รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การควบคุมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างฐานราก สำหรับโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วย โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

Quality control and efficient construction method of foundation for Project : Diagnostic Center and Patient Room building of Nakornmaesot International Hospital.

นายฟาอิส จิตต์จำนงค์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การควบคุมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างฐานราก สำหรับโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วย โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

Quality control and efficient construction method of foundation for Project : Diagnostic Center and Patient Room building of Nakornmaesot International Hospital.

นายฟาอิส จิตต์จำนงค์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานสหกิจ	การควบคุมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างฐานรากสำหรับโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล
นักศึกษา	นายฟาอิส จิตต์จำนงค์ **รหัสประจำตัว** 58010930
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์ **สาขาวิชา** วิศวกรรมโยธา
อาจารย์นิเทศ	ดร.ศลิษา ไชยพุทธ
ผู้นิเทศงาน	คุณนาวาวี ลีบำรุง
สถานประกอบการ	บริษัท ฟอร์คอน จำกัด

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับความนิยมมากในประเทศไทยมีบริษัทรับเหมาก่อสร้างที่กำลังเติมโตขึ้นอีกมากมายเช่นกัน แต่ก็ไม่ใช่ว่าทุกบริษัทจะสามารถรับงานได้ มีปัจจัยหลายสิ่งที่จะเป็นตัวการันตีว่าบริษัทผู้รับเหมาจะได้งาน อาทิเช่น ราคาการประมูล ความมั่นคงและความสวยงามของโครงสร้างที่เป็นดั่งภาพลักษณ์ของบริษัทผู้รับเหมา ซึ่งในหมวดงานโครงสร้างมีองค์ประกอบหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญในการก่อสร้าง เนื่องจากการที่จะเข้าไปซ่อมแซมในส่วนโครงสร้างนี้ต้องใช้เวลาผู้เชี่ยวชาญและองค์ความรู้มากมายแตกต่างจากส่วนโครงสร้างอื่น โครงสร้างนั้นคือ ฐานราก

จากข้อมูลข้างต้นประกอบกับหน้างานของโครงการที่ผู้วิจัยได้เข้าไปมีส่วนร่วมกับทีมงานก่อสร้าง บริษัท ฟอร์คอน จำกัด ทำให้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะให้โครงสร้างฐานรากของอาคารนี้ออกมาอย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพที่สุด โดยทางผู้วิจัยพบว่าหนึ่งในปัจจัยที่จะส่งผลให้ฐานรากที่ก่อสร้างมีความมั่นคงและสามารถรับน้ำหนักได้ตามที่ออกแบบไว้ คือ การควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก

จากหัวข้อดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงเลือกที่จะศึกษาความรู้เกี่ยวกับการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กและหาแนวทางควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากให้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานก่อสร้างฐานรากไปจนถึงการสร้างแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากเพื่อให้ฐานรากที่ก่อสร้างออกมาสมบูรณ์แบบที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title	Quality control and efficient construction method of foundation for Project : Diagnostic Center and Patient Room building of Nakornmaesot International Hospital.
Student	Mr.Fais Jitjumnong **ID** 58010930
Faculty	Engineering **Department** Civil Engineering
Advisor	Dr. Salisa Chaiyaput
Supervisor	Mr. Navawee Leebumroong
Company	FORCONS CO., LTD

ABSTRACT

Nowadays, the construction industries have been very popular in Thailand. There are a lot of construction industries which are growing up. But not all companies are able to get jobs. There are many factors that can guarantee the contractor will get a job. The factors are price, stability and style which is the image of the company. The structural elements are needed to focus on construction because the repairing of the structure must take a long time, professional and many knowledges which are different from other structures. The structure is the foundation

By this observation, with the researcher has worked with FORCONS CO., LTD. the researcher wants the structural foundation of building be perfect and effective. The researcher found that factors that influence the foundation are able to underlie the weight of the building following the model are quality control construction of foundation

From the topic, researchers chose to study about the construction of reinforced concrete of foundations and provide the quality control construction of foundations to be effective. The process of implementation is start with. gathering information about construction of foundation and create a form to control and monitor the construction of foundations for the perfect construction of foundation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณอาจารย์ศลิษา ไชยพุทธ อาจารย์ณัฏฐ์ดนัย สินสมุทรผดุง และอาจารย์ไตรรัตน์ เมืองทองอ่อน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คอยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำงานอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยฉบับนี้ส่งผลให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท ฟอร์คอน จำกัดที่ได้ให้โอกาสในการเข้าไปร่วมศึกษา วิจัยและทำงานร่วมกับทีมงานอันประกอบด้วย

1. คุณฐิติพันธุ์	โรหิตเสถียร	ผู้จัดการโครงการ
2. คุณนาวาวี	ลีบำรุง	วิศวกรสนาม
3. คุณวรเศรษฐ์	คูกีรติรัตน์	วิศวกรสนาม
4. คุณจักรพงศ์	วงศ์สูงเนิน	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานวิชาชีพ
5. คุณไพริน	คำเบ้า	ธุรการสนาม

ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนลทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและชี้นำแนวทางในการทำงานจนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยฉบับนี้ขึ้นมาได้ นอกจากความรู้ในการทำงาน บุคคลเหล่านี้ยังสอนให้รู้เกี่ยวกับการใช้ชีวิตในการทำงานสายงานก่อสร้างจริง จนทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการทำงานเพิ่มขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาและรุ่นพี่ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ รวมถึงกำลังใจในการทำโครงงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดาและบุคคลอื่นที่คอยให้คำปรึกษา คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจเสมอมาในการทำงานมาตั้งแต่ต้นจนส่งผลให้โครงงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

นายฟาอิส จิตต์จำนงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ฐานราก	4
2.1.1 ฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่	5
2.1.1 ฐานรากวางบนเสาเข็ม	6
2.2 การก่อสร้างฐานรากและการตรวจสอบ	10
2.3 งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	12
2.3.1 งานคอนกรีต	12
2.3.2 งานไม้แบบ	20
2.3.3 งานเหล็กเสริม	23
2.4 รายการประกอบแบบก่อสร้าง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 30

3.2 ศึกษาการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 31

3.2.1 ก่อนทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 31

3.2.2 ระหว่างทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 35

3.2.3 หลังทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 54

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลการทำงานจริงกับทฤษฎีเพื่อหาแนวทางการตรวจสอบฐานราก 56

3.4 ศึกษาการประสานการทำงานกับผู้รับเหมาให้งานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน 58

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 59

4.2 การก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 59

4.3 การควบคุมและการตรวจสอบงานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 61

4.4 แผนภาพแสดงขั้นตอนการก่อสร้างและควบคุมคุณภาพในงานฐานราก 65

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำทฤษฎีมาช่วยในการแก้ไขปัญหาหน้างาน 74

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 82

5.2 ข้อเสนอแนะ 84

เอกสารที่เกี่ยวข้อง 85

ภาคผนวก ก. 87

ภาคผนวก ข. 110

ประวัติผู้เขียน 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ภาพการถ่ายน้ำหนักของอาคารสู่ฐานราก	4
2.2 ภาพฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่	5
2.3 ภาพตัวอย่างการเสริมเหล็กฐานรากแผ่	5
2.4 ภาพฐานรากเสาเข็ม	6
2.5 ภาพเสาเข็มเจาะ	6
2.6 ภาพการวิบัติในฐานรากเดี่ยว	8
2.7 ภาพการวิบัติในฐานรากร่วม	8
2.8 ภาพข้อกำหนดในการออกแบบฐานนราก	9
2.9 ภาพแสดงขนาดของหลุมที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดฐานรากและภาพหัวเข็มที่ตัดรอเทคอนกรีตลีน	11
2.10 ภาพแสดงคอนกรีตหยาบก้นหลุมและภาพแสดงการประกอบเหล็กเสริมตอม่อและฐานราก	11
2.11 ภาพแสดงการเทคอนกรีตฐานรากและแสดงการถอดแบบฐานราก	12
2.12 ภาพแสดงเหล็กเส้นกลม	23
2.13 ภาพแสดงเหล็กเส้นข้ออ้อย	25
2.14 ภาพแสดงรายละเอียดการงอขอประเภทต่างๆ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพการทดสอบ Dynamic Load Test 32

3.2 ภาพผลทดสอบ Dynamic Load Test เบื้องต้น 32

3.3 ภาพการทดสอบ Seismic Test 33

3.4 ภาพกราฟผลทดสอบ Seismic Test 34

3.5 ภาพผลทดสอบ Seismic Test 34

3.6 ภาพแบบขยายฐานราก 35

3.7 ภาพส่วนหนึ่งของโปรแกรม Graphisoft: ARCHICAD 36

3.8 ภาพการขุดดินฐานราก 37

3.9 ภาพปัญหาน้ำขังหลุมที่ขุดฐานราก 37

3.10 ภาพเทลีนฐานราก 38

3.11 ภาพการวางแนวฐานรากบนลีน 38

3.12 ภาพการตัดหัวเข็ม 1 39

3.13 ภาพการตัดหัวเข็ม 2 39

3.14 ภาพฐานรากเข็ม 3 ต้น FP3 40

3.15 ภาพฐานรากเข็ม 3 ต้น วาดจากโปรแกรม Google Sketchup 41

3.16 ภาพตัวอย่างเหล็กฐานราก 41

3.17 ภาพตัวอย่างเหล็กตอม่อ 42

3.18 ภาพตัวอย่าง Shop เหล็กตอม่อ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.19 ภาพการหาศูนย์กลางเสาเข็ม 43

3.20 การหาระยะเยื้องศุนย์เสาเข็ม 43

3.21 ภาพค่าพิกัดเข็ม Pile Deviate 44

3.22 ภาพการวางเหล็กฐานราก 45

3.23 ภาพการผูกเหล็กฐานรากและตรวจสอบเหล็กฐานราก 46

3.24 ภาพการหนุนลูกปูนระยะหุ้มคอนกรีต 46

3.25 ภาพการค้ำแบบฐานรากกับดินข้างฐานราก 47

3.26 ภาพการค้ำแบบกับหลักที่สร้างขึ้น 47

3.27 ภาพการรัดปากแบบและเชื่อมเหล็กกันแบบลอย 48

3.28 ภาพ Station Pump 49

3.29 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Station Pump 49

3.30 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Pockets 1 50

3.31 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Pockets 2 51

3.32 ภาพการเทคอนกรีตจากรถคอนกรีต 1 51

3.33 ภาพการเทคอนกรีตจากรถคอนกรีต 2 52

3.34 ภาพการจี้คอนกรีต 52

3.35 ภาพการตรวจสอบ Slump Concrete 53

3.36 ภาพการเก็บตัวอย่างลูกปูน 53

3.37 ภาพการบ่มคอนกรีต 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.38 ภาพลูกปูนที่พร้อมทดสอบการรับแรงอัด 55

3.39 ภาพตัวอย่างผล Test คอนกรีต 55

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ภาพแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก 64

4.2 ภาพลักษณะการค้ำแบบด้วยหลัก 74

4.3 ภาพการถ่ายแรงไปยังหลัก 74

4.4 ภาพแสดงการเทคอนกรีตรอบเดียวและแรงที่เกิดขึ้น 75

4.5 ภาพแรงกระทำกับแบบขณะเทคอนกรีตรอบเดียว 76

4.6 ภาพแสดงการคำนวณแรงจากโปรแกรม Frame Design 1 76

4.7 ภาพแสดงการเทคอนกรีตสลับและแรงที่เกิดขึ้น 77

4.8 ภาพแรงกระทำกับแบบขณะเทคอนกรีตสลับ 77

4.9 ภาพแสดงการคำนวณแรงจากโปรแกรม Frame Design 2 78

4.10 ภาพแสดงการเทคอนกรีตสลับ 78

4.11 ภาพกราฟแสดงลักษณะการเทคอนกรีตและแรงแนวราบที่เกิดขึ้นกับหลัก 79

4.12 ภาพกรณีการเทคอนกรีตรอบเดียวและจำนวนเหล็กยึดหลัก 3 จุด 79

4.13 ภาพกรณีการเทคอนกรีตรอบเดียวและจำนวนเหล็กยึดหลัก 5 จุด 80

4.14 ภาพกรณีการเทคอนกรีตสลับและจำนวนเหล็กยึดหลัก 3 จุด 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม 24

2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเหล็กเส้นกลม 24

2.3 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นข้ออ้อย 25

2.4 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเหล็กเส้นข้ออ้อย 26

2.5 ตารางแสดงระยะรอยต่อในเหล็กเสริม 27

2.6 ตารางแสดงระยะหุ้มคอนกรีตตามลักษณะงาน 28

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ตารางแสดงการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก 61

4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบการเทคอนกรีตรอบเดียวและคอนกรีตสลับ 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิจัย การควบคุมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างฐานรากสำหรับโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

Quality control and efficient construction method of foundation for Project : Diagnostic Center and Patient Room building of Nakornmaesot International Hospital.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เริ่มจากทางโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล ได้มีความประสงค์ที่จะสร้างอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วย 60 เตียง 5 ชั้นจึงได้มีการจ้างบริษัทผู้รับเหมาคือ บริษัท ฟอร์คอน จำกัด ได้เข้ามารับหน้าที่ในการสร้างอาคารดังกล่าวตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยทางบริษัทผู้รับเหมาจะรับหน้าที่ดำเนินการสร้างในส่วนของงานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม และงานภูมิสถาปัตยกรรมทั้งหมด

ทางผู้ศึกษาได้เข้ามาฝึกงานกับบริษัท ฟอร์คอน จำกัด และมีส่วนร่วมในช่วงของงานโครงสร้างที่เกี่ยวกับฐานรากอาคารหลังนี้ทั้งหมด โดยจะได้รับหน้าที่ในการควบคุมและตรวจสอบงานก่อสร้างในส่วนของฐานรากรวมถึงมีส่วนร่วมในการวางแผนงานการทำงานฐานรากในบางส่วนอีกด้วยเพื่อให้งานเป็นไปตามที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบและทันระยะเวลาที่สัญญากำหนด ในช่วงเวลาการทำงานฐานรากมีอุปสรรคมากมายในการทำงานอาทิเช่น ภัยพิบัติธรรมชาติ ปัญหาด้านเทคนิคของเทาเวอร์เครนและ Concrete Pump ทำให้ต้องมีการแก้ปัญหาหน้างานเพื่อให้งานสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะทำวิจัยเกี่ยวกับการการควบคุมคุณภาพงานฐานรากรวมถึงเทคนิคในการแก้ปัญหาในส่วนชองงานฐานรากสำหรับโครงการ อาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลนครแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการก่อสร้างฐานรากที่ถูกต้อง

1.2.2 เพื่อศึกษามาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมและตรวจสอบงานฐานราก

1.2.3 เพื่อศึกษาเทคนิคและขั้นตอนการแก้ปัญหาหน้างานในส่วนของฐานราก

1.2.4 เพื่อศึกษาแนวทางการควบคุมคุณภาพงานฐานรากที่มีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ทางผู้วิจัยได้เริ่มทำการศึกษางานฐานรากของอาคารตั้งแต่วันที่ 6 สิงหาคม 2561 ซึ่งเป็นหลังจากที่ทางโครงการได้มีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกเสร็จทั้งหมด จนถึงวันที่ 20 ตุลาคม 2561 เป็นวันที่ทำการก่อสร้างฐานรากของอาคารครบ 100% หลังจากนั้นก็เป็นการรวบรวมข้อมูลจากผู้รับเหมาและวิศวกรสนามจนถึงวันที่ 26 พฤศจิกายน 2561 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการฝึกงานและเรียนรู้งานกับบริษัท ฟอร์คอน จำกัด

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพงานฐานรากของโครงการรวมไปถึงมาตรฐานที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากตามวิศกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือ วสท. เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการก่อสร้างรวมถึงการแก้ไขปัญหาต่างๆของงานฐานรากของโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลนครแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาครั้งนี้ได้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับการควบคุมและตรวจสอบงานฐานราก ไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ หนังสือ เอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากการสอบถามโฟร์แมนและวิศวกรสนามที่ดูแลโครงการดังกล่าว หลังจากนั้นมีการศึกษามาตรฐานที่ใช้ในการก่อสร้างงานฐานรากซึ่งอยู่ในรายการประกอบแบบที่ทางผู้ออกแบบแนบมาให้ รวมถึงมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือ วสท. ที่ได้กำหนดไว้ในหมวดงานฐานราก ต่อไปเป็นการศึกษาแบบที่ใช้ในการก่อสร้างเพื่อประยุกต์ข้อมูลที่ได้มาในการควบคุมงานก่อสร้าง หลังจากนั้นมีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดทั้งทางทฤษฎีและหน้างานเพื่อหาแนวทางการควบคุมและตรวจสอบฐานราก สุดท้ายเป็นการศึกษาเทคนิคในงานก่อสร้างและการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นหน้างานไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านภัยพิบัติการธรรมชาติหรือปัญหาด้านเทคนิคของเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารดังกล่าว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมา มาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงได้

1.5.2 ได้ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพงานฐานรากที่ถูกต้อง

1.5.3 ได้ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการก่อสร้างหมวดงานฐานราก

1.5.4 ได้รู้ปัญหาที่เกิดขึ้นหน้างานจริงของการก่อสร้างรวมถึงเทคนิคการแก้ปัญหาต่างๆ

1.5.5 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำงานจริงไปต่อยอดในการทำงานอื่นๆในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฐานราก

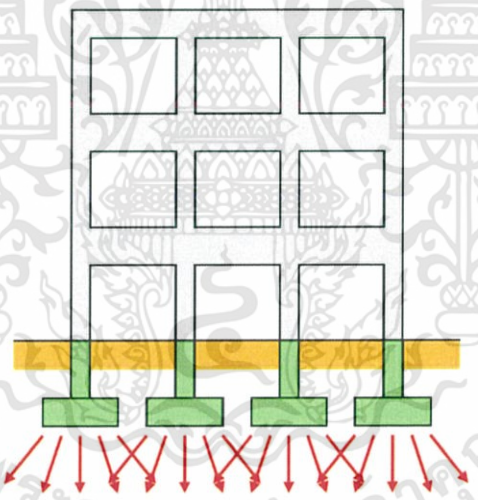
ฐานรากคือส่วนโครงสร้างที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกจากเสา ผนังหรือแรงกระทำด้านข้างจาก กำแพงกันดินลงไปยังดิน เป็นองค์อาคารในแนวราบซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกซึ่งสะสมจากแต่ละระดับชั้นจนถึงส่วนของตอม่อ ฐานรากจะอยู่ภายในดินลึกระดับหนึ่งเพื่อมิให้สภาพความไม่แน่นอนระดับพื้นผิวไปรบกวนการส่งถ่ายน้ำหนักจากฐานรากลงส่งพื้นดิน

เพื่อถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินได้อย่างปลอดภัยและลดการทรุดตัวควรปฏิบัติดังนี้

1) ถ่ายน้าหนักบรรทุกลงสู่ชั้นดินที่มีกำลังเพียงพอ

2) แผ่กระจายน้ำหนักลงยังพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อลดแรงดันแบกทาน

ในกรณีที่ดินใต้ฐานมีกำลังไม่เพียงพอ ก็จำเป็นต้องทำฐานรากลึกโดยใช้เสาเข็มส่งผ่านน้ำหนักลงสู่ชั้นดินลึกลงไปที่มีความแข็งแรงมากกว่าชั้นดินด้านบน



ภาพที่ 2.1 ภาพการถ่ายน้ำหนักของอาคารสู่ฐานราก

(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)

ฐานรากสามารถแบ่งประเภทตามวิธีถ่ายน้ำหนักได้ดังนี้

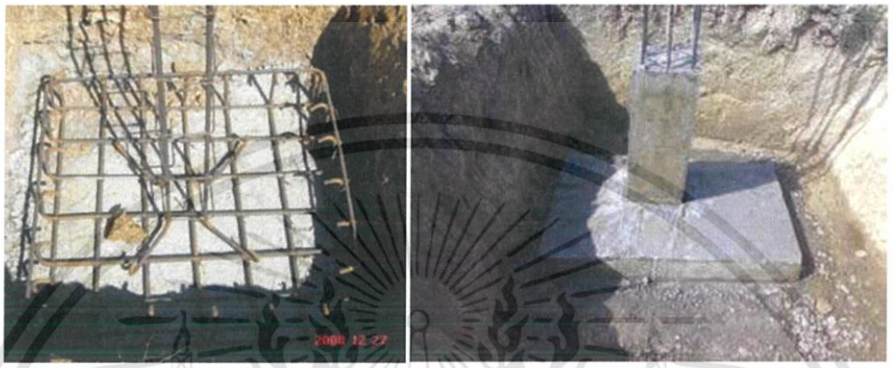
2.1.1 ฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่ (Shallow foundation)

2.1.2 ฐานรากวางบนเสาเข็ม (Piled foundation)

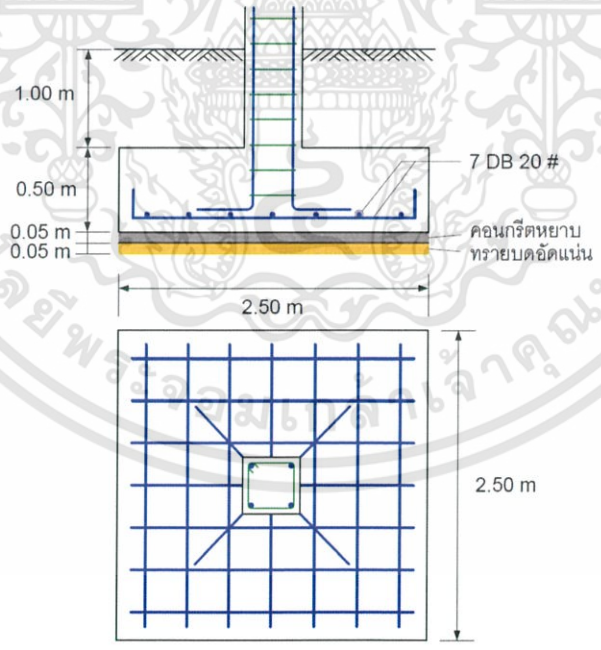
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่

ฐานรากที่ไม่ใช้เสาเข็ม ฐานรากจะใช้ตัวเองถ่ายน้ำหนักอาคารลงไปยังดินหรือหินที่รองรับ ดังนั้น ฐานรากจึงต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะกระจายน้ำหนักให้แผ่ลงไปยังดินหรือหินได้ ขณะเดียวกันดินหรือหินที่รองรับฐานรากต้องแข็งแรงด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.2 ภาพฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่
(ที่มา: วิทยาลัยสัตหีบ, เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง)



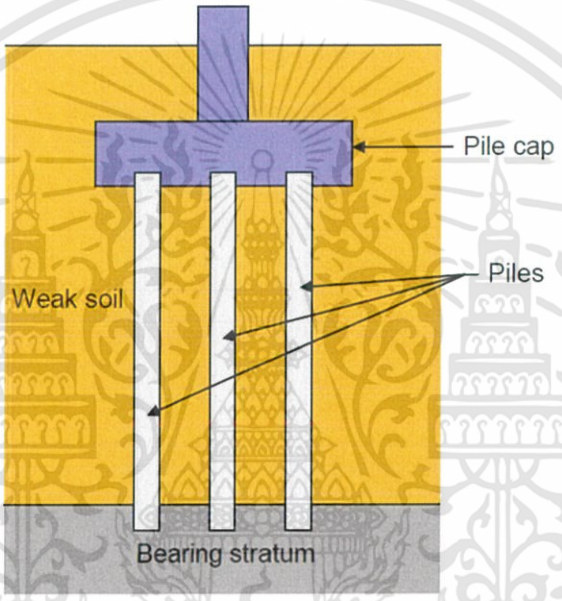
ภาพที่ 2.3 ภาพตัวอย่างการเสริมเหล็กฐานรากแผ่
(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

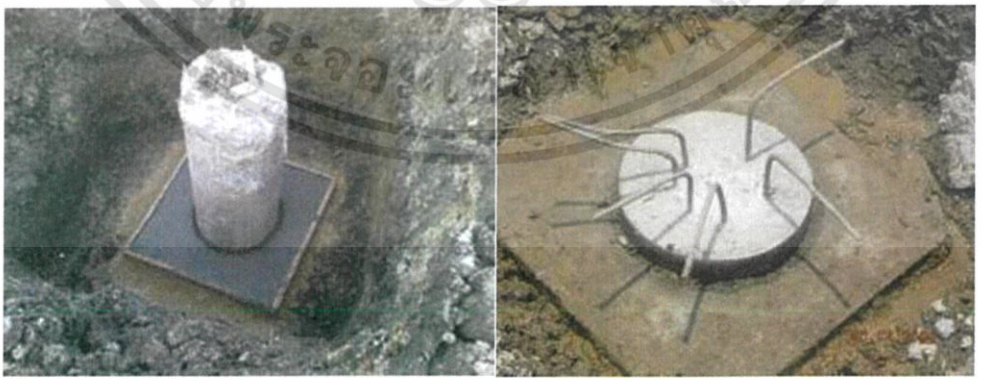
2.1.2 ฐานรากวางบนเสาเข็ม

น้ำหนักอาคารที่ถ่ายลงฐานรากจะถ่ายต่อไปยังเสาเข็ม เสาเข็มอาจต้านทานน้ำหนักโดยอาศัยความฝืดหรือแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างผิวเสาเข็มกับดินที่อยู่รายรอบ หรือหากเสาเข็มยาวมากพอ เช่นถูกตอกลงไปวางบนชั้นดินที่แข็งมากหรือชั้นหิน (Hard strata) ก็จะสามารถต้านทานน้ำหนักโดยอาศัยทั้งความฝืดและแรงแบกทาน (Bearing) ที่ปลายเสาเข็มนั้นกับชั้นดินแข็งหรือชั้นหิน

ชั้นดินอ่อนที่รับน้ำหนักได้น้อย เช่นในเขตกรุงเทพมหานครจะใช้เสาเข็มส่งผ่านน้ำหนักบรรทุกลงไปยังชั้นดินที่มีความแข็งแรงเพื่อลดการทรุดตัวของอาคาร ดังนั้นฐานรากจะทำหน้าที่ส่งผ่านแรงที่มาจากอาคารลงสู่เข็ม



ภาพที่ 2.4 ภาพฐานรากเสาเข็ม
(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)



ภาพที่ 2.5 ภาพเสาเข็มเจาะ
(ที่มา: วิทยาลัยสัตหีบ, เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง)

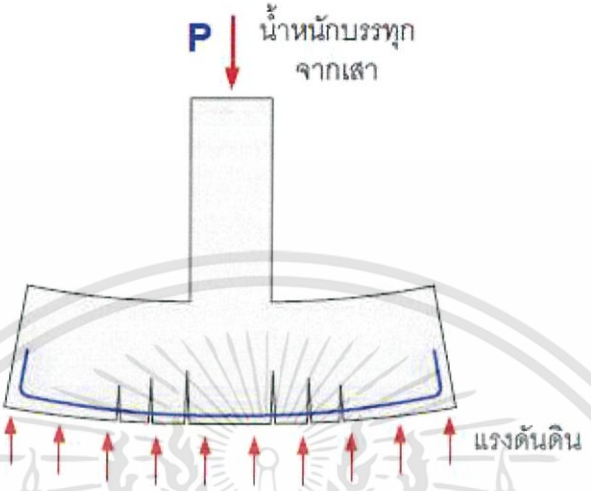
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะแบ่งประเภทฐานรากตามวิธีถ่ายน้ำหนักแล้วยังสามารถแยกชนิดของฐานรากตามรูปร่างและตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุกได้ดังนี้

- **ฐานรากเดี่ยว (Isolated footing)** เป็นฐานรากเพื่อใช้รับน้ำหนักบรรทุกของเสาหรือตอม่อต้นเดียวแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้นดินหรือเสาเข็ม โดยตัวฐานรากอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปอื่นก็ได้ ซึ่งความหนาของของตัวฐานรากต้องสามารถต้านโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนได้เพียงพอ ในบางครั้งวิศวกรอาจกำหนดความหนาที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นหรือเอียงขึ้นเพื่อต้านโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน ลักษณะของฐานรากเดี่ยวที่ดีควรกำหนดให้ตำแหน่งของตอม่ออยู่ที่กลางคานหรือจุดศูนย์ถ่วงของฐานราก
- **ฐานรากร่วม (Common footing)** เป็นฐานรากเพื่อใช้รับน้ำหนักบรรทุกของเสาหรือตอม่อสองต้นขึ้นไป ฐานร่วมพบในกรณีที่เสาเหล่านั้นอยู่ใกล้กันมาก จนฐานรากเกยกันหรือมิเช่นนั้นอาจเป็นเพราะฐานรากใดๆที่ไม่เสถียรเกิดการเยื้องศูนย์ จึงจำเป็นต้องยึดไว้กับฐานรากอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกันโดยเสาตอม่อต้นที่มีน้ำหนักมากต้องอยู่บนฐานรากที่มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าเสาตอม่อที่มีน้ำหนักน้อยกว่าจึงอาจทำให้ฐานรากเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูก็ได้
- **ฐานรากตีนเป็ดหรือฐานรากชิดเขต (Strap footing)** เป็นฐานรากร่วมชนิดหนึ่งรับน้ำหนักบรรทุกของเสา ตอม่อ หรือกำแพงที่อยู่ริมขอบฐานทำให้น้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ฐานเยื้องกับศูนย์ถ่วงของฐาน เช่น ฐานรากที่อยู่ใกล้แนวเขตที่ดิน ฐานรากชนิดนี้จะไม่เสถียร คือมีแนวโน้มที่จะพลิกล้ม(Overturn)ได้ง่ายจึงจำต้องยึดไว้กับฐานรากอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกันโดยมีที่เรียกกันว่าคานยึด (Strap beam) คานยึดนี้อาจยกระดับขึ้นเหนือระดับฐานราก ซ้อนหรือซ้อนเกย (Common) เป็นส่วนหนึ่งของฐานรากได้
- **ฐานรากแพ (Raft or mat foundation)** เป็นฐานร่วมขนาดใหญ่ใช้รับน้ำหนักบรรทุกของเสาหลายๆต้น โดยจะแผ่บนพื้นที่กว้างๆ บางครั้งจะใช้รับน้ำหนักบรรทุกของเสาทุกต้นของอาคารก็ได้ โดยส่วนมากแล้วเราจะใช้ฐานแพกับอาคารสูงซึ่งต้องใช้เสาเข็มรับน้ำหนักจำนวนมากแต่มีพื้นที่คับแคบ ฐานรากอาจมีขนาดที่กว้างและยาวเท่ากับตัวอาคารพอดีและสามารถใช้ทำเป็นชั้นจอดรถใต้ดินก็ได้ ข้อดีของฐานรากชนิดนี้เมื่อเทียบกับฐานรากเดี่ยวคือกระจายน้ำหนักสู่ดิน หรือหินเบื้องล่างได้ดีกว่าและปัญหาการทรุดตัวต่างระดับแทบหมดไป เพราะฐานรากชนิดนี้มีความต่อเนื่องกันตลอดโยงยึดกันเป็นแพแต่การก่อสร้างจะยุ่งยากและสิ้นเปลือง
- **ฐานรากใต้กำแพงหรือฐานแบบต่อเนื่อง (Strip footing)** ใช้รับน้ำหนักกำแพง ผนังก่ออิฐหรือผนังคอนกรีต ฐานรากชนิดนี้มีใช้มาตั้งแต่โบราณแล้ว เช่น ฐานรากโบสถ์ ดังนั้นอาคารที่ใช้ฐานรากชนิดนี้จึงไม่มีเสาและต้องมีความยาวตามแนวผนังไปตลอดอาคารและเมื่อการก่อสร้างพัฒนาขึ้นฐานรากชนิดนี้จึงได้เปลี่ยนจากการใช้การก่ออิฐเป็นฐานกว้างแล้วค่อยลดขนาดลงมาเป็นกำแพงมาเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและใช้ผนังอิฐรับแรงก่อขึ้นมาหรือผนังคอนกรีต ข้อจำกัดสำหรับฐานรากชนิดนี้คือไม่สามารถสร้างรับน้ำหนักอาคารสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

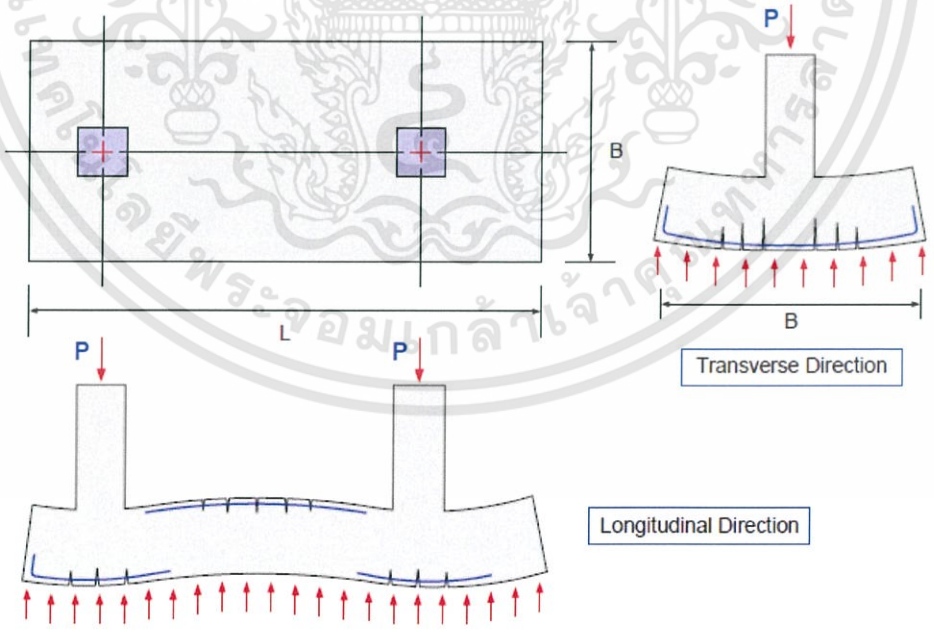
ในกรณีของฐานรากเดี่ยว แรงดันดินใต้ฐานรากจะส่งผลให้ฐานรากแอ่นตัวเป็นคานยื่นออกไปทั้งสองข้าง ดังนั้นจึงใส่เหล็กเสริมที่ด้านล่างของฐานราก



ภาพที่ 2.6 ภาพการวิบัติในฐานรากเดี่ยว

(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)

ในกรณีของฐานรากร่วม แรงดันดินจะท้าให้ฐานรากแอ่นบริเวณใต้เสาและโก่งตัวที่กลางช่วง ท้าให้ต้องเสริมทั้งเหล็กล่างและเหล็กบน



ภาพที่ 2.7 ภาพการวิบัติในฐานรากร่วม

(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามมาตรฐาน วสท.1007-34

1. ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กจะต้องไม่น้อยกว่า 7.5 ซม.

2. ความหนาประสิทธิผล (d) จะต้องไม่น้อยกว่า

   - 15 ซม. สำหรับฐานรากแผ่
   - 30 ซม. สำหรับฐานรากเสาเข็ม

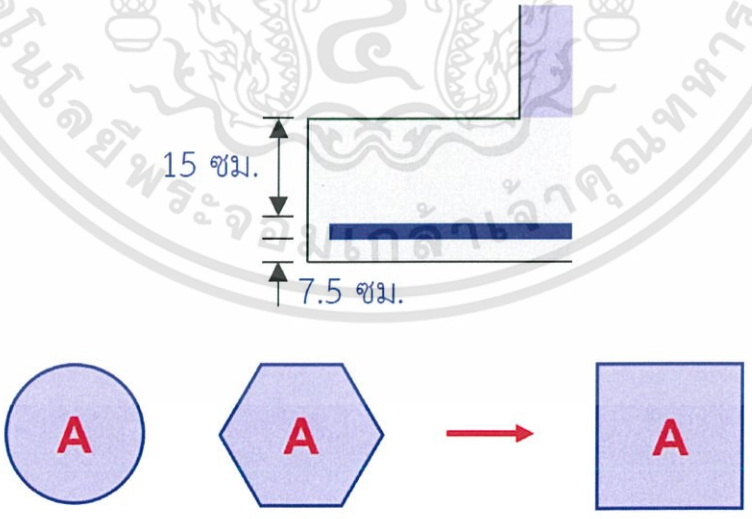
3. เสาตอม่อรูปกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม อาจคิดเสมือนเสาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน เพื่อใช้ในการกำหนดหน้าติดวิกฤตของโมเมนต์ แรงเฉือน และการฝังยึดของเหล็กเสริม

4. ประมาณน้ำหนักของฐานรากในเบื้องต้นโดยให้คิดประมาณ 10 – 15% ของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

5. เสาตอม่อควรมีความยาวประมาณ 1.00 – 1.50 เมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่หรืองานระบบที่ต้องวางลอดใต้อาคาร

6. ฐานรากที่ต้องรับแรงดัดหรือแรงสั่นสะเทือน ควรจะต้องมีเหล็กเสริมพิเศษฝังยึดระหว่างเสาเข็มและฐานราก เพื่อป้องกันไม่ให้ฐานรากหลุดจากเสาเข็ม

7. ก่อนการก่อสร้างฐานรากควรรองพื้นด้วยทรายและคอนกรีตหยาบเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกของคอนกรีตสด และป้องกันไม่ให้แบบหรือเหล็กเสริมสกปรก



ภาพที่ 2.8 ภาพข้อกำหนดในการออกแบบฐานนราก

(ที่มา: ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง,2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การก่อสร้างฐานรากและการตรวจสอบ

ในการก่อสร้างฐานราก ต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษ ตั้งแต่การเลือกใช้ฐานรากตามสภาพของดิน ควรใช้วัสดุก่อสร้างตามแบบวิศวกรรมโดยเคร่งครัด ไม่ตัดลดขนาด ปูนที่ใช้ทำฐานรากต้องใช้ปูนโครงสร้าง (Portland Cement) ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าปูนฉาบเพราะหากฐานรากทรุดตัวแล้วย่อมก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากมายแก่บ้านหรืออาคารทั้งยากต่อการแก้ไขด้วย อัตราส่วนของ ปูน:ทราย:หิน ที่ใช้ในงานฐานรากจะต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเท่านั้นขั้นตอนการทำฐานรากในขั้นแรกนั้นควรมีการเทคอนกรีตหยาบทับหน้าดินก่อน ควรมีการทำความสะอาดเสาเข็มและใช้ไฟเบอร์ตกแต่งเข็มให้ได้ระดับเสียก่อน แล้วเทคอนกรีตหยาบเพื่อเป็นแบบท้องฐานรากและป้องกันสิ่งสกปรกเจือปนในคอนกรีตฐานรากและให้เสาเข็มโผล่พ้นคอนกรีตหยาบเพื่อให้มั่นใจว่าฐานรากได้ถ่ายแรงลงสู่เสาเข็ม การเทคอนกรีตหยาบนั้นก็เพื่อเป็นท้องแบบวางตะแกรงเหล็กฐานราก หลังจากนั้นใช้ลูกปูนหนุนตะแกรงเหล็กด้านล่างและด้านข้างเพื่อให้ปูนสามารถหุ้มเหล็กได้ทั้งหมด ก่อนการเทควรทำให้พื้นที่ที่จะเทมีความชุ่มชื้นเพื่อป้องกันดินดูดน้ำจากคอนกรีตซึ่งจะทำให้คอนกรีตลดความแข็งแรงลงอีกทั้งต้องทำความสะอาด ตรวจขนาดของเหล็กเสริมให้ถูกต้อง ตรวจขนาดของแบบหล่อ ความแข็งแรงและความสะอาดให้แน่ใจก่อนการเทว่าไม่มีคราบโคลนหรือคราบปูนทรายติดอยู่ ในระหว่างการเทต้องมีการกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือหรือใช้เครื่องสั่น (Vibrator) ป้องกันไม่ให้เกิดโพรงหรือช่องว่างในเนื้อคอนกรีตควร โดยมีการควบคุมและตรวจสอบงานดังต่อไปนี้

1) ตรวจสอบขนาดและตำแหน่งของฐานรากให้ตรงกับแบบ
2) ตรวจสอบระยะศูนย์กลางของฐานรากและเสาตอม่อของอาคาร
3) ทำ shop Drawing ของฐานรากและตอม่อทุกต้นที่มีขนาดแตกต่างกัน
4) ตรวจสอบขนาดความกว้าง ความยาวและความลึกของหลุมฐานราก ตามแบบ โดยให้ก้นหลุมมีพื้นที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ปกติจะให้ห่างจากขอบฐานรากโดยรอบไม่น้อยกว่า 0.25 เมตร การขุดดินให้ระวังดินพังและดันเสาเข็มหักหรือขยับตัว ถ้าดินพังให้ทำการป้องกันด้วยการตอกเสาเข็มไม้หรือเสาเข็มแผ่นเหล็ก
5) ตรวจสอบระดับหัวเสาเข็มให้ถูกต้องตามแบบ ถ้าหัวเสาเข็มแตกหรือบิ่นให้ทำการแก้ไขก่อน
6) ตรวจสอบน้ำและดินเลนในก้นหลุมฐานรากก่อนถ้ามีน้ำและดินเลนให้เอาออกและทำความสะอาดหลุมก่อนการเททรายและคอนกรีตหยาบตามแบบ
7) ตรวจสอบเหล็กเสริมฐานรากให้ตรงตามแบบ
8) การติดตั้งเหล็กเสริมจะต้องตรงตามแบบและใช้ลูกปูนรองระยะหุ้มคอนกรีตเสริมเหล็กตามข้อกำหนดว่าด้วยมาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก
9) การติดตั้ง Anchor Boilt ในตอม่อจะต้องไม่ให้ชนกับเหล็กเสริมตอม่อ
10) การติดตัง Water Stop ในผนัง pit จะต้องตรงตามตำแหน่งกึ่งกลางความหนาของผนังยึดโยงด้วยลวดผูกเหล็กห่างกันไม่เกิน 0.50 แน่นมั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) การติดตั้งไม้แบบ จะต้องได้ขนาดตามแบบ หนาแน่นมั่นคงแข็งแรงไม่เคลื่อนขณะเทคอนกรีต

12) การเทคอนกรีตให้เทเป็นชั้นๆ และเขย่าโดยใช้เครื่องจี้คอนกรีตให้แน่นทุกระยะ

13) การถอดแบบหล่อคอนกรีตต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตบิ่นหรือแตกหาก คอนกรีตมีรูพรุนยาวไม่เกิน 2 นิ้ว ให้ซ่อมโดยด่วน ถ้ามากกว่านี้จะต้องแจ้งให้วิศวกรทราบทันที

14) การบ่มคอนกรีต ให้กระทำภายหลังจากการเทคอนกรีต 24 ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วันหรือตามที่ระบุในแบบ

15) หลังจากถอดแบบฐานรากแล้วต้องรีบกลบหลุมอย่าให้น้ำขัง

ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงขนาดของหลุมที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดฐานรากและภาพหัวเข็มที่ตัดรอเทคอนกรีตลีน
(ที่มา: วิทยาลัยสัตหีบ, เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง)

ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงคอนกรีตหยาบก้นหลุมและภาพแสดงการประกอบเหล็กเสริมตอม่อและฐานราก
(ที่มา: วิทยาลัยสัตหีบ, เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงการเทคอนกรีตฐานรากและแสดงการถอดแบบฐานราก
(ที่มา: วิทยาลัยสัตหีบ, เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง)

2.3 งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (สภาวิศวกร 2558)

2.3.1 งานคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยการนำซีเมนต์ผสมกับทรายหินและน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทลงแบบหล่อที่มีรูปร่างหน้าตัดตามต้องการจากนั้นจะแปรสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งมีความความทนทานสูงเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างมีข้อได้เปรียบกว่าวัสดุชนิดอื่นดังนี้มีราคาถูกทนไฟ มีความทนทานสูง การบำรุงรักษาต่ำ สามารถตกแต่งผิวได้ง่ายในงานก่อสร้างงานคอนกรีต มีมาตรฐานที่อ้างอิงมากมาย โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องปฏิบัติงานตามข้อกำหนดของสัญญาในโครงการนั้นๆซึ่งหากไม่มีกำหนดอาจยึดถือมาตรฐานการก่อสร้างที่เป็นที่ยอมรับ เช่น มาตรฐาน วสท. มาตรฐานโยธาธิการและผังเมืองข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครหรือมาตรฐานสากล เช่น ACI, AASHTO เป็นต้น

วัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต

- ปูนซีเมนต์ (Cement) เป็นส่วนผสมที่ได้จากการเผาหินปูนดินยิปซั่มและอื่นๆ แล้วนำมาบดละเอียดเมื่อผสมน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น(Hydration)และเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งซึ่งตามมาตรฐาน
- วัสดุผสม (Aggregate) โดยมีทรายและหินแบ่งโดยตะแกรงNo.4
- น้ำ (Water) น้ำที่ใช้ต้องสะอาด
- สารเคมีผสมเพิ่ม (Concrete Admixture)เป็นสารที่ผสมเพิ่มเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเพิ่มบางประการวัตถุดิบในการผลิตคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต คือ การนำคอนกรีตจากเครื่องมือลำเลียงไปเทให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อ โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัวถึงจะส่งผลให้คอนกรีตถูกอัดแน่นในแบบหล่อได้อย่างเต็มที่ การเทคอนกรีตที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1) คอนกรีต: คอนกรีตมีคุณภาพสม่ำเสมอและมีปริมาณเพียงพอและมีอัตราการลำเลียงที่เหมาะกับอัตราการเท

2) เครื่องมือ: เครื่องมือที่เทมีเพียงพอ สะอาดและพร้อมใช้งาน มีอัตราการเทที่เหมาะสม, สามารถเข้าใกล้จุดที่ต้องการเทมากที่สุดและไม่ทำให้คอนกรีตแยกตัว

3) การเตรียมการอื่นๆ: มีคนงานเพียงพอ ถ้าเทกลางคืน ควรมีแสงไฟเพียงพอและตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ เช่น รอยต่อ แบบหล่อ เหล็กเสริมและสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีตให้พร้อมก่อนการเท

4) ตำแหน่งและการทิศทางการเท: การเทคอนกรีตให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อและหลีกเลี่ยงการทำให้คอนกรีตเคลื่อนที่ในแนวราบเพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต

5. ระยะห่างในการเท: ระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการและเพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต

6) อัตราการเท: ควรเหมาะสมกับอัตราการอัดแน่นคอนกรีต

7) ความหนาของชั้นคอนกรีตที่เท: ควรเทคอนกรีตเป็นชั้นๆ อย่างสม่ำเสมอไม่ควรเทเป็นกองสูง ความหนาของการเทแต่ละชั้นควรเหมาะสมกับวิธีการอัดแน่น เพื่อให้สามารถไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีตได้มากที่สุด โดยทั่วไปไม่ควรหนาเกิน ชั้นละ 45 เซนติเมตร

8) รอยต่อระหว่างชั้นการเท คอนกรีต: คอนกรีตในแต่ละชั้นควรได้รับการอัดแน่นก่อนที่จะเทชั้นต่อไปและควรเทชั้นต่อไปในขณะที่ชั้นล่างยังเหลวอยู่เพื่อให้คอนกรีตทุกชั้นเชื่อมต่อเป็นเนื้อเดียวกันและหลีกเลี่ยงการเกิดรอยแยกระหว่างชั้นการเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

- ถ้าตรวจพบการเยิ้มของน้ำขึ้นมาบนผิวคอนกรีตชั้นที่เทก่อนแล้วควรหยุดเทและกำจัดน้ำที่เยิ้มออกให้หมด ก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นถัดไป

- เมื่อไม่สามารถเทคอนกรีตส่วนใดให้แล้วเสร็จได้ ให้หยุดเทตามตำแหน่งทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุดงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ไม่ควรเทคอนกรีตตกระทบกับแบบหล่อเหล็กเสริมหรือสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต เพราะอาจทำให้คอนกรีตแยกตัวได้ การเทคอนกรีตในแนวดิ่งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อ โดยระยะตกอิสระของคอนกรีตไม่ควรเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกต้องตามตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต

วิธีการเทคอนกรีต

1) การเทคอนกรีตโดยแรงงานคนลำเลียงโดยการใช้รถเข็น คนโยนกระป๋องมีอัตราในการเทต่ำ ใช้แรงงานมาก ศูนย์เสียคอนกรีตมากทั้งในขั้นตอนการผสม ลำเลียงและเท วิธีนี้เหมาะกับงานขนาดเล็ก งานที่ไม่สะดวกในการขนส่งด้วยรถ

2) การเทคอนนกรีตโดยการปล่อยเทโดยตรงเป็นการเทคอนกรีต ที่มีอัตราในการเทเร็วที่สุดประมาณ 60 ลบ.ม./ชม. ค่าใช้จ่ายถูก ใช้แรงงานน้อย แต่บริเวณที่เทรถปูนจะต้องเข้าถึง และงานในแนวราบ เช่นงานถนน

3) การเทโดยใช้รถ Mobile Crane การเทโดยใช้รถ Mobile Crane มีอัตรางานการเทประมาณ 20 ลบ.ม./ชม. มีข้อจำกัดตามความยาว Boom น้ำหนักที่ยก จุดยืนเครน ซึ่งการใช้ Crane ทำงานควรศึกษาความสามารถในการทำงาน Chart Crane ก่อนเสมอ

4) การเทโดยใช้ Tower Crane การเทคอนกรีตโดย Tower crane มีอัตราในการเทประมาณ 20 ลบ.ม./ชม. แต่จะลดลงเมื่อยิ่งทำงานสูงขึ้น แต่จะตัดปัญหาเรื่องระยะทำงานในแนวดิ่งไม่มีพื้นที่ยืนรถเครนเหมาะกับงานอาคารสูงการใช้เครนทำงานต้องทำการศึกษาการให้สัญญาณให้ดีทั้งผู้ขับ ผู้สั่งการและควรมีวิทยุสื่อสารด้วย

5) การเทคอนกรีตโดยใช้ปั๊มยิงคอกนรีต การเทโดยใช้ปั๊มยิงคอนกรีตมีอัตราประมาณ 40 ลบ.ม. / ชม. มีทั้งแบบรถปั๊มและปั๊มมลากต้องมีการระวังการแต่งหน้าปูนไม่ทันเนื่องจากความเร็วในการเทคอนกรีตมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตหรือเครื่องจี้คอนกรีต

ผลของการจี้คอนกรีตจะทำให้ให้คอนกรีตเกิดการอัดแน่นที่ดีมีผลให้เนื้อแน่นสม่ำเสมอ ไม่แยกตัวไม่เป็นรูโพรงรวมถึงการป้องกันไม่ให้แบบหล่อ เหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดเคลื่อนที่ การยึดเหนี่ยวที่ดีระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต และระหว่างคอนกรีตชั้นต่างๆ มีรอยร้าวน้อยที่สุด มีผิวเรียบ สม่ำเสมอ ไม่มีรอยตำหนิ มีกำลัง ความคงทน และมีอายุการใช้งานได้นาน

ตำแหน่งและระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ควรกำหนดระยะห่างการจี้ที่เหมาะสมเพื่อให้คอนกรีตทุกบริเวณในแบบหล่อได้รับการอัดแน่น ระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวจี้ และรัศมี

- จุ่มหัวจี้ลงไปในแนวดิ่งตลอดความลึกของคอนกรีตสดและทะลุผ่านถึงชั้นข้างใต้
- จี้เขย่าให้ทั่วทั้งบริเวณด้วยระยะจี้ที่เหมาะสม ถ้าจี้นานเกินไปคอนกรีตจะเกิดการแยกตัว
- เมื่อจี้เขย่าเสร็จแล้วควรดึงหัวจี้ขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้มีฟองอากาศขังอยู่ในเนื้อคอนกรีต(ประมาณ 7.5 ซม./วินาที)

การบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตเป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกจากคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้น หลังจากที่ผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะต้องบ่มคอนกรีตให้มีความชื้นอยู่เสมอเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ปูนซีเมนต์ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำ วิธีการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับสภาพของงานคอนกรีตนั้นๆ เป็นหลักลักษณะของการบ่มคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การป้องกันการเสียน้ำของคอนกรีต และการเร่งกำลัง

1) **การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต** การบ่มลักษณะนี้จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

- **การขังหรือหล่อน้ำ** เป็นการทำขอบกั้นน้ำไม่ให้น้ำไหลออกมักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำทำขอบอาจจะเป็นดินเหนียวหรืออิฐก็ได้ ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ คือ ต้องระวังอย่าให้ทำขอบกั้นน้ำพังและหลังจากบ่มเสร็จแล้วอาจจะต้องทำความสะอาดผิวหน้าคอนกรีต
- **การฉีดน้ำหรือรดน้ำ** เป็นการฉีดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีตทั้งในแนวดิ่ง แนวระดับหรือแนวเอียงข้อควรระวังคือต้องฉีดน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีตและแรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดีออก วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมากและต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น** เป็นวิธีที่ใช้กันมากเพราะสะดวกประหยัดและสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวดิ่ง และแนวเอียงวัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ผ้าใบ กระสอบหรือวัสดุอื่นที่อมน้ำ ข้อควรระวังคือวัสดุที่คลุมต้องเปียกชุ่มอยู่เสมอ การคลุมต้องคลุมให้วัสดุคลุมเหลื่อมกัน วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือทำให้คอนกรีตด่าง สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำ ซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

2) **การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต** วิธีการนี้ใช้การผนึกผิวของคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

- **การบ่มในแบบหล่อ** แบบหล่อไม้ที่เปียกและแบบหล่อเหล็กสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี วิธีนี้จัดได้ว่าง่ายที่สุด เพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้
- **การใช้กระดาษกันน้ำซึม** เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึมปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมนี้เป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว มีคุณสมบัติในการยืดหดตัวไม่มากนักเวลาที่เปียกและแห้ง ข้อควรระวังในการใช้กระดาษ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องผนึกให้แน่นด้วยกาว หรือเทป และกระดาษต้องไม่มีร่อยรอยฉีกขาด หรือชำรุด
- **การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม** วิธีการนี้จะเหมือนกับการใช้กระดาษกันน้ำแต่แผ่นพลาสติกจะเบากว่ามากจึงสะดวกในการใช้มากกว่าสามารถใช้กับงานโครงสร้างทุกชนิดข้อควรระวังก็เช่นเดียวกับกระดาษกันน้ำ คือ รอยต่อและการชำรุดฉีกขาดและเนื่องจากมีน้ำหนักเบาจึงต้องระวังเรื่องการผูกยึด
- **การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต** เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบางๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายจะสูงจึงมักใช้กับงานที่บ่มด้วยวิธีอื่นได้ลำบาก การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ และต้องพ่นให้ทั่วถึง ข้อที่ควรทราบ คือสารเคมีประเภทนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะเทใหม่เสียไปจึงไม่ควรใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องต่อเติม และหากใช้สารเคมีฉีดพ่นแล้ว ไม่ควรฉีดน้ำซ้ำเพราะน้ำจะไปชะล้างสารเคมีออก ควรชี้แจงให้คนที่ทำงานทราบถึงประเด็นนี้ เพื่อจะได้ไม่ฉีดชะล้างสารเคมีออกโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การบ่มด้วยการเร่งกำลัง เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยให้ความชื้นและความร้อนกับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ๆ วิธีนี้จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็วช่วยลดการหดตัวและเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำได้สองวิธี คือการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำและการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันสูงการบ่มด้วยการเร่งกำลังนิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

ค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump)

ความเหนียวของคอนกรีตวัดได้จากการทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตมีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งจะบ่งบอกว่าคอนกรีตนั้นแข็งเหนียวหรือเหลว โดยทั่วไปเราจะใช้ความรู้สึกในการทำงาน เช่น การเท การแต่งหน้าประเมินว่าคอนกรีตนั้นแข็งหรือเหนียวจึงเป็นการยากที่จะบอกว่าคอนกรีตที่เราใช้งานนั้นอยู่มีคุณสมบัติหรือมีความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ ดังนั้นควรจะต้องมีการทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตหรือผู้ที่มีความชำนาญเช่น เจ้าหน้าที่ของผู้ผลิตคอนกรีต สามารถบอกค่ายุบตัวของคอนกรีตด้วยสายตาโดยไม่ต้องทดสอบค่ายุบตัวได้โครงสร้างทั่วไปปกติใช้ค่ายุบตัวของคอนกรีตดังนี้ฐานราก พื้น ค่ายุบตัว 5 - 10 ซม. เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ค่อนข้างใหญ่มีเหล็กน้อย เสา คาน ค่ายุบตัว 7.5 - 12.5 ซม. เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่แคบมีเหล็กมาก ถ้าใช้คอนกรีตที่ค่ายุบตัวน้อยอาจจะทำให้โครงสร้างเป็นโพรง โครงสร้างฐานรากพื้นใช้คอนกรีตค่ายุบตัว 7.5 - 12.5 ซม. ก็ได้ แต่คงจะต้องคำนึงถึงว่า คอนกรีตโดยทั่วไปราคาคิดตามกำลังอัดแต่กำลังอัดคอนกรีตที่เท่ากัน ค่ายุบตัว 7.5-12.5 ซม.จะมีราคาแพงกว่า ค่ายุบตัว 5-10 ซม. แต่ถ้าเรามีการสั่งซื้อคอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 5-10 ซม.เมื่อมาถึงหน้างานขณะเทลงแบบ ไม่ว่าจะเป็น คานหรือเสา ช่างปูนอาจจะบอกว่าคอนกรีตเหนียวแต่เมื่อมีการทดสอบค่ายุบตัวแล้วปรากฏว่าค่ายุบตัว เท่ากับ 10 ซม. แล้วมีการเติมน้ำให้คอนกรีตเหลวเพื่อที่จะเทเข้าแบบได้ง่ายๆ โดยหลีกเลี่ยงการอัดแน่นคอนกรีต ในกรณีนี้เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะทำให้กำลังอัด (ความแข็ง) ลดลง ยิ่งเติมมากยิ่งลดมาก ซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างคือ ความสามารถในการรับน้ำหนักลดน้อยลง แต่ในการทำงานการที่เราจะควบคุมค่ายุบตัวให้อยู่ได้จนเทเสร็จเป็นเรื่องค่อนข้างยาก ถ้าเรามีการวางแผนการเทที่ดีไม่ว่าจะเป็นการเลือกค่ายุบตัวให้เหมาะกับลักษณะโครงสร้าง เวลาในการเท (คอนกรีตค่ายุบตัวจะลดลงตามเวลาที่นานขึ้น) รวมถึงจำนวนคนงานและเครื่องมือที่ใช้จะต้องเพียงพอด้วยและสิ่งที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งคือการสื่อสารกับผู้ผลิตคอนกรีตเช่น ค่ายุบตัวเมื่อถึงหน้างานให้เป็นค่ายุบตัวสูงสุดที่กำหนดไว้ ในการจัดส่งถ้ามีการเทต่อเนื่อง ไม่ควรให้รถคอนกรีตมารอหน้างานนานจนเกินไปจนทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคุณภาพคอนกรีต

คอนกรีตจะมีคุณภาพดีจะต้องประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่นวัสดุดีผสมได้ถูกสัดส่วน เทได้ถูกวิธี มีการควบคุมการสูญเสียน้ำได้ดี เป็นต้น สิ่งที่ควรทำการตรวจสอบสำหรับงานคอนกรีตได้แก่

1) ตรวจสอบคุณภาพทราย ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต มักจะถูกระบุไว้ในรายการประกอบแบบว่าต้องเป็นทรายแม่น้ำ สะอาดและเม็ดคมแข็งแกร่งหรือบางโครงการอาจจะไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบก็ตาม ผู้ควบคุมงานพึงเข้าใจว่าข้อกำหนดดังกล่าวเป็นหลักวิชาการที่จะทำให้คอนกรีตมีคุณภาพที่ดี

2) ตรวจสอบคุณสมบัติของหินที่ใช้ผสมคอนกรีต ผู้ควบคุมงานต้องตรวจให้เป็นไปตามข้อกำหนดของรายการ ประกอบแบบก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นในเรื่องขนาด ผู้ควบคุมงานควรมีความรู้พื้นฐานว่า หินเบอร์ 1 จะมีขนาด 3/16" - 3/4" หินเบอร์ 2 จะมีขนาด 3/4" - 1.5" และหินเบอร์ 3 จะมีขนาด 1.5" - 3" โดยมากใช้ตรวจสอบด้วยสายตา หินที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยเฉพาะที่ใช้ผสมคอนกรีตจะเป็นหินแกรนิต(Granite) และหินปูน (Limestone) ซึ่งสีของหินทั้งสองชนิดนี้จะมีสีเทาและขาวแทรกกันอยู่ในแต่ละก้อน ผู้ควบคุมงานอาจใช้วิธีเทียบสี หินที่ดีควรมีก้อนเป็นเหลี่ยมคมไม่เป็นก้อนกลมปราศจากเหลี่ยมคม แต่ในปัจจุบันลักษณะของหินจะเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากหินถูกย่อยด้วยเครื่องโม่ไม่ใช่ย่อยด้วยแรงคนเหมือนแต่ก่อน ทำให้หินมีความเหลี่ยมคมลดลง แต่ก็ไม่เป็นอุปสรรคในงานคอนกรีตแต่อย่างใด

3) ตรวจสอบปูนซิเมนต์ การตรวจสอบปูนซิเมนต์ ควรคำนึงถึง ประเภทของปูนซิเมนต์ที่นำไปใช้ให้ถูกต้องตามที่ระบุไว้ในแบบ ลักษณะของเนื้อปูนที่บรรจุอยู่ในถุง จะต้องไม่จับตัวกันเป็นเม็ดหรือเป็นก้อน

4) ตรวจสอบน้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต คุณภาพของน้ำมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อกำลังของคอนกรีต ไม่ควรใช้น้ำที่มีความขุ่นและมีสารอินทรีย์ผสมอยู่ควรเป็นน้ำที่สะอาด เช่น น้ำประปา

5) ตรวจสารที่ใช้ผสมร่วมในคอนกรีต ปกติสารผสม ใส่ไว้เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการ โดยที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจะมี 4 ชนิดได้แก่

- สารทำให้เกิดฟองอากาศ (Air-Entraining Agent) เป็นสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กมากในเนื้อคอนกรีต ซึ่งเมื่ออากาศเย็นจนน้ำเป็นน้ำแข็ง น้ำที่อยู่ในเนื้อคอนกรีตจะขยายตัว ฟองอากาศเล็กๆ เหล่านี้จะเป็นช่องว่างให้น้ำที่ขยายตัวแทรกเข้าไปได้ ทำให้ไม่ดันให้เนื้อคอนกรีตแตกร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารลดปริมาณน้ำ (Water-Reducing Agent) สารนี้จะช่วยเพิ่มความเหลวและการยุบตัวของคอนกรีต เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมที่น้อยลง จึงมีผลในการเพิ่มกำลังของคอนกรีต รอการแยกตัวและสูญเสียน้ำ เพิ่มความแน่นและแรงยึดหน่วงระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม
- สารหน่วงการก่อตัว (Slow-Setting Agent) สารชนิดนี้จะช่วยให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าปกติ ช่วยเพิ่มเวลาในการเทคอนกรีต ช่วยในงานเทคอนกรีตที่ต้องการให้ต่อเนื่องเพื่อลดปริมาณรอยต่อในการเทและช่วยลดการแตกร้าวในคอนกรีตขณะที่แข็งตัวด้วย
- สารเร่งการก่อตัว (Rapid-Setting Agent) เป็นสารทำให้คอนกรีตก่อตัวเร็วกว่าปกติ ใช้กับงานที่ต้องการถอดแบบได้เร็วหรือให้รับกำลังได้เร็วขึ้น ใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีต

6) ตรวจการผสมคอนกรีตให้อยู่ในสัดส่วนที่กำหนดโดยเราสามารถตรวจดูความข้นเหลวของคอนกรีตได้จากการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

7) ควบคุมการเทให้มีเนื้อสม่ำเสมอไม่เกิดการแยกตัว ควรที่จะเทคอนกรีตให้ใกล้จุดท้ายที่สุด ไม่ควรเทคอนกรีตในระยะสูงหากจำเป็นควรใช้รางเทคอนกรีต ไม่ควรเทคอนกรีตตกลงเป็นมุม ไม่ควรเทคอนกรีตเป็นกองสูงๆ ควรเทเป็นชั้น ๆ ให้หนาไม่เกิน 45 เซนติเมตร ไม่ควรหยุดเทคอนกรีต เป็นทางลาดเอียง ควรที่จะหาไม้กั้นเป็นแนวตั้งฉากจะดีกว่าเพื่อที่จะลดปัญหาที่เกิดได้

8) ควบคุมการอัดแน่นคอนกรีต โดยใช้ไม้กระทุ้งหรือเครื่องสั่นคอนกรีต การใช้เครื่องสั่นคอนกรีตจะได้ผลดีกว่าวิธีอื่น การจุ่มเครื่องสั่นคอนกรีตควรตั้งแท่งสั่นให้ตรง ไม่ควรเอียงแท่งสั่นไปถูกเหล็กและไม่ควรจี้คอนกรีตนานเพราะอาจทำให้เกิดการเยิ้มได้

9) ควบคุมการบ่มคอนกรีต เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่จะส่งผลให้คอนกรีตมีคุณภาพดีโดยมีหลักปฏิบัติดังนี้

- ควรบ่มคอนกรีตโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยให้คอนกรีตมีอุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน
- ควรให้ความชื้นแก่คอนกรีตอย่างน้อย 7 วันด้วยการขังน้ำให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีตหรือใช้กระสอบชุบน้ำให้เปียกคลุมผิวหน้าให้ตลอด หมั่นลดน้ำบนผิวหน้าคอนกรีตบ่อยๆ หรือใช้ น้ำยาบ่มคอนกรีตพ่นผิวหน้าตลอด
- อย่าปล่อยให้คอนกรีตเสียน้ำไปโดยเร็วเพราะจะทำให้คอนกรีตกำลังตกและเกิดรอยร้าวขึ้นได้
- ไม่ควรใช้น้ำที่มีสารละลายเจือปนบ่มคอนกรีตเพราะอาจทำให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อนและอาจทำให้มีรอยเปื้อนหรือสีที่ไม่ต้องการขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 งานไม้แบบ

แบบหล่อ (Form Work) เป็นโครงสร้างชั่วคราวสำหรับรองรับน้ำหนักขณะปฏิบัติงาน และน้ำหนักของคอนกรีตเพื่อให้คงรูปร่างและขนาดให้ได้ชิ้นงานคอนกรีตตามต้องการ คุณสมบัติของแบบหล่อที่ดี

- มีความแข็งแรงเพียงพอไม่แอ่นตัวเสียรูปในขณะเทคอนกรีตและสามารถต้านทานน้ำหนักกระทำต่างๆ ได้
- สามารถถอดประกอบติดตั้งได้ง่าย
- วัสดุค้ำยันแข็งแรงไม่เสียรูปในช่วงเวลาระหว่างรองรับน้ำหนักคอนกรีต
- รอยต่อมีความแข็งแรงไม่รั่วซึม
- มีผิวเรียบไม่ดูดซึมน้ำปูน
- สามารถทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีของคอนกรีตได้
- ราคาถูกหาซื้อได้ง่าย

วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต

1) แบบหล่อไม้ ไม้แบบแปรรูป (Lumber) เป็นแบบที่นิยมใช้ในอดีตและปัจจุบัน ตัดต่อประกอบง่ายมีน้ำหนักเบา แข็งแรงพอสมควรและช่างส่วนมากมีความชำนาญในการทำงาน ไม้ที่นิยมนำมาทำแบบหล่อมากที่สุดคือไม้กระบากโดยมีความหนา 1" หน้ากว้าง 4", 6", 8" ความยาวเป็นเมตรโดยใช้ไม้ยางเสริมเป็นเคร่าและค้ำยัน โดยทั่วไปหมุนเวียนใช้ได้ 3 - 4 ครั้งในระยะหลังนิยมใช้ไม้อัดแทนไม้กระดานเนื่องจากราคาถูกกว่า

2) แบบเหล็ก เหล็ก (Steel) เป็นแบบหล่อที่นิยมใช้กันกว้างขวางในระยะหลัง มีความแข็งแรงและผิวที่เรียบสวยงาม (ในระยะแรก) แต่มีน้ำหนักมากตัดแก้ไม่ได้ การเข้าแบบต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ

3) แบบพลาสติก พลาสติก (Plastic) แบบหล่อชนิดนี้รวมถึงแบบหล่อประเภทอื่นๆ เช่น ไฟเบอร์กล๊าส แบบหล่อพลาสติกนำมาใช้งานที่ต้องการคุณภาพผิวที่สวยงามและต้องการใช้งานซ้ำกันหลายๆ ครั้ง มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับแบบชนิดอื่นๆ

4) ระบบหล่อชนิดอื่นๆ นอกจาก ไม้ เหล็ก และพลาสติกแล้ว ยังมีการนำวัสดุอุปกรณ์อื่นและการติดตั้งแบบต่างๆ มาทำแบบหล่อคอนกรีตที่นอกเหลือจากข้างต้น เช่น การใช้กระดาษทำแบบหล่อเสากลม การใช้ยางทำแบบหล่อ งานตกแต่ง การใช้อิฐก่อหรือแผ่นคอนกรีตในการทำแบบหล่อฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพิจารณาในการควบคุมงานแบบหล่อ

1) แบบหล่อฐานราก เป็นแบบหล่อที่ต้องรับแรงดันด้านข้าง เป็นแบบหล่อที่จะวางบนคอนกรีตหยาบหรือพื้นดินทำการค้ำยันกับดินรอบฐานราก ในกรณีฐานรากขนาดใหญ่มักนำระบบ form tie มาใช้ร่วม เนื่องจากดินโดยรอบไม่แข็งแรงเพียงพอสำหรับการค้ำยันแบบ โดยการควบคุมงานแบบฐานรากมีดังนี้

- ตรวจสอบระดับ ระดับหัวเสาเข็ม (Pile cutoff)
- เตรียมการเรื่อง การระบายน้ำ งานคอนกรีตหยาบควรทำบ่อ Sump สำหรับดูดน้ำ
- ส่วนล่างสุดของแบบหล่อ ควรเปิดไว้สำหรับล้างทำความสะอาดเป็นจุด
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ตำแหน่งเสาต่อม่อ
- ตรวจสอบงานระบบ
- ความแข็งแรงของแบบหล่อ ค้ำยัน
- ระดับปากแบบหล่อเหนือหลังฐานราก

2) แบบหล่อคาน แบบหล่อคานจำเป็นต้องคำนึงถึงการรับแรงทั้งทางแนวดิ่งและแรงด้านข้าง นิยมใช้แบบเหล็กในการเข้าแบบ ต้องระมัดระวังเรื่องความแข็งแรงของแบบท้องคานและนั่งร้านในการเทคอนกรีตคานขนาดใหญ่การเข้าแบบมีทั้งแบบวางบนดินจะเทคอนกรีตหยาบเป็นแบบท้องคาน ต้องระมัดระวังเรื่องการทรุดตัวของดินใต้คอนกรีตหยาบในวันฝนตกให้มากและการเข้าแบบหล่อบนนั่งร้านจำเป็นต้องคำนวณการรับน้ำหนักนั่งร้านและพื้นที่เป็นชั้นถ่ายน้ำหนักทุกชั้น โดยการควบคุมงานแบบคานมีดังนี้

- ควรให้ระดับ Offset ไว้ข้างเสาเพื่อไว้ตรวจสอบระดับท้องคาน
- ตรวจสอบระดับท้องคานกับระดับเทคอนกรีตหลังคาน
- ตรวจสอบระดับเทคอนกรีตจาก ความหนาพื้นว่าต้องเทลดระดับไว้เท่าไร
- ตรวจสอบขนาดมิติต่างของแบบ และเหล็กเสริม
- ตรวจสอบการวางท่อผ่านคานและงานช่องเปิดต่างๆ งานระบบ
- ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้าน และค้ำยันแบบ

3) แบบหล่อพื้น เป็นแบบหล่อพื้นคอนกรีตที่ต้องรับแรงกระทำในแนวดิ่งเป็นหลักและน้ำหนักจร เนื่องจากมักจะมีการนำวัสดุอุปกรณ์มากองเก็บ การคำนวณแบบหล่อพื้นต้องเผื่อการเทคอนกรีตกองเป็นจุดทีละมากเพราะอาจทำให้นั่งร้านและแบบหล่อพังทลายได้ กรณีในอาคารไม่มีฝ้าต้องหาวัสดุปูท้องแบบที่ใหม่ สภาพดีและวางรูปแบบการเรียงแบบหล่อและต้องทาน้ำยาทาแบบก่อนลงเหล็กเสริมจะทำให้ได้ท้องพื้นที่สวยงาม โดยการควบคุมงานแบบพื้นมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจสอบระดับท้องพื้น ระดับเทหลังพื้น การออกแบบนั่งร้านต้องสามารถปรับระดับได้
- ตรวจสอบเหล็กเสริมโดยเฉพาะเหล็กเสริมล่าง บล็อก ช่องเปิดต่างๆ
- ตรวจสอบงานระบบ
- ตรวจสอบคุณภาพผิวแบบ การทาน้ำยาทาแบบ
- ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้านแบบหล่อและค้ำยันข้างแบบท้องแบบ

4) แบบหล่อเสา แบบหล่อเสาเป็นแบบหล่อที่ต้องรับแรงดันด้านข้างวางบนพื้นคอนกรีต ต้องมีการยึดรั้ง 2 แกน ให้ได้ดิ่ง ควรทำการเปิดช่องบริเวณโคนเสาเพื่อสำหรับล้างทำความสะอาดแบบและในกรณีเทสูงกว่า 2 เมตร ต้องทำการเปิดช่องสำหรับเทคอนกรีต เพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีตหรือใช้วิธีการต่อท่อสำหรับเทคอนกรีต แบบหล่อที่ดีต้องมีการปรับดิ่งแบบหล่อเสาได้ง่าย โดยการควบคุมงานแบบเสามีดังนี้

- ตรวจสอบแนวเสา ขนาดและตำแหน่งเหล็กเสริมเสา
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ระยะทาบ ลูกปูนระยะหุ้มเหล็กและการฝากเหล็กเสริม
- ตรวจสอบงานระบบต่างๆ
- ส่วนล่างแบบหล่อควรเปิดไว้สำหรับทำความสะอาด
- เข้าแบบและตรวจสอบดิ่งเสา
- กำหนดระดับหยุดเทอยู่ใต้ท้องคานตัวต่ำสุดของเสาแต่ละด้าน
- ตรวจสอบแบบ ตัวรัดแบบ ตัวค้ำยัน

5) แบบหล่อผนัง แบบหล่อผนังคอนกรีต โดยส่วนมากใช้แผ่นไม้อัดเป็นแผ่นแบบหรือใช้แบบเหล็กมาต่อเรียงกัน ต้องระมัดระวังเรื่องการโก่งตัวของแผ่นแบบซึ่งจะทำให้ผิวคอนกรีตเป็นคลื่น ต้องมีการยึดโยงลงพื้นเพื่อป้องกันแบบหล่อลอยขณะทำการเทคอนกรีตแบบชนิดนี้รับแรงดันของคอนกรีตเป็นหลัก (Push and Pull) โดยทั่วไปมักจะใช้ระบบ form tie ร่วมในการเข้าแบบเพื่อป้องกันแบบหล่อแตก ควรทำการออกแบบให้เป็นแผ่นขนาดใหญ่เพื่อความรวดเร็วในการเข้าแบบหล่อและการขนย้าย โดยการควบคุมงานแบบผนังมีดังนี้

- ตรวจสอบแนวผนัง ขนาดผนัง
- ตรวจสอบเหล็กเสริม ระยะทาบ และลูกปูน ระยะหุ้มเหล็ก
- ตรวจสอบงานระบบต่างๆ ท่อ บล็อก ช่องเปิด
- ควรเปิดแบบหล่อส่วนล่างสุดไว้สำหรับทำความสะอาด
- ตรวจสอบดิ่งผนังทั้งสองด้าน
- ระดับหยุดเทอยู่ใต้ท้องพื้น และเหล็กเสียบคาน
- ตรวจคุณภาพผิวแบบหล่อและ ระบบ Form tie ค้ำยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 งานเหล็กเสริม

เหล็กเสริม ตามนิยามในกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (2527) (พรบ.ควบคุมอาคาร) หมายถึงเหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น โดยทั่วไปคอนกรีตมีคุณสมบัติรับแรงอัดได้ดี ขณะเดียวกันคอนกรีตสามารถในการรับแรงดึงได้น้อยมากเมื่อเทียบกับแรงอัด เมื่อถูกแรงดึงจะทำให้คอนกรีตเปราะแตกได้ง่าย ด้วยสาเหตุนี้คอนกรีตเสริมเหล็กจึงถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึง วิศวกรจึงนิยมออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดอย่างเดียวและเหล็กเสริมต้านทานแรงดึง จึงอาจกล่าวว่า คอนกรีตรับแรงอัด เหล็กรับแรงดึง ซึ่งเหล็กมีค่าสัมประสิทธิ์การยืดหดใกล้เคียงกับคอนกรีตเป็นวัสดุที่ประหยัดและมีกำลังสูง สามารถป้องกันการเสียหายและแตกร้าวได้

ในการก่อสร้างผู้ออกแบบ มักแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กไว้ในแบบก่อสร้าง และรายละเอียดประกอบแบบ ในการทำงานให้ยึดถือตามแบบและข้อกำหนดเป็นหลัก แต่หากกรณีไม่ได้กำหนดในแบบหรือรายละเอียดประกอบแบบแล้วควรปฏิบัติตามกฎหมายหรือมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับเช่น ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(ในพระบรมราชูปถัมภ์) หรือมาตรฐานสากล เช่น ACI ASSHTO เป็นต้น

ชนิดของเหล็กเสริม

1) เหล็กเส้นกลมเรียบ (Round Bar : RB) เหล็กเส้นกลมในประเทศไทยนิยมใช้สำหรับเหล็กปลอกเกลียว เหล็กปลอก และเหล็กลูกตั้ง ผลิตตามมาตรฐาน มอก.20-2543 ชั้นคุณภาพ SR สัญลักษณ์ของเหล็ก RB หรือ ø ใช้เป็นสัญลักษณ์และบอกขนาด ความยาว 10 เมตร และ 12 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. - 25 มม.

ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงเหล็กเส้นกลม
(ที่มา: www.scgbuildingmaterials.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์	ความต้านทานแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SR24	2400	3900	21	180	1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	มวลระบุ (กก./ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)
RB6	6	0.222	0.283
RB8	8	0.395	0.503
RB9	9	0.499	0.633
RB10	10	0.616	0.785
RB12	12	0.888	1.131
RB15	15	1.387	1.767
RB19	19	2.226	2.835
RB22	22	3.984	3.801
RB25	25	3.853	4.909

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเหล็กเส้นกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เหล็กเส้นข้ออ้อย (Defromed Bar : DB) เหล็กเส้นข้ออ้อยตามนิยามในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (2527) (พรบ.ควบคุมอาคาร) หมายถึง เหล็กเสริมที่มีบั้งหรือมีคีบที่ผิวเป็นเหล็กที่มีแรงยึดเกาะที่ผิวสูงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง ในประเทศไทยเหล็กข้ออ้อยใช้สัญลักษณ์ DB บอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีคุณภาพตามมาตรฐาน มอก. 24-2548 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 mm.ถึง 32 mm ขนาดความยาว 10 และ 12 เมตร ในมาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (วสท. 1008-38) กำหนดว่าเหล็กเสริมต้องเป็นเหล็กแบบข้ออ้อย

ภาพที่ 2.13 ภาพแสดงเหล็กเส้นข้ออ้อย
(ที่มา: www.scgbuildingmaterials.com)

สัญลักษณ์	ความต้านทานแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SD 30	3000	4900	17	180	4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	4000	5700	15	180	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	5000	6300	13	90	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นข้ออ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	มวลระบุ (กก./ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)
DB6	6	0.222	0.283
DB8	8	0.395	0.503
DB10	10	0.616	0.785
DB12	12	0.888	1.131
DB16	16	1.578	2.011
DB20	20	2.466	3.142
DB22	22	2.984	3.801
DB25	25	3.853	4.909
DB28	28	4.843	6.158
DB32	32	6.313	8.042
DB36	36	7.990	10.179
DB40	40	9.865	12.566

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเหล็กเส้นข้ออ้อย

3) เหล็กลวดตะแกรง (Wire Mesh) คือตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมกันผลิตจากเหล็กรีดเย็นทอติดกันเป็นผืนเหล็ก Wire Mesh รับแรงดึงสูงได้ไม่น้อยกว่า 5,500 ksc.

การตรวจสอบงานเหล็กเสริมหน้าสนาม

1) ตรวจสอบระยะ Covering ของเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบ
2) ตรวจสอบขนาดของเหล็กเสริม
3) ตรวจสอบจำนวนการใส่เหล็ก
4) ตรวจสอบตำแหน่งและระยะการต่อทาบของเหล็กเสริมให้เป็นไปตามแบบและหลักข้อกำหนดตามแบบและตามหลักวิศวกรรม
5) ตรวจสอบความสะอาดของเหล็กเสริม
6) ตรวจสอบการกองเก็บเหล็กเสริม ไม่ควรให้ติดกับดินโดยตรงและไม่ควรอยู่ใกล้คราบน้ำมัน ไม่ควรสัมผัสน้ำ

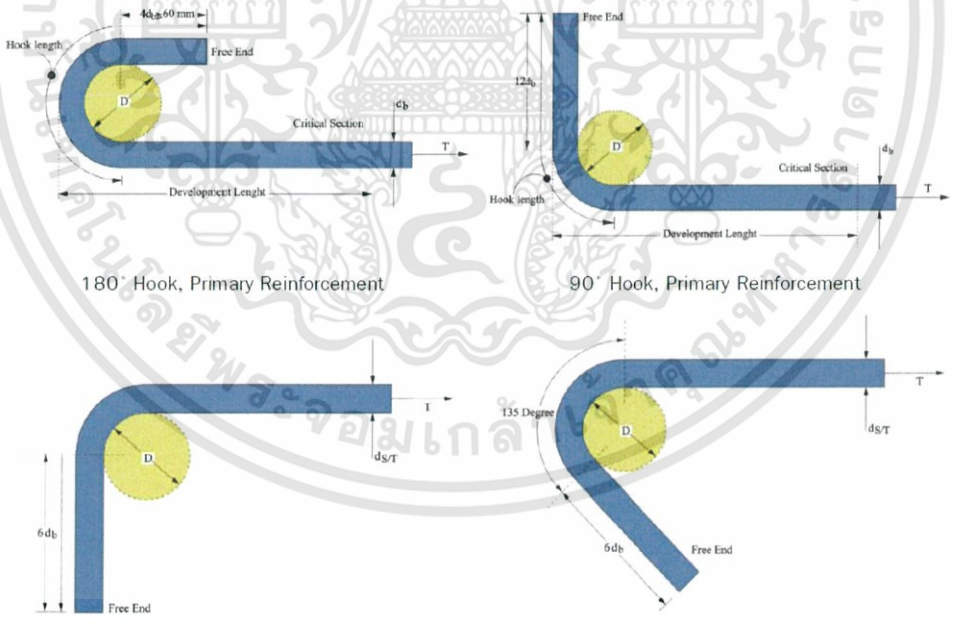
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดขององค์อาคาร	ชนิดรอยต่อ	ตำแหน่งของรอยต่อ
คาน, พื้น, ผนัง	ต่อทาบ,ต่อเชื่อม (สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม.	เหล็กบนต่อที่กลางคาน เหล็กล่างต่อที่หน้าเสาถึงระยะ 1/5 จากศูนย์กลาง
เสา	ต่อทาบ,ต่อเชื่อม (สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 19 มม.)	เสา เหนือระดับพื้น 1 ม. จนถึงระดับกึ่งกลางความสูง
ฐานราก	ห้ามต่อ	-

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงระยะรอยต่อในเหล็กเสริม

การดัดงอเหล็กเสริม

กรณีที่ผู้ออกแบบกำหนดขนาด รายละเอียดการงอขอสำหรับเหล็กเส้นไว้แล้วให้ดัดงอขอตามที่ผู้ออกแบบกำหนดแต่ในกรณีที่ ไม่ได้กำหนดในแบบอาจยึดถือตามมาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของ วสท. ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.14 ภาพแสดงรายละเอียดการงอขอประเภทต่างๆ

(ที่มา: สภาวิศวกร, องค์ความรู้ประกอบการสอบเลื่อนระดับเป็นสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา,2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพผิวของเหล็กเสริม

เหล็กเสริมต้องไม่มีสนิมขุม โคลน น้ำมันหรือสารอื่นๆ เกาะผิวซึ่งจะทำให้เสียแรงยึดหน่วง ในทางปฏิบัติไม่ควรทิ้งระยะเวลานานจนกระทั่งเหล็กเกิดสนิม ซึ่งหากเกิดสนิมเพียงเล็กน้อยให้ทำความสะอาดโดยใช้แปรงโลหะขัดก่อนการเทคอนกรีต

ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก

ระยะหุ้มคอนกรีต หมายถึง ระยะที่วัดจากผิดคอนกรีตถึงผิวนอกสุดของเหล็ก ปลอกเดี่ยว เหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กลูกตั้ง ในกรณีที่ไม่มีเหล็กดังกล่าวให้วัดถึงผิวนอกของเหล็กเส้นที่อยู่นอกสุดซึ่งหากผู้ออกแบบมิได้กำหนดไว้ในแบบหรือข้อกำหนดให้ยึดถือมาตรฐานวิศวกรรมที่เป็นที่ยอมรับในสากล เช่น มาตรฐาน วสท. ซึ่งได้กำหนดไว้ดังนี้

1) คอนกรีตหล่อในที่

ลักษณะงาน	ระยะหุ้มคอนกรีตต่ำสุด (ซม.)
คอนกรีตหล่อติดกับดินและผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5
คอนกรีตที่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน	
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.	5.0
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	4.0
คอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้น กำแพง และตง	4
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป	2
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	3
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้งในคาน	2
- เหล็กปลอกเดี่ยวหรือเหล็กปลอกเกลียว	1.5
ในเสา ในหลังคาเปลือกบางแผ่นพื้นพับจีบ	
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.	2
- สำหรับเหล็กเส้นขนาดเล็กกว่า 16 มม.	1.5

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงระยะหุ้มคอนกรีตตามลักษณะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 รายการประกอบแบบก่อสร้าง

รายการประกอบแบบ ในประเทศไทยมีคำเรียกหลายคำ เช่น รายการก่อสร้าง รายการรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรม หรือรายการรายละเอียดด้านวิศวกรรม รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้าง ข้อกำหนด ข้อกำหนดทางเทคนิค ข้อกำหนดทางเทคนิคในการก่อสร้าง เป็นต้น

สำหรับคำที่ใช้ในภาษาอังกฤษ จะใช้คำว่า “Specification” ซึ่งราชบัณฑิตยสถานและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ บัญญัติศัพท์เป็น “ข้อกำหนด”

ข้อกำหนด (Specifications) บางครั้งอาจเรียกว่า รายการประกอบแบบ หรือ รายการก่อสร้าง โดยทั่วไปมักคิดถึงรายละเอียดประกอบแบบด้านเทคนิค เช่นกล่าวถึงรายละเอียด วัสดุ อุปกรณ์ ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง เป็นต้น (วิสูตร, 2543)

รายการก่อสร้างคือ “เอกสารที่อธิบายความคิดของผู้ออกแบบต่อบุคคลต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างเพื่อกำหนด ชนิด ขนาด มาตรฐานการทำงาน และรายละเอียดของงานก่อสร้าง” จึงถือว่าเป็นข้อตกลงส่วนหนึ่งของสัญญาจ้างและเป็นเอกสารสำคัญช่วยให้แบบรูปกระจ่างยิ่งขึ้น ทำให้ผู้รับเหมาทราบได้ว่ามีอะไรบ้างอยู่ในความคาดหมายของเขา ข้อมูลส่วนมากที่ใช้ในการทำงานจะกำหนดไว้ในแบบรูป ซึ่งเขียนขึ้นในลักษณะต่าง ๆ กัน แต่รายละเอียดเกี่ยวกับฝีมือ และวัสดุอุปกรณ์นั้น ไม่สามารถระบุลงไปในงานเขียนแบบได้ (พนม, 2539)

สรุปได้ว่าการจัดทำข้อกำหนด คือ กระบวนการระบุพรรณนาเพื่อแสดงรายละเอียดเฉพาะเจาะจงโดยเฉพาะรายละเอียดที่แสดงถึงคุณลักษณะของวัสดุ ขนาด ขั้นตอน วิธีการ และคุณภาพ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ปฏิบัติหรือดำเนินการเพื่อให้ได้งาน สิ่งก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ หรือการติดตั้ง และการบริการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการดังที่กำหนดไว้

รายการประกอบแบบที่ทำการศึกษาจากโครงการดังกล่าวคือ รายละเอียดประกอบแบบก่อสร้างโครงการก่อสร้างโรงพยาบาลนครแม่สอด อินเตอร์เนชั่นแนล อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ในหมวดงานโครงสร้างซึ่งเกี่ยวกับ ฐานรากอาคาร แบบหล่อคอนกรีต งานคอนกรีตและงานเหล็กเสริมคอนกรีต รายละเอียดทั้งหมดรวมถึงแบบที่เกี่ยวข้องกับงานฐานรากจะอยู่ใน ภาคผนวก ก. ของงานวิจัยเล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเล่มนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการควบคุมและตรวจสอบงานฐานรากสำหรับโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล โดยจะแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอนหลักซึ่งจะเริ่มต้นที่การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานก่อสร้างฐานรากจากแบบก่อสร้าง เอกสารประกอบแบบ เอกสารมาตรฐานงานก่อสร้าง หนังสือหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ต่อไปเป็นการศึกษาการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งเทคนิคสร้างและควบคุมงานรวมถึงปัญหาระหว่างการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจากวิศวกรสนามและผู้มีประสบการณ์หน้างาน วิเคราะห์ข้อมูลการทำงานจริงกับทฤษฎีเพื่อหาแนวทางการตรวจสอบฐานราก และสุดท้ายคือศึกษาการประสานการทำงานกับผู้รับเหมาให้งานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

หลังจากที่ผู้ศึกษาได้กำหนดหัวข้อในการวิจัยเสร็จสิ้น จากนั้นก็ได้เริ่มรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานฐานรากจากบทความในอินเตอร์เน็ต หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงเอกสารประกอบแบบก่อสร้างของโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนลเพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจมากขึ้นในส่วนของงานฐานราก ซึ่งจะส่งผลให้สามารถกำหนดขอบเขตการวิจัยและแนวทางการดำเนินงานได้ โดยเอกสารที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วย

3.1.1. การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง , ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช

3.1.2. เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง , วิทยาลัยสัตหีบ

3.1.3. คู่มือประกอบการปฏิบัติงาน การควบคุมงานก่อสร้าง , กรมยุทธการทหารบก

3.1.4. งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก , สภาวิศวกร

3.1.5. องค์ความรู้ประกอบการสอบเลื่อนระดับเป็นสามัญวิศวกร , สภาวิศวกร

3.1.5. รายการประกอบแบบที่เกี่ยวข้องกับงานฐานรากของโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

3.1.6. Dynamic Load Test, KKT ENGINEERING

3.1.7. LOW STRAIN INTEGRITY TEST, KKT ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสามารถกำหนดขอบเขตในงานวิจัยครั้งนี้ได้ดังนี้

- แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของฐานราก
- ขั้นตอนและลำดับการก่อสร้างฐานราก
- มาตรฐานงานฐานราก
- มาตรฐานการควบคุมคุณภาพในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2 ศึกษาการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ผู้วิจัยได้เริ่มเข้าสู่การฝึกงานสหกิจศึกษาตั้งแต่ทางโครงการได้ทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะคอนกรีตเสริมเหล็กแล้วเสร็จ ทางผู้วิจัยจึงทำการแบ่งขั้นตอนการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กออกเป็น 3 ระยะ ประกอบไปด้วย ก่อนทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ระหว่างทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กและสุดท้ายคือ หลังทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

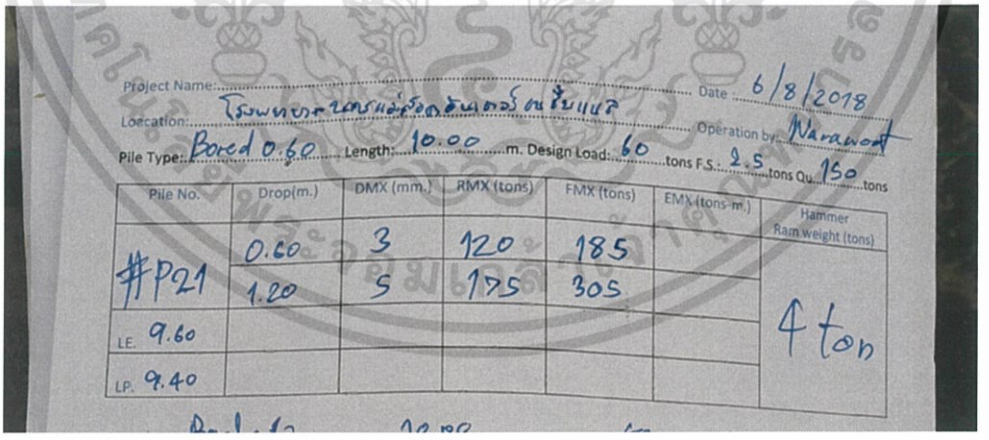
3.2.1. ก่อนทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

หลังจากที่โครงการได้ทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะคอนกรีตเสริมเหล็กเสร็จสิ้น สิ่งแรกที่จะต้องทำคือการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มและการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

1). การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธี DYNAMIC LOAD TEST เป็นการทดสอบเพื่อหากำลังการรับน้ำหนักบรรทุก ค่าการทรุดตัว ค่า STRESS และ TENSION FORCE ที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ รวมถึงสามารถทราบถึงประสิทธิภาพของปั้นจั่นที่ใช้ในการตอกเสาเข็มหรือกำหนดมาตรฐานสำหรับการตอกเข็มในพื้นที่โครงการนั้นๆอีกด้วย ลักษณะการทดสอบ DYNAMIC LOAD TEST จะใช้ลูกตุ้มปล่อยกระแทกที่หัวเข็มเพื่อทำให้เสาเข็มมีการเคลื่อนตัวจากแรงกระแทกของลูกตุ้มบนหัวเข็ม ส่งผลทำให้เกิดคลื่นความเค้น (Stress Wave) ลงไปตลอดของตัวเข็ม คลื่นความเค้นดังกล่าวจะสะท้อนกลับขึ้นมาเมื่อเกิดแรงต้านที่ปลายเข็ม แรงเสียดทานด้านข้างของเข็มและคุณสมบัติทางกายภาพของเสาเข็มรวมไปถึงพื้นที่หน้าตัดของเข็มที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ซึ่งคลื่นความเค้นดังกล่าวจะถูกบันทึกโดยตัว Transducers ประกอบไปด้วย Strain Gauge และ Accelerometer ที่ได้รับการติดตั้งบริเวณใกล้กับหัวเข็ม สัญญาณที่ได้ขณะทดสอบจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของหน่วยแรงและความเร็วซึ่งจะถูกทำไปวิเคราะห์หากำลังการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มต่อไป สิ่งที่โครงการหรือหน้างานจะต้องเตรียมเพื่อทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธี คือ Pile Cap ที่ตำแหน่งหัวเข็มเพื่อลดความเสียหายบนหัวเข็มขณะทำการทดสอบและต้องทำการเตรียมพื้นที่เข้าทำการทดสอบให้เหมาะสมเพื่อลดระยะเวลาในการทดสอบ (Dynamic Load Test , KKT ENGINEERING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 ภาพการทดสอบ Dynamic Load Test
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)



Project Name: ..... Date 6/8/2018
Location: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล Operation by: Narawat
Pile Type: Bored 0.60 Length 10.00 m. Design Load: 60 tons F.S. 2.5 tons Qu. 150 tons

Pile No.	Drop(m.)	DMX (mm.)	RMX (tons)	FMX (tons)	EMX (tons-m.)	Hammer Ram weight (tons)
#P21	0.60	3	120	185		4 ton
	1.20	5	175	305		
LE. 9.60						
LP. 9.40						

ภาพที่ 3.2 ภาพผลทดสอบ Dynamic Load Test เบื้องต้น
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

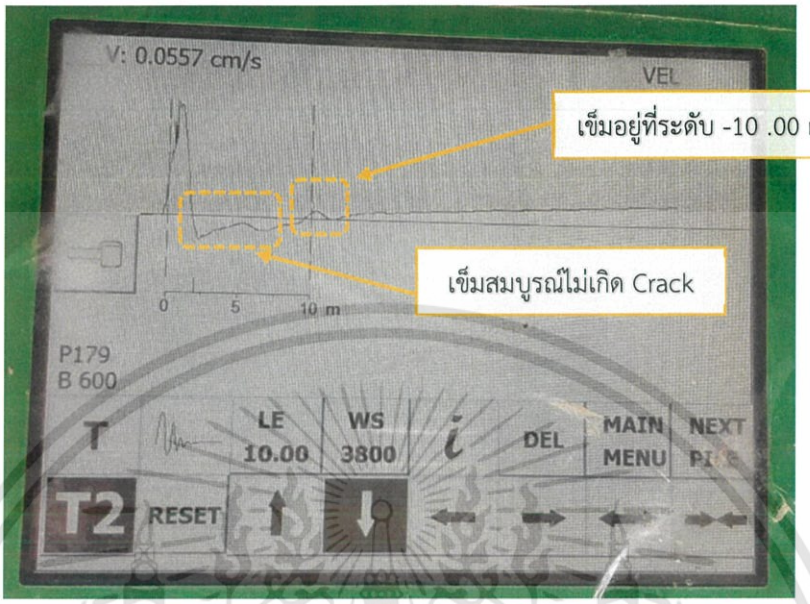
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม LOW STRAIN INTEGRITY TEST หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า SEISMIC TEST เป็นวิธีการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มที่ง่าย รวดเร็วและยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายทั่วโลก การทดสอบนี้จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Low Strain Method เนื่องจากใช้เพียงค้อนทดสอบเป็นตัวส่งผ่านพลังงานและคลื่นความเครียดระดับต่ำ

การทดสอบโดยวิธี Low Strain Method ปกติจะทดสอบเข็มทั้งโครงการ โดยผลทดสอบที่ได้จะออกมาในรูปของกราฟความเร่งหรือความเร็วของคลื่นที่ส่งผ่านเสาเข็มต่อความสัมพันธ์ของเวลา ซึ่งคลื่นเหล่านี้เจะสะท้อนกลับมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเสาเข็ม (หน้าตัด หรือ Fc') อย่างไรก็ตาม การสะท้อนกลับของคลื่นอาจจะเป็นผลรวมของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของสภาพดินและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเสาเข็ม สำหรับการทดสอบทั่วไปนั้นจะเก็บสัญญาณโดยตัวรับสัญญาณ (Accelerometer) ควรจะติดตัวรับสัญญาณให้กระจายทั่วบริเวณหัวเสาเข็มที่จะทำการทดสอบ ซึ่งจำนวนตำแหน่งติดตั้งก็จะแปรผันตามขนาดของเสาเข็มนั่นเอง ขนาดของความเสียหายของเสาเข็มจะสามารถดูได้จากรูปของกราฟความเร่งหรือความเร็วของคลื่นที่ส่งผ่านเสาเข็มต่อความสัมพันธ์ของเวลา หรือสามารถดูได้จากค่าเบต้าซึ่งมาจากสูตรที่คำนวณแล้ว โดยถ้าค่าเบต้าสูงกว่า 0.80 แสดงว่าเสาเข็มอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างสมบูรณ์ในทางกลับกันถ้าหากค่าเบต้าต่ำกว่า 0.60 แสดงว่าสภาพของเสาเข็มมีความเสียหายมาก (LOW STRAIN INTEGRITY TEST , KKT ENGINEERING)

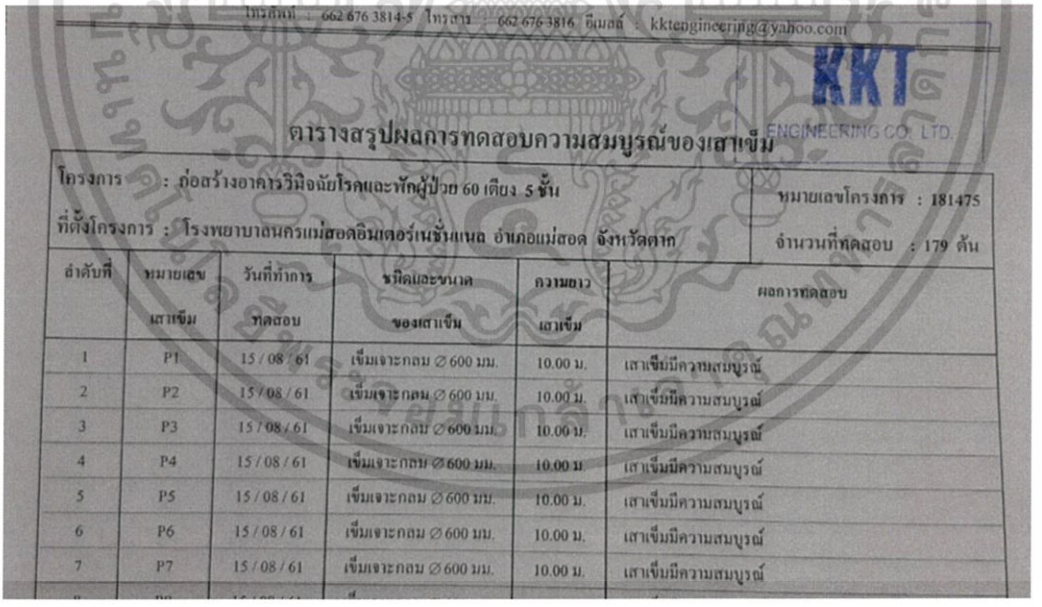
ภาพที่ 3.3 ภาพการทดสอบ Seismic Test
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ภาพกราฟผลทดสอบ Seismic Test

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)



โทรศัพท์ : 662 676 3814-5 โทรสาร : 662 676 3816 อีเมล์ : kkteangineering@yahoo.com

KKT ENGINEERING CO., LTD.

ตารางสรุปผลการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

โครงการ : ก่อสร้างอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วย 60 เตียง 5 ชั้น — หมายเลขโครงการ : 181475

ที่ตั้งโครงการ : โรงพยาบาลนครแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก — จำนวนที่ทดสอบ : 179 ต้น

ลำดับที่	หมายเลขเสาเข็ม	วันที่ทำการทดสอบ	ชนิดและขนาดของเสาเข็ม	ความยาวเสาเข็ม	ผลการทดสอบ
1	P1	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
2	P2	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
3	P3	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
4	P4	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
5	P5	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
6	P6	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์
7	P7	15 / 08 / 61	เข็มเจาะกลม ∅ 600 มม.	10.00 ม.	เสาเข็มมีความสมบูรณ์

ภาพที่ 3.5 ภาพผลทดสอบ Seismic Test

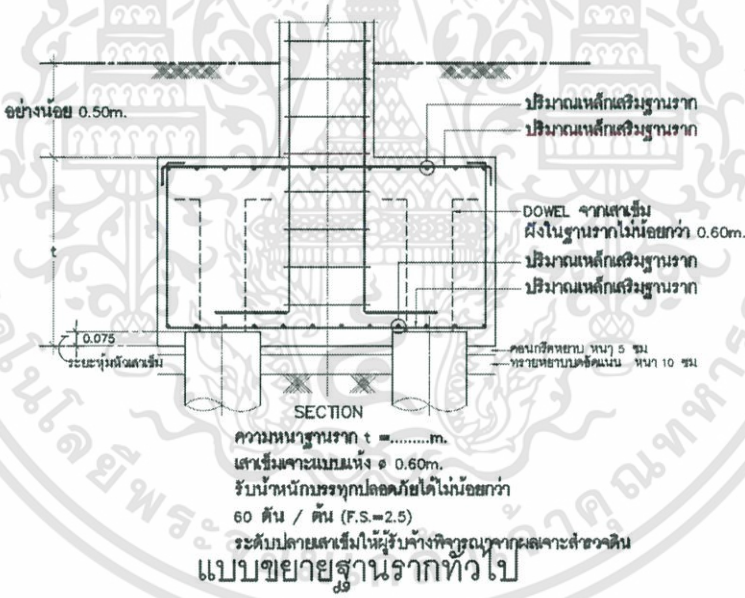
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2. ระหว่างการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ช่วงระหว่างการก่อสร้างฐานรากจะเริ่มจากขั้นตอนการเคลียร์แบบก่อสร้างเพื่อหาข้อสรุปในการก่อสร้าง จนไปถึงการเทคอนกรีตฐานรากจนแล้วเสร็จโดยแต่ละวิธีก็จะมีเทคนิคและปัญหาที่เจอแตกต่างกันออกไป ทางผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการก่อสร้างฐานรากในช่วงนี้ออกเป็น 9 ขั้นตอนดังนี้

1).การเคลียร์แบบก่อสร้าง หรือการทำความเข้าใจแบบก่อสร้างเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญมากในการก่อสร้างฐานรากเนื่องจากหากมีการเข้าใจแบบก่อสร้างผิดอาจจะมีผลต่อโครงสร้างหรือการตรวจรับงานในอนาคต ขั้นตอนดังกล่าวจะเริ่มจากการดูแบบโครงสร้างในหมวดงานฐานราก โดยสิ่งแรกที่จะต้องดูคือระดับการก่อสร้างฐานรากว่ามีข้อกำหนดที่ทางผู้ออกแบบได้กำหนดมาหรือไม่ เช่นหลังฐานรากต้องฝังอยู่ในดินไม่น้อยกว่าระดับที่กำหนด แต่เมื่อเกิดความไม่ชัดเจนในรายการประกอบแบบของทางผู้ออกแบบต้องรีบทำการสอบถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันทั้งสองฝ่าย โดยทางโครงการโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนลได้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับระดับของฐานรากดังนี้

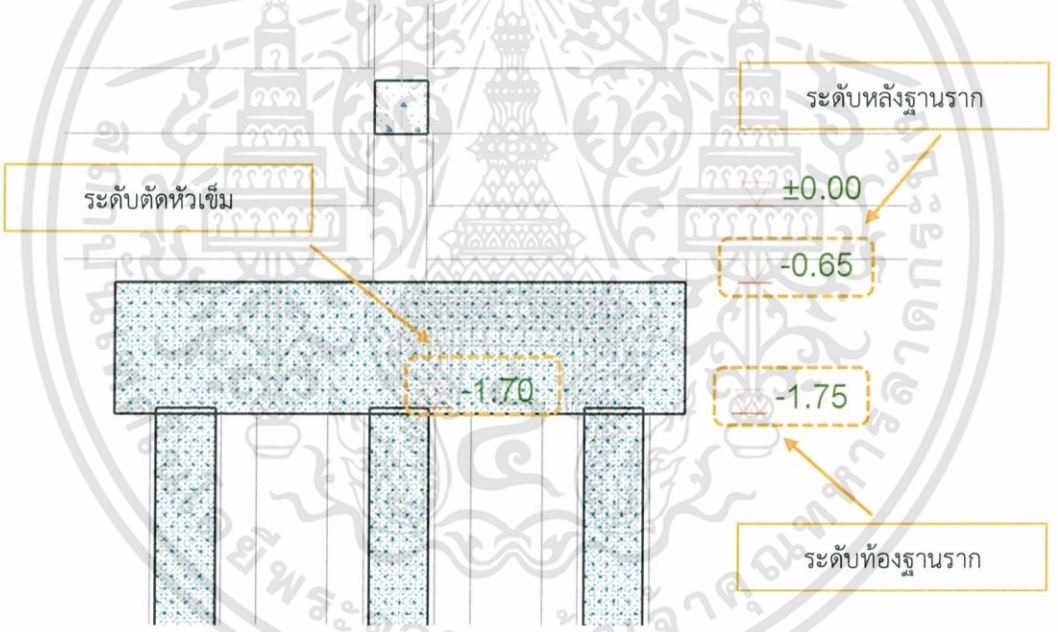


ภาพที่ 3.6 ภาพแบบขยายฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคในการเคลียร์แบบก่อสร้างเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นมีด้วยกันหลายวิธี โดยวิธีที่วิศวกรโครงการดังกล่าวเลือกใช้คือการเคลียร์แบบออกมาในรูปของสองมิติและสามมิติ ซึ่งโปรแกรมที่ช่วยในการขึ้นรูปสามมิติมีด้วยกันหลายโปรแกรมอาทิเช่น Google SketchUp Autodesk Revit Graphisoft: ARCHICAD 3D Max ฯลฯ สิ่งที่ต้องเคลียร์ของระดับการก่อสร้างฐานรากจะประกอบไปด้วย

- ระดับหลังฐานราก
- ระดับท้องฐานราก
- ระดับตัดหัวเข็ม (Pile Cut Off)
- ระดับเทลีน
- ระดับทรายปรับระดับ



ภาพที่ 3.7 ภาพส่วนหนึ่งของโปรแกรม Graphisoft: ARCHICAD
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

จากรูปเมื่อได้ระดับต่างๆจากโปรแกรมสองมิติหรือสามมิติแล้วก็ทำการลดระยะตามข้อกำหนดเพื่อหาระดับการขุดดินฐานราก การขึ้นรูปโดยโปรแกรมสำเร็จรูปจะช่วยให้ลดระยะเวลาในการทำความเข้าใจแบบมากขึ้นเพราะสามารถมองภาพได้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การขุดดินฐานราก เป็นขั้นตอนที่อาจจะต้องใช้เครื่องจักรในการทำงานเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว จากความลึกที่ได้จากการเคลียร์แบบ อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือขนาดของหลุมที่จะทำการขุดโดยจะต้องดูในแบบขยายฐานราก การขุดดินฐานรากควรจะขุดให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของฐานรากด้านละประมาณ 1.00 – 1.50 เมตร เพื่อความสะดวกในการลงไปแต่งหลุมหรือขั้นตอนอื่นๆต่อไป

ปัญหาที่จะเจอในขั้นตอนการขุดดินฐานรากส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงฤดูฝนหรือช่วงมรสุมคือฝนตกขณะขุดดินฐานราก โดยปัญหาที่พบเจอคือปัญหาดินสไลด์ทำให้ต้องทำการขุดดินใหม่เรื่อยๆหลังจากที่มีฝนตกลงมา อีกปัญหาหนึ่งที่พบเจอคือการมีน้ำขังในหลุมที่ทำการขุดไว้ จึงต้องมีการสูบน้ำออกก่อนที่จะทำงานต่อไป ส่งผลให้ให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ได้ด้วยการทำบ่อพักน้ำหรือบ่อ Sump เพื่อเป็นจุดรวมน้ำรอการระบายหรือทำการสูบน้ำออกด้วยปั๊มต่อไป กรณีหลุมขนาดใหญ่อาจจะต้องทำการขุดบ่อพักน้ำสองจุดและติดตั้งปั๊มสองจุดเพื่อความรวดเร็วในการสูบน้ำออกจากหลุม

ภาพที่ 3.8 ภาพการขุดดินฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.9 ภาพปัญหาน้ำขังหลุมที่ขุดฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) การเทลีนฐานราก เมื่อทำการขุดดินฐานรากแล้วเสร็จก็จะทำการเทลีนทันทีเพื่อไม่ให้ความชื้นจากดินเข้ามาสู่ตัวฐานรากและยังเป็นการป้องการการซึมของน้ำจากใต้ดินออกมาท่วมหลุมที่ขุดรวมถึงการเทลีนยังช่วยให้สามารถลงไปทำงานในการวางเหล็ก ตีแนวฐานรากได้สะดวกยิ่งขึ้นอีกด้วย

ปัญหาที่พบเจอในการเทลีนจะเป็นเช่นเดียวกับการขุดฐานรากคือมีน้ำท่วมหลุมหรือมีดินสไลด์ให้ต้องมีการเคลียร์ดินออกและมีการสูบน้ำออกก่อนที่จะทำการเทลีน การแก้ปัญหาเมื่อมีฝนตกในช่วงกำลังเทลีนสามารถแก้ได้โดยการน้ำผ้าใบมาคลุมกันฝนระหว่างเทเนื่องจากถ้ามีน้ำมากเกินไปจะทำให้ลีนเกิดรอยร้าวส่งผลให้ต้องมี การซ่อมแซมภายหลัง

ภาพที่ 3.10 ภาพเทลีนฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.11 ภาพการวางแนวฐานรากบนลีน
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) การตัดหัวเสาเข็ม หลังจากที่ได้ระยะการตัดหัวเข็มจากการเคลียร์แบบและได้เทลีนเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปคือการตัดหัวเข็ม โดยส่วนใหญ่การตัดหัวเสาเข็มจะเป็นการจ้างผู้รับเหมาเฉพาะสำหรับงานตัดหัวเข็มมาทำการตัดหัวเข็มทั้งหมดของโครงการ ซึ่งสิ่งที่ทางโครงการจะต้องเตรียมไว้ให้ผู้รับเหมาคือระดับการตัดหัวเข้ม (Pile Cut Off Level) ระยะเหล็กเสริมจากตัวเข็มที่ต้องทำการเผื่อไว้ เพื่อส่วนที่เหลือทางผู้รับเหมาจะทำการตัดออกและสุดท้ายคือหน้างานที่เหมาะสมสำหรับการตัดหัวเข็ม

ปัญหาในงานตัดหัวเข็มที่พบเจอคือหน้างานไม่พร้อมเนื่องจากฝนที่ตกลงมาทำให้น้ำขังในหลุม ส่งผลให้ไม่สามารถลงไปทำการตัดหัวเข็มได้ ปัญหาดังกล่าวควรที่จะได้รับการแก้ไขในทันทีเพราะหากผู้รับเหมางานเข็มไม่สามารถตัดหัวเข็มได้อาจจะส่งผลให้ไม่มีงานทำและขอยกเลิกสัญญาการเหมาทั้งหมด โดยวิธีการแก้ไขสามาถทำได้โดยติดตั้งเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติเมื่อเกิดน้ำขังเกินระดับที่กำหนด เครื่องสูบน้ำจะทำการสูบน้ำออกทันที

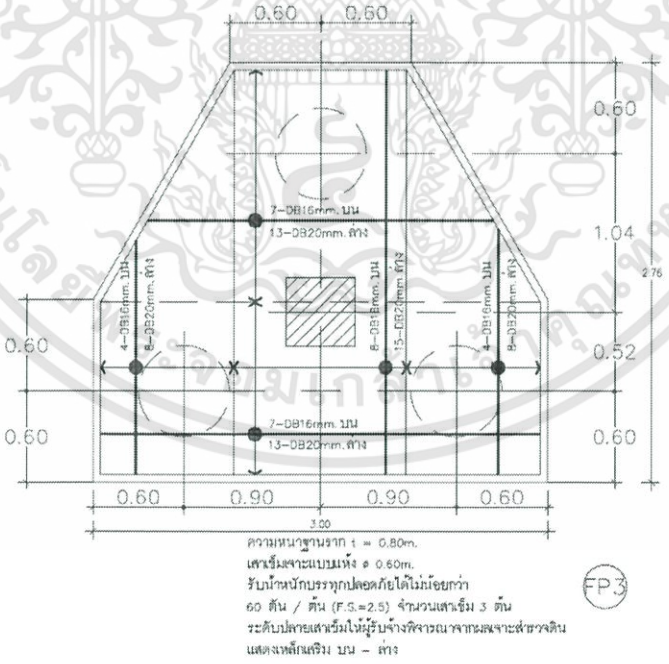
ภาพที่ 3.12 ภาพการตัดหัวเข็ม 1
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.13 ภาพการตัดหัวเข็ม 2
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) การตัดเหล็ก ดัดเหล็กฐานราก ขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่สามารถทำได้ไปพร้อมๆกับงานขุดดินฐานรากและงานตัดหัวเข็มกรณีจำนวนคนเพียงพอกับงานอื่นๆ โดยงานดังกล่าวจะต้องอาศัยการเคลียร์แบบเช่นกันคือการดัดเหล็กตามขนาดฐานรากที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้ ลักษณะการดัดจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดทั้งระยะหุ้มคอนกรีตและระยะงอฉากต่างๆ ซึ่งถ้ารายการประกอบแบบไม่ได้กำหนดมาก็ต้องทำการหามาตรฐานที่ทาง วสท. กำหนด การดัดเหล็กฐานรากขนาดใหญ่ส่วนใหญ่จะเป็นงานที่ใช้เหล็กค่อนข้างมากเนื่องจากจะใช้เพียงเส้นละหนึ่งท่อน ส่วนที่เหลือจะไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากความยาวไม่เพียงพอ ต้องนำไปใช้กับงานอื่นแทน ดังนั้นควรที่จะคิดปริมาณเหล็กให้เพียงพอต่อการใช้งาน

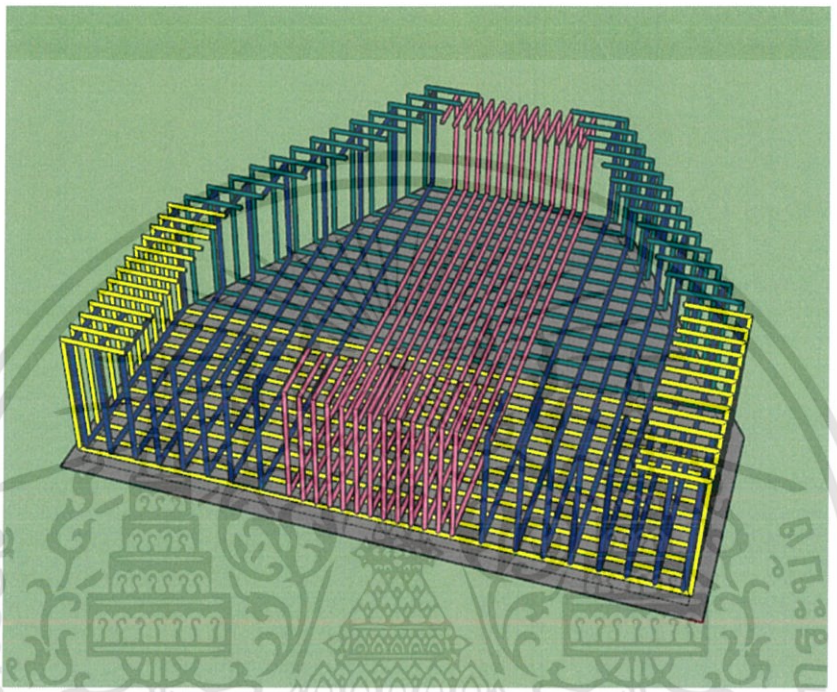
ปัญหาที่พบเจอในงานตัดเหล็ก ดัดเหล็กฐานรากส่วนใหญ่จะเป็นการไม่เข้าใจแบบของผู้รับเหมาเนื่องจากบางครั้งทางทางผู้เขียนแบบใช้ลักษณะการเขียนที่ทับซ้อนกันทำให้เกิดความไม่เข้าใจแบบ ดังนั้นต้องทำการแก้ไขโดยการเคลียร์แบบให้เข้าใจตรงกันก่อน อีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญคือ กรณีหน้าตัดของฐานรากที่มีจำนวนเข็มสามต้น หรืออื่นๆ ที่มีการทับซ้อนเหล็กค่อนข้างมาก ฐานรากเหล่านี้อาจจะไม่สามารถเคลียร์ระยะให้ตรงตามแบบแล้วจึงนำไปใช้ได้ จึงต้องแก้ปัญหาโดยการตีกรอบลงบนไม้อัดหรือพื้นที่เรียบเท่าขนาดฐานรากจริงแล้วทำการดัดตามระยะที่ทำการขีดไว้หรือเพิ่มความเข้าใจในแบบโดยการขึ้นรูปสามมิติจากโปรแกรมสำเร็จรูปเช่น Google Sketchup หรืออื่นๆ ทำให้สามารถเข้าใจการวางเหล็กได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 3.14 ภาพฐานรากเข็ม 3 ต้น FP3
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพจะเห็นว่าการให้ระยะและการวางเหล็กฐานรากค่อนข้างที่จะซับซ้อนเนื่องจากมีการแบ่งโซนการวางเหล็กและมีการทับซ้อนกันของเหล็กค่อนข้างมาก เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นในการตัดและดัดเหล็กฐานรากจึงมีการสร้างภาพสามมิติให้เห็นการวางเหล็กและลดข้อผิดพลาดในการตัดและดัดเหล็ก



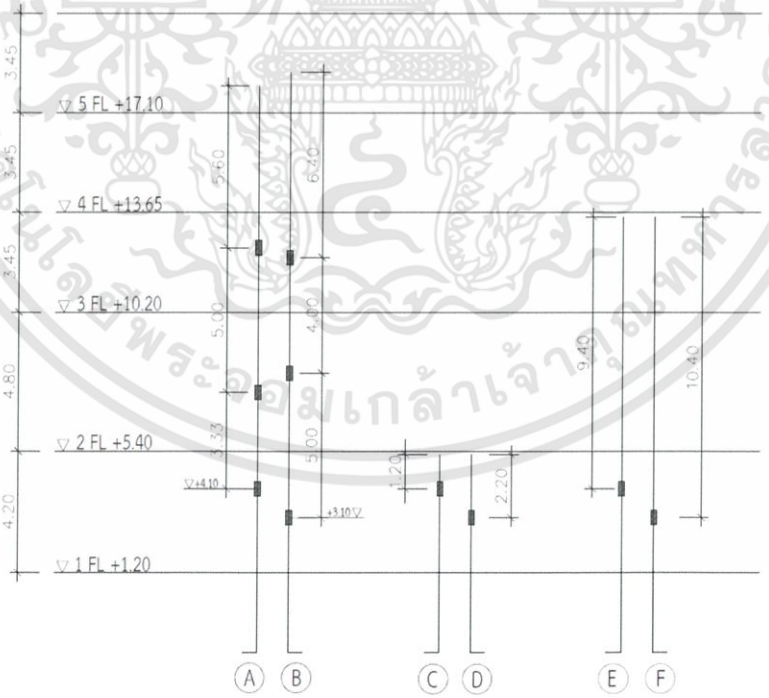
ภาพที่ 3.15 ภาพฐานรากเข็ม 3 ต้น วาดจากโปรแกรม Google Sketchup
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.16 ภาพตัวอย่างเหล็กฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญที่จะอยู่ในขั้นตอนดังกล่าวด้วยคือการตัดและดัดเหล็กตอม่อ เนื่องจากก่อนที่จะทำการเทคอนกรีตฐานรากต้องนำเหล็กตอม่อมาใส่และเช็คศูนย์กลางให้เรียบร้อย การตัดและดัดเหล็กตอม่อต้องคำนึงถึงระยะการต่อเหล็กและข้อกำหนดการต่อเหล็กเสาในชั้นต่อไป ส่วนใหญ่เหล็กตอม่อของอาคารสูงจะต้องทำการสั่งตัดและเข้าโรงงานกลึงหัวเกลียวเพื่อต่อเหล็ก ฉะนั้นสิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งที่ตามมาคือการคำนวณเหล็กที่ต้องทำการกลึงไม่ให้ขาดเพราะอาจจะส่งผลให้งานล่าช้าได้

ภาพที่ 3.17 ภาพตัวอย่างเหล็กตอม่อ
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)



ภาพที่ 3.18 ภาพตัวอย่าง Shop เหล็กตอม่อ
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

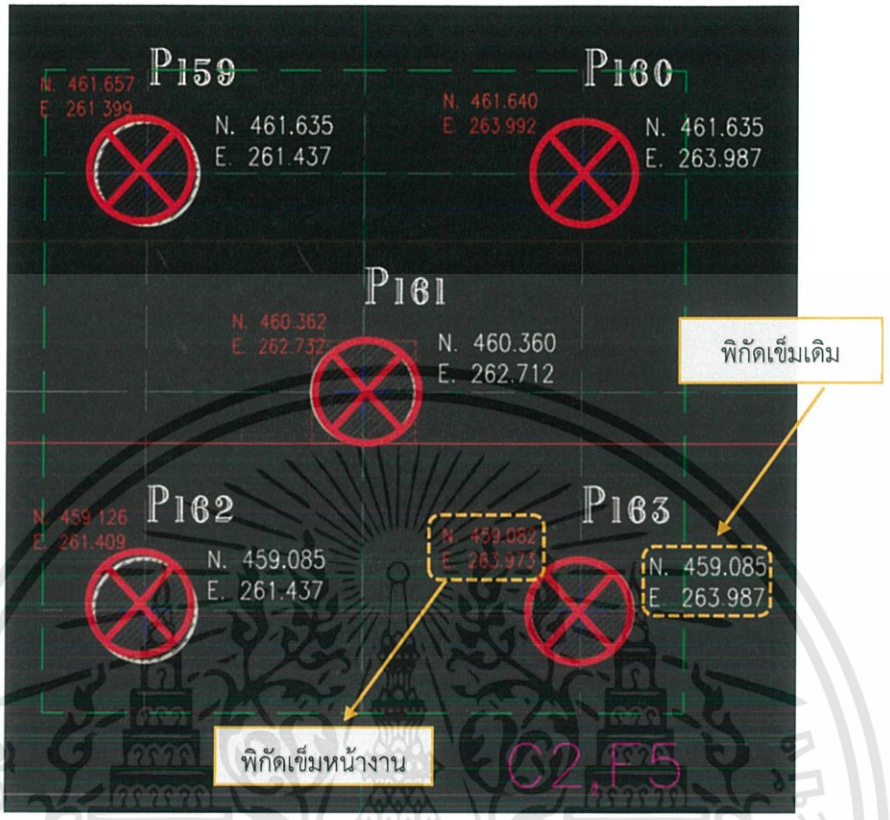
6.) การเช็คตำแหน่งเข็ม หรือ Pile Deviate ขั้นตอนดังกล่าวสามารถทำได้ตั้งแต่ตัดหัวเข็มแล้วเสร็จโดยเข็มทุกต้นต้องทำการเช็คตำแหน่งเข็มเพื่อหาการเยื้องศูนย์ของเข็มจากตำแหน่งเดิม สิ่งที่ต้องเช็คคือตำแหน่งของเข็มใหม่ที่มีการเยื้องศูนย์ไปจากตำแหน่งเดิมในแนวแกน X และแกน Y โดยระยะความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามมาตรฐานปกติจะอยู่ที่ 5 cm. หรือตามรายการประกอบแบบที่แนบมากับแบบก่อสร้างที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้

วิธีการเช็คตำแหน่งเข็มมีด้วยกันหลายวิธีโดยวิธีปกติที่ใช้กันและมีความแม่นยำคือการนำกล้อง Total Station ส่องเช็คตำแหน่งเข็มทุกต้นหรือจะใช้วิธีการตีเส้นหาแนวกลางของฐานรากรวมถึงศูนย์กลางของฐานราก หลังจากนั้นทำการวัดออกจากจุดตัดมายังเข็มแต่ละต้น สุดท้ายทำการวาดพิกัดเข็มลงในโปรแกรมสำเร็จรูปหาตำแหน่งการเยื้องศูนย์ของเข็มต่อไป

ภาพที่ 3.19 ภาพการหาศูนย์กลางเสาเข็ม
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.20 การหาระยะเยื้องศูนย์เสาเข็ม
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 ภาพค่าพิกัดเข็ม Pile Deviate

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

จากภาพจะเห็นว่าพิกัดตำแหน่งเข็มก่อนทำการก่อสร้างและหลังทำการก่อสร้างมีการเยื้องศูนย์เกิดขึ้นแต่การเยื้องศูนย์ดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ทางโครงการยอมรับได้คือ 5 cm. ทำให้ฐานรากตำแหน่งดังกล่าวสามารถทำการวางเหล็กฐานรากรวมถึงดำเนินการก่อสร้างขั้นตอนต่อไปได้ แต่หากมีฐานใดที่มีการเยื้องศูนย์ของเข็มมากเกิน 5 cm. จะต้องมีการเช็คการรับน้ำหนักของเข็มดังกล่าวว่ายังสามารถรับน้ำหนักได้เท่าเดิมหรือต่างจากเดิมมากน้อยเพียงใดจากโปรแกรมคำนวณ หลังจากที่มีการเช็คการรับน้ำหนักผ่านถึงสามารถดำเนินการก่อสร้างในขั้นตอนต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.) การวางเหล็กฐานราก ขั้นตอนดังกล่าวจะสามารถทำได้หลังจากที่ทำการเช็คการเยื้องศูนย์ของเสาเข็มในฐานรากนั้นๆแล้วเสร็จและจะต้องมีการทำแนวของฐานรากรวมถึงตำแหน่งศูนย์กลางของฐานรากไว้บนลีนเพื่อความแม่นยำของการตั้งฐานรากและเสาตอม่อ ลักษณะของงานดังกล่าวสามารถทำได้หลายแบบ โดยสามารถผูกเหล็กฐานรากไว้ก่อนพร้อมกับขั้นตอนแรกๆกรณีที่มีคนงานเพียงพอ เมื่อหน้างานพร้อมทั้งการเช็คตำแหน่งเข็มและตำแหน่งการวางฐานรากแล้วก็สามารถยกฐานรากไปวางเพื่อความรวดเร็วในการทำงาน แต่การทำงานในลักษณะนี้ต้องทำการปลดลวดผูกเหล็กบริเวณเหล็กล่างที่ตรงกับตำแหน่งเสาเข็มเนื่องจากจะต้องหลบแนวของเหล็กจากเสาเข็มที่ต้องทำการฝากในฐานราก เมื่อทำการวางฐานรากเสร็จก็ทำการผูกเหล็กฐานรากในส่วนที่ทำการปลดออกไว้ อีกลักษณะหนึ่งที่สามารถทำได้คือการนำเหล็กที่ทำการดัดไว้ทุกส่วนของฐานรากยกไปวางตรงตำแหน่งใกล้ตำแหน่งฐานแล้วทำการจัดคนประกอบเหล็กฐานราก การทำงานลักษณะนี้จะสามารถควบคุมตำแหน่งของเหล็กที่โผล่มาจากเสาเข็มได้แต่จะต้องใช้เวลาในการผูกฐานรากเพิ่มขึ้นมา

ขั้นตอนดังกล่าวจะเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งที่จะต้องใช้ความละเอียดในการเช็คจำนวนเหล็กที่ใช้ในการผูกฐานรากว่าเป็นไปตามแบบที่ทางผู้ออกแบบได้ออกแบบมาหรือไม่ ต้องทำการเช็คความกว้างและความยาวของฐานรากหลังจากที่ทำการผูกเหล็กแล้วเสร็จ เช็คการหนุนลูกปูนระยะหุ้มคอนกรีตว่าเป็นไปตามแบบหรือไม่ ทั้งด้านท้องของฐานรากและด้านข้างของฐานรากก่อนการเข้าแบบ เมื่อทำการเช็คส่วนประกอบของฐานรากหมดแล้วต้องการทำการเช็คแนวของฐานรากว่าได้ตำแหน่งของฐานรากตามแบบหรือไม่ อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือการวางเหล็กเสาตอม่อว่าได้ตำแหน่งตามแบบหรือไม่ ถ้ามีการวางไม่ตรงตำแหน่งต้องรีบทำการแก้ไขทันทีเนื่องจากอาจจะส่งผลในการรับน้ำหนักของฐานรากได้

ภาพที่ 3.22 ภาพการวางเหล็กฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.23 ภาพการผูกเหล็กฐานรากและตรวจสอบเหล็กฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.24 ภาพการหนุนลูกปูนระยะหุ้มคอนกรีต
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.) การเข้าแบบฐานราก การเข้าแบบฐานรากเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญในการเช็คความแข็งแรงในการเข้าแบบเพราะต้องสามารถรับแรงดันด้านข้างของคอนกรีตได้ ลักษณะการเข้าแบบฐานรากอาจจะต้องทำการวางแผนตั้งแต่การขุดดินฐานรากเนื่องจากสามารถขุดดินเฉพาะส่วนที่เป็นฐานรากแล้วเว้นดินส่วนที่อยู่ระหว่างสองฐานไว้เพื่อทำการยันแบบในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างฐานกว้างพอ

ภาพที่ 3.25 ภาพการค้ำแบบฐานรากกับดินข้างฐานราก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

กรณีที่ไม่สามารถเว้นดินที่อยู่ระหว่างฐานได้เนื่องจากพื้นที่ระหว่างฐานค่อนข้างน้อย อาจจะต้องใช้การหาหลักในการค้ำเพื่อค้ำยันแบบทั้งสองข้าง แต่กรณีดังกล่าวควรที่จะเช็คความแข็งแรงของหลักที่ทำการฝากไว้เพื่อค้ำโดยส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นการนำเหล็กกล่องวางเป็นหลักแล้วทำการยึดให้แน่นก่อนที่จะทำการค้ำแบบฐานราก

ภาพที่ 3.26 ภาพการค้ำแบบกับหลักที่สร้างขึ้น
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่อาจจะเจอในขั้นตอนการเข้าแบบส่วนใหญ่จะเป็นความไม่ลงตัวของขนาดฐานรากที่ออกแบบไว้กับขนาดของแบบเหล็กมาตรฐานที่นำมาใช้งาน ทำให้ต้องมีการประยุกต์ใช้ไม้อัดมาปิดส่วนที่แบบไม่ลงตัวแล้วทำการค้ำให้แน่นหนาเพราะส่วนนั้นอาจจะเป็นจุดที่เปราะได้ อีกหนึ่งสิ่งที่เป็นปัญหาคือการที่ฐานรากอยู่ติดกับแนวอาคารเดิมหรือใกล้กับแนวอาคารเดิมทำให้ไม่สามารถขุดดินส่วนนั้นได้มากพอที่จะเข้าไปทำการตั้งแบบ ทำให้ต้องทำการใช้ดินส่วนนั้นเป็นแบบแล้วหาวัสดุกั้นระกว่างดินกับตัวคอนกรีตแทน

ภาพที่ 3.27 ภาพการรัดปากแบบและเชื่อมเหล็กกันแบบลอย
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

9.) การเทคอนกรีตฐานราก การเทคอนกรีตฐานรากจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะอยู่ในช่วงระหว่างการก่อสร้างฐานราก โดยขั้นตอนดังกล่าวจะมีอยู่หลากหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการทำงานได้ซึ่งวิธีที่ทางโครงการดังกล่าวได้ใช้ในการเทคอนกรีตจะมีอยู่ 3 วิธี แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับสถานการณ์ต่างๆ ดังนี้

- **ใช้ Station Pump ในการเทคอนกรีต** วิธีดังกล่าวจะเป็นวิธีหลักที่โครงการดังกล่าวใช้เป็นตัวเลือกในการเทคอนกรีต เนื่องจากมีความรวดเร็วในกรณีที่ต้องการเทคอนกรีตปริมาณมากๆ การเปิดใช้ station Pump 1 ครั้งต้องใช้เวลาและพลังงานค่อนข้างมากในกรณีที่เทคอนกรีตปริมาณน้อยหรือไม่ถึง 100 คิววิธีดังกล่าวอาจจะไม่เป็นตัวเลือกที่ไม่ควรเลือกใช้ โดยความเร็วของการเทคอนกรีตปั๊มจะอยู่ที่ประมาณคิวละ 1-2 อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญเพื่อทำให้เวลาในการเทคอนกรีตโดยรวมน้อยลงคือการเคลียร์การจราจรของรถคอนกรีตให้ดีเพื่อไม่ได้เกิดการติดขัดในการเดินรถ

สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเทคอนกรีตด้วย Station Pump คือความเร็วของการเทคอนกรีตเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของคอนกรีตอย่างรวดเร็วอาจจะส่งผลให้แรงดันด้านข้างของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเร็วเช่นกันจึงต้องทำการเช็คความแข็งแรงของแบบอยู่เสมอเพราะแรงดันที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้แบบแตกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกสิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงคือถ้ามีการเข้าแบบโดยวิธีการค้ำแบบจากหลักที่สร้างขึ้นมา ควรจะเช็คการเคลื่อนตัวของหลักดังกล่าวเพราะการที่แรงดันด้านข้างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอาจจะส่งผลให้ตัวค้ำแบบฐานรากอีกฝั่งเคลื่อนตัวได้

ภาพที่ 3.28 ภาพ Station Pump
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.29 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Station Pump
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ใช้ Pockets หรือ Bucket ในการเทคอนกรีต** คือการใช้กรวยเทปูนทรงจรวจขนาดใหญ่ในการบรรจุคอนกรีตแล้วไปเทยังจุดที่ต้องการเท โดยปกติที่จะใช้กันจะมี Pockets ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตรและ 0.75 ลูกบาศก์เมตร โดยเครื่องจักรที่จะใช้ในการยกอาจจะเป็น Tower Crane หรือ Mobile Crane การที่จะใช้ Pockets ขนาดเท่าใดหรือใช้เครื่องจักรประเภทใดยกก็จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์หน้างานต่างๆ การเทคอนกรีตด้วยวิธีนี้จะมีข้อจำกัดอยู่หลายอย่างเช่นระยะของการเทคอนกรีตว่ามีระยะทางไกลมากเพียงใดเพราะเครื่องจักรที่ใช้ในการยกจะมีลิมิตในการยกที่แตกต่างกัน กรณีที่ระยะการเทคอนกรีตค่อนข้างไกลส่งผลให้ต้องทำการหิ้ว Pocket ปลายบูม Tower Crane หรือต้องทำการยืดบูม Mobile Crane จนหมดอาจจะต้องใช้ Pocket ขนาดเล็กในการใส่คอนกรีตแทนเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้ในกรณีที่เทคอนกรีตปริมาณไม่มากและไม่สามารถจอดรถเข้าไปเทียบกับบริเวณที่เทได้ จึงต้องใช้อุปกรณ์ในการขนส่งคอนกรีตแทน โดยสิ่งที่ต้องระวังในการเทคือระยะปล่อยคอนกรีตไม่ควรที่จะปล่อยคอนกรีตสูงจากท้องฐานรากมากเพราะเมื่อคอนกรีตตกลงมากระแทกพื้นแรงทำให้คอนกรีตไม่จับกันเป็นกลุ่ม มวลรวมจะแยกออกจากกันหมดและอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ความปลอดภัยในการทำงานไม่ควรยกหรือหิ้วคอนกรีตในปริมาณมากเกินไป ควรให้ต่ำกว่าค่าสูงสุดในการยกประมาณ 20% และแนวการเคลื่อนย้าย Pocket แนวราบควรให้คนงานหลบออกจากแนวการยก

ภาพที่ 3.30 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Pockets 1
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.31 ภาพการเทคอนกรีตด้วย Pockets 2
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

- **ใช้การเทคอนกรีตจากรถคอนกรีต** การเทคอนกรีตโดยวิธีนี้จะใช้ก็ต่อเมื่อรถคอนกรีตสามารถจอดใกล้กับจุดที่ต้องการเทคอนกรีตได้ โดยสามารถยื่นปลายรางจากรถหรือต่อรางสำรองจากรางของปลายรถไปสู่จุดที่ต้องการเทคอนกรีตได้ ส่วนใหญ่วิธีดังกล่าวจะใช้กรณีที่เทคอนกรีตปริมาณไม่มากและเทคอนกรีตบริเวณฐานรากที่ติดกับขอบถนนที่มีบริเวณให้รถสามารถจอดแล้วยื่นรางเข้ามาได้จะสามารถลดเวลาในการเทได้มากกว่าการเทด้วยวิธี Pocket

ภาพที่ 3.32 ภาพการเทคอนกรีตจากรถคอนกรีต 1
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.33 ภาพการเทคอนกรีตจากรถคอนกรีต 2
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ไม่ว่าจะเป็นการเทคอนกรีตฐานรากโดยวิธีใดก็ตามสิ่งสำคัญในระหว่างเทคือการจี้คอนกรีตด้วยเครื่องจี้คอนกรีต(Vibrator)เพราะจะทำให้เกิดการผสมกันของคอนกรีตมากขึ้นไม่ก่อให้เกิดการแยกชั้น การจี้คอนกรีตควรจี้ในแนวดิ่งลงไปยังตัวฐานรากเพื่อให้มวลรวมขนาดใหญ่ไม่กองตัวอยู่แต่ด้านบน แต่ก็ไม่ควรจี้จุดใดจุดหนึ่งนานเกินไปเพราะอาจจะทำให้มวลรวมขนาดใหญ่จมลงไปอยู่ท้องของฐานรากมากเกินไป ส่งผลทำให้เกิดโพรงอากาศได้

ภาพที่ 3.34 ภาพการจี้คอนกรีต
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเทคอนกรีตทุกครั้งสิ่งหนึ่งที่ต้องทำการเช็คและทำการควบคุมคือ Slump คอนกรีตขณะที่มาถึงหน้างานและการเก็บลูกปูนเพื่อนำไปทดสอบ โดยค่าต่างๆจะถูกกำหนดไว้ในรายการประกอบแบบที่ทางผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้ แต่ในกรณีที่ใช้คอนกรีตปั๊มในการเทคอนกรีตอาจจะต้องมีการเช็ค Slump ต่อเนื่องเพื่อความข้นเหลวที่เหมาะสมในการคอนเท

ภาพที่ 3.35 ภาพการตรวจสอบ Slump Concrete
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 3.36 ภาพการเก็บตัวอย่างลูกปูน
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. หลังทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

หลักจากทำการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กเสร็จสิ้นยังมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการต่อเพื่อให้ฐานรากมีความแข็งแรงสมบูรณ์และดูน่าเชื่อถือในแง่การรับน้ำหนักมากขึ้น

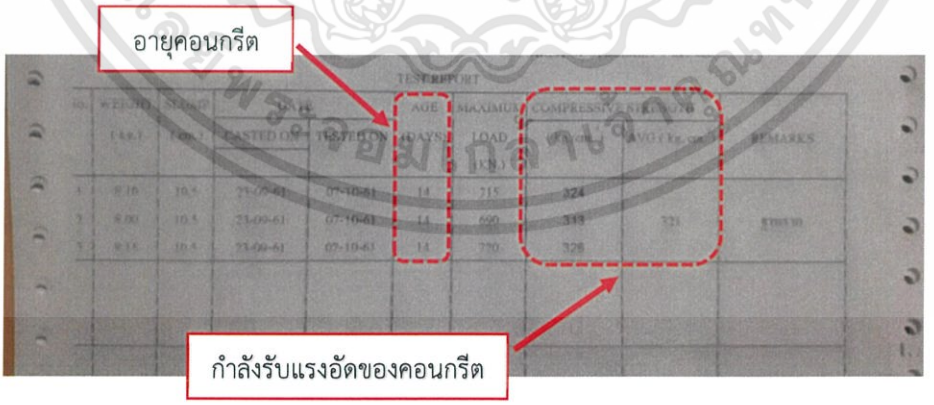
1). การบ่มคอนกรีตฐานราก การบ่มคอนกรีตฐานรากสามารถทำได้เมื่อทำการเทคอนกรีตไปแล้ว 24 ชม.หรือคอนกรีตมีการเซตตัวพอที่จะสามารถนำอุปกรณ์ไปวางเพื่อทำการบ่มได้ โดยปกติลักษณะการบ่มคอนกรีตฐานรากมีด้วยกันหลายวิธี แต่ที่ทางโครงการเลือกใช้จะเป็นการนำกระสอบป่านมาทำการชุบน้ำมาปิดที่ผิวหน้าคอนกรีตแล้วทำการราดน้ำซ้ำให้ชุ่มเพื่อไม่ให้คอนกรีตเกิดการระเหยของน้ำออกมาจะส่งผลให้ตัวคอนกรีตเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ขึ้นและยังเป็นการเร่งความแข็งแรงหรือ Strength ของคอนกรีตให้เร็วขึ้น อีกหนึ่งวิธีที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตฐานรากคือการใช้น้ำยาบ่มคอนกรีตสำเร็จรูปในการช่วยเร่งปฏิกิริยาให้คอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้เร็วขึ้น โดยหลังจากที่ถอดแบบข้างเสร็จจะทำการราดน้ำยาให้ทั่วทั้งผิวบนและผิวข้างของคอนกรีต พอแล้วเสร็จจึงถมดินกลับเพื่อดำเนินการในงานต่อไป

ภาพที่ 3.37 ภาพการบ่มคอนกรีต
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). การทดสอบลูกปูนคอนกรีต หลังจากที่ทำการเก็บตัวอย่างลูกปูนระหว่างการเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีอายุครบที่ 3 วัน 14 วัน และ 28 วัน หรือตามที่ผู้ออกแบบได้บอกไว้ในรายการประกอบแบบ ต้องทำการนำลูกปูนไปกดเพื่อทำการทดสอบการรับน้ำหนักของคอนกรีต การทดสอบดังกล่าวในขั้นตอนการทำฐานรากอาจจะไม่ได้มีผลมากเนื่องจากงานที่ต้องดำเนินการต่อหลังจากที่สร้างฐานรากคอนกรีตเสร็จสามารถทำได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องรอความแข็งแรงของคอนกรีตมาก เช่น งานตอม่อ งานคานคอดินฯ จะแตกต่างจากงานที่ต้องรอความแข็งแรงของคอนกรีตให้ถึงตามมาตรฐานที่กำหนดถึงจะสามารถทำงานต่อไปได้เช่น งาน Postension Slab ต้องทำการรอความแข็งแรงของคอนกรีตถึงค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดแล้วจึงมีการดึงสลิงจึงจะสามารถเริ่มงานอื่นๆต่อไปเนื่องจากพื้นยังไม่สามารถรับน้ำหนักได้

ภาพที่ 3.38 ภาพลูกปูนที่พร้อมทดสอบการรับแรงอัด
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)



ภาพที่ 3.39 ภาพตัวอย่างผล Test คอนกรีต
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลการทำงานจริงกับทฤษฎีเพื่อหาแนวทางการควบคุมคุณภาพฐานราก

จากการศึกษาข้อมูลการทำงานจริงของโครงการและศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถแบ่งขั้นตอนการก่อสร้างตั้งแต่ก่อนเริ่มทำการก่อสร้างจนหลังหลักการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กออกเป็น 13 ขั้นตอนโดยแต่ละขั้นตอนมีแนวทางการตรวจสอบดังนี้

3.3.1.) การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธี Dynamic Load Test มีแนวทางการตรวจเบื้องต้นคือการขอดูผลทดสอบหน้างานหรือผลดิบจากการทดสอบเพื่อดูว่ามีเสาเข็มต้นใดที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับการรับน้ำหนัก กรณีที่เสาเข็มทุกต้นสามารถรับน้ำหนักได้ปกติก็สามารถเริ่มทำการก่อสร้างในขั้นตอนต่อไปได้

3.3.2.) การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม LOW STRAIN INTEGRITY TEST มีแนวทางการตรวจสอบเบื้องต้นเพียงการดูกราฟที่ทำการทดสอบหน้างานว่ามีความผิดปกติหรือไม่ กรณีที่เสาเข็มทุกต้นมีกราฟปกติก็สามารถเริ่มทำการก่อสร้างในขั้นตอนต่อไปได้

3.3.3.) การเคลียร์แบบก่อสร้าง มีแนวการตรวจสอบคือแบบที่ใช้ในการเคลียร์ระยะก่อนที่จะเป็น Shop โครงสร้างควรเป็นแบบสถาปัตยกรรมเนื่องจากบางครั้งแบบโครงสร้างอาจมีความไม่ชัดเจนในเรื่องระยะต่างๆเช่นระยะผนังคอนกรีต ควรจะเคลียร์ระยะและระดับจากสถาปัตยกรรมแล้วเขียนแบบออกมาเป็นระยะและระดับโครงสร้างเพื่อทำการก่อสร้างต่อไป

3.3.4.) การขุดดินฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือขนาดของหลุมที่ขุดควรจะมีขนาดกว้างกว่าแบบที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้มากกว่าอย่างน้อยด้านละ 1.00 - 1.50 เมตรเพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการลงไปทำงานในหลุม

3.3.5.) การเทลีนฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือขนาดความกว้างและยาวของการเทลีนควรจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดฐานรากเพื่อความสะดวกในการทำงานในขั้นตอนต่อไป

3.3.6.) การตัดหัวเสาเข็ม มีแนวทางการตรวจสอบคือระดับการตัดหัวเข็มควรจะได้ตามข้อกำหนดการตัดหัวเข็มหรือตามรายการประกอบแบบที่แนบมาทั้งระยะที่ต้องเผื่อไว้ในตัวฐานรากและระยะเหล็กเสริมหลักของตัวเข็มที่ต้องเผื่อในตัวฐานรากเช่นกัน

3.3.7.) การตัดเหล็ก ดัดเหล็กฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือเหล็กที่นำมาใช้ต้องเป็นเหล็กที่มีมาตรฐานตามรายการประกอยแบบ ระยะความยาวของเหล็กที่นำมาตัดและดัดต้องมีการเผื่อระยะหุ้มคอนกรีตรวมถึงระยะการงอขอต่างๆตามมาตรฐานงานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือตามรายการประกอบแบบที่ทางผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้ สุดท้ายคือควรมีการสุ่มเก็บตัวอย่างเหล็กเพื่อทำการทดสอบแรงดึงไว้อ้างอิงความสามารถรับแรงดึงของเหล็กที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8.) การเช็คตำแหน่งเข็ม มีแนวทางการตรวจสอบคือพิกัดที่ทำการตรวจสอบจากตำแหน่งเข็มหน้างานควรจะมีค่าต่างจากค่าตำแหน่งเข็มเดิมที่ทำการวางไว้ไม่เกินค่าที่ยอมรับได้หรือประมาณ 5 cm. เมื่อมีการเยื้องเกินค่าดังกล่าวควรเช็คค่าการรับน้ำหนักของเสาเข้มต้นนั้นก่อนทำการก่อสร้างขั้นตอนต่อไป

3.3.9.) การวางเหล็กฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือตำแหน่งการวางเหล็กฐานรากได้แนวของฐานรากที่ทำการวางไว้หรือไม่ รวมถึงจำนวนเหล็กในฐานรากควรเป็นไปตามจำนวนที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้และสุดท้ายคือตำแหน่งของเสาตอม่อที่ต้องทำการเทพร้อมกับตัวฐานรากต้องไม่มีการล้มดิ่งและได้ตำแหน่งศูนย์กลางที่วางไว้

3.3.10.) การเข้าแบบฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือขนาดของการเข้าแบบได้ตามขนาดของฐานรากที่ออกแบบไว้หรือไม่ รวมถึงการเช็คความแข็งแรงของตัวค้ำยันแบบเพราะต้องมีการรับน้ำหนักจากแรงดันด้านข้างของคอนกรีตขณะเทคอนกรีตฐานราก

3.3.11.) การเทคอนกรีตฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือ ควรเลือกวิธีการเทคอนกรีตให้เหมาะสมกับหน้างาน ระยะการปล่อยคอนกรีตไม่ควรสูงจากท้องฐานรากมากเกินไป ระหว่างเทควรที่จะมีการจี้คอนกรีตสม่ำเสมอ ไม่ควรจี้ตำแหน่งเดียวนานเกินไปเพื่อการเข้ากันของมวลรวมในคอนกรีต สุดท้ายควรมีการสุ่มเก็บลูกปูนทดสอบหลายๆตัวอย่างรวมถึงแยกประเภทของฐานรากไว้เพื่ออ้างอิงค่าการรับแรงอัดของคอนกรีต

3.3.12.) การบ่มคอนกรีตฐานราก มีแนวทางการตรวจสอบคือวิธีการบ่มคอนกรีตควรที่จะให้ผิวหน้าชุ่มชื้อตลอดเวลาก่อนที่จะถอดแบบข้างและหลังจากถอดแบบข้างควรที่จะใส่น้ำยาบ่มคอนกรีตทันทีแล้วทำการถมดินกลบตัวฐานรากต่อไป

3.3.13.) การทดสอบลูกปูนคอนกรีต มีแนวทางการตรวจสอบคือ ผลการทดสอบคอนกรีตควรเป็นไปตามค่าที่ทำการออกแบบไว้ กรณีที่มีความผิดปกติต้องทำการแจ้งให้ผู้ออกแบบทราบทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ศึกษาการประสานการทำงานกับผู้รับเหมาให้งานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

การทำงานร่วมกันระหว่างกลุ่มงานสองกลุ่มจะต้องอาศัยตัวกลางในการสื่อสารเพื่อให้เข้าใจตรงกันและมีทำงานไปในทิศทางเดียวกัน ดังเช่นโครงการก่อสร้างดังกล่าวจะประกอบด้วยกลุ่มคนที่มาจากหลายองค์กร หลายเชื้อชาติ ที่จะต้องมาทำงานร่วมกันในโครงการเพื่อให้ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ การสื่อสารหลักๆที่จะพบเจอคือการสื่อสารด้วยคำพูดเป็นการสื่อสารที่จะสามารถทำให้เข้าใจกันได้ง่ายที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการพูดคุยเรื่องแบบการก่อสร้าง ระดับการก่อสร้าง แต่นอกจากการสื่อสารด้วยคำพูดแล้วยังต้องมีการทำสื่อเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น โดยส่วนใหญ่ทางโครงการจะทำ Shop การทำงานส่วนต่างๆแยกออกมาทำการขยายรายละเอียด ระยะต่างๆที่สำคัญเพื่อให้ผู้รับเหมาหรือคนงานที่เป็นต่างด้าวได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

การทำ Shop Drawing เป็นการเคลียร์แบบอย่างหนึ่งที่ทางโครงการต้องทำการเคลียร์ให้เข้าใจตรงกันภายในก่อนแล้วจึงส่งให้ทางผู้รับเหมาโครงการรับรู้เพื่อปฏิบัติตามเนื่องจากแบบการก่อสร้างส่วนใหญ่จะอออกมาในภาพรวมของการก่อสร้างจะมีรายละเอียดอยู่บ้างในบางส่วน จึงต้องมีการขยายรายละเอียดในบางส่วนออกมาเพื่อให้มองเห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น Shop Drawing สามารถทำออกมาในรูปของสองมิติหรือสามมิติแล้วแต่ความเข้าใจของผู้รับเหมาว่าจะเข้าใจในรูปแบบใดได้ดีกว่ากัน แต่โดยปกติจะอยู่ในรูปสองมิติจากโปรแกรมสำเร็จรูปอย่างเช่น AutoCAD

ทางโครงการมีการเลือกใช้ทั้ง Shop ที่ออกมาในรูปแบบของสองมิติและสามมิติเพื่อลดความผิดพลาดของงานและเพิ่มความเข้าใจในงานของผู้รับเหมาให้ได้มากที่สุด โดยส่วนใหญ่ในงานฐานรากสิ่งสำคัญคือเรื่องระดับการทำงานหรือระดับของฐานราก การเลือกใช้สื่อที่ออกมาในรูปแบบของสองมิติจะสามารถเข้าใจได้ง่ายที่สุด ส่วนสื่อสามมิติที่จะเลือกมาใช้เป็นสื่อในงานฐานรากจะเกี่ยวกับรายละเอียดการเสริมเหล็กที่ทับซ้อนกันต้องมีการขยายลักษณะการวางเหล็กเพื่อความเข้าใจที่เพิ่มขึ้น

นอกจากการสื่อสารด้วยคำพูดและการทำสื่อขึ้นมาเพื่อให้เกิดความเข้าใจแล้วท้ายสุดที่สามารถทำเพื่อให้เกิดการสื่อสารที่เข้าใจกันมากก็คือการลงมือทำให้ดูเป็นตัวอย่าง แต่ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับสถานการณ์การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ต้องอาศัยการไปดูจากหน้างานจริงแล้ววิเคราะห์หาแนวทางการแก้ปัญหาแล้วจึงแก้ปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ฐานรากเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างอาคารลำดับแรกๆที่ต้องทำการก่อสร้างเพื่อรับน้ำหนักของอาคารจากเสาแล้วส่งต่อน้ำหนักสู่ดินหรือเสาเข็ม ฐานรากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ต้องให้ความสำคัญมากเป็นพิเศษเนื่องจากฐานรากโดยส่วนใหญ่จะต้องฝังลึกลงในชั้นดินดังนั้นการซ่อมแซมจึงเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยาก เมื่อฐานรากมีปัญหาในการรับน้ำหนักจึงต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการซ่อมแซมส่วนดังกล่าว

กระบวนการก่อสร้างฐานรากสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของฐานราก โดยขั้นตอนหลักๆหลังจากที่ทำการก่อสร้างเสาเข็มไม่ว่าจะเป็นเสาเข็มตอกหรือเสาเข็มเจาะ จะเริ่มจากการเช็คความสมบูรณ์ของเสาเข็มก่อน ไปจนถึงขั้นตอนการเทคอนกรีตฐานรากแล้วทำการทดสอบลูกปูนเพื่อยืนยันค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตฐานราก

4.2 การก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ หนังสือการควบคุมงานก่อสร้างและทางข้อมูลที่เผยแพร่ทางอินเตอร์เน็ตผนวกกับการศึกษาการทำงานหน้างานของโครงการก่อสร้างโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนลสามารถสรุปขั้นตอนหลักๆ และรายละเอียดโดยสรุปของขั้นตอนการก่อสร้างฐานรากหลังจากที่ทำการก่อสร้างเสาเข็มแล้วเสร็จได้ดังนี้

1).การทดสอบเสาเข็ม ขั้นตอนดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น จำนวนเสาเข็มหรือรายการประกอบแบบที่ผู้ออกแบบได้กำหนดวิธีการทดสอบที่ต้องทำการทดสอบมาให้ โดยการทดสอบเสาเข็มหลักๆที่จะทำการทดสอบจะประกอบด้วยการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม เช่น Dynamic load Test และการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเช่น Seismic Test

2).การเคลียร์แบบ เป็นการเคลียร์ระยะและระดับต่างๆในการก่อสร้างฐานรากโดยใช้ข้อกำหนดตามที่ผู้ออกแบบหรือมาตรฐานงานก่อสร้างฐานรากเป็นหลักเป็นการทำความเข้าใจแบบและขยายแบบออกมาให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับรู้

3).การขุดหลุมฐานราก เป็นขั้นตอนการใช้คนหรือเครื่องจักรในการเปิดหน้าดินเพื่อเข้าไปทำการก่อสร้างฐานราก โดยระดับการขุดต้องมีการเคลียร์แบบตามข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้หรือกรณีไม่ได้กำหนดต้องเคลียร์แบบตามมาตรฐานงานก่อสร้างฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4).การเทลีนฐานราก ต้องมีการเทลีนรองตัวฐานราก เพื่อไม่ให้ตัวฐานรากสัมผัสดินโดยตรงและเพิ่มความสะดวกในการตีไลน์ของฐานราก สำหรับหาแนวในการวางฐานรากและจุดศูนย์กลางในการวางเหล็กฐานราก

5).การตัดหัวเสาเข็ม ต้องมีการตัดหัวเข็มในส่วนบนออกและเผื่อเหล็กเสริมของตัวเสาเข็มไว้ให้อยู่ในตัวฐานรากโดยระดับและระยะที่ต้องทำการตัดจะได้จากการเคลียร์ระดับตามแบบที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้หรือตามมาตรฐานงานก่อสร้างฐานราก

6).การเช็คตำแหน่งเข็ม ต้องมีการเช็คตำแหน่งเข็มทุกต้นเพื่อเช็คค่าการเยื้องศูนย์ที่อาจจะมีผลต่อการรับน้ำหนัก โดยระยะการเยื้องศูนย์จะต้องไม่เกินค่าที่ยอมได้ตามแบบหรือตามมาตรฐาน

7).การตัดเหล็ก ดัดเหล็กและการวางเหล็กฐานราก การตัดเหล็กและดัดเหล็กต้องทำการเผื่อระยะหุ้มคอนกรีตตามที่ออกแบบไว้หรือตามมาตรฐาน รวมถึงขั้นตอนการวางเหล็กผูกเหล็กต้องมีการเช็คจำนวนเหล็กบน เหล็กล่างและการหนุนลูกปูนระยะหุ้มคอนกรีต

8).การเข้าแบบฐานราก นำแบบคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นแบบไม้ พลาสติกหรือเหล็กมาทำการเข้าแบบให้ได้ความยาวและความกว้างตามแบบ โดยต้องเผื่อระยะหุ้มคอนกรีตตามลูกปูนที่ทำการหนุนแล้วทำการนำไม้หรือเหล็กมาทำการค้ำแบบด้านข้างเพื่อรับแรงด้านข้างของคอนกรีตที่จะค่อยๆเพิ่มขึ้นระหว่างเท

9).การเทคอนกรีตฐานราก เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่อยู่ในขั้นตอนการก่อสร้างเป็นขั้นตอนที่สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับสถานการณ์การเทคอนกรีต เช่น การเทคอนกรีตโดยใช้รางคอนกรีต การเทคอนกรีตโดยการใช้ Station Pump และยังมีขั้นตอนที่ต้องทำระหว่างการเทคอนกรีตคือการจี้คอนกรีตเพื่อให้มวลรวมผสมเข้ากันและการเก็บลูกปูนเพื่อทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีต

10).การบ่มคอนกรีตและการทดสอบลูกปูน การบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่สุดซึ่งจะส่งผลให้ความแข็งแรงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นและสุดท้ายของการก่อสร้างคอนกรีตคือการทดสอบลูกปูนที่ทำการเก็บไว้เพื่อเช็คความแข็งแรงของคอนกรีตเทียบกับตัวฐานรากจริง

นอกจากขั้นตอนเหล่านี้ ยังมีอีกหนึ่งปัจจัยที่จะส่งผลให้การก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กออกมาสมบูรณ์ตามที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้คือการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากในทุกขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีแนวทางการตรวจสอบที่แตกต่างกัน ดังหัวข้อต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การควบคุมคุณภาพในงานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากการศึกษาข้อมูลทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติงานจริงสามารถทำข้อมูลมาวิเคราะเพื่อหาแนวทางการควบคุมคุณภาพงานในแต่ละขั้นตอนของการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กได้ตามตารางต่อไปนี้

ขั้นตอนการก่อสร้าง	การควบคุมคุณภาพงาน
1) การทดสอบเสาเข็ม	- ตรวจสอบวิธีการทดสอบว่าถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ - ตรวจสอบผลทดสอบเบื้องต้นว่าเข็มสมบูรณ์และรับน้ำหนักได้ตามที่ออกแบบหรือไม่
2) การเคลียร์แบบ	- ตรวจสอบข้อกำหนดที่มาจากแบบ - ตรวจสอบข้อกำหนดมาตรฐานงานฐานรากกรณีแบบไม่ได้ระบุ - ทำ Shop Drawing ขยายส่วนที่แบบมีความซับซ้อนหรือระบุไม่ชัดเจนโดยอิงจากแบบสถาปัตยกรรม
3) การขุดหลุมฐานราก	- ตรวจสอบขนาดหลุมการขุดควรกว้างและยาวกว่าขนาดฐานรากจริงประมาณ 1.00-1.50 m. - ระดับการขุดควรขุดให้ได้ใกล้เคียงกับแบบที่เคลียร์หรือต่ำกว่าไม่ควรจะสูงกว่าเพราะสามารถเทลีนให้หนาขึ้นกว่าแบบได้ - กรณีมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำควรทำบ่อพักน้ำเพื่อทำการสูบน้ำออก
4) การเทลีนฐานราก	- ควรเทลีนให้มีขนาดกว้างและยาวกว่าขนาดฐานรากเพื่อการทำงานที่สะดวก - กรณีมีรอยแตกที่ลีนควรซ่อมแซมก่อนทำการวางเหล็กฐานราก
5) การตัดหัวเสาเข็ม	- ตรวจสอบระดับการตัดหัวเข็มว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ - ตรวจสอบระยะการเผื่อของหัวเข็มและเหล็กแกนของเสาเข็ม - ควบคุมการตัดหัวเข็มไม่ควรให้เกิดความเสียหายกับเข็มส่วนที่เหลือมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการก่อสร้าง	การควบคุมคุณภาพงาน
6) การเช็คตำแหน่งเข็ม	- ตรวจสอบระยะเยื้องศูนย์ว่าเกินค่าที่ยอมรับได้หรือไม่ตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานงานเสาเข็ม - กรณีเจอเข็มเยื้องศูนย์มากควรรีบแจ้งผู้ออกแบบ
7) การตัดเหล็ก ดัดเหล็กและการวางเหล็กฐานราก	- ตรวจสอบเหล็กว่าได้มาตรฐานตามรายการประกอบแบบหรือไม่และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบ - ตรวจสอบระยะการตัดเหล็กว่ามีการเผื่อระยะหุ้มคอนกรีตหรือไม่ - ตรวจสอบระยะงอขอว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานหรือไม่ - เหล็กฐานรากควรเป็นเหล็กยาวต่อเนื่องไม่มีการต่อเหล็กทั้งวิธีการทาบและเชิงกล - ตรวจสอบตำแหน่งการวางเหล็กฐานรากว่าได้แนวของฐานรากตามแบบหรือไม่ - ตรวจสอบจำนวนเหล็กให้ได้ตามแบบขณะผูกเหล็กฐานราก - ตรวจสอบการหนุนลูกปูนระยะหุ้มคอนกรีตทั้งด้านท้องและด้านข้างของฐานราก - ตรวจสอบแนวของเสาตอม่อให้ได้ศูนย์กลางและแนวผนังคอนกรีตให้ได้ตำแหน่งและระยะตามแบบ - ติดตั้ง Water Stop กรณีมีการเทผนังคอนกรีตเสริมเหล็กที่ลักษณะเป็นปล่อง เช่น ผนังลิฟต์
8) การเข้าแบบฐานราก	- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบที่ใช้ไม่ควรมีความเสียหายของแบบมากเกินไป - ตรวจสอบการค้ำยันแบบฐานรากว่าสามารถรับแรงด้านข้างของคอนกรีตได้หรือไม่ - ตรวจสอบลักษณะการค้ำยันแบบไม่ควรค้ำแบบจากแบบของฐานรากที่ใกล้กัน ควรหาหลักในการค้ำยัน - ควรเชื่อมเหล็กกันแบบลอยโดยยึดระหว่างเหล็กกล่องปากฐานรากและตัวเหล็กเสาเข็ม - ควรใช้วัสดุที่แข็งแรงและรับแรงดันของคอนกรีตได้ เช่น ไม้อัดหนา กรณีขนาดของแบบเหล็กไม่สามารถวางได้ลงตัวกับขนาดของฐานรากที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการก่อสร้าง	การควบคุมคุณภาพงาน
9) การเทคอนกรีตฐานราก	- ต้องทำการราดน้ำให้แบบชุ่มน้ำก่อนการเทคอนกรีต - กรณีใช้ Tower Crane หรือ Mobile Crane ในการเทคอนกรีตไม่ควรให้ระยะตกของคอนกรีตสูงเกิน 1.5 เมตร เพราะจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว - กรณีใช้ Tower Crane หรือ Mobile Crane ควรตรวจสอบความสามารถที่เครื่องจักรสามรถรับน้ำหนักคอนกรีตและ Pocket ได้ - กรณีใช้ Concrete Pump ควรตรวจสอบแบบข้างตลอดเวลาเนื่องจากปริมาณคอนกรีตเพิ่มเร็วส่งผลให้เกิดแรงดันคอนกรีตขึ้นเร็ว - ต้องทำการจี้คอนกรีตอย่างสม่ำเสมอขณะเทคอนกรีต - ไม่ควรจี้คอนกรีตตำแหน่งเดียวนานเกินไป - ต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างลูกปูนในการเทคอนกรีตทุกครั้ง โดยจำนวนการเก็บจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในแบบ
10) การบ่มคอนกรีตและการทดสอบลูกปูนคอนกรีต	- เมื่อเทฐานรากแล้วเสร็จครบ 24 ชม.หรือคอนกรีต Set ตัวจนสามารถบ่มคอนกรีตได้ควรรีบทำการบ่มคอนกรีตทันที - ควรรีบทำการทดสอบลูกปูนเมื่อลูกปูนอายุครบ 3 วัน 14 วันและ 28 วันหรือตามข้อกำหนดในแบบ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก

จากวิธีการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กและวิธีการควบคุมตรวจสอบงานฐานรากแสดงให้เห็นว่าในแต่ละขั้นตอนควรให้ความสำคัญในการก่อสร้างและตรวจสอบเพื่อให้ตัวฐานรากที่เป็นดั่งรากของต้นไม้ออกมาแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักของอาคารตามที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้ เพื่อให้การตรวจสอบฐานรากสามารถมีประสิทธิภาพมากขึ้นทางผู้วิจัยได้จัดทำแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากเพื่อให้ผู้ตรวจสอบเกิดความสะดวกในการเข้าตรวจสอบง่ายขึ้น โดยจะมีหัวข้อที่ต้องทำการตรวจสอบเรียงตามวิธีการก่อสร้างฐานราก โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าแบบฟอร์มดังกล่าวจะสามารถครอบคลุมวิธีการทำงานทั้งหมดในการก่อสร้างฐานรากและทำให้ฐานรากที่ก่อสร้างแล้วเสร็จสามารถรับน้ำหนักได้อย่างสมบูรณ์

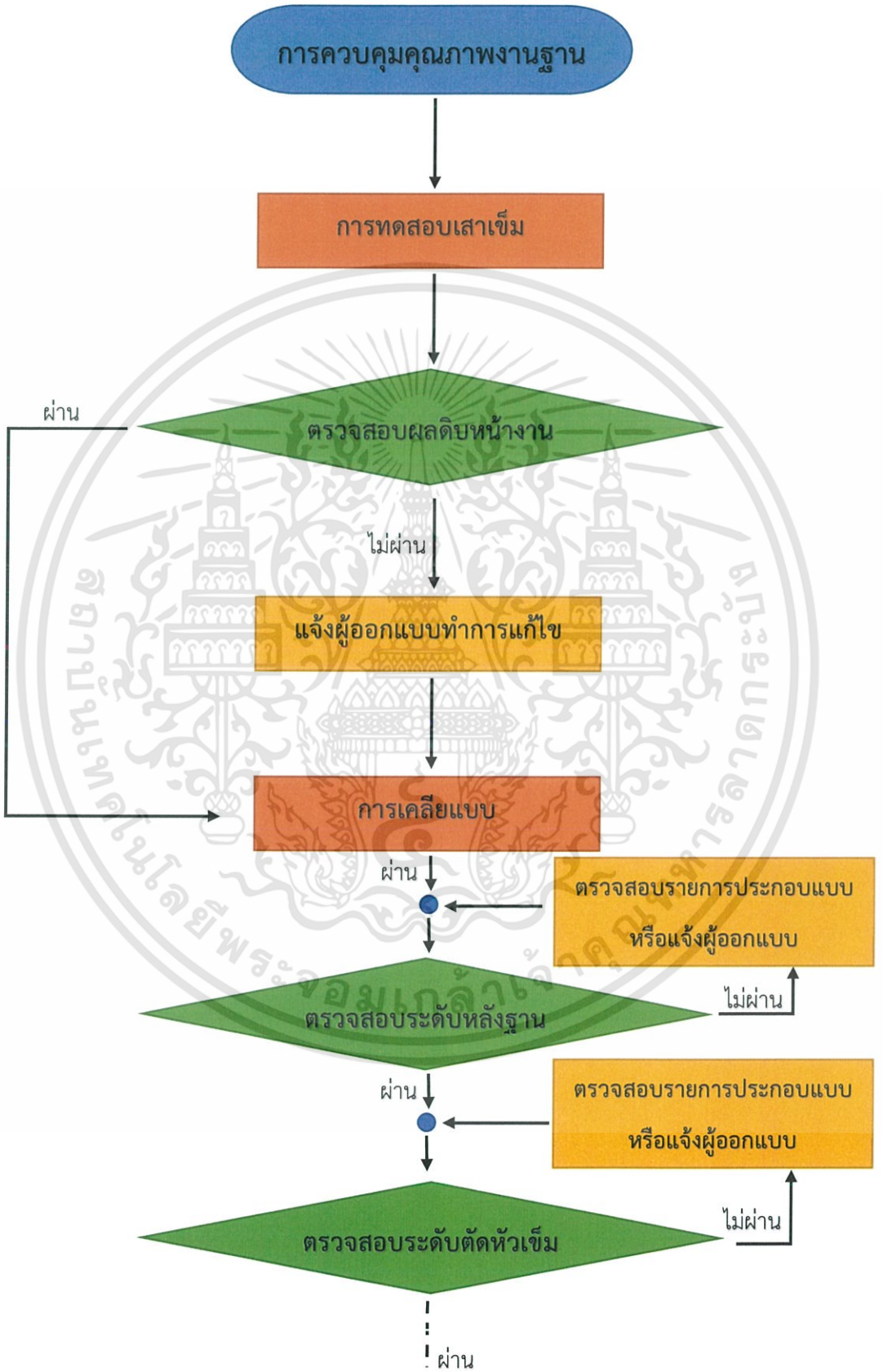
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 ภาพแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก

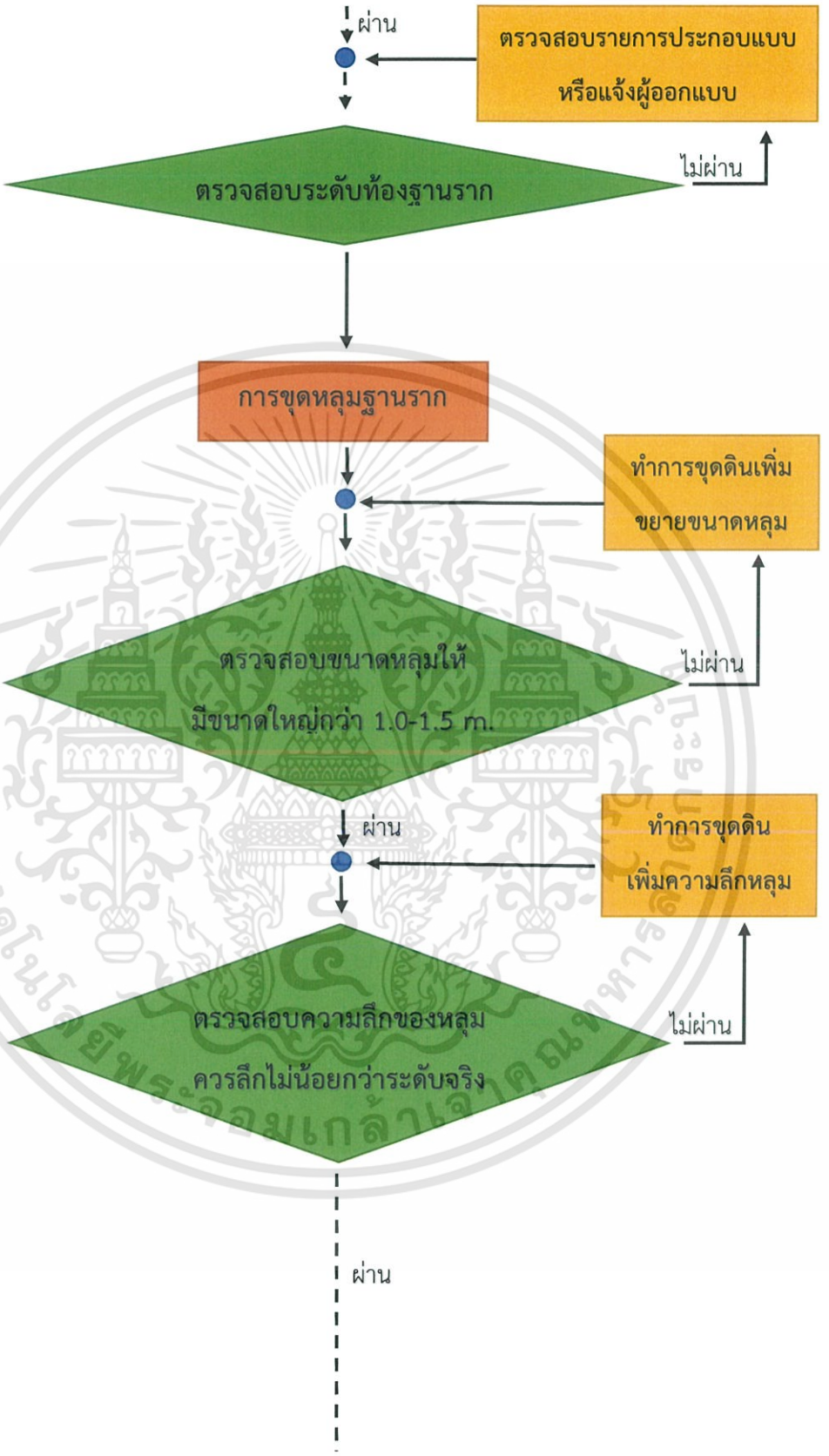
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

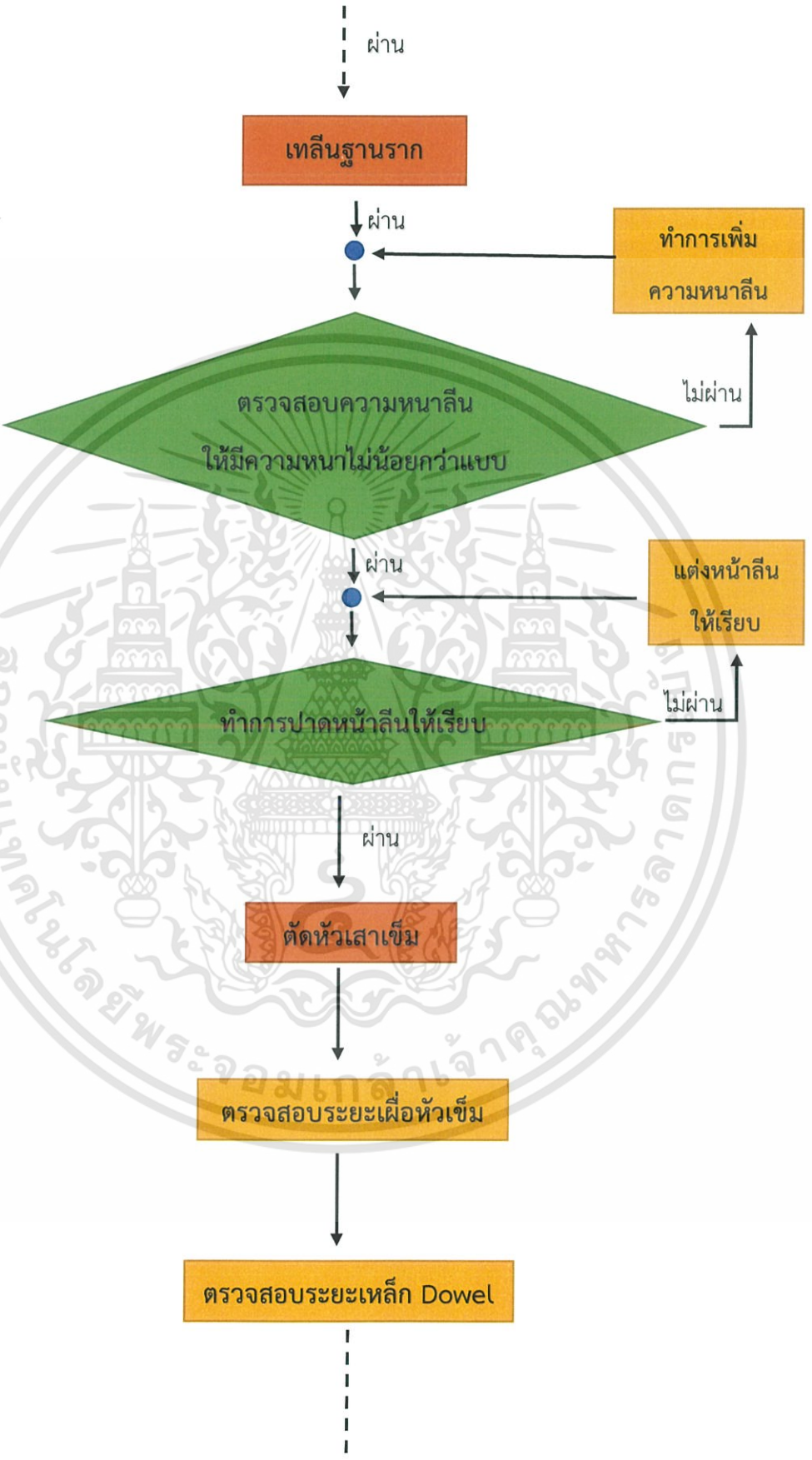
4.4 แผนภาพแสดงขั้นตอนการก่อสร้างและควบคุมคุณภาพในงานฐานราก



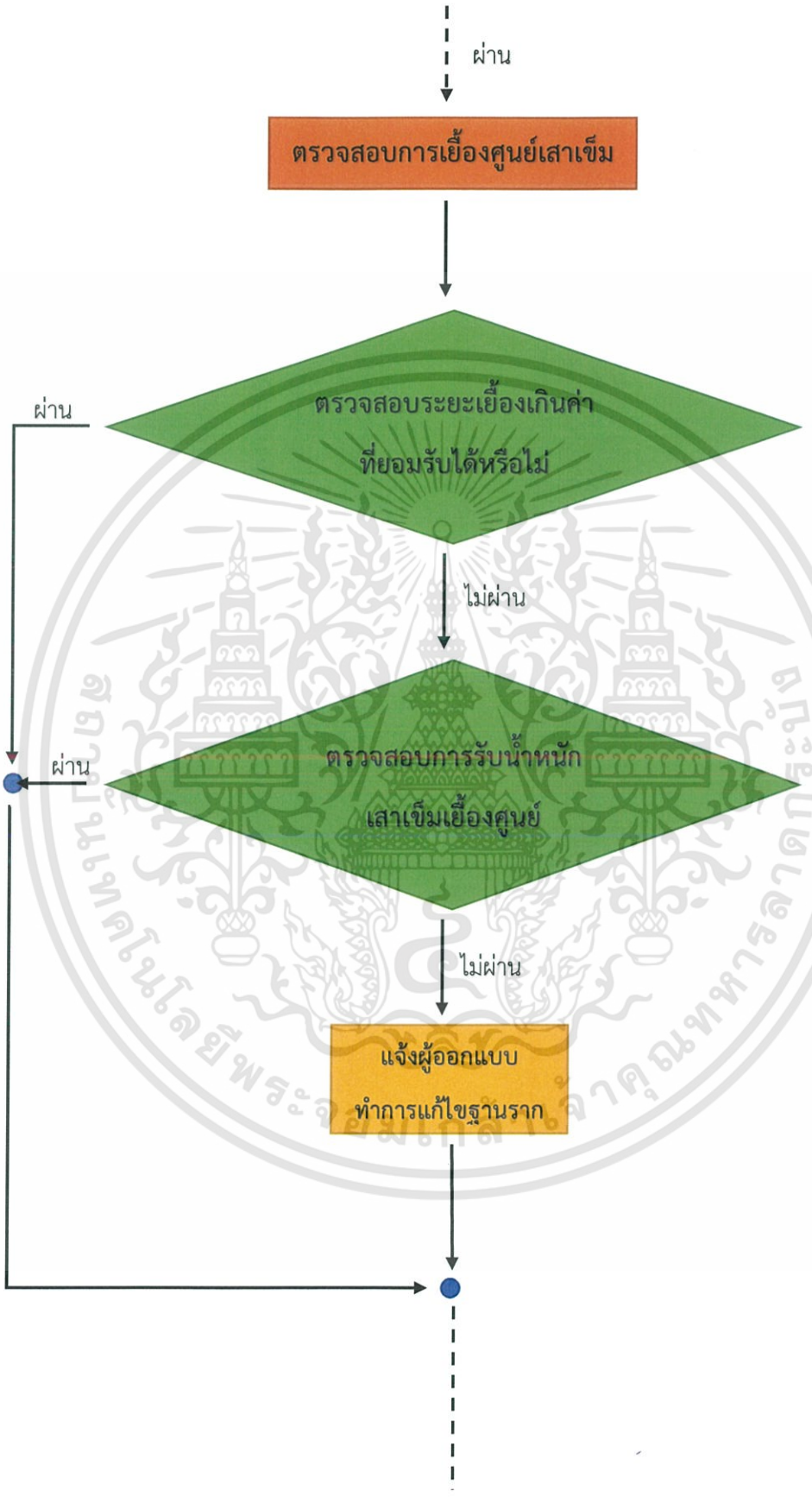
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



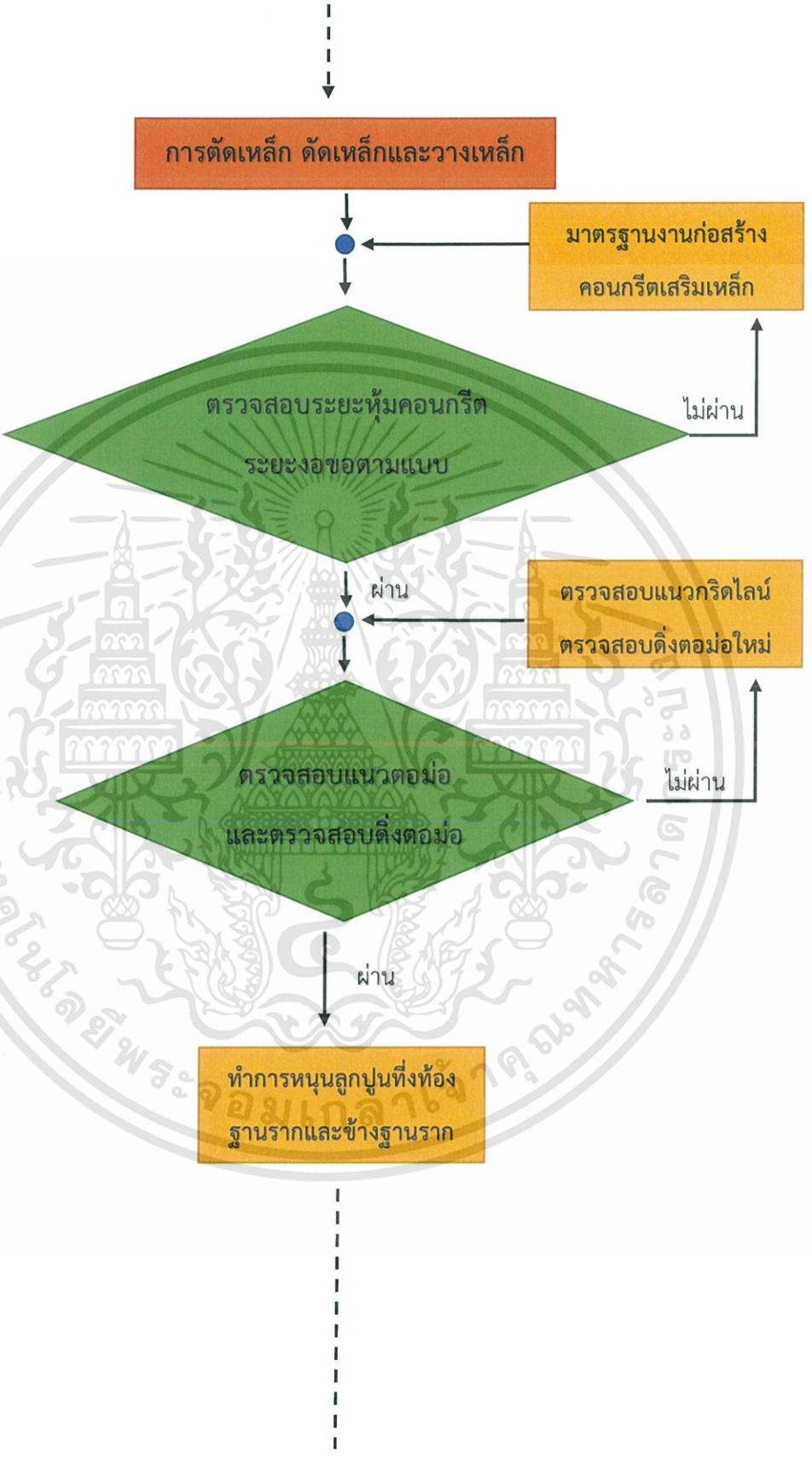
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



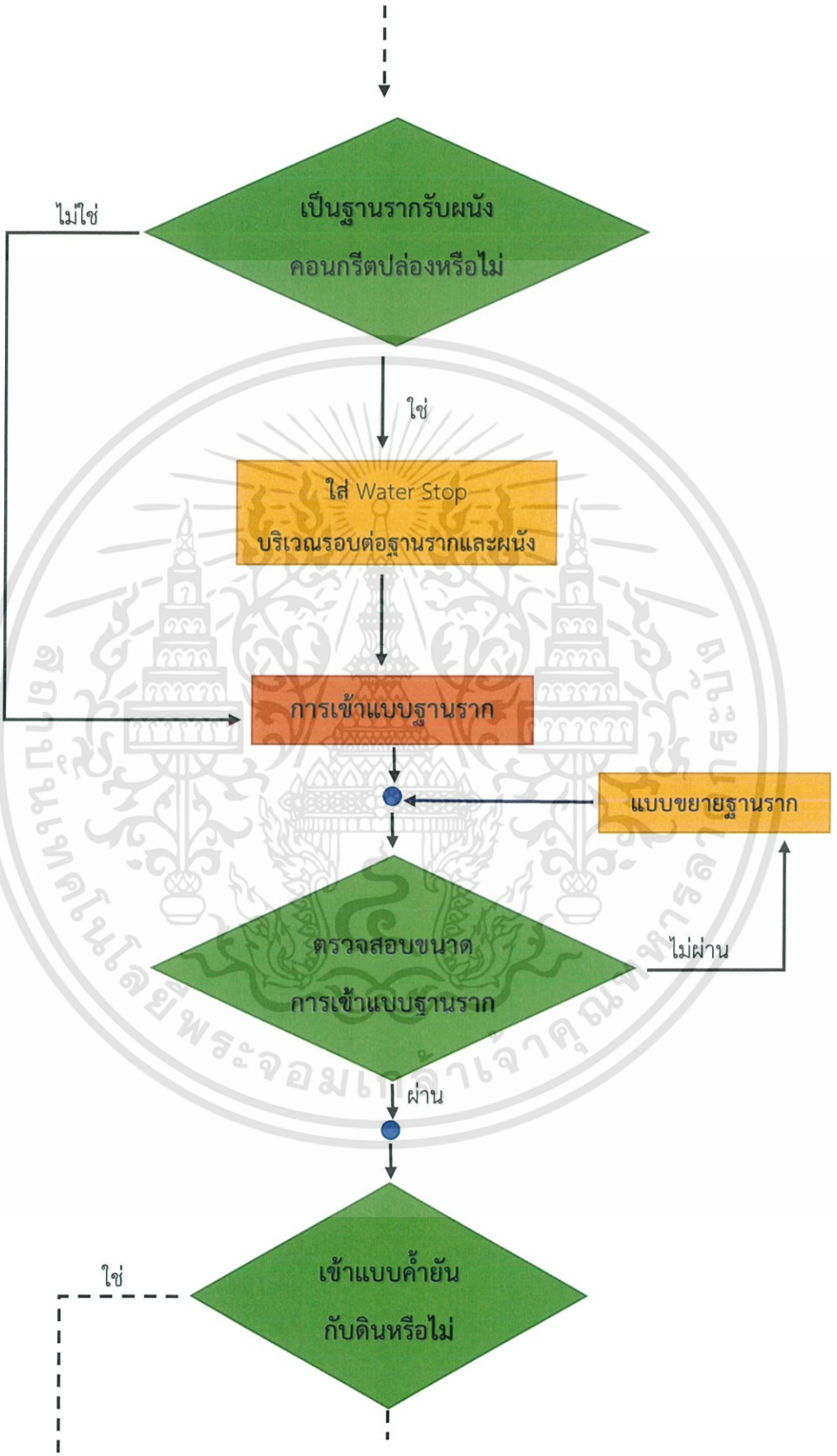
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



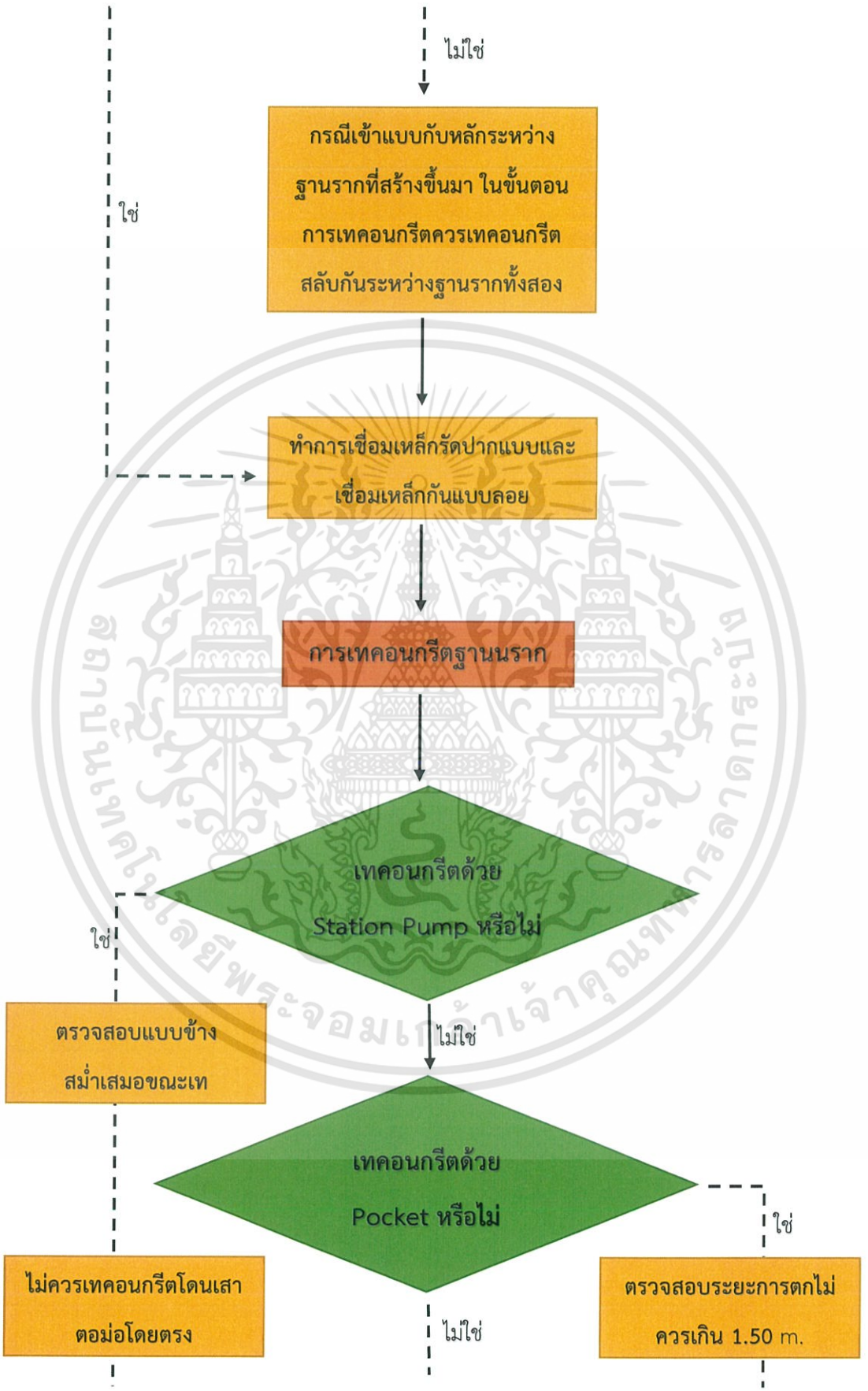
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



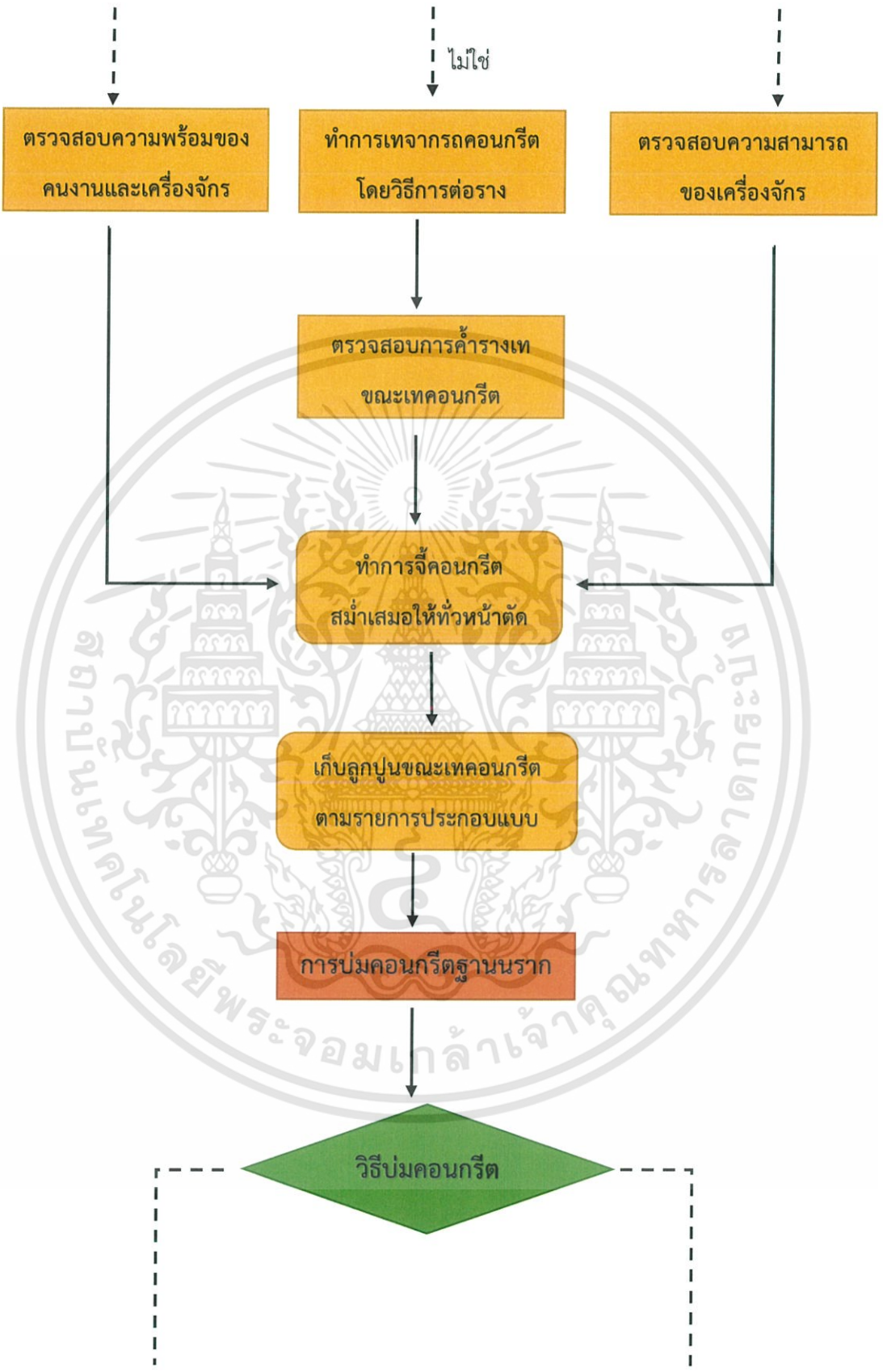
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



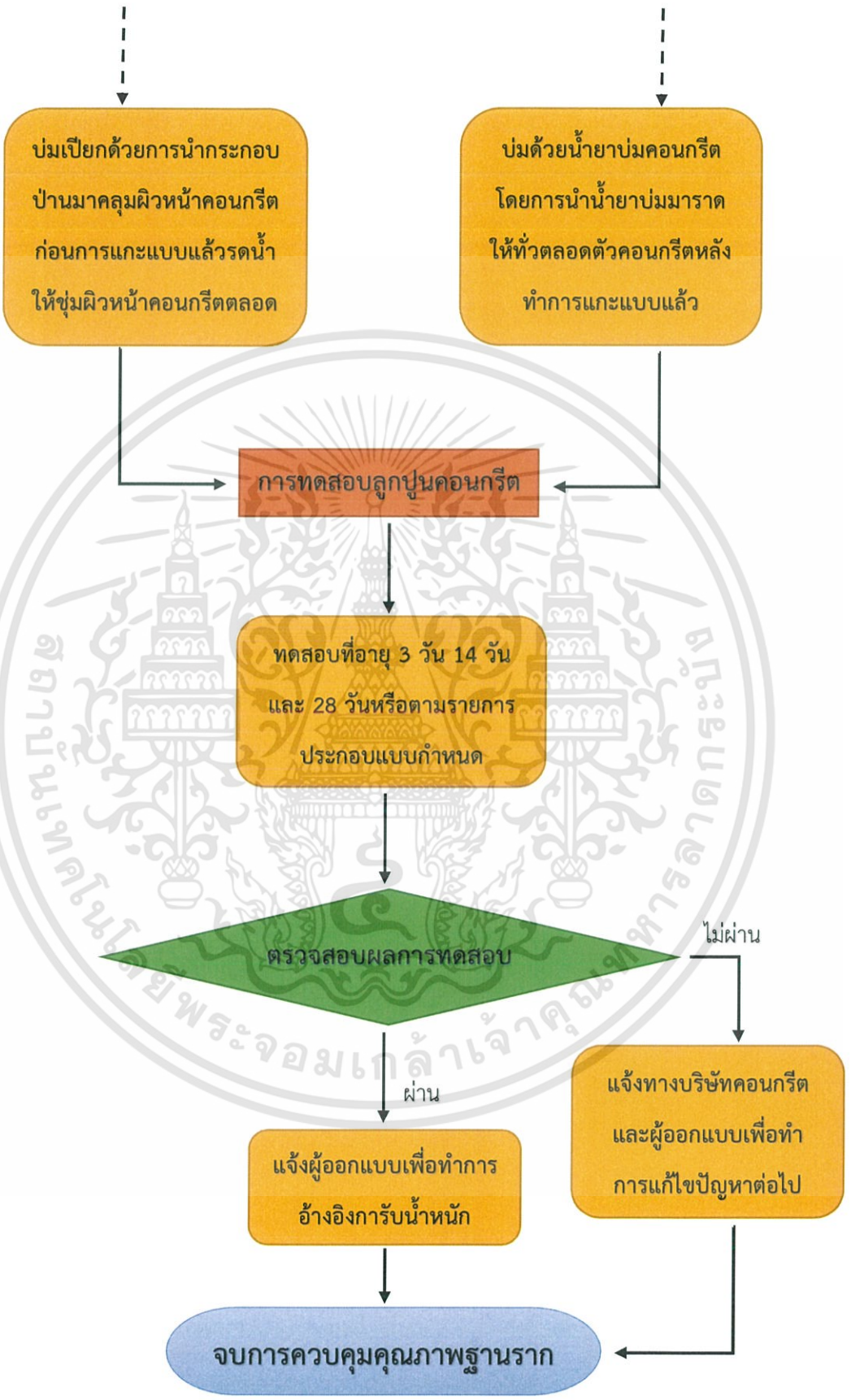
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

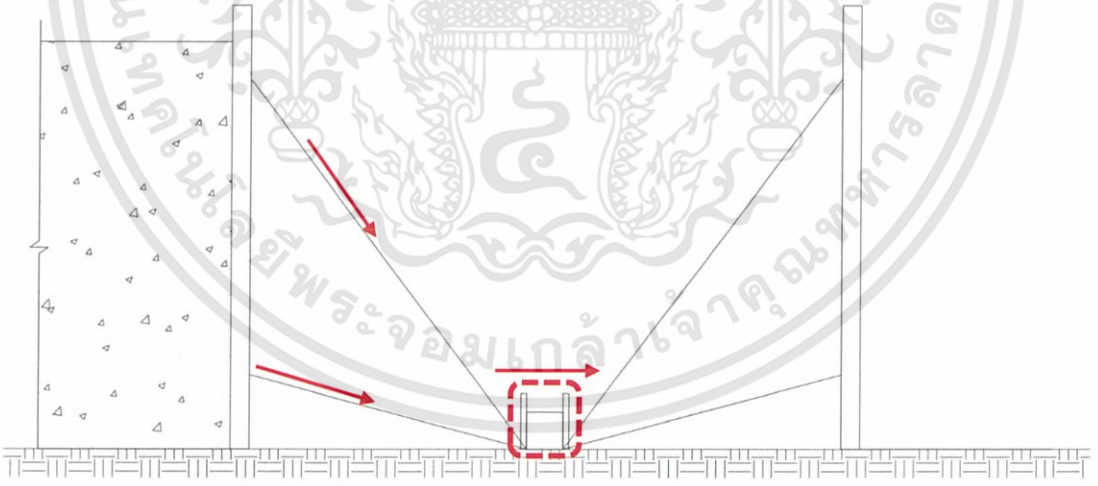


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำทฤษฎีมาช่วยในการแก้ไขปัญหาหน้างาน

ในขั้นตอนการเข้าแบบฐานรากด้วยการสร้างหลักขึ้นมาระหว่างฐานรากทั้งสองเพื่อทำการค้ำยันการเข้าแบบ การเข้าแบบลักษณะนี้ในขั้นตอนการเทคอนกรีตต้องทำการเทคอนกรีตสลับกันเนื่องจากหลักที่ทำการสร้างขึ้นมาอาจจะได้รับแรงแนวราบมหาศาลทำให้ตัวหลักเกิดการเคลื่อนที่หลุดจากแนวซึ่งอาจจะส่งผลให้แบบฐานรากอีกฝั่งเกิดการเคลื่อนได้ ดังภาพ

ภาพที่ 4.2 ภาพลักษณะการค้ำแบบด้วยหลัก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

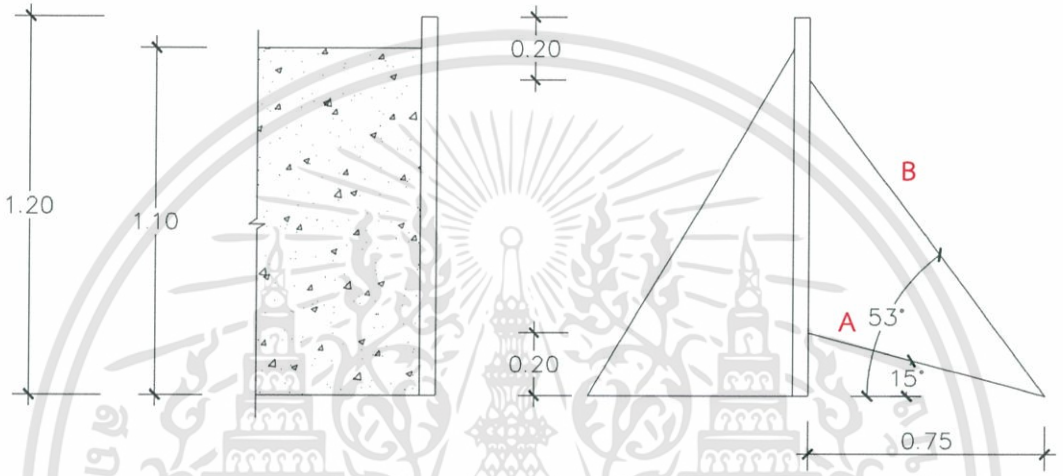


ภาพที่ 4.3 ภาพการถ่ายแรงไปยังหลัก
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าแรงที่ส่งผ่านจากตัวค้ำยันมายังตัวหลักเพียงฝั่งเดียวจะส่งผลให้ตัวหลักเกิดการเคลื่อนที่ได้ จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงเสนอวิธีในการเทคอนกรีตโดยผ่านรายการคำนวณที่ใช้หลักการแรงดันด้านข้างของของเหลวเนื่องจาก ผู้วิจัยสนใจแรงดันขณะคอนกรีตยังไม่แข็งตัวเท่านั้น ซึ่งตัวอย่างที่นำมาเป็นตัวอย่างคำนวณเป็นฐานรากเดี่ยวประเภทเสาเข็มซึ่งมีขนาดกว้าง 4.32 เมตร ยาว 4.80 เมตรและหนา 1.10 m. รวมถึงแบบที่ใช้มีขนาดความสูง 1.20 เมตร

- กรณีเทคอนกรีตฐานรากรอบเดียว



ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงการเทคอนกรีตรอบเดียวและแรงที่เกิดขึ้น

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

จากสมการ $P = \gamma H$ โดย P คือ ความดันที่กระทำกับแบบคอนกรีต

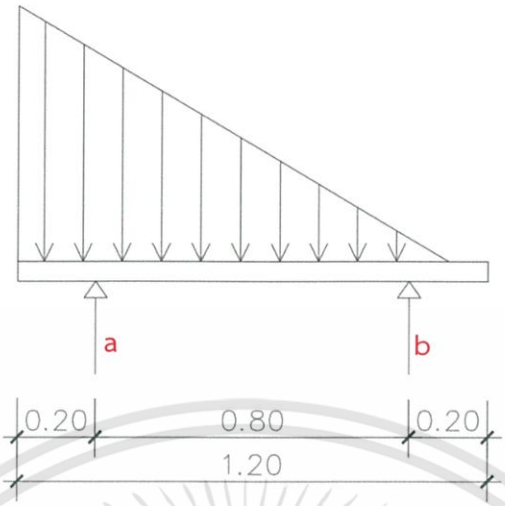
γ คือ ความหนาแน่นของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 2400 kg/m^3

H คือ ความสูงของคอนกรีต พิจารณาที่ความสูง 1.10 m.

แทนค่า $P = 2400 \times 1.10 = 2640$ kg/m^2

ค่าดังกล่าวจะสามารถสร้างรูปแบบของการถ่ายน้ำหนักจากตัวแบบไปยังตัวค้ำยันโดยลักษณะการถ่ายน้ำหนักจะเป็นเช่นเดียวกับการถ่ายน้ำหนักจากคานสู่ตัวรองรับดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ภาพแรงกระทำกับแบบขณะเทคอนกรีตรอบเดียว

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงการคำนวณแรงจากโปรแกรม Frame Design 1

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เมื่อทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจะเห็นว่าแรงที่เกิดในตัวรองรับมีค่าเท่ากับ

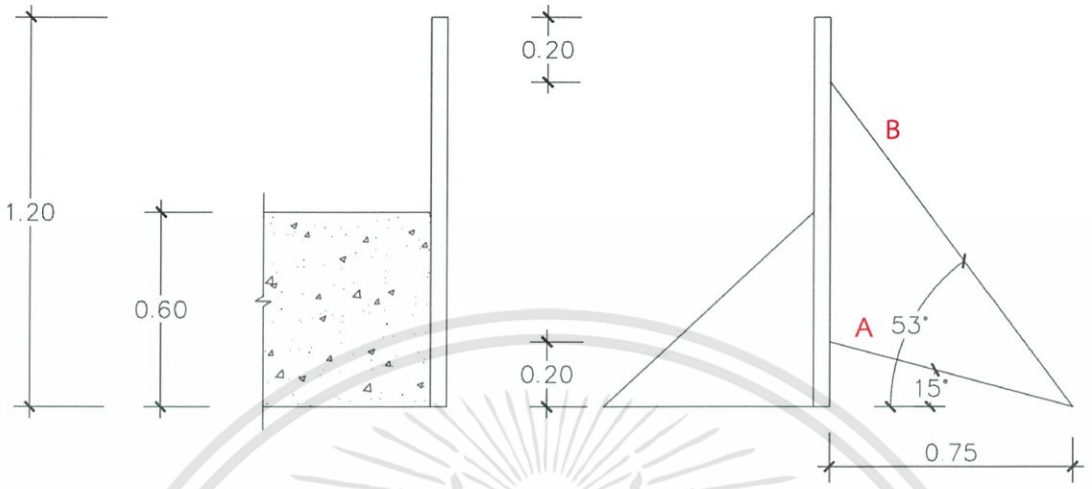
- ตัวรองรับ **a** เกิดแรง 1149.50 kg/m ทำให้ค้ำยัน **A** มีแรง 1149.50/cos15 = 1189.53 kg/m
- ตัวรองรับ **b** เกิดแรง 302.50 kg/m ทำให้ค้ำยัน **B** มีแรง 302.50/cos53 = 502.65 kg/m

จากแรงที่ผ่านตัวค้ำยัน A และค้ำยัน B จะสามารถหาแรงที่กระทำต่อหลักได้ดังนี้

แรงที่กระทำต่อหลัก = 1189.53cos15 + 502.65cos53 = **1451.51 kg/m**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีเทคอนกรีตฐานรากสลับกัน



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงการเทคอนกรีตสลับและแรงที่เกิดขึ้น

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

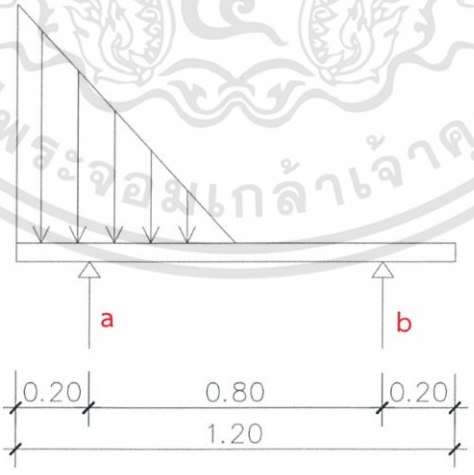
จากสมการ $P = \gamma H$ โดย P คือ ความดันที่กระทำกับแบบคอนกรีต

γ คือ ความหนาแน่นของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 2400 kg/m^3

H คือ ความสูงของคอนกรีต พิจารณาที่ความสูง 1.10 m.

แทนค่า $P = 2400 \times 0.60 = 1440$ kg/m^2

ค่าดังกล่าวจะสามารถสร้างรูปแบบของการถ่ายน้ำหนักจากตัวแบบไปยังตัวค้ำยันโดยลักษณะการถ่ายน้ำหนักจะเป็นเช่นเดียวกับการถ่ายน้ำหนักจากคานสู่ตัวรองรับดังรูป



ภาพที่ 4.8 ภาพแรงกระทำกับแบบขณะเทคอนกรีตสลับ

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงการคำนวณแรงจากโปรแกรม Frame Design 2

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เมื่อทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจะเห็นว่าแรงที่เกิดในตัวรองรับมีค่าเท่ากับ

- ตัวรองรับ a เกิดแรง 432.00 kg/m ทำให้ค้ำยัน A มีแรง 432.00/cos15 = 447.24 kg/m
- ตัวรองรับ b เกิดแรง 0 kg/m ทำให้ค้ำยัน B มีแรง 0/cos53 = 0 kg/m

จากแรงที่ผ่านตัวค้ำยัน A และค้ำยัน B จะสามารถหาแรงที่กระทำต่อหลักได้ดังนี้

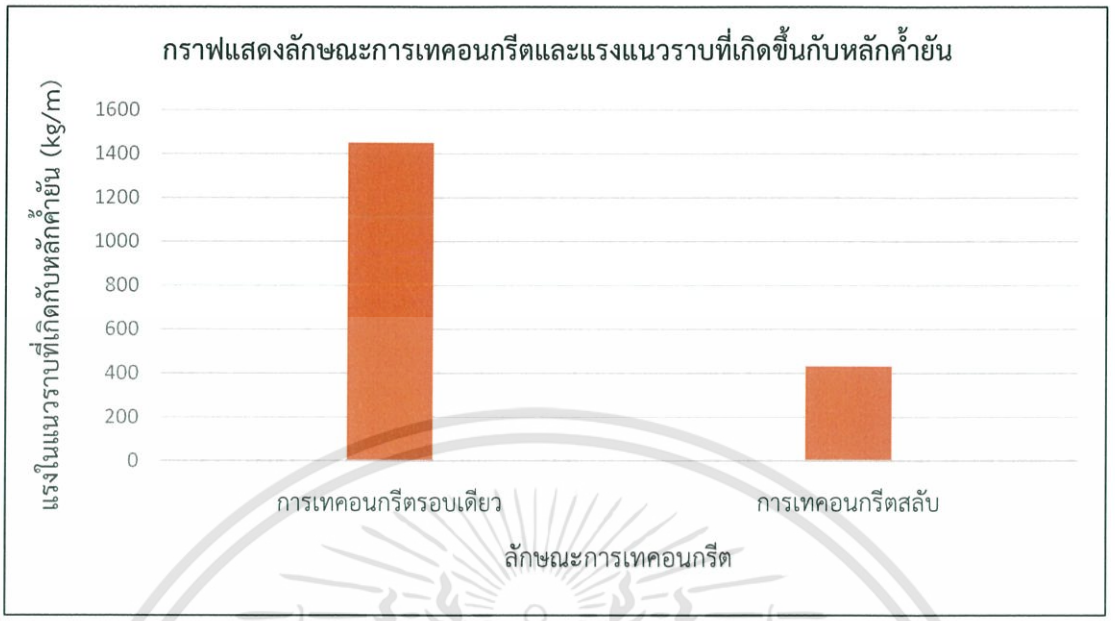
แรงที่กระทำต่อหลัก = 447.24cos15 = **432 kg/m**

จากรายการคำนวณจะเห็นว่าเพียงเปลี่ยนการเทคอนกรีตจากเทรอบเดียวเต็ม เป็นสลับกันเทคอนกรีตอย่างจะครึ่งฐานจะสามารถลดแรงดันของคอนกรีตที่ถ่ายไปยังหลักได้ถึง 70% ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงที่ตัวหลักค้ำจะเกิดการเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นกรณีที่มีการค้ำแบบโดยการใช้หลักระหว่างฐานรากควรที่จะมีการสลับกันเทเพื่อลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น

ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงการเทคอนกรีตสลับ

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

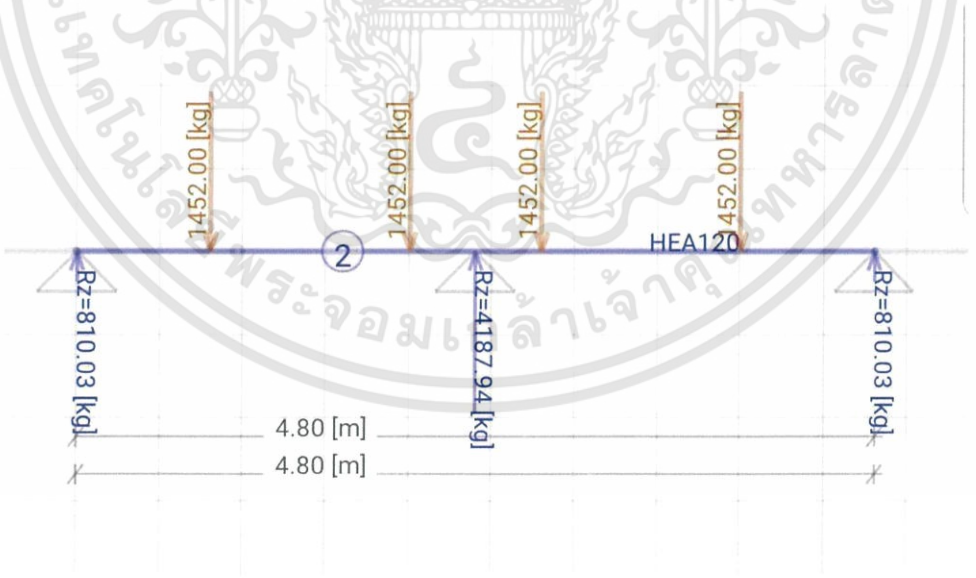
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ภาพกราฟแสดงลักษณะการเทคอนกรีตและแรงแนวราบที่เกิดขึ้นกับหลัก

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

โดยส่วนใหญ่ผู้รับเหมาจะทำการเพิ่มเหล็กที่ใช้ในการค้ำตัวหลักเพื่อให้เกิดความแข็งแรงขึ้นในตัวหลักที่ใช้ค้ำ ถ้าสังเกตจาก Free body diagram จะเห็นว่าการเพิ่มเหล็กที่ใช้ค้ำก็จะเป็นการลดแรงที่กระทำในเหล็กแต่ละจุดลง



ภาพที่ 4.12 ภาพกรณีการเทคอนกรีตรอบเดียวและจำนวนเหล็กยึดหลัก 3 จุด

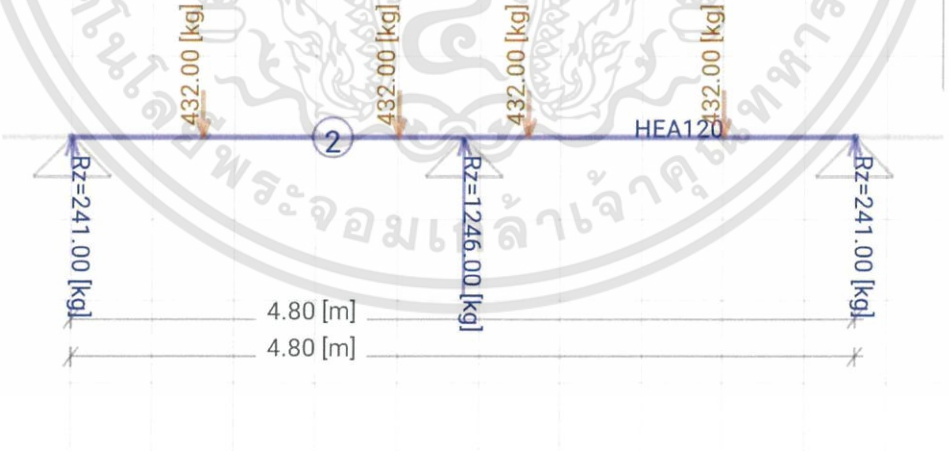
(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.13 ภาพกรณีการเทคอนกรีตรอบเดียวและจำนวนเหล็กยึดหลัก 5 จุด

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

จากภาพ Free body diagram แม้จะเพิ่มเหล็กตรงหลัก แรงที่เกิดขึ้นกับตัวเหล็กที่ใช้ยึดหลักก็ยังมีค่าสูง เสี่ยงที่จะเกิดการเคลื่อนตัวของหลักได้ แต่กรณีที่เทคอนกรีตสลับจะมีผลต่อแรงที่เกิดขึ้นตาม Free body diagram ดังนี้



ภาพที่ 4.14 ภาพกรณีการเทคอนกรีตสลับและจำนวนเหล็กยึดหลัก 3 จุด

(ที่มา: โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสังเหตุจาก Free body diagram จะเห็นว่าเพียงการเทคอนกรีตสลับกันจะส่งผลให้แรงที่เกิดขึ้นกับตัวเหล็กที่ยึดหลักมีค่าน้อยกว่าการเทคอนกรีตรอบเดียวทั้งมีตัวยึดหลัก 3 จุดและตัวยึดหลัก 5 จุด หรือถ้ามีการเพิ่มจำนวนเหล็กยึดหลักในกรณีเทคอนกรีตสลับก็จะยิ่งด้วยลดแรงที่เกิดขึ้นได้

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถทำการเปรียบเทียบลักษณะการเทคอนกรีตกับหัวข้อเรื่อง เวลา อุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดและความเสี่ยงของการเททั้งสองลักษณะได้ตามตารางต่อไปนี้

รายการ	ลักษะการเทคอนกรีต	
	การเทคอนกรีตรอบเดียว	การเทคอนกรีตสลับ
เวลา	- ใช้เวลาในการเทคอนกรีตน้อยกว่าเนื่องจากไม่ต้องสลับเท - ใช้เวลาในการยึดหลักกับเหล็กมากกว่าเพราะใช้จำนวนจุดยึดมาก	- ใช้เวลาในการเทมากกว่า - ใช้เวลาในการยึดหลักกับเหล็กน้อยกว่า
อุปกรณ์ในการยึด	- ใช้เหล็กในการยึดหลักมากกว่าเนื่องจากต้องยึดหลายจุด	- ใช้เหล็กในการยึดหลักน้อยกว่า
ความเสี่ยง	- มีความเสี่ยงในการเทคอนกรีตค่อนข้างมากเพราะแรงที่เกิดขึ้นกับหลักอาจจะทำให้หลักเคลื่อนได้	- มีความเสี่ยงน้อยเพราะมีการกระจายแรงให้เกิดความสมดุลทั้งสองฝั่งขณะเท

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบการเทคอนกรีตรอบเดียวและเทคอนกรีตสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักทั้งอาคารก่อนที่จะลงไปสู่เสาเข็มหรือดินต่อไป เปรียบได้กับต้นไม้ใหญ่ที่ต้องมีรากที่แข็งแรงในการยึดเพื่อให้ต้นไม้เกิดความแข็งแรงมั่นคง ฐานรากยังเป็นโครงสร้างที่โดยทั่วไปจะฝังลึกลงใต้ดินส่งผลให้การซ่อมแซมเป็นสิ่งที่ยาก ดังนั้นถ้าต้องการให้ฐานรากมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ตามที่ผู้ออกแบบออกแบบไว้ต้องมีการดูแลการก่อสร้างในทุกขั้นตอนอย่างละเอียด

การวิจัยเล่มนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กตั้งแต่ขั้นตอนก่อนเริ่มการก่อสร้างจนไปถึงขั้นตอนการหลังก่อสร้างฐานรากแล้วเสร็จ จากการศึกษาจะพบว่าการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นดั่งรากของต้นไม้ให้แข็งแรงมีด้วยกันหลายขั้นตอนซึ่งจะมีขั้นตอนหลักๆที่ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมมาดังนี้

1) การทดสอบเสาเข็ม

2) การเคลียร์แบบ

3) การขุดหลุมฐานราก

4) การเทลีนฐานราก

5) การตัดหัวเสาเข็ม

6) การเช็คตำแหน่งเข็ม

7) การตัดเหล็ก ดัดเหล็กและการวางเหล็กฐานราก

8) การเข้าแบบฐานราก

9) การเทคอนกรีตฐานราก

10) การบ่มคอนกรีตและการทดสอบลูกปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากขั้นตอนการก่อสร้างยังมีอีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญคือการการควบคุมคุณภาพในการทำงานก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีการตรวจสอบที่แตกต่างกันตั้งแต่ขั้นตอนการทดสอบเสาเข็มจนไปถึงการบ่มคอนกรีตและทดสอบลูกปูน โดยแต่ละขั้นตอนก็จะมีลักษณะการควบคุมและตรวจสอบที่แต่งต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะงานหรือข้อกำหนดที่ต้องควบคุมในขั้นตอนนั้นๆ

จากเหตุผลเหล่านี้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กจึงได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กเล่มนี้ขึ้นมา รวมถึงได้ทำแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากเพื่อหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจในการศึกษาหรือสนใจที่จะนำไปใช้ในการควบคุมและตรวจสอบงานก่อสร้างฐานรากจริงหน้างาน

จากการที่ผู้วิจัยได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานของบริษัท ฟอร์คอน จำกัด ณ หน้างานโครงการโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล นอกจากความรู้เกี่ยวกับการทำงานและการควบคุมตรวจสอบงานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ทางผู้วิจัยยังได้เห็นการทำงานเป็นทีมอันประกอบไปด้วยกลุ่มบุคคลหลายกลุ่มเช่น วิศวกรโครงการ ผู้ควบคุมงาน ช่างไฟฟ้าระบบ ช่างประปา หัวหน้าชุดคนงานรวมถึงคนงานที่เกี่ยงข้องทั้งหมด ซึ่งกลุ่มคนทั้งหมดมีเป้าหมายเดียวกันคือการสร้างอาคารดังกล่าวให้เสร็จสมบูรณ์โดยให้ผู้ใช้งานได้ใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ออกแบบได้วางเอาไว้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ การทำงานของกลุ่มคนที่มีประสิทธิภาพนี้จะประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือการสื่อสารซึ่งกันและกันตลอด ทั้งสื่อสารเรื่องงานที่ต้องทำในแต่ละวัน สื่อสารเกี่ยวกับปัญหาทีเกิดขึ้นเพื่อทำการแก้ไขสื่อสารสารกันเพื่อให้เกิดความสบายใจหรือเกิดมิตรภาพในการทำงานทุกฝ่าย โดยการสื่อสารอาจจะไม่ใช่เพียงการพูดคุยเท่านั้นอาจจะเป็นการขยายแบบให้ดูเพื่อสื่อสารกันด้วยภาพหรือการทำให้ดูเป็นตัวอย่างเพื่อการสื่อสารด้วยการกระทำ ทั้งหมดนี้ทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญในการสื่อสารของการทำงานก่อสร้างเป็นอย่างมากหรืออาจจะพูดได้เลยว่าการก่อสร้างใดที่ขาดการสื่อสารที่สมบูรณ์อาจจะส่งผลในการก่อสร้างนั้นไม่เกิดความสำเร็จในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การควบคุมคุณภาพงานฐานรากดังกล่าวอาจจะเหมาะกับฐานรากเดี่ยวทั่วไปหรือฐานรากรับผนังคอนกรีต กรณีการก่อสร้างฐานรากอื่นเช่น ฐานรากร่วมหรือฐานรากตีนเป็ดที่มีองค์ประกอบอื่นเพิ่มขึ้นอาจจะมีขั้นตอนการควบคุมนอกเหนืองานวิจัยดังกล่าว

สำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยไปต่อยอดอาจจะทำการศึกษาการควบคุมคุณภาพฐานรากอื่นที่มีองค์ประกอบในฐานรากมากกว่าเช่น Strap Beam ในฐานรากตีนเป็ด หรือ ฐานรากแพขนาดใหญ่ที่ต้องรับน้ำหนักจากเสาทุกต้นในอาคาร

การทำงานก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กหรือการก่อสร้างอื่นๆก็ตามจะมีปัจจัยในการทำงานทั้งสิ่งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ เช่น ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้คือการก่อสร้างและการควบคุมการก่อสร้างฯ ส่วนปัจจัยที่ไม่สามารควบคุมได้คือปัจจัยทางด้านบุคคล ด้านภัยธรรมชาติ ด้านเครื่องจักรฯ โดยปัจจัยเหล่านี้ทางผู้วิจัยได้รวบรวมจากการทำงานหน้างานในโครงการทั้งสิ้น ซึ่งมีปัจจัยอีกมากมายนอกจากนี้ที่จะส่งผลต่อการก่อสร้าง แต่สิ่งสำคัญที่สุดคือการหาแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้ปัญหานั้นมาเป็นเป็นอุปสรรคในการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช , 2557 , การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง
แหล่งข้อมูล : https://blog.gooshared.com/view/143
วันที่สืบค้น : 3 ตุลาคม 2561

2. วิทยาลัยสัตหีบ , - , เอกสารการสอน เรื่องการควบคุมงานก่อสร้าง
แหล่งข้อมูล : https://www.yotathai.com/yotanews/construction-supervisor
วันที่สืบค้น : 10 พฤศจิกายน 2561

3. กรมยุทธการทหารบก, 2556 , คู่มือประกอบการปฏิบัติงาน การควบคุมงานก่อสร้าง
แหล่งข้อมูล : https://www.yotathai.com/yotanews/postengineer-inspector
วันที่สืบค้น : 3 ตุลาคม 2561

4. สภาวิศวกร, 2558 , งานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
แหล่งข้อมูล : http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/CE/concrete.pdf
วันที่สืบค้น : 10 ธันวาคม 2561

5. สภาวิศวกร, 2558 , องค์ความรู้ประกอบการสอบเลื่อนระดับเป็นสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา
แหล่งข้อมูล : http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/CE/CE1.pdf
วันที่สืบค้น : 10 ธันวาคม 2561

6. โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล, 2559 , แบบก่อสร้างฐานรากและรายการประกอบแบบ
ที่เกี่ยวข้องกับงานฐานรากของโครงการอาคารโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล
แหล่งข้อมูล : โรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล
วันที่สืบค้น : 7 สิงคาคม 2561

7. KKT ENGINEERING, - , Dynamic Load Test
แหล่งข้อมูล : KKT ENGINEERING
วันที่สืบค้น : 15 สิงหาคม 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. KKT ENGINEERING, - , LOW STRAIN INTEGRITY TEST
แหล่งข้อมูล : KKT ENGINEERING
วันที่สืบค้น : 15 สิงหาคม 2561

9. ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546 , CONCRETE FORMWORK แบบหล่อคอนกรีต
แหล่งข้อมูล : หอสมุดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วันที่สืบค้น : 19 มกราคม 2562

10. Robert L. Peurifoy and Garold D.oberlender, 2011 , Formwork for CONCRETE STRUCTURE
แหล่งข้อมูล : หอสมุดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วันที่สืบค้น : 19 มกราคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

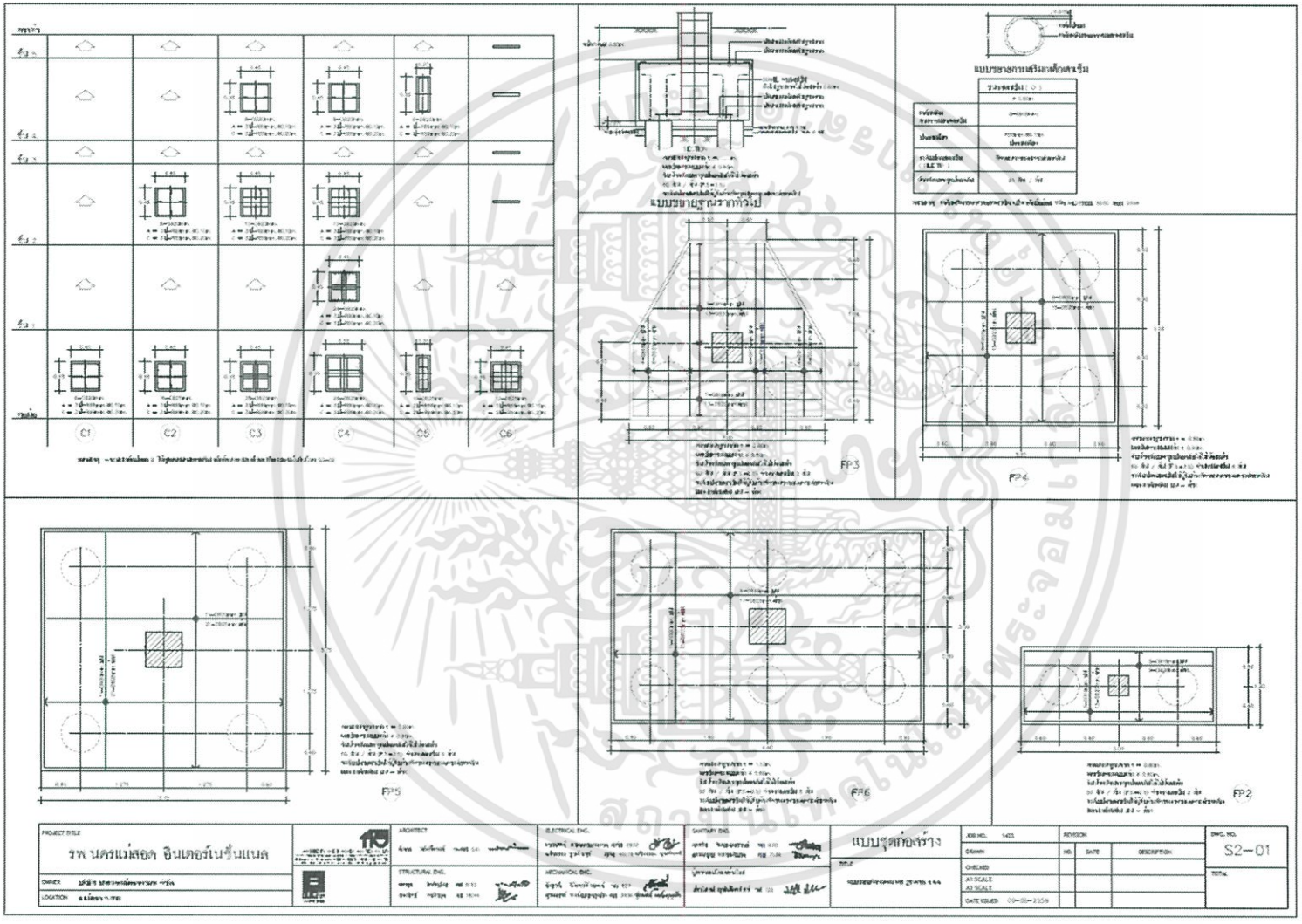
ภาคผนวก ก.

แบบก่อสร้างและเอกสารรายการประกอบแบบที่เกี่ยวข้องกับงานฐานราก

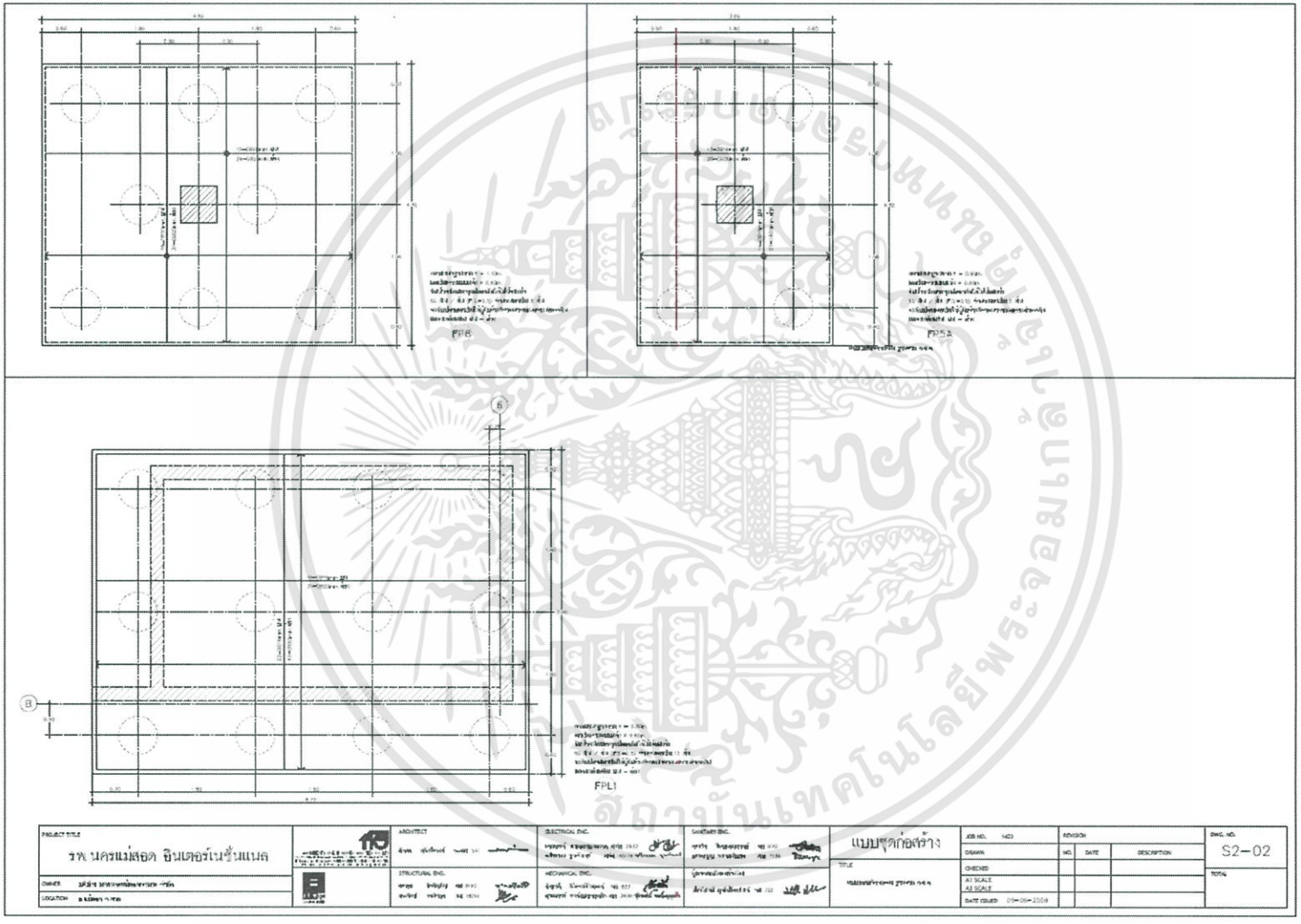
ของโครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

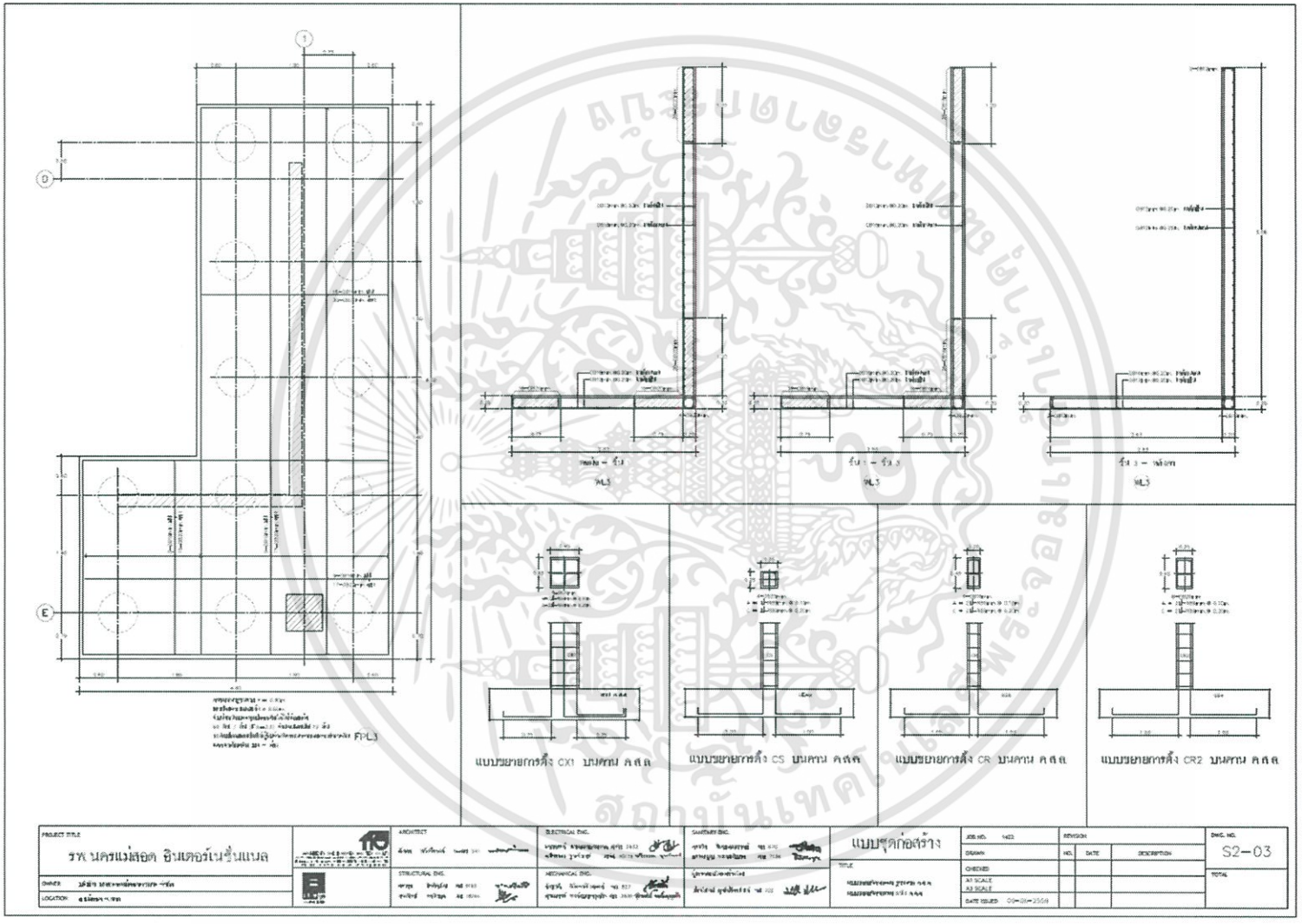
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

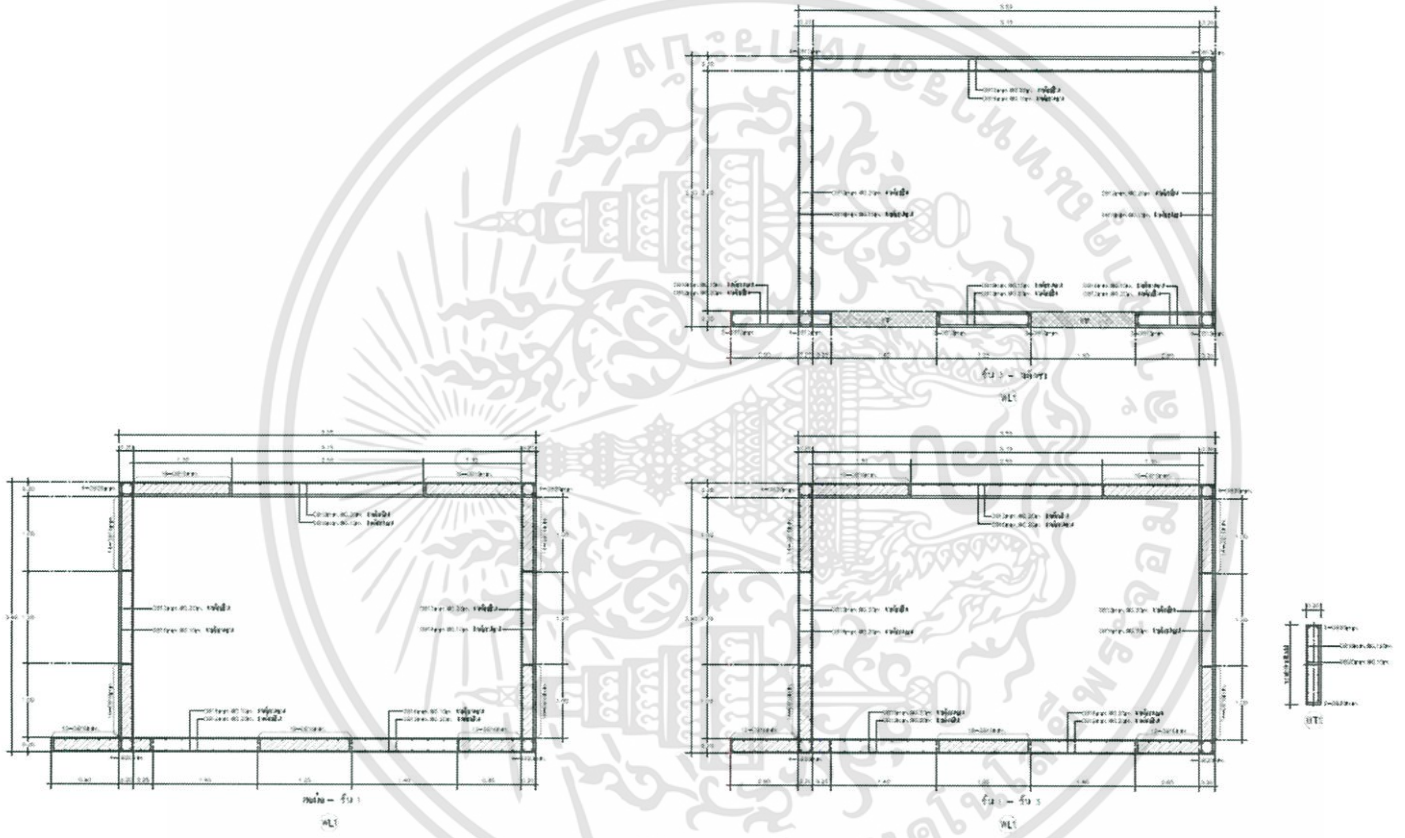


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


แบบขยายการตั้ง CX1 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CS บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR2 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR3 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR4 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR5 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR6 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR7 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR8 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR9 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR10 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง CR11 บนคาน คสล
แบบขยายการตั้ง



PROJECT TITLE: รพ.นครแม่สอด อินเตอร์เนชั่นแนล	ARCHITECT	ELECTRICAL ENG.	SANITARY ENG.	แบบรูปก่อสร้าง	JOB NO. 1403	REVISION		DWG. NO. S2-04
OWNER	STRUCTURAL ENG.	MECHANICAL ENG.		TITLE	DRAWN	NO.	DATE	DESCRIPTION
LOCATION					CHECKED			
					A1 SCALE			TOTAL
					A3 SCALE			
					DATE ISSUED 09-02-2558			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด ข. มาตรฐานงานก่อสร้างอาคารทั่วไป

3ข. งานฐานรากอาคาร

3ข-1 หลักการทั่วไป

งานในหมวดนี้ รวมถึงงานฐานรากอาคาร และงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับงานฐานราก เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามระบุในแบบรูปและรายการละเอียด

3ข-2 ขอบเขตของงาน

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาวัสดุอุปกรณ์ และแรงงาน ที่จำเป็นในการก่อสร้างงานฐานรากที่ระบุในรูปแบบรายละเอียด และในข้อกำหนดนี้

3ข-3 งานเกี่ยวกับฐานราก

ก. การขุดหลุม หากเป็นดินร่วนปนทราย ดินอ่อนหรือชิดกับสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ จะต้องจัดทำผนังกันดินชั่วคราวที่มีความมั่นคงแข็งแรงพอเพื่อป้องกันดินพัง หากมีน้ำใต้ดินมากจะต้องขุดบ่อพักน้ำใกล้บริเวณหลุมฐานรากให้ลึกกว่าระดับฐานราก เพื่อให้น้ำจากบริเวณก้นหลุมฐานรากไหลมารวมกันแล้วสูบน้ำออกต่อไป

ข. งานคอนกรีตก้นหลุมก่อนเทคอนกรีต จะต้องสูบน้ำก้นหลุมออกจนหลุมสามารถปฏิบัติงาน ได้ขุดปรับแต่งดินก้นหลุม แล้วปรับด้วยทรายหยาบหรือหินเกล็ดจนแน่นได้ระดับ หากปรากฏว่าหัวเสาเข็มไม่เสมอกันให้สกัดให้เสมอกันทุกต้น และตรงตามระดับที่กำหนดไว้ในแบบรูปรายการละเอียดทำความสะอาดหัวเสาเข็ม จนปราศจากดินโคลน แล้วจึงเทคอนกรีตก้นหลุมโดยใช้ส่วนผสม 1:3:5 ความหนาและรายละเอียดตามแบบรูป คอนกรีตก้นหลุมนี้ เมื่อเทเสร็จแล้วหัวเสาเข็มทุกต้นจะต้องโผล่เหนือผิวบนของคอนกรีตประมาณ 50 มม. ระหว่างเทคอนกรีต ก้นหลุมจะต้องสูบน้ำออกอยู่เสมอ

ค. การวางเหล็ก เมื่อเทคอนกรีตก้นหลุมแข็งตัวแล้วไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จึงวางเหล็กตะแกรงโดยหนุนให้เหล็กสูงห่างจากหัวเสาเข็ม 50 มม. และผิวคอนกรีตก้นหลุม 100 มม. ด้วยลูกปูน แล้วจึงตั้งเหล็กแกนเสาต่างออกมุม เหล็กทุกเส้นต้องงอปลายแล้วจึงยึดให้แน่นด้วยลวดผูกเหล็ก ทั้งนี้เหล็กตอม่อนี้ต้องได้ดิ่ง ได้ฉาก ได้แนวตรงตามแบบรูปและรายการละเอียด ก่อนเทคอนกรีตต้องตั้งไม้แบบด้านข้าง และให้วิศวกรผู้ควบคุมงานตรวจสอบ ให้ถูกต้องก่อนจึงจะดำเนินการเทคอนกรีตได้

ง. ไม้แบบ การเทฐานรากจะต้องตั้งไม้แบบด้านข้างทุกครั้ง โดยให้ความสูงของไม้แบบสูงเท่า ความหนาของฐานรากนั้น ๆ การวางไม้แบบให้วางบนผิวคอนกรีตก้นหลุมทุกด้าน ส่วนการถอดไม้แบบให้ปฏิบัติตามรายการคอนกรีต และคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปสำหรับงานก่อสร้างอาคาร

จ. คอนกรีตปฏิบัติตามรายการคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป สำหรับงานก่อสร้างอาคารการเทคอนกรีตให้เทจนเต็มไม้แบบ ส่วนการถมดินกลบคอนกรีตจะต้องไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จึงจะถมดินกลบได้

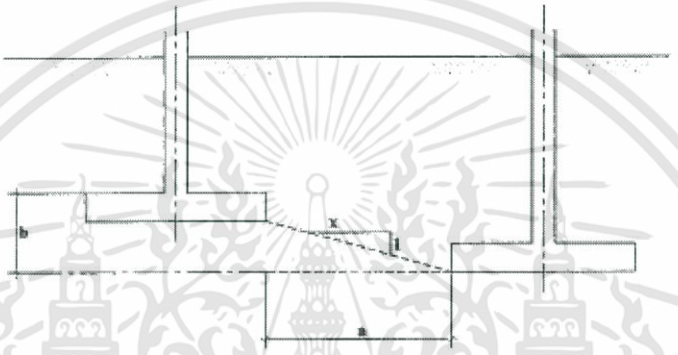
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3ข-4 ขอบข่ายการก่อสร้างฐานรากวางบนดิน (SPREAD FOOTING)

ก. ฐานราก จะต้องวางอยู่บนดินเดิมเสมอความลึกของฐานราก ขนาดและรายละเอียดการเสริมเหล็ก จะต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ได้กำหนด

ข. การก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกต่างกัน จะต้องทำการก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกมากที่สุด ก่อนเสมอไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันฐานรากที่มีระดับตื้นกว่า พังทลายขณะทำฐานรากตัวที่ อยู่ลึกกว่า

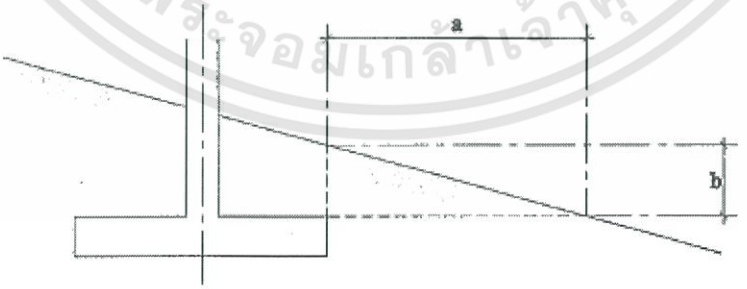
ค. ฐานรากที่ระดับลึกต่างกันนั้น ถ้าไม่ได้ระบุไว้ในแบบแปลนจะต้องมีระดับลึกต่างกัน ไม่เกินข้อกำหนดตามรูปที่ 1 หากแบบรายละเอียดกำหนดระดับต่างกันของฐานรากเกินข้อกำหนดแล้ว ต้องแจ้งวิศวกรผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างเพื่อวินิจฉัยความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งเสียก่อน จึงจะดำเนินการต่อไป



รูปที่ 1

ข้อกำหนด สำหรับฐานรากวางบนดิน (Soil) a มากกว่า 2b หรือ x ไม่น้อยกว่า 2
สำหรับฐานรากวางบนหิน (Rock) a มากกว่า b หรือ x ไม่น้อยกว่า 1

ง. ในการก่อสร้างฐานรากบนพื้นที่เอียงลาดชั้งไม่ใช้ท้องน้ำ ฐานรากตัวริมที่ติดกับพื้นที่เอียงลาดนั้น จะต้องมีระยะจากขอบนอกสุด ส่วนบนของฐานรากถึงพื้นที่เอียงลาดนั้น (Edge Distance) เป็นไปตามข้อกำหนดรูปที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการสึกกร่อนของผิวดิน อันจะเป็นอันตรายแก่ฐานรากภายหลัง



รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนด สำหรับฐานรากวางบนดิน (Soil) a ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร

สำหรับฐานรากวางบนหิน (Rock) a ไม่น้อยกว่า 0.75 เมตร

สำหรับฐานรากวางบนดิน (Soil) และหิน (Rock) b ไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร และ 1.00 เมตร ตามลำดับ

จ. ในกรณีเมื่อขุดดินเพื่อทำฐานรากลึกไม่ได้ระดับ ตามแบบแปลนหรือรายการละเอียด เนื่องจากขุดถึงชั้นหินพีดแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติดังนี้

1. รีบแจ้งรายละเอียดให้ผู้ออกแบบทราบทันที เพื่อตรวจสอบและวินิจฉัยว่าจะต้องปฏิบัติอย่างไร คำวินิจฉัยดังกล่าวถือเป็นเด็ดขาด ผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด
2. หากเป็นชั้นหินพีด ผิวล่างของฐานรากจะต้องฝังอยู่ในหินพีดนั้นลึกไม่น้อยกว่า 0.50 ม. (วัดตรงที่ตื้นที่สุด) และเพื่อให้ทราบแน่นอนว่าเป็นหินพีดจริงหรือไม่ ผู้รับจ้างจะต้องเจาะรูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 2.50 ซม. ลึกไม่น้อยกว่า 2.00 ม. ฐานรากจะไม่น้อยกว่า 2 รู เพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาประกอบการก่อสร้างอีกครั้ง
3. หากเป็นชั้นลูกรัง ผิวบนของฐานรากจะต้องฝังอยู่ในชั้นลูกรังจากผิวบนลึกไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
4. ในกรณีเมื่อทำการเจาะชั้นหินพีดแล้ว ปรากฏว่ามีความหนาไม่เพียงพอตามข้อ 2 ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นนั้น ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

ฉ. ในกรณีที่ทำการขุดดินจนถึงระดับก้นฐานราก ตามที่แบบแปลนหรือรายการละเอียดได้กำหนดไว้ให้แล้วปรากฏว่าดินใต้ฐานรากนั้นเป็นดินถมหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ ผู้รับจ้างจะต้องขุดดินให้ลึกลงไปอีกจนถึงชั้นดินแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด ข. มาตรฐานงานก่อสร้างอาคารทั่วไป

4ข. งานแบบหล่อคอนกรีต

4ข-1 ขอบเขตของงาน

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาวัสดุ แรงงาน และอุปกรณ์ที่จำเป็นในงานก่อสร้างงานแบบหล่อคอนกรีต ให้ถูกต้องตามระบุในแบบและรายการก่อสร้าง

4ข-2 ทั่วไป

ก. แบบหล่อ หมายถึง แบบหล่อชั่วคราว หรือถาวรของคอนกรีต รวมถึงการยึดค้ำยัน และที่รองรับน้ำหนัก

ข. แบบหล่อ จะต้องประกอบให้แน่นหนา ยึดค้ำยันมิให้เคลื่อนที่ โป่ง หรือทรุดตัวได้ ต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันน้ำปูนรั่วไหล และต้องสามารถรับแรงดันที่เกิดจากคอนกรีต และเครื่องสั่นสะเทือนคอนกรีตได้

ค. ผิวด้านในของแบบหล่อที่ถูกกับคอนกรีต จะต้องเรียบ ล้างให้สะอาด และทาน้ำมันเพื่อกันแบบติดคอนกรีต และแบบที่รื้อออกมาแล้ว ก่อนจะนำไปใช้ใหม่ จะต้องทำความสะอาด ตกแต่ง และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพดี พร้อมทั้งทาน้ำมันให้เรียบร้อย

ง. วิศวกรผู้ควบคุมงาน จะต้องตรวจสอบและอนุมัติแบบหล่อก่อน ผู้รับเหมาจึงทำการเทคอนกรีตได้ และการอนุมัติของวิศวกรผู้ควบคุมงาน ก็มิได้ทำให้ผู้รับจ้างพ้นภาระรับผิดชอบ ถ้าเกิดแบบนั้นใช้การไม่ได้ เสียหาย โป่ง หรือพังลงมา

จ. แบบหล่อ จะต้องถูกติดตั้งให้ถูกตำแหน่งตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ

ฉ. น้ำมันที่ใช้ทาแบบ จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อคอนกรีต และไม่ทำให้เกิด รอยเปื้อนสกปรกบนผิวคอนกรีต และจะต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อนที่จะนำไปใช้

ช. การถอดแบบหล่อ จะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะถึงกำหนดเวลา ตามการถอดแบบ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ซ. ห้ามขึ้นไปทำการก่อสร้างบนแบบหล่อคอนกรีต ของส่วนก่อสร้างที่เทคอนกรีตแล้ว จนกว่าจะพ้น 48 ชั่วโมง หลังจากเทคอนกรีตครั้งสุดท้ายในแบบหล่อส่วนนั้น

4ข-3 วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ

ก. เหล็ก

(1) เหล็กที่จะใช้ทำแบบ จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มม.

(2) ผิวหน้าแบบส่วนที่สัมผัสกับคอนกรีต จะต้องสะอาดและเรียบ

ข. ไม้

(1) ไม้ที่ใช้ทำแบบหล่อ จะต้องเป็นไม้ที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มม.

(2) ไม้จะต้องแข็ง เหนียว ไม่ผุ ไม่คดงอ

ค. ไม้อัด

(1) ไม้อัดที่ใช้ทำแบบ จะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 10 มม.

(2) มีลักษณะเรียบ ไม่บิดงอ มีความกว้างเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4ข-4 การถอดแบบ

การถอดแบบหล่อ จะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะถึงกำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับความกระทบกระเทือน และให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบดังต่อไปนี้

ก. แบบข้าง คาน กำแพง ฐานราก 2 วัน

ข. แบบข้างเสา 2 วัน

ค. แบบล่างรองพื้น และแบบล่างรองคาน 14 วัน

ทั้งนี้ เมื่อถอดแบบแล้วให้ค้ำจุดต่าง ๆ ที่เหมาะสมอีก 14 วัน ยกเว้นในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ซึ่งให้ถือกำหนดถอดแบบได้เมื่อคอนกรีต อายุ 7 วัน และพื้นคอนกรีตอัดแรง ให้ดูรายละเอียดในหมวดนั้น ๆ

4ข-5 การจ่ายเงินส่วนแบบหล่อ

จะไม่มีการแยกจ่ายเงิน โดยให้ผู้รับจ้างคิดราคารวมในค่างานของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวด ข. มาตรฐานงานก่อสร้างอาคารทั่วไป

5ข. งานคอนกรีต

5ข-1 ขอบเขตของงาน

ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และแรงงาน ในการก่อสร้างงานคอนกรีตหล่อกับที่ให้เป็นไปตามระบุในแบบและรายการละเอียด

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุในแบบรูปหรือรายการละเอียด รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กและงานคอนกรีตทั้งหมดให้เป็นไปตาม "มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก" ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยทุกประการ

5ข-2 วัสดุ

วัสดุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ จะต้องเป็นไปตามบทกำหนดและเกณฑ์กำหนดต่าง ๆ ดังนี้คือ

ก. ปูนซีเมนต์

จะต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.15 เล่ม 1-2547 ชนิดที่เหมาะสมกับงาน และต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่แห้งไม่จับเป็นก้อน

ข. น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดและสามารถนำไปดื่มได้

ค. มวลรวม

มวลรวมที่ใช้สำหรับคอนกรีต จะต้องแข็งแกร่ง มีความคงตัว เฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในปูนซีเมนต์มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด ให้ถือเป็นวัสดุคนละอย่าง มวลรวมหยาบแต่ละขนาดหรือหลายขนาดผสมกันจะต้องมีส่วนขนาดคละตรงตามเกณฑ์กำหนดของข้อกำหนด ASTM ที่เหมาะสม

ง. สารผสมเพิ่ม

สำหรับคอนกรีตส่วนที่มิใช่ฐานรากทั้งหมด ให้ใช้สารผสมเพิ่มชนิดช่วยในการไหล ส่วนที่เป็นโครงสร้างห้องใต้ดินทั้งหมดให้ผสมตัวยากันซึมชนิดทนแรง และความดันน้ำได้ โดยใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด นอกจากที่กล่าวนี้ ห้ามใช้สารผสมเพิ่มเติมชนิดอื่น หรือปูนซีเมนต์ที่ผสมสารชนิดอื่น นอกจากจะได้รับอนุญาตจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน

จ. การเก็บวัสดุ

ให้เก็บปูนซีเมนต์ไว้ในอาคาร ถัง หรือไซโล ที่ป้องกันความชื้นและความสกปรกได้ และในการส่งให้ส่งในปริมาณเพียงพอที่จะไม่ทำให้งานคอนกรีตต้องชะงักหรือล่าช้า

ไม่ว่ากรณีใดจะต้องแยกวัสดุที่ส่งมาแต่ละครั้งให้เป็นสัดส่วนไม่ปะปนกัน

การส่งมวลรวมหยาบ ให้ส่งแยกขนาดไปยังสถานที่ก่อสร้าง นอกจากจะได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานให้เป็นไปอย่างอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกองมวลรวม จะต้องกองในลักษณะที่จะป้องกันมิให้ปะปนกันกับมวลรวมกองอื่น ซึ่งขนาดต่างกันเพื่อให้เป็นไปตามนี้ อาจจะต้องทำการทดสอบร่าส่วนขนาดคละ ตลอดจนความสะอาดของมวลรวม ตรงตามเกณฑ์กำหนดหรือไม่ โดยเก็บตัวอย่าง ณ ที่ที่ทำการผสมคอนกรีตในการเก็บสารผสมเพิ่ม ต้องระวังอย่าให้เกิดการแปดเปื้อน การระเหย หรือเสื่อมคุณภาพสำหรับสารผสมเพิ่มชนิดที่อยู่ในรูปสารลอยตัว หรือสารละลายที่ไม่คงตัวจะต้องจัดหาอุปกรณ์สำหรับกวนเพื่อให้ตัวยากระจายโดยสม่ำเสมอ ถ้าเป็นสารผสมเพิ่มชนิดเหลว จะต้องป้องกันมิให้เกิดการเปลี่ยนอุณหภูมิมากนัก เพราะจะทำให้คุณสมบัติของสารนั้นเปลี่ยนแปลงไป

5ข-3 <u>คุณสมบัติของคอนกรีต</u>

ก. องค์ประกอบ

คอนกรีตต้องประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทรายมวลรวมหยาบ น้ำ และสารผสมเพิ่มตามแต่จะกำหนดผสมให้เข้ากันเป็นอย่างดี โดยมีความข้นเหลวที่พอเหมาะ

ข. ความข้นเหลว

คอนกรีตที่ใช้กับทุกส่วนของงาน จะต้องผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีความข้นเหลวที่พอเหมาะที่จะสามารถทำให้แน่นได้ภายในแบบหล่อ และรอบเหล็กเสริมและหลังจากอัดแน่นโดยการสั่นที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว จะต้องไม่มีน้ำที่ผิวคอนกรีตมากเกินไป และจะต้องมีผิวหน้าเรียบปราศจากโพรง การแยกแยะรูพรุน และเมื่อแข็งตัวแล้ว จะต้องมีกำลังตามที่ต้องการ ตลอดจนความทนทานต่อการแตกสลายความคงทนต่อการขัดสี ความสามารถในการกักน้ำ รูปลักษณะและคุณสมบัติอื่น ๆ ตามที่กำหนด

ค. กำลังอัด

คอนกรีตสำหรับแต่ละส่วนของอาคาร จะต้องมีกำลังอัดตามที่แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้ กำลังอัดสูงสุดให้คิดที่อายุ 28 วัน เป็นหลักสำหรับปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ธรรมดา แต่ถ้าใช้ชนิดที่ 3 ซึ่งให้กำลังสูงเร็วให้คิดที่อายุ 7 วัน ทั้งนี้ให้ใช้แท่งทรงกระบอก ขนาด ∅ 0.15 x 0.30 ม. หรือแท่งลูกบาศก์ ขนาด 0.15 x 0.15 x 0.15 ม.

<u>ตารางแสดงการแบ่งประเภทคอนกรีต และเกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับกำลังอัด</u>

ชนิดการก่อสร้าง	ประเภท	ค่าต่ำสุดของกำลังอัดของแท่งทรงกระบอกคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน (กก./ซม^2)	ค่าต่ำสุดของกำลังอัดของแท่งลูกบาศก์คอนกรีต ที่อายุ 28 วัน (กก./ซม^2)
- ฐานรากและเสาคาน คานชอย แผ่นพื้น ผนัง คอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตทับหน้าพื้นสำเร็จรูป	ก	280	320
- คอนกรีตหยาบ	ข	145	180

ง. การยุบตัว

การยุบของคอนกรีต ซึ่งมีน้ำหนักปกติซึ่งหาโดย "วิธีสอบค่าการยุบของคอนกรีต" ซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ASTM C 143) จะต้องเป็นไปตามค่าที่ให้ไว้ในตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าการยุบสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่าการยุบ สูงสุด (ซม.)	ค่าการยุบ ต่ำสุด (ซม.)
ฐานราก	12.5	7.5
แผ่นพื้น คาน ผนัง คสล.	12.5	7.5
เสา	12.5	7.5
ครีบ คสล. และผนังบาง ๆ	12.5	7.5

จ. ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ จะต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้

ตารางแสดงขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้กับคอนกรีต

ชนิดของการก่อสร้าง	ขนาดใหญ่สุด ซม.
ฐานราก เสาและคาน	2
ผนัง คสล. หนาตั้งแต่ 5 ซม.ขึ้นไป	2
ผนัง คสล. หนาตั้งแต่ 10 ซม.ขึ้นไป	2
แผ่นพื้นครีบ คสล.และผนังกั้นห้อง คสล.	2

5ข-4 การคำนวณออกแบบส่วนผสม

ก. ห้ามมิให้นำคอนกรีตเทส่วนที่เป็นโครงสร้างใด ๆ จนกว่าส่วนผสมของคอนกรีตที่จะนำมาใช้นั้น ได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน

ข. ก่อนเทคอนกรีตอย่างน้อย 5 วัน ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมส่วนผสมคอนกรีตต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้วิศวกรผู้ควบคุมงานตรวจให้ความเห็นชอบก่อน

ค. การจัดสัดส่วนการผสม

1. จะต้องหาอัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ ที่เหมาะสมโดยการทดลองขั้นต้นตามวิธีการต่อไปนี้

1.1 จะต้องทดลองทำส่วนผสมคอนกรีตที่มีอัตราส่วน และความข้นเหลวที่เหมาะสมกับงาน โดยเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำ : ปูนซีเมนต์ อย่างน้อย 3 ค่า ซึ่งจะให้กำลังต่าง ๆ กันโดยอยู่ในขอบข่ายของค่าที่กำหนดสำหรับงานนี้ และจะต้องคำนวณออกแบบสำหรับค่าการยุบสูงสุดเท่าที่ยอมให้

1.2 จากนั้นให้หาปฏิภาคของวัสดุผสม แล้วทำการทดสอบตามหลักและวิธีการที่ให้ไว้ ในเรื่อง "ข้อแนะนำวิธีการเลือกปฏิภาคส่วนผสมสำหรับคอนกรีต"

1.3 ในอัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ แต่ละค่าให้หล่อชิ้นตัวอย่าง อย่างน้อย 3 ชิ้น สำหรับแต่ละอายุเพื่อนำไปทดสอบโดยเตรียมและบ่มตัวอย่างตาม "วิธีทำและบ่มชิ้นตัวอย่างคอนกรีตสำหรับใช้ทดสอบแรงอัด" (ASTM C 192) และทดสอบที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน การทดสอบให้ปฏิบัติตาม "วิธีทดสอบกำลังอัดของแท่งกระบอกคอนกรีต" (ASTM C 39)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ให้นำผลที่ได้จากการทดสอบไปเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำ : ปูนซีเมนต์ และกำลังของคอนกรีตให้หาค่าสูงสุดของอัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ ที่จะใช้ดังนี้ คอนกรีตประเภท ก. อัตราส่วนปูนซีเมนต์สูงสุดที่ออกให้จะต้องได้มาจากค่าที่แสดงโดยกราฟที่ให้ค่ากำลังต่ำสุดเกินร้อยละ 10 ของกำลังที่กำหนดให้

2. ให้ใช้อัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ ค่าที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในกรณีที่ใช้มวลรวมหยาบขนิดเม็ดเล็ก เช่น ในผนังบาง ๆ หรือในที่ที่เหล็กแน่นมาก จะต้องพยายามรักษาค่าอัตราส่วนน้ำ : ปูนซีเมนต์ให้คงที่ เมื่อได้เลือกอัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมได้แล้ว ให้หาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตตามวิธีในข้อ 5ข-4 ดังอธิบายข้างต้น

5ข-5 <u>การผสมคอนกรีต</u>

ก. คอนกรีตผสมเสร็จ

การผสมและการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้ปฏิบัติตาม "บทกำหนดสำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ" (ASTM C 94)

ข. การผสมด้วยเครื่อง ณ สถานที่ก่อสร้าง

1. การผสมคอนกรีต ต้องใช้เครื่องผสมชนิดที่ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานแล้ว ที่เครื่องผสมจะต้องมีแผ่นป้ายแสดงความจุและจำนวนรอบต่อนาทีที่เหมาะสม และผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติตามข้อแนะนำเหล่านี้ทุกประการ เครื่องผสมจะต้องสามารถผสมมวลรวมปูนซีเมนต์และน้ำให้เข้ากันโดยทั่วถึง ภายในเวลาที่กำหนดและต้องสามารถปล่อยคอนกรีต ออกได้โดยไม่เกิดการแยกแยะ

2. ในการบรรจุวัสดุผสมเข้าเครื่อง จะต้องบรรจุน้ำส่วนหนึ่งเข้าเครื่องก่อนแล้วจึงบรรจุปูนซีเมนต์ และมวลรวมแล้วค่อย ๆ เติมน้ำส่วนที่เหลือ เมื่อผสมไปแล้วประมาณหนึ่งในสี่ของเวลาผสมที่กำหนด จะต้องมีที่ควบคุมมิให้สามารถปล่อยคอนกรีตก่อนจะถึงเวลาที่กำหนด และจะต้องปล่อยคอนกรีตออกให้หมดก่อนที่จะบรรจุวัสดุใหม่

3. เวลาที่ใช้ในการผสมคอนกรีตซึ่งมีปริมาณตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์เมตรลงมาจะต้องไม่น้อยกว่า 2 นาที และให้เพิ่มอีก 20 วินาที สำหรับทุก ๆ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือส่วนของลูกบาศก์เมตรที่เพิ่มขึ้น

5ข-6 <u>การผสมต่อ</u>

ก. ให้ผสมคอนกรีตเฉพาะเท่าที่ต้องการใช้เท่านั้น ห้ามนำคอนกรีตที่ก่อตัวแล้วมาผสมต่อเป็นอันขาด แต่ให้ทิ้งไป

ข. ห้ามมิให้เติมน้ำเพื่อเพิ่มค่าการยุบเป็นอันขาด การเติมน้ำจะกระทำได้ ณ สถานที่ก่อสร้าง หรือที่โรงผสมคอนกรีตกลาง โดยความเห็นชอบของวิศวกรผู้ควบคุมงานเท่านั้น แต่ไม่ว่าในกรณีใดจะเติมน้ำในระหว่างการขนส่งไม่ได้

5ข-7 <u>การขนส่งและการเท</u>

ก. การเตรียมการก่อนเท

1. จะต้องขจัดคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว และวัสดุแปลกปลอมอื่น ๆ ออกจากด้านในของอุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียงออกให้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบหล่อจะต้องเสร็จเรียบร้อย จะต้องขจัดน้ำส่วนที่เกินและวัสดุ แปลงปลอมใด ๆ ออกให้หมด เหล็กเสริมผูกเข้าที่เสร็จเรียบร้อย วัสดุต่าง ๆ ที่จะฝังในคอนกรีตต้องยึดเข้าที่เรียบร้อยแล้วและการเตรียมการต่าง ๆ ทั้งหมดได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานแล้ว จึงจะดำเนินการเทคอนกรีตได้

ข. การลำเลียง

วิธีการขนส่งและเทคอนกรีต จะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อน ในการขนส่งคอนกรีตจากเครื่องผสมจะต้องระมัดระวัง มิให้เกิดการแยกแยะหรือการสูญเปล่าของวัสดุผสม และต้องกระทำในลักษณะที่จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด

5ข-8 การเท

ก. ผู้รับจ้างจะเทคอนกรีตส่วนหนึ่งส่วนใดของโครงสร้างยังมิได้ จนกว่าจะได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานเรียบร้อยแล้ว และเมื่อได้รับอนุมัติแล้ว ผู้รับจ้างยังไม่เริ่มเทคอนกรีตภายใน 24 ชั่วโมง จะต้องได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานอีกครั้งหนึ่งจึงจะเทได้

ข. การเทคอนกรีตจะต้องกระทำต่อเนื่องกันตลอดทั้งพื้นที่ รอยต่อขณะก่อสร้างจะต้องอยู่ที่ตำแหน่ง ซึ่งกำหนดไว้ในแบบหรือได้รับความเห็นชอบแล้ว การเทคอนกรีตจะต้องกระทำในอัตราที่คอนกรีตซึ่งเทไปแล้วจะต่อกับคอนกรีตที่จะเทใหม่ยังคงสภาพเหลวพอที่จะเทต่อกันได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ห้ามมิให้เทคอนกรีตต่อกับคอนกรีตซึ่งเทไว้แล้วเกิน 60 นาทีแต่จะต้องทิ้งไว้ประมาณ 20 ชั่วโมงจึงจะเทต่อได้

ค. ห้ามมิให้นำคอนกรีตที่แข็งตัวบ้างแล้วบางส่วน หรือแข็งตัวทั้งหมด หรือที่มีวัสดุแปลกปลอมมาเทปะปนกันเป็นอันขาด

ง. เมื่อเทคอนกรีตลงในแบบหล่อแล้ว จะต้องอัดคอนกรีตนั้นให้แน่นภายในเวลา 30 นาที นับตั้งแต่ปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องผสม นอกจากจะมีเครื่องกวนพิเศษสำหรับการนี้โดยเฉพาะ หรือมีเครื่องผสมผสมติดรถซึ่งจะกวนอยู่ตลอดเวลา ในกรณีเช่นนั้น ให้เพิ่มเวลาได้เป็น 1 ชั่วโมง นับตั้งแต่บรรจุซีเมนต์เข้ากับเครื่องผสม ต้องเทภายใน 30 นาทีนับตั้งแต่ปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องกวน นอกจากจะใช้สารหน่วง (RETARDER) ซึ่งจะต้องขออนุมัติเป็นกรณี ๆ ไป

จ. จะต้องเทคอนกรีตให้ใกล้ตำแหน่งสุดท้ายมากที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการแยกแยะอันเนื่องมาจากการโยกย้ายและการไหลตัวของคอนกรีต ต้องระวังอย่าใช้วิธีการใด ๆ ที่จะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกแยะ ห้ามปล่อยคอนกรีตเข้าที่จากระยะสูงเกินกว่า 2 เมตร นอกจากจะได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน

ฉ. ในกรณีที่ใช้คอนกรีตเปลือย โดยมีมอร์ต้าเป็นผิว จะต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสมดันหินให้ออกจากข้างแบบเพื่อให้มอร์ต้าออกมาอยู่ที่ผิวให้เต็ม โดยไม่เป็นโพรงเมื่อถอดแบบ การทำให้คอนกรีตแน่นให้ใช้วิธีสั่นด้วยเครื่องสั่น (VIBRATOR) เพื่อให้คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม และสิ่งที่ฝังจมทั่วและเข้าไปอัดตามมุมต่าง ๆ จนเต็มโดยขจัดกระเปาะอากาศ และกระเปาะหินอันจะทำให้คอนกรีตเป็นโพรงเป็นหลุมบ่อ หรือเกิดระนาบที่ไม่แข็งแรงออกให้หมดสิ้น เครื่องสั่นจะต้องมีความถี่อย่างน้อย 7,000 รอบต่อนาที และผู้ที่ใช้งานจะต้องมีความชำนาญเพียงพอ ห้ามมิให้ทำการสั่นคอนกรีตเกินขนาด และใช้เครื่องสั่นเป็นตัวเขยื้อนคอนกรีตให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งภายในแบบหล่อเป็นอันขาด ให้จุ่มและถอนเครื่องสั่นขึ้นลงตรง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่หลาย ๆ จุดห่างกันประมาณ 50 ซม. ในการจุ่มแต่ละครั้งจะต้องทิ้งระยะเวลาให้เพียงพอที่จะทำให้คอนกรีตแน่นตัว แต่ต้องไม่เกินไปจนเป็นเหตุให้เกิดการแยกแยะ โดยปกติจุดหนึ่ง ๆ อยู่ระหว่าง 5 ถึง 15 วินาที ในกรณีหน้าตัดของคอนกรีตบางเกินไปจนไม่อาจแทรกเครื่องสั่นลงไปได้ ก็ให้ใช้เครื่องสั่นนั้นแนบกับ ข้างแบบหรือใช้วิธีอื่นที่ได้รับการเห็นชอบแล้วสำหรับองค์อาคารสูง ๆ และหน้าตัดกว้าง เช่น เสาขนาดใหญ่ ควรใช้เครื่องสั่นชนิดเกาะติดกับข้างแบบ แต่ทั้งนี้แบบหล่อต้องแข็งแรงพอที่จะสามารถรับความสั่นได้ โดยไม่ทำให้รูปร่างขององค์อาคารผิดไปจากที่กำหนด จะต้องมีเครื่องสั่นคอนกรีต สำรองอย่างน้อยหนึ่งเครื่องประจำ ณ สถานที่ก่อสร้างเสมอในขณะเทคอนกรีต

5ข-9 <u>รอยต่อและสิ่งที่ฝังในคอนกรีต</u>

ก. รอยต่อขณะก่อสร้างอาคาร

1. ในกรณีมิได้ระบุตำแหน่งและรายละเอียดของรอยต่อนี้ ในแบบจะต้องจัดทำและวางในตำแหน่งซึ่งจะทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุด และให้เกิดรอยร้าวเนื่องจากการหดตัวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อน
2. ผิวบนของผนังและเสาคอนกรีต จะต้องอยู่ในแนวราบ คอนกรีตซึ่งเททับเหนือรอยต่อ ขณะก่อสร้างที่อยู่ในแนวราบจะต้องไม่ใช้คอนกรีตส่วนแรกที่ออกจากเครื่องผสม และจะต้องอัดแน่น ให้ทั่วโดยอัดให้เข้ากับคอนกรีตซึ่งเทไว้ก่อนแล้ว
3. ให้เดินเหล็กเสริมต่อเนื่องผ่านรอยต่อ และจะต้องใส่สลักและเดือยตามแต่วิศวกรผู้ควบคุมงาน จะเห็นสมควร จะต้องขจัดให้มีสลักตามยาวลึกอย่างน้อย 50 ซม. สำหรับรอยต่อในผนังทั้งหมด และระหว่างผนังกับแผ่นพื้นหรือฐานราก
4. ในกรณีของผิวทางแนวตั้ง ให้ใช้ปูนทรายในอัตราส่วน 1 : 1 ผสมน้ำข้น ไล้ผิวให้ทั่วก่อนที่จะเทคอนกรีตใหม่ลงไป
5. ในกรณีที่เทคอนกรีตเป็นชั้น ๆ จะต้องยึดเหล็กที่โผล่เหนือแต่ละชั้นให้แน่นหนา เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของเหล็กเสริม ขณะเทคอนกรีตและในขณะคอนกรีตกำลังก่อตัว
6. ในขณะคอนกรีตยังไม่ก่อตัวให้ขจัดฝ้าน้ำปูน และวัสดุที่หลุดร่วงออก ให้หมดโดยไม่จำเป็นต้องทำให้ผิวหยาบอีก แต่หากไม่สามารถปฏิบัติตามนี้ได้ก็ให้ขจัดออกโดยใช้เครื่องมือ หลังจากเทคอนกรีตแล้ว 24 ชั่วโมง ขึ้นไปแล้ว ให้ล้างผิวที่ทำให้หยาบนั้นด้วยน้ำสะอาดทันที ก่อนที่จะเทคอนกรีตใหม่ให้ พรมน้ำผิวคอนกรีตที่รอยต่อทุกแห่งให้ชื้น แต่ไม่ให้เปียกโชก
7. ให้เพิ่มการยึดหน่วงวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีตามแต่วิศวกรผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้ดังต่อไปนี้
   ก) ใช้สารผสมเพิ่มที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว
   ข) ใช้สารหน่วงซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว เพื่อทำให้การก่อตัวของมอร์ต้าที่ผิวข้างลง แต่ห้ามใส่มากจนก่อตัวช้ามากเกินไป หรือไม่ก่อตัวเลย
   ค) ทำผิวคอนกรีตให้หยาบตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้ว โดยวิธีนี้จะทำให้มวลรวมโผล่โดยสม่ำเสมอปราศจากฝ้าน้ำปูน หรือเม็ดมวลรวมที่หลุดร่วง หรือผิวคอนกรีตที่ชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. วัสดุฝังในคอนกรีต

1. ก่อนเทคอนกรีตจะต้องฝังปลอก ไส้ สมอ และวัสดุฝังอื่น ๆ ที่จะต้องทำงานต่อไปในภายหลังให้เรียบร้อย

2. ผู้รับจ้าง ซึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับงานคอนกรีต จะต้องได้รับแจ้งล่วงหน้าเพื่อให้มีโอกาสที่จะจัดวางสิ่งซึ่งจะฝังได้ทันก่อนเทคอนกรีต

3. จะต้องจัดวางแผ่นกั้นน้ำ ท่อประปา ท่อร้อยสายไฟและสิ่งซึ่งจะฝังอื่น ๆ เข้าที่ให้ถูกตำแหน่งอย่างแน่นอน และยึดให้ดีเพื่อมิให้เกิดการเคลื่อนตัวสำหรับช่วงว่างในปลอก ไส้ และร่องสมอ จะต้องอุดด้วยวัสดุที่จะเอาออกได้ง่ายเป็นการชั่วคราว เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตไหลเข้าไปในช่องว่างนั้น

ค. รอยต่อสำหรับพื้นถนน

รอยต่อทางยาวตลอดจนรอยต่อสำหรับกันการหดและยืดตัว จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบในกรณีที่ไม่สามารถเทคอนกรีตได้เต็มช่วงจะต้องทำรอยต่อขณะก่อสร้างขึ้นใหม่ ในช่วงหนึ่ง ๆ จะมีรอยต่อขณะก่อสร้างเกินหนึ่งรอยไม่ได้ และรอยต่อดังกล่าวจะต้องอยู่ภายในช่วงกลาง แบ่งสามส่วนของช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับรอยต่อต่าง ๆ จะยอมให้มีความผิดพลาดมากที่สุดได้ไม่เกินค่าต่อไปนี้

1. ระยะทางแนวราบ 6 มม.

2. ระยะทางแนวดิ่ง 3 มม.

5ข-10 <u>การซ่อมผิวที่ชำรุด</u>

ก. ห้ามปะซ่อมรูร้อยเหล็กยึดและเนื้อคอนกรีตที่ชำรุดทั้งหมดก่อนที่ผู้ควบคุมงานจะได้ตรวจสอบแล้ว

ข. สำหรับคอนกรีตที่เป็นรูพรุนเล็ก ๆ และชำรุดเล็กน้อย หากวิศวกรผู้ควบคุมงานลงความเห็นว่าพอที่จะซ่อมแซมให้ได้ดี จะต้องสกัดคอนกรีตที่ชำรุดออกให้หมดจนถึงคอนกรีตดี เพื่อป้องกันมิให้น้ำในมอร์ต้าที่จะปะซ่อมถูกดูดซึมไป จะต้องสกัดคอนกรีตบริเวณที่จะปะซ่อม และเนื้อที่บริเวณโดยรอบเป็นระยะออกมา อย่างน้อย 15 ซม. มอร์ต้าที่ใช้เป็นตัวประสานจะต้องประกอบด้วยส่วนผสมของซีเมนต์หนึ่งส่วนต่อทรายละเอียด ซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 30 หนึ่งส่วน ให้ละเลงมอร์ต้านี้ให้ทั่วพื้นที่ผิว

ค. ส่วนผสมสำหรับอุดให้ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต 1 1/2 ส่วน โดยปริมาตร สำหรับคอนกรีตเปลือยภายนอก ให้ผสมปูนซีเมนต์ขาวกับปูนซีเมนต์ธรรมดาบ้าง เพื่อให้ส่วนผสมที่ปะซ่อมมีสีกลมกลืนกันกับสีของคอนกรีตข้างเคียง ทั้งนี้โดยใช้วิธีทดลองหาส่วนผสม

ง. ให้จำกัดปริมาตรของน้ำให้พอดีเท่าที่จำเป็น ในการโยกย้ายและการปะซ่อมเท่านั้น

จ. หลังจากน้ำซึ่งค้างบนผิวได้ระเหยออกจากพื้นที่ที่จะปะซ่อมหมดแล้ว ให้ละเลงชั้นยึดหน่วงลงบนผิวนั้นให้ทั่ว เมื่อชั้นยึดหน่วงเริ่มเสียน้ำให้ฉาบมอร์ต้าที่ใช้ปะซ่อมทันที ให้อัดมอร์ต้าให้แน่นโดยทั่วถึง และปาดออกให้เหลือเนื้อนูนกว่าคอนกรีตโดยรอบเล็กน้อย และจะต้องทิ้งไว้เฉย ๆ อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการหดตัวขั้นต้นก่อนที่จะตกแต่งขั้นสุดท้าย

ฉ. ในกรณีที่รูพรุนนั้นกว้างมาก หรือลึกจนมองเห็นเหล็ก และหากวิศวกรผู้ควบคุมงานลงความเห็นว่าอยู่ในวิสัยที่จะซ่อมแซมได้โดยใช้มอร์ต้าชนิดที่ผสมด้วยด้วยกันหดตัว และผสมด้วยผงเหล็กแทนปูนทรายธรรมดา โดยให้ปฏิบัติตามข้อแนะนำของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช. ในกรณีที่เป็นโพรงใหญ่ และลึกมากหรือเกิดข้อเสียหายใด ๆ เช่นคอนกรีตมีกำลังต่ำกว่ากำหนดและวิศวกรผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่า อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้อาคารได้ ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านี้ ตามวิธีที่วิศวกรผู้ควบคุมงานได้เห็นชอบด้วยแล้ว หรือหากวิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นว่าการชำรุดมากไม่อาจแก้ไขให้ดีได้ อาจสั่งให้ทุบทิ้งแล้วสร้างขึ้นใหม่ โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งสิ้น

ซ. ผิวของคอนกรีตไม่ฉาบปูน เมื่อถอดแบบแล้วจะต้องเรียบร้อยได้แนว ได้ดิ่ง ได้ระดับ มีลวดลายของแบบหล่อและแนวหยุดคอนกรีตถูกต้องและเรียบร้อย การซ่อมแซมผิวคอนกรีตไม่ฉาบปูนจะต้องกระทำด้วยความประณีตเป็นพิเศษ ภายหลังจากซ่อมเสร็จแล้วจะต้องเรียบร้อย คอนกรีตไม่ฉาบปูนส่วนที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นว่าไม่สามารถซ่อมแซมได้จะต้องทุบออก และทำการหล่อใหม่โดยไม่คิดราคาเพิ่มแต่อย่างใด

5ข-11 <u>การบ่มและการป้องกัน</u>

หลังจากได้เทคอนกรีตแล้ว และอยู่ในระยะกำลังแข็งตัวจะต้องป้องกันคอนกรีตนั้นจากอันตรายที่อาจเกิดจากแสงแดด ลมแห้ง ฝน น้ำไหล การเสียดสีและการบรรทุกน้ำหนักเกินสมควร สำหรับคอนกรีตซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 จะต้องรักษาให้ชื้นต่อเนื่องกันเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน โดยวิธีคลุมด้วยกระสอบหรือผ้าใบเปียก ขังหรือพ่นน้ำ หรือโดยวิธีที่เหมาะสมอื่น ๆ ตามที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบแล้วสำหรับผิวคอนกรีตในแนวตั้ง เช่น เสา ผนัง และด้านข้างของคานให้หุ้มกระสอบหรือผ้าใบให้เหลื่อมซ้อนกัน และรักษาให้ชื้นโดยให้สิ่งที่คลุมนี้แนบติดกับคอนกรีต ในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดให้กำลังสูงเร็ว ระยะเวลาการบ่มให้อยู่ในวินิจฉัยของวิศวกรผู้ควบคุมงาน

5ข-12 <u>การทดสอบ</u>

ก. การทดสอบแห่งลูกบาศก์คอนกรีต ชิ้นตัวอย่าง สำหรับการทดสอบอาจนำมาจากทุก ๆ รถหรือตามแต่วิศวกรผู้ควบคุมงานจะกำหนด ทุกวันจะต้องเก็บชิ้นตัวอย่างไม่น้อยกว่า 6 ชิ้น สำหรับทดสอบ 7 วัน 2 ก้อน และ 28 วัน 4 ก้อน หรือ 28 วัน ทั้ง 6 ก้อน วิธีเก็บเตรียมบ่มและทดสอบชิ้นตัวอย่างให้เป็นไปตาม ASTM C 31 และ ASTM C 39 ตามลำดับ

ข. รายงาน ผู้รับจ้างจะต้องส่งรายการและผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตรวม 3 ชุด สำหรับวิศวกรผู้ควบคุมงาน 2 ชุด และสำหรับผู้ว่าจ้าง 1 ชุด รายงานจะต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

(1) วันที่หล่อ
(2) วันที่ทดสอบ
(3) ประเภทของคอนกรีต
(4) ค่าการยุบ
(5) ส่วนผสม
(6) หน่วยน้ำหนัก
(7) กำลังอัดประลัยและหน่วยแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การทดสอบแนว ระดับ ความลาดและความไม่สม่ำเสมอของพื้นถนนคอนกรีตในบริเวณอาคารเมื่อคอนกรีตพื้นถนนแข็งตัวแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบแนวระดับ ความลาด ตลอดจนความไม่สม่ำเสมอต่าง ๆ อีกครั้งหนึ่ง หาก ณ จุดใดผิวถนนสูงกว่าบริเวณข้างเคียง 3 มิลลิเมตร จะต้องขัดออก แต่ถ้าสูงมากกว่านั้น ผู้รับจ้างจะต้องทุบพื้นช่วงนั้นออก แล้วหล่อใหม่โดยต้องออกค่าใช้จ่ายเองทั้งหมด

ง. การทดสอบความหนาของพื้นถนนคอนกรีตในบริเวณอาคาร วิศวกรผู้ควบคุมงานอาจกำหนดให้มีการทดสอบความหนาของพื้นถนนคอนกรีต โดยวิธีเจาะเอาแก่นไปตรวจตามวิธีของ ASTM C 174 ก็ได้ หากปรากฏว่าความหนาเฉลี่ยน้อยกว่าที่กำหนดเกิน 3 มม. วิศวกรผู้ออกแบบ จะเป็นผู้พิจารณาว่าถนนนั้นมีกำลังพอจะรับน้ำหนักบรรทุกที่คำนวณออกแบบไว้ได้ ผู้รับจ้างจะต้องทุบออกแล้วเทคอนกรีตใหม่ โดยจะเรียกเงินเพิ่มจากผู้ว่าจ้างมิได้

5ข-13 <u>การประเมินผลการทดสอบกำลังอัด</u>

ก. ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบชิ้นตัวอย่างสามชิ้น หรือมากกว่า ซึ่งบ่มในห้องปฏิบัติการจะต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด และจะต้องไม่มีค่าใดต่ำกว่าร้อยละ 80 ของค่ากำลังที่กำหนด

ข. หากกำลังอัดมีค่าต่ำกว่าที่กำหนด ก็อาจจำเป็นต้องเจาะเอาแก่นคอนกรีต ไปทำการทดสอบ

ค. การทดสอบแก่นคอนกรีตจะต้องปฏิบัติตาม "วิธีเจาะและทดสอบแก่นคอนกรีตที่เจาะและคานคอนกรีตที่เสื่อยตัดมา" (ASTM C 42) การทดสอบแก่นคอนกรีตต้องกระทำในสภาพผึ่งแห้งในอากาศ

ง. องค์อาคารหรือพื้นที่คอนกรีตส่วนใดที่วิศวกรผู้ควบคุมงานพิจารณาเห็นว่าไม่แข็งแรงพอ ให้เจาะแก่นอย่างน้อยสองก้อน จากแต่ละองค์อาคารหรือพื้นที่นั้น ๆ ตำแหน่งที่จะเจาะแก่น วิศวกรผู้ควบคุมงานเป็นผู้กำหนด

จ. กำลังของแก่นที่ได้จากแต่ละองค์อาคาร หรือพื้นที่จะต้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับหรือสูงกว่าร้อยละ 90 ของกำลังที่กำหนดจึงจะถือว่าใช้ได้

ฉ. จะต้องอุดรูซึ่งเจาะเอาแก่นออกมาตามวิธีข้อ 5ข-10

ช. หากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตมีความแข็งแรงไม่พอ จะต้องทุบคอนกรีตนั้นทิ้งแล้วหล่อใหม่โดยผู้รับจ้างเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

5ข-14 <u>วัสดุเพิ่มความแข็งแกร่งให้คอนกรีต</u> (FLOOR HARDENER)

ก. วัสดุเพิ่มความแข็งแกร่งให้คอนกรีตเพื่อรับแรงกระแทกต่าง ๆ ให้ใช้ชนิด NON METALIC FLOOR HARDENER

ข. ปริมาณการใช้ 3 กก./ตร.ม.

ค. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- ขณะที่คอนกรีตยังเปียกและยังไม่เซ็ทตัว ให้โรยวัสดุเพิ่มความแข็งแกร่งลงบนคอนกรีตด้วยสัดส่วน 3 กก. / ตรม.
- ขัดผิวด้วยเครื่องขัด จนกระทั่งผิวหน้าเรียบจนเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีต
- ทำการบ่มผิวคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าว
- ระยะเวลาบ่มผิว 7-10 วันก่อนการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6ข. งานเหล็กเสริมคอนกรีต

6ข-1 ขอบเขตของงาน

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาวัสดุ แรงงาน และอุปกรณ์ที่จำเป็น ในงานก่อสร้างงานเหล็กเสริมคอนกรีตให้ถูกต้องตามระบุในแบบและรายการก่อสร้าง ถ้าไม่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ให้ยึดถือตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

6ข-2 เหล็กเสริมคอนกรีต

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน มีผิวสะอาด ไม่มีสนิมขุมเกาะ ไม่เปื้อนน้ำมัน ไม่มีรอยแตกร้าว มีใบรับรองและแสดงคุณภาพจากโรงงานผู้ผลิต (MILL SHEET) และต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. เหล็กเส้นกลม (PLAIN BAR) ผิวเรียบ เกรด SR-24 (มอก.20-2543)

1) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า หรือเท่ากับ 9 มม.
2) แรงเค้นดึงที่สูงสุด (MAXIMUM TENSILE STRESS) ต้องไม่น้อยกว่า 3,900 กก./ตร.ซม.
3) แรงเค้นที่จุดยืด (YIELD STRESS) ต้องไม่น้อยกว่า 2,400 กก./ซม^2
4) ความยืด (ELONGATION) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 21% ในช่วงความยาว 5 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น
5) คุณสมบัติอื่น ๆ ตรงตาม มอก. 20-2543

ข. เหล็กเส้นข้ออ้อย (DEFORMED BAR) เกรด SD-40 (มอก.24-2548)

1) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า หรือเท่ากับ 10 มม.
2) แรงเค้นดึงสูงสุดต้องไม่น้อยกว่า 5,700 กก./ตร.ซม.
3) แรงเค้นที่จุดยืด ต้องไม่น้อยกว่า 4,000 กก./ตร.ซม.
4) ความยืดต้องไม่น้อยกว่า 15% ในช่วงความยาว 5.5 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น
5) คุณสมบัติอื่น ๆ ตรงตามมาตรฐาน มอก. 24-2548

ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการใช้เหล็กเสริมเส้นกลมและหรือข้ออ้อยที่มีคุณสมบัติมอกเหนือจากที่ระบุไว้ข้างต้นจะต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ออกแบบเป็นลายลักษณ์อักษร

6ข-3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ก. สำหรับเหล็กเส้นกลม ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1
ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเหล็กเส้นกลม

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (มม.)	ผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางวัด ณ ตำแหน่งเดียวกัน (มม.)
RB 6 - 15	± 0.4	0.64
RB 19 - 25	± 0.5	0.80
RB 28	± 0.6	0.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. สำหรับเหล็กข้ออ้อย

1) ขนาดระบุของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นข้ออ้อยหาได้จากสูตร

$$D = 12.73 \sqrt{W}$$

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร

W คือ น้ำหนักของเหล็กเป็นกิโลกรัมต่อความยาว 1 ม.

2) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ตาม มอก. 24 - 2548

6ข-4 การเก็บวัสดุ

ก. เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างนี้ จะต้องเก็บไว้ในที่มีหลังคาคลุมและมีฝากั้น กำบัง แดด ฝน และความชื้นได้ และจะต้องวางไว้บนยกพื้นสูงอย่างน้อย 25 ซม. ห้ามวางบนพื้นดินโดยเด็ดขาด

ข. เหล็กเส้นที่นำมาใช้ จะต้องเก็บวางไว้โดยมิให้เกิดการบิดงอเสียรูปทรงได้

ค. เมื่อนำเหล็กเส้นไปใช้งาน เหล็กเส้นนั้นจะต้องปราศจากฝุ่น สี น้ำมัน หรือสนิม

ง. เหล็กเส้นที่นำมาใช้งาน จะต้องแยกเก็บไว้ตามขนาดต่าง ๆ โดยมีป้ายบอกขนาดไว้อย่างชัดเจน

6ข-5 การตัดและดัดเหล็กเส้น

ก. ห้ามดัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน นอกจากได้รับการยินยอมจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน

ข. ผู้รับจ้างจะต้องตัดและดัดเหล็กตามขนาด รูปร่างและความยาวที่แสดงไว้ในแบบ และตามตารางการตัดและดัดเหล็ก (BAR BENDING SCHEDULE) ซึ่งวิศวกรผู้ควบคุมงานพิจารณาอนุมัติแล้ว ตารางการตัดเหล็กผู้รับจ้างจะต้องยื่นขออนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานอย่างน้อย 7 วัน ก่อนที่จะทำการตัดและดัดเหล็ก

ค. การตัดเหล็กคอม้าความลาดเอียงของคอม้า จะต้องดัดเอียงเป็นมุม 45 ° ทั้งหมด นอกจากระบุไว้ในรูปแบบรายละเอียดให้เป็นอย่างอื่น การดัดโค้งตามมุมต้องใช้รัศมีภายในเท่ากับ 6 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

6ข-6 การต่อเหล็กเสริม

ก. เหล็กเสริมล่างของคานและพื้น จะต้องต่อบริเวณหัวเสาหรือคาน

ข. เหล็กเสริมบนของคานและพื้น จะต้องต่อบริเวณกลางคานหรือกลางพื้น

ค. เหล็กเสริมของเสา ต้องต่อตรงจุดหลังพื้น

ง. รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียงต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1.0 เมตร หากไม่จำเป็นจริง ๆ แล้วห้ามต่อเหล็ก การต่อเหล็ก นอกเหนือจากที่ระบุและแสดงไว้ในแบบ จะต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ออกแบบก่อน และปริมาณเหล็กที่ทาบกันเกินกว่าที่จำเป็นหรือที่แสดงไว้ในแบบจะไม่ได้รับการจ่ายเงิน

จ. การต่อเหล็กอาจทำได้หลายวิธี คือ

1) ต่อเหล็กแบบวางทาบเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลม ให้วางทาบโดยเหลื่อมกัน มีระยะยาวเท่ากับ 40 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น ส่วนเหล็กข้ออ้อยให้วางทาบกัน มีระยะเท่ากับ 30 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยเส้นนั้น โดยมิต้องงอข้อ

2) เหล็กที่นำมาต่อแบบวางทาบเหลื่อมกัน จะต้องดุ้งปลายหนึ่งมีระยะดุ้งเท่ากับระยะทางลังกล่าวเพื่อให้แนวศูนย์กลางของเหล็กที่นำมาต่อกันนั้น อยู่ในแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. การต่อโดยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า ในกรณีที่จำเป็นจริง ๆ และจะต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานเท่านั้น

6ข-7 <u>การใช้เหล็กขนาดอื่น</u>

การใช้เหล็กขนาดอื่นที่ผิดจากที่แสดงไว้ในแบบ จะต้องได้รับการอนุมัติจากวิศวกรผู้ออกแบบและเหล็กเสริมที่นำมาใช้แทนนี้ จะต้องมีพื้นที่หน้าตัดเทียบเท่า หรือมากกว่าที่แสดงไว้ในแบบ

6ข-8 <u>การจัดยึดเหล็กเข้าที่</u>

ก. เหล็กเสริมจะต้องได้รับการตรวจสอบ และอนุมัติโดยวิศวกรผู้ควบคุมงานที่จะไม่ทำให้เหล็กเสริมนั้น เคลื่อนออกไปจากตำแหน่งที่ถูกต้อง ขณะที่ทำการเทคอนกรีตได้

ข. เหล็กเสริมจะต้องได้รับการตรวจสอบ และอนุมัติโดยวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อนที่จะเริ่มเทคอนกรีตได้

ค. เหล็กเสริมแนวนอนจะต้องมีวัตถุรองรับ เช่น เหล็ก พลาสติกหรือลูกปูน (ห้ามใช้ไม้หรือฟืน) และจะต้องทำให้เหล็กเสริมดังกล่าว ติดแน่นอยู่กับที่ถูกต้องตามแบบ ไม่เคลื่อนย้ายขณะเทคอนกรีต โดยการใช้ลวดผูกเหล็กเบอร์ 18 SWG ให้ผูก 2 หบที่จุดตัดกันของเหล็กเสริมทุกจุด

6ข-9 <u>ลวดผูกเหล็ก</u>

ทุก ๆ จุดตัดของเหล็กเสริม จะต้องผูกให้ติดกันด้วยลวดผูกเหล็กเบอร์ 18 โดยให้ปลายลวดซ่อนอยู่ภายในเนื้อของส่วนของโครงสร้างนั้น

6ข-10 <u>การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดลอง</u>

ก. ผู้รับจ้างจะต้องตัดเหล็กเส้นทุกขนาด แต่ละขนาดไม่น้อยกว่า 5 ท่อน ยาวท่อนละ 1.20 เมตร

ข. การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้น จะต้องเก็บจากกองเหล็กที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้างต่อหน้าวิศวกรผู้ควบคุมงาน

ค. การเก็บเหล็กเส้นตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างหนึ่งเส้นต่อจำนวนเหล็กเส้นทุก ๆ 100 เส้น เศษของร้อยเส้นให้ถือเป็นร้อยเส้น หรืออยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงาน

ง. เหล็กเส้นตัวอย่าง จะต้องทดสอบโดยสถาบันที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ผู้รับจ้างเป็นผู้ออกทั้งหมด

จ. ถ้าปรากฏว่า เหล็กเส้นตัวอย่างที่นำไปทดสอบนั้น มีคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนดที่ได้ระบุ การที่จะนำเหล็กเส้นจากกองที่เก็บตัวอย่างมาใช้งานได้ หรือไม่อย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงานที่จะให้ผู้รับจ้างจัดหาเหล็กที่มีคุณภาพได้ตามข้อกำหนดมาเปลี่ยนให้ใหม่ หรือเพิ่มจำนวนเหล็กเสริมให้มากขึ้น โดยที่ผู้รับจ้างจะคิดเงินเพิ่มมิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

แบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก และตัวอย่างการใช้แบบฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก

ฐานราก..... Gridline..... วันที่ทำการเทคอนกรีต.....

ขนาด กว้าง.....m. ยาว.....m. หนา.....m. พื้นที่ฐาน.....m^2

ปริมาณคอนกรีต (ตามแบบ).....ลบ.ม. Strength.....ksc. Slump.....cm.

การตรวจสอบ

1) การทดสอบเสาเข็ม
- การรับน้ำหนักเบื้องต้น ☐
- ความสมบูรณ์ของเข็มเบื้องต้น ☐

2) การเคลียแบบ (จาก +0.00)
- ระดับตัดหัวเข็ม .....m.
- ระดับท้องฐานราก .....m.
- ระดับดินขุด .....m.

3) การขุดหลุมฐานราก (จาก +0.00)
- ความกว้างหลุม .....m.
- ความยาวหลุม .....m.

4) การเหลียนฐานราก
- ความหนาลีน.....cm.
- ขนาดลีน กว้าง..... m. ยาว.....m.
- ปาดหน้าลีนให้เรียบ

5) การตัดหัวเข็ม
- ระยะตัวเข็มเผื่อในฐานราก..... cm.
- ระยะเหล็กเสาเข็มที่เผื่อในฐานราก..... cm.
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเข็ม

6) การเช็คตำแหน่งเข็ม
- จำนวนเข็มของฐานราก..... ต้น
- จำนวนเข็มที่เยื้องศูนย์เกินค่ากำหนด..... ต้น
- การแก้ไข ☐

7) การตัดเหล็ก ดัดเหล็ก และการวางเหล็ก
- ระยะหุ้มคอนกรีต..... cm.
- ตรวจสอบจำนวนเหล็กตามแบบขยาย
- Water Stop กรณีเทผนังปล่อง ..... m.
- เสาตอม่อ.....

8) การเข้าแบบฐานราก
- แบบข้างฐานราก ☐
- วัดปากแบบฐานราก ☐
- เหล็กกันแบบลอย ☐

9) การเทคอนกรีตฐานราก
- ตรวจสอบระยะตกคอนกรีต (~1.50m.)
- ตรวจสอบการจี้คอนกรีต
- จำนวนลูกปูนที่เก็บ.....ลูก
- ตรวจสอบแบบข้างคอนกรีต

10) การบ่มคอนกรีตและการทดสอบลูกปูน
- บ่มเปียก ☐ บ่มโดยใช้น้ำยาบ่ม ☐
- ผลการทดสอบที่อายุ 3 วัน = ... ksc.
  14 วัน = ... ksc.
  28 วัน = ... ksc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้แบบฟอร์มการควบคุมและตรวจสอบงานฐานราก

แบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานราก

ฐานราก F6 Gridline C-2 วันที่ทำการหล่อคอนกรีต

ขนาด กว้าง 3 ม. ยาว 4.80 ม. หนา 1.10 ม. พื้นที่ฐาน 14.40 ตร.ม.

ปริมาตรคอนกรีต (ตามแบบ) 15.84 ลบ.ม. Strength 280 ksc. Slump 10±2.5 cm.

การตรวจสอบ

1) การหล่อบนชั้นวัสดุรองพื้น
- การรับน้ำหนักบนชั้นวัสดุรองพื้น ✓
- ความสม่ำเสมอของชั้นวัสดุรองพื้น ✓

7) การติดเหล็กเสริม และการวางเหล็ก
- ระยะหุ้มคอนกรีต 7.5 cm
- ความถูกต้องตามแบบ ✓
- Water Stop กรณีหน้างานมี - m.
- เหล็กรอ C.T. -

2) การเทคอนกรีต
(เวลา 8.00)
- ระดับหัวเสาเข็ม -1.575 m.
- ระดับท้องฐานราก -1.80 m.
- ระดับคานคอดิน -1.95 m.

8) การตั้งแบบฐานราก
- แบบข้างฐานราก ✓
- ค้ำยันแบบฐานราก ✓
- เหล็กกันแบบลอย ✓

3) การบ่มผิวฐานราก
(เวลา 9.00)
- ความถูกต้องของ 5 m.
- ความยาวของ 7 m.

9) การหล่อคอนกรีตฐานราก
- ความหนาของ 5 cm
- ขนาดคานคอดิน กว้าง 4 m ยาว 6 m
- น้ำหนักที่ใช้ทับ ถุงทราย

- ควรตรวจสอบระยะหล่อคอนกรีต (-1.50m.)
- ควรตรวจสอบการสั่นคอนกรีต
- จำนวนผู้คุมในพื้นที่ 5 คน
- ควรตรวจสอบการบ่มคอนกรีต

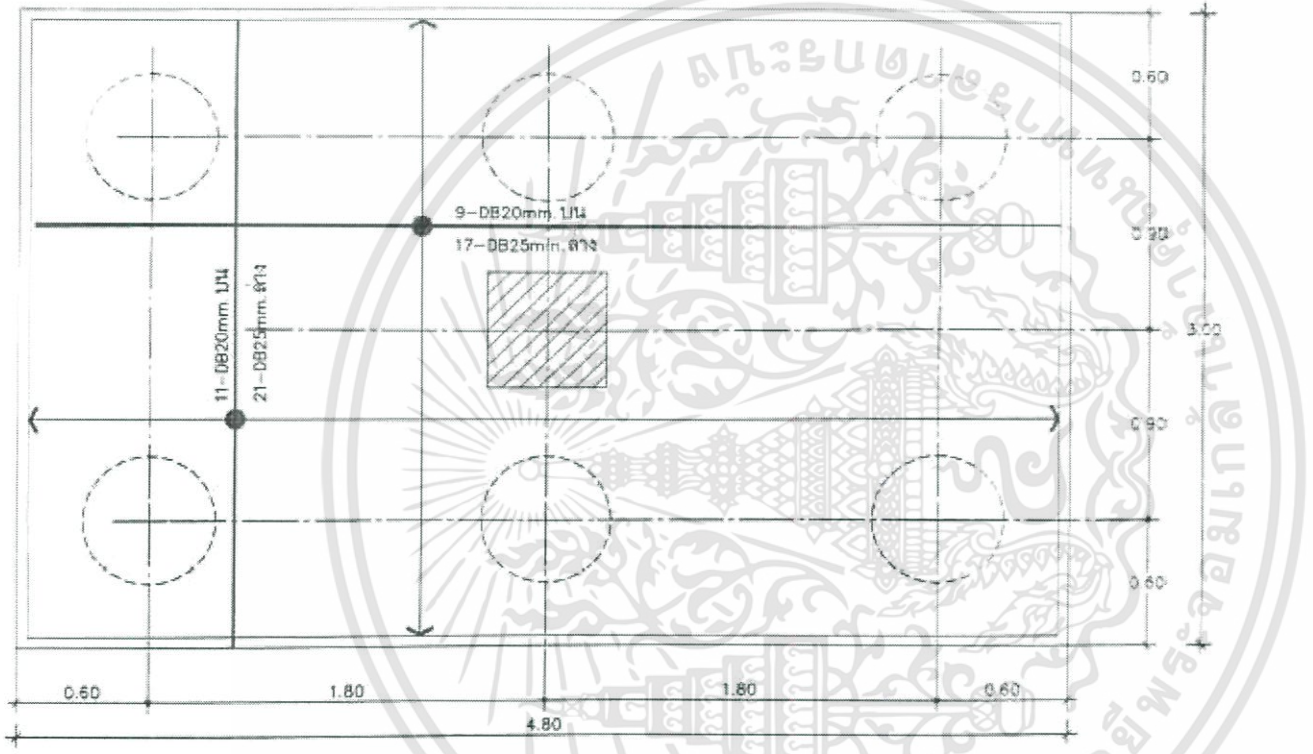
5) การขัดผิวหน้าคาน
- ระยะขัดเรียบคานในฐานราก 5 cm.
- ระยะขัดเรียบคานในฐานราก 40 cm.
- ตรวจสอบความสม่ำเสมอ

10) การส่งตัวอย่างคอนกรีตมาทดสอบ
- ไม่ต้องใช้น้ำจากแม่ ✓
- หลอดทดสอบ 3 วัน = 100 ksc.
14 วัน = 320 ksc.
28 วัน = ksc.

6) การตัดคุมหน้าคอนกรีต
- จำนวนผู้ควบคุม 4 คน
- จำนวนพื้นที่ที่ต้องดูแลคุมหน้าคอนกรีต 1 พื้น
- การบ่ม ✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความหนาฐานราก t = 1.10m.
เสาเข็มเจาะแบบแห้ง ø 0.60m.
รับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า
60 ตัน / ต้น (F.S.=2.5) จำนวนเสาเข็ม 6 ต้น
ระดับปลายเสาเข็มให้ผู้รับจ้างพิจารณาจากผลเจาะสำรวจดิน
แสดงเหล็กเสริม บน – ล่าง

FP6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้า นายฟาอิส จิตต์จำนงค์ รหัสนักศึกษา 58010930 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหานลาดกระบัง ได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา ประจำปีการศึกษา 2561 กับทางบริษัท ฟอร์คอน จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมางานก่อสร้าง ณ โครงการอาคารวินิจฉัยโรคและพักผู้ป่วยโรงพยาบาลแม่สอดอินเตอร์เนชั่นแนล เป็นระยะเวลา 4 เดือน ทางบริษัทได้มอบหมายงานในตำแหน่ง Site Engineer ให้ดูแลควบคุมการก่อสร้าง รวมถึงงานสำนักงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง เช่น ถอดปริมาณงาน เขียน Shop Drawing ฯ ช่วงเวลาที่ข้าพเจ้าได้เข้าไปฝึกงานอยู่ในช่วงหลังการก่อสร้างเสาเข็มเจาะของโครงการแล้วเสร็จและกำลังจะเข้าสู่ขั้นตอนการก่อสร้างฐานราก ซึ่งงานก่อสร้างฐานรากเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการก่อสร้างอาคารเนื่องจากกรณีที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างที่ดีอาจจะส่งผลให้ฐานรากเกิดความเสียหายและไม่สามารถรับน้ำหนักตามที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงการซ่อมแซมฐานรากเป็นสิ่งที่ยากและต้องใช้องค์ความรู้มากมายในการเข้าตรวจสอบ ด้วยเหตุนี้ข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นความสำคัญในการก่อสร้างฐานรากจึงเลือกที่จะศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งขั้นตอนการก่อสร้าง เทคนิคการแก้ปัญหาหน้างานต่างๆ จากเอกสารที่เกี่ยวข้องและสอบถามการทำงานหน้างานจริงจากวิศวกรสนาม หัวหน้างาน รวมถึงบุคคลที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างดังกล่าว สุดท้ายได้จัดทำแบบฟอร์มควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างฐานรากเพื่อให้เกิดความสะดวกในการก่อสร้าง โดยหวังว่างานวิจัยและแบบฟอร์มดังกล่าวจะส่งผลให้การก่อสร้างฐานรากมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้