การศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในงานโครงสร้างพื้นไร้คานของอาคารขนาดใหญ่

A Study of Ratio of Concrete Volume per Reinforcement Quantity in Post-Tension Slab of Large Buildings

สุนันท์ มนต์แก้ว

ไพศาล สุขสม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564

กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในงานโครงสร้างพื้นไร้คานของอาคารขนาดใหญ่

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันท์ มนต์แก้ว
นายไพศาล สุขสม
กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2564

บทคัดย่อ

การประมาณราคาแบบละเอียดต้องใช้ผู้ที่เชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในการประมาณราคางานก่อสร้าง และต้องใช้ระยะเวลานานในการหาปริมาณวัสดุ ความถูกต้องของปริมาณวัสดุจึงมีความสำคัญในการกำหนดราคางานก่อสร้าง ดังนั้นหากมีเกณฑ์หรือเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ประมาณราคางานก่อสร้างใช้งานได้ง่ายและสะดวก ก็จะช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลงได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในงานโครงสร้างระบบพื้นไร้คานของอาคารขนาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา จากนั้นนำค่าความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนที่ได้ไปทดสอบกับอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาแบบละเอียด พบว่า ปริมาตรคอนกรีตและปริมาณเหล็กเสริมที่ได้มากกว่าค่าที่ได้จากการประมาณราคาแบบละเอียด ร้อยละ 5.86 และ 8.95 ตามลำดับ ค่าที่ได้แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในตรวจสอบปริมาณงานเหล็กเสริมและคอนกรีตในเบื้องต้นของอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกันได้ในเวลาอันรวดเร็ว สามารถลดระยะเวลาในการทำงานลงได้

Title A Study of Ratio of Concrete Volume per Reinforcement Quantity in Post - Tension Slab of Large Buildings

Researcher Sunun Monkaew
Paisarn Suksoom

Policy and Planning Division
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Year 2021

Abstract

Detailed cost estimation requires an expert with experiences in estimating construction costs and takes a lengthy period of time to determine materials quantity. The accuracy of the quantity of construction materials is therefore essential in ascertaining the cost of the construction. Determining the reinforcement quantity is a complicated process. If there are criteria or tools that the construction cost estimator can deploy easily and conveniently, it will desirably help shorten the working period. Thus, the researcher was interested in studying a relation in terms of the ratio of concrete volume per reinforcement quantity in post - tension slab of large buildings as a case study. The value of the relation of the ratio was then tested on buildings of similar design and with the same design variables. When the obtained value was compared with the detailed cost estimation, it was found that concrete volume and reinforcement quantity were actually more than those obtained from the detailed cost estimation at 5.86 % and 8.95 % respectively. The resulting values differed less than 10 %, which were within the acceptable range. In conclusion, the value of the relation of the ratio derived from this study can be used to quickly determine initial concrete volume and reinforcement quantity of buildings of similar designs and with the same design variables, which can help shorten the working period.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างและเจ้าหน้าที่ในโครงการ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล คุณค่าอันเกิดจากงานวิจัยในครั้งนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่าน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันท์ มนต์แก้ว
นายไพศาล สุขสม

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญรูป ฉ

สารบัญตาราง ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 นิยามของอาคาร 4

2.2 ความหมายของการประมาณราคา 5

2.3 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคา 6

2.4 คุณสมบัติของผู้ประมาณราคา 6

2.5 ขั้นตอนการประมาณราคา 7

2.6 วิธีการประมาณราคา 8

2.7 การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ 9

2.8 ประเภทของพื้นคอนกรีตไร้คาน 11

2.9 ระบบการก่อสร้างพื้น Post – tension 13

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.10 วิธีการก่อสร้างพื้น Post – tension 14

2.11 ข้อดีของระบบพื้น Post – tension 15

2.12 ข้อเสียของระบบพื้น Post – tension 15

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 19

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

3.2 การวัดปริมาณงานก่อสร้าง 19

3.3 การทดสอบแบบจำลอง 21

3.4 ขั้นตอนการสรุปผลและข้อเสนอแนะ 21

บทที่ 4 ผลการศึกษา 23

4.1 รายละเอียดของโครงการที่ศึกษา 23

4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้าง 25

4.3 ผลการศึกษา 25

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการศึกษา 29

5.2 ข้อเสนอแนะ 29

บรรณานุกรม 30

ภาคผนวก ก แบบก่อสร้างบางส่วนของโครงการที่ศึกษา 33

ประวัติผู้วิจัย 56

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 พื้นระบบ Post tension แบบ Flat Slab 11

รูปที่ 2.2 พื้นระบบ Post tension แบบ Drop Panel 12

รูปที่ 2.3 พื้นระบบ Post tension แบบ Continuous Band 12

รูปที่ 2.4 พื้นระบบ Post tension แบบ Beam and Slab 12

รูปที่ 2.5 พื้นระบบ Post tension แบบ Ribbed one Way 13

รูปที่ 2.6 พื้นระบบ Post tension แบบ Waffle 13

รูปที่ 4.1 โครงสร้างพื้น Post – tension ของโครงการที่ศึกษา 24

รูปที่ 4.2 รูปแบบการเสริมเหล็กรับแรงเฉือนที่หัวเสา ของโครงการที่ศึกษา 24

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การเผื่อเหล็กเสริม 20

ตารางที่ 3.2 หน่วยน้ำหนักของเหล็กเสริม 21

ตารางที่ 4.1 ปริมาตรคอนกรีตและสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร 25

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเหล็กเสริมและสัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร 26

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต 27

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรคอนกรีตและเหล็กเสริมของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง 27

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนเหล็กเสริมและคอนกรีตของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง 27

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมโดยการประมาณราคาแบบละเอียดกับการใช้แบบจำลอง 28

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมาณราคาค่าก่อสร้างเป็นขั้นตอนสำคัญลำดับแรกที่จะต้องดำเนินการก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้าง วัตถุประสงค์ของการประมาณราคามีหลายลักษณะ เช่น การประมาณราคาค่าก่อสร้างเพื่อการตั้งงบประมาณโครงการ การประมาณราคาเพื่อตั้งราคากลาง และการประมาณราคาเพื่อประมูลงานก่อสร้าง เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการประมาณราคาแตกต่างกัน วิธีการในการประมาณราคาค่าก่อสร้างจึงสามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปวิธีการประมาณราคาแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การประมาณราคาแบบหยาบและการประมาณราคาแบบละเอียด วิธีการประมาณราคาแบบหยาบโดยใช้วิธีนำราคาต่อหน่วยพื้นที่คูณด้วยจำนวนพื้นที่ของอาคาร ซึ่งเหมาะสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้างในขั้นตอนการตั้งงบประมาณสำหรับโครงการใหม่ ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถประมาณราคาค่าก่อสร้างได้รวดเร็ว แต่มีความคลาดเคลื่อนสูง หากไม่มีข้อมูลที่ถูกต้องหรือขาดประสบการณ์ก็อาจจะทำให้โครงการก่อสร้างดังกล่าวประสบปัญหาขาดทุนได้ ส่วนอีกวิธีหนึ่ง คือ การประมาณราคาแบบละเอียด วิธีนี้ทำได้หลังจากมีแบบรายละเอียด และรายการข้อกำหนดแล้ว ปกติจะทำโดยผู้รับเหมาก่อสร้างเพื่อใช้ในการเสนอราคาและใช้ในการควบคุมค่าใช้จ่ายในระยะเวลาก่อสร้าง หรืออาจทำโดยฝ่ายเจ้าของงานเพื่อใช้ประมาณราคากลางหรือใช้ควบคุมการเบิกงวดเงินจากผู้รับเหมา การประมาณราคาแบบละเอียดต้องใช้ผู้ที่เชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในการประมาณราคางานก่อสร้าง และต้องใช้ระยะเวลานานในการหาปริมาณงาน [1-4]

โครงการก่อสร้างของรัฐทุกโครงการจะต้องกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ซึ่งการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างเป็นขั้นตอนการดำเนินการหลังจากที่แบบก่อสร้างและงบประมาณพร้อมสำหรับการจัดจ้างก่อสร้าง โดยกำหนดให้หัวหน้าหน่วยงานของรัฐตั้งคณะกรรมการกำหนดราคากลางให้มีหน้าที่รับผิดชอบคำนวณราคากลางงานก่อสร้างครั้งนั้นให้ถูกต้องภายใต้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นฐานสำหรับเปรียบเทียบราคาที่ผู้ยื่นข้อเสนอไว้ในกระบวนการจัดหาผู้รับจ้างก่อสร้างตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 โดยต้องนำไปกำหนดในรายงานขอซื้อขอจ้าง ประกาศเอกสารประกวดราคาในงานจ้างก่อสร้าง รวมทั้งต้องนำไปประกาศเปิดเผยตามข้อกำหนดตามมาตรา 63 แห่งพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ซึ่งบัญญัติให้หน่วยงานของรัฐประกาศรายละเอียดข้อมูลราคากลางและการคำนวณราคากลางในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลางตามวิธีการที่กรมบัญชีกลางกำหนด และตามพระราชบัญญัติประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริต พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2554 มาตรา 103/7 วรรคหนึ่ง ซึ่งบัญญัติให้ “หน่วยงานของรัฐต้องดำเนินการจัดทำข้อมูลรายละเอียดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดซื้อจัดจ้าง โดยเฉพาะราคากลางและการคำนวณราคากลางไว้ในระบบข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ประชาชนเข้าตรวจดูได้” ทั้งนี้เพื่อให้การจัดจ้างก่อสร้างก่อสร้างของหน่วยงานของรัฐเป็นไปอย่างโปร่งใส ตรวจสอบได้ และสร้างความเป็นธรรมให้กับทุกฝ่าย นอกจากนี้ ราคากลางและรายละเอียดการคำนวณราคากลางงาน

ก่อสร้างยังใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบข้อเท็จจริงและติดตามผลการดำเนินการจัดจ้างก่อสร้างของหน่วยงานและคณะกรรมการต่างๆที่เกี่ยวข้องด้วย

การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ คือ (1) การประมาณการปริมาณวัสดุ (2) การวิเคราะห์ค่าวัสดุ (3) การวิเคราะห์ค่าแรง (4) การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพิเศษ และ (5) การวิเคราะห์ค่าดำเนินการ ภาษี กำไร ดอกเบี้ย ในการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างบางครั้งหน่วยงานของรัฐที่เป็นเจ้าของโครงการใช้วิธีจ้างบริษัทออกแบบ ซึ่งการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างถูกดำเนินการและจัดทำโดยบริษัทผู้ออกแบบ หรือหน่วยงานรัฐที่เป็นเจ้าของโครงการเป็นผู้ออกแบบเอง แต่คณะกรรมการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างไม่ได้เป็นผู้ดำเนินการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างเอง ซึ่งตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ก่อนจะมีการประกาศประกวดราคาเพื่อประมูลงานก่อสร้าง ราคากลางงานก่อสร้างจะต้องถูกกำหนดโดยคณะกรรมการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างเท่านั้น ดังนั้นไม่ว่าราคากลางงานก่อสร้างที่ดำเนินการจัดทำขึ้นโดยบริษัทที่รับจ้างออกแบบหรือบุคคลอื่นที่ไม่ใช่คณะกรรมการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างจะต้องถูกตรวจสอบและได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างก่อน

ขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลานานและยุ่งยากซับซ้อนมากที่สุดในการกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง คือ ขั้นตอนการประมาณการปริมาณวัสดุ ความถูกต้องของปริมาณวัสดุก่อสร้างจึงมีความสำคัญในการกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ดังนั้นหากมีเกณฑ์หรือเครื่องมือที่ช่วยให้คณะกรรมการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างสามารถตรวจสอบปริมาณวัสดุในงานก่อสร้างที่ใช้เวลาในการตรวจสอบไม่มากและใช้งานได้สะดวก สามารถช่วยร่นระยะเวลาในการตรวจสอบได้เร็วขึ้น [5] ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณงานเหล็กเสริมในงานโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการตรวจสอบปริมาณวัสดุในงานก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยการเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างกับปริมาณวัสดุที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากมีความแตกต่างกันมากควรจะมีการทบทวนความถูกต้องของราคากลางงานก่อสร้างอีกครั้ง เพื่อให้ถูกต้อง ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและใช้งบประมาณให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณงานเหล็กเสริมในงานโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่

2.2 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบปริมาณงานในส่วนของงานโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่

2.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดเตรียมวัสดุในงานก่อสร้าง

2.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบการกำหนดราคากลางในโครงการก่อสร้างของรัฐ

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในงานโครงสร้างอาคาร เป็นโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ ที่มีพื้นที่รวมกันตั้งแต่ 2,000 – 7,500 ตารางเมตร โดยอาคารดังกล่าวใช้

ระบบโครงสร้างพื้นแบบไร้คาน (Post – Tension Slab) เป็นอาคารที่ก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 โครงการ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณงานเหล็กเสริมในงานโครงสร้างพื้นแบบไร้คาน (Post – Tension Slab) ของอาคารขนาดใหญ่

4.2 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบปริมาณงานในส่วนของงานโครงสร้างพื้นแบบไร้คาน (Post – Tension Slab) ของอาคารขนาดใหญ่

4.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดเตรียมวัสดุในงานก่อสร้าง

4.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบการกำหนดราคากลางในโครงการก่อสร้าง

4.5 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมาณราคางานก่อสร้าง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทบทวน ศึกษา ตำรา เอกสาร งานวิจัย ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในเบื้องต้น ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับนิยามของอาคาร ความหมายของการประมาณราคา วัตถุประสงค์ของการประมาณราคา คุณสมบัติของผู้ประมาณราคา ขั้นตอนการประมาณราคา วิธีการประมาณราคา การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ ประเภทของพื้นคอนกรีตไร้คาน ระบบการก่อสร้างพื้น post-tension วิธีการก่อสร้างระบบพื้น post-tension ข้อดี – ข้อเสียของระบบพื้น post-tension และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามของอาคาร กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคารพ.ศ. 2522 ได้นิยาม ดังต่อไปนี้

2.1.1 อาคารอยู่อาศัย หมายความว่า อาคารซึ่งโดยปกติบุคคลใช้อยู่อาศัยได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ไม่ว่าจะเป็นการอยู่อาศัยอย่างถาวร หรือชั่วคราว

2.1.2 ห้องแถว หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างต่อเนื่องกันเป็นแถวยาวตั้งแต่สองคูหาขึ้นไปมีผนังแบ่งอาคารเป็นคูหาและประกอบด้วยวัสดุไม่ทนไฟเป็นส่วนใหญ่

2.1.3 ตึกแถว หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างต่อเนื่องกันเป็นแถวยาวตั้งแต่สองคูหาขึ้นไปมีผนังแบ่งอาคารเป็นคูหาและประกอบด้วยวัสดุทนไฟเป็นส่วนใหญ่

2.1.4 บ้านแถว หมายความว่า ห้องแถวหรือตึกแถวที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งมีที่ว่างด้านหน้าและด้านหลังระหว่างรั้วหรือแนวเขตที่ดินกับตัวอาคารแต่ละคูหา และมีความสูงไม่เกินสามชั้น

2.1.5 บ้านแฝด หมายความว่า อาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยก่อสร้างติดต่อกันสองบ้าน มีผนังแบ่งอาคารเป็นบ้าน มีที่ว่างระหว่างรั้วหรือแนวเขตที่ดินกับตัวอาคารด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างของแต่ละบ้าน และมีทางเข้าออกของแต่ละบ้านแยกจากกันเป็นสัดส่วน

2.1.6 อาคารพาณิชย์ หมายความว่า อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการพาณิชยกรรม หรือบริการธุรกิจ หรืออุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตเทียบได้ไม่เกิน 5 แรงม้าและให้หมายความรวมถึงอาคารอื่นใดที่ก่อสร้างห่างจากถนนหรือทางสาธารณะไม่เกิน 20 เมตร ซึ่งอาจใช้เป็นอาคารเพื่อประโยชน์ในการพาณิชยกรรมได้

2.1.7 อาคารสาธารณะ หมายความว่า อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไปเพื่อกิจการทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือการพาณิชยกรรม เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา หอสมุด สนามกีฬากลางแจ้ง สถานกีฬาในร่ม ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานบริการ ท่าอากาศยาน อุโมงค์ สะพาน อาคารจอดรถ สถานีรถ ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ สุสาน ฌาปนสถาน ศาสนสถาน เป็นต้น

2.1.8 อาคารพิเศษ หมายความว่า อาคารที่ต้องการมาตรฐานความมั่นคงแข็งแรงและความปลอดภัยเป็นพิเศษ เช่น อาคารดังต่อไปนี้ (1) โรงมหรสพ อัฒจันทร์ หอประชุม หอสมุด หอศิลป์

พิพิธภัณฑสถาน หรือ ศาสนสถาน (2) อู่เรือ คานเรือ หรือท่าจอดเรือ สำหรับเรือขนาดใหญ่เกิน 100 ตันกรอส (3) อาคารหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสูงเกิน 15 เมตร หรือสะพานหรืออาคารหรือโครงหลังคาช่วงหนึ่งเกิน 10 เมตร หรือมีลักษณะโครงสร้างที่อาจก่อให้เกิดภยันตรายต่อสาธารณชนได้ (4) อาคารที่เก็บวัสดุไวไฟ วัสดุระเบิด หรือวัสดุกระจายแพร่พิษ หรือรังสี ตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น

2.1.9 อาคารอยู่อาศัยรวม หมายความว่า อาคารหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับหลายครอบครัว โดยแบ่งออกเป็นหน่วยแยกจากกันสำหรับแต่ละครอบครัว

2.1.10 อาคารขนาดใหญ่ หมายความว่า อาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำ หรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

2.1.11 สำนักงาน หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นสำนักงานหรือที่ทำการ

2.1.12 คลังสินค้า หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่สำหรับเก็บสินค้าหรือสิ่งของเพื่อประโยชน์ทางการค้าหรืออุตสาหกรรม

2.1.13 โรงงาน หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

2.1.14 โรงมหรสพ หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นสถานที่สำหรับฉายภาพยนตร์ แสดงละคร แสดงดนตรี หรือแสดงมหรสพอื่นใด และมีวัตถุประสงค์เพื่อเปิดให้สาธารณชนเข้าชมการแสดงนั้น โดยจะมีค่าตอบแทนหรือไม่ก็ตาม

2.1.15 โรงแรม หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นโรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

2.1.16 ภัตตาคาร หมายความว่า อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่ขายอาหารหรือเครื่องดื่ม โดยมีพื้นที่สำหรับตั้งโต๊ะอาหารไว้บริการภายในอาคารหรือภายนอกอาคาร

2.1.17 พื้นที่อาคาร หมายความว่า พื้นที่ของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตไร้คาน (Post – tensioned slab)

2.2 ความหมายของการประมาณราคา

2.2.1 พนม [6] ให้ความหมายว่า การกะ ประมาณ ตีราคา คาดคะเนและวิเคราะห์ ซึ่งความหมายในที่นี้จะเป็นที่เข้าใจว่า การประมาณราคาที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายสำหรับงานจริงมากที่สุด

2.2.2 Park W.R. [7] ให้ความหมายว่า การคำนวณหาปริมาณและราคาของวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่นที่ควรจะเป็น สำหรับงานก่อสร้างหนึ่ง โดยอาศัยหลักวิชาและข้อเท็จจริงของท้องตลาดรวมกับวิชาสถิติ ราคาค่าก่อสร้างที่ประมาณได้จึงไม่ใช่ราคาที่แท้จริงหรือตรงกับราคาจริงแต่อาจใกล้เคียงกับราคาจริงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประมาณราคา

2.2.3 วินิต และวิสุทธิ์ [8] ความหมายของการประมาณราคาก่อสร้าง คำว่า “ประมาณ” เป็นคำที่มีความหมายชัดเจนในตัวเองอยู่แล้ว คือ ความไม่แน่นอนตายตัว แต่เป็นการคาดคะเนให้ใกล้เคียงหรือเกือบเท่ากับความจริงเท่านั้น ฉะนั้นคำว่าการประมาณราคาก่อสร้าง จึงหมายความว่าการคิดการคำนวณหาปริมาณและราคาวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงานตลอดจนค่าใช้จ่ายอื่นๆที่ควรจำเป็น

สำหรับงานก่อสร้างในหน่วยนั้นๆ โดยอาศัยหลักวิชาและข้อเท็จจริงตามท้องตลาดรวมกับสถิติต่างๆ ทางด้านงานก่อสร้าง ราคาก่อสร้างที่ประมาณได้จึงเป็นราคาที่ไม่ใช่ราคาจริง แต่อาจใกล้เคียงกับราคาก่อสร้างจริง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประมาณราคาและหลักวิธีการประมาณราคาที่ผู้ประมาณราคาเลือกใช้ว่าถูกวิธีมากน้อยเพียงใด ผู้ประมาณราคาที่มีประสบการณ์มากอาจจะประมาณราคาได้ใกล้เคียงความจริงมาก ซึ่งอาจผิดพลาดไปจากความจริงเพียงร้อยละ 1 - 5 ของราคาจริงเท่านั้น

2.3 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคา การประมาณราคาก่อสร้างจะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงขั้นตอนงานก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำประมาณการแตกต่างกันออกไปในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ [9]

2.3.1 ทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (Project Budgeting) โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะเป็นผู้จัดทำประมาณราคา เพื่อกำหนดราคากลางสำหรับค่าก่อสร้างในโครงการ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินราคาของผู้ร่วมเสนอราคาในการประมูลงานต่อไป

2.3.2 กำหนดค่างวดงานในการก่อสร้าง (Construction Progress Payment) โดยผู้ควบคุมงานหรือตัวแทนส่วนเจ้าของโครงการจะเป็นผู้ประมาณการตามแบบและแผนงาน เพื่อกำหนดค่างวดงานและสะดวกในการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวดหรือในบางกรณีที่จะต้องคำนวณเพื่อหาปริมาณงานที่ทำได้จริง ซึ่งจะต้องทำการสำรวจหน้างาน และทำการประเมินราคา เพื่อกำหนดค่างานที่จะจ่ายในงวดนั้นๆ

2.3.3 คิดค่างานเพิ่มหรืองานลดจากสัญญาในงานก่อสร้าง (Change Order and Extra Work Payment) ใช้สำหรับกรณีที่เจ้าของงานหรือตัวแทนกำหนดให้ผู้รับเหมาทำงานเพิ่มเติมจากที่กำหนดในแบบและข้อกำหนดประกอบสัญญาจ้าง ซึ่งจะต้องทำการประมาณการหาปริมาณงานจากแบบเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมโดยที่ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการคิดราคา อาจเป็นราคาที่แสดงอยู่ในใบเสนอราคาหรือราคาต่อหน่วยใหม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญา

2.3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study) การประมาณการในลักษณะนี้ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบรายละเอียด ทั้งนี้อาจใช้วิธีคำนวณราคาต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยหรือราคาต่อหน่วยการใช้ เป็นต้น ซึ่งยอมรับได้ในการนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ก่อนจะลงมือดำเนินการในขั้นต่อไป

2.3.5 จัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา (Bill of Quantity for Competitive Bidding) การประมาณการจะต้องทำอย่างละเอียดและรอบคอบทั้งนี้หากผิดพลาดอาจจะทำให้ขาดทุนได้

2.4 คุณสมบัติของผู้ประมาณราคา ผู้ประมาณราคา หมายถึง บุคคลที่ทำหน้าที่ประมาณราคาหรือแยกราคาวัสดุก่อสร้างในหน่วยก่อสร้าง นั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบและรายการก่อสร้างอันประกอบด้วยค่าวัสดุ ค่าแรงงาน ค่าโสหุ้ย ค่ากำไร และค่า ภาษี เพื่อเสนองานแก่เจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้าง บางครั้งในกรณีที่ผู้ว่าจ้างเป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ประมาณราคาจะ ดำเนินการประมาณราคาเฉพาะค่าวัสดุและค่าแรงงานเท่านั้น ส่วนค่ากำไรและค่าภาษีผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้ประมาณการเองก่อนที่

จะนำไปประมูลหรือประกวดราคา การประมาณราคาก่อสร้างจะใกล้เคียงความเป็นจริงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประมาณราคา ซึ่งควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ [8]

2.4.1 มีความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ และเรขาคณิต

2.4.2 มีความรู้ความเข้าใจในการอ่านแบบ รายการก่อสร้าง และสัญญาก่อสร้างเป็นอย่างดี

2.4.3 มีความรู้ ความชำนาญเกี่ยวกับเทคนิคและการควบคุมงานก่อสร้าง สามารถรู้และทำงานตามขั้นตอน หรือลำดับงานของการก่อสร้าง ตลอดจนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการก่อสร้าง

2.4.4 มีความรู้ความสนใจเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างตามท้องตลาด ทั้งคุณสมบัติ ราคา ตลอดจนแหล่งผลิตและ จำหน่ายวัสดุนั้นๆ เพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนของวัสดุแต่ละชนิด

2.4.5 มีวิสัยทัศน์ในการมองเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง เช่น แหล่งที่มาของวัสดุ และสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของดินฟ้าอากาศ

2.4.6 สามารถเลือกวิธีการประมาณราคาให้เหมาะสมตามสถานการณ์ มีลำดับขั้นตอนในการประมาณราคา เพื่อกันการลืม

2.4.7 มีความสนใจเกี่ยวกับสถิติ การความเคลื่อนไหวของและการเปลี่ยนแปลงตามตลาดแรงงานอยู่เสมอ

2.4.8 มีความช่างสังเกตและติดตาม ตลอดจนการวิเคราะห์ประเมินผลการดำเนินงานในแต่ละครั้งเพื่อนำข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดไปทำการแก้ไขต่อไป จากคุณสมบัติข้างต้น จะสังเกตว่าผู้ประมาณราคาที่ดี จะต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถตลอดจนประสบการณ์ในการก่อสร้างเป็นอย่างมากจึงจะช่วยให้การประมาณราคาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

2.5 ขั้นตอนการประมาณราคา เป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาที่จะต้องตัดสินใจหลังจากที่ได้รับแบบแปลนก่อสร้างจากเจ้าของงานแล้วว่าจะ วางแผนดำเนินการถอดราคาและคิดราคาอย่างไรจึงจะประมูลงานสู้กับผู้รับเหมารายอื่นได้โดยไม่เสี่ยงต่อสภาวะ ขาดทุน แต่ละคนจะต้องหากลยุทธวิธีที่จะชนะคู่ต่อสู้ให้ได้ และวิธีที่สำคัญที่สุดที่ผู้รับเหมาแต่ละคนไม่สามารถ หลีกเลี่ยงได้ก็คือ วิธีการประมาณราคาที่ถูกต้องเป็นไปอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นเป็นตอน ดังนั้นการประมาณราคาที่ถูกวิธีควรมีขั้นตอนดังนี้ [10]

2.5.1 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดพร้อมทั้งสำรวจสถานที่ก่อสร้างจริง (Data)

2.5.2 ถอดแบบเพื่อหาปริมาณงานและวัสดุทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในแบบ (Take off)

2.5.3 ลงราคาวัสดุและแรงงานที่ใช้ลงแบบฟอร์มการประมาณราคา (Take cost)

2.5.4 สรุปราคารวมค่าดำเนินการและกำไร (Overhead and profit)

หลังจากที่ผู้รับเหมาตัดสินใจจะประมูลงานนี้แล้ว จะต้องดำเนินการรวบรวม ข้อมูลพร้อมทั้งตรวจสอบสถานที่จะต้องก่อสร้างจริงว่ามีอุปสรรคหรือปัญหาอะไรบ้างที่จะเกิดขึ้นหรือตามมา ข้อมูลส่วนมากที่จะใช้ในขั้นตอนนี้ก็คือ (1) แบบรูป (2) รายการประกอบหรือข้อกำหนดในแบบ (3) เอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น เอกสารสัญญา เอกสารแนบท้ายสัญญา เป็นต้น และ (4) สำรวจสถานที่จริง จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการประมาณราคา ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดเล็ก หรืออาคารขนาดใหญ่ก็ตาม ผู้รับเหมาหรือผู้ประมาณราคาจะต้องนำมาดำเนินการตามขั้นตอนของการประมาณราคาต่อไป ในขณะเดียวกันข้อมูลที่ได้อาจเป็นปัญหาอย่างมากสำหรับผู้ประมาณราคามือใหม่หรือผู้ประมาณราคาที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน ที่อาจไม่รู้ว่าจะเริ่มดำเนินการ

อย่างไร ที่จริงแล้วการประมาณราคางาน ก่อสร้างทุกชนิดทุกประเภทจะมีแนวทางการดำเนินการหรือหลักการประมาณราคาหรือพื้นฐานการประมาณราคา เป็นไปในแนวเดียวกันหมด อาจแตกต่างกันตรงเทคนิควิธีเพียงเล็กน้อย แต่ผลสรุปออกมาก็คือเป้าหมายอันเดียวกันโดยมีแบบรูปหรือแบบแปลนเป็นตัวกำหนด หรือแม้แต่ข้อกำหนดที่ตกลงด้วย ไม่ว่าจะระบุไว้ในแบบ หรือไม่ก็ตามผู้รับจ้างควรจะนำมาคิดไว้เป็นต้นทุนด้วย งานก่อสร้างบางงานระบุข้อกำหนดหรือคุณสมบัติของวัสดุต่างๆที่ใช้ในงานนั้นๆลงไว้ในแบบเรียบร้อย ดังนั้นไม่ว่าผลการประมาณราคาจะออกมาแตกต่างราคากันมากน้อยเพียงใดก็ตาม ถ้าผู้รับเหมายื่นซองประมูลราคามาแล้วถือว่าไม่มีผู้ใดประมาณราคาผิด แต่ที่ราคาที่ผู้รับเหมายื่นซองมาแล้วมีราคาที่แตกต่างกันออกไปก็เนื่องจากนโยบายในทางการดำเนินการหรือในเชิงธุรกิจที่ไม่เหมือน ผู้รับเหมาบางคนอาจต้องการกำไรมาก บางคนอาจมีต้นทุนที่ต่ำกว่า เช่น ไม้แบบที่ใช้ในการก่อสร้างใน สถานการณ์จริงแล้วสามารถใช้ได้ 2 ถึง 3 ครั้ง ต่อไม้แบบ 1 ชุด การประมาณราคาไม้แบบจึงสามารถลดปริมาณประมาณได้ 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้รับเหมาบางคนอาจคิด 100 เปอร์เซ็นต์ ก็ไม่ผิดเงื่อนไขการประมาณราคา การดูสถานที่ก่อสร้างจริงเป็นวันที่ถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ว่าจ้าง ที่จะนัดหมายให้ผู้ที่จะต้องการประมูลราคาในงานก่อสร้างนั้นๆให้มาดูสถานที่จริงก่อนที่จะนำไปประกอบในการคิดราคาซึ่งผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้กำหนดเงื่อนไขต่างๆขึ้นให้ผู้รับจ้างได้ปฏิบัติตาม เช่น ระดับอ้างอิงในการก่อสร้าง การรักษาต้นไม้บางต้นไว้ เป็นต้น จึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมากสำหรับผู้รับจ้างหรือผู้ประมาณราคาเนื่องจากสถานที่อาจเป็นตัวกำหนดต้นทุน หรือกำไรได้มาก สถานที่จริงจะบอกได้ว่าอุปสรรคที่จะเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานหรือขั้นเตรียมงานมีมากน้อยเพียงใดที่ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขหรือดำเนินการหรือต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เช่น สถานที่จริงในการปฏิบัติงานเป็นสถานที่แคบมาก การขนย้ายวัสดุไม่สะดวกต้องใช้แรงงานคนในการขนย้ายวัสดุบางส่วน ก็สามารถที่จะคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นได้

การถอดแบบหาปริมาณของงานทั้งหมดจากข้อมูลในวงการก่อสร้างเราคุ้นเคยกับคำว่า “ถอดแบบ” หรือ “Takeoff” ก็คือการหาปริมาณวัสดุก่อสร้างที่เป็นไปตามรูปแบบ (Drawing) เป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) เป็นไปตามสัญญาและข้อตกลงอื่นๆ เพราะข้อมูลทุกอย่างแล้วแต่เป็นเงิน ทั้งนั้น การหาปริมาณวัสดุแต่ละชนิดนั้นเราสามารถคำนวณปริมาณต่างๆ ตามหลักดังนี้ ในเรื่องความยาว มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร เซนติเมตร เมตร เช่น ความยาวของเสาเข็ม เป็นเมตร ความยาวของเชิงชายเป็นเมตร ความสูงของอาคารเป็นเมตร เป็นต้น ในเรื่องของพื้นที่ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร ตารางวา งาน ไร่ พื้นที่ของไม้แบบ เป็นตารางเมตร พื้นที่ของผนังก่ออิฐ เป็นตารางเมตร พื้นที่ของการมุงกระเบื้องหลังคา เป็นตารางเมตร เป็นต้น ในเรื่องของปริมาตร มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร หรือ คิวบิคเมตร เป็นต้น

2.6 วิธีการประมาณราคา [11] แบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

2.6.1 การประมาณราคาขั้นต้น (Preliminary Construction Cost Estimating) เป็นการประมาณราคาแบบหยาบๆ เนื่องจากแบบและรายละเอียดที่มีอยู่ในการประมาณราคานั้นขาดความสมบูรณ์ ส่วนใหญ่มักใช้สำหรับการเริ่มโครงการใหม่ โดยวัตถุประสงค์เพื่อ กำหนดงบประมาณราคาค่าก่อสร้าง โดยจะใช้เพียงแบบร่างในการประมาณราคาหรืออาจจะนำราคาที่ได้จากการประมาณราคาขั้นต้นนี้นำไปใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้โครงการก่อนที่จะเริ่มดำเนินการในส่วนอื่นๆ โดยที่

การประมาณราคาขั้นต้นนี้จะเป็นการประมาณราคาที่ใช้ราคาเทียบต่อหน่วยเป็นหลัก โดยหน่วยที่นิยมใช้มี 3 แบบ คือ

2.6.1.1 ใช้ราคาต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอย เป็นวิธีที่นิยมกันอย่างมาก โดยในการประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยจะเป็นการรวบรวมสถิติราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ซึ่งข้อมูลที่นำมาเก็บเป็นสถิติควรจะมีการระบุถึงเงื่อนไขในการก่อสร้าง ลักษณะของแบบโครงสร้าง งานตกแต่ง ไว้ด้วย เป็นต้น เช่น งานก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ได้มีการรวบรวมสถิติ โดยแบ่งแยกตามลักษณะการตกแต่ง 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ (1) ค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรเท่ากับ 12,000 บาท และ (2) ค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรเท่ากับ 12,500 บาท เมื่อมีผู้ต้องการก่อสร้างบ้าน ก็จะนำแบบมาเทียบลักษณะการตกแต่งว่าอยู่ในกลุ่มใด สมมติว่าอยู่ในกลุ่มที่ 1 เมื่อวัดขนาดพื้นที่ใช้สอยได้ 300 ตารางเมตร ก็จะได้ราคาค่าก่อสร้างเท่ากับ 12,000 x 300 = 3,600,000 บาท

2.6.1.2 การประมาณราคาโดยใช้ปริมาตร วิธีนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการคิดราคาต่อพื้นที่ เพียงแต่ว่าจะใช้ราคาต่อหน่วยปริมาตรแทนพื้นที่ ซึ่งอาคารที่จะนำมาคิดควรจะเป็นอาคารที่มีลักษณะที่มีโครงสูงโล่ง เช่น อาคารโรงอาหาร สนามกีฬาในร่ม หรือเป็นงานที่มีการกำหนดขนาดเป็นปริมาตรความจุ เช่น ถังเก็บน้ำ สระว่ายน้ำ เป็นต้น โดยกำหนดการคิดปริมาตรความจุของงานนั้นๆ เป็นลูกบาศก์เมตร เช่น ต้องการสร้างถังเก็บน้ำขนาด 3,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการเก็บข้อมูลปรากฏว่า ในงานก่อสร้างประเภทถังเก็บน้ำมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 5,000 บาท ฉะนั้นการก่อสร้างถังเก็บน้ำนี้เมื่อประมาณราคาโดยใช้วิธีปริมาณราคาโดยใช้ปริมาตรจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเท่ากับ 3,000 x 5,000 = 15,000,000 บาท

2.6.1.3 การประมาณราคาโดยหน่วยของการใช้ เช่น การประมาณราคาของโรงแรมระดับกลาง อพาร์ทเมนต์ หอพัก หรือโรงพยาบาล โดยในการประมาณโดยหน่วยของการใช้นี้จะเก็บรวบรวมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแล้วนำมาคิดค่าเฉลี่ยราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดต่อองค์ประกอบหลักๆ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกของสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ ในโรงพยาบาลก็จะคิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อเตียง ในหอพักหรืออพาร์ทเมนต์ ก็จะคิดค่าเฉลี่ยต่อห้อง เช่น ในการสร้างอพาร์ทเมนต์ 32 ห้อง โยจากตัวเลขประมาณการเฉลี่ยค่าก่อสร้างจากข้อมูลในอดีตเฉลี่ย 150,000 บาทต่อห้อง ฉะนั้นการก่อสร้างอพาร์ทเมนต์หลังนี้ สามารถประเมินค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการประมาณโดยหน่วยของการใช้ได้ค่าก่อสร้างเท่ากับ 32 x 150,000 = 4,800,000 บาท

2.6.2 การประมาณราคาอย่างละเอียด (Professional Construction Cost Estimating) ในการประมาณราคาแบบละเอียดจะหมายถึงการประมาณราคาเมื่อแบบ (Drawing) และรายการประกอบแบบ (Specifications) เรียบร้อยสมบูรณ์แล้วทำการประมาณราคาโดยแยกปริมาณงานและวัสดุก่อสร้างที่จะต้องใช้ (รวมทั้งเผื่อเสียหาย) ออกมาเป็นหน่วย โดยคิดตามลำดับขั้นตอนของการก่อสร้าง เมื่อคูณด้วยราคาค่าวัสดุและค่าแรงงานต่อหน่วยของงานนั้นๆ จะได้ราคาค่าวัสดุและค่าแรงงาน หลังจากประมาณค่าใช้จ่ายต่างๆ และบวกด้วยกำไรก็รวมยอดเป็นราคาค่าก่อสร้างสำหรับโครงการนั้น การประมาณราคาโดยวิธีนี้มีความผิดพลาดและอัตราเสี่ยงน้อยกว่าการประมาณราคาอย่างหยาบ เหมาะสำหรับใช้ในการเตรียมราคากลาง การคิดราคาเพื่อยื่นซองประกวดราคา การแบ่งงวดเงินค่าก่อสร้าง หรือเพื่อสำหรับเพื่อการสั่งซื้อวัสดุในขณะดำเนินการก่อสร้าง [8]

2.7 การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ (ตามมติคณะรัฐมนตรี 6 กุมภาพันธ์ 2550) คณะรัฐมนตรีได้ประชุมปรึกษาเมื่อวันที่6 กุมภาพันธ์ 2550 ลงมติ

เห็นชอบหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ตามที่คณะกรรมการกำกับนโยบายราคากลางงานก่อสร้าง กระทรวงการคลัง เสนอให้ใช้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างที่ปรับปรุงใหม่ ที่มี คณะอนุกรรมการพิจารณาปรับปรุงหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ประกอบด้วย ผู้แทนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของภาครัฐ เอกชน และผู้ทรงคุณวุฒิ รวม 13 ท่าน โดย มอบหมายให้รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง เป็นประธานอนุกรรมการ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนามาตรฐานระบบพัสดุภาครัฐ กรมบัญชีกลาง เป็นอนุกรรมการและเลขานุการ และให้คณะอนุกรรมการฯ มีอำนาจหน้าที่พิจารณาทบทวนในรายละเอียดและเสนอแนะแนวทางและวิธีการในการปรับปรุงหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงาน ก่อสร้าง ทั้งในส่วนของการคำนวณค่างานต้นทุน Factor F และรายละเอียดประกอบการคำนวณ ราคากลางงานก่อสร้างให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องตามข้อมูลข้อเท็จจริงปัจจุบัน และสร้างความเป็นธรรมให้แก่ทุกฝ่าย โดยให้ส่วนราชการรัฐวิสาหกิจและหน่วยงานอื่นของรัฐถือปฏิบัติ อีกทั้งให้สำนักงบประมาณและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างนี้ประกอบการพิจารณาจัดสรรหรือตั้งงบประมาณสำหรับโครงการงานก่อสร้างของทางราชการ มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2550 [12]

การคำนวณค่างานต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) กำหนดให้ใช้วิธีการถอดแบบก่อสร้าง เพื่อสำรวจและกำหนดรายการรวมทั้งปริมาณงาน วัสดุและแรงงาน ที่ต้องใช้ในการก่อสร้างทั้งหมดแล้วนำมาคำนวณกับรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ซึ่งได้แก่ ราคาวัสดุ ค่าขนส่งวัสดุค่าแรงงานฯ ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา และหรืออัตราราคางานต่อหน่วย โดยยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (ค่าอำนวยการ ดอกเบี้ย กำไรและภาษี) หลักเกณฑ์ในส่วนของการถอดแบบคำนวณราคากลางของงานอาคารประกอบด้วย (1) บัญชีแสดงปริมาณเนื้องาน ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน (2) หลักเกณฑ์การคำนวณหาปริมาณงานและวัสดุ (3) มาตรฐานการวัด หลักเกณฑ์การเผื่อ การหาปริมาณวัสดุมวลรวม และข้อมูลประกอบการถอดแบบอื่นๆ และ (4) แบบสรุปค่าก่อสร้างเบื้องต้นซึ่งเป็นแบบฟอร์มสรุปราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดในเบื้องต้น โดยนำค่างานต้นทุนรวมในแต่ละส่วนและกลุ่มงานตามบัญชีแสดงปริมาณเนื้องาน ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน มาลงไว้ในแบบสรุปนี้ แล้วคำนวณรวมกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Indirect Cost) ซึ่งได้จัดทำไว้ในรูปของตาราง Factor F และค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมเป็นค่าก่อสร้างทั้งหมดในเบื้องต้น [12]

การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคารใช้วิธีประมาณการราคาโดยละเอียด โดยกำหนดให้ใช้วิธีการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ วิธีการ และขั้นตอนเพื่อผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางนำไปใช้เป็นหลักเกณฑ์และแนวทางปฏิบัติดังนี้

2.7.1 ถอดแบบก่อสร้างจากแบบก่อสร้างที่จะใช้ก่อสร้าง เพื่อสำรวจและกำหนดรายงานงานก่อสร้าง รวมทั้ง หน่วยวัด และปริมาณงานวัสดุและหรือแรงงานสำหรับแต่ละรายการงานก่อสร้าง และรวมไปถึงการปรับจำนวน หรือปริมาณงาน/วัสดุของบางรายการงานก่อสร้างตามที่กำหนดให้สอดคล้องกับการก่อสร้างที่เป็นจริงด้วย ในหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคารนี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์แนวทางวิธีปฏิบัติรวมทั้งข้อมูลต่างๆ เพื่อผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางนำไปใช้ประกอบด้วย (1) บัญชีแสดงรายการก่อสร้างสำหรับงานก่อสร้างอาคาร (2) หลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงานวัสดุและแรงงาน (3) มาตรฐานการวัดปริมาณงานในงานก่อสร้างอาคาร (4) เกณฑ์การเผื่อและการคำนวณปริมาณวัสดุมวลรวมต่อหน่วย (5) มาตรฐานขนาดและน้ำหนักวัสดุ (6)

หลักเกณฑ์การคำนวณค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วย (7) แบบฟอร์มต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ทั้งนี้ในการถอดแบบก่อสร้างดังกล่าว ผู้ถอดแบบก่อสร้างหรือผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลาง ควรแยกรายการงานก่อสร้างลงในแบบ ปร.4 ไว้เป็นส่วนๆ เช่น ส่วนของค่างานต้นทุนซึ่งต้องคำนวณในราคาต้นทุน ส่วนของครุภัณฑ์จัดซื้อและครุภัณฑ์อื่นๆ ที่ต้องคำนวณในราคาผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย และส่วนของค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมี เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนเมื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป [12]

2.7.2 นำรายละเอียดหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร ซึ่งประกอบด้วย ค่าวัสดุค่าแรงงาน และหรือค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วย มาคำนวณกับจำนวนหรือปริมาณของแต่ละรายการ งานก่อสร้าง [12] ดังนี้

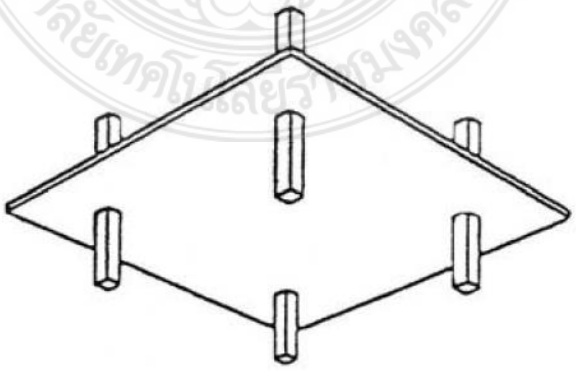
2.7.2.1 รายการงานก่อสร้างใดที่เกี่ยวข้องกับค่างานด้นทุนให้คำนวณค่าวัสดุค่าแรงงานและหรือ ค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยในราคาทุน (ไม่รวมค่าอำนวยการดอกเบี้ย กำไรและค่าภาษี)

2.7.2.2 รายการงานก่อสร้างใดที่เกี่ยวข้องกับครุภัณฑ์จัดซื้อและครุภัณฑ์อื่นๆ ที่ต้องคำนวณในราคาผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย ให้คำนวณค่าวัสดุครุภัณฑ์นั้นในราคาผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย (ไม่รวมค่า อำนวยการดอกเบี้ย กำไรและค่าภาษี)

2.7.2.3 ค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมีให้คำนวณตามหลักเกณฑ์ ที่กำหนดในส่วนของการคำนวณค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมีสำหรับงาน ก่อสร้างอาคาร

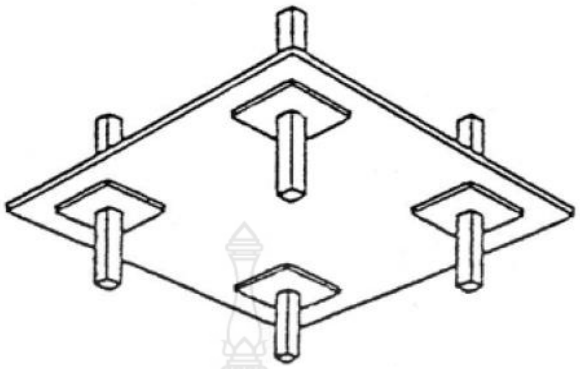
2.8 ประเภทของพื้นคอนกรีตไร้คาน ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้กับอาคารต่างๆ ตั้งแต่ปี 1951 โดยเริ่มจากประเทศสหรัฐอเมริกา และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายไปยังประเทศต่างๆ ทั้งในยุโรป ออสเตรเลีย และในเอเชีย สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการใช้ระบบพื้น Post – tension กันอย่างแพร่หลาย และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน [13] ลักษณะของแผ่นพื้นระบบ Post tension มีดังนี้

2.8.1 Flat Slab เปนแผนพื้นชนิดที่เหมาะกับงานโครงสรางทุกชนิด ทีมีระยะหางของเสาในแตละทิศทางใกลเคียงกัน นิยมใชกับ Apartment Office Building โรงพยาบาล โรงแรม เหมาะสมที่สุด ในชวงระยะห่างของเสา 5 - 8 เมตร [14] ดังรูปที่ 2.1



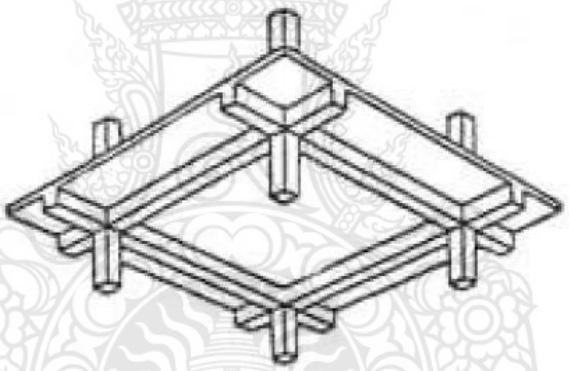
รูปที่ 2.1 พื้นระบบ Post tension แบบ Flat Slab [14]

2.8.2 Drop Panel การใชงานเหมือนกับ Flat Slab แตตองการระยะหางของเสามากขึ้น จนถึง 14 เมตร [14] ดังรูปที่ 2.2



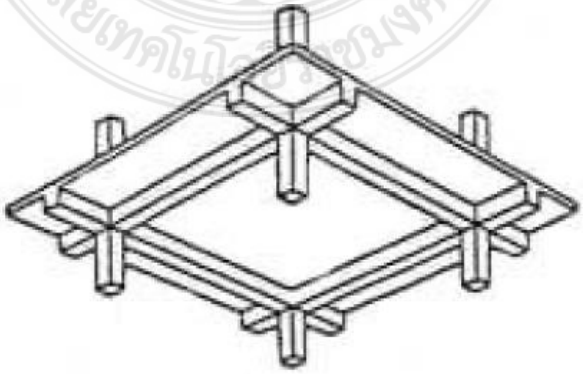
รูปที่ 2.2 พื้นระบบ Post tension แบบ Drop Panel [14]

2.8.3 Continuous Band เหมาะสมกับโครงการที่ใชเป็น Car Park โรงเรียน ศูนย์การค้าที่มี Span ยาวมากในดานหนึ่ง และ Live Load ไมมากนัก Span ยาวไดถึง 15 เมตร [14] ดังรูปที่ 2.3



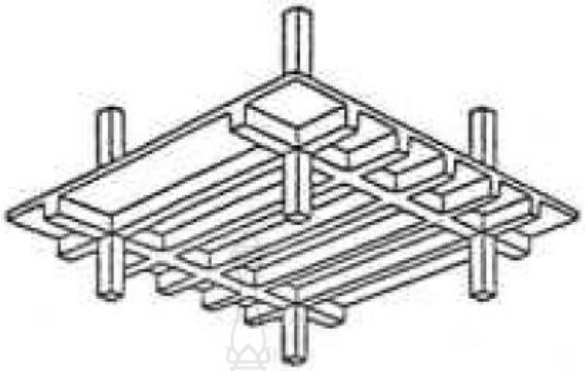
รูปที่ 2.3 พื้นระบบ Post tension แบบ Continuous Band [14]

2.8.4 Beam and Slab Span ไดถึง 10 - 20 เมตร เหมาะกับ Office อาคารสาธารณะประโยชน [14] ดังรูปที่ 2.4



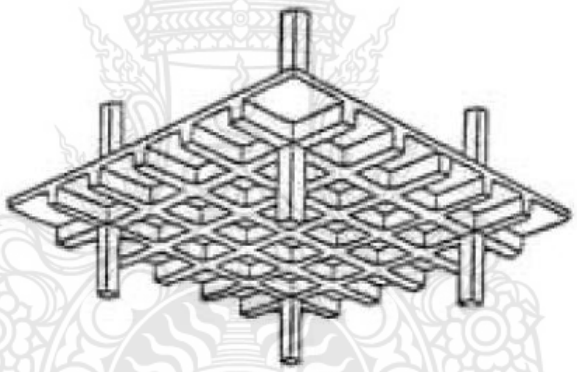
รูปที่ 2.4 พื้นระบบ Post tension แบบ Beam and Slab [14]

2.8.5 Ribbed one Way เปนระบบที่นาสนใจเมื่อพิจารณาถึงปริมาณคอนกรีตที่ใชเหมาะกับโครงสรางที่มีLive Load สูงและSpan ยาวมากเพียงดานเดียว [14] ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 พื้นระบบ Post tension แบบ Ribbed one Way [14]

2.8.6 แบบ Waffle แพร่หลายมากสำหรับอาคารที่มีLive Load สูง เช่น บริเวณกองเก็บสิ่งของ อาคารโรงงาน อาคารสนามบิน Span 10-20 เมตร [14] ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 พื้นระบบ Post tension แบบ Waffle [14]

2.9 ระบบการก่อสร้างพื้น post-tension ด้วยความที่ระบบพื้นอัดแรง (Post-tensioned slab) เป็นระบบที่จะต้องทำการดึงลวดอัดแรง (pc strand)ในภายหลัง ดังนั้น ในขั้นตอนของการเทคอนกรีตสำหรับการหล่อพื้น ก็จะต้องทำให้คอนกรีตไม่ไปจับตัวกับลวด เพราะจะทำให้ไม่สามารถดึงลวดในภายหลังได้ ดังนั้นจะต้องมีการร้อยลวดอัดแรงผ่านท่อ galvanized เสียก่อน เพื่อป้องการการจับตัวระหว่างคอนกรีตและลวดเหล็กนั่นเองครับ ซึ่งการก่อสร้าง ก็จะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกัน [15] คือ

2.9.1 ระบบ Bonded system สำหรับวิธีการก่อสร้างรูปแบบนี้ ก็จะเหมือนกับชื่อระบบ คือ เป็นระบบที่ใช้แรงยึดเหนี่ยว ดังนั้น วิธีการนี้ ท่อ galvanized (สำหรับร้อยลวด) จะใช้เป็นแบบขึ้นลอน ซึ่งตัวลอนนี้ก็จะช่วยในเรื่องของการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างตัวท่อและคอนกรีต โดยในท่อ 1 ท่อ จะมีการร้อยลวด (pc strand) ตั้งแต่ 2 – 5 เส้น และหลังจากที่ทำการดึงลวดอัดแรงแล้ว ก็จะต้องกรอกน้ำปูน (grouting) เพิ่มเข้าไปในท่อ galvanized นี้อีกครั้ง เพื่อให้ลวดกับท่อเกิด

bonding action ระหว่างกัน เหมาะกับโครงสร้าง เช่น ห้างสรรพสินค้า สำนักงาน และโครงสร้างขนาดใหญ่

2.9.2 Unbonded system – จะเป็นระบบที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว โดยจะแตกต่างจากระบบก่อนหน้านี้ โดยระบบนี้จะใช้ท่อ polyethylene (PE) หุ้มตัวลวด pc strand เพื่อป้องกันการจับตัวระหว่างลวดกับคอนกรีตแทน แต่ที่ปลายของพื้นทั้ง 2 ข้าง จะมีการใช้อุปกรณ์ที่เป็น anchorage ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากๆ อีกตัวหนึ่งเลย สำหรับการก่อสร้างด้วยวิธีนี้ ซึ่งเป็นตัวที่จะช่วยล็อคเส้นลวดให้แน่นหลังจากที่ทำการอัดแรงเสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งระบบนี้ ในท่อ PE แต่ละเส้น จะมีลวด pc strand 1 เส้น ด้วยกัน ดังนั้นอาจเรียกได้ว่า anchorage 1 set ใช้ท่อ 1 ท่อ และใช้ลวด 1 เส้น ครับ ระบบการก่อสร้างนี้จะนิยมใช้กับอาคารที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้งานของอาคาร เช่น อาคารที่จอดรถ หรืออาคารที่ไม่ใหญ่มากครับ

2.10 วิธีการก่อสร้างระบบพื้น post-tension มีรายละเอียด ดังนี้ [15]

2.10.1 หลังจากที่ขึ้นเสาชั้นที่ 1 ไปชั้นที่ 2 เสร็จแล้ว ก็จะเริ่มทำการเข้าแบบหล่อ (form work) สำหรับท้องพื้น

2.10.2 จากนั้นจึงทำการปรับระดับแบบหล่อ ให้ได้ระดับ และการติดตั้งแบบหล่อด้านข้าง

2.10.3 ทำการวางเหล็กเสริมด้านล่างของพื้นตามระยะห่างที่ได้ระบุไว้ในแบบ

2.10.3 ติดตั้งเหล็กเสริมกันการระเบิด (Anti-bursting reinforcement) ที่บริเวณรอบแบบหล่อด้านข้าง

2.10.4 ติดตั้งเหล็กเสริมพิเศษด้านล่างรอบหัวเสา (lower reinforcement in column)

2.10.5 ติดตั้งเหล็กเสริมป้องกันการเฉือนทะลุบริเวณรอบหัวเสา (punching shear reinforcement)

2.10.6 ระบุตำแหน่งและติดตั้ง bar chair สำหรับรองรับท่อร้อยลวด pc strand

2.10.7 วางท่อร้อยลวด pc strand และยึดเข้ากับ bar chair

2.10.8 ติดตั้ง anchorage และท่ออากาศสำหรับกรอกน้ำปูน (grouting)

2.10.9 ติดตั้งเหล็กเสริมและเหล็กเสริมพิเศษด้านบน

2.10.10 เทคอนกรีต โดยที่จะต้องระวังไม่ให้เหล็กและลวดถูกดันออกจากตำแหน่งที่ได้ติดตั้งไว้ และอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องระวังเป็นพิเศษก็คือ การตรวจสอบว่านั่งร้านที่ใช้ค้ำยันแบบหล่อพื้นจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอในการรับน้ำหนักคอนกรีตเปียกที่เทลงมา

2.10.11 บ่มคอนกรีตให้ได้กำลังอัดประลัยประมาณ 75% ของกำลังที่ระบุไว้

2.10.12 ถอดแบบด้านข้างและอุปกรณ์ปิดท่อออก

2.10.13 ติดตั้งชุดสมอยึดเข้ากับลวด (block and jaws)

2.10.14 ดึงลวดให้ได้กำลัง 80 % ของ tensile stress ของลวด pc strand และวัดค่า elongation ให้เป็นไปตามที่กำหนด

2.10.15 ตัดปลายลวด pc strand ที่ยื่นออกมาออก และใช้ปูนทรายปิดช่องและฝังลวด

2.10.16 ทำความสะอาดท่อด้วยเครื่องเป่าอากาศ ทำการเป่าเข้าไปที่ท่ออากาศที่เตรียมไว้

2.10.17 กรอกน้ำปูนเข้าไปยังท่อเพื่อสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างลวด pc strand และท่อ

2.10.18 ถอดนั่งร้านและแบบหล่อออก และเริ่มขั้นตอนที่ 1 ใหม่ สำหรับการทำพื้นชั้นต่อไป

2.11 ข้อดีของระบบพื้น post-tension มีดังนี้ [16]

2.11.1 จัดสรรพื้นที่ใช้สอยได้ง่ายและสวยงาม

ก) สามารถจัดแบ่งพื้นที่ใช้งานได้อย่างอิสระ เนื่องจากไม่มีคานเป็นตัวกำหนดแนวของผนัง

ข) สามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้ทุกโอกาส

ค) ความสวยงามของงานระบบ เนื่องจากท้องพื้นเรียบไม่มีคานมากีดขวางแนวท่อหรืองานระบบต่าง ๆ

ง) สามารถออกแบบอาคารที่มีระยะห่างระหว่างเสาห่างมากขึ้นได้ ทำให้ภายในอาคารดูกว้างขวางสวยงาม

2.11.2 ด้านโครงสร้าง

ก) มีความหนาของพื้น Post-Tension ที่น้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Slab) ทำให้มีน้ำหนักโดยรวมที่น้อยกว่า จึงสามารถลดค่าก่อสร้างของงานฐานรากลงได้

ข) ในการออกแบบได้คำนึงถึงความต้านทานไฟไหม้ของพื้น Post-Tension โดยเลือกจำนวนชั่วโมงที่จะทนทานไฟไหม้ ตามที่ Post Tensioning Institute (PTI) ได้แนะนำไว้

ค) ความสูงโดยรวมของอาคารน้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Slab) ในกรณีที่อาคารมีจำนวนชั้นที่เท่ากัน จึงทำให้รับแรงลมและแรงแผ่นดินไหวน้อยกว่า

2.11.3 ลดต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้าง

ก) ความสูงระหว่างชั้นลดลง ทำให้สามารถสร้างอาคารจำนวนชั้นที่มากกว่าในความสูงที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Slab)

ข) ประหยัดพื้นที่ในการเก็บวัสดุ สามารถส่งเข้าหน่วยงานและยกขึ้นบนชั้นที่จะทำงานได้ทันที ไม่จำเป็นต้องจัดเก็บวัสดุ และสามารถก่อสร้างในพื้นที่จำกัดได้

ค) จากความสูงระหว่างชั้นที่ลดลง ทำให้ทางขึ้นลงของพาหนะมีระยะที่สั้น (ความยาวและความชันของทางขึ้นลง แปรผันตามความสูงระหว่างชั้น) จึงสามารถจัดพื้นที่จอดรถได้มากขึ้น

ง) ลดระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้นโดยที่ระยะเวลาก่อสร้างพื้น Post-tension อยู่ที่ 7-10 วันต่อชั้น

2.12 ข้อเสีย ของระบบพื้น post-tension [15] มีดังนี้

2.12.1 เสาโครงสร้างที่เป็นเสาคอนกรีต มีขนาดที่ค่อนข้างจะใหญ่มาก ซึ่งถึงแม้จะได้ floor space ที่เพิ่มมากขึ้น แต่ด้วยเสาโครงสร้างที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ก็ทำให้การจัดองค์ประกอบของอาคารทำได้ยาก และยังเสีย floor space ที่ควรจะสามารถนำมาใช้งานได้

2.12.2 ด้านระยะเวลา หลังจากที่ทำพื้นชั้นที่ 2 เสร็จแล้ว ก็ต้องหล่อเสาชั้นที่ 2 ไปยังชั้นที่ 3 เพิ่มเติม และบ่มคอนกรีตจนกว่าเสาจะได้กำลังรับแรงอัดที่เพียงพอสำหรับการรับน้ำหนักจากพื้นชั้นต่อไป ซึ่งขั้นตอนการบ่มคอนกรีตของตัวเสา ก็จะทำให้เสียเวลาในการก่อสร้างอีกนั่นเอง

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.13.1 ASCE [17] ศึกษาการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยใช้วิธีอัตราส่วน (Ratio) โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างราคาของงานหลักต่อราคาก่อสร้างของโครงการจากโครงการในอดีต เช่น งาน

ก่อสร้างโรงงาน ซึ่งเมื่อทราบราคาของเครื่องจักรแล้วก็จะนำมาประมาณราคาของงานก่อสร้างโรงงานได้ โดยใช้อัตราส่วนของราคาเครื่องจักรต่อราคาก่อสร้างรวมของโรงงาน

2.13.2 Park [7] ศึกษาการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยใช้วิธีหน่วยผลผลิตเสร็จ (End Product Unit) ในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง 4 โครงการ คือ โรงกำจัดน้ำเสีย โรงผลิตไฟฟ้าพลังไอน้ำ อาคารเรียนและบ้านพักอาศัย โดยใช้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ซึ่งได้จากข้อมูลในอดีตหาความสัมพันธ์ของค่าก่อสร้างกับปริมาณและคุณภาพของน้ำที่จะบำบัด กำลังผลิตกระแสไฟฟ้า จำนวนนักเรียนและจำนวนห้องพัก ตามลำดับ เมื่อได้ราคาค่าก่อสร้างต่างๆ แล้วจะแปลงเป็นราคาในปีที่ก่อสร้าง โดยอาศัยข้อมูลของอัตราเงินเฟ้อในปีต่างๆทำเป็นดัชนี

2.13.3 Regon [18] ศึกษาโดยการรวบรวมข้อมูลการก่อสร้างอาคารที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว และหาตัวแปรที่มีอิทธิพลของราคาค่าก่อสร้าง ตัวแปรที่มีอิทธิพลแต่ละตัวเป็นตัวแปรอิสระ และใช้การวิเคราะห์การถดถอย ในการหาความสัมพันธ์ของราคาค่าก่อสร้างกับตัวแปรอิสระเหล่านั้น โดยตัวแปรที่มีอิทธิพล คือ (1) ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งาน (2) พื้นผิวด้านหน้าอาคาร (3) ความหนาพื้น (4) เปอร์เซ็นต์ของผนังเทียบกับพื้นที่ในแนวดิ่งของอาคาร (5) เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร (6) จำนวนชั้นที่ใช้งานต่อจำนวนชั้นทั้งหมดของอาคาร (7) จำนวนชั้นทั้งหมดต่อจำนวนชั้นของอาคารแต่ละประเภท และ (8) ความสูงระหว่างชั้น

2.13.4 สันติ [2] ศึกษาการประมาณราคาก่อสร้างอาคารโดยใช้อัตราส่วนองค์ประกอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อทำฐานข้อมูลของการประมาณราคาเบื้องต้นของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดต่างๆ โดยใช้อัตราส่วนราคาของงานคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นฐานในการคำนวณ ข้อมูลหลักที่ใช้ได้แก่ คอนกรีต แบบหล่อ และเหล็กเสริม จะถูกเก็บอยู่ในรูปปริมาณต่อหน่วยพื้นที่ของอาคาร ข้อมูลถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน ได้แก่ ปริมาณวัสดุต่อหน่วยพื้นที่อาคาร อัตราส่วนต้นทุนงานโครงสร้างและอัตราส่วนต้นทุนงานโครงสร้างต่อต้นทุนงานอาคาร ข้อดีของการประมาณราคาในลักษณะนี้ คือ สามารถประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารในปีใดก็ได้เพียงแต่ใช้ราคาของวัสดุหลักของคอนกรีตเสริมเหล็กในปีที่สร้างอาคาร

2.13.5 ประจักษ์ [19] ศึกษาการประมาณราคาต่อหน่วยพื้นที่แบบรวดเร็วโดยใช้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างประกอบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการประมาณราคาแบบละเอียดตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการกับดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพานิชย์ เพื่อหาค่าแฟกเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสูตรสำเร็จในการหาราคาต่อตารางเมตร ได้ผลว่า ดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพานิชย์ สามารถนำไปดำเนินการทำเป็นสูตรสำเร็จที่เป็นราคาต่อตารางเมตรแบบรวดเร็ว ที่มีความน่าเชื่อถือและมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 8

2.13.6 เชิดชัย [11] ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนองค์ประกอบหลักในงานก่อสร้างอาคารพักอาศัย 2 ชั้น สำหรับตรวจสอบการประมาณปริมาณงาน ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนองค์ประกอบสำคัญ 5 อัตราส่วน ได้แก่ (1) ปริมาณไม้แบบต่อพื้นที่ใช้สอย (2) ปริมาณเหล็กเสริมต่อปริมาณคอนกรีต (3) ปริมาณไม้แบบต่อปริมาณคอนกรีต (4) ปริมาณเหล็กโครงหลังคาต่อปริมาณไม้แบบ และ (5) ปริมาณเหล็กโครงหลังคาต่อพื้นที่หลังคา ซึ่งจากค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนดังกล่าว สามารถนำมาเป็นแนวทางเพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของบัญชีรายการวัสดุได้

2.13.7 สุนันท์ และชูเกียรติ [5] ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนของพื้นที่ผนังก่ออิฐต่อพื้นที่อาคารของแบบก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก สูง 2 ชั้น จำนวน 59 แบบ พบว่า พื้นที่อาคารต่ำสุด 102.00 ตารางเมตร สูงสุด 260 ตารางเมตร พื้นที่อาคารเฉลี่ย 157.58 ตารางเมตร พื้นที่ผนังก่ออิฐต่ำสุด 157.58 ตารางเมตร สูงสุด 413.40 ตารางเมตร พื้นที่ผนังก่ออิฐเฉลี่ย 252.83 ตารางเมตร พื้นที่ช่องเปิด ต่ำสุด 43.33 ตารางเมตร สูงสุด 120.00 ตารางเมตร พื้นที่ช่องเปิดเฉลี่ย 65.01 ตารางเมตร ความสูงผนังก่ออิฐต่ำสุด 2.70 เมตร สูงสุด 3.20 เมตร ความสูงผนังก่ออิฐเฉลี่ย 2.82 เมตร นำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม โดยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) พบว่า (1) ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ผนังก่ออิฐ คือ พื้นที่อาคาร ส่วนตัวแปรอื่นๆไม่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ผนังก่ออิฐ (2) ได้แบบจำลองในการหาพื้นที่ผนังก่ออิฐ (Y) = 1.383 (พื้นที่อาคาร) + 33.077 (3) จากการทดสอบแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ กับอาคารตัวอย่าง จำนวน 3 แบบ พบว่า พื้นที่ผนังก่ออิฐ น้อยกว่าการประมาณราคาแบบละเอียด ร้อยละ 0.50 – 6.78 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 และ (4) แบบจำลองที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณราคาและตรวจสอบความถูกต้องของการหาพื้นที่ผนังของอาคารโครงการใหม่ได้ในเวลาอันรวดเร็ว

2.13.8 สุนันท์ และชูเกียรติ [20] ศึกษาสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว เลือกกรณีศึกษาอาคารเรียน 4 ชั้น แบบ 324 ล./55 ข. ออกแบบโดยกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พบว่า สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทฐานราก มีค่า 70.48 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทเสา มีค่า 283.62 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทคาน มีค่า 167.01 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทพื้น มีค่า 92.91 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารประเภทบันได มีค่า 104.03 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากค่าความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำมาทดสอบกับอาคารเรียนที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน คือ อาคารเรียนต้านทานแผ่นดินไหว 4 ชั้น แบบ 318 ล./55 ข. โดยผู้วิจัยได้คำนวณหาปริมาณคอนกรีตขององค์อาคารประเภทต่างๆ แล้วนำค่าที่ได้คูณกับค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ที่ได้จากการศึกษา พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมฐานรากน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือร้อยละ 3.61 ปริมาณเหล็กเสริมเสามากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือร้อยละ 8.95 ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดมากกว่าการคำนวณด้วยมือร้อยละ 3.09 ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการหาปริมาณงาน และตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีตของอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน โดยนักประมาณราคาหรือผู้ตรวจสอบราคาก่อสร้างเพียงแต่คำนวณหาปริมาณงานคอนกรีตขององค์อาคารแต่ละประเภท แล้วนำค่าที่ได้มาคูณด้วยค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตขององค์อาคารแต่ละประเภท ก็จะได้ปริมาณเหล็กเสริมในเวลาที่รวดเร็ว ลดระยะเวลาในการทำงานลงได้มาก

2.13.9 พงศ์สยาม [21] ศึกษาแบบจำลองการประมาณราคาอาคารพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิเคราะห์ตามสัดส่วนชนิดพื้นที่ใช้สอย พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบ้านหลังหนึ่งๆ แบ่งออกเป็น

8 พื้นที่ ได้แก่ (1) พื้นที่ส่วนห้องนอน (2) พื้นที่ส่วนห้องรับแขกและห้องพักผ่อน (3) พื้นที่ส่วนครัวและอาหาร (4) พื้นที่ส่วนห้องน้ำ (5) พื้นที่ส่วนระเบียง (6) พื้นที่ส่วนห้องโถง ทางเดิน บันได (7) พื้นที่ส่วนซักล้าง และ (8) พื้นที่ส่วนจอดรถ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเพื่อหาตัวแปรการประมาณราคาตามพื้นที่ใช้สอย ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการประมาณราคาอยู่ระหว่างร้อยละ 3.81 – 7.73

2.13.10 วสันต์ [22] ศึกษาปริมาณวัสดุก่อสร้างต่อหน่วยสำหรับงานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของหน่วยงานราชการ จากการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างแบบจำลองการประมาณปริมาณคอนกรีตโครงสร้างเหล็กเสริม และไม้แบบ โดยใช้สมการการถดถอยเชิงซ้อนแบบเส้นตรง พบว่า การประมาณปริมาณวัสดุมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 10 – 15

2.13.11 โชติไกรและคณะ [23] ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวัสดุต่อหน่วยของอาคารพักอาศัย 5 - 8 ชั้น และ 3 - 5 ชั้น เพื่อหาปริมาณวัสดุเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณวัสดุทั้งหมดในหมวดคอนกรีตเหล็กเสริม และไม้แบบ ในองค์อาคารหลัก 5 หมวด คือ ฐานรากรวมเสาตอม่อ คาน เสา พื้น และงานเบ็ดเตล็ด รวมทั้งหาปริมาณวัสดุต่อหน่วยของพื้นที่อาคาร และต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณคอนกรีต เหล็กเสริม และไม้แบบต่อหน่วยของพื้นที่อาคารอาคารทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน

2.13.12 Mubarak, Tripoli and Nurisra [24] ศึกษาเรื่อง The unit price implication of reinforcement usage in beam reinforced concrete construction ผลการศึกษา พบว่า จากการหาปริมาณเหล็กเสริมต่อคอนกรีตของคาน ของอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่ได้รับผลกระทบที่มีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน 2 บริเวณ ในประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมเฉลี่ย 209.83 และ 215.17 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดให้ปริมาณเหล็กเสริม 200 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้ต้นทุนค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น

2.13.13 Smrati and Mohd [25] ศึกษาเรื่อง Cost modeling of RC building designed in different seismic effects พบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ในประเทศอินเดีย ระหว่างความสูง 2 – 10 ชั้น สัดส่วนของปริมาณคอนกรีตเพิ่มขึ้น 0.24 – 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร และสัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมเพิ่มขึ้น 20.42 – 27.18 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของอาคารและบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว

2.13.14 Ramli และคณะ [26] ศึกษาเรื่อง Cost comparison for non-seismic (EC2) and seismic (EC8) design in different ductility class ผลการศึกษา พบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหวเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศมาเลเซีย สัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมคาน เพิ่มขึ้นร้อยละ 7 – 32.40 และสัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมเสาเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 – 420.30 เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหว

2.13.15 Jami and Dumpa [27] ศึกษาเรื่อง Earthquake resistance design-impact on cost of reinforced concrete building พบว่า อาคารต้านทานแผ่นดินไหวมีสัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 และค่าใช้จ่ายงานด้านโครงสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.06 เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารนอกเขตแผ่นดินไหว

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง การทดสอบแบบจำลอง สรุปผลและข้อเสนอแนะ

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับนิยามของอาคาร ความหมายของการประมาณราคา วัตถุประสงค์ของการประมาณราคา คุณสมบัติของผู้ประมาณราคา ขั้นตอนการประมาณราคา วิธีการประมาณราคา การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ ประเภทของพื้นคอนกรีตไร้คาน ระบบการก่อสร้างพื้น post-tension วิธีการก่อสร้างระบบพื้น post-tension ข้อดี – ข้อเสียของระบบพื้น post-tension และงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับการประมาณราคาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนในงานก่อสร้างอาคาร เพื่อจะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในงานวิจัยในครั้งนี้

3.2 การวัดปริมาณงานก่อสร้าง งานวิจัยในครั้งนี้ใช้แนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารตามแนวทางของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [28] แบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

3.2.1 การวัดปริมาตรงานคอนกรีต โดยแยกรายละเอียดตามประเภทของโครงสร้าง ดังนี้

3.2.1.1 การวัดปริมาตรงานคอนกรีตฐานราก หาได้โดยใช้ขนาดความกว้างของฐานราก คูณ ด้วยความยาวของฐานราก คูณด้วยความหนาของฐานราก มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.1.2 การวัดปริมาตรงานคอนกรีตพื้น ความกว้างและความยาวคิดจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงศูนย์กลางของจุดรองรับหรือริมสุดของแผ่นพื้น (กรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย) และปริมาตรคอนกรีตหาจาก พื้นที่คูณกับความหนาของพื้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.1.3 การวัดปริมาตรงานคอนกรีตเสาและกำแพง ความสูงให้วัดจากส่วนบนสุดของฐานรากไปจนถึงท้องพื้นชั้นหนึ่ง และจากด้านบนของพื้นชั้นหนึ่งไปจนถึงท้องพื้นชั้นถัดไป และปริมาตรคอนกรีตหาจากพื้นที่คูณกับความสูง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.1.4 การวัดปริมาตรงานคอนกรีตคาน ความยาวคานจะต้องคิดจากหน้าเสาต้นหนึ่งไปยังหน้าเสาเสาอีกต้นหนึ่งของช่วงคานนั้น สำหรับความลึกของคานจะต้องคิดจากท้องพื้นลงไปจนถึงท้องคาน และปริมาตรคอนกรีตหาจาก พื้นที่คานคูณกับความยาวของคาน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.1.5 การวัดปริมาตรงานคอนกรีตบันได หาได้จาก พื้นที่บันไดแนวเอียงคูณกับความหนาของบันได บวกพื้นที่ชานพักบันไดคูณความหนาชานพักบันได บวกพื้นที่ลูกตั้งบันไดคูณความกว้างบันได มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.2 การวัดปริมาณเหล็กเสริม ให้คิดตามแบบที่ได้แสดงไว้ โดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนัก โดยแยกรายละเอียดตามประเภทของโครงสร้าง ดังนี้

3.2.2.1 ฐานราก เหล็กเสริมทางยาวคิดเท่ากับความยาวฐานรากบวกระยะงอ 2 ด้าน เท่ากับความหนาฐานราก เหล็กเสริมทางขวางคิดเท่ากับความกว้างฐานรากบวกระยะงอ 2 ด้าน เท่ากับความหนาฐานราก ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.2 เสาตอม่อ คิดความยาวจากท้องฐานรากถึงระดับหลังพื้นชั้นหนึ่ง เสาชั้นใดๆ คิดความยาวจากระดับหลังพื้นชั้นใดๆ ถึงระดับหลังพื้นชั้นถัดไป ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.3 คาน คิดความยาวจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงจุดศูนย์กลางของจุดรองรับหรือริมสุดของคาน กรณีเป็นคานช่วงสุดท้าย ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.4 พื้น คิดความยาวจากศูนย์กลางของจุดรองรับถึงจุดศูนย์กลางของจุดรองรับ หรือริมสุดของพื้นกรณีเป็นพื้นช่วงสุดท้าย ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.5 กำแพง เหล็กนอนทั้งด้านในและด้านนอก คิดความยาวตามเส้นรอบรูปของกำแพง เหล็กตั้งทั้งด้านในและด้านนอก คิดเหมือนเหล็กเสริมเสา ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.6 บันได เหล็กเสริมเหล็กตามขวางคิดความยาวเท่ากับความกว้างบันได เหล็กเสริมหลักตามยาววัดตามความเอียงบันไดจากจุดศูนย์กลางที่รองรับถึงจุดศูนย์กลาง เหล็กดัดตามรูปลูกขั้นบันได ให้วัดความยาวตามผิวลูกขั้นบันได เหล็กเสริมมุม คิดความยาวเท่ากับความกว้างบันได เหล็กเสริมพื้นชานพักบันไดให้คิดเหมือนเหล็กเสริมพื้น ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

3.2.2.7 ความยาวเหล็กปลอกหรือเหล็กรัดรอบให้คิดตามรูปตัดที่แสดงในแบบโดยวัดระยะจากผิวคอนกรีตถึงผิวคอนกรีต จำนวนเหล็กปลอกให้หาเฉลี่ยจากระยะที่แสดงในแบบ ความยาวเหล็กเสริมที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร

หลังจากหาปริมาณเหล็กเสริมได้แล้วให้เผื่อระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ ระยะคอม้า การเผื่อเศษเสียหาย เป็นเปอร์เซ็นต์ตามขนาดเหล็ก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเผื่อเหล็กเสริม [28]

ขนาดเหล็กเสริม (มม.)	การเผื่อ (%)
6 มม.	5
9 มม.	7
12 มม.	9
15, 16 มม.	11
19, 20 มม.	13
25 มม. ขึ้นไป	15

หลังจากได้ปริมาณเหล็กเสริมที่เผื่อระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ ระยะคอม้า การเผื่อเศษเสียหาย เป็นเปอร์เซ็นต์ตามขนาดเหล็ก ดังตารางที่ 3.1 แล้ว จากนั้นนำความยาวของเหล็กแต่ละขนาดคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของเหล็กเสริมแต่ละขนาด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 หน่วยน้ำหนักของเหล็กเสริม

ขนาดเหล็กเสริม (มม.)	น้ำหนัก (กก./ม.)
6 มม.	0.222
9 มม.	0.499
12 มม.	0.888
15 มม.	1.387
16 มม.	1.578
19 มม.	2.226
20 มม.	2.466
25 มม.	3.853
28 มม.	4.834
32 มม.	6.313

หลังจากได้ปริมาตรงานคอนกรีตและปริมาณงานเหล็กของอาคารที่ศึกษา จำนวน 5 โครงการ นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนของปริมาณงานต่างๆ ดังนี้ คือ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร (2) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร และ (3) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมต่อปริมาตรคอนกรีต

3.3 การทดสอบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ทดลองหาปริมาตรคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยใช้วิธีการประมาณราคาแบบละเอียด ของอาคารตัวอย่าง จำนวน 1 อาคาร โดยเลือกอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน หาปริมาตรคอนกรีตและเหล็กเสริมโดยแยกตามประเภทองค์อาคาร 6 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น ผนังลิฟต์และบันได จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลอง

3.4 ขั้นตอนการสรุปผลและข้อเสนอแนะ ประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

3.4.1 สัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร

3.4.2 สัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร

3.4.3 สัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมต่อปริมาตรคอนกรีต

3.4.4 ผลการทดสอบแบบจำลอง

3.4.5 ข้อเสนอแนะ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงรายละเอียดของโครงการที่ศึกษา ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้าง การหาปริมาณคอนกรีต การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร การหาปริมาณเหล็กเสริม การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร การวิเคราะห์สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต และการทดสอบแบบจำลอง

4.1 รายละเอียดของโครงการที่ศึกษา

4.1.1 โครงการที่ 1 ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 9 ชั้น พื้นที่ประมาณ 6,734 ตารางเมตร สูงประมาณ 31.50 เมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร ฐานรากแบบมีเสาเข็ม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐผิวฉาบปูนเรียบ ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

4.1.2 โครงการที่ 2 ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 8 ชั้น พื้นที่ประมาณ 6,100 ตารางเมตร สูงประมาณ 26.50 เมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร ฐานรากแบบมีเสาเข็ม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐผิวฉาบปูนเรียบ ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

4.1.3 โครงการที่ 3 ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 8 ชั้น พื้นที่ประมาณ 5,580 ตารางเมตร สูงประมาณ 28.00 เมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร ฐานรากแบบมีเสาเข็ม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐผิวฉาบปูนเรียบ ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

4.1.4 โครงการที่ 4 ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 9 ชั้น พื้นที่ประมาณ 7,250 ตารางเมตร สูงประมาณ 30.50 เมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร ฐานรากแบบมีเสาเข็ม โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ผนังโดยทั่วไปก่ออิฐผิวฉาบปูนเรียบ ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

4.1.5 โครงการที่ 5 ลักษณะเป็นอาคารสำนักงาน สูง 5 ชั้น พื้นที่ประมาณ 4,859 ตารางเมตร สูงประมาณ 17.50 เมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร ฐานรากแบบมีเสาเข็ม โครงสร้าง

คอนกรีตเสริมเหล็ก ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) โดยทั่วไปก่ออิฐผิวฉาบปูนเรียบ ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวง มหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการที่ศึกษา ทั้ง 5 โครงการ ความหนาของพื้น Post – tension อยู่ระหว่าง 25 – 28 เซนติเมตร โครงสร้างระบบพื้น Post – tension และรูปแบบการเสริมเหล็ก ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

รูปที่ 4.1 โครงสร้างพื้น Post – tension ของโครงการที่ศึกษา

รูปที่ 4.2 รูปแบบการเสริมเหล็กรับแรงเฉือนที่หัวเสา ของโครงการที่ศึกษา

4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้าง โครงการที่ศึกษา ทั้ง 5 โครงการ ใช้ตัวแปรในการคำนวณออกแบบโครงสร้างเหมือนกัน มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 น้ำหนักจรภายในอาคาร 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.2.2 น้ำหนักผนังก่ออิฐมวลเบา 100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.2.3 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 320 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (รูปทรงกระบอก) ที่อายุ 28 วัน

4.2.4 เหล็กกลมใช้เหล็กเสริมชั้นคุณภาพ SR 24

4.2.5 เหล็กข้ออ้อยใช้เหล็กเสริมชั้นคุณภาพ SD 40

4.2.6 ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

4.2.7 ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร

4.3. ผลการศึกษา

4.3.1 การหาปริมาตรคอนกรีตและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร ผู้วิจัยได้หาปริมาตรคอนกรีตตามแนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ตามหัวข้อที่ 3.2 โดยแยกปริมาตรคอนกรีตตามประเภทองค์อาคาร 6 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น ผนังลิฟต์และบันได พบว่า ปริมาตรคอนกรีตของโครงการที่ 1 เท่ากับ 3,656 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีตของโครงการที่ 2 เท่ากับ 3,477 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีตของโครงการที่ 3 เท่ากับ 3,119 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรคอนกรีตของโครงการที่ 4 เท่ากับ 4,225 ลูกบาศก์เมตร และปริมาตรคอนกรีตของโครงการที่ 5 เท่ากับ 2,640 ลูกบาศก์เมตร และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร พบว่า สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ของโครงการที่ 1 เท่ากับ 0.54 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ของโครงการที่ 2 เท่ากับ 0.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ของโครงการที่ 3 เท่ากับ 0.56 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ของโครงการที่ 4 เท่ากับ 0.58 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร และสัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ของโครงการที่ 5 เท่ากับ 0.54 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร รายละเอียด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาตรคอนกรีตและสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร

โครงการที่	พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	ปริมาตรคอนกรีต (ลบ.ม.)	สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่ (ลบ.ม./ตร.ม.)
1	6,734	3,656	0.54
2	6,100	3,477	0.57
3	5,580	3,119	0.56
4	7,250	4,225	0.58
5	4,859	2,640	0.54
เฉลี่ย	**6,105**	**3,423**	**0.56**

4.3.2 การหาปริมาณเหล็กเสริมและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร ผู้วิจัยได้หาปริมาณเหล็กเสริมตามแนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ตามหัวข้อที่ 3.2 โดยแยกปริมาณเหล็กเสริมตามประเภทองค์อาคาร 6 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น ผนังลิฟต์และบันได พบว่า ปริมาณเหล็กเสริมของโครงการที่ 1 เท่ากับ 357,900 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมของโครงการที่ 2 เท่ากับ 334,452 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมของโครงการที่ 3 เท่ากับ 293,945 กิโลกรัม ปริมาณเหล็กเสริมของโครงการที่ 4 เท่ากับ 405,517 กิโลกรัม และปริมาณเหล็กเสริมของโครงการที่ 5 เท่ากับ 246,766 กิโลกรัม และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร พบว่า สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ของโครงการที่ 1 เท่ากับ 53.15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ของโครงการที่ 2 เท่ากับ 54.83 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ของโครงการที่ 3 เท่ากับ 52.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ของโครงการที่ 4 เท่ากับ 55.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และสัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ของโครงการที่ 5 เท่ากับ 50.79 กิโลกรัมต่อตารางเมตร รายละเอียด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเหล็กเสริมและสัดส่วนของปริมาณเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร

โครงการที่	พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่ (กก./ตร.ม.)
1	6,734	357,900	53.15
2	6,100	334,452	54.83
3	5,580	293,945	52.68
4	7,250	405,517	55.93
5	4,859	246,766	50.79
เฉลี่ย	**6,105**	**327,716**	**53.48**

4.3.3 การวิเคราะห์สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต นำข้อมูลปริมาตรคอนกรีต จากตารางที่ 4.1 และข้อมูลปริมาณเหล็กเสริมจากตารางที่ 4.2 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต พบว่าสัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ของโครงการที่ 1 เท่ากับ 97.89 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ของโครงการที่ 2 เท่ากับ 96.19 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ของโครงการที่ 3 เท่ากับ 94.24 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ของโครงการที่ 4 เท่ากับ 95.98 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต ของโครงการที่ 5 เท่ากับ 93.47 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รายละเอียด ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต

โครงการที่	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)	ปริมาตรคอนกรีต (ลบ.ม.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)
1	357,900	3,656	97.89
2	334,452	3,477	96.19
3	293,945	3,119	94.24
4	405,517	4,225	95.98
5	246,766	2,640	93.47
เฉลี่ย	**327,716**	**3,423**	**95.55**

4.3.4 การทดสอบแบบจำลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ทดลองวัดปริมาณวัสดุเหล็กเสริมและคอนกรีตแยกตามประเภทองค์อาคาร 6 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น ผนังลิฟต์และบันได ใช้วิธีการประมาณราคาแบบละเอียด โดยเลือกอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกันและตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน เป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 8 ชั้น พื้นที่ประมาณ 5,365 ตารางเมตร จำนวน 1 โครงการ พบว่า ปริมาตรคอนกรีตเท่ากับ 2,828 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 261,926 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรคอนกรีตและเหล็กเสริมของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง

พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	ปริมาตรคอนกรีต (ลบ.ม.)	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)
5,365	2,828	261,926

นำข้อมูลจากตารางที่ 4.4 มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร และวิเคราะห์สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต รายละเอียด ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนเหล็กเสริมและคอนกรีตของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง

พื้นที่อาคาร	สัดส่วนคอนกรีตต่อพื้นที่อาคาร (กก./ตร.ม.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร (กก./ตร.ม.)	สัดส่วนเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (กก./ลบ.ม.)
5,365	0.53	48.82	92.62

จากนั้นผู้วิจัยได้นำค่าสัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคารที่ได้จากการศึกษา จากตารางที่ 4.1 คูณด้วยพื้นที่อาคารของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง ได้ปริมาตรคอนกรีต เท่ากับ 3,004 ลูกบาศก์เมตร (5,365 x 0.56 = 3,004 ลูกบาศก์เมตร) ค่าที่ได้มากกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบ

ละเอียด ร้อยละ 5.86 นำค่าสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคารที่ได้จากการศึกษา จากตารางที่ 4.2 คูณด้วยพื้นที่อาคารของโครงการสำหรับทดสอบแบบจำลอง ได้ปริมาณเหล็กเสริม เท่ากับ 286,920 กิโลกรัม (5,365 x 53.48 = 286,920 กิโลกรัม) ค่าที่ได้มากกว่าค่าที่ประมาณราคาแบบละเอียด ร้อยละ 8.71 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมโดยการประมาณราคาแบบละเอียดกับการใช้แบบจำลอง

วิธีการประมาณราคา	ปริมาตรคอนกรีต (ลบม.)	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)	สัดส่วนเหล็กเสริม ต่อคอนกรีต (กก./ลบม.)
ประมาณราคาแบบละเอียด	2,828	261,926	92.62
ใช้แบบจำลอง	3,004	286,920	95.49
ผลต่าง (%)	**+ 5.86**	**+ 8.71**	**+ 3.00**

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล จากการศึกษาความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนของปริมาตรคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารขนาดใหญ่ที่ออกแบบโดยใช้ระบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post – tensioned slab) ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 8 - 9 จำนวน 4 โครงการและอาคารสำนักงาน สูง 5 ชั้น จำนวน 1 โครงการ พื้นที่อาคารระหว่าง 4,859 – 7,250 ตารางเมตร ปลูกสร้างที่กรุงเทพมหานคร หาปริมาณวัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยแยกปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริมตามประเภทองค์อาคาร 6 ประเภท คือ ฐานราก เสา คาน พื้น ผนัง ลิฟต์และบันได ใช้แนวทางในการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารตามแนวทางของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พบว่า สัดส่วนของเหล็กเสริมต่อคอนกรีตมีค่าระหว่าง 93.47 – 97.89 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของคอนกรีตต่อพื้นที่อาคารมีค่าระหว่าง 0.54 – 0.58 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร และสัดส่วนของเหล็กเสริมต่อพื้นที่อาคาร มีค่าระหว่าง 50.79 – 55.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากค่าความสัมพันธ์ด้านสัดส่วนที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำมาทดสอบกับอาคารชุดพักอาศัยที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน ลักษณะเป็นอาคารชุดพักอาศัย สูง 8 ชั้น พื้นที่อาคาร 5,365 ตารางเมตร จำนวน 1 โครงการ โดยผู้วิจัยได้ประมาณราคาแบบละเอียดหาปริมาณคอนกรีตและเหล็กเสริมขององค์อาคารประเภทต่างๆ พบว่า ปริมาณคอนกรีตที่ได้จากแบบจำลองมากกว่าค่าที่ได้จากการประมาณราคาแบบละเอียด ร้อยละ 5.86 ปริมาณเหล็กเสริมมากกว่าค่าที่ได้จากการประมาณราคาแบบละเอียด ร้อยละ 8.71 ค่าที่ได้แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [29] ดังนั้นค่าสัดส่วนความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริมและคอนกรีตในเบื้องต้นของอาคารที่มีรูปแบบคล้ายกัน และตัวแปรในการออกแบบเหมือนกัน ได้ในเวลาที่รวดเร็ว สามารถลดระยะเวลาในการทำงานลงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ การศึกษาในครั้งนี้มีข้อมูลของโครงการก่อสร้างเพียง 5 โครงการ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้จำนวนข้อมูลที่มากกว่านี้ จะทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและถูกต้องมากยิ่งขึ้น การนำค่าสัดส่วนที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ ค่าตัวแปรต่าง ๆ จะต้องสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ และโครงการก่อสร้างที่ศึกษาในครั้งนี้ออกแบบสำหรับก่อสร้างในบริเวณที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว 3 บริเวณตามกฎกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 เรื่อง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ซึ่งปัจจุบันได้มีการแก้ไข ปรับปรุง กฎกระทรวง ทำให้ตัวแปรต่างๆ แตกต่างกัน อาจจะส่งผลให้ค่าสัดส่วนเปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอาคารประเภทอื่นๆที่ไม่ใช่อาคารชุดพักอาศัยจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมอาคารทุกประเภท

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. เทิดธิดา ทิพย์รัตน์, ณรงค์ ชัยสงเคราะห์ และนนทฉัตร กุลประภา. “การประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยด้วยการประยุกต์ใช้ ANFIS.” *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22*. 18-20 กรกฎาคม 2560.

2. สันติ ชินานุวัติวงศ์. “การประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารโดยใช้อัตราส่วนองค์ประกอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก.” *วิศวกรรมสารเกษตรศาสตร์*. 15(44), 52-61, 2544.

3. อภิศักดิ์ ทับทิมทอง, การุญ ใจปัญญา และศักดา กตเวทอารักษ์. “การศึกษาราคาต่อหน่วยพื้นที่งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร.” *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22*. 18-20 กรกฎาคม 2560.

4. จีระพันธ์ จันทร์วิจิตร และวรรณวิทย์ แต้มทอง. “การประมาณราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นตามระดับราคาขายคอนโดมีเนียมในเขตกรุงเทพและปริมณฑล.” *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22*. 18-20 กรกฎาคม 2560.

5. สุนันท์ มนต์แก้ว และชูเกียรติ ชูสกุล. “Develop an Estimating Factor to Help Estimating Masonry Wall Area of Two Stories Houses.” *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*. 24(2), 115-124, 2021.

6. พนม ภัยหน่าย. “*การบริหารงานก่อสร้าง.*” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2539.

7.Park, W.R., “Predesigen Estimate in Civil Engineering Project.” *Journal of the Construction Division*. 11-23. 1963.

8. วินิต ช่อวิเชียร และวิสุทธิ์ ช่อวิเชียร. “*การประมาณราคาก่อสร้าง.*” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2526.

9. วิสูตร จิระดำเกิง. “*การประมาณราคาก่อสร้าง.*” วรรณกวี. 2555.

10. Handyman. “Professional Take off & Take Cost *ประมาณราคาเก่ง...รวยก่อน.*” นวสาส์นการพิมพ์. 2549.

11. เชิดชัย กิจกัญจนาสน์. “การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนองค์ประกอบหลักในงานก่อสร้างอาคารพักอาศัย 2 ชั้น สำหรับตรวจสอบการประมาณปริมาณงาน.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. 2547.

12. กรมบัญชีกลาง. “หลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ.” 2550

13. https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/OldDOC/Post-Tension.pdf

14. https://cpacacademy.com/download/cpacacademy_com/b-pt001.pdf

15. https://construction-forum.ssi-steel.com/ระบบพื้นอัดแรง-post-tensioned-slab/

16. www. gel.co.th/th/post-tension-slab

17.American Society of Civil Engineering. “Progress Report Committee on Estimating and Cost Control Construction Cost Estimating and Control.” *Journal of the Construction Division*. 1-14, 1962.

18. Regdon, G., “Pre-determination of Housing Cost.” *Journal of Building International*. 1-15, 1972.

19. ประจักษ์ หล้าจางวาง. “การประมาณราคาต่อหน่วยพื้นที่แบบรวดเร็วโดยใช้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างประกอบ.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*. 2554.

20. สุนันท์ มนต์แก้ว และชูเกียรติ ชูสกุล. “การศึกษาสัดส่วนของปริมาณคอนกรีตต่อปริมาณเหล็กเสริมในอาคารต้านทานแผ่นดินไหว กรณีศึกษา: อาคารเรียน 4 ชั้น ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 33(2), 2566.

21. พงศ์สยาม กันจินะ. “แบบจำลองการประมาณราคาอาคารพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิเคราะห์ตามสัดส่วนชนิดพื้นที่ใช้สอย.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2557.

22. วสันต์ ตันติวรวิทย์. “ปริมาณวัสดุก่อสร้างต่อหน่วยสำหรับงานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของหน่วยงานราชการ.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2558.

23. โชติไกร ไชยวิจารณ์, พิชญุตม์ จรัสบำรุงโรจน์, ธีรฒา วรเจริญสิน, อรรถสิทธิ์ ศิริสนธิ และไกรศร วงศ์โสภิต. “การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวัสดุต่อหน่วยของอาคารพักอาศัย 5 - 8 ชั้น และ 3 - 5 ชั้น.” *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 7(2), 95-106. 2560.

24. Mubarak, A., Tripoli, T., & Nurisra, N. “The unit price implication of reinforcement usage in beam reinforced concrete construction.” *Aceh International Journal of Science and Technology*, 5(1), 24-31, 2018.

25. Smrati, M., & Mohd, K. “Cost modeling of RC building designed in different seismic effects.” *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 4532-4537, 2018.

26. Ramli, M., Adnan, A., Kadir, A., & Alel, M. “Cost comparison for non-seismic (EC2) and seismic (EC8) design in different ductility class.” *Journal of Civil Engineering and Geo- Environmental*, 1(1), 38-42, 2017.

27. Jami, S., & Dumpa, V. “Earthquake resistance design-impact on cost of reinforced concrete building.” *Journal of Research Sciences and Advanced Engineering*, 2(15), 75-86, 2016.

28. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. “*แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร*”. 2548.

29. กรมบัญชีกลาง. “*หลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ*”. 2550.

ภาคผนวก ก

แบบก่อสร้างบางส่วนของโครงการที่ศึกษา

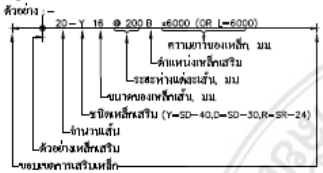
รายการประกอบแบบสำหรับโครงสร้าง

1. มิติทั้งหมดเป็นมิลลิเมตร ระดับเป็นเมตร ระดับที่แสดงในแบบ เป็นระดับที่หลังจากคลุมด่วงานสถาปัตยกรรมแล้ว
2. คอนกรีตสำหรับโครงสร้างทั้งหมดมีกำลังรับแรงอัดประลัยของก้อนตัวอย่างแท่งทรงกระบอก ø150x300 มม. เมื่ออายุ 28 วัน $f'_c \geq 320$ กก./ซม.^{2}
3. เหล็กเสริม :–
   3.1 เหล็กเสริมเส้นกลมชนิด SR–24 ตาม มอก. 20–2527 แทนด้วยสัญลักษณ์ – R6, R9, R12
   3.2 เหล็กเสริมข้ออ้อยชนิดข้ออ้อย SD–40 ตาม มอก. 24–2527 แทนด้วยสัญลักษณ์ – Y12, Y16, Y20, Y25, Y28 และ Y32
4. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 116–2527 มีแรงยึดหรือจุดคำ (YIELD STRENGTH) ไม่น้อยกว่า 2400 กก. ต่อ ตร.ซม.
5. ระยะหุ้มคอนกรีตสำหรับเหล็กเสริม ถ้ามิได้แสดงในแบบเป็นอย่างอื่นให้ใช้ดังนี้

ฐานราก 75 มม.	คอนม่อและคานที่อยู่ในดิน 60 มม.
คานและเสา 35 มม.	ผนัง ค.ส.ล. 30 มม.
พื้น SLAB 20 มม.	พื้น SLAB บนดิน 40 มม.
ถังเก็บน้ำ และ บ่อบำบัด 40 มม.	

6. สัญลักษณ์ และความหมายของเหล็กเสริม

ตัวอย่าง :–

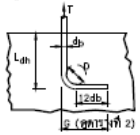


7. สัญลักษณ์ และ ตัวย่อ :–

R = เหล็กกลมธรรมดา SR–24	D = เหล็กข้ออ้อย SD–30
Y = เหล็กข้ออ้อย SD–40	T = เหล็กข้ออ้อย SD–50
BT. = เหล็กดอม้า (BENT)	STIR. = เหล็กปลอก (เช่นคาน)
T. = เหล็กปลอกเส้า (TIE)	SP. = เหล็กปลอกเกลียว (SPIRAL)
CT. = เหล็กลูกโซ่ (CROSS TIE)	CL. = ระยะหุ้มคอนกรีต (CLEAR COVER)
B. = เหล็กล่าง (BOTTOM BAR)	T. = เหล็กบน (TOP BAR)
OF. = ผิวด้านนอก (OUT SIDE FACE)	IF. = ผิวด้านใน (INSIDE FACE)
EF. = ที่ผิวแต่ละด้าน (EACH FACE)	EW. = แต่ละทาง (EACH WAY)
MS. = ช่วงกึ่งกลางคาน (MID SPAN)	EQ. = ระยะห่างเท่ากัน (EQUAL SPACING)

@ หรือ EW. = ตะแกรง หรือ ทั้ง 2 ทาง (BOTH WAYS)
EAS. = เหล็กเสริมพิเศษที่จุดรับ (ตานและพื้น) – EXTRA REBAR AT SUPPORT.
XB. = เหล็กเสริมพิเศษล่าง (EXTRA BOTTOM REBAR)
XT. = เหล็กเสริมพิเศษบน (EXTRA TOP REBAR)
TOB. = TOP OF BEAM ระดับหลังคาน

8. ความยาวของเหล็กเสริมรับแรงดึงของ ของอ 90° ต้องไม่มาตรฐานดังนี้ :–
(ลูกกรงที่ 1)



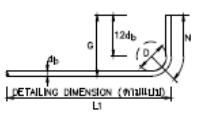
ตารางที่ 1 ระยะฝังในคอนกรีตของ ของอ

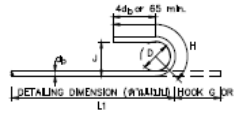
ขนาดเหล็กเสริม Bar size d_b, มม.	L_{dh}, มม.	เส้นผ่าศูนย์กลางของอ D
Y12	175	$6d_b$
Y16	230	
Y20	275	
Y25	350	
Y28	375	$8d_b$
T32	500	

9. มาตรฐานของของเหล็กเสริม (ลูกกรงที่ 2)

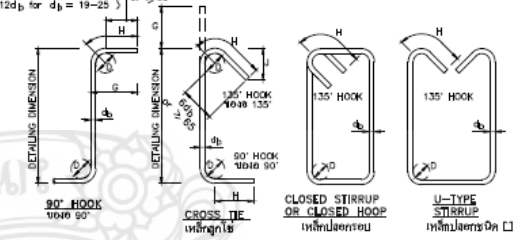
ตารางที่ 2

ขนาด Bar size d_b, mm.	เส้นผ่าศูนย์กลางของอ Bend diam. D, mm.	ของอ 180° J	ของอ 180° H	ของอ 90° G	ของอ 90° N	หมายเหตุ
6	36	50	105	–	–	D=6d_b
9	54	75	130	–	–	
10	60	80	135	180	135	
12	72	95	150	195	160	
15	90	120	170	240	200	
16	96	130	180	255	220	
19	114	155	210	305	260	
20	120	160	220	320	270	
22	132	175	240	350	300	
25	150	200	275	400	340	
28	224	280	370	480	400	D=8d_b
32	256	320	420	550	450	





10. STIRRUPS AND TIES (เหล็กปลอก)
$6d_b$ for d_b = 6–16 } or $\geq$ 65
$12d_b$ for d_b = 19–25



ตารางที่ 3 มาตรฐาน เหล็กปลอก Stirrup and tie hook, all grades, mm.

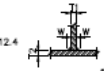
ขนาดเหล็กเสริม Bar size d_b, mm.	เส้นผ่าศูนย์กลางดัดงอ Bend diam. D, mm.	MINIMUM HOOK LENGTH, mm. ความยาวปลายของอ 90–deg. hook ของอ 90° H	90–deg. hook ของอ 90° G	135–deg. BEND ของอ 135° H or G,J (approx)		เส้นผ่าศูนย์กลางดัดงอ BEND DIAMETER
6	24	70	80	85	55	D=4d_b
9	36	75	90	90	60	
10	40	75	95	95	65	
12	48	85	110	110	70	
15	60	105	135	135	85	
16	64	110	145	145	95	
19	114	260	305	195	115	D=6d_b
20	120	270	320	205	120	
22	132	300	350	225	135	
25	150	340	400	260	150	

11. การต่อทาบเหล็กจะต่อโดยการต่อทาบธรรมดา หรือใช้ข้อต่อเชื่อมแบบมาเชื่อมเฉพาะที่ได้ แต่จะต้องได้มาตรฐานของ ACI–318–89 บทที่ 12 และมีความแข็งแรงรับแรงดึง ณ ที่นั้นต่อได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของเหล็กเสริมนั้นๆ จุดที่ต่อทาบจะต้องไม่ใช่จุดที่ต้องรับแรงดึงสูงสุดขององค์อาคารนั้นๆ ณ จุดใดๆของโครงสร้างห้ามต่อทาบมากกว่าซึ่งหนึ่งของจำนวนเหล็กเสริม ณ จุดนั้น และโดยเฉลี่ยแล้วเส้นเหล็กที่ทาบไม่ได้แสดงไว้ในแบบ ระยะการต่อทาบขององค์อาคารต่างๆ ของโครงสร้าง ระยะการต่อทาบต้องไม่น้อยกว่าตามที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะการต่อทาบ LAP SPLICE IN MM.

ตำแหน่ง		ขนาดเหล็กเสริม Bar size, mm. T32	Y28	Y25	Y20	Y16	Y12
Element องค์อาคาร		Min. Lap splice length (class A) ระยะการต่อทาบ					
Columns & walls เสา และ ผนัง		1400	900	750	600	500	400
Foundations ฐานราก Beams & slabs คานและพื้น	Top bars เหล็กบน	1900	1500	1100	800	650	500
	Other bars ที่อื่น	1500	1200	900	600	500	400
Minimum staggered ระยะห่างของจุดสลับ Distance, mm. ต่อทาบ มม.		1500	1200	900	600	600	600

12. รอยเชื่อมทั้งหมดจะต้องมีกำลังที่จุดคลากไม่น้อยกว่า 330 N/mm^2 ขนาดของรอยเชื่อมให้เป็นไปตามที่กำหนดในแบบ จะต้องเชื่อมให้รอบและต่อเนื่อง (ในรอยที่เชื่อมได้ดี จำระต่อใดไม่ได้กำหนดขนาดของรอยเชื่อมไว้ในแบบให้เป็นไปดังนี้ :–
12.1 ความหนาของชิ้นส่วนเหล็กที่ต่อหนาน้อยกว่า 5 มม. ขนาดของความหนาของรอยเชื่อมให้เท่ากับความหนาของชิ้นส่วนที่บางกว่าที่มาต่อเชื่อมชนกัน
12.2 ถ้าชิ้นส่วนหนาตั้งแต่ 6–9 มม. ให้เชื่อมหนา 6 มม.
12.3 ถ้าชิ้นส่วนหนามากกว่า 9 มม. ให้เชื่อมหนา 0.7 เท่า ของความหนาของชิ้นส่วนเหล็กนั้นๆ

12.4 

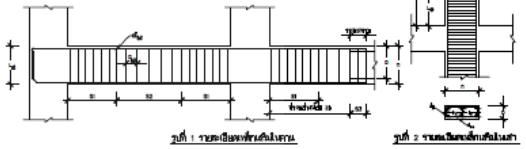
w = ความหนาของรอยเชื่อม = 0.7 T1 เมื่อ T1 < T2

13. ANCHOR BOLTS ที่หมดที่เจาะฝังในคอนกรีตเป็นของ HILTI TYPE HVA GALVANIZED

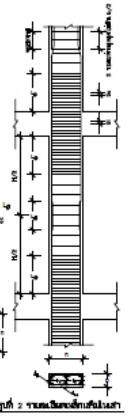
14. ชิ้นส่วนเหล็กตามที่ระบุในแบบโครงสร้างที่จะต้องชุบสังกะสี (HOT DIPPED GALVANIZED, –HDG) จะต้องทำการเชื่อมและเจาะรูให้เรียบร้อย ก่อนทำการชุบ ชิ้นส่วนเหล่านี้ต้องทำการพ่นทรายให้สะอาดตามมาตรฐาน SSPC–SP 10 (STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL) การชุบสังกะสีให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM A–153–80 มีความหนาไม่น้อยกว่า 80 ไมครอน
15. สลักเกลียว (BOLTS AND NUTS) ที่หมดตามมาตรฐาน มอก 2151–2522 ชั้น 4.8 นอกจากที่กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น

การจัดวางและเสียบเหล็กเสริมในคานและเสาสำหรับการต้านทานแรงแผ่นดินไหว

1. เหล็กเสริมในคาน ยกเว้นกรณี ตามข้อ 3 ของ มอก. 2550 และ มาตรฐาน มยผ. 1301–50
   ก) รายละเอียดเหล็กเสริมในคาน มีดังนี้
   รายละเอียดเหล็กเสริมในคานต้องมีเหล็กเสริมตลอดความยาวของคานอย่างน้อย 2 เส้น ตลอดความยาวของคาน ทั้งด้านบนและด้านล่าง
   ข) จุดต่อทาบเหล็กเสริมในคานต้องอยู่นอกระยะ 2h จากหน้าเสาและจากหน้าของจุดต่อทาบต้องมีเหล็กปลอกปิดทาบในระยะไม่เกิน 2h ที่มีระยะห่างไม่เกินกึ่งหนึ่งของระยะห่างที่น้อยที่สุดของเหล็กปลอกปิดในบริเวณดังกล่าว
   ค) เหล็กปลอกในบริเวณที่อยู่ 2 ข้าง ถึง ปริมาตรส่วนหนึ่งของคานที่ต้องมีเหล็กปลอกปิดตามข้อกำหนดข้างต้น มีระยะห่างไม่เกิน 2 เท่า ของความลึกของคาน และ ปริมาตรส่วนที่เหลือของคานที่ต้องมีเหล็กปลอกปิดตามข้อกำหนดข้างต้น มีระยะห่างไม่เกิน 4 เท่า ของความลึกของคาน ดูรูปที่ 1
2. เหล็กเสริมในเสา การจัดการออกแบบเหล็กเสริมในเสา มีดังนี้
   ก) รายละเอียดเหล็กเสริม จะต้องต่อทาบร่วมกับเหล็กเสริมตามยาวเข้าสู่ปลายเสาที่ต่อทาบเหล็กเสริมตามยาวของคาน l_d ตามข้อกำหนดของ ACI–318–89 บทที่ 12 เมื่อระยะที่ปรับแล้ว ของจุดรับมีค่าไม่น้อยกว่า l_d
   ข) เหล็กปลอกเสริมในบริเวณดังกล่าวในข้อ 1 ข้าง ถึง ปริมาตรส่วนหนึ่งของคานที่ต้องมีเหล็กปลอกปิดตามข้อกำหนดข้างต้น มีระยะห่างไม่เกิน 4 เท่า ของความลึกของคาน และ ปริมาตรส่วนที่เหลือของคานที่ต้องมีเหล็กปลอกปิดตามข้อกำหนดข้างต้น มีระยะห่างไม่เกิน 6 เท่า ของความลึกของคาน ดูรูปที่ 1
   ค) สำหรับเสาหรือส่วนของเสา-คาน ของเหล็กเสริมที่ต่อทาบแบบที่ราบ ต้องมีเหล็กปลอกปิดตามแนวแกนของเสา-คาน ตามข้อกำหนดข้างต้น l_d ซึ่งจัดเรียงปลอกปิดตามแนวนอน ดูรูปที่ 2



รูปที่ 1 รายละเอียดเหล็กเสริมในคาน



รูปที่ 2 รายละเอียดเหล็กเสริมในเสา

GENERAL NOTES:

1. CONCRETE
- MINIMUM CONCRETE STRENGTH SHALL BE f'_c = 320 kg/cm^2 AT 28 DAYS. (CYLINDER STRENGTH)
- MINIMUM CONCRETE STRENGTH AT TRANSFER SHALL BE f_{ci} = 240 kg/cm^2 (CYLINDER STRENGTH)
- MINIMUM CONCRETE COVER TO THE NEAREST REINFORCEMENT SHALL BE 20 mm.
- PROVIDE PLANKS ON BLOCKS ACROSS SLAB BANDS FOR ACCESS DURING CONSTRUCTION
- CONCRETE PUMP LINE SHALL BE ADEQUATELY RESTRAINED AND PLACED ON STOOLS OR TIMBER BLOCKS.
- SPECIAL ATTENTION MUST BE GIVEN TO VIBRATION OF CONCRETE AT TENDON ANCHORAGES TO INSURE UNIFORM COMPACTION AT THESE POINTS. CARE SHOULD BE EXERCISED TO PREVENT CONCRETE FROM ENTERING POCKETS, SHEATHING, OR ANCHORAGE HARDWARE.

2. PRESTRESSING MATERIALS
- PRESTRESSING SYSTEM OF POST-TENSIONING SLAB SHALL BE FREYSSINET BONDED SYSTEM. TEL. 02-2888380-90, FAX 02-2888390, Email: design@freyssinet.co.th
- STRAND SHALL BE 15.2 mm. NOMINAL (DIAMETER), 7-WIRE STRESS RELIEVED, LOW RELAXATION IN ACCORDANCE WITH ASTM A416
- CROSS SECTION AREA, A_{ps}= 140.0 mm^2
- MIN. ULTIMATE BREAKING LOAD OF EACH STRAND 261.0 kN
- MODULUS OF ELASTICITY, E_s = 195 kN/mm^2
- MIN. YIELD AND ULTIMATE STRENGTH = 1670 N/mm^2 1860 N/mm^2 RESPECTIVELY
- FRICTION PARAMETERS
  1. FRICTION LOSSES THROUGH THE ANCHORAGE = 2%
  2. FRICTION CURVATURE COEFFICIENT μ = 0.20 rad^{-1}
  3. FRICTION WOBBLE FACTOR k = 0.005 m^{-1}
  4. DRAW-IN AT ANCHORAGE = 6 mm.

3. REINFORCEMENT
- REINFORCING STEEL DIA. 12 mm. AND LARGER SHALL BE DEFORMED BARS GRADE SD40 WITH A SPECIFIED YIELD STRENGTH f_y = 400 MPa.
- REINFORCING STEEL DIA. 6 mm. AND 9 mm. SHALL BE ROUND BARS GRADE SR24 WITH A SPECIFIED YIELD STRENGTH f_y = 240 MPa.
- TOP REINFORCEMENT IS NOT TO BE INSTALLED UNTIL AFTER TENDON HAVE BEEN PLACED.

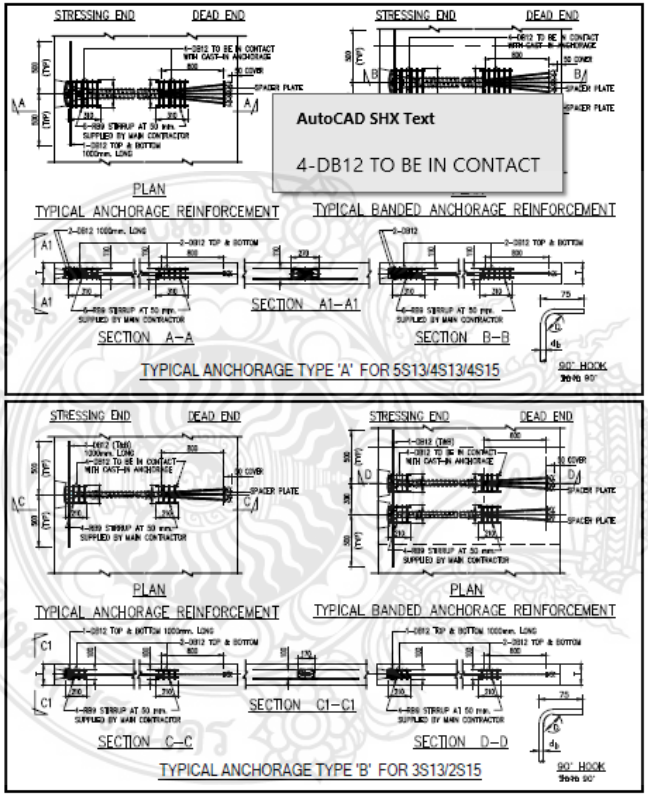
4. TENDON PLACING
- TENDONS SHALL BE SECURED TO A SUFFICIENT NUMBER OF POSITIONING DEVICES AS SHOWN ON DRAWINGS TO ENSURE CORRECT LOCATION DURING AND AFTER THE PLACING OF CONCRETE.
- SLIGHT DEVIATIONS IN THE PLACING OF THE TENDONS IS PERMITTED, WHEN REQUIRED TO AVOID OPENINGS AND INSERTS WHICH ARE SPECIALLY LOCATED.
- WHERE LOCATIONS OF TENDONS INTERFERE WITH EACH OTHER, ONE TENDON MAY BE MOVED HORIZONTALLY IN ORDER TO AVOID THE INTERFERE.
- HORIZONTAL PLANE DEVIATIONS WHICH MAY BE NECESSARY TO AVOID OPENINGS AND INSERTS, SHOULD HAVE A MINIMUM RADIUS OF CURVATURE OF NOT LESS THAN 7000 mm.
- MINIMUM CONCRETE COVER BETWEEN TENDONS AND OPENINGS IS 100 mm.
- PLACING OF MILD STEEL REINFORCEMENT SHALL BE COORDINATED WITH PLACING OF TENDONS. PROPER TENDON PLACING HAS PRIORITY.

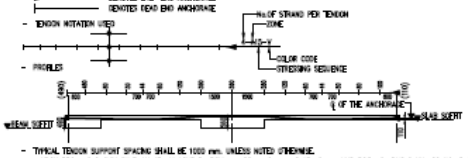
5. STRESSING OPERATIONS NOTES
- NO. STRUCTURE TO BE CAST ONLY AFTER COMPLETION OF STRESSING
- JACKING FORCE SHALL BE 147 kN PER STRAND (80% MINIMUM BREAKING LOAD)
- STRESSING PROCEDURE :
  1. STRESS 50 % OF TENDONS IN UNIFORM DISTRIBUTION DIRECTION FIRST.
  2. STRESS TENDONS HAVING BANDED DIRECTION SECOND.
  3. STRESS REMAINING TENDONS OF TENDONS IN UNIFORM DISTRIBUTION DIRECTION.
- SHORING MUST BE LEFT IN PLACE UNTIL THE STRESSING OPERATION IS COMPLETED.
- SHORING IN LONG CANTILEVER AREA (SPAN > 3.5 M.) MUST BE LEFT IN PLACE UNTIL FOUR STRIP HAS BEEN CAST AND REACH REQUIRED STRENGTH AT 240 kg/cm.^{2}
- CARE MUST BE EXERCISED TO PREVENT THE TENDON FROM OVERHEATING, WHEN WELDING OR BURNING NEAR TENDONS, TO KEEP MOLTEN SLAG FROM COMING IN CONTACT WITH THE TENDON. GROUNDING OF WELDING EQUIPMENT TO THE TENDON SHOULD NOT BE ALLOWED.
- EXTREME CAUTION SHOULD BE EXERCISED AT ALL TIMES AS STRESSING PERSONNEL SHOULD BE KEPT FROM DIRECTLY IN BACK OF STRESSING JACK.

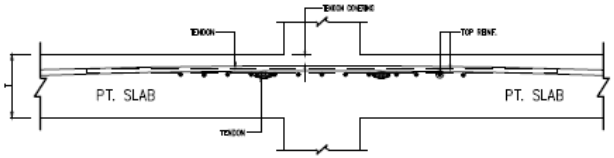
6. GROUTING
- PROPERTIES OF GROUT SHALL BE ACCORDING WITH BS EN 447:2007
  1. FLUIDITY : t_0=25s (MAXIMUM) , 1.2t_0 = t_{30}= 0.8t_0 AND t_{30}=25s (30 MINUTES AFTER MIXING)
  2. BLEEDING : <=3.0%
  3. VOLUME CHANGE : RANGE OF -1% AND +5%
  4. STRENGTH => 30N/mm^2 AT 28 DAYS OR 27N/mm^2 AT 7 DAYS
  5. TESTING TIME : INITIAL SET OF THE GROUT = 3h, FINAL SET OF GROUT = 24h
- GROUT MIXES MUST BE CONFIRMED BY OFFICIALLY TRUSTED LABORATORY AND SUBMITTED TO CONSULTANT.
- FIELD TESTS SHOULD BE PERFORM AS SPECIFIED
  1. GROUT STRENGTH BY CUBE STRENGTH TEST (100*100*100 MM.)
  2. CONE METHOD FOR FLUIDITY
- GROUTING OPERATIONS SHALL BE EXECUTED IN ACCORDANCE WITH THE METHOD STATEMENT OF FREYSSINET (THAILAND)
  1. SHALL ENSURE THAT DUCTS ARE ADEQUATELY FILLED WITH GROUT
  2. PROCEED IN ONE CONTINUOUS OPERATION FOR THE TENDON
  3. CONTROL THE FLUIDITY OF THE GROUT FLOWING FROM THE OUTLETS TO BE THE SAME AS THE GROUT BEING INJECTED
  4. WHEN ALL OUTLETS ARE CLOSED, THE GROUT PRESSURE SHALL BE MAINTAINED

7. DRAWING NOTATION
- ANCHORAGE DESIGNATION
  - DENOTES LIVE END ANCHORAGE
  - DENOTES DEAD END ANCHORAGE
- TENDON NOTATION USED
  - No.OF STRAND PER TENDON
  - TIME
  - COLOR CODE
  - STRESSING SEQUENCE
- PROFILES
  - (OF THE ANCHORAGE)
  - SLAB SOFFIT
  - WEAK SOFFIT
- TYPICAL TENDON SUPPORT SPACING SHALL BE 1000 mm. UNLESS NOTED OTHERWISE.
- TENDON PROFILES SHOWN ON PLAN ARE MEASURED FROM THE SOFFIT OF THE SLAB TO THE UNDERSIDE OF DUCTS UNLESS NOTED OTHERWISE.
- VALUES IN ( ) ARE VALUES AT THE ANCHORAGES MEASURED TO THE CENTERLINE OF THE ANCHORAGE.

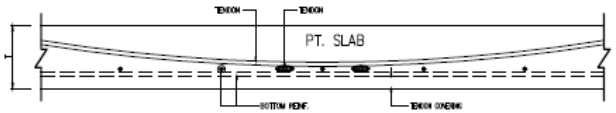
8. TOLERANCE
- VERTICAL PROFILE ± 5 mm.
- ELONGATION ± 7 %





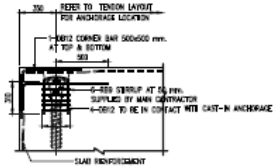


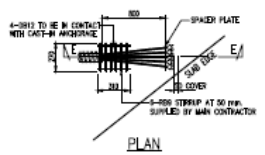
TYPICAL TOP REINF. AT COLUMN AREA

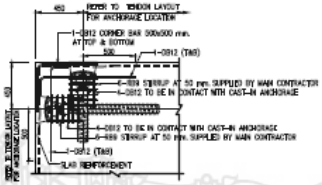


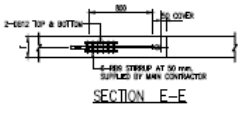
TYPICAL BOTTOM REINF. AT MID.SPAN AREA

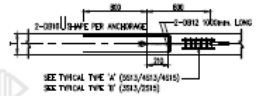
NOTE TYPICAL ANCHORAGE REINFORCEMENT SHALL BE SHOW FOR TYPE 'A' (5S13/4S13/4S15) ONLY

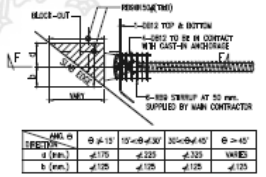

TYPICAL ANCHORAGE REINFORCEMENT AT CORNER

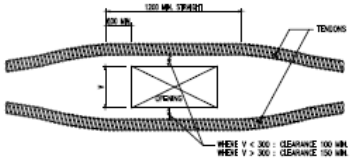

TYPICAL ANCHORAGE REINFORCEMENT FOR DEAD END AT SPLAYED SLAB EDGE

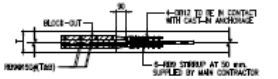

TYPICAL ANCHORAGE REINFORCEMENT FOR TWO DIRECTION TENDONS

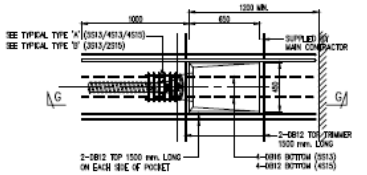

SECTION E-E


TYP. AT INTERIOR DEAD END ANCHORAGE


TYPICAL ANCHORAGE REINFORCEMENT FOR STRESSING END AT SPLAYED SLAB EDGE

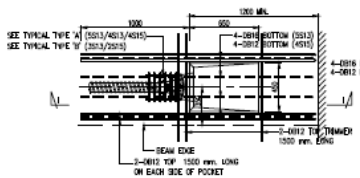

OFFSETS AND CLEARANCE TO BYPASS OPENINGS WITH TENDONS


SECTION F-F



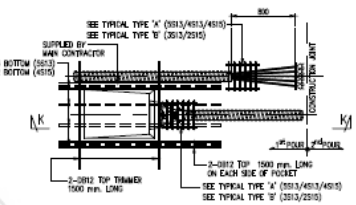
PLAN

STRESSING POCKET IN SLAB AT SUPPORT



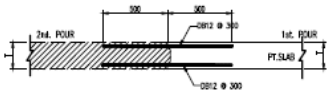
PLAN

STRESSING POCKET IN BEAM AT SUPPORT

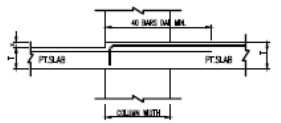


PLAN

LAPPED CONSTRUCTION JOINT

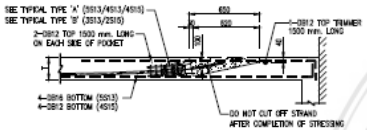


TYP. CONSTRUCTION JOINT

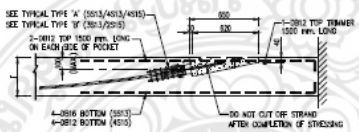


TYPICAL REINFORCEMENT

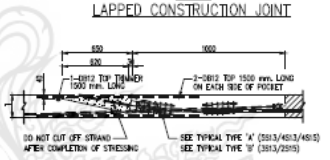
AT TOP OF COLUMN (FLOOR DEPRESS)



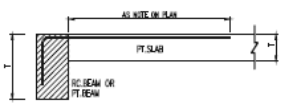
SECTION G–G



SECTION I–I

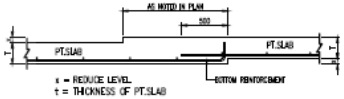


SECTION K–K



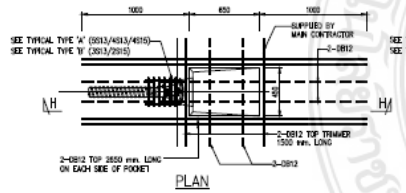
TYPICAL REINFORCEMENT

EXTERIOR BEAMS



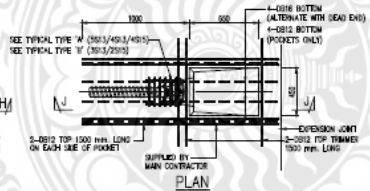
DETAIL OF BOTTOM REINFORCEMENT OF P/T

IN CASE REDUCE LEVEL < 5 CM.



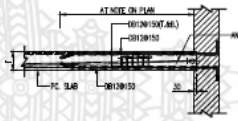
PLAN

STRESSING POCKET IN SLAB AWAY FROM SUPPORT

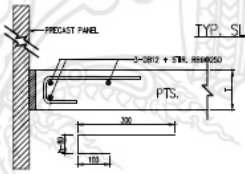


PLAN

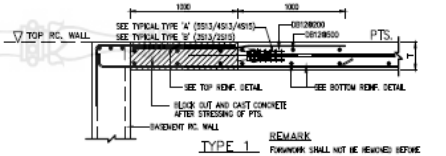
STRESSING POCKET AT EXPENSION JOINT



TYP. SLAB–WALL CONNECTION DETAIL



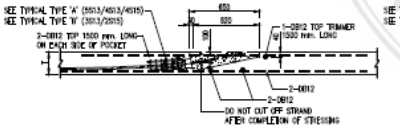
TYP. REINF. FOR PRECAST CONC. PANEL



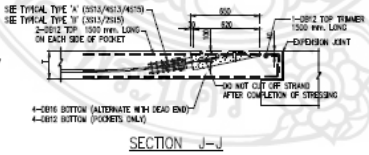
TYPE 1

REMARK

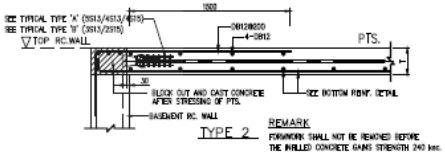
FORMWORK SHALL NOT BE REMOVED BEFORE THE INFILLED CONCRETE GAINS STRENGTH 240 ksc.



SECTION H–H



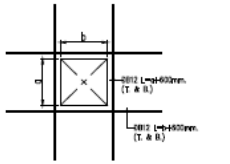
SECTION J–J



TYPE 2

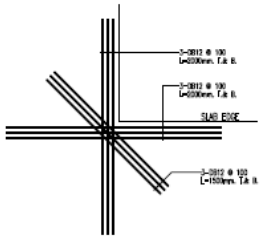
REMARK

FORMWORK SHALL NOT BE REMOVED BEFORE THE INFILLED CONCRETE GAINS STRENGTH 240 ksc.

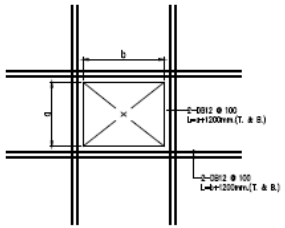


a,b ≯ 300mm. (OR SLEEVE ≯10")

TYP. REINFORCEMENT AT OPENNING

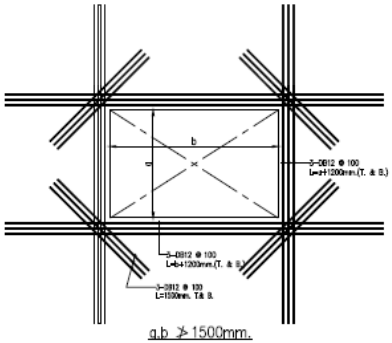


TYP. REINFOCEMENT AT CORNER



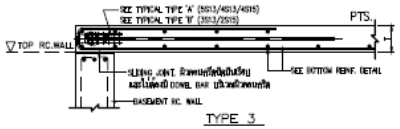
a,b ≯ 800mm.

TYP. REINFORCEMENT AT OPENNING



a,b ≯ 1500mm.

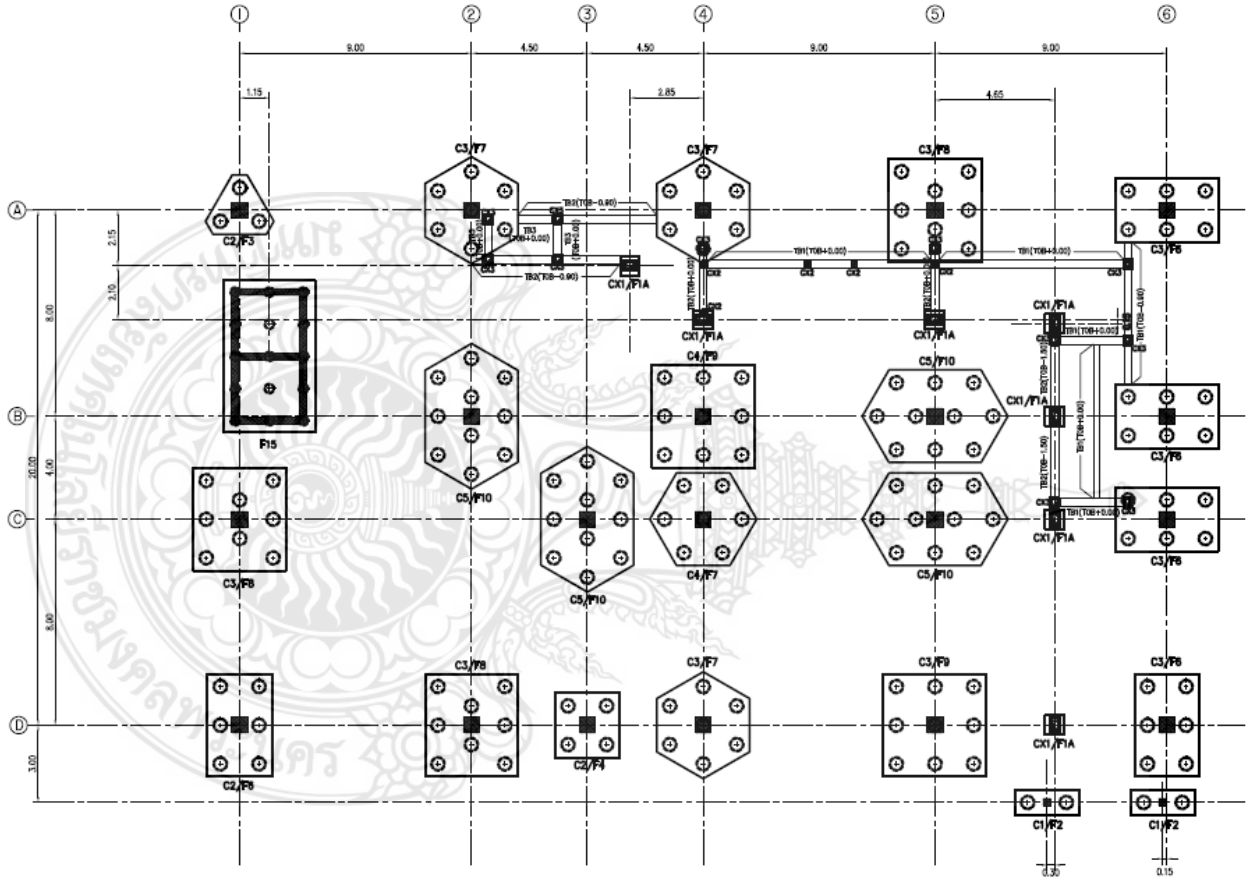
TYP. REINFORCEMENT AT OPENNING



TYPE 3

TYP. REINF. AT JOINT BETWEEN

SLAB & RC. BASEMENT WALL

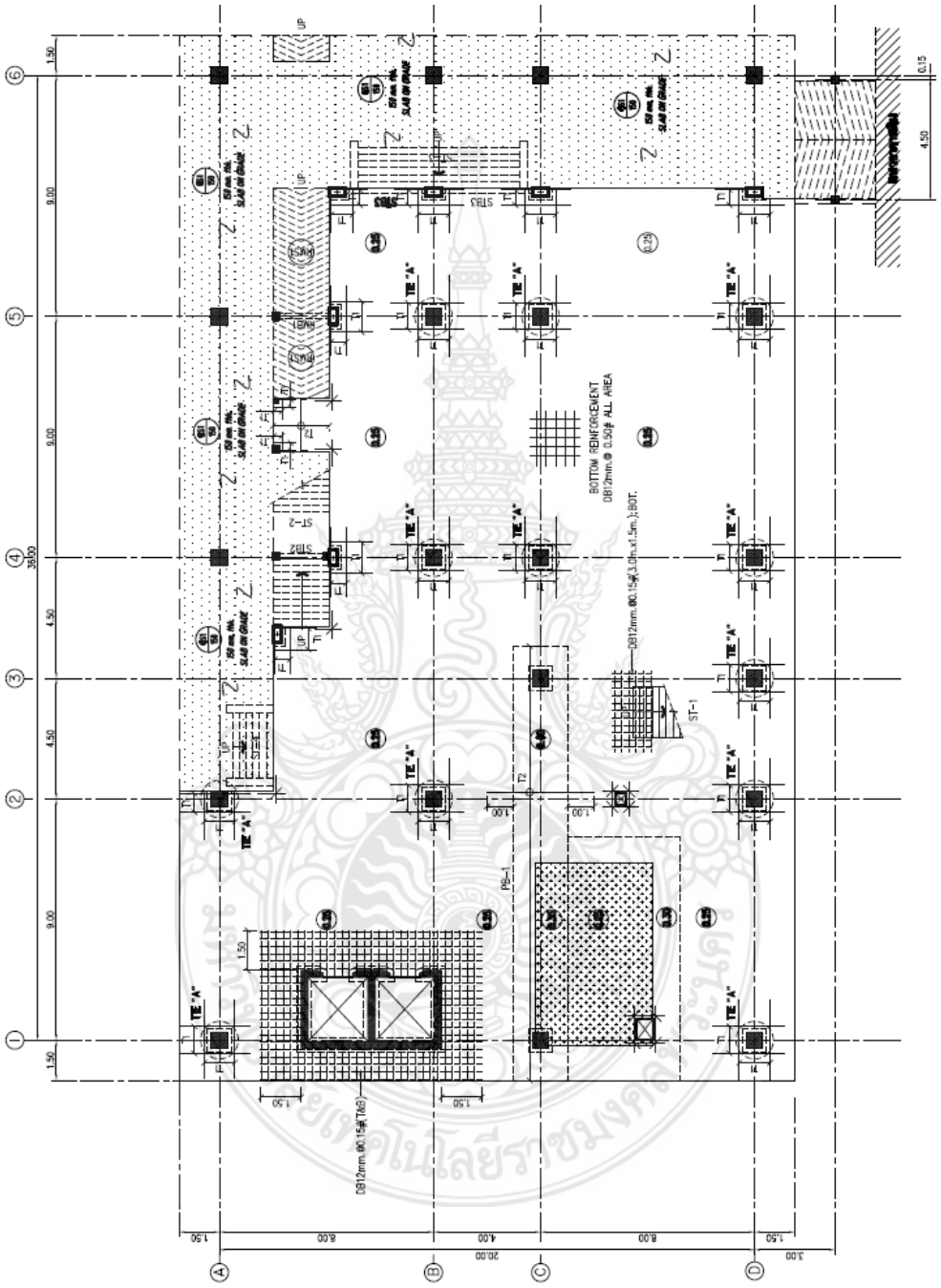


แปลนฐานราก

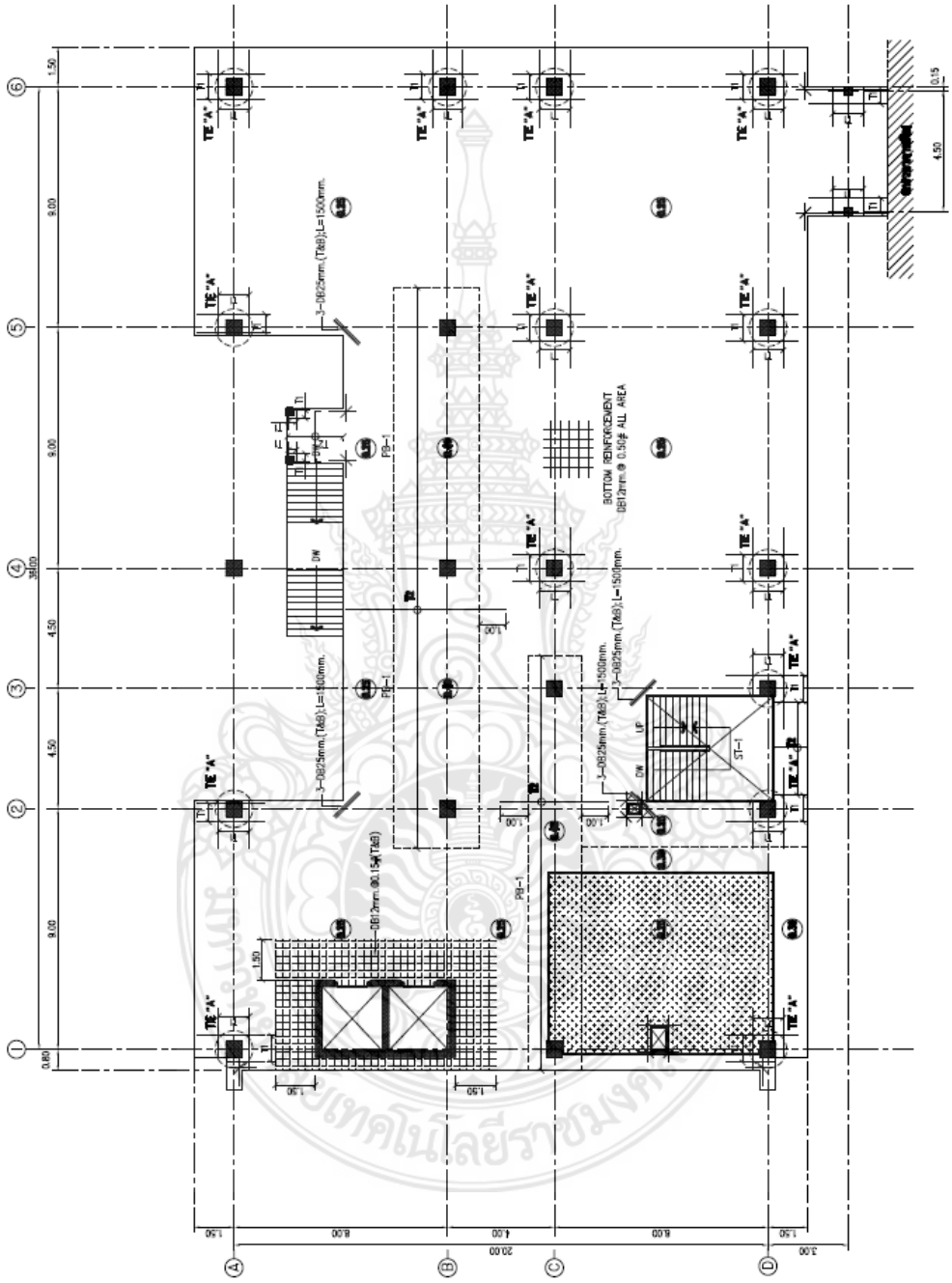
มาตราส่วน 1:100

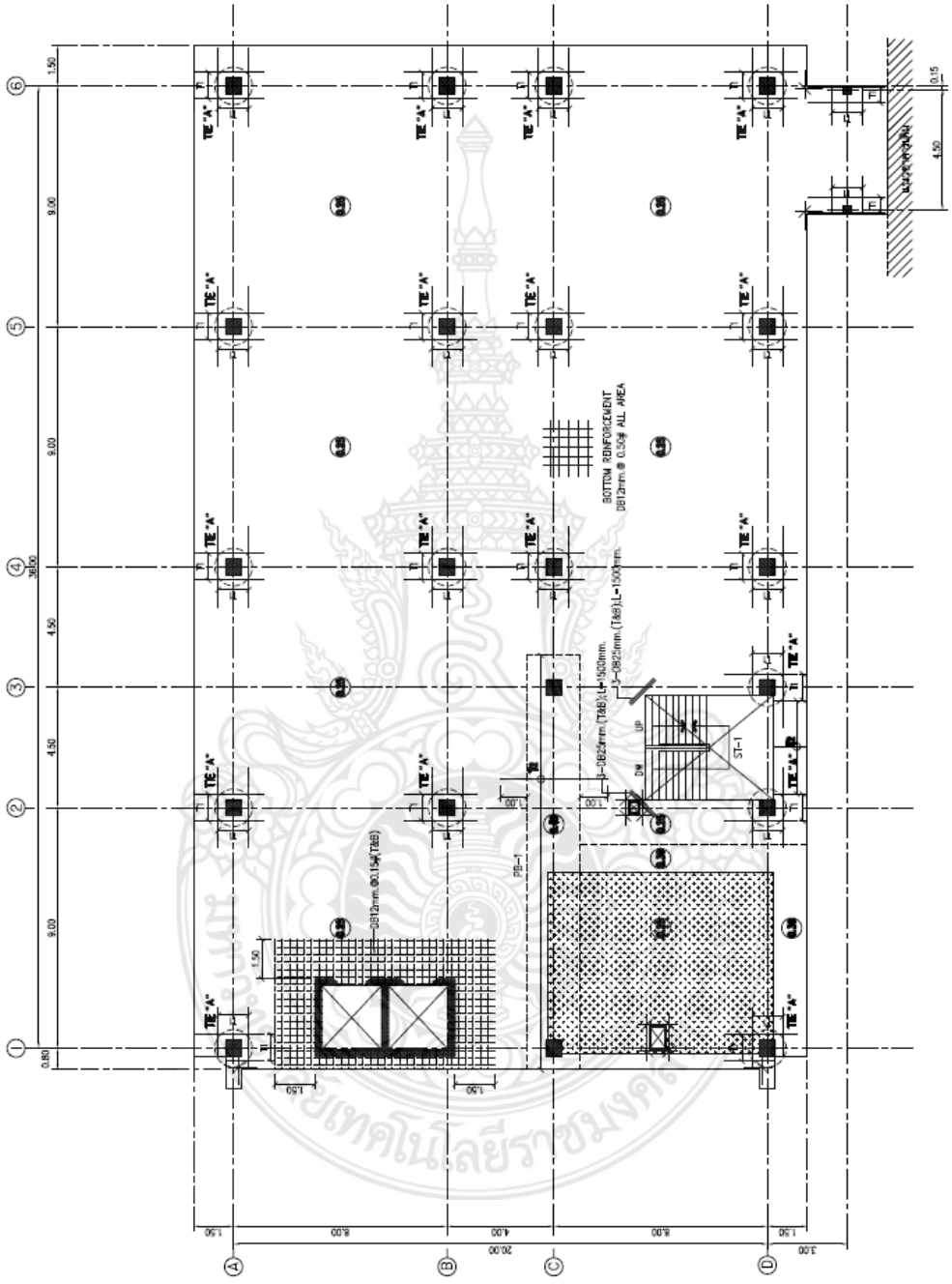
หมายเหตุ

ผู้รับจ้างต้องทำการเจาะสำรวจชั้นดินในบริเวณอาคารที่ก่อสร้าง จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หลุม โดยให้ทำการเจาะสำรวจชั้นดินความลึกไม่น้อยกว่า 35 เมตร
ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ แล้วนำไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเจาะ
และหากจำเป็นต้องเพิ่มความลึกเจาะ เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามที่ระบุในแบบรูปรายการ ผู้รับจ้างจะถือว่าเป็นเหตุในการของดิดเงินเพิ่มไม่ได้และขยายเวลาก่อสร้างไปได้

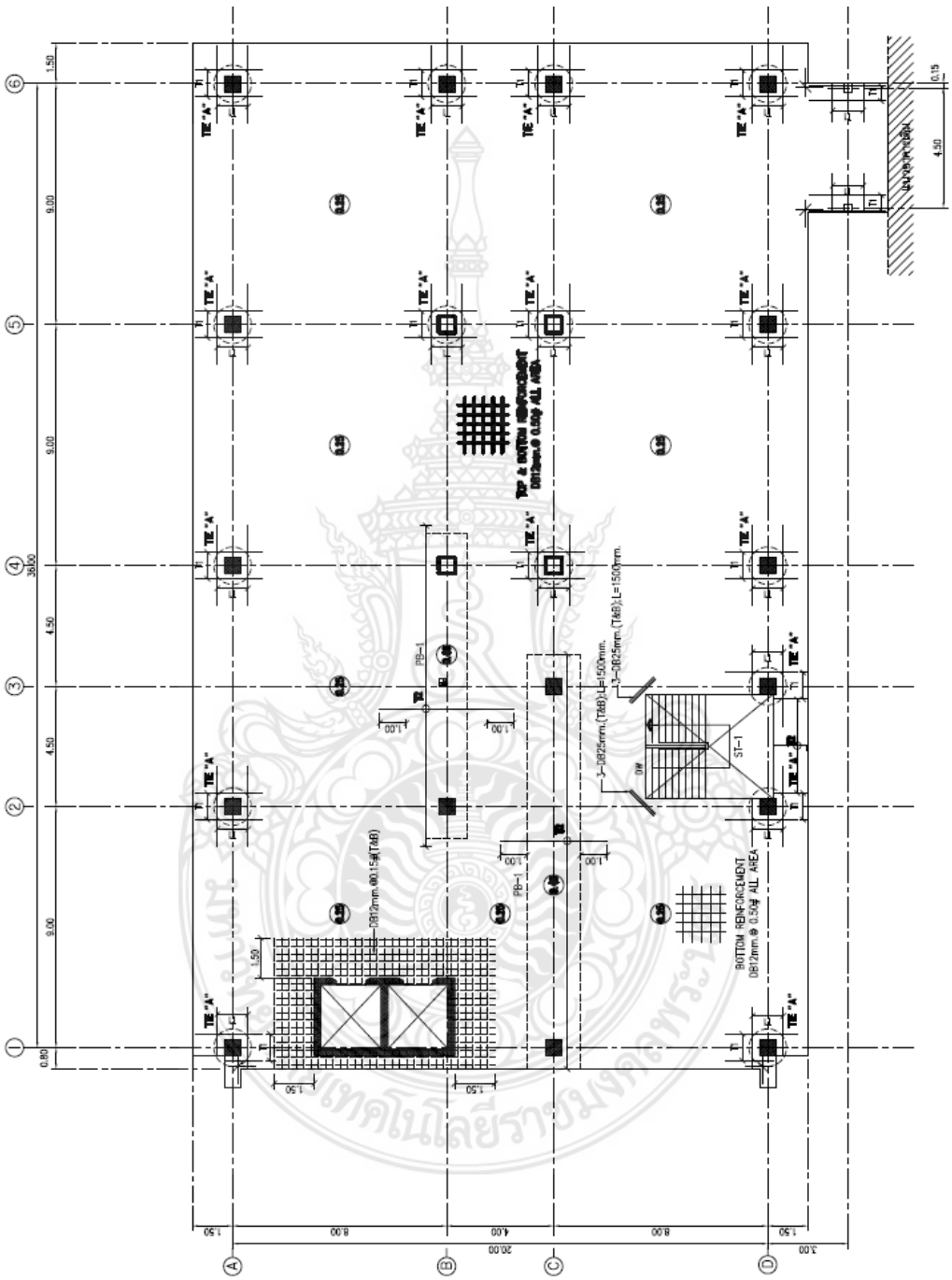


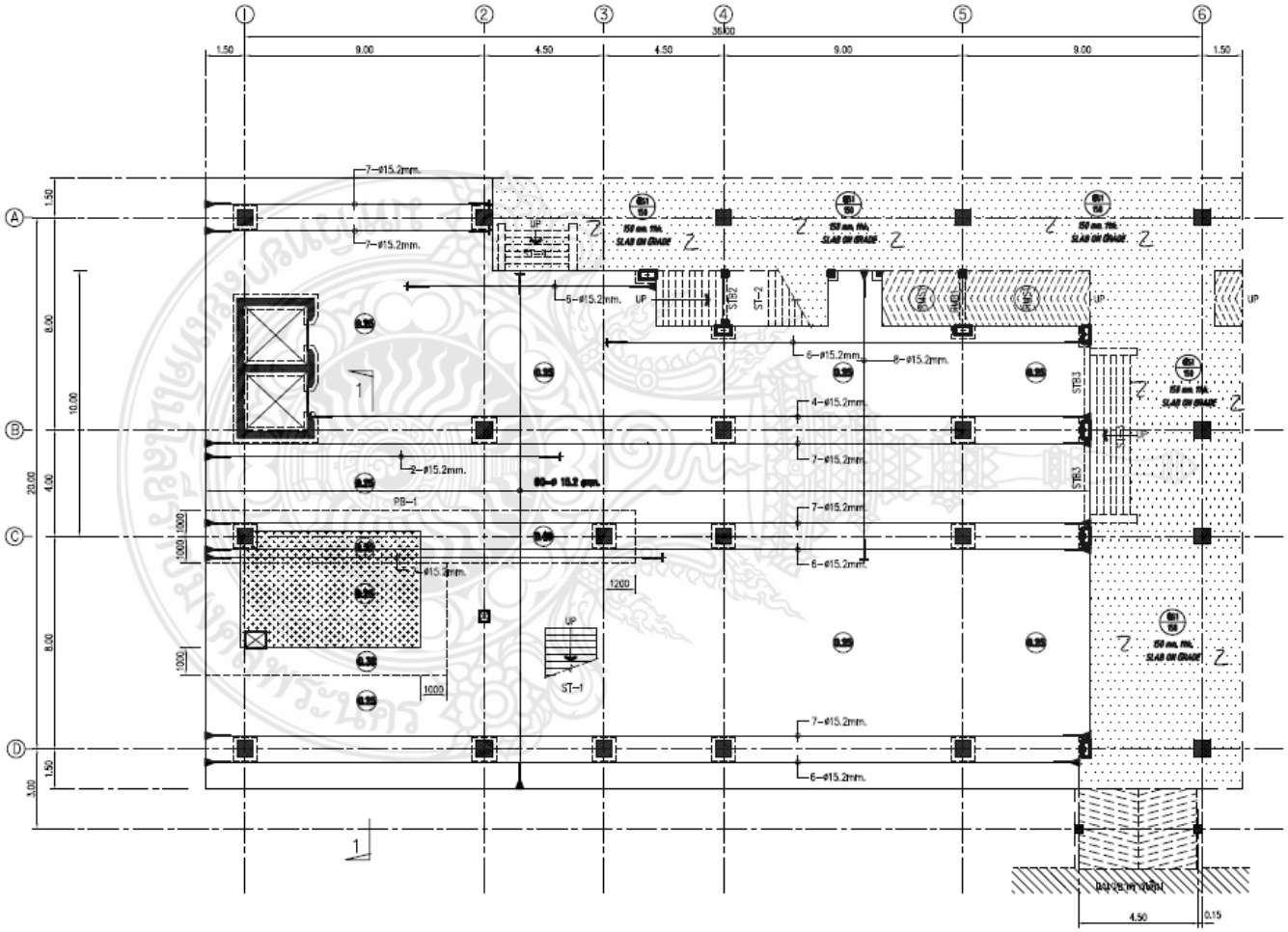
แปลนพื้นชั้นดาดฟ้า I
1:100


แปลนหลังคาชั้นที่ 2
1:100
TIE "A"
PB-1
ST-1
UP
DW
BOTTOM REINFORCEMENT
DB12mm.@ 0.50m. ALL AREA
3-DB25mm.(TMB)L=1500mm.
DB12mm.@0.15m(TMB)
20.00
8.00
4.00
1.50
3.00
4.50
9.00
36.00
0.80
0.15



แปลนหลังคาชั้นที่ 3-5

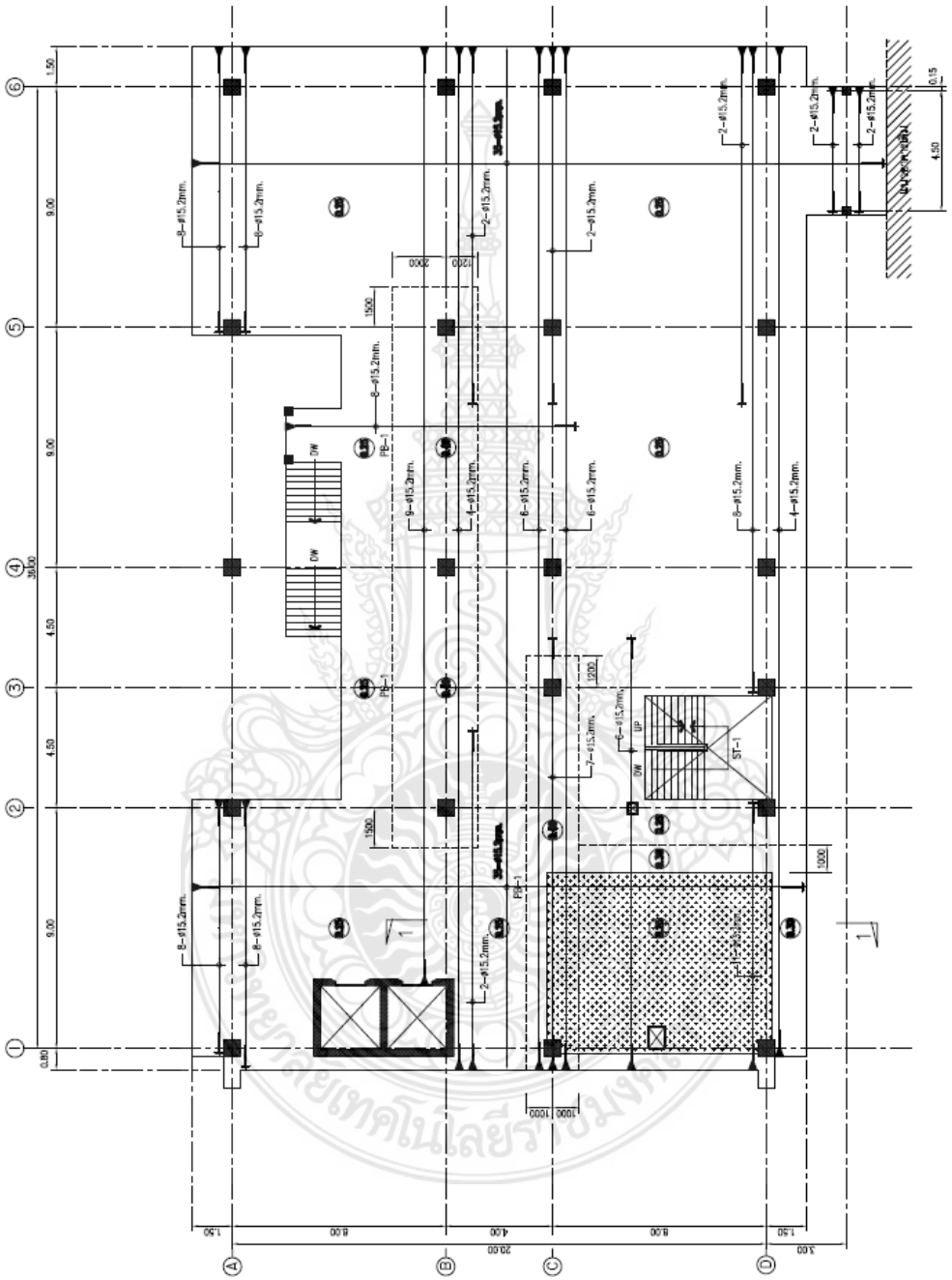

แปลนพื้นชั้นดาดฟ้า
1:100
TOP & BOTTOM REINFORCEMENT
DB12mm.@ 0.15M ALL AREA
BOTTOM REINFORCEMENT
DB12mm.@ 0.20M ALL AREA
DB12mm.@0.15M(T&B)
3-DB25mm.(T&B)Lt=1500mm.
ST-1
PB-1
TIE "A"
20.00
8.00
4.00
1.50
3.00
36.00
9.00
4.50
0.80
0.15
4.50

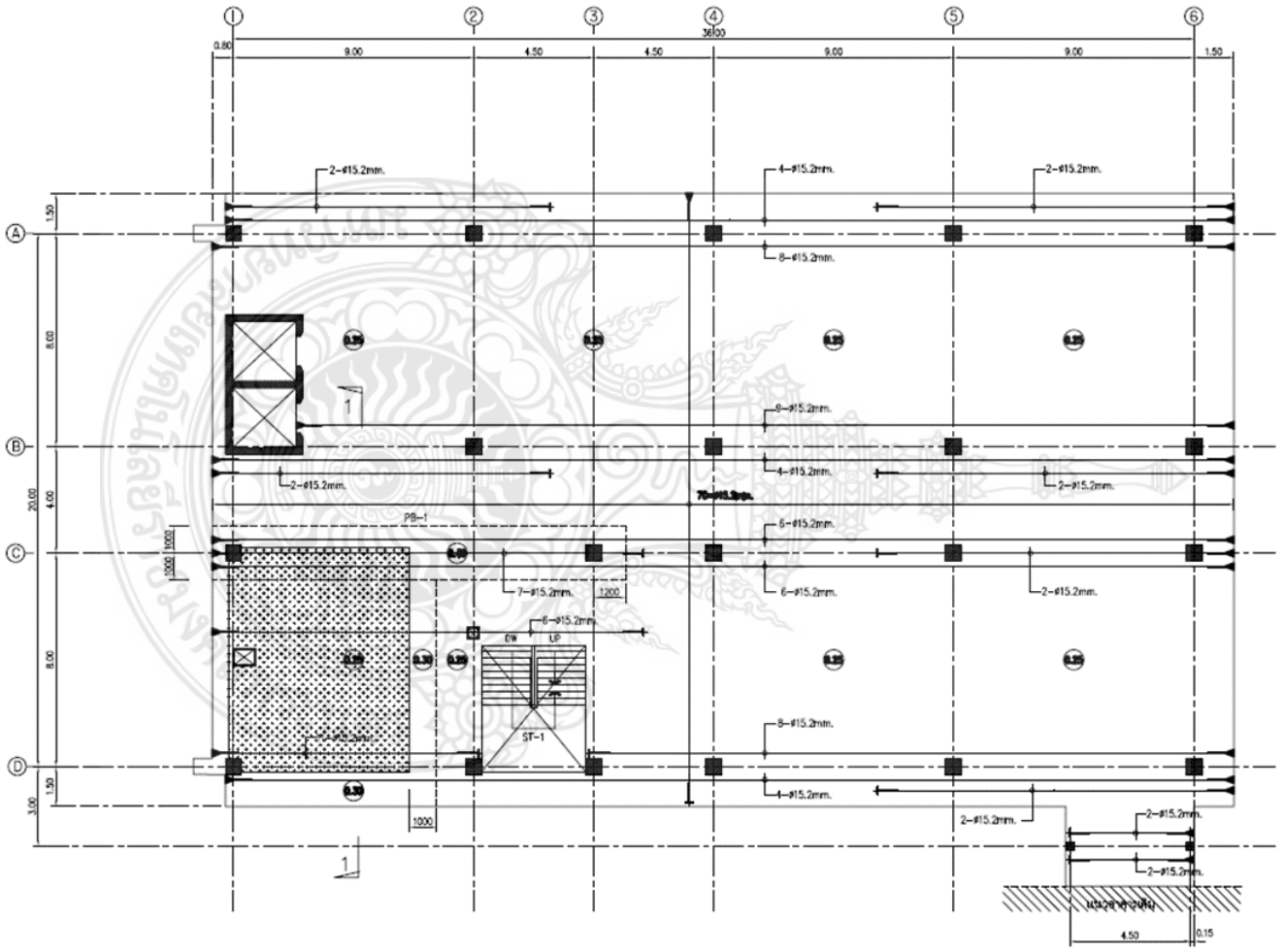


หมายเหตุ ให้ BLOCK รอบลิฟท์และเสาทุกต้น

แปลนลวดอัดแรงชั้นที่ 1

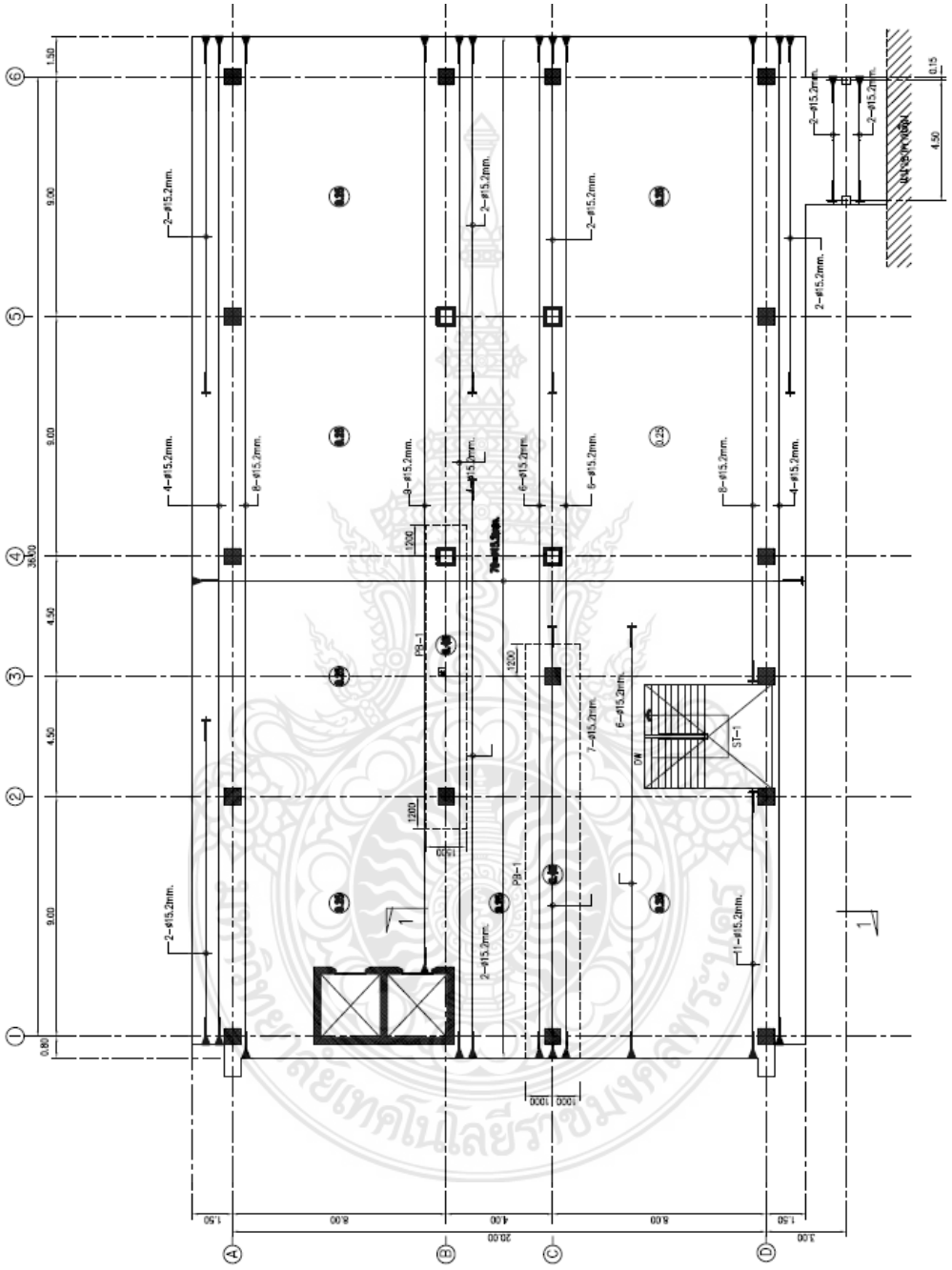
มาตราส่วน 1:100


แปลนวางเหล็กเสริมพื้นชั้นที่ 2
1:100
ST-1
PB-1
DW
UP
2-ø15.2mm.
6-ø15.2mm.
8-ø15.2mm.
9-ø15.2mm.
4-ø15.2mm.
20.00
4.00
8.00
1.50
9.00
4.50
0.15



แปลนลวดอัดแรงชั้นที่ 3-5

มาตราส่วน 1:100


แปลนคานชั้นดาดฟ้า
1:100
2-#15.2mm.
4-#15.2mm.
6-#15.2mm.
3-#15.2mm.
7-#15.2mm.
11-#15.2mm.
ST-1
DW
P3-1
1200
1000
20.00
8.00
4.00
1.50
9.00
4.50
38.00
0.80
0.15
4.50

NAME	DETAIL	LENGTH & SHAPE (M.)
T1	15–DB12mm. @ 0.10 m.	1.50 1.50 1.50 0.15
T2	DB12mm. @ 0.20 m.	1.00 1.00 1.00 0.15

BOTTOM REINFORCEMENT

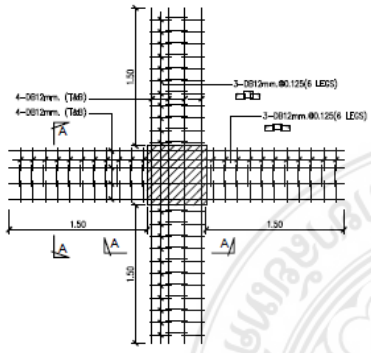
DB12mm. @ 0.50 ALL AREA

ADDITIONAL REINFORCEMENT

SEE TYPICAL DETAILS

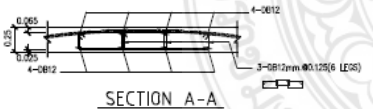
OTHER WISE

SEE TYPICAL DETAILS



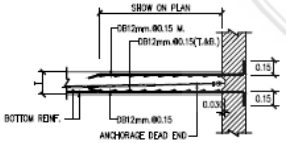
DETAIL TIE 'A'

SCALE 1:25

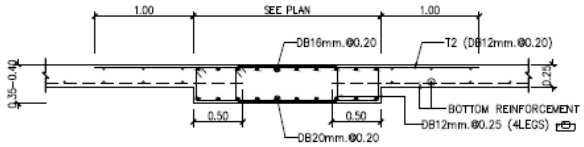


SECTION A-A

SCALE 1:25

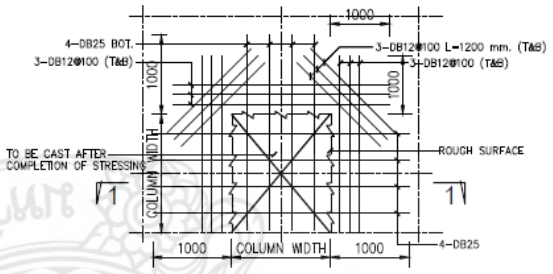


TYPICAL SLAB-WALL CONNECTION DETAIL



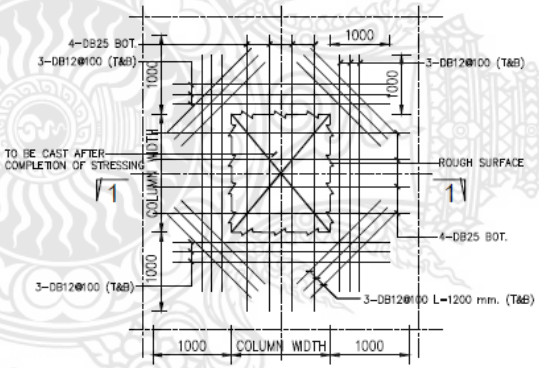
SECTION OF PB-1

SCALE 1:25



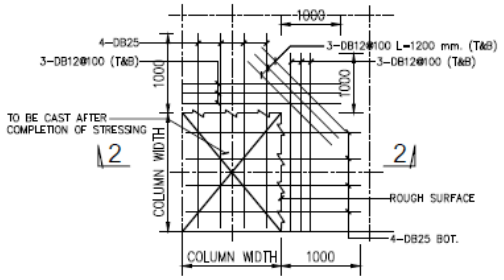
DETAIL COLUMN BLOCK-OUT (EDGE COLUMN)

SCALE 1:25



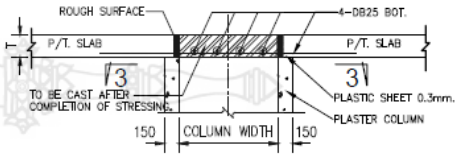
DETAIL COLUMN BLOCK-OUT (INTERIOR COLUMN)

SCALE 1:25



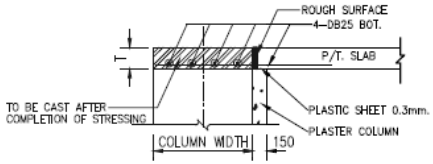
DETAIL COLUMN BLOCK-OUT (CORNER COLUMN)

SCALE 1:25



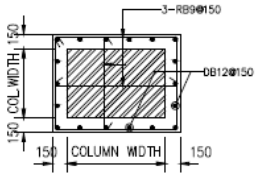
SECTION 1-1

SCALE 1:25



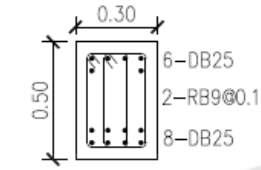
SECTION 2-2

SCALE 1:25

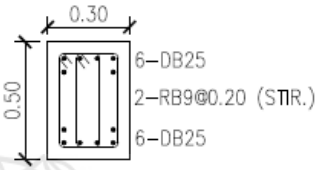


SECTION 3-3 (สำหรับเสาเหลี่ยม)

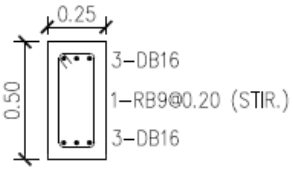
SCALE 1:25



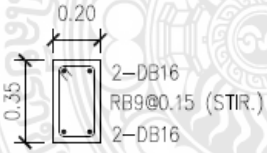
TB1
SCALE 1:25



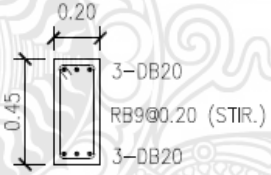
TB2
SCALE 1:25



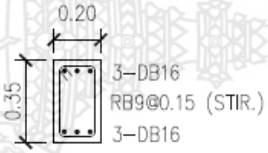
TB3
SCALE 1:25



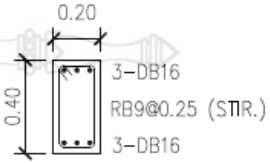
RMB1
SCALE 1:25



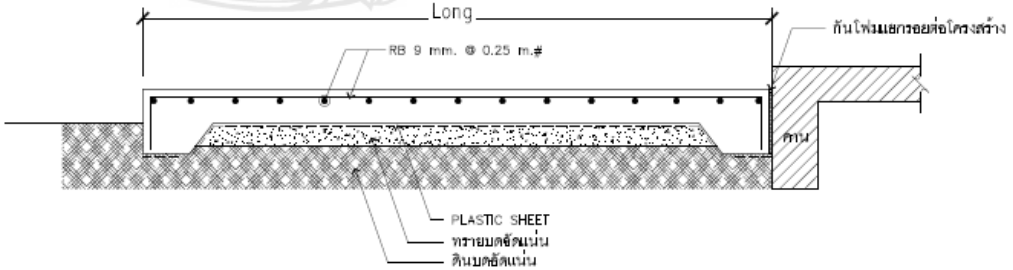
STB1
SCALE 1:25



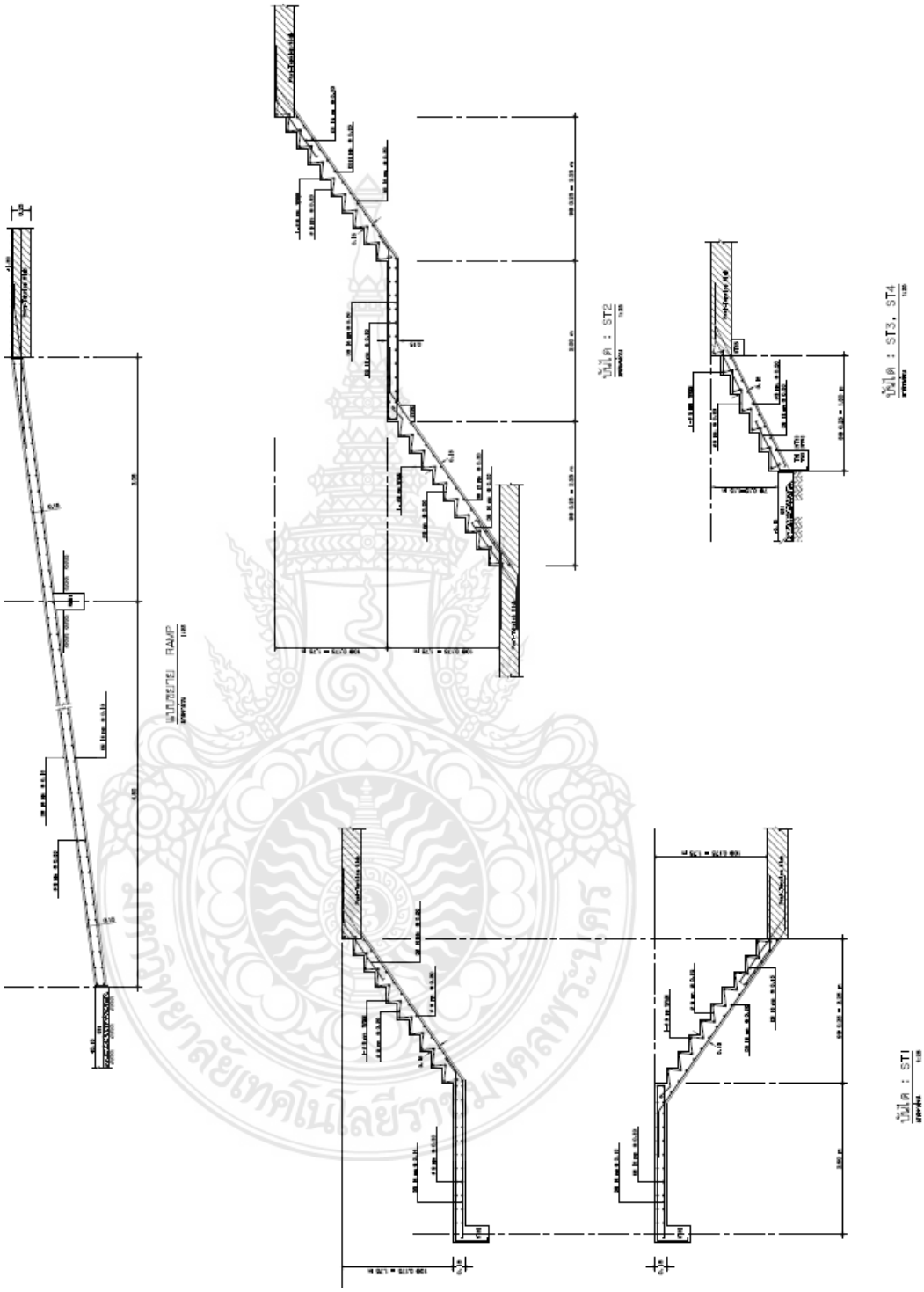
STB2
SCALE 1:25



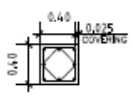
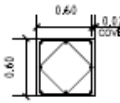
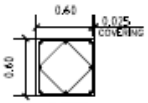
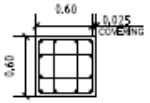
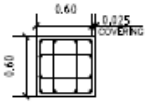
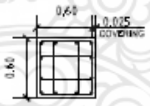
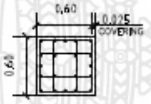
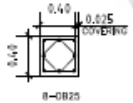
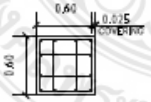
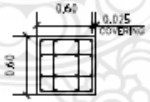
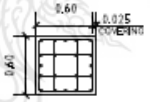
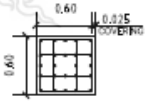
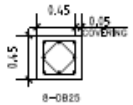
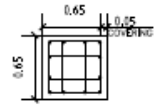
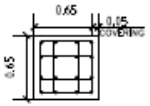
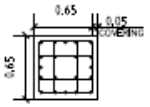
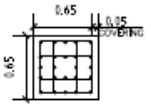
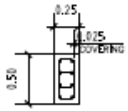
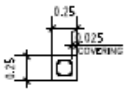
STB3
SCALE 1:25



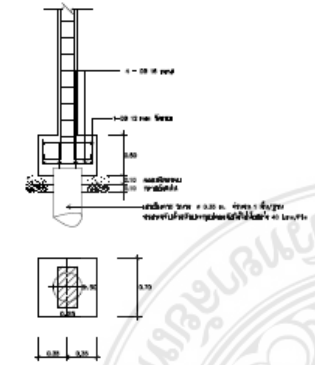
GS1
SCALE 1:25


WHEELCHAIR RAMP
ST2
ST3, ST4
ST1

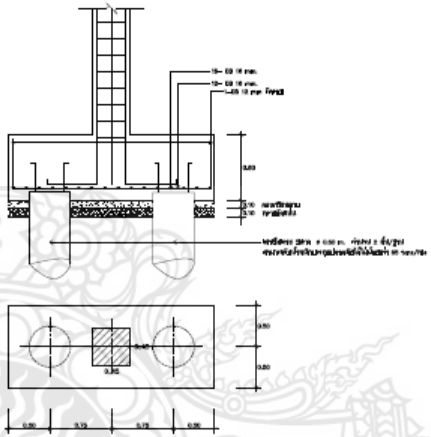
COLUMN SCHEDULE 1 : 25

ELEVATION / COLUMN NO	C1	C2	C3	C4	C5	CX1	CX2	CX3
ดาดฟ้า ⇧ ชั้นที่ 4	 8–DB20 2–RB9@0.20	 8–DB25 2–RB9@0.20	 8–DB25 2–RB9@0.20	 12–DB25 3–RB9@0.20	 12–DB25 3–RB9@0.20			
ชั้นที่ 4 ⇧ ชั้นที่ 3	⇧	⇧	 12–DB25 3–RB9@0.20	⇧	⇧			
ชั้นที่ 3 ⇧ ชั้นที่ 2	⇧	⇧	⇧	⇧	 20–DB25 3–RB9@0.20			
ชั้นที่ 2 ⇧ ชั้นที่ 1	 8–DB25 2–RB9@0.20	 12–DB25 3–RB9@0.20	 16–DB25 3–RB9@0.20	 20–DB25 3–RB9@0.20	 24–DB25 3–RB9@0.20			
ชั้นที่ 1 ⇧ ฐานราก	 8–DB25 2–RB9@0.20	 12–DB25 3–RB9@0.20	 16–DB25 3–RB9@0.20	 20–DB25 3–RB9@0.20	 24–DB25 3–RB9@0.20	 8–DB20 2–RB9@0.20	 4–DB20 1–RB9@0.20	4–DB20 1–RB9@0.20

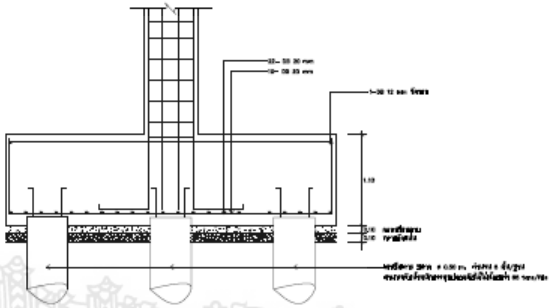
แบบขยายเสา



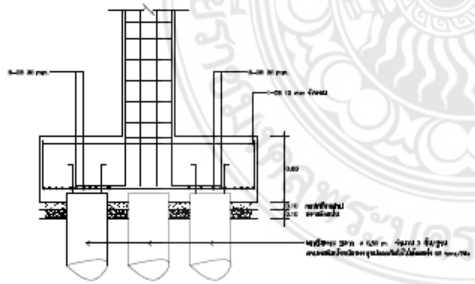
FOOTTING : F1A

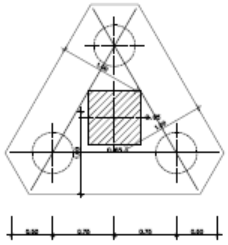


FOOTTING : F2

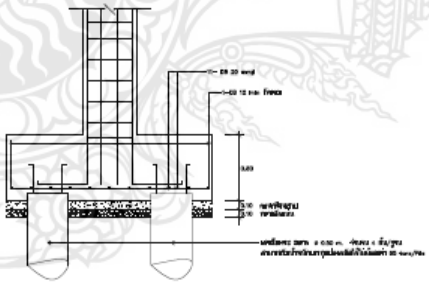


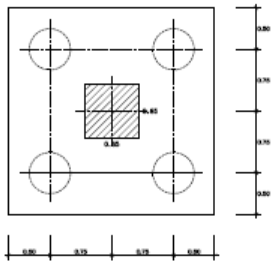
FOOTTING : F6





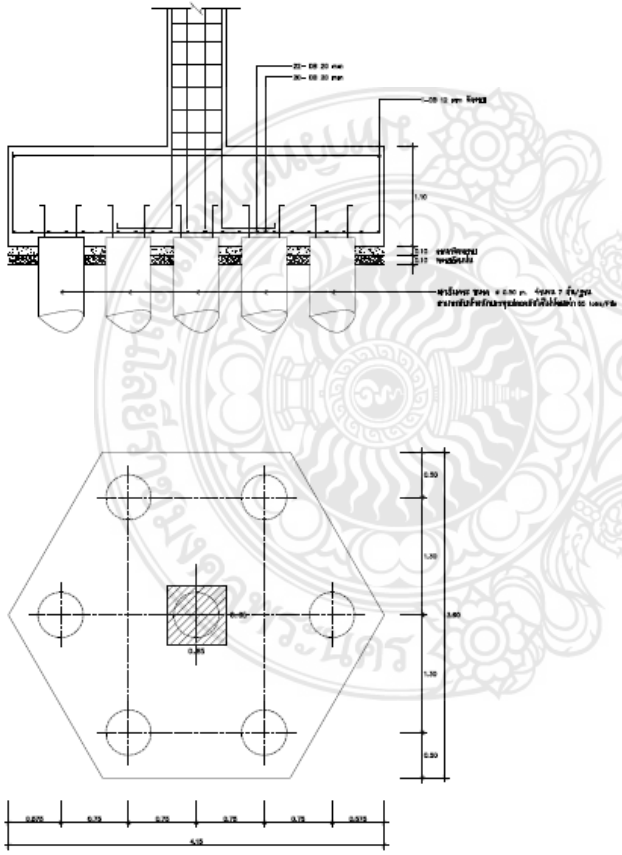
FOOTTING : F3



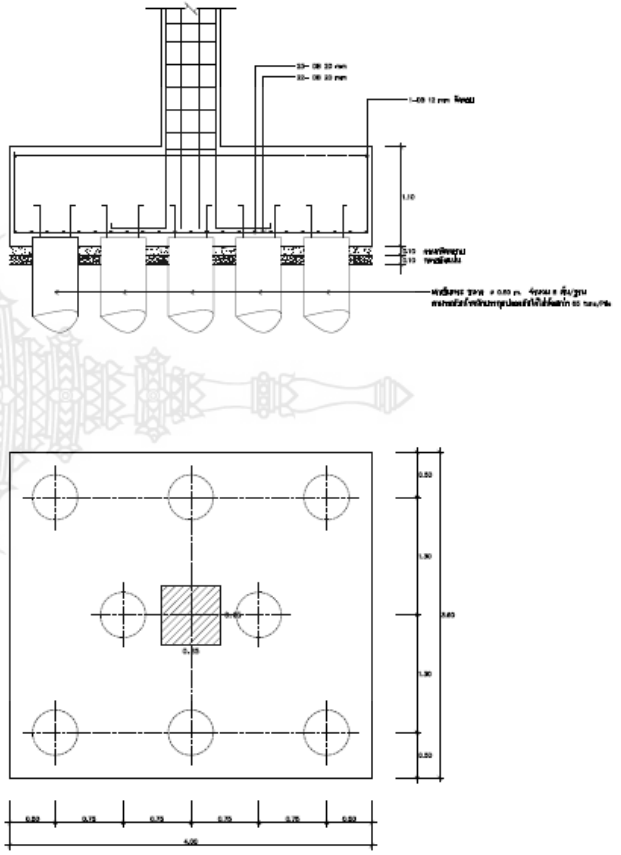


FOOTTING : F4

หมายเหตุ ระดับของฐานรากที่ปรากฏในแบบนี้เป็นระดับโดยประมาณ ให้สำรวจและให้ระดับจริงของฐานรากทุกฐาน
ก่อนหยุดทำระดับคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร

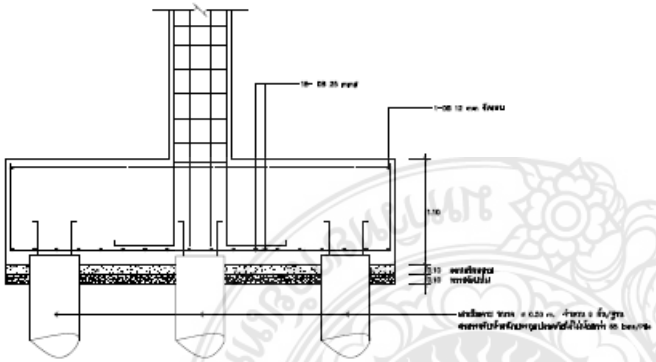


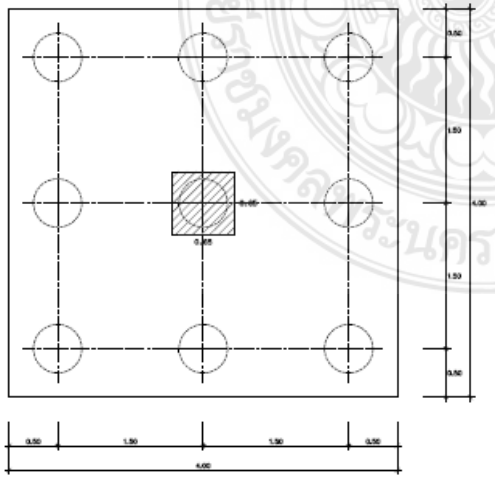
FOOTTING : F7



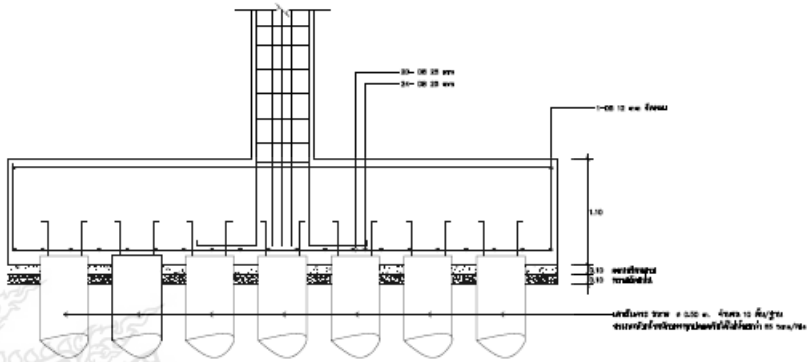
FOOTTING : F8

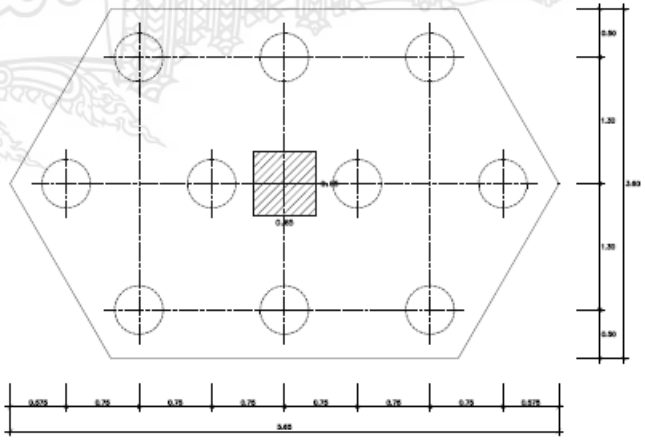
หมายเหตุ ระดับของฐานรากเป็นไปตามแบบปรับปรุงรายการ โดยก่อนดำเนินการขุดดินต้องสำรวจสาธารณูปโภคที่อยู่ใต้ดินบริเวณที่จะขุดดินลึกไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร





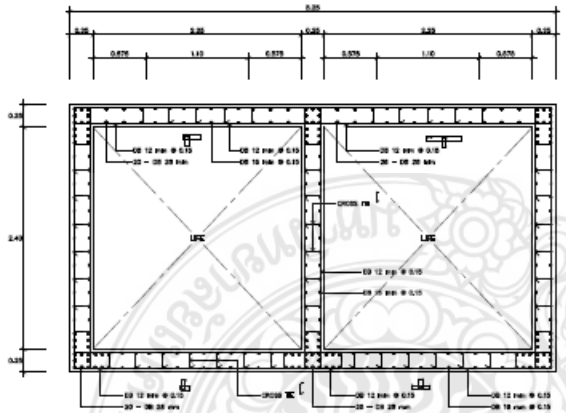
FOOTTING : F9



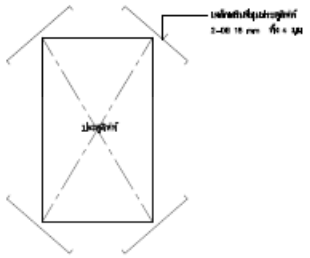


FOOTTING : F10

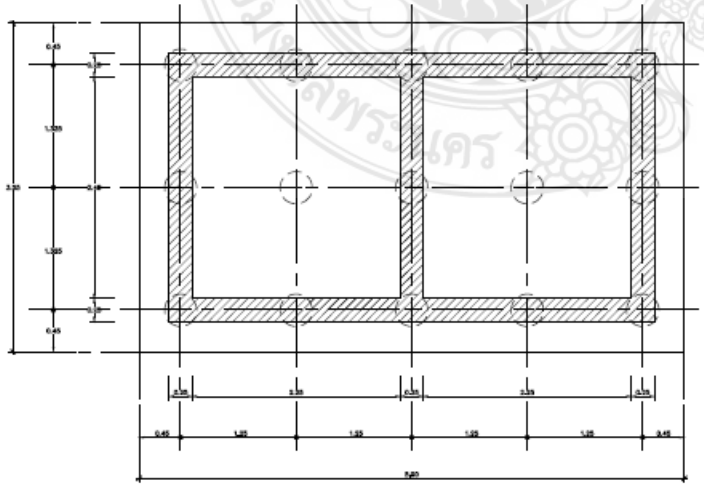
หมายเหตุ ระดับของฐานรากเป็นไปตามแบบรูปรายการ โดยกำหนดให้ระดับท้องฐานรากทุกต้นต้องอยู่ห่างจากระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร



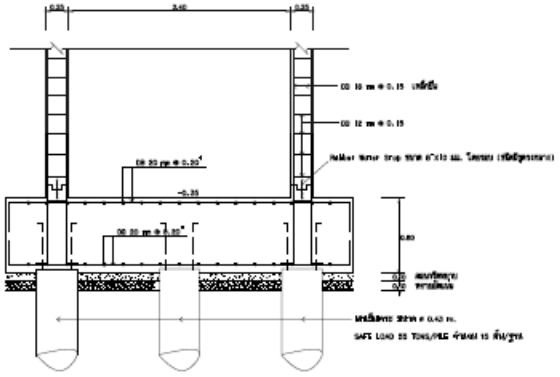
แบบขยายการเสริมเหล็กห้องลิฟท์



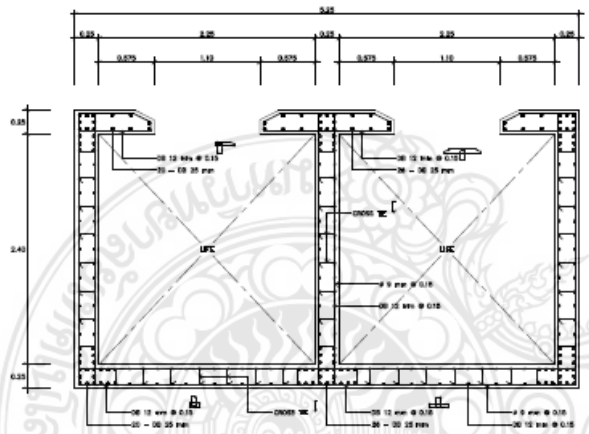
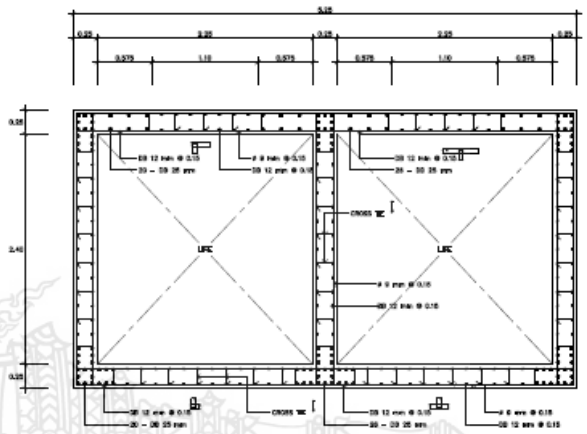
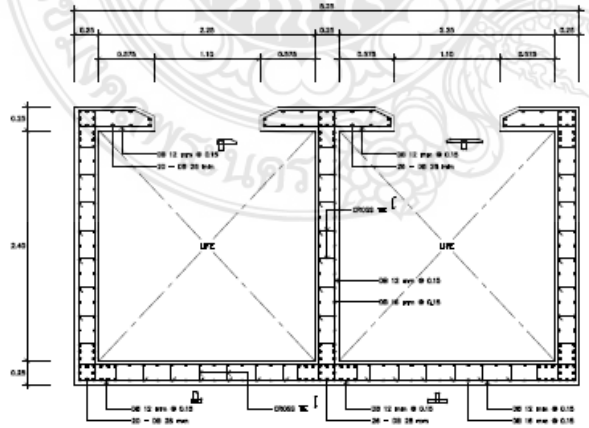
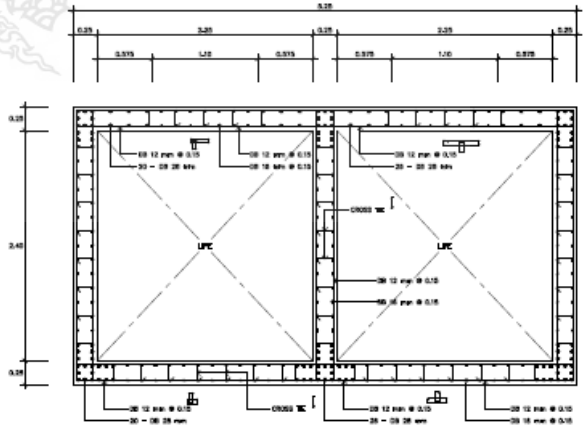
แบบขยายเหล็กเสริมมุมประตูลิฟท์



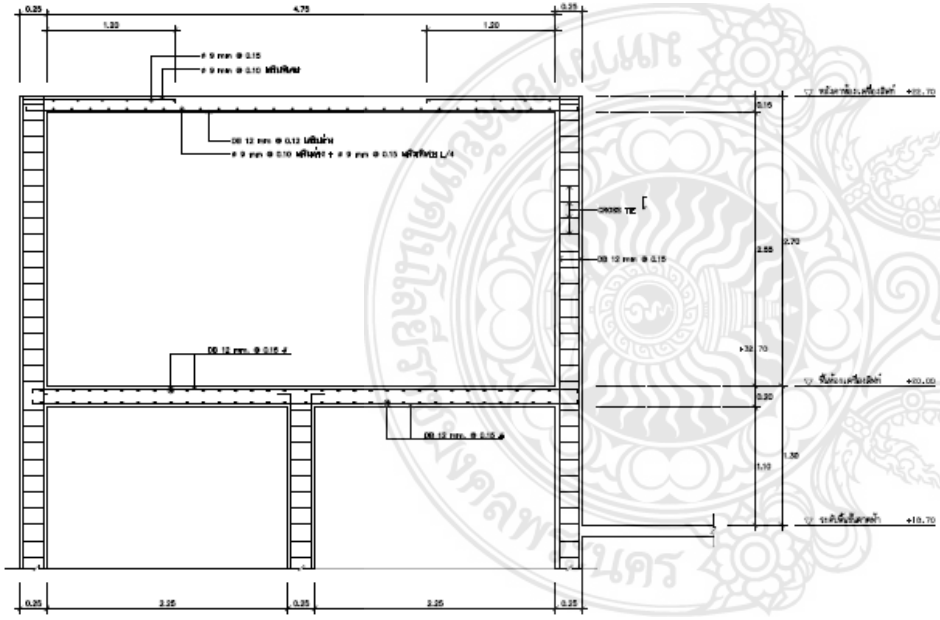
FOOTING : F15



รูปตัดฐานรากลิฟท์

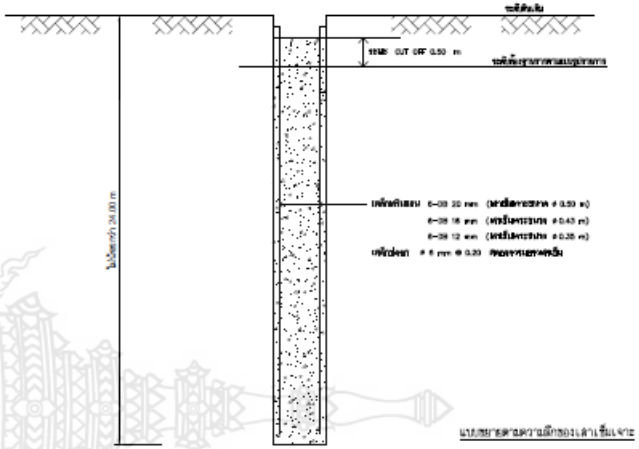
ระดับ	รูปตัดช่วงช่องเปิดประตู	รูปตัดช่วงทั่วไป
ขั้นพื้นชั้นหลังคา ⇧ ขั้นพื้นชั้น 3		
ขั้นพื้นชั้น 2 ⇧ FOOD		

แบบขยายการเสริมเหล็กห้องลิฟท์



แบบขยายการเสริมเหล็กห้องเครื่องลิฟท์

มาตราส่วน 1:25



แบบขยายรายละเอียดการเสริมเหล็กของเสาเข็มเจาะ

ข้อกำหนดของงานเสาเข็มเจาะ

1. ปลายเสาเข็มต้องอยู่ระดับเดียวกัน สามารถรองรับกำลังน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามแบบรูปรายการ
2. ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท Portland cement Type I (ASTM.) กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีต
   ทรงกระบอก ขนาด ø15x30 ซม. ที่อายุ 28 วัน ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่า 280 ksc
3. เหล็กเสริมตามแบบเสาเข็มเจาะ ใช้เหล็กเส้นข้ออ้อย SD-30
4. เสาเข็มเจาะระบบแห้งของสำการเจาะมีการติดตั้ง casing กันดินพังลงของความลึกของเสาเข็ม และของเทคอนกรีตต้องกำจัดเศษดิน ตัดหลอดคอนกรีตในขณะเจาะให้หมด
5. ในการที่การติดตั้งเสาเข็มเจาะที่จะต้องมีการเสาเข็มเสริมรากฐาน และมีปัญหาน้ำใต้ดินมาก
   ผู้รับจ้างต้องใช้เครื่องมือการก่อสร้างน้ำใต้ดินมาก ใช้เครื่องขุดเจาะแบบหมุนกลับน้ำเข้า (REVERSE) ซึ่งผู้รับจ้างต้องแสดงเครื่องมือ
   และวิธีการที่ผู้รับจ้างจะดำเนินการก่อน และเมื่อได้รับการอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว จึงจะดำเนินการได้
   ทั้งนี้ต้องแสดงระยะเวลาที่ขาดหลังไว้เพื่อที่เป็นการป้องกันการของผู้รับจ้างเสนอมูลค่างานที่เพิ่ม
6. เสาเข็มเจาะตามรายการที่กำหนดนี้ ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Test ทุกต้น
7. ในกรณีที่ตรวจพบข้อบกพร่องที่ร้ายแรงเสาเข็มต้นใดต้นหนึ่ง เช่นมีรอยแตกไม่เต็มหน้าตัดเสา วัสดุผู้ออกแบบ
   มีสิทธิ์ไม่ให้การเจาะเสาแห่งนอกจากนั้นของเสาเข็มต้นนั้น ไปทำการทดสอบกำลังได้ ถ้าไม่ผ่านต้องดำเนินการแก้ไขตามของผู้รับจ้างทั้งสิ้น
8. บริษัทหรือห้างที่รับจ้างทำเสาเข็มเจาะ ต้องมีรายละเอียดการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะมาแล้วไม่น้อยกว่า 20 งาน และมีผลการทำเป็นการจัดทำเสาเข็มเจาะ
   ที่ความลึกไม่น้อยกว่า 21.00 เมตร เส้นรอบรอบงานไม่น้อยกว่า 2000 ซม. และจะต้องแสดงวิธีการผู้มีความชำนาญโดยตรงมาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี
   จากผู้ว่าจ้างเป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว จึงจะเริ่มดำเนินการก่อสร้างได้

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันท์ มนต์แก้ว

การศึกษา

ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารงานก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบัน

รับราชการ ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ไพศาล สุขสม

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งวิศวกรรมโยธาปฏิบัติการ กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร