,000	12,900	29.4	6.86	6,700	853
700×185	700	300	28	13	24	235.5	201,000	10,800	29.3	6.78	5,760	722
700×166	692	300	28	13	20	211.5	172,000	9,020	28.6	6.53	4,980	602
600×175	594	302	28	14	23	222.4	137,000	10,600	24.9	6.90	4,620	701
600×151	588	300	28	12	20	192.5	118,000	9,020	24.8	6.85	4,020	601
600×137	582	300	28	12	17	174.5	103,000	7,670	24.3	6.63	3,530	511
600×134	612	202	22	13	23	107.7	103,000	3,180	24.6	4.31	3,380	314
600×120	606	201	22	12	20	152.5	90,400	2,720	24.3	4.22	2,980	271
600×106	600	200	22	11	17	134.4	77,600	2,280	24.0	4.12	2,590	228
600×94.6	596	199	22	10	15	120.5	68,700	1,980	23.9	4.05	2,310	199
500×128	488	300	26	11	18	163.5	71,000	8,110	20.8	7.04	2,910	541
500×114	482	300	26	11	15	145.5	60,400	6,760	20.4	6.82	2,500	451
500×103	506	201	20	11	19	131.3	56,500	2,580	20.7	4.43	2,230	257
500×89.6	500	200	20	10	16	114.2	47,800	2,140	20.5	4.33	1,910	214
500×79.5	496	199	20	9	14	101.3	41,900	1,840	20.3	4.27	1,690	185
450×124	440	300	24	11	18	157.4	56,100	8,110	18.9	7.18	2,550	541
450×106	434	299	24	10	15	135.0	46,800	6,690	18.6	7.04	2,160	448
450×76.0	450	200	18	9	14	96.76	33,500	1,870	18.6	4.40	1,490	187
450×66.2	446	199	18	8	12	84.30	28,700	1,580	18.5	4.33	1,290	159
400×605	498	432	22	45	70	770.1	298,000	94,400	19.7	11.1	12,000	4,370
400×415	458	417	22	30	50	528.6	187,000	60,500	18.8	10.7	8,170	2,900
400×283	428	407	22	20	35	360.7	119,000	39,400	18.2	10.4	5,570	1,930
400×232	414	405	22	18	28	295.4	92,800	31,000	17.7	10.2	4,480	1,530
400×200	406	403	22	16	24	254.9	78,000	26,200	17.5	10.1	3,840	1,300
400×197	400	408	22	21	21	250.7	70,900	23,800	16.8	9.75	3,540	1,170
400×172	400	400	22	13	21	218.7	66,600	22,400	17.5	10.1	3,330	1,120
400×168[NC]	394	405	22	18	18	214.4	59,700	20,000	16.7	9.65	3,030	985
400×147[NC]	394	398	22	11	18	186.8	56,100	18,900	17.3	10.1	2,850	951
400×140[NC]	388	402	22	15	15	178.5	49,000	16,300	16.6	9.54	2,520	809
400×107	390	300	22	10	16	136.0	38,700	7,210	16.9	7.28	1,980	481
400×94.3	386	299	22	9	14	120.1	33,700	6,240	16.7	7.21	1,740	418

หน้าตัด	ขนาด			ความหนา		พื้นที่	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
	d	b_f	r	t_w	t_f	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
400×66.0	400	200	16	8	13	84.12	23,700	1,740	16.8	4.54	1,190	174
400×56.6	396	199	16	7	11	72.16	20,000	1,450	16.7	4.48	1,010	145
350×159	356	352	20	14	22	202.0	47,600	16,000	15.3	8.90	2,670	909
350×156	350	357	20	19	19	198.4	42,800	14,400	14.7	8.53	2,450	809
350×137	350	350	20	12	19	173.6	40,300	13,600	15.2	8.84	2,300	776
350×131[NC]	344	354	20	16	16	166.6	35,300	11,800	14.6	8.43	2,050	669
350×115	344	348	20	10	16	146.0	33,300	11,200	15.1	8.78	1,940	646
350×106[NC]	338	351	20	13	13	135.3	28,200	9,380	14.4	8.33	1,670	534
350×79.7	340	250	20	9	14	101.5	21,700	3,650	14.6	6.00	1,280	292
350×69.2	336	249	20	8	12	88.15	18,500	3,090	14.5	5.92	1,100	248
350×49.6	350	175	14	7	11	63.14	13,600	984	14.7	3.95	775	112
350×41.4	346	174	14	6	9	52.68	11,100	792	14.5	3.86	641	91
300×106	304	301	18	11	17	134.8	23,400	7,730	13.2	7.57	1,540	514
300×106	300	305	18	15	15	134.8	21,500	7,100	12.6	7.26	1,440	466
300×94.0	300	300	18	10	15	119.8	20,400	6,750	13.1	7.51	1,360	450
300×87.0	298	299	18	9	14	110.8	18,800	6,240	13.0	7.51	1,270	417
300×84.5[NC]	294	302	18	12	12	107.7	16,900	5,520	12.5	7.16	1,150	365
300×65.4	298	201	18	9	14	83.36	13,300	1,900	12.6	4.77	893	189
300×56.8	294	200	18	8	12	72.38	11,300	1,600	12.5	4.71	771	160
300×36.7	300	150	13	6.5	9	46.78	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7
300×32.0	298	149	13	5.5	8	40.80	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3
250×82.2	250	255	16	14	14	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
250×72.4	250	250	16	9	14	92.18	10,800	3,650	10.8	6.29	867	292
250×66.5	248	249	16	8	13	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
250×64.4[NC]	244	252	16	11	11	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250×44.1	244	175	16	7	11	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250×29.6	250	125	12	6	9	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
250×25.7	248	124	12	5	8	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200×65.7	208	202	13	10	16	83.69	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218
200×56.2	200	204	13	12	12	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
200×49.9	200	200	13	8	12	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200×30.6	194	150	13	6	9	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200×21.3	200	100	11	5.5	8	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
200×18.2	198	99	11	4.5	7	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175×40.2	175	175	12	7.5	11	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175×23.3	169	125	12	5.5	8	29.65	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175×18.1	175	90	9	5	8	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150×31.5	150	150	11	7	10	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1
150×21.1	148	100	11	6	9	26.84	1,020	151	6.71	2.37	138	30.1
150×14.0	150	75	8	5	7	17.85	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
125×23.8	125	125	10	6.5	9	30.31	847	293	5.29	3.11	136	47.0
125×13.2	125	60	9	6	8	16.84	413	29.2	4.95	1.32	66.1	9.73
100×17.2	100	100	10	6	8	21.90	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
100×9.30	100	50	8	5	7	11.85	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายนันทกานต์ ไตรรัตน์อัญชลี
วัน เดือน ปีเกิด	3 พฤษภาคม พ.ศ.2534 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	166 สุคนธสวัสดิ์ 3 แยก 5 เขตลาดพร้าว แขวงลาดพร้าว จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10230
ประวัติการศึกษา	2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม (เกียรตินิยมอันดับ1)
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ. 2557-2559	COST ENGINERR บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด(มหาชน)
พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน	R&D ENGINEER , COST ENGINERR บริษัท สยามเอ็นจิเนีย ฟอรั่ม จำกัด