ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมโยธา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างอาคารระหว่างโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักกับโครงสร้างระบบเสา-คาน

Comparative Study of Construction Cost Between Load Bearing Wall System and Beam-column System

นามผู้วิจัย นายโชติพงษ์ จันทรนิมิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์สันติ ชินานุวัติวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภวุติ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ก่อโชค จันทวรางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างอาคารระหว่างระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักกับระบบโครงสร้างเสา-คาน

Comparative Study of Construction Cost Between Load Bearing Wall System and Beam-column System

โดย

นายโชติพงษ์ จันทรนิมิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรรมโยธา)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โชติพงษ์ จันทรนิมิ 2553: การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างอาคารระหว่างโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักกับโครงสร้างระบบเสา-คาน ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรรมโยธา) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สันติ ชินานุวัติวงศ์, Ph.D. 130 หน้า

ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อต้นทุนในงานก่อสร้างคือค่าวัสดุ ค่าแรง และระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งการก่อสร้างแต่ละวิธี และระบบของโครงสร้างที่เลือกใช้ มีผลกระทบต่อต้นทุนค่าก่อสร้างและระยะเวลาในการก่อสร้าง การเลือกระบบการก่อสร้างให้เหมาะสมกับขนาด และลักษณะของโครงการจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้างและระยะเวลาก่อสร้างจากวิธีการก่อสร้างคอนกรีตหล่อในที่กับคอนกรีตสำเร็จรูป และระบบเสา-คาน กับผนังรับน้ำหนัก โดยใช้แบบอาคารพักอาศัย ของกรมโยธาธิการและผังเมือง จำนวน 28 แบบที่มีความแตกต่างกัน โดยการออกแบบโครงสร้าง ใช้มาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) การคำนวณต้นทุนการก่อสร้าง ราคาวัสดุใช้ราคากลางของสำนักดัชนีเศรษฐกิจและพาณิชย์ ค่าแรงใช้ของกรมบัญชีกลาง ระยะเวลาการก่อสร้างใช้หลักการประมาณจากอัตราการทำงานต่อวัน และจากการเก็บข้อมูลจากสถานที่ก่อสร้างจริง

ผลการศึกษาพบว่าอาคารพักอาศัยขนาดตั้งแต่ 250 ตร.ม.ขึ้นไป ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักราคาค่าก่อสร้างถูกที่สุด รองลงมาคือระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสาคาน ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ และระบบเสาคานหล่อในที่ตามลำดับ เนื่องจากระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปจะประหยัดเรื่องแบบหล่อ และต้นทุนงานก่ออิฐฉาบปูนน้อยกว่าการทำผนังคอนกรีต สำหรับอาคารพักอาศัยขนาดตั้งแต่ 125-250 ตร.ม.ขึ้นไป ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักระยะเวลาการก่อสร้างน้อยที่สุด รองลงมาคือระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสาคาน ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ และระบบเสาคานหล่อในที่ตามลำดับ เนื่องจากชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้เวลาน้อยกว่าคอนกรีตหล่อในที่ และระยะเวลาในการก่ออิฐฉาบปูนมากกว่าการหล่อผนังคอนกรีต

_____ _____ __ / __ / __

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chotepong Chantaranimi 2010: Comparative Study of Construction Cost Between Load Bearing Wall System and Beam-column System. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Santi Chinanuwatwong, Ph.D. 130 pages.

Main factors that affect construction cost are material costs, labor costs and duration. Each construction method and structural system has an impact on construction costs and duration. Hence, choosing a suitable construction method and structural system for housing projects which have variation in size and characteristics are important. This research compares construction cost and duration of cast in place and cast insitu of beam-column and load bearing wall system. The study employed house's drawings from the Department of Public Works and Town and Country Planning, Ministry of Interior, Thailand. The drawings include 28 types of houses. In addition, to design the structure of these houses, each structural system was desigend by using working stress design method base on the Engineering Institute of Thailand standard (EIT). Cost estimation for each type of house was performed. Material costs were from Bureau of Trade and Economic, Ministry of Commerce, Thailand, labor costs referred to the guideline and procedure for preparation of bidding of The Comptroller General's Department of Thailand (CGD). Construction duration estimated from production rate by collecting data from real construction projects.

The result shows that, for houses larger than 250 sq.m., precast concrete load bearing wall yields least construction costs, followed by precast concrete beam-column, cast insitu concrete load bearing wall and cast insitu concrete beam-column system, respectively. The reason is that precast concrete has less cost than cast insitu concrete and masonry cost has less cost than concrete wall. For houses 125 to 250 sq.m., precast concrete wall yields least duration, followed by precast beam-column, cast in place concrete load bearing wall and cast insitu concrete beam-column system, respectively. The reason is that precast concrete has requires less time than cast insitu concrete and concrete wall requires less time than masonry wall.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ชินานุวัติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาสนับสนุนการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วยการกำหนดทิศทาง และปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนเป็นผู้ให้ความรู้ในการทำวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุติ มาลัยกฤษณะชลี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมซึ่งช่วยให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข และให้กำลังใจเสมือนญาติ รศ.วัชรินทร์ วิทยกุล ประธานการสอบ รศ.จิรพัฒน์ โชติกไกร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ที่อนุเคราะห์แบบบ้านเพื่อประชาชนที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ที่ขาดไปเลยมิได้คือ คำแนะนำ และกำลังใจจาก คุณเรืองรักข์ สุขอนันต์ทวี คุณอำนาจ ยานุวิริยะกุล และเพื่อนสนิทมิตรสหายทุกคนในหมวดวิชาวิศวกรรมบริหารการก่อสร้าง รหัส 49 ด้วยความซาบซึ้งยิ่ง

หากผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาก็ดี หรือจะใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติหรือปรับปรุงแก้ไขด้านต่างๆ ของการก่อสร้างก็ดี ขอมอบความดีแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอน และทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ทั้งผู้ที่กล่าวนามไว้ข้างต้นและผู้ที่มิได้กล่าวนาม

โชติพงษ์ จันทรนิมิ

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	51
อุปกรณ์	51
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	54
ผล	54
วิจารณ์	75
สรุปและข้อเสนอแนะ	77
สรุป	77
ข้อเสนอแนะ	78
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	80
ภาคผนวก	83
ภาคผนวก ก รายละเอียดเกี่ยวกับแบบบ้าน	84
ภาคผนวก ข รายละเอียดเกี่ยวกับการประมาณราคาจุดต่อก่อสร้าง	101
ภาคผนวก ค รายละเอียดเกี่ยวกับต้นทุนในหมวดงานต่างๆ	109
ภาคผนวก ง รายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ดัชนีราคาอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล 3 จังหวัด	1
2	ขอบเขตข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	7
3	ราคาต่อหน่วยของวัสดุสำหรับประมาณค่าก่อสร้าง	55
4	ค่าแรงต่อหน่วยสำหรับประมาณค่าก่อสร้าง	56
5	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก	56
6	ค่าก่อสร้างต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามหมวดหมู่งาน (บาทต่อตร.ม.)	58
7	อัตราการทำงานต่อวัน	62
8	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างรวม (วัน)	63
9	เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามกลุ่มอาคาร โดยโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่เป็นฐาน	65
10	เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างต้นทุนเฉลี่ย (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร โดยโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่เป็นฐาน	67
11	เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างระยะการก่อสร้าง จำแนกตามกลุ่มประเภทอาคาร	69
12	สรุปงานลด-เพิ่มระหว่างวิธีการก่อสร้างแบบต่างๆ กับวิธีเสา-คานหล่อในที่	70
13	สรุปข้อดี-ข้อเสียระหว่างวิธีการก่อสร้างแบบต่างๆ กับวิธีเสา-คานหล่อในที่	73

ตารางผนวกที่

ก1	รายการแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัย	84
ข1	การประมาณราคาจุดเชื่อมระหว่างแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป	103
ข2	การประมาณราคาอุปกรณ์ฝังเสริมพิเศษ	105
ข3	การประมาณราคารอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป	105
ข4	การประมาณราคาลานหล่อแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป	106
ค1	ค่าก่อสร้างของระบบเสา-คานหล่อในที่ จำแนกตามหมวดงาน(บาท)	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค2	ค่าก่อสร้างของระบบเสา-คานชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำแนกตามหมวดงาน(บาท)	111
ค3	ค่าก่อสร้างของระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ จำแนกตามหมวดงาน(บาท)	112
ค4	ค่าก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ผนังรับน้ำหนัก จำแนกตามหมวดงาน (บาท)	113
ค5	ร้อยละของผลต่างของต้นทุนเฉลี่ยต่อพื้นที่งานโครงสร้าง และสถาปัยกรรม ของแต่ละวิธี โดยเทียบกับข้อมูลฐาน	114
ค6	สรุปราคาต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามวิธีการก่อสร้าง	115
ค7	ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ของระบบโครงสร้างเสา-คานหล่อในที่	116
ค8	ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างเสา-คานชิ้นส่วนสำเร็จรูป	117
ค9	ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	118
ค10	ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่	119
ค11	ต้นทุนเฉลี่ยในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร	120
ง1	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่	126
ง2	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบเสา-คาน ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (วัน)	127
ง3	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบผนังรับ น้ำหนัก หล่อในที่ (วัน)	128
ง4	ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบผนังรับ น้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	129
ง5	สรุปผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้าง จำแนกตามกลุ่มประเภทอาคาร	130

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จำนวนหน่วยสิ่งก่อสร้างประเภทอาคารโรงเรือนที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง 2552	3
2	ขั้นตอนหลักของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป	23
3	การทำความสะอาด และเตรียมลานหล่อ	24
4	การทาน้ำยาทาแบบหล่อ	25
5	การวางเหล็ก และติดตั้งแบบหล่อ	25
6	การเทคอนกรีต	26
7	การแต่งผิวหน้าชิ้นส่วนผนัง	26
8	การกองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปบริเวณหน้างาน	27
9	หมุดปรับระดับ และเหล็กเดือย	28
10	การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป	29
11	การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป	30
12	การจัดลำดับการยกชิ้นส่วน	31
13	การตรวจสอบแนว และดิ่ง	31
14	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานหล่อผนัง	32
15	แบบหล่อผนัง	32
16	หล่อฐานรองแบบหล่อ (Kicker)	33
17	ตรวจสอบฐานรองแบบหล่อ	34
18	การเตรียมแบบหล่อก่อนการประกอบ	34
19	ตรวจสอบตำแหน่งของวงกบ	35
20	การทาน้ำยาทาแบบ	35
21	การติดตั้งเหล็กเสริมในผนัง	36
22	การติดตั้งแบบหล่อแล้วเสร็จพร้อมเทคอนกรีต	36
23	การเทคอนกรีตผนัง	37
24	หล่อคอนกรีตผนังแล้วเสร็จรอการตรวจสอบความเรียบร้อย	37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการประมาณราคา กับความคลาดเคลื่อนของราคา	40
26	ลักษณะกำหนดเวลาแบบแผนภูมิแท่ง	45
27	ลักษณะกำหนดเวลาแบบโครงข่าย วิถีวิกฤต	45
28	ลำดับ และขั้นตอนการทำการวิจัย	53
29	แผนภูมิแสดงราคารวมเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม	60
30	แผนภูมิแสดงราคาหมวดงานโครงสร้างเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม	60
31	แผนภูมิแสดงราคาหมวดสถาปัตยกรรมเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม	61
32	แผนภูมิแสดงระยะเวลาการก่อสร้างรวม	64
33	แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างราคารวมเฉลี่ย	65
34	แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างหมวดงานโครงสร้าง	66
35	แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างหมวดงานสถาปัตยกรรม	66
36	แผนภูมิแสดงสัดส่วนของต้นทุนในแต่ละหมวดงาน	68
37	แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างระยะเวลาการก่อสร้างรวมเฉลี่ย	69

ภาพผนวกที่

ก1	บ้านผู้ประสบภัย 2	87
ก2	บ้านแบบประหยัด 1	87
ก3	บ้านแบบประหยัด 2	88
ก4	บ้านแบบประหยัด 3	88
ก5	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	89
ก6	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	89
ก7	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	90
ก8	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	90
ก9	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 2 ชั้น	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก10	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 3 ชั้น	91
ก11	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 4 ชั้น	92
ก12	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 2 ชั้น	92
ก13	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 3 ชั้น	93
ก14	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 4 ชั้น	93
ก15	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 2 ชั้น	94
ก16	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 3 ชั้น	94
ก17	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 4 ชั้น	95
ก18	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น	95
ก19	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 3 ชั้น	96
ก20	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 4 ชั้น	96
ก21	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1	97
ก22	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 2	97
ก23	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 3	98
ก24	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 4	98
ก25	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 5	99
ก26	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 6	99
ก27	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 7	100
ก28	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 8	100
ข1	จุดเชื่อมระหว่างแผ่นสำเร็จรูป	102
ข2	อุปกรณ์ฝังเสริมพิเศษ	104
ข3	รอยต่อระหว่างแผ่นสำเร็จรูป	104
ข4	ลานหล่อแผ่นสำเร็จรูป	106
ข5	แบบหล่อผนังรับน้ำหนักภายในอาคาร	107
ข6	แบบหล่อผนังรับน้ำหนักริมนอกอาคาร	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง1	ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเสา-คาน หล่อในที่ของแบบที่ 11	122
ง2	ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยโครงสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คานของแบบที่ 11	123
ง3	ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักของแบบที่ 11	124
ง4	ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ของแบบที่ 11	125

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างอาคารระหว่างโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักกับโครงสร้างระบบเสา-คาน

Comparative Study of Construction Cost Between Load Bearing Wall System and Beam-Column System

คำนำ

เนื่องจากปัจจุบัน โครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศเข้าสู่สภาวะอุตสาหกรรม และการบริการชุมชนเมืองได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว อีกทั้งประชากรจากชนบทเข้าสู่เมืองมากขึ้น เป็นเหตุให้ปริมาณความต้องการที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่ ส่งผลต่อดัชนีราคาอสังหาริมทรัพย์ให้ปรับตัวเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ประชากรที่อยู่ในวัยเริ่มทำงาน และผู้ที่มีรายได้น้อยได้เพิ่มขึ้น จากข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ เดือนธันวาคม พ.ศ.2552 โดยจะทำการสำรวจ 4 รอบต่อปี (รายไตรมาส) ซึ่งปรากฏว่าปัจจุบันประเทศไทยมีประชากรประมาณ 67.07 ล้านคน อยู่ในช่วงวัยพร้อมทำงานประมาณ 37.8 ล้านคน เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันในปี พ.ศ.2551พบว่าเพิ่มขึ้นประมาณ 8 แสนคนหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3 ดังนั้นอุตสาหกรรมก่อสร้างที่พักอาศัยจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ และอุปสงค์ยังคงมีอยู่ในระดับที่สูงตลอด (ภาพที่ 1) เป็นที่สนใจของนักธุรกิจ และนักลงทุนเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ปัจจุบันภาครัฐมีนโยบายให้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยแก่ข้าราชการ รัฐวิสาหกิจเป็นสวัสดิการอีกด้วย ยิ่งทำให้อุตสาหกรรมก่อสร้างอาคารพักอาศัยเติบโต และมีความน่าสนใจในการลงทุนมากขึ้น

ตารางที่ 1 ดัชนีราคาอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล 3จังหวัด[*1]

ปี		ที่ดิน			บ้านเดี่ยวพร้อมที่ดิน			ทาวน์เฮ้าส์พร้อมที่ดิน		
		ดัชนี[*2]	ΔQoQ[*3]	ΔYoY[*4]	ดัชนี	ΔQoQ	ΔYoY	ดัชนี	ΔQoQ	ΔYoY
2550	ไตรมาส 1	163.90	0.10%	4.10%	159.50	-1.20%	0.40%	151.20	-0.10%	2.20%
	ไตรมาส 2	166.40	1.53%	2.70%	161.00	0.94%	0.20%	152.70	1.00%	1.30%
	ไตรมาส 3	171.00	2.76%	4.70%	163.80	1.74%	2.60%	155.30	1.70%	3.10%
	ไตรมาส 4	175.30	2.51%	7.00%	163.50	-0.18%	1.20%	156.60	0.80%	3.40%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปี		ที่ดิน			บ้านเดี่ยวพร้อมที่ดิน			ทาวน์เฮ้าส์พร้อมที่ดิน		
		ดัชนี[*2]	Δ_{QoQ}[*3]	Δ_{YoY}[*4]	ดัชนี	Δ_{QoQ}	Δ_{YoY}	ดัชนี	Δ_{QoQ}	Δ_{YoY}
2551	ไตรมาส 1	174.50	-0.46%	6.47%	157.80	-3.49%	-1.07%	154.80	-1.15%	2.38%
	ไตรมาส 2	181.40	3.95%	9.01%	160.30	1.58%	-0.43%	156.40	1.03%	2.42%
	ไตรมาส 3	181.20	-0.11%	5.96%	161.30	0.62%	-1.53%	155.60	-0.51%	0.19%
	ไตรมาส 4	183.70	1.38%	4.79%	161.30	0.00%	-1.35%	158.00	1.54%	0.89%
2552	ไตรมาส 1	187.60	2.12%	7.51%	165.10	2.36%	4.63%	160.20	1.39%	3.49%
	ไตรมาส 2	184.40	-1.71%	1.65%	160.20	-2.97%	-0.06%	154.60	-3.50%	-1.15%
	ไตรมาส 3	178.90	-2.98%	-1.27%	150.20	-6.24%	-6.88%	151.00	-2.33%	-2.96%
	ไตรมาส 4	184.80	3.30%	0.60%	154.90	3.13%	-3.97%	153.90	1.92%	-2.59%

หมายเหตุ 1) ดัชนีราคาที่อยู่อาศัยนี้ เดิมธนาคารแห่งประเทศไทยเป็นผู้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ (Methodology) และจัดทำมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2534 เป็นปีฐาน ต่อมาได้โอนงานการจัดทำดัชนีมาให้ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ดำเนินการต่อตั้งแต่ไตรมาส 2 ปี 2549

2) ดัชนีราคาที่อยู่อาศัยระดับราคาปานกลางถึงราคาถูก

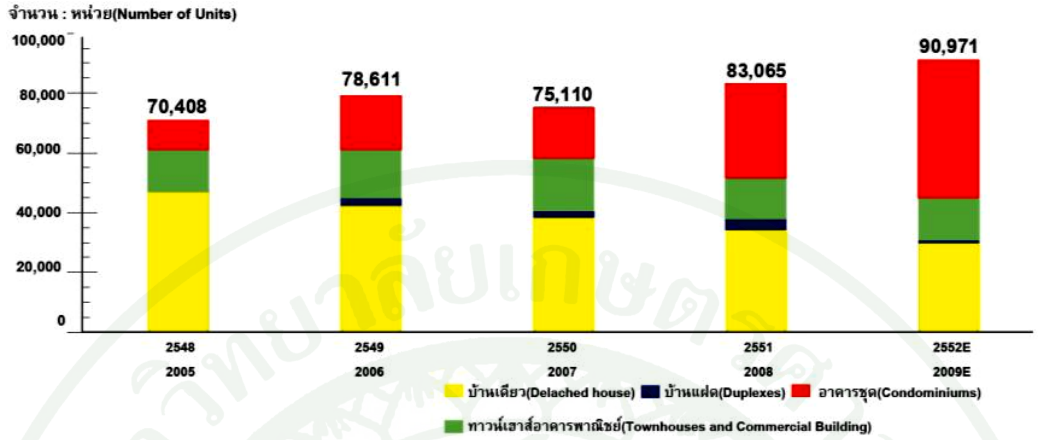
3) Δ_{QoQ} ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไตรมาสที่ผ่านมา

4) Δ_{YoY} ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไตรมาสเดียวกันของปีก่อน

5) ปรับปรุงข้อมูล ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2553

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 จำนวนหน่วยสิ่งก่อสร้างประเภทอาคารโรงเรือนที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง 2552

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ (2553)

ธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เป็นธุรกิจที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นการที่จะประสบความสำเร็จในอุตสาหกรรมนี้ จำเป็นต้องมีฐานลูกค้าที่กว้าง และสามารถตอบสนองความต้องการที่มีความหลากหลาย ทั้งกลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้มากและน้อย กลยุทธ์ด้านการจัดการต้นทุนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้ประกอบการ และผู้รับเหมามีความสามารถในการแข่งขันด้านราคาขาย ทำให้ได้ส่วนแบ่งการตลาด (Market share) จากผู้ค้ารายอื่นได้ การพิจารณาสรรหาวิธีการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น และประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะเป็นการเพิ่มผลกำไรแก่องค์กรแล้ว ยังสามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าทั้งในระดับกลางและล่างได้มากยิ่งขึ้น การก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication system) จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยสำหรับอนาคต

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้าง หรือหาวิธีการที่จะทำให้ต้นทุนของการก่อสร้างลดลงโดยยังคงคุณภาพที่ดี จากเดิมที่นิยมใช้วิธีการหล่อเสา-คาน-พื้นในที่ (Conventional system) เป็นวิธีการก่อสร้างอาคารพักอาศัยด้วยระบบผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall) ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้ประกอบการกำลังให้ความสนใจ เนื่องจากสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าการก่อสร้างในระบบเดิม และการนำเอาวิธีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนวกเข้าด้วยกันยิ่งทำให้สามารถควบคุมคุณภาพได้ง่าย และดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังลดปัญหาด้านขาดแคลนแรงงานหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขาดความชำนาญ ทั้งนี้วิธีการก่อสร้างทั่วไป พบว่าปัญหาด้านแรงงานก่อสร้างยังคงต้องพึ่งพาแรงงานที่มาจากชนบทเป็นหลัก ซึ่งส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร เมื่อหมดฤดูทางการเกษตร ก็จะเข้าสู่เมืองใหญ่เพื่อมาประกอบอาชีพรับจ้างก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ การทำงานจะอาศัยประสบการณ์เป็นหลัก บางครั้งหรือบางลักษณะงาน คุณภาพของงานอาจไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ทางเจ้าของต้องการ อีกทั้งเมื่อถึงฤดูในการทำเกษตรกรรมก็จะพากันอพยพกลับ ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ส่งผลให้งานก่อสร้างล้าช้าได้

จากการศึกษาเอกสารทางวิชาการต่างๆพบว่า โครงการพัฒนาที่อยู่อาศัยในปัจจุบันผู้ประกอบการส่วนใหญ่ได้นำระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบเสา-คาน หรือ ระบบผนังรับน้ำหนักก็ดี ด้วยสาเหตุที่สามารถก่อสร้างได้เร็วขึ้น กอปรกับผู้อยู่อาศัยเริ่มมีความเข้าใจ และยอมรับในความแข็งแรงของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากขึ้น แต่ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปนี้โดยมากมีความเข้าใจกันทั่วไปว่าต้องใช้เงินลงทุนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นปัจจัยประการหนึ่งสำหรับผู้รับเหมารายย่อย เป็นเหตุให้ไม่กล้าที่จะลงทุน ทำให้การก่อสร้างของระบบนี้จำกัดอยู่ที่ผู้รับเหมาที่มีเงินทุนมากพอ และปัจจัยที่สำคัญอีกประการคือ การก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตระบบผนังรับน้ำหนัก ยังขาดแนวทางในการบริหารจัดการระบบที่ชัดเจน ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหา คุณภาพของชิ้นส่วนต่ำกว่ามาตรฐาน ค่าใช้จ่ายของโครงการเกินงบประมาณที่ตั้งไว้ จากงานวิจัยในอดีตยังไม่ได้ลงลึกในประเด็นของจำนวนวัสดุ และปริมาณอย่างแท้จริง เป็นเพียงการนำเอาบัญชีรายการวัสดุ (Bill of quantity) ที่ทางผู้รับเหมาจัดเตรียมประกวดราคามาอ้างอิงซึ่งได้แฝงค่าดำเนินการ และกำไรบ้างส่วนเข้าไว้ อีกทั้งการออกแบบทางโครงสร้างเพื่อนำเอาแบบสำหรับก่อสร้างมาวิเคราะห์ก็มิได้ใช้มาตรฐานเดียวทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริง ดังนั้นการชี้แจงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลความสำเร็จของการก่อสร้าง และสามารถหาต้นทุนในการดำเนินการ และองค์ประกอบต่างๆในการผลิต นำข้อมูลมาเปรียบเทียบให้เห็นถึงข้อดี และข้อเสียต่างๆที่ชัดเจน ก็จะสามารถช่วยให้ผู้รับเหมาที่มีขนาดเล็กสามารถนำระบบนี้มาใช้ และวิเคราะห์ต้นทุน และวางแผนในการก่อสร้างได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการก่อสร้างเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักกับอาคารพักอาศัยโครงสร้างระบบเสาและคานทั้งวิธีการหล่อในที่และชิ้นส่วนสำเร็จรูป อีกทั้งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้นทุนการก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับขนาด และลักษณะของโครงการต่างๆ ศึกษาปัญหา อุปสรรค ตลอดจนความสูญเสีย (Waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและก่อสร้าง รวมทั้งวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของการนำวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูประบบต่างๆ มาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางในการลงทุนหรือนำข้อมูลไปใช้ให้ก่อประโยชน์แก่ผู้ประกอบการในอนาคตได้ โดยแบ่งวัตถุประสงค์หลักเป็น 3 ข้อคือ

1. ศึกษากระบวนการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก และโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเสา-คานทั้งวิธีการหล่อในที่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2. เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง และระยะเวลาก่อสร้างของระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักทั้งวิธีการหล่อในที่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยใช้ระบบโครงสร้างเสา-คานหล่อในที่เป็นข้อมูลฐาน

3. ศึกษา และวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรค ข้อจำกัด และความสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตจนถึงขั้นตอนการประกอบติดตั้งชิ้นส่วน

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการทำวิจัยดังนี้

1. โครงการที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นแบบบ้านเพื่อประชาชน ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ที่มีรูปแบบที่ต่างกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 2 เป็นกรณีศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working stress design) ตามมาตรฐานการออกแบบและข้อกำหนดของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และการออกแบบแบบหล่อจะใช้มาตรฐานการออกแบบของ ACI.

3. การวิเคราะห์ต้นทุนราคาค่าก่อสร้าง ในส่วนของราคาค่าวัสดุก่อสร้าง ใช้ราคาวัสดุส่วนกลาง ของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ประจำปี พ.ศ. 2552 เป็นราคาที่ใช้อ้างอิง และค่าแรงที่นำมาจากประกาศค่าแรงขั้นต่ำ ประจำปี 2552 ประกอบกับแนวทาง วิธีปฏิบัติ และแนวทางประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง ประจำปี พ.ศ. 2550

4. ต้นทุนการก่อสร้างอาคารระบบเสา-คานหล่อในที่ ใช้บัญชีรายการวัสดุ (Bill of quantity) ตามกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ที่แนบมาพร้อมแบบก่อสร้าง โดยปรับเปลี่ยนราคาต่อหน่วย (Unit price) โดยใช้เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ต้นทุนการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก

5. ข้อมูลที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการตั้งโรงหล่อชั่วคราวเพื่อผลิตชิ้นส่วนในสถานที่ก่อสร้าง และในส่วนของการวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรค ข้อจำกัด และความสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตจนถึงขั้นตอนการประกอบติดตั้งชิ้นส่วน จะใช้วิธีการเก็บข้อมูล สอบถาม หรือ สัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่ใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

6. งานวิจัยจะเปรียบเทียบต้นทุนเฉพาะหมวดโครงสร้าง และสถาปัตยกรรมเท่านั้น โดยมีองค์ประกอบมาจากค่าแรง และค่าวัสดุ(Direct costs) ซึ่งไม่รวมค่าดำเนินการในสนาม (Indirect costs)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ขอบเขตข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	รายการ	จำนวนแบบ
1	แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 1 บ้านไทยช่วยไทย	4
2	แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทย	4
3	แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 3 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย	12
4	แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 4 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข	8
	รวม	28

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สรุป และข้อเสนอแนะที่จะนำไปสู่แนวคิดในการพัฒนาการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ที่จะนำมาใช้กับลักษณะอาคารรูปแบบต่างๆได้อย่างถูกต้องต่อไปในอนาคต

2. ได้ทราบถึงแนวคิด ปัจจัยที่สำคัญ และขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การออกแบบ การผลิต การประกอบติดตั้งชิ้นส่วน ทรัพยากรที่ใช้ ต้นทุนค่าก่อสร้าง ระยะเวลาในขั้นตอนต่างๆ ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการนำระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตรับน้ำหนักมาใช้

3. บทวิเคราะห์เปรียบเทียบ และแนวทางที่ช่วยในการตัดสินใจพิจารณาเลือกรูปแบบระบบการก่อสร้างอาคารพักอาศัย ให้มีความเหมาะสมกับโครงการให้สอดคล้องกับระบบการออกแบบโครงสร้างที่ใช้ และขนาดของโครงการก่อสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. นิยามและความหมายของการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารนั้นมีอยู่หลากหลาย เทคนิคการก่อสร้างที่ใช้วิธีการหล่อชิ้นส่วนต่างๆขององค์อาคารแล้วเสร็จนั้น นำมาประกอบกันเพื่อให้ได้ระบบโครงสร้างของอาคาร ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ปัจจุบันนิยมใช้กัน ตัวอย่างของงานที่ใช้ระบบนี้ก็มีให้ได้พบเห็นกันอยู่ดาษดื่น โดยทั่วไปมักจะเรียกเทคนิคหรือวิธีการนี้ว่า การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabricated construction system) หมายถึงการนำโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคารที่ทำสำเร็จรูปไว้แล้ว มาประกอบรวมกันเข้าเป็นอาคาร หรือเทคนิคการก่อสร้างใดๆก็ตามที่ยึดหลักกรรมวิธีการผลิตตามแนวระบบอุตสาหกรรม ตามหลักการของระบบนี้ โครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ เช่น เสา คาน พื้น จะผลิต หรือทำสำเร็จมาจากโรงงาน แล้วนำมาเชื่อมติดกันเป็นตัวอาคาร ณ ที่ก่อสร้าง (โสภณ, 2520)

ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Precast reinforced concrete) หมายถึงชิ้นส่วนของอาคาร อันได้แก่ชิ้นส่วนผนัง พื้น เสา และคาน เป็นต้น ซึ่งหล่อเป็นคอนกรีตโดยมีการเสริมเหล็กเพื่อรับแรงกระทำตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม ทั้งนี้การหล่อชิ้นส่วนอาจทำในสถานที่ใดๆ ก็ได้ เช่น หล่อจากโรงงาน หรือบริเวณสถานที่ก่อสร้าง

ระบบผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall system) หมายถึงระบบการก่อสร้างที่ใช้ผนังเป็นโครงสร้างหลักในการรับน้ำหนักบรรทุกของอาคารแทนการใช้เสา และคานในการรับน้ำหนัก และทำหน้าที่เป็นฉากกั้นแบ่งส่วนต่างๆของพื้นที่

ดังนั้นความหมายโดยรวมของ การก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป คือวิธีการก่อสร้างโดยการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กจากแบบหล่อที่ประกอบขึ้นตามรูปแบบที่ต้องการโดยแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ขององค์อาคาร ซึ่งชิ้นส่วนนั้นอาจจะเป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลัก หรือเป็นส่วนประกอบของอาคาร (โครงสร้างทางสถาปัตยกรรม) ก็ได้โดยการผลิตอาจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตชิ้นส่วนในโรงงานหรือในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง แล้วนำมาประกอบติดตั้งเป็นโครงสร้างของอาคาร และส่วนประกอบของอาคารในหน่วยงานก่อสร้าง โดยอาศัยอุปกรณ์ยกที่เหมาะสม

2. แนวความคิดการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเมื่อพิจารณาถึงเทคนิคต่างๆของการก่อสร้างอาคารจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันมากมายหลายระบบ แต่มีหลักใหญ่อยู่เพียงการจัดแยกชิ้นส่วนโครงสร้างว่าแยกกันในลักษณะใด รูปใด และจะประกอบติดกันเป็นอาคารด้วยวิธีใด การจำแนกรูปแบบของการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จสามารถจำแนกได้หลากแบบ โดยอาจจำแนกจากลักษณะการก่อสร้าง ชนิดของโครงสร้าง หรือรูปแบบชิ้นส่วนประกอบ

2.1 แบ่งตามลักษณะการก่อสร้าง (มั่น, 2520)

เมื่อแบ่งตามลักษณะการก่อสร้างจะได้ 2 ลักษณะหลักๆ คือการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป และแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.1.1 การก่อสร้างแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป (Semi prefabrication) การก่อสร้างวิธีนี้มีแนวความคิดที่จะพยายามผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเฉพาะที่มีจำนวนซ้ำมาก ๆ หรือทำในหน่วยงานก่อสร้างยาก โดยนำไปผลิตในระบบโรงงานเพื่อลดต้นทุน และระยะเวลาในการก่อสร้างเป็นหลัก

ส่วนชิ้นส่วนอาคารที่เป็นงานเล็กๆน้อยๆ หรืองานที่ทำได้ยากในโรงงาน หรือมีรายละเอียดการติดตั้งที่ซับซ้อนจะถูกดัดแปลงให้เป็นแรงงานที่ทำในหน่วยงานก่อสร้างหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง วิธีการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูปมีแนวคิดมุ่งเน้นให้โรงงานเป็นตัวตัดสินใจ ถ้าชิ้นส่วนใดที่โรงงานทำได้ราคาถูกเร็ว และไม่ยุ่งยาก ก็จะทำชิ้นส่วนนั้นจากโรงงาน ถ้างานที่ซับซ้อนยุ่งยากสำหรับโรงงาน ก็ตัดปัญหาให้เป็นภาระของหน่วยงานก่อสร้าง ซึ่งก็สามารถทำได้เพราะปกติหน่วยงานก็ต้องทำอยู่แล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้วิธี การก่อสร้างแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป ยังเป็นวิธีที่ทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพ (Stability) ดีกว่าระบบ การก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ฉะนั้นวิธีการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป จึงมีความหลากหลายมาก

2.1.2 การก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Fully prefabrication) ด้วยแนวคิดที่พยายามลดงาน และความยุ่งยากในการควบคุมคุณภาพของการเทคอนกรีตในหน่วยงานก่อสร้างไปทำงานในโรงงานซึ่งมีสภาพการทำงานที่ดีกว่า ทำให้คุณภาพงานดีกว่า ใช้เครื่องมือ และเครื่องจักรแทนแรงงานคนได้มากขึ้น ลดปัญหาอันเนื่องมาจากแรงงานได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมดจากโรงงาน แล้วนำมาประกอบเป็นอาคารที่หน่วยงาน การประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนเป็นแบบแห้ง (Dry process) การก่อสร้างจึงรวดเร็วไม่ต้องรออายุคอนกรีต

2.2 แบ่งตามรูปแบบของชิ้นส่วนที่ประกอบ (ไตรรัตน์, 2545)

2.2.1 ระบบชิ้นส่วนสำเร็จแบบเปิด (Open System) การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ ซึ่งมีการผลิตออกจำหน่ายอยู่แล้วในท้องตลาด (ตลาดเปิด) และมิได้ออกแบบเฉพาะเจาะจงไว้สำหรับที่จะใช้กับระบบอันใดอันหนึ่งของอาคาร อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องให้ชิ้นส่วนสำเร็จนั้นๆ ใช้ได้กับระบบที่มีรูปทรงเรขาคณิตแบบปกติธรรมดา ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถสับเปลี่ยนประกอบเป็นรูปแบบใหม่ได้ตามต้องการ มีความยืดหยุ่นในการออกแบบ และประกอบติดตั้งมาก

2.2.2 ระบบชิ้นส่วนสำเร็จแบบปิด (Closed System) ในการผลิตนั้น มักมุ่งเน้นการผลิตไปที่ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ และขอบเขตของรูปแบบนั้นมีข้อจำกัดในการออกแบบสูงมาก และต้องมีการผลิตออกมาเป็นจำนวนมากๆ ระบบนี้ออกแบบไว้สำหรับอาคารที่ต้องการประโยชน์ใช้สอยเฉพาะเจาะจงไว้สำหรับที่จะใช้กับระบบอันใดอันหนึ่งของอาคาร ชิ้นส่วนต่างๆ มักถูกผลิตจากโรงงานแล้วทั้งนั้น ความประหยัดทางด้านเศรษฐกิจของระบบนี้อาจจะเป็นไปได้ ถ้าการสร้างอาคารมีจำนวนที่มากพอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 แบ่งตามระบบโครงสร้าง (มั่น, 2520)

2.3.1 โครงสร้างระบบเสา และคาน (Conventional frame structures)

การก่อสร้างโครงสร้างอาคารที่มีรูปแบบค่อนข้างทั่วไปกล่าวคือ มีพื้น คาน และเสา ก็อาจใช้วิธีหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเฉพาะส่วน เช่น พื้น คาน เสา และผนัง ซึ่งการผลิตในโรงงานอาจเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา หรือคอนกรีตอัดแรงธรรมดาก็ได้ ชิ้นส่วนประเภทนี้มักจะมีขนาดไม่ใหญ่นัก และน้ำหนักไม่มาก การติดตั้งจึงใช้เครื่องจักรเป็น รถปั้นจั่นเคลื่อนที่ (Mobile crane) หรือ ปั้นจั่นหอสูง (Tower crane) ได้

ชนิดของรอยต่อ (Connection) จะมีรายละเอียดง่ายๆ และโดยมากมักจะมีการเทคอนกรีตเป็นแบบเปียก (Wet process) อยู่ด้วย การค้ำยันชั่วคราว (Temporary support) จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับรองรับโครงสร้างชั่วคราว เพื่อรออายุคอนกรีตที่หล่อ ณ หน่วยงานก่อสร้าง

2.3.2 โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall structure)

เป็นลักษณะโครงสร้างที่เอื้ออำนวยต่อการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากที่สุด ด้วยเหตุที่ชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนักเป็นทั้งกำแพงกั้นห้อง และโครงสร้างรับน้ำหนักของอาคาร อีกทั้งเป็นการกระจายชิ้นส่วนรับน้ำหนักจากระบบเดิมที่เป็นจัด (ถ่ายแรงผ่านเสา) ออกไปเป็นบริเวณกว้างตามแนวกำแพง ทำให้รายละเอียดการต่อชิ้นส่วนง่ายขึ้น และทุกส่วนของโครงสร้างสามารถผลิตเป็นชิ้นส่วนได้ การก่อสร้างอาคารชนิดนี้ อาจมีวิธีได้ต่างๆกันดังนี้

ก. ผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ (Cast-in-place bearing wall) วิธีนี้เป็นทางเลือกที่ง่ายที่สุด กล่าวคือ เป็นการเลือกเอาจุดเด่นของการผลิตผนังสำเร็จรูปในโรงงานที่สามารถทำให้ง่าย ราคาถูก มาผสมกับจุดเด่นของการเทคอนกรีตหล่อในที่ของผนังรับน้ำหนัก ที่ง่าย และถูก เช่นเดียวกันทำให้สามารถขจัดปัญหารายละเอียดรอยต่อ และได้ผลงานที่เร็วและเรียบร้อย อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีจุดอ่อนอยู่ที่ต้องใช้แรงงานในหน่วยก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพมากกว่า การตั้งแบบ และเทคอนกรีตผนังรับน้ำหนักจะต้องดีมาก มิฉะนั้นจะต้องมีงานตกแต่งผนังเพิ่มขึ้นมาอีก สำหรับผนังของส่วนที่ไม่ได้รับน้ำหนักก็อาจเป็นคอนกรีตสำเร็จรูปหรือเป็นผนังเบา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. ผิวผนัง 2 ชั้นรับน้ำหนักหล่อสำเร็จรูป (Precast double (skin) wall) เป็นวิธีการก่อสร้างโดยผลิตผนังรับน้ำหนักเป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ทำให้แก้ปัญหาความเรียบร้อยของผิวผนังได้ดี แต่ถ้าเป็นแผ่นผนังตันก็จะมีปัญหาต้องออกแบบรอยต่อ (Joint detail) ให้ดี เพื่อถ่ายน้ำหนักของอาคารทางแนวดิ่งผ่านแผ่นผนังสำเร็จรูป ตลอดความสูงของอาคาร วิธีการแก้ปัญหาของรอยต่อได้ดีก็คือ การหล่อคอนกรีตที่หน่วยก่อสร้างเพียงบางส่วนฉะนั้นผนังชนิดนี้จะมีเฉพาะผิวนอกเป็นคอนกรีตหนา 4-5 เซนติเมตร และเว้นช่องตรงกลางเพื่อเทคอนกรีตลงไปได้ ณ หน่วยงานก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างพิเศษที่จะทำให้สามารถผลิตผนัง 2 ชั้นระบบนี้ได้คือจะต้องมีโครงเหล็กถัก (Alpha truss) ซึ่งโครงสร้างเหล็กจะช่วยยึดให้ผนังคงสภาพอยู่ได้ตลอดการขนส่งและติดตั้ง อีกทั้งรับแรงดันของคอนกรีตที่เทเข้าไปในผนังได้อย่างดี

ค. ผนังบล็อกประสาน (Masonry) เป็นก้อนบล็อก หรือเป็นแผ่นที่มีขนาดเที่ยงตรง ทำให้สามารถก่อสร้างบ้านในลักษณะผนังรับน้ำหนักได้อย่างรวดเร็ว จุดเด่นที่มีน้ำหนักเบาเพียงร้อยละ 35 ถึง 50 ของคอนกรีตปกติ ทำให้ใช้แรงงานน้อยลง และใช้เครื่องจักรน้อยลง แต่เนื่องจากคอนกรีตเบามีความแข็งแรงเพียงร้อยละ 20 ของคอนกรีต ทำให้สามารถก่อสร้างอาคารได้สูงเพียง 3 ถึง 4 ชั้นเท่านั้น

ง. แผ่นโครงเคร่า (Stud frame panel) วิธีการลดค่าก่อสร้างบ้านพักอาศัยนอกจากจะลดค่าแรงงาน และค่าจัดการบริหารแล้ว อีกทางหนึ่งอาจใช้วิธีลดที่ตัววัสดุก่อสร้างโดยตรงซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหลัก ถ้าหากลดตัวนี้ก็จะสามารถลดต้นทุนได้มาก ดังนั้นจึงมีการลดการใช้คอนกรีตผนังให้บางลง และยังเป็นการลดน้ำหนักของโครงสร้างโดยตรงอีกด้วย แต่เนื่องจากผนังคอนกรีตที่บางมาก ๆ จะไม่สามารถเป็นโครงสร้างที่ดีได้ จึงต้องมีโครงเหล็กเป็นโครงสร้างแทนโดยหลักการของโครงเคร่าจะมีโครงสร้างเหล็กเป็นตัวหลัก ส่วนวัสดุปิดทับอาจจะเป็นคอนกรีต หรือกระเบื้องกระดาษก็ได้แล้วแต่ความต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ข้อควรคำนึง และหลักการออกแบบโครงสร้าง

3.1 ข้อควรคำนึงถึงในการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เนื่องจากระบบงานโครงสร้างแบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ เป็นการก่อสร้างแบบแยกส่วนของอาคารไปหล่อหรือผลิต แล้วจึงนำมาประกอบกับในสถานที่ก่อสร้าง ดังนั้นขบวนการผลิต และการออกแบบโครงสร้างจะแตกต่างจากการออกแบบหล่อในที่

การพิจารณาเพื่อการออกแบบ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบโครงสร้างสำหรับการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ และระบบบริหารการเงินของโครงการ เนื่องจากการใช้ระบบ ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะสามารถทำให้ควบคุมขั้นตอน และเวลาการก่อสร้างให้เป็นไปตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ระบบโครงสร้างใหม่ที่ได้จะยังคงรูปแบบทางสถาปัตยกรรม โครงสร้างยังมีความแข็งแรงปลอดภัยเท่าเดิมหรือมากกว่า และโครงสร้างยังคงคุณสมบัติของการใช้งานเหมือนเดิม นอกจากนี้การออกแบบและพัฒนาที่ดีจะนำไปสู่โครงสร้างที่ประหยัดทั้งทางด้านวัสดุ การใช้แรงงาน เวลาในการก่อสร้าง และโครงสร้างที่ได้มีคุณภาพงานที่ดีกว่า (วรรณิสสร, 2540)

การพิจารณาเพื่อการออกแบบโครงสร้างสำหรับระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อให้ประสบความสำเร็จ นั้นประกอบไปด้วย

3.1.1 การวางแผนล่วงหน้า

เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามเป้าหมายทั้งด้านเวลา ราคา และคุณภาพ ผู้ดำเนินการทั้งผู้ออกแบบ สถาปนิก วิศวกร และผู้รับเหมาก่อสร้าง จะต้องร่วมมือกันเตรียมงานโดยมีการวางแผนล่วงหน้าอย่างดีทั้งการวางแผนล่วงหน้าเพื่อการออกแบบ และการวางแผนล่วงหน้าเพื่อการก่อสร้าง

ในส่วนของการวางแผนล่วงหน้าเพื่อการออกแบบ ผู้ออกแบบทั้งสถาปนิกและวิศวกร ต้องประสานงานกับทางฝ่ายผู้รับเหมาก่อสร้าง ได้แก่ ฝ่ายผลิตแผ่นผนังคอนกรีต ฝ่ายยกแผ่นระหว่างหล่อแผ่น ฝ่ายกองเก็บแผ่น ฝ่ายขนส่ง และฝ่ายติดตั้งสำหรับการวางแผนล่วงหน้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อการก่อสร้างจะต้องมีการประสานงานกันอย่างดีระหว่าง ฝ่ายควบคุมการผลิต และติดตั้งเพื่อให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ

3.1.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับการออกแบบผนังสำเร็จรูป

ในการออกแบบผนังสำเร็จรูปข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาก่อนทำการวิเคราะห์ และออกแบบคือ การประกอบเป็นโครงสร้างของชิ้นส่วนแผ่น ขนาดกว้างยาวสูงสุดที่เป็นไปได้ของแผ่น ข้อจำกัดของการยกแผ่น รายละเอียดของรอยต่อ ขั้นตอนการก่อสร้าง การหล่อและติดตั้ง ในส่วนของการประกอบเป็นโครงสร้างของชิ้นส่วนแผ่นนั้นทางผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในระหว่างก่อสร้างด้วยเพื่อให้โครงสร้างที่เป็นอยู่ในระหว่างที่ยังติดตั้ง และประกอบไม่เสร็จสมบูรณ์มีความแข็งแรงมั่นคงเพียงพอ

3.1.3 การพิจารณาเสถียรภาพของโครงสร้าง

การพิจารณาเลือกเทคโนโลยีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงเสภียรภาพ และความแข็งแรงของโครงสร้าง ทั้งในระยะสั้น และระยะยาวดังนี้

ก. ในระหว่างการก่อสร้าง (Construction phase) โครงสร้างที่ออกแบบ และขั้นตอนการติดตั้ง และประกอบจุดร้อยต่อ จะต้องทำให้โครงสร้างที่มีเสถียรภาพเพียงพอไม่ล้มลงหรือพังทลายโดยง่าย ทั้งนี้อาจใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วยค้ำชั่วคราวขณะการก่อสร้าง

ข. ในระยะยาว (Long-term condition) โครงสร้างจะต้องมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และความสั่นสะเทือนจากแรงต่างๆในระดับหนึ่งที่มีการกำหนดไว้ตลอดอายุการใช้งาน

ค. การดัดแปลงในภายหลัง (Later modification) อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป ย่อมมีขีดจำกัดทำให้ในการดัดแปลงอาคารในระยะหลังจากการก่อสร้างยุ่งยาก ทั้งจุดต่อของชิ้นส่วนควรมีการออกแบบให้สามารถรับกำลังเผื่อการดัดแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และต่อเติม หรืออาจกำหนดจุดที่สามารถให้มีการต่อเติมในบางตำแหน่งเช่น เผื่อการเจาะผนังกั้นห้อง โดยให้ผนังภายในอาคารเป็นผนังที่ไม่ได้รับน้ำหนัก หรือโครงสร้างหลัก

ง. กลไกการพังทลายที่เป็นไปได้ (Possible failure mechanism) การออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึงว่า กลไกการพังทลายจะเกิดในรูปแบบหรือลักษณะใด หากชิ้นใดชิ้นส่วนหนึ่งแตกหัก นอกจากนี้ต้องพิจารณาว่าในระหว่างการก่อสร้างจะมีโอกาสเกิดการพังทลายด้วยกลไกใดบ้างเพื่อป้องกันมิให้เกิด หรือให้พังทลายเพียงบางส่วนเท่านั้นโดยมิให้เกิดการพังทลายอย่างต่อเนื่อง (Progressive failure)

3.1.4 การพิจารณาระบบโครงสร้าง และรอยต่อ

ก. ระบบโครงข้อแข็ง ประกอบด้วยโครงสร้างหลักเป็นเสา และคาน โดยมีการถ่ายเทแรงจากพื้นลงสู่คาน และเสาตามลำดับ ผนังอาจออกแบบเป็นผนังรับน้ำหนัก (Load bearing wall) หรือผนังไม่รับน้ำหนัก (Non load bearing wall) ระบบโครงสร้างลักษณะนี้ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปกันอย่างแพร่หลาย

ข. ระบบผนังรับน้ำหนัก ประกอบด้วยโครงสร้างหลักเป็นผนังที่ทำหน้าที่รับแรงโดยตรงจากพื้นลงสู่ผนังชั้นรองรับเพื่อถ่ายเทแรงสู่ชั้นคานคอดิน

ค. ระบบโครงสร้างกล่อง เป็นระบบโครงสร้างที่มีส่วนของผนังรับแรง และพื้นประกอบกันสำเร็จรูปเป็นลักษณะกล่อง การก่อสร้างกระทำโดยนำกล่องโครงสร้างเหล่านี้มาประกอบกันโดยมีการถ่ายเทแรงลงสู่ผนัง และรอยต่อระหว่างกล่อง โครงสร้างลักษณะนี้ยังไม่แพร่หลายนัก การใช้งานที่เห็นกันในปัจจุบัน ได้แก่ โครงสร้างของห้องน้ำที่มีบางบริษัทผลิตขึ้นมาเป็นห้องน้ำสำเร็จรูปที่รวมการตกแต่ง และงานระบบไว้แล้ว

ง. ระบบโครงสร้างผสม เป็นการพิจารณาระบบโครงสร้างแบบผสมกันทั้งระบบโครงข้อแข็ง ระบบผนังรับแรง และระบบกล่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในส่วนของการพิจารณารายละเอียดรอยต่อในโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างประเภทนี้ การออกแบบรอยต่อโดยทั่วไปนิยมออกแบบให้แผ่นผนังประกบกันในลักษณะซ้อนกัน โดยพิจารณารายละเอียดของระยะปะกับ ความลาดเอียงของส่วนปะกับ และความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำจากภายนอก

การออกแบบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (มามี, 2540)

ก. จุดรอยต่อแบบเปียก (Wet joint) เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการอุดจุดรอยต่อนี้จะไม่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที ต้องรอจนกว่าวัสดุมีความแข็งแรงตามข้อกำหนด จุดรอยต่อแบบนี้ ได้แก่ จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กเดือย เป็นต้น

ข. จุดรอยต่อแบบแห้ง (Dry joint) เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อของวัสดุที่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที จุดรอยต่อแบบนี้ ได้แก่ แบบการใช้สลักเกลียว (Bolt) จุดรอยต่อแบบการให้หมุดยึด (Rivet) แบบการเชื่อม (Welding) จุดรอยต่อแบบนี้ หลังจากทำงานเสร็จแล้ว จะทำการปิดรอยต่อด้วยปูนทราย (Mortar) วัสดุกันซึมหรือวัสดุกันสนิม อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ

ค. จุดรอยต่อแบบอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned) เป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้น หรือระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยจะใช้ลวดอัดแรงเป็นวัสดุที่ใช้ดึง และยึดปลายของลวดอัดแรงไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

3.1.5 การพิจารณาน้ำหนักบรรทุก

การพิจารณาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนแผ่นผนังขึ้นอยู่กับการสร้างแบบจำลองระบบโครงสร้าง ถ้าผนังเป็นแบบผนังรับน้ำหนักซึ่งมีการรับน้ำหนักที่กระทำทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่ และน้ำหนักบรรทุกจร การพิจารณาแรงที่กระทำจริงในการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้างจะใช้ตามข้อกำหนดของการถ่ายแรงตามข้อกำหนดของการถ่ายแรงตามที่ระบุในมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปโดยพิจารณาดังนี้

ก. กรณีที่ผนังเป็นผนังรับแรง หรือทำหน้าที่ถ่ายแรงในลักษณะเดียวกับเสาได้พิจารณาการลดน้ำหนักจรที่กระทำตามสัดส่วนที่ระบุในมาตรฐาน

ข. กรณีที่เป็นผนังที่รับแรงด้านข้าง การพิจารณาค่าของแรงที่เกิดขึ้นเป็นไปตามหลักการที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การคิดค่าแรงลมใช้ตามข้อกำหนดแรงลมของพื้นที่ และยังต้องคำนึงถึงผลของแรงที่ประกอบกันตามค่าตัวคูณแรงที่ระบุในมาตรฐานที่พิจารณานั้นด้วย

ค. ผลของแรงเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง การล้า การอัดแรง น้ำหนักที่เกิดขึ้นจากการยก การติดตั้ง และการเยื้องสูง จะต้องได้รับการพิจารณาตามมาตรฐานทั่วไป

3.1.6 วิธีการออกแบบ

การออกแบบโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปใช้วิธีที่รู้จักตามมาตรฐานที่กำหนดโดยทั่วไป โดยอาจใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน หรือวิธีกำลังประลัย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ออกแบบ สำหรับในช่วงแรกที่มีการออกแบบอาคารสำเร็จรูป การออกแบบผนังนิยมใช้วิธี หน่วยแรงใช้งานโดยค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยค่า หน่วยแรงที่ยอมให้ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของแบบจำลองในการวิเคราะห์ของผนังคอนกรีตนั้นๆ ว่าถูกพิจารณาเป็นแบบเสา หรือแบบคานลึก การพิจารณาหาค่าหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในผนังคอนกรีตควรจะพิจารณาค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการยกแผ่นผนังออกจากแบบหล่อ และขณะยกเพื่อติดตั้ง เนื่องจากค่าหน่วยแรงนี้มักจะมีค่าวิกฤตกว่าค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเมื่อผนังประกอบเป็นโครงสร้างพร้อมใช้งานแล้ว ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเพื่อควบคุมการแตกร้าวนี้ ซึ่งทำได้โดยควบคุมค่าหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีต (Modulus of rupture)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การส่งผ่านแรงที่กระทำระหว่างรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปตามพื้นฐานของการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างอาคาร ที่ใช้ ในการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป ต้องสามารถส่งผ่านแรงที่กระทำระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของโครงสร้างได้ตามที่ออกแบบ แรงดันดังกล่าว (มามี, 2540) ประกอบด้วย

ก. แรงอัด การส่งผ่านแรงอัดระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถส่งผ่านแรงโดยตรง ของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สัมผัสกัน จะไม่มีวัสดุใส่กั้นระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป เหมาะกับจุดที่มีแรงอัด หรือแรงกดไม่มากนัก

การส่งผ่านแรงโดยผ่านวัสดุ เป็นการส่งผ่านแรงอัดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยมีวัสดุมารองระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป และไม่ทำให้ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสียหาย

ข. แรงดึง การส่งผ่านแรงดึงระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถจะใช้วิธีการทาบเหล็ก เป็นลักษณะที่ใช้กันมาก เป็นการเว้นส่วนที่มีการทาบของเหล็กโครงสร้างที่ใช้รับแรงดึงและจะหล่อคอนกรีตในที่หลังจากติดตั้งเสร็จ จำนวน และปริมาณจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ

การใช้สลักเกลียว สามารถใช้ส่งผ่านแรงทั้งแรงดึงหรือแรงเฉือนลักษณะของสลักเกลียวมีลักษณะเป็น แบบเกลียว แบบสมอ เป็นต้น

การเชื่อม ลักษณะเหมือนการทาบเหล็ก แต่ใช้ระยะทาบน้อยกว่า โดยใช้รอยเชื่อมแทน

การรับแรงดึงภายหลัง เป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยจะใช้ลวดอัดแรง เป็นวัสดุที่ใช้ดึง และยึดปลายของลวดอัดแรง ไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

ค. แรงเฉือน การส่งผ่านแรงเฉือนระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปเกิดในรูปแบบของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ (Friction bond) เป็นแรงที่เกิดจากผิวของวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไปที่ประกบหรือแนบกัน แล้วก่อให้เกิดความฝืด ความฝืดดังกล่าวนี้เองจะช่วยให้เกิดแรงต้านในทิศทางตรงข้าม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่สามารถต้านแรงเฉือนได้ แรงดังกล่าวจะมากหรือน้อยมักขึ้นอยู่กับวัสดุทั้ง 2 มีพื้นผิวที่ฝืดมากน้อยเพียงใด

สลักรับแรงเฉือน (Shear keys) คือ องค์ประกอบในชิ้นส่วนโครงสร้างเป็นรอยหยักที่เพิ่มเข้าไปบริเวณขอบรอยต่อของชิ้นส่วน ช่วยเพิ่มผลในด้าน การเพิ่มแรงเสียดทาน ให้กับชิ้นส่วนโครงสร้าง และยังช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างนั้นๆ อีกด้วย และยังทำหน้าที่ในการเพิ่มจุดยึดเหนี่ยว และกำลังในการยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับวัสดุ ทำให้การยึดเหนี่ยวมีความแข็งแรงมากกว่าปกติ

การใช้สลักเกลียว เป็นการทำให้รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความแข็งแรงได้อีกวิธีหนึ่ง บางวิธีในการออกแบบรอยต่อการใช้สลักเกลียวนั้น จะช่วยทำให้การก่อสร้างนั้นง่ายและสะดวก สวยงามมากขึ้น ในบางครั้งการใช้สลักเกลียวอาจทำให้รอยต่อดังกล่าวแข็งเกร็งหรือกลายเป็นรอยต่อแบบอิสระก็ได้

การเชื่อม เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทยวิธีนี้นิยมใช้ เนื่องจากมีความแข็งแรงของโครงสร้าง ทำงานง่าย สะดวกในการก่อสร้างและที่สำคัญคือ ทำให้ราคาค่าก่อสร้างลดลงด้วย

แรงกระทำที่ใช้ในการออกแบบ (Design loads) การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast concrete) มีลักษณะการออกแบบคล้ายโครงสร้างไม้ หรือเหล็ก แต่ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องมีการออกแบบเพิ่มเติมในส่วนของการยกชิ้นส่วน และพิจารณาดูส่วนประกอบภายในที่พิเศษ ซึ่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องสามารถรับแรงทางด้านข้างได้ ตามขอบเขตที่กำหนดได้ น้ำหนักที่ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่จะต้องใช้ในการออกแบบแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

ก. แรงในแนวดิ่ง อันได้แก่ น้ำหนักคงที่ประกอบไปด้วย น้ำหนักของโครงสร้าง รวมกับน้ำหนักของวัสดุ และเครื่องมือที่ติดอยู่กับโครงสร้าง และน้ำหนักจรหรือน้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Live load) เป็นน้ำหนักชั่วคราวไม่ถาวร เช่น น้ำหนักคน สิ่งของ ยวดยานหรือเครื่องมือเครื่องใช้ ที่มีการเคลื่อนที่ ฯลฯ ซึ่งจะต้องกำหนดตามมาตรฐานของการออกแบบ หรืออาจจะต้องออกแบบเผื่อกรณีต่างๆตามประสบการณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. แรงด้านข้าง อันได้แก่ แรงลม (Wind load) ถือว่าเป็นแรงที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งมีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามความรุนแรงของลม ความสูง ทิศทาง และขนาดหรือรูปร่างอาคาร ฯลฯ ในการออกแบบโครงสร้างที่ไม่ค่อยสูงมากนัก แรงลมจะเป็นลักษณะกระทำคงที่ ซึ่งขนาดนั้นขึ้นอยู่กับความสูงของอาคาร และแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว (Seismic load) จะขึ้นอยู่กับแต่ละภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา และคุณสมบัติของดินในบริเวณที่ก่อสร้าง

ค. แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เช่น การหดตัว (Shrinkage) การล้า และอุณหภูมิ

ง. น้ำหนักเนื่องจากการยก (Handling load) เนื่องจากการยกนั้นมีผลต่อการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป น้ำหนักในการยกเป็นน้ำหนักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การถอดแบบ การกองเก็บ การขนส่ง และการติดตั้ง ซึ่งในแต่ละกระบวนการทำให้เกิดการแปรเปลี่ยนหลายอย่าง ขึ้นอยู่กับแต่ละกระบวนการ เช่นการเปลี่ยนจุดยก จุดรองรับ เป็นต้น น้ำหนักคงที่อันเนื่องจากน้ำหนักของตัวชิ้นส่วนเอง (Dead load) มีผลอย่างมาก เพราะถ้าชิ้นส่วนมีน้ำหนักน้อยก็จะใช้อุปกรณ์ และเครื่องจักรกลที่ใช้ยกมีขนาดเล็กลง และมีความพิเศษน้อยกว่า อีกทั้งการทำงานก็จะมีความคล่องตัวสูงกว่าการยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ แรงดึงดูด (Suction) เป็นแรงซึ่งเกิดจากการดึงดูดระหว่างผิวคอนกรีตกับแบบหล่อ ซึ่งแรงดึงดูดนี้จะมีผลกับการหล่อชิ้นส่วนขนาดใหญ่ เช่นผนัง ซึ่งผิวสัมผัสระหว่างแบบหล่อ และแผ่นคอนกรีตเป็นพื้นที่มาก แรงดึงดูดนี้จะมีความสำคัญอย่างมาก และต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในขั้นตอนการถอดแบบ เนื่องจากผนังนั้นจะมีพื้นที่ผิวมาก การถอดแบบจึงทำให้ยาก แรงกระแทก (Impact load) จะเกิดขึ้นเนื่องจากการขนส่ง การจับยึด และการวางจุดรองรับ ดังนั้นการป้องกัน และการออกแบบต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ ซึ่งก่อนการขนส่งจะต้องกระทำเมื่อคอนกรีตมีกำลังที่สูงเพียงพอ

3.1.7 พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน

การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นระยะที่ผิดจากตำแหน่งที่แบบกำหนดไว้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงไม่ควรเกินค่าที่กำหนดโดยมาตรฐาน PCI (Precast/Prestressed concrete institute) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงจากการปฏิบัติงาน เกิดขึ้นได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. ความคลาดเคลื่อนจากการผลิต (Manufacturing tolerance) ซึ่งอาจเกิดจากคุณสมบัติของแบบหล่อ เช่น แบบหล่อบวมหรือยุบ (Swelling or drying of formwork) อาจจะเกิดจากการประกอบแบบหล่อคลาดเคลื่อน หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น การหดตัว (Shrinkage)

ข. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการกำหนดระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Setting-out tolerance) ระยะที่เกิดขึ้นอาจมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าระยะที่กำหนดไว้

ค. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้ง (Erection tolerance) เกิดจากการเว้นระยะเพื่อการประกอบติดตั้ง

3.2 หลักการออกแบบ

การคำนวณออกแบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก (Bearing wall) โดยใช้สูตรสำเร็จจากข้อกำหนดของ ว.ส.ท. 7402 กำหนดลักษณะการคำนวณออกแบบกำแพงโดยใช้สูตรสำเร็จ ไว้ดั้งนี้

3.2.1 กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ต้านทานน้ำหนักร่วมศูนย์โดยประมาณอาจคำนวณออกแบบโดยใช้สูตรสำเร็จที่ให้ไว้ในข้อนี้ได้ โดยกำแพงดังกล่าวต้องมีคุณสมบัติตรงตามพิกัดต่างๆ ที่กำหนดไว้ในที่นี้ (ว.ส.ท. 7402 ก.)

3.2.2 หน่วยแรงอัดที่ย่อมให้ต้องไม่เกิน

$$fc \le 0.225 \times f'c \times \left[1 - \left(\frac{h}{40 - t}\right)^3\right]$$

เมื่อ h = ความสูงข้อกำแพง

t = ความหนาข้อกำแพง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเหล็กเสริมในกำแพงที่ใช้ต้านทานน้ำหนัก ออกแบบโดยมีการเสริมเหล็กตลอดจนการยึดในลักษณะที่เป็นปลอกเดี่ยวแล้ว ให้ใช้หน่อยแรงที่ย่อมให้เหมือนกับของเสาปลอกเดี่ยว ทั้งนี้อัตราส่วนของเหล็กเสริมในแนวตั้งต้องไม่เกิน 0.04 (ว.ส.ท. 7402 ข.)

3.2.3 ความหนาของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้รับน้ำหนัก ต้องไม่น้อยกว่า 1/25 ของความสูง หรือความกว้างในช่วงที่ไม่มีการจับยึด ทั้งนี้ให้ใช้ค่าที่น้อยกว่า (ว.ส.ท. 7402 ง.)

3.2.4 ความหนาช่วงบนสุด 4 เมตร ของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้รับน้ำหนักสำหรับอาคาร ต้องไม่น้อยกว่า 10 ซม. และให้เพิ่มค่าความหนาต่ำสุดนี้อีก 2 ซม. ทุกๆ ความสูง 9 เมตร หรือเศษของ 9 เมตรลงมา สำหรับกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้รับน้ำหนักอาคารพักอาศัยไม่เกิน 3 ชั้น อาจใช้ความหนา 10 ซม.ตลอดความสูงได้ (ว.ส.ท. 7402 จ.)

3.2.5 เนื้อที่เหล็กเสริมตามแนวราบของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 ของเนื้อที่หน้าตัดของผนังส่วนนั้น และสำหรับเหล็กเสริมในแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่หน้าตัดของผนังส่วนนั้น แต่ถ้าใช้ตะแกรงลวดเชื่อม ให้ใช้ไม่น้อยกว่า 3/4 ของค่าดังกล่าว และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าเบอร์ 10 ของ AS&W (ว.ส.ท. 7402 ฉ.)

3.2.6 นอกเหนือจากค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด ว.ส.ท. 7402 ฉ. ต้องมีเหล็กเสริมขนาดไม่เล็กกว่า 12 มม. อย่างน้อย 2 เส้นเสริมพิเศษ โดยรอบขอบหน้าต่างหรือประตู ซึ่งเจาะทะลุกำแพง โดยให้ปลายเหล็กเสริมยื่นเลยจากมุมช่องเปิดไปไม่น้อยกว่า 60 ซม. ทุกๆ ด้าน และให้เสริมเหล็กขนาดไม่เล็กกว่า 12 มม. ยาว 1 เมตร อย่างน้อย 2 เส้น ที่มุมเปิดทุกมุม โดยมีทิศทางตั้งฉากกับเส้นแบ่งครึ่งมุมของช่องเปิดนั้น (ว.ส.ท. 7402 ช.)

3.2.7 ต้องยึดผนังคอนกรีตเสริมเหล็กให้ติดกับพื้น เสา หรือผนังที่บรรจบกัน ด้วยเหล็กเสริมอย่างน้อยขนาด 9 มม. และระยะเรียง 20 ซม. หรือเทียบเท่า สำหรับเหล็กเสริมในผนังแต่ละชั้น (ว.ส.ท. 7402 ฌ.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. รายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการก่อสร้าง

4.1 ขั้นตอนหลักของการก่อสร้างด้วยวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

ภาพที่ 2 ขั้นตอนหลักของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4.1.1 การเตรียมการและการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การจัดเตรียมสถานที่อุปกรณ์สำหรับการผลิต มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ลานหล่อ (Yard) แบบหล่อ (Formwork) เครื่องมือยก และพื้นที่กองเก็บ โดยการเตรียมการและผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีรายละเอียดดังนี้

ก. การกำหนดสถานที่ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป แบ่งออกเป็น 2 กรณีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) การจัดทำสถานที่ผลิตชิ้นส่วนชั่วคราวในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างโดยกำหนดการใช้พื้นที่ในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง เพื่อหลีกเลี่ยงการขนส่งในระยะทางไกลๆ ซึ่งจะลดต้นทุนในการก่อสร้างลง สามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้ได้รูปแบบ และขนาดต่างๆ ตามที่แบบกำหนด ทั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการใช้พื้นที่จำเป็นต้องมีที่ว่างมากพอที่จะผลิต และกองเก็บชิ้นส่วนที่ผลิตแล้ว การผลิตชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปจะทำให้เป็นอุปสรรคในการทำงานส่วนอื่น

2) โรงงานผลิตนอกสถานที่ก่อสร้าง จะลดข้อจำกัดในเรื่องขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป แต่จะทั้งนี้ในขั้นตอนการขนส่งจะมีข้อจำกัดเรื่องกฎหมายขนส่งว่าขนาดจะต้องไม่เกินกำหนด

ข. ลานหล่อต้องมีลักษณะเป็นพื้นเรียบในแนวราบมีความคงทน แข็งแรง และไม่ทรุดตัว เป็นที่ใช้สำหรับการตั้งแบบหล่อเพื่อผลิต และกองเก็บ ลักษณะของลานหล่อเป็นพื้นคอนกรีตวางบนดินที่บดอัดแน่นไว้เพียงพอ หรืออาจเสริมโดยชั้นหินคลุกบดอัด

ภาพที่ 3 การทำความสะอาด และเตรียมลานหล่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 การทาน้ำยาทาแบบหล่อ

ค. แบบหล่อ เป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบ ความแม่นยำของขนาดขึ้นอยู่กับการจับยึดกันระหว่างแบบหล่อไม่เกินรอยรั่วซึม มีการยึดเกาะกับคอนกรีตหรือชิ้นงานน้อย (สะดวกแก่การถอดแบบ) แบบหล่อต้องมีความยืดหยุ่นในการปรับแก้หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เคลื่อนย้ายสะดวก

ภาพที่ 5 การวางเหล็ก และติดตั้งแบบหล่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ง. การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนที่สำคัญจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพให้ดี

ภาพที่ 6 การเทคอนกรีต

ภาพที่ 7 การแต่งผิวหน้าชิ้นส่วนผนัง

จ. เครื่องมือยก การใช้เครื่องมือยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากแบบหล่อ กำหนดให้ใช้เครื่องจักกลที่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ใช้ลวดสลิง ขอเกี่ยว (Hook) และคานกระจายน้ำหนัก (Spreader bar) เป็นอุปกรณ์ประกอบการยก

ฉ. พื้นที่กองเก็บ จะต้องมีขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม เพียงพอเพื่อลดปัญหาการขาดช่วงของการประกอบติดตั้ง และมีความสะดวกในการขนย้าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 การกองเก็บและการขนส่ง

การกองเก็บเป็นขั้นตอนหนึ่งที่อยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิต และการติดตั้ง เป็นการประสานให้การทำงานไม่ขาดช่วง ทำให้การติดตั้งไม่ต้องรอชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการติดตั้ง การกองเก็บของชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ก. การกองหลังจากการผลิตจากโรงหล่อชั่วคราว เป็นการเก็บในบริเวณใกล้ๆ กับที่ทำการหล่อชิ้นส่วน เป็นการบ่มคอนกรีตไปในตัว

ข. การกองเก็บในบริเวณที่จะดำเนินการติดตั้ง ทำให้เกิดความสะดวกต่อการติดตั้ง และยังช่วยลดปัญหาการขาดช่วงของการประกอบติดตั้ง

ภาพที่ 8 การกองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปบริเวณหน้างาน

วิธีการจัดเก็บมีความสำคัญในการจะช่วยเสริมให้ในการติดตั้งรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพไม่สูญเสียเวลา ควรมีการจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับการติดตั้ง การใช้อุปกรณ์ขนส่งหรือเครื่องจักรเพื่อการประกอบจะต้องเข้าถึงได้สะดวก ควรจัดเก็บชิ้นส่วนในลักษณะที่พร้อมใช้งาน เช่น ผนังควรเรียงเป็นแนวตั้ง และแผ่นพื้นวางเรียงเป็นแนวราบซ้อนกัน โดยมีวัสดุขั้นไว้ พื้นที่ที่วางจัดเก็บต้องเตรียมการไว้ไม่เกิดการทรุดตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการดำเนินการก่อสร้าง เป็นการย้ายชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากบริเวณที่กองเก็บชิ้นส่วนมายังบริเวณที่จะทำการติดตั้ง ข้อควรระมัดระวังขณะการขนส่ง คือแรงสั่นสะเทือน แรงกระแทกขณะขนส่ง

4.1.3 การติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การติดตั้ง และประกอบจุดรอยต่อสำเร็จรูป มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งและขั้นตอนการดำเนินการหลัก ดังนี้

ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง

การดำเนินการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จ อุปกรณ์หลักๆที่ใช้ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1) ชุดเครื่องมือสำรวจ เพื่อใช้ในการวางแนวตำแหน่ง และระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2) หมอนหนุนและหมุดปรับระดับ (Leveling bolt) เป็นหมอนไม้หนุนหรือหมุดปรับระดับเป็นลักษณะหมุดเกลียวเพื่อวางรับชิ้นส่วนผนัง ใช้สำหรับหนุนปรับระดับชิ้นส่วน

ภาพที่ 9 หมุดปรับระดับ และเหล็กเดือย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) อุปกรณ์ยก (Lifting) อันได้แก่ ลวดสลิง ขอเกี่ยว คานกระจายน้ำหนัก เครื่องจักรกลที่ใช้ในการยก ซึ่งจะใช้ในขั้นยกชิ้นส่วนออกจากแบบหล่อ และยกประกอบติดตั้ง

4) อุปกรณ์ค้ำยัน (Shoring) เป็นอุปกรณ์ชั่วคราว จับยึดชิ้นส่วนให้อยู่ในตำแหน่งอย่างมั่นคงแข็งแรงก่อนการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ แล้วเสร็จ และโครงสร้างสามารถคงอยู่อย่างมั่นคงได้

ข. การยกชิ้นส่วนส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการยกเพื่อถอดชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากแบบ หรือขณะติดตั้ง เพราถ้าการยกในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมในขณะที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูปยังไม่แข็งแรงตามที่กำหนด จะทำให้ชิ้นส่วนเกิดความเสียหายได้ และการยกต้องกระทำที่ตำแหน่งที่กำหนดไว้สำหรับการยกเท่านั้น

ภาพที่ 10 การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ค. การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการยึดชิ้นส่วนให้อยู่ในตำแหน่งในลักษณะของการใช้งานเอาไว้ชั่วคราว หลังการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง ก่อนการประกอบรอยต่อให้เกิดความมั่นคง และแข็งแรง สำหรับจำนวนอุปกรณ์ค้ำยัน ถ้าเป็นผนังที่ไม่ได้ยึดกับผนังหรือชิ้นส่วนอื่น จะต้องใช้อุปกรณ์ค้ำอย่างน้อย 2 จุดต่อผนัง แต่ถ้ามีการเชื่อมต่อกับผนังอื่นเสมือนหนึ่งมีการค้ำยัน อาจลดอุปกรณ์ค้ำยันตามความเหมาะสมได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 11 การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ง. จำนวนแรงงานที่ใช้ในการติดตั้ง จะต้องจัดให้เหมาะสมเพียงพอต่อการดำเนินงาน เพราะลักษณะงานจะเป็นการทำงานซ้ำๆ ซึ่งอาจประกอบด้วย

1. คนบังคับปั่นจั่น	1 คน
2. คนให้สัญญาณ	1 คน
3. คนจัดอุปกรณ์ยก	1 คน
4. คนงานติดตั้ง	5 คน

จ. การดำเนินการก่อสร้าง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักซึ่งไม่รวมขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน ดังนี้

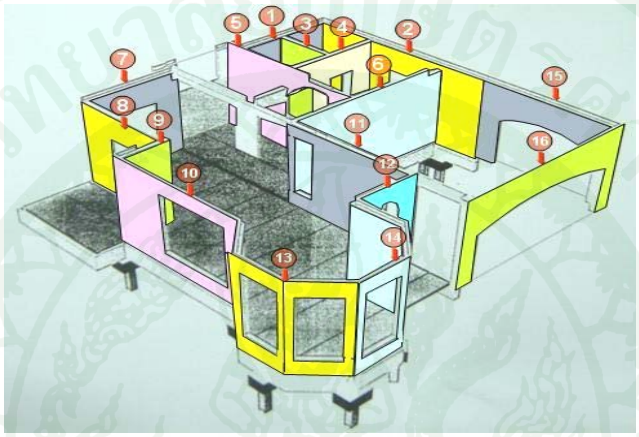
1) การก่อสร้างในที่ นั้นจะประกอบด้วย งานปรับพื้นที่ งานฐานราก ซึ่งงานเหล่านี้สามารถดำเนินงานไปพร้อมกับการเตรียมการหล่อชิ้นส่วนได้เพื่อลดระยะเวลาการก่อสร้าง

2) งานติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป มีขั้นตอนดังนี้

2.1) การวางแนว ตำแหน่ง และระดับ เพื่อจะทำการติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบที่กำหนดไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2) การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้งตามแบบ และตามลำดับการทำงาน สำหรับชิ้นส่วนที่ทำการติดตั้งต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของจุดรอยต่อ และรายละเอียดต่างๆ ให้เรียบร้อยก่อน แล้วทำการติดตั้งอุปกรณ์ค้ำยัน



ภาพที่ 12 การจัดลำดับการยกชิ้นส่วน

2.3) จัดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้ได้แนว และดิ่ง ตรวจสอบให้ได้ตามแบบ และมาตรฐานงานก่อสร้างก่อนแล้วทำการยึดอุปกรณ์ค้ำยันให้มั่นคง

ภาพที่ 13 การตรวจสอบแนว และดิ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ขั้นตอนหลักของการก่อสร้างด้วยวิธีหล่อในที่ โครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

งานหล่อผนังรับน้ำหนักด้วยวิธีการหล่อในที่ มีลักษณะการทำงานเหมือนการหล่อผนังช่องลิฟต์โดยสารของอาคารทั่วไป โดยมีขั้นตอนหลักดังนี้

4.2.1 การเตรียมอุปกรณ์ และจำนวนแรงงานสำหรับการติดตั้งแบบหล่อ ลักษณะการทำงานโดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับติดตั้ง เช่น อุปกรณ์ค้ำยัน เหล็กรัดแบบ (Formtie) ลวดสลิง อุปกรณ์สำหรับงานเชื่อม และแบบหล่อ

ภาพที่ 14 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานหล่อผนัง

ภาพที่ 15 แบบหล่อผนัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนแรงงานที่ใช้ในการหล่อผนังโดยทั่วไปมีดังนี้

1. คนบังคับปั่นจั่น 1 คน
2. คนให้สัญญาณ 1 คน
3. งานตั้งแบบ 3 คน
4. งานวางเหล็กเสริม ทาน้ำยาแบบ 3 คน

(การติดตั้งใช้แรงงานชุดเดียวกับการเทคอนกรีต)

4.2.2 หล่อแนวของตีนแบบ ความกว้าง และความสูงต้องได้ 10 ซม. และค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 มม. พร้อมทั้งตรวจสอบความสมบูรณ์

ภาพที่ 16 หล่อฐานรองแบบหล่อ (Kicker)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 17 ตรวจสอบฐานรองแบบหล่อ

4.2.3 ตรวจเช็คอุปกรณ์มาตรฐาน และจะต้องมีการทาน้ำมัน สภาพแบบหล่อต้องสมบูรณ์

ภาพที่ 18 การเตรียมแบบหล่อก่อนการประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.4 ทาน้ำมันที่ผิวหน้าแบบให้ชุ่มก่อนการติดตั้งเสริมเหล็กแผ่นผนัง โดยมีการใส่ลูกปูน เพื่อให้ได้ระยะหุ้มของคอนกรีตตามมาตราฐาน ก่อนการประกบแบบอีกด้านต้องตรวจสอบแนววงกบต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

ภาพที่ 19 ตรวจสอบตำแหน่งของวงกบ

ภาพที่ 20 การทาน้ำยาทาแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 21 การติดตั้งเหล็กเสริมในผนัง

ภาพที่ 22 การติดตั้งแบบหล่อแล้วเสร็จพร้อมเทคอนกรีต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.5 การเทคอนกรีตผนัง ขณะเทคอนกรีตต้องมีการควบคุมการเท ให้การเทคอนกรีตมีความต่อเนื่อง การเตรียมคอนกรีตต้องมีเพียงพอต่อการทำงานในแต่ละครั้ง

ภาพที่ 23 การเทคอนกรีตผนัง

ภาพที่ 24 หล่อคอนกรีตผนังแล้วเสร็จรอการตรวจสอบความเรียบร้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การประมาณราคาค่าก่อสร้าง

5.1 ความหมายของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

พิภพ (2544) อธิบายว่า การประมาณราคา หมายถึงการประมาณราคาที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายสำหรับงานจริงมากที่สุด

วิสูตร (2546) อธิบายว่า การประมาณราคาก่อสร้าง จะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จนถึงขั้นตอนงานก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำประมาณการแตกต่างกันออกไปในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

5.1.1 ทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (Project budgeting) โดยทั่วไปแล้ว ผู้ออกแบบจะเป็นผู้จัดทำประมาณราคา เพื่อกำหนดราคากลางสำหรับค่าก่อสร้างในโครงการ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินราคาของผู้ร่วมเสนอราคาในการประมูลงานต่อไป

5.1.2 กำหนดค่างวดงานในการก่อสร้าง (Construction progress payment) โดยผู้ควบคุมงานหรือตัวแทนส่วนเจ้าของโครงการ จะเป็นผู้ประมาณการตามแบบ และแผนงานเพื่อกำหนดค่างวดงาน และสะดวกในการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวดหรือในบางกรณีที่จะต้องคำนวณเพื่อหาปริมาณงานที่ทำได้จริง ซึ่งจะต้องทำการสำรวจหน้างาน และทำการประเมินราคาเพื่อกำหนดค่างานที่จะจ่ายในงวดนั้นๆ

5.1.3 คิดค่างานเพิ่มหรือลดจากสัญญาในงานก่อสร้าง (Change order and extra work payment) ใช้สำหรับกรณีที่เจ้าของงานหรือตัวแทนกำหนดให้ผู้รับเหมาทำงานเพิ่มเติม จากที่กำหนดในแบบ และข้อกำหนดประกอบสัญญาจ้าง ซึ่งจะต้องทำการประมาณการหาปริมาณงานจากแบบเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม โดยที่ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการคิดราคา อาจเป็นราคาที่แสดงอยู่ในใบเสนอราคา หรือราคาต่อหน่วยใหม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญาจ้าง

5.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility study) การประมาณการในลักษณะนี้ จะเป็นการประมาณราคาขั้นต้น โดยอาจจะมีแบบเพียงแบบร่างที่รับรองแล้ว ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบรายละเอียด ทั้งนี้อาจโดยวิธีการคำนวณราคาต่อพื้นที่ใช้สอย หรือราคาต่อหน่วยการใช้งาน เป็นต้น ซึ่งยอมรับได้ในการนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการก่อนจะลงมือดำเนินการในขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.5 จัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา (Bill of quantity for competitive bidding) การประมาณการจะต้องทำอย่างละเอียด และรอบคอบ ทั้งนี้หากผิดพลาดอาจจะทำให้ขาดทุนได้

กวี (2547) อธิบายว่า การประมาณราคา หมายถึงการประมาณ หรือการคาดคะเน หรือวิเคราะห์ปริมาณงาน และราคาที่เหมาะสมและใกล้เคียงความเป็นจริงของงานก่อสร้างนั้นๆ โดยต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของแต่ละโครงการ เมื่อผู้ประมาณราคาได้ทำการถอดแบบหรือวิเคราะห์ปริมาณวัสดุ แรงงาน และเครื่องมือเครื่องจักร โดยแยกงานออกเป็นหมวดหมู่เสร็จแล้ว ก็จะทำการกำหนดราคาต่อหน่วยของต้นทุนก่อสร้าง การกำหนดราคาเป็นการคาดการณ์ราคาที่เหมาะสมที่ยากลำบากขั้นตอนหนึ่ง โดยเฉพาะผู้ประมาณราคาที่ยังไม่มีประสบการณ์ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ประมาณราคาจะต้องมีความพร้อมในด้านข้อมูลและสารสนเทศที่เก็บรวบรวมไว้อย่างมีระเบียบ และต้องติดตามปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ เพื่อให้ทำการประมาณราคาได้อย่างใกล้เคียง และถูกต้องมากที่สุด

5.2 การประมาณราคาก่อสร้างอย่างหยาบ

ใช้สำหรับผู้ออกแบบ (สถาปนิก วิศวกร หรือนายช่างโยธา) เพื่อให้รู้ว่าแบบที่ออกแบบมานั้นจะก่อสร้างได้ตามวงเงินงบประมาณที่มีอยู่หรือไม่ หรือใช้สำหรับตรวจสอบการประมาณราคาโดยละเอียด ที่ได้ประมาณราคาไปแล้ว ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ ทำได้ 2 วิธี ดังนี้

5.2.1 วิธีประมาณราคาจากปริมาตร

เป็นวิธีประมาณราคาโดยหาปริมาตรของอาคารทั้งหมด แล้วคูณด้วยราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของปริมาตร ซึ่งได้มาจากผลการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกันที่ได้เคยประมาณการไว้แล้ว

วิธีนี้นิยมใช้กับอาคารโล่งๆ ที่มีรายละเอียดของส่วนประกอบไม่มากนัก เช่น อาคารโรงงาน ถังเก็บน้ำ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

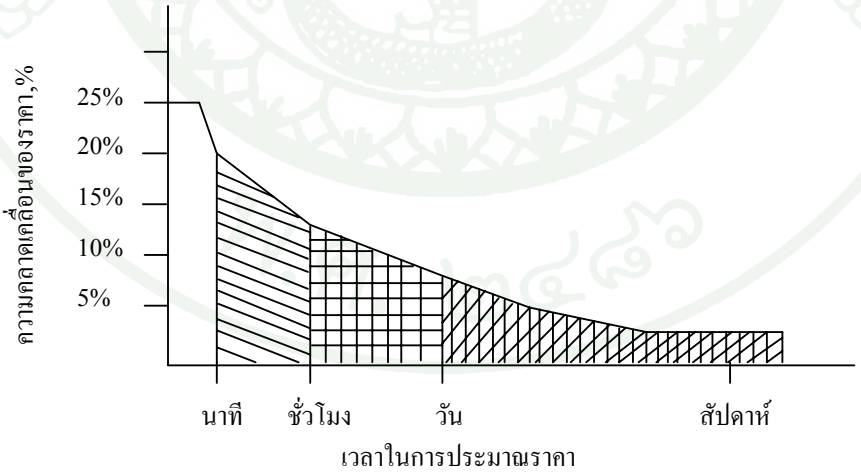
5.2.2 วิธีประมาณราคาจากพื้นที่หรือเนื้อที่

เป็นวิธีประมาณราคาโดยหาปริมาณพื้นที่หรือเนื้อที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคาร แล้วคูณด้วยราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยพื้นที่หรือเนื้อที่ ซึ่งได้มาจากผลการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกันที่ได้เคยทำการประมาณราคาไว้แล้ว

การประมาณราคาวิธีนี้นิยมใช้กับงานก่อสร้างอาคารโดยทั่วไป แต่ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการคำนวณหาพื้นที่หรือเนื้อที่ใช้สอยของอาคารที่ถูกต้องด้วย

5.3 การประมาณราคาก่อสร้างอย่างละเอียด

ในการประมาณราคาอย่างละเอียดโดยทั่วไปจะหมายถึง การประมาณราคาเมื่อแบบ (Drawing) และข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Specifications) เรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว ทำให้สามารถคิดคำนวณปริมาณงาน ราคางานได้อย่างละเอียด และถูกต้องมากกว่าทุกวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้เวลาที่ต้องใช้ในการประมาณราคา รวมถึงความคลาดเคลื่อนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีประมาณการขั้นต้นที่กล่าวมาแล้วจะเป็นไปตามรูป



ภาพที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการประมาณราคา กับความคลาดเคลื่อนของราคา

ที่มา: Means Company, Inc. (1997: 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประมาณราคาอย่างละเอียดจะสามารถทำได้เมื่อแบบก่อสร้างได้พัฒนาจนถึงขั้นสมบูรณ์แล้ว และมีรายละเอียดครบถ้วน กำหนดระยะเวลาก่อสร้างที่แน่นอนแล้ว และพร้อมที่จะเปิดการประกวดราคา ฉะนั้นผู้รับเหมาจึงมีบทบาทมากในการประมาณราคาอย่างละเอียด เริ่มตั้งแต่การเข้าไปสำรวจสถานที่ก่อสร้างก่อนเพื่อให้ทราบถึงสภาพพื้นที่เดิม ลักษณะของเส้นทางเข้าถึง ปัญหาอุปสรรคที่จะต้องแก้ไขที่หน้างาน

การเตรียมการประมาณราคาต้องศึกษาแบบรายละเอียดให้ชัดเจนทุกแผ่นทุกระบบงาน รวมทั้งเอกสารประกอบแบบ และเงื่อนไขเพิ่มเติมต่างๆ จากนั้นจึงเริ่มถอดแบบหาปริมาณของวัสดุต่างๆ สำรวจแหล่งราคาวัสดุ และแหล่งแรงงานที่มีอยู่และที่ต้องจัดหาเพิ่ม รวมทั้งจัดหาผู้รับเหมาช่วงที่เหมาะสมสำหรับงานแต่ละประเภท ซึ่งจะสรุปให้ทราบเป็นแนวทางกว้างๆ ดังนี้

5.3.1 แรงงาน เป็นปัจจัยหลักในการก่อสร้าง เป็นแรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนย้ายบ่อยมาก ผู้รับเหมาส่วนมากจะอาศัยแหล่งข้อมูลเดิมที่เคยมีมาพิจารณา แต่บางครั้งต้องพิจารณาปรับแก้ไปตามลักษณะสภาพพื้นที่ที่ตั้งของโครงการ ตามลักษณะระดับฝีมือช่าง หรือตามสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น

5.3.2 วัสดุก่อสร้างต่างๆ ที่ผ่านการถอดปริมาณออกมาแล้วจะนำไปสู่การสืบราคากับแหล่งจำหน่ายต่างๆ ที่มีมาตรฐาน ส่งสินค้าตรงกำหนดเวลา นอกจากนั้นผู้ประมาณราคาต้องรู้ว่าวัสดุแต่ละประเภท ประเภทใดต้องเสียภาษีเพิ่ม ต้องเสียค่าระวางเพิ่ม หรือต้องคำนวณเผื่อสำหรับวัสดุที่สูญเสียได้ง่าย เป็นต้น

5.3.3 เครื่องจักร และอุปกรณ์ จากรูปแบบรายละเอียดของโครงการ ผู้ประมาณราคาจะเป็นผู้กำหนดชนิด ขนาดของเครื่องจักรกล หรืออุปกรณ์เครื่องมือที่จะช่วยให้งานก่อสร้างเสร็จตามเป้าหมาย และช่วงเวลาใด เครื่องจักรกลใดจะต้องนำเข้ามาในโครงการ จะต้องควบคุมดูแลให้เป็นไปตามแผนงาน เพราะจะต้องควบคุมค่าใช้จ่ายในการเช่าเครื่องจักรให้ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3.4 ค่าใช้จ่ายในการบริหารสำนักงานสนาม และบริหารโครงการนั้น ผู้ประมาณราคาจะต้องมีประสบการณ์สูงมากจึงจะสามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียง ซึ่งงานในหัวข้อนี้เรียกว่างานเตรียมการ

5.3.5 การควบคุมหน่วยงานก่อสร้างเป็นสิ่งสำคัญ บริษัทจะต้องกำหนดผังการบังคับบัญชาในหน่วยงานให้ชัดเจน และบรรจุบุคลากรที่มีความสามารถประจำแต่ละตำแหน่ง และให้สอดคล้องกับงบประมาณที่จัดเตรียมไว้ หน้าที่ของหน่วยควบคุมจะต้องติดตามควบคุมแผนงานก่อสร้าง และปรับแก้ให้สามารถปฏิบัติได้ทุกฝ่าย ควบคุมการใช้เครื่องจักรกลให้เกิดประสิทธิภาพและปลอดภัย ควบคุมการสูญเปล่าของวัสดุก่อสร้าง

5.3.6 จัดเตรียมพื้นที่กองเก็บวัสดุหรือประกอบชิ้นส่วน บางโครงการไม่มีพื้นที่เพียงพอที่จะให้กองเก็บวัสดุในโครงการ จึงต้องจัดหาพื้นที่ใกล้เคียงกองเก็บ หรือบางโครงการมีปัญหาด้านการขนส่ง จึงต้องจัดแบ่งพื้นที่ในโครงการสำหรับสต็อกวัสดุ และปัจจุบันเทคโนโลยีการก่อสร้างได้พัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จได้ดี จึงต้องจัดหาพื้นที่หรือโรงงานสำหรับหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปและนำไปประกอบในสถานที่ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว และยังลดปัญหาการใช้พื้นที่มากหรือช่วยหลีกเลี่ยงการกีดขวางการจราจร

5.3.7 นอกเหนือจากการถอดปริมาณวัสดุตามรูปแบบแล้วต้องอ่านรายการหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมให้ครบถ้วน ซึ่งจะพบว่ายังมีอีกหลายรายการที่ต้องคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เช่น ลักษณะการแบ่งงวดเงินอาจไม่สอดคล้องกับแผนการเงิน ต้องจัดทำแบบก่อสร้าง (Shop drawing) และแบบสร้างจริง (As-built drawing) ต้องรับผิดชอบค่าทดสอบวัสดุต่างๆ เองทั้งหมด การจัดทำรายงานประจำงวด ประจำเดือน รูปถ่ายต่างๆ ต้องจัดเตรียมวัสดุตัวอย่างต่างๆ เป็นต้น

5.3.8 ค่าดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าดำเนินการของสำนักงานกลางและของสำนักงานสนาม ค่าดำเนินการนี้ผู้ประมาณราคาสามารถคาดการณ์ได้จากข้อมูลโครงการเก่าๆ ที่ผ่านมา และปรับแก้ให้เหมาะสม

5.3.9 ค่ากำไร และค่าภาษี ค่ากำไรนี้เป็นผลตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งค่ากำไรจะเป็นเท่าไรนั้น ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของงานนั้นๆ ด้วยว่ามีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด ส่วนค่าภาษีนั้นประกอบด้วยภาษีมูลค่าเพิ่ม และภาษีค่าแรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 การคำนวณปริมาณงานของระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

การคำนวณแบ่งตามวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างโดยมีวิธีการและขั้นตอนดังนี้

5.4.1 การคำนวณหาปริมาตรคอนกรีตของชิ้นส่วนผนังสำเร็จ คาน ตอม่อ และพื้น โดยรวมปริมาณของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อนำมาสรุป โดยให้มีการคิดปริมาตรเผื่อในอัตราร้อยละ 5 มีหน่วยการวัดเป็นลูกบาศก์เมตร

5.4.2 การคำนวณหาปริมาณการใช้ไม้แบบในการหล่อขององค์อาคารที่ยังคงวิธีการหล่อในที่ คานคำนวณจากพื้นที่ผิวขนาดข้างคานกับพื้นที่ท้องคานที่ต้องเข้าแบบ โดยไม่มีการหักช่องเปิดหรือรูเจาะใดๆ มีหน่วยวัดเป็นตารางเมตร ส่วนจุดรอยต่อต่างๆ คำนวณจากพื้นที่ผิวที่ต้องมีการประกบปิดในแต่ละจุดมีหน่วยวัดเป็นตารางเมตร การใช้ไม้ค้ำใต้ท้องคานในการหล่อมีหน่วยวัสดุเป็นท่อน ทั้งนี้การใช้แบบหล่อจะมีการคิดการนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ซึ่งกำหนดให้ใช้ซ้ำไม่น้อยกว่า 3 ครั้งสำหรับแบบหล่อไม้ และใช้ซ้ำไม่น้อยกว่า 5 ครั้งสำหรับแบบหล่อเหล็ก

5.4.3 การคำนวณหาปริมาณการใช้เหล็กเสริมคอนกรีต ใช้วิธีวัดด้วยการประมาณการโดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนักหน่วยกิโลกรัม โดยคิดเผื่อเศษเสียหาย ระยะงอ ระยะขอ ระยะทาบ และระยะคอม้า ด้วยอัตราร้อยละที่ยอมให้ดังต่อไปนี้

เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ให้เผื่อเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 5
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ให้เผื่อเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 7
เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 12 มิลลิเมตร ให้เผื่อเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 9

5.4.4 ชิ้นส่วนหูหิ้วสำหรับยกชิ้นส่วนเพื่อการติดตั้ง และจุดที่ใช้สำหรับการค้ำยันให้นับเป็นจุด

5.4.5 วัสดุประสาน และวัสดุป้องกันน้ำบริเวณรอยต่อของชิ้นส่วนต่างๆ ให้นับตามความยาวมีหน่วยเป็นเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขั้นสุดท้าย เมื่อได้ทำประมาณการแล้ว ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะจัดทำเอกสารเสนอราคาเสนอกับเจ้าของงาน โดยการตรวจสอบอาจทำโดยการเปรียบเทียบกับราคามาตรฐานที่ผู้ประกอบการมีอยู่ เช่น ราคาต่อตารางเมตร การตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริม (กก.) ต่อลูกบาศก์เมตรคอนกรีต นอกจากนี้ความผิดพลาดทางการคำนวณ เช่น การใส่จุดทศนิยม หรือจำนวนเลขศูนย์ บางครั้งอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

6. การประมาณระยะเวลาการก่อสร้าง

6.1 หลักการประมาณระยะเวลาในการก่อสร้าง

การทำกำหนดเวลาหรือการประมาณระยะเวลาโครงการ เริ่มจากการกำหนดกิจกรรมการทำโครงการ ขั้นตอนการก่อสร้าง กำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมโดยการกำหนดกิจกรรมก่อน และหลัง คำนวณระยะเวลาในแต่ละกิจกรรมจากอัตราความสามารถในการทำงานประกอบกับจำนวณทรัพยกรที่มีอยู่ ทั้งนี้ต้องคิดระยะเวลาเผื่อเหตุการณ์ที่ไม่คลาดคิด อุปสรรคต่างๆที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน

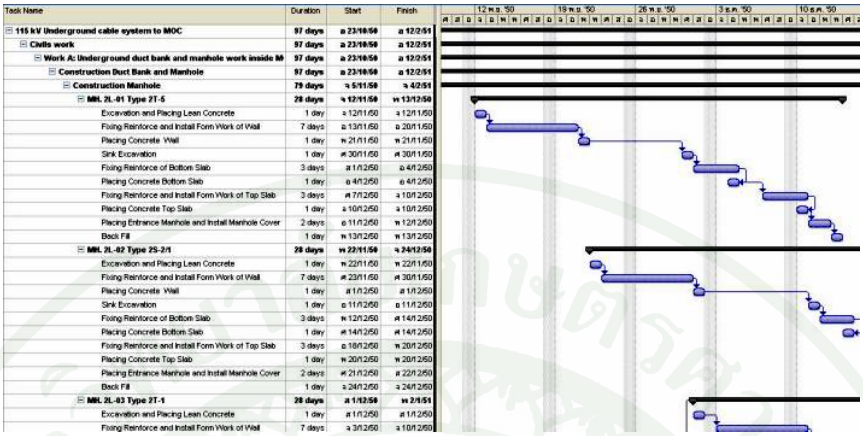
6.2 เทคนิคการวางแผนงานก่อสร้าง

การวางแผนงานหรือกำหนดเวลาการทำงานมีอยู่หลายวิธีที่ใช้ในการวางแผน เช่น การทำกำหนดเวลาแบบแผนภูมิแท่ง (Bar chart) การทำกำหนดเวลาแบบโครงข่าย วิธีวิถีวิกฤต (Critical part method) เป็นต้น

6.2.1 การกำหนดเวลาแบบแผนภูมิแท่ง (Bar chart)

โดยแผนภูมิแสดงภาพที่ประกอบไปด้วยงานหรือกิจกรรมต่างๆ ในโครงการโดยแสดงระยะเวลาของกิจกรรมลงบนมาตรเวลา (Time scale) โดยแผนภูมิแต่ละแท่งแสดงถึงกิจกรรมหนึ่งกิจกรรม ข้อดีของการทำกำหนดเวลาแบบนี้คือ ง่ายต่อการเข้าใจ เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่วิธีนี้ก็มีข้อเสียเช่นเดียวกันคือ ถ้ามีกิจกรรมจำนวนมาก หรือระยะเวลาโครงการที่ยาวมากอาจสื่อได้ไม่ชัดเจน ยากต่อการพยากรณ์ผลกระทบต่อโครงการโดยรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

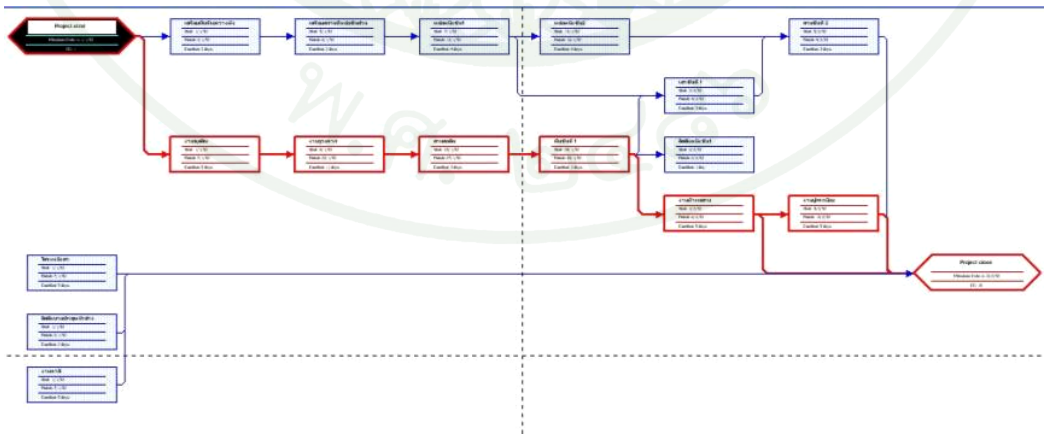


Task Name	Duration	Start	Finish
115 kV Underground cable system to MOC	97 days	ส 23/10/50	ส 12/2/51
Civils work	97 days	ส 23/10/50	ส 12/2/51
Work A: Underground duct bank and manhole work inside M	97 days	ส 23/10/50	ส 12/2/51
Construction Duct Bank and Manhole	97 days	ส 23/10/50	ส 12/2/51
Construction Manhole	79 days	จ 5/11/50	จ 4/2/51
MHL 2L-01 Type 2T-5	28 days	พ 12/11/50	พ 13/12/50
Excavation and Placing Lean Concrete	1 day	อ 12/11/50	อ 12/11/50
Fixing Reinforce and Install Form Work of Wall	7 days	อ 13/11/50	อ 20/11/50
Placing Concrete Wall	1 day	พ 21/11/50	พ 21/11/50
Sink Excavation	1 day	ศ 30/11/50	ศ 30/11/50
Fixing Reinforce of Bottom Slab	3 days	ส 1/12/50	อ 4/12/50
Placing Concrete Bottom Slab	1 day	อ 4/12/50	อ 4/12/50
Fixing Reinforce and Install Form Work of Top Slab	3 days	ศ 7/12/50	อ 10/12/50
Placing Concrete Top Slab	1 day	อ 10/12/50	อ 10/12/50
Placing Entrance Manhole and Install Manhole Cover	2 days	อ 11/12/50	พ 12/12/50
Back Fill	1 day	พ 13/12/50	พ 13/12/50
MHL 2L-02 Type 2S-2/1	28 days	พ 22/11/50	จ 24/12/50
Excavation and Placing Lean Concrete	1 day	พ 22/11/50	พ 22/11/50
Fixing Reinforce and Install Form Work of Wall	7 days	ศ 23/11/50	ศ 30/11/50
Placing Concrete Wall	1 day	ส 1/12/50	ส 1/12/50
Sink Excavation	1 day	อ 11/12/50	อ 11/12/50
Fixing Reinforce of Bottom Slab	3 days	พ 12/12/50	ศ 14/12/50
Placing Concrete Bottom Slab	1 day	ศ 14/12/50	ศ 14/12/50
Fixing Reinforce and Install Form Work of Top Slab	3 days	อ 18/12/50	พ 20/12/50
Placing Concrete Top Slab	1 day	พ 20/12/50	พ 20/12/50
Placing Entrance Manhole and Install Manhole Cover	2 days	ศ 21/12/50	ส 22/12/50
Back Fill	1 day	จ 24/12/50	จ 24/12/50
MHL 2L-03 Type 2T-1	28 days	ส 1/12/50	พ 2/1/51
Excavation and Placing Lean Concrete	1 day	ส 1/12/50	ส 1/12/50
Fixing Reinforce and Install Form Work of Wall	7 days	จ 3/12/50	จ 10/12/50

ภาพที่ 26 ลักษณะกำหนดเวลาแบบแผนภูมิแท่ง

6.2.2 การกำหนดเวลาแบบโครงข่าย วิธีวิถีวิกฤต (Critical path method)

เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการทำกำหนดเวลาที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนและควบคุมโครงการ องค์ประกอบหลักของโครงข่ายได้แก่ กิจกรรมต่างๆ ระยะเวลาของกิจกรรม และความสัมพันธ์ก่อนหลังของกิจกรรม จากองค์ประกอบทั้งสามสามารถหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ วันเริ่มต้นโครงการช้าสุดและเร็วสุด วันสิ้นสุดโครงการช้าสุด และเร็วสุด กิจกรรมวิกฤต และเส้นทางวิกฤต ทำให้กำหนดความสำคัญก่อนหลังได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 27 ลักษณะกำหนดเวลาแบบโครงข่าย วิถีวิกฤต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่ข้อง

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีผู้ที่ทำการศึกษา และวิจัยกระบวนการทำงานเพื่อพัฒนาแนวทางที่จะทำให้ต้นทุน และระยะเวลาในการผลิตหรือก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยลดลง แต่ยังคงคุณภาพการผลิตหรือก่อสร้างที่ดี โดยงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบงานโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป และการเปรียบเทียบระบบงานระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับระบบทั่วไป

มามี (2540) ได้ทำการศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยวิธีการสำรวจ สอบถาม และสัมภาษณ์ผู้ประกอบการทั้งสิ้น 4 โครงการ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปมีความเหมาะสมที่จะใช้กับโครงการที่มีอาคารในปริมาณมากและรูปแบบไม่หลากหลาย โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป การขนส่ง และการติดตั้งประกอบ รอยต่อ โดยมีข้อดีคือ สามารถลดต้นทุนงานโครงสร้างและลดระยะเวลาการก่อสร้าง แต่ก็มีข้อเสียคือ ต้องลงทุนสูงในระยะแรกของการก่อสร้าง การดัดแปลงอาคารทำได้ยาก ต้องใช้แรงงานที่มี ฝีมือ รวมทั้งบุคลากรและผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์ และต้องมีการควบคุมการทำงานทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ ปัญหาและอุปสรรคสำหรับอาคารสำเร็จรูป ได้แก่ การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ไม่ได้ขนาดตามที่แบบกำหนด ตำแหน่งรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงตำแหน่งที่กำหนดไว้ มีการรั่วซึมของน้ำบริเวณจุดรอยต่อหลังการก่อสร้างเสร็จ

สุเชษฐ์ (2524) ได้ศึกษาการใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คานสำหรับบ้านพักอาศัย การออกแบบ และศึกษาความเป็นไปได้เพื่อนำไปปฏิบัติจริง โดยเปรียบเทียบต้นทุนค่าสร้างอาคารที่ก่อสร้างด้วยวิธีการหล่อในที่กับวิธีชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูปของระบบเสาและคาน

จากบัญชีรายการวัสดุ พบว่าค่าวัสดุก่อสร้างของวิธีการหล่อในที่ลดจากร้อยละ 80.88 ของราคาโครงสร้างรวม โดยวิธีชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูปเป็นร้อยละ 51.67 ค่าแรงงานของวิธีหล่อในที่ลดลงจากร้อยละ 19.12 เป็นร้อยละ 13.45 ของวิธีชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเปรียบเทียบแล้วจะพบว่าสามารถประหยัดค่าวัสดุและค่าแรงงานได้จากปกติ แต่ต้องไปเสียค่าใช้จ่ายของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ค่าอุปกรณ์ยึด ค่าแรงติดตั้ง ค่าขนส่ง และค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรโรงงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นาวิน (2542) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการลงทุนเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนขึ้นเองในโรงงานผลิตชั่วคราวโดยเปรียบเทียบกับการซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานของบริษัทผู้รับสร้างบ้านและนำชิ้นส่วนมาประกอบในสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งในการศึกษาและวิจัยนี้ได้เลือกโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านเดี่ยว คือ โครงการเพลส แอนด์ พาร์ค ตั้งอยู่ที่ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เป็นกรณีศึกษา มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 180 ตารางเมตรต่อหลัง โดยการศึกษาครั้งนี้ในส่วนของต้นทุนจากการตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนชั่วคราวได้ดำเนินการวิธีวิจัยโดยการสำรวจ เฝ้าสังเกต สอบถาม และบันทึก ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนชั่วคราว ส่วนการวิเคราะห์ต้นทุนของการซื้อสำเร็จจากโรงงาน ใช้วิธีการส่งแบบสถาปัตยกรรมให้ทางบริษัทรับผลิตชิ้นส่วนดำเนินการปรับปรุง แก้ไขให้เป็นระบบผนังรับน้ำหนักแล้วให้ทางบริษัทรับผลิตชิ้นส่วนส่งใบเสนอราคา การวิเคราะห์โดยการคำนวณและนำมาเปรียบเทียบกับก่อสร้างด้วยวิธีดั้งเดิม (โครงสร้างเสาและคานหล่อในที่)

จากการศึกษาพบว่าส่วนที่ 1 ต้นทุนในการตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนเองเท่ากับ 12,119,700 บาท ต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนต่อหลังเท่ากับ 1,021,526.19 บาทหรือเท่ากับ 5,675.69 บาทต่อตารางเมตร (รวมภาษีแล้วและไม่รวมต้นทุนการตั้งโรงงาน) ใช้ระยะเวลาตั้งแต่การออกแบบ ตั้งโรงงานตลอดจนการประกอบติดตั้งแล้วเสร็จประมาณ 128 วัน (กรณีหลังที่ 2 ใช้เวลาจริง 94 วัน โดยการผลิตชิ้นส่วนสามารถผลิตได้ 10 วันต่อ 1 หลัง) ส่วนที่ 2 วิธีการซื้อสำเร็จจากโรงงานที่รับผลิตชิ้นส่วน ต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 8,700 บาทต่อตารางเมตร (รวมค่าขนส่งในเขตพื้นกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และถ้าสั่งมากกว่า 10 หลังขึ้นไปลดราคาอีกประมาณร้อยละ 5) ใช้เวลาประมาณ 5 เดือน (150วัน) ตั้งแต่การออกแบบ จนถึงการประกอบติดตั้งแล้วเสร็จ ส่วนที่ 3 การก่อสร้างด้วยวิธีหล่อเสาและคานในที่ ต้นทุนการก่อสร้างอยู่ที่ 6,965 บาทต่อตารางเมตร ใช้เวลาประมาณ 7.5 เดือน

ธนพล (2545) ศึกษาโครงการบ้านจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยว ที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนัก มาเปรียบเทียบกับระบบเสาและคานสำเร็จรูป ผนังคอนกรีตมวลเบา โดยเลือกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 185 ตารางเมตร โครงการเพลส แอน ปาร์ค เขตพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ระบบก่อสร้างแบบ ระบบเสาและคาน งานโครงสร้างประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนการก่อสร้างระบบเสาและคานสำเร็จรูป ร่วมกับผนังคอนกรีตมวลเบา เท่ากับ 3,584.13 บาทต่อตร.ม. ส่วนระบบผนังรับน้ำหนักมีต้นทุนเท่ากับ 3,934.75 บาทต่อตร.ม. ปัญหาที่พบในการก่อสร้าง คือ ความไม่เข้าใจในกรรมวิธีการก่อสร้าง ไม่มีผู้ชำนาญต้องมีการฝึกทักษะมากขึ้น และปัญหาการเตรียมโครงสร้างและส่วนประกอบ

ชาญชัย (2547) ศึกษาและเปรียบเทียบระบบการหล่อชิ้นส่วน ณ สถานที่ก่อสร้าง กับหล่อที่โรงงานของระบบผนังสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมเหล็กรับน้ำหนัก โดยการศึกษาและวิจัยนี้ได้เลือกโครงการที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อย โครงการเอื้ออาทรประชานิเวศน์และโครงการเอื้ออาทรหัวหมาก กรุงเทพมหานคร ลักษณะห้องพักมี 1 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ ขนาด 33 ตร.ม. ขนาดพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร 1,903.5 ตร.ม. (อาคาร F1) โดยการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลต้นทุนจากบัญชีรายการวัสดุที่ทางผู้รับเหมาเสนอเพื่อประมูลงานแก่ทางการเคหะฯแห่งชาติ

ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนในการก่อสร้างอาคาร F1 ที่ผลิตในสถานที่ก่อสร้างเท่ากับ 4,457.02 บาทต่อตร.ม. ส่วนต้นทุนค่าก่อสร้างอาคาร F1 ที่ผลิตในโรงงานเท่ากับ 5,207.16 บาทต่อตร.ม. และต้นทุนการก่อสร้างด้วยระบบเดิม (โครงสร้างระบบเสาและคานหล่อในที่) 4,128.43 บาทต่อตร.ม. ในส่วนของระยะเวลาในการก่อสร้างพบว่าระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารที่ผลิตในสถานที่ก่อสร้างเท่ากับ 181 วัน ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารที่ผลิตในโรงงานเท่ากับ 120 วัน และในส่วนของการวิเคราะห์แรงงาน โครงการที่ผลิตชิ้นส่วนที่โรงงานใช้จำนวนคนงานรวมทั้งสิ้น 302 คน ส่วนอาคารที่ผลิตในสถานที่ก่อสร้างคนงานในการก่อสร้าง 206 คน ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดความแต่งต่างทั้งในด้านต้นทุน ทรัพยากร และเวลาในการก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้ง 2 วิธี เป็นผลจากเทคโนโลยีและเทคนิคในการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน

รุ่งรัตน์ (2548) ศึกษาและเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูปกับระบบปกติ โดยมีตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาและวิจัยเป็นบ้านเดี่ยวชั้นเดี่ยวพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย 82 ตร.ม. ในโครงการบ้านจัดสรรซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี

ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนค่าก่อสร้างแบบบ้านชั้นเดียวที่ก่อสร้างด้วยระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูนราคาเท่ากับ 7,431.87 บาทต่อตร.ม. สำหรับต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปเท่ากับ 7,587.39 บาทต่อตร.ม. ซึ่งระบบสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักจะมีราคาที่สูงกว่า ส่วนระยะเวลาในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาในการก่อสร้าง 32 วัน ระบบปกติใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 92 วัน ซึ่งระบบสำเร็จรูปเร็วกว่าระบบปกติ 60 วัน คนงานที่ใช้ในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักใช้คนงานในการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจำนวน 32 คน ใช้คนงานในการติดตั้ง 11 คน รวมทั้งสิ้น 43 คน โดยที่การก่อสร้างระบบปกติใช้จำนวนคนงานในการก่อสร้างถึง 52 คน

ธฤษวรรณ (2548) ศึกษาและเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างสำเร็จรูประบบเสาและคานและผนังรับน้ำหนัก ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเรือนแถว ของโครงการบ้านกานดาริมคลอง จังหวัดสมุทรสาคร โดยได้เปรียบเทียบ ด้านต้นทุนการก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง กรรมวิธีการก่อสร้าง และปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง โดยใช้วิธีเฝ้าสังเกต จดบันทึก ถ่ายภาพ และการสัมภาษณ์ แล้วนำมาทำเป็นใบประมาณราคา โดยกำหนดให้มี 9 หมวดงานหลักๆ

จากการศึกษาพบว่าระบบการก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปนั้น มีความเหมาะสมในการนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรประเภทเรือนแถวมากกว่าระบบการก่อสร้างระบบเสาคานสำเร็จรูป โดยสามารถสรุปความเหมาะสมของการนำมาระบบก่อสร้างระบบผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปมาใช้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ต้นทุนในการก่อสร้าง บ้านที่สร้างด้วยระบบเสาและคานสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่าราคาลดลงร้อยละ 5.62 และในหมวดงานสถาปัตยกรรมและหมวดประกอบอาคารคงที่ ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่าราคาเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 46.09 ส่วนในหมวดงานสถาปัตยกรรมต้นทุนราคาลดลงร้อยละ 36.13 และหมวดงานประกอบอาคารนั้นมีราคาคงที่

2. จากการวิเคราะห์ค่าแรงงานในการก่อสร้าง บ้านที่สร้างด้วยระบบเสาและคานสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่ามีราคาลดลงร้อยละ12.38 และในหมวดงานสถาปัตยกรรมและหมวดประกอบอาคารคงที่ ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่าราคาลดลงร้อยละ 12.38 ส่วนในหมวดงานสถาปัตยกรรมต้นทุนราคาลดลงร้อยละ36.19 และหมวดงานประกอบอาคารนั้นมีราคาคงที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัสดุในการก่อสร้าง บ้านที่สร้างด้วยระบบเสาและคานสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่ามีราคาเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.25ในหมวดงานสถาปัตยกรรมและหมวดประกอบอาคารคงที่ ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างระบบเดิมในหมวดงานโครงสร้าง พบว่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ72.72 ส่วนในหมวดงานสถาปัตยกรรมต้นทุนราคาลดลงร้อยละ36.10 และหมวดงานประกอบอาคารนั้นมีราคาคงที่

4. จากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้าง บ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักเปรียบเทียบกับบ้านที่สร้างด้วยระบบเสาและคานสำเร็จรูป จะเร็วกว่า 24 วันคิดเป็นร้อยละ22.85 และเมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างบ้านระบบเดิมจะเร็วกว่า 60 วัน คิดเป็นร้อยละ 65.22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์

2. เครื่องพิมพ์

3. กล้องถ่ายรูป

วิธีการ

กระบวนการศึกษาและทำการวิจัยแบ่งเป็นส่วนหลักๆ 4 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ส่วนที่ 2 การออกแบบโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนักและการวิเคราะห์ต้นทุน ส่วนที่ 3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ส่วนที่ 4 การสรุปและข้อเสนอแนะ โดยรายละเอียดแต่ละส่วนมีดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1. ค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้น โดยศึกษาจากทฤษฎี เอกสารทางวิชาการต่างๆ รวมถึงวิทยานิพนธ์หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการก่อสร้างทั่วไป และระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก อีกทั้งการสอบถาม สัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ออกแบบ คณาจารย์ ที่มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์โครงการ รวมถึงหลักการออกแบบให้ครอบคลุมประเด็นสำคัญและข้อควรระวังในการวิเคราะห์โครงการและออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย

2. การสำรวจ และเก็บข้อมูลภาคสนามภายในโครงการ สัมภาษณ์ผู้ประกอบการและผู้รับเหมาก่อสร้างที่ใช้ระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก เพื่อศึกษาการนำไปใช้จริงและแนวคิดในการพัฒนาการผลิตหรือกระบวนการก่อสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2 การออกแบบ และประมาณราคา

1. วิเคราะห์แบบสถาปัตยกรรมของอาคารแล้วทำการกำหนดขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ แล้วทำการออกแบบชิ้นส่วนเป็นระบบผนังคอนกรีตรับน้ำหนักโดยใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน และออกแบบแบบหล่อ (Formwork) รวมถึงแท่นหล่อ (Platform) ชิ้นส่วน

2. ทำการถอดแบบประมาณราคาชิ้นส่วนโครงสร้างเพื่อหาต้นทุนการผลิตต่อหลัง (ต้นทุนแปรผัน) และเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งโรงงานผลิตชั่วคราวภายในสถานที่ก่อสร้างเพื่อหาต้นทุนคงที่ สำหรับชิ้นส่วนสำเร็จรูป

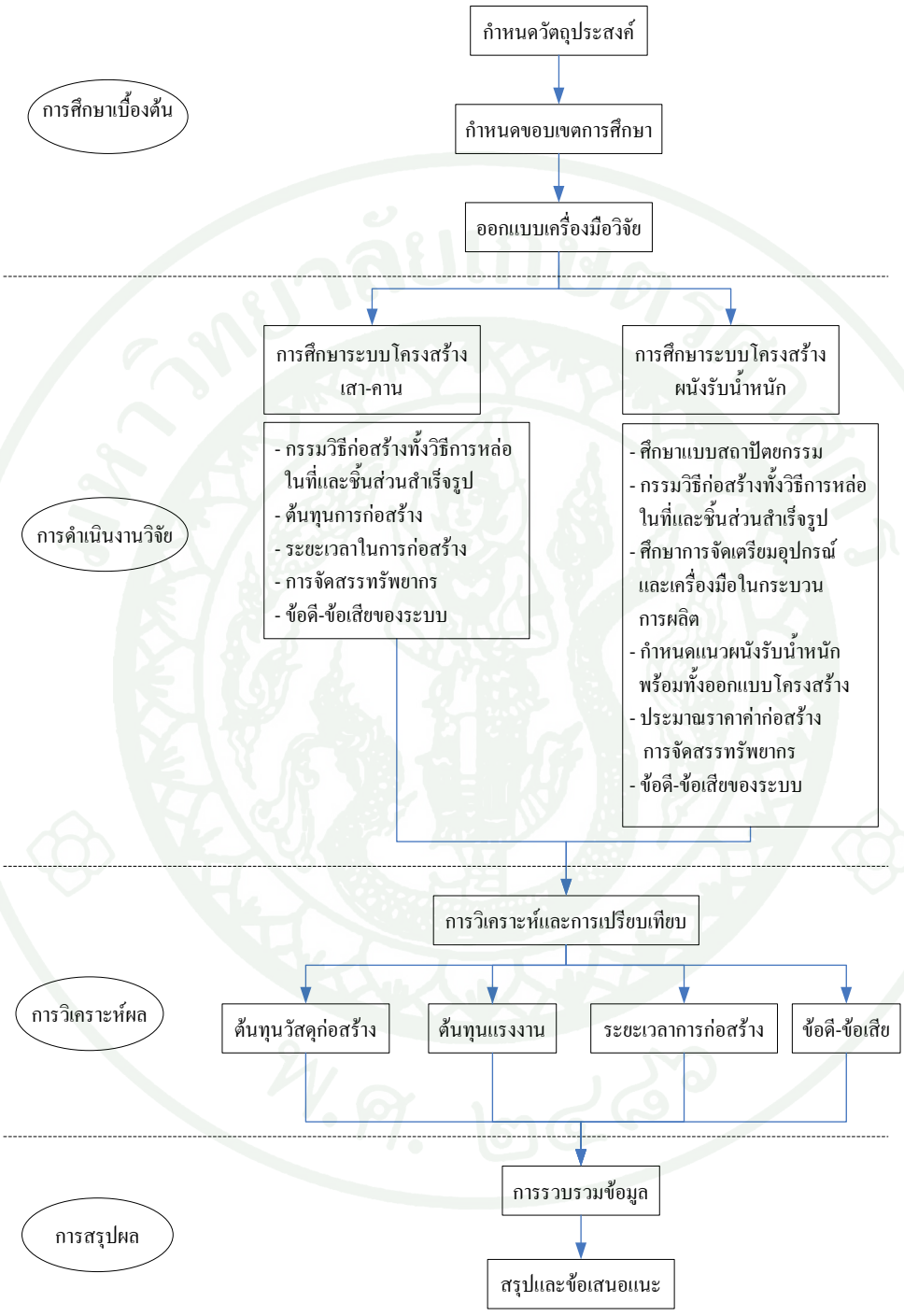
ส่วนที่ 3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

1. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น รวมถึงต้นทุนที่ได้จากการถอดแบบประมาณราคาของโครงสร้างระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ส่วนต้นทุนการก่อสร้างแบบเสาและคาน หล่อในที่ใช้ข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาให้ได้ตามวัตถุประสงค์และตรวจสอบผลที่ได้จากการวิเคราะห์

ส่วนที่ 4 สรุปผล และข้อเสนอแนะเพื่อหาแนวทางในการพิจารณาเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ได้จากการทำวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ลำดับ และขั้นตอนการทำการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้ ได้ให้ความสำคัญเรื่องความแตกต่างของต้นทุนการก่อสร้าง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการก่อสร้างของอาคารพักอาศัย จากโครงสร้างเสา-คาน หล่อในที่เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้วิธีการก่อสร้าง โดยเปรียบเทียบต้นทุนงานโครงสร้าง และระยะเวลาในการก่อสร้าง อีกทั้งแนวคิด ปัญหา และอุปสรรคของระบบต่างๆ

ผล

1. การศึกษาต้นทุนค่าก่อสร้าง

การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้าง ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในหมวดหมู่ของงาน 2 ส่วน คือ งานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม โดยมุ่งประเด็นที่วัสดุมวลรวมหลักเช่น คอนกรีต เหล็กเสริมแบบหล่อ และงานก่ออิฐฉาบปูน เป็นต้น

ต้นทุนการก่อสร้างของระบบโครงสร้างเสา-คานหล่อในที่ ใช้ข้อมูลเบื้องต้นของกรมโยธาธิการซึ่งข้อมูลชุดดังกล่าวได้จำแนกหมวดหมู่งานไว้อย่างครบถ้วน และได้กำหนดปริมาณงาน โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้ข้อมูลชุดดังกล่าวเป็นข้อมูลฐานสำหรับการเปรียบเทียบกับวิธีการก่อสร้างและระบบโครงสร้างอื่นๆ ในส่วนของต้นทุนการก่อสร้างระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน ใช้ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านพักอาศัย ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับระบบคอนกรีตหล่อในที่ (จุติ, 2551) ที่ได้จำแนกหมวดหมู่งานตามแบบอย่างของข้อมูลฐาน โดยใช้ราคาต่อหน่วยเดียวกันกับระบบโครงสร้างอื่นๆ

1.1 การกำหนดราคาวัสดุ และค่าแรงนั้น อ้างอิงข้อมูลตามประกาศของสำนักงบประมาณ สำนักนายกรัฐมนตรี ปี2552 ราคาวัสดุ และค่าแรงได้แสดงในตารางที่ 3 และ4 ส่วนวัสดุนอกเหนือจากรายการที่มีอยู่ในประกาศดังกล่าว กำหนดให้ใช้ราคาต่อหน่วยตามผู้ผลิต หรือตัวแทนจำหน่ายดังตารางที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการศึกษาต้นทุนค่าก่อสร้างสำหรับงานวิจัยนี้ ไม่รวมเงื่อนไขอันได้แก่ ราคาที่ดิน ค่าดำเนิน กำไร ตัวคูณเพิ่มของราคากลาง(Factor F) และมูลค่าเพิ่มอันเนื่องจากระยะทาง และสภาพพื้นที่ในการขนส่ง (ราคาอ้างอิงในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล)

ตารางที่ 3 ราคาต่อหน่วยของวัสดุสำหรับประมาณค่าก่อสร้าง

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ค่าวัสดุ ราคาหน่วยละ
1	งานโครงสร้าง**		
1.1	คอนกรีต*		
	- คอนกรีตผสมเสร็จ 180 ksc	ลบ.ม.	2,470.00
	- คอนกรีตผสมเสร็จ 210 ksc	ลบ.ม.	2,510.00
	- คอนกรีตผสมเสร็จ 280 ksc	ลบ.ม.	2,630.00
1.2	แบบหล่อ		
	- ไม้แบบหล่อคอนกรีตทั่วไป	ตร.ม.	405.00
	- แบบเหล็กหล่อคอนกรีต ขนาดมาตรฐาน	ตร.ม.	1,238.00
1.3	เหล็กเสริม		
	- เหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ SR 24	กก.	20.05
	- เหล็กเส้นข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 30	กก.	18.16
	- ลวดผูกเหล็ก	กก.	27.73
2	งานสถาปัตยกรรม**		
	- ผนังก่ออิฐมอญ หนาครึ่งแผ่น	ตร.ม.	232.00
	- คอนกรีตเสาเอ็น และคานทับหลัง (รวมเหล็กเสริม)	ม.	189.00
	- ฉาบปูนผนัง-ฉาบปูนโครงสร้าง	ตร.ม.	130.00

หมายเหตุ * กำลังอัดประลัยที่ 28วัน ของคอนกรีตรูปทรงกระบอก

** ใช้ราคากลางเฉลี่ยถึงเดือน พฤศจิกายน 2552

ที่มา: ตารางแสดงวิธีการคำนวณหาค่าวัสดุมวลรวมต่อหน่วยของงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการ (ม.ป.ป.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ค่าแรงต่อหน่วยสำหรับประมาณค่าก่อสร้าง

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ค่าแรงงาน ราคาหน่วยละ
1	งานโครงสร้าง		
	- ขุดดินทั่วไป	ลบ.ม.	70.00
	- เทคอนกรีตผสมเสร็จ (ทั่วไป)	ลบ.ม.	274.00
	- เทคอนกรีตผสมเสร็จ (ผนัง)	ลบ.ม.	335.00
	- เทคอนกรีตผสมเสร็จ (แนวราบ)	ลบ.ม.	204.00
	- ตัด ดัด และผูกเหล็กเสริม	กก.	2.68
	- ประกอบ ติดตั้งแบบหล่อคอนกรีตทั่วไป	ตร.ม.	103.00
	- ประกอบ ติดตั้งแบบเหล็กหล่อผนัง	ตร.ม.	145.00
2	งานสถาปัตยกรรม		
	- คอนกรีตเสาเอ็น และคานทับหลัง	ม.	35.00
	- ก่ออิฐมอญ ก่อครึ่งแผ่น	ตร.ม.	80.00
	- ฉาบปูนผนัง-ฉาบปูนโครงสร้าง	ตร.ม	80.00

ที่มา: * บัญชีค่าแรง/ดำเนินการสำหรับถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ปรับปรุงเดือน สิงหาคม 2551 และประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ฉบับที่ 3 (2552)

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาหน่วยละ
1	ลานหล่อแผ่นผนังสำเร็จรูป *		
	- ขนาด 6 x 4.5 เมตร	เหมา	16,597.72
	- ขนาด 9 x 4.5 เมตร	เหมา	24,796.58
	- ขนาด 12 x 4.5 เมตร	เหมา	32,995.44
2	ปั้นจั่นเคลื่อนที่ขนาด 25 ตัน (ราคาเช่าต่อวัน)	คัน	10,000.00
3	Wiring hoist (ราคาเช่าต่อวัน)	ชุด	800.00
4	Gantry	ชุด	27,300.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาหน่วยละ
5	A-Frame (สำหรับกองเก็บผนังสำเร็จรูป)	ชุด	21,000.00
6	ค่าใช้จ่ายสำหรับติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป**		
	- จุดเชื่อมระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป	ชิ้น	610.08
	- อุปกรณ์ฝังเสริมพิเศษ	แผ่น	169.76
	- รอยต่อระหว่างแผ่นสำเร็จรูป	เมตร	70.13

หมายเหตุ * รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

** ราคารวมค่าวัสดุ ค่าแรง และค่าอุปกรณ์การติดตั้ง

ที่มา: การเก็บข้อมูลโครงการฮาบิเทีย เลียบถนนสาย 345 ของบริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน) (2552)

1.2 การแบ่งหมวดงานต่างๆ เพื่อให้การเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละส่วนมีความชัดเจน ผู้วิจัยใช้วิธีการจำแนกงานตามหลักการแยกหมวดหมู่งาน ของมาตรฐานการเคหะแห่งชาติ โดยได้ปรับปรุงบางส่วนเพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งได้แบ่งงานไว้ 4 หมวดงานดังนี้

1.2.1 หมวดงานโครงสร้าง มีองค์ประกอบของงานได้แก่ งานดิน งานฐานราก งานโครงสร้าง งานแบบหล่อ งานโครงหลังคา งานประกอบจุดต่อ และรอยต่อ (งานประกอบจุดต่อและรอยต่อสำหรับระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป)

1.2.2 หมวดงานสถาปัตยกรรม มีองค์ประกอบของงานได้แก่ งานก่ออิฐฉาบปูน งานตกแต่งผิวผนัง และผิวพื้น งานสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์เบ็ดเตล็ด อุปกรณ์ติดตั้งวงกบ และบานประตู งานฝ้าเพดาน มุงหลังคา และงานทาสีอาคาร เป็นต้น

1.2.3 หมวดงานระบบสุขาภิบาล โดยรายละเอียดงานทั้งหมดในส่วนนี้ พบว่าวิธีการก่อสร้างแบบหล่อในที่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบโครงสร้างแบบเสา-คาน และผนังรับน้ำหนักนั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณงานที่จะส่งผลต่อต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.4 หมวดงานไฟฟ้าและสื่อสาร โดยรายละเอียดงานทั้งหมดในส่วนนี้ พบว่าวิธีการก่อสร้างแบบหล่อในที่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูปของระบบโครงสร้างแบบเสา-คาน และผนังรับน้ำหนักนั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณงานที่จะส่งผลต่อต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 6 ค่าก่อสร้างต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามหมวดหมู่งาน (บาทต่อตร.ม.)

แบบที่	งานโครงสร้าง				งานสถาปัตยกรรม			
	เสา-คาน		ผนังรับน้ำหนัก		เสา-คาน		ผนังรับน้ำหนัก	
	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป
1	2,734.96	2,963.25	3,747.23	4,143.05	3,511.36	3,511.36	2,735.09	2,735.09
2	3,315.17	3,873.20	4,874.87	6,030.82	5,059.49	5,059.49	3,918.29	3,918.29
3	2,524.32	2,799.61	3,762.64	4,125.00	5,838.00	5,838.00	4,844.39	4,844.39
4	2,680.66	2,923.47	4,075.89	4,378.42	5,661.85	5,661.85	4,449.44	4,449.44
5	2,583.49	2,450.89	3,200.54	3,311.01	4,431.42	4,431.42	3,230.35	3,230.35
6	2,789.47	2,620.50	3,363.78	3,385.57	4,090.63	4,090.63	3,132.73	3,132.73
7	2,755.67	2,648.66	3,417.06	3,516.24	4,580.13	4,580.13	3,424.66	3,424.66
8	2,955.99	2,849.98	3,643.06	3,457.69	4,317.84	4,317.84	3,084.56	3,084.56
9	3,145.17	2,861.27	3,593.77	3,585.00	4,119.48	4,119.48	2,917.26	2,917.26
10	3,047.06	2,682.86	3,461.09	3,437.20	3,885.65	3,885.65	2,758.43	2,758.43
11	2,663.68	2,495.44	3,038.38	2,989.57	3,757.19	3,757.19	2,675.43	2,675.43
12	3,145.17	2,861.27	3,593.77	3,585.00	4,119.48	4,119.48	2,917.26	2,917.26
13	2,934.26	2,583.54	3,332.96	3,309.96	3,741.81	3,741.81	2,656.31	2,656.31
14	2,663.68	2,495.44	3,038.38	2,989.57	3,757.19	3,757.19	2,675.43	2,675.43
15	3,145.17	2,861.27	3,593.77	3,585.00	4,119.48	4,119.48	2,917.26	2,917.26
16	2,934.26	2,583.54	3,332.96	3,309.96	3,741.81	3,741.81	2,656.31	2,656.31
17	2,663.68	2,495.44	3,038.38	2,989.57	3,757.19	3,757.19	2,675.43	2,675.43
18	3,145.17	2,861.27	3,593.77	3,585.00	4,119.48	4,119.48	2,917.26	2,917.26
19	2,934.26	2,583.54	3,332.96	3,309.96	3,741.81	3,741.81	2,656.31	2,656.31
20	2,663.68	2,495.44	3,038.38	2,989.57	3,757.19	3,757.19	2,675.43	2,675.43
21	3,383.31	3,439.27	4,343.00	4,319.16	4,994.07	4,994.07	3,682.61	3,682.61
22	2,402.84	2,483.55	3,427.51	3,448.50	5,677.11	5,677.11	4,494.82	4,494.82
23	2,696.28	2,778.01	3,769.12	3,958.58	6,048.83	6,048.83	4,455.28	4,455.28
24	2,596.35	2,512.40	3,439.83	3,614.93	5,970.83	5,970.83	4,286.89	4,286.89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แบบที่	งานโครงสร้าง				งานสถาปัตยกรรม			
	เสา-คาน		ผนังรับน้ำหนัก		เสา-คาน		ผนังรับน้ำหนัก	
	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป
25	3,033.86	2,996.33	3,897.86	4,090.84	5,959.03	5,959.03	4,420.06	4,420.06
26	2,940.30	2,819.81	3,462.09	3,363.63	5,291.86	5,291.86	3,910.63	3,910.63
27	2,749.84	2,615.37	3,579.34	3,665.31	5,420.10	5,420.10	3,842.69	3,842.69
28	2,638.16	2,487.80	3,354.88	3,224.63	4,709.71	4,709.71	3,570.69	3,570.69
เฉลี่ย	2,852.35	2,754.37	3,548.12	3,632.10	4,577.86	4,577.86	3,377.90	3,377.90

1.3 การจัดกลุ่มหรือแบ่งประเภทอาคาร เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้แบบอาคารที่มีความหลากหลาย และเพื่อให้การเปรียบเทียบชัดเจน ผู้วิจัยได้แบ่งตามขนาดของเนื้อที่ และประเภทอาคาร ออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งราคารวมเฉลี่ยดังภาพที่ 29 แผนภูมิแสดงราคารวมเฉลี่ยต่อพื้นที่ จะพบว่าระบบเสา-คานหล่อในที่ จะเริ่มราคาค่าก่อสร้างรวมที่สูงกว่าระบบอื่นๆ ตั้งแต่ขนาดของกลุ่มบ้านที่ 2 (ขนาดมากกว่า 125 ตร.ม.) เป็นต้นไป โดยที่ต้นทุนหมวดงานโครงสร้างของระบบผนังรับน้ำหนักจะมีต้นทุนที่สูงกว่าระบบเสา-คานดังภาพที่ 30 แต่ก็ไม่มากกว่าการลดลงของต้นทุนหมวดงานสถาปัตยกรรมดังภาพที่ 31 (จากตารางผนวกที่ ค6)

1.3.1 กลุ่มอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยว ที่มีเนื้อที่ น้อยกว่า 125 ตร.ม. โดยกลุ่มบ้านดังกล่าวมีจำนวน 7 แบบ

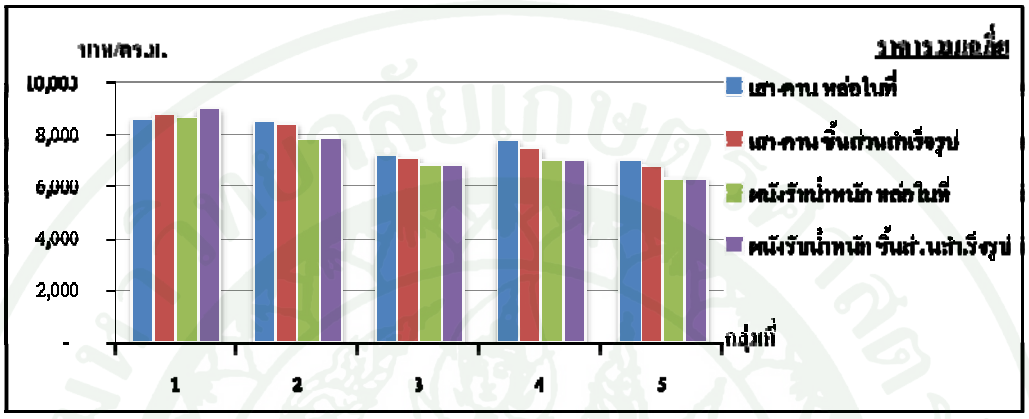
1.3.2 กลุ่มอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยว ที่มีเนื้อที่ มากกว่า 125 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 250 ตร.ม. โดยกลุ่มบ้านดังกล่าวมีจำนวน 6 แบบ

1.3.3 กลุ่มอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยว ที่มีเนื้อที่มากกว่า 250 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 400 ตร.ม. จำนวน 3 แบบ

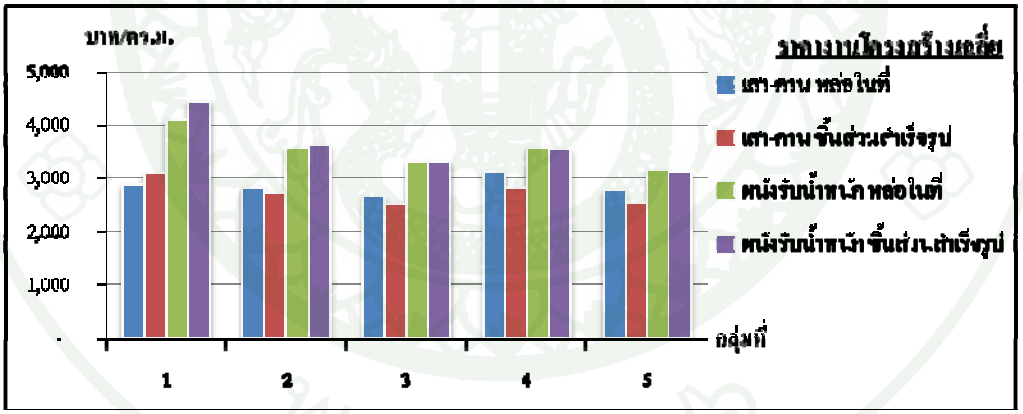
1.3.4 กลุ่มอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านแถว ที่มีเนื้อที่น้อยกว่า 800 ตร.ม. จำนวน 5 แบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.5 กลุ่มอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านแถว ที่มีเนื้อที่ มากกว่า 800 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 1,100 ตร.ม. จำนวน 7 แบบ

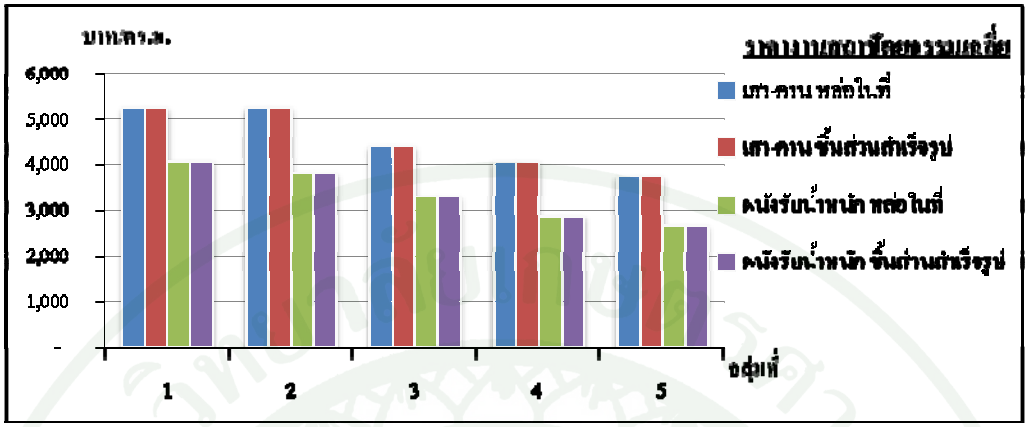


ภาพที่ 29 แผนภูมิแสดงราคารวมเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม



ภาพที่ 30 แผนภูมิแสดงราคาหมวดงานโครงสร้างเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 แผนภูมิแสดงราคาหมวดสถาปัตยกรรมเฉลี่ยต่อพื้นที่จำแนกตามกลุ่ม

2. การศึกษาระยะเวลาการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้คำนวณระยะเวลาการก่อสร้างหมวดงานโครงสร้าง และงานผนังของหมวดงานสถาปัตยกรรม โดยไม่ได้รวมงานเบ็ดเตล็ด งานตกแต่งผิวพื้น และงานระบบประกอบอาคาร ทั้งนี้การประมาณระยะเวลาก่อสร้างใช้ข้อมูลจากการสำรวจ เก็บข้อมูลจากสถานที่ก่อสร้างจริงของบริษัท ซีคอน จำกัด บริษัท ซัมมิท ไพส์เฮิรทส์ จำกัด บริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน) และหลักการคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง จากอัตราการทำงานก่อสร้าง (ตารางที่ 7) ประกอบการวางแผนงานโดยคิดระยะเวลาต่อการก่อสร้าง 1 หลัง ซึ่งผลการคำนวณที่ได้แสดงในตารางที่ 8 โดยเมื่อจำแนกตามกลุ่มอาคารดังแสดงในภาพที่ 32 จะพบว่าระบบการก่อสร้างด้วยวิธีเสา-คานหล่อในที่จะใช้ระยะเวลามากที่สุด (จากตารางผนวกที่ ง1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 อัตราการทำงานต่อวัน

ชนิดของงาน	จำนวนคน	หน่วย	ปริมาณงาน
ขุดดิน	1	ลบ.ม.	2.20
ก่ออิฐมอญ ครึ่งแผ่น	1	ตร.ม.	6.60
ก่ออิฐมอญ ครึ่งแผ่น (แนวสูง)	1	ตร.ม.	3.30
ฉาบปูนผนัง	1	ตร.ม.	10.00
เทคอนกรีตแนวราบ	1	ลบ.ม.	1.50
เทคอนกรีตเสาหรือผนัง	2	ลบ.ม.	1.10
ดัดเหล็ก และผูกเหล็ก	2	กก	60.00
ประกอบ และติดตั้งไม้แบบหล่อคานหรือพื้น	3	ตร.ม.	23.00
ประกอบ และติดตั้งแบบเหล็กหล่อผนัง*	4	ตร.ม.	75.00
ประกอบ และติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก**	4	แผ่น	15.00

หมายเหตุ * ใช้แบบเหล็กขนาด 60 x 120 ซม. ประกอบเป็นแผง แล้วยึดด้วยน๊อต ยกโดยปั้นจั่นเคลื่อนที่ขนาด 25 ตัน

** ขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ตั้งแต่ 12 ตร.ม. ถึง 18 ตร.ม. โดยมีด้านใดด้านหนึ่งยาวไม่เกิน 3.5 ม. ยกโดยปั้นจั่นเคลื่อนที่ขนาด 25 ตัน

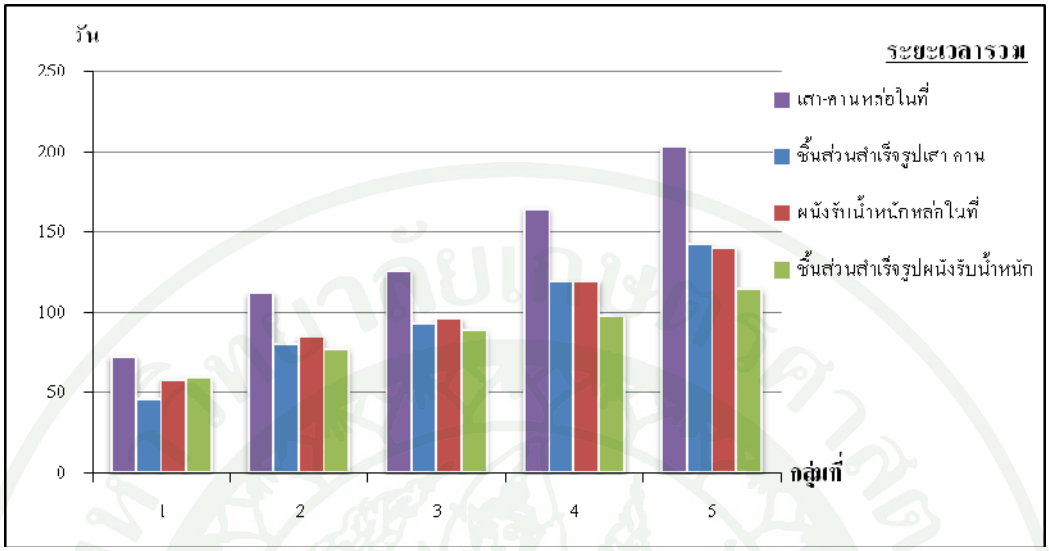
ที่มา: บริษัท ซัมมิท ไพส์เฮิรทส์ จำกัด และบริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน) (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างรวม (วัน)

แบบ	ขนาด (ตร.ม.)	ประเภทอาคาร	ระบบเสา-คาน		ระบบผนังรับน้ำหนัก	
			หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป	หล่อในที่	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป
1	52.00	บ้านเดี่ยว	71	42	62	65
2	30.00	บ้านเดี่ยว	53	32	46	50
3	56.00	บ้านเดี่ยว	72	45	61	64
4	62.00	บ้านเดี่ยว	86	56	57	59
5	332.88	บ้านเดี่ยว	123	91	95	93
6	338.37	บ้านเดี่ยว	124	90	95	93
7	242.00	บ้านเดี่ยว	118	87	89	89
8	243.30	บ้านเดี่ยว	119	91	90	89
9	605.60	บ้านแถว	151	111	113	93
10	780.40	บ้านแถว	185	132	129	107
11	1,015.20	บ้านแถว	217	151	149	120
12	605.60	บ้านแถว	151	111	113	93
13	810.40	บ้านแถว	185	132	129	107
14	1,015.20	บ้านแถว	217	151	149	120
15	605.60	บ้านแถว	151	111	113	93
16	810.40	บ้านแถว	185	132	129	107
17	1,015.20	บ้านแถว	217	151	149	120
18	605.60	บ้านแถว	151	111	113	93
19	810.40	บ้านแถว	185	132	129	107
20	1,015.20	บ้านแถว	217	151	149	120
21	77.00	บ้านเดี่ยว	65	41	56	57
22	113.36	บ้านเดี่ยว	74	51	63	63
23	125.90	บ้านเดี่ยว	90	56	66	60
24	179.35	บ้านเดี่ยว	101	69	77	67
25	169.09	บ้านเดี่ยว	101	65	78	68
26	230.75	บ้านเดี่ยว	113	83	87	75
27	240.44	บ้านเดี่ยว	121	85	90	77
28	382.95	บ้านเดี่ยว	131	98	98	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 แผนภูมิแสดงระยะเวลาการก่อสร้างรวม

3. การเปรียบเทียบผลจากการศึกษา

การเปรียบเทียบผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือส่วนของต้นทุนค่าก่อสร้าง ระยะเวลารวมของการก่อสร้าง งานเพิ่ม-ลด และข้อดี-ข้อเสียของวิธีการก่อสร้างโดยใช้ข้อมูลของระบบโครงสร้างเสา-คาน เป็นฐานสำหรับการเปรียบเทียบ

3.1 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้าง

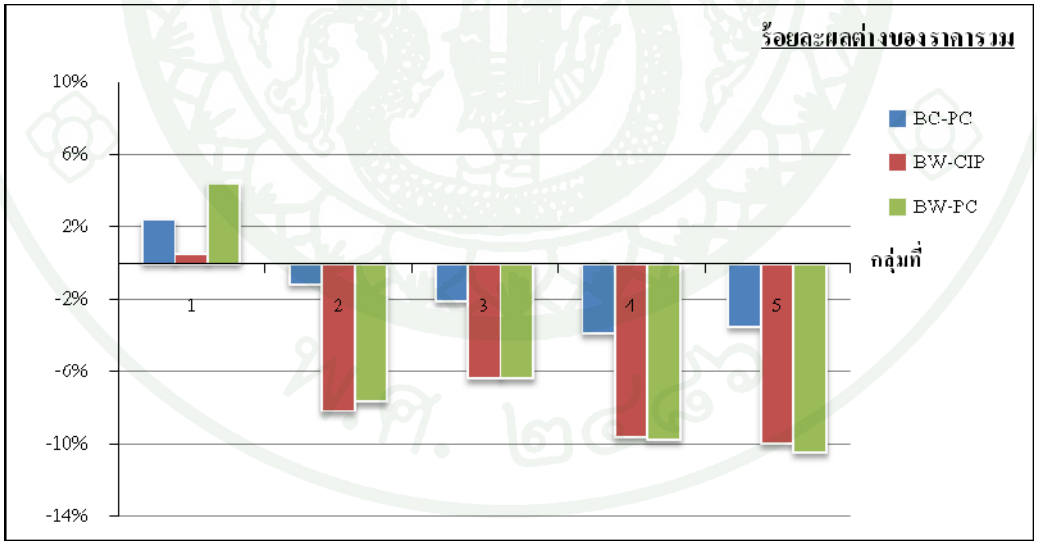
เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาพบว่า ราคางานรวมเฉลี่ยมีความแตกต่างโดยที่ในกลุ่มที่ 1 (น้อยกว่า 125 ตร.ม.) นั้นการเปลี่ยนแปลงวิธีการก่อสร้างจากวิธีเสา-คานหล่อในที่ ทำให้ราคารวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่กลุ่มอื่นๆ (มากกว่า 125 ตร.ม.ขึ้นไป) จะลดลงดังแสดงในภาพที่ 33 ในส่วนของหมวดงานโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน ทั้งระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ และระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก หมวดงานสถาปัตยกรรมมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะระบบผนังรับน้ำหนัก ดังแสดงในภาพที่ 34 และ 35 (ตารางที่ 9) ทั้งนี้เพื่อให้เห็นถึงปัจจัยที่เป็นผลทำให้ต้นทุนมีความแตกต่าง ผู้วิจัยได้จำแนกองค์ประกอบของราคาในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม ดังตารางที่ 10 และจำแนกสัดส่วนของต้นทุนแต่ละของหมวดงานแสดงในภาพที่ 36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างราคาค่าก่อสร้างเฉลี่ยต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามกลุ่มอาคาร โดยใช้โครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่เป็นฐาน

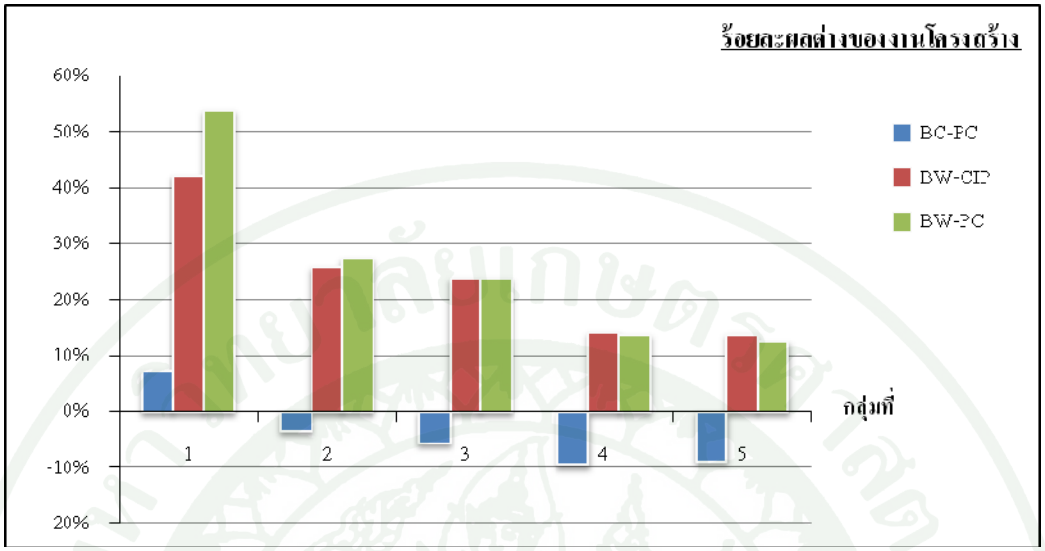
กลุ่มที่	โครงสร้าง			สถาปัตยกรรม		
	BC-PC	BW-CIP	BW-PC	BC-PC	BW-CIP	BW-PC
1	7.32%	40.38%	54.00%	0.00%	-23.73%	-23.73%
2	-3.46%	25.88%	27.46%	0.00%	-27.17%	-27.17%
3	-5.64%	23.82%	23.84%	0.00%	-24.92%	-24.92%
4	-9.60%	14.13%	13.75%	0.00%	-29.15%	-29.15%
5	-8.87%	13.85%	12.49%	0.00%	-28.89%	-28.89%

หมายเหตุ BC-PC คือ ระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป เสา-คาน
BW-CIP คือ ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่
BW-PC คือ ระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก

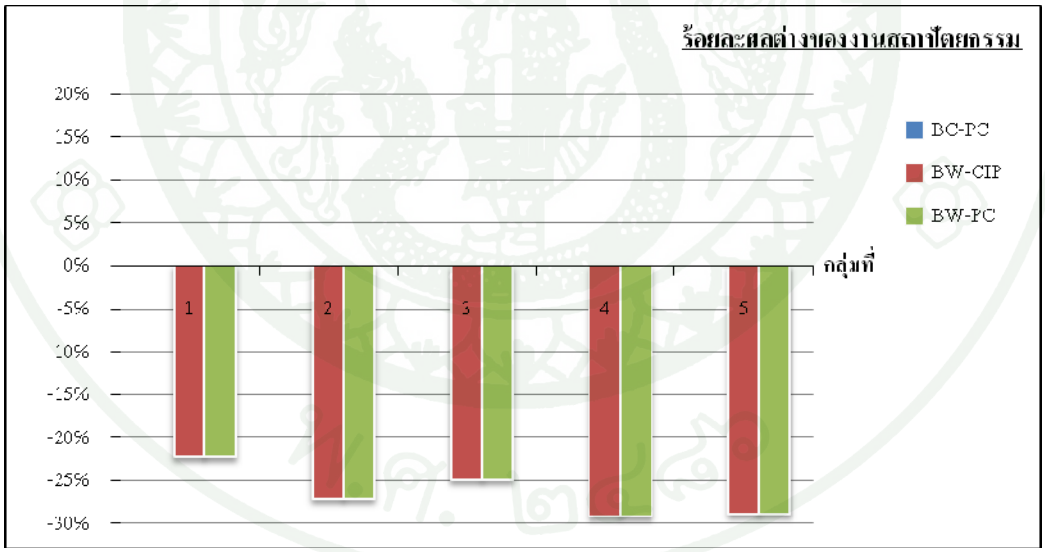


ภาพที่ 33 แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างราคารวมเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 34 แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างหมวดงานโครงสร้าง



ภาพที่ 35 แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างหมวดงานสถาปัตยกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างต้นทุนเฉลี่ย ขององค์ประกอบหลักงานโครงสร้าง และสถาปัตยกรรม จำแนกตามกลุ่มอาคาร โดยโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่เป็นฐาน

กลุ่มที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์*	ค่าแรง**
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
โครงสร้างระบบเสา-คาน ชิ้นส่วนสำเร็จรูป						
1	0%	0%	-46.73%	5.80%	0%	-4.19%
2	0%	0%	-56.97%	4.14%	0%	-5.67%
3	0%	0%	-57.44%	3.29%	0%	-5.23%
4	0%	0%	-61.86%	5.19%	0%	-9.04%
5	0%	0%	-68.84%	4.59%	0%	-10.31%
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่						
1	59.75%	17.81%	102.60%	0%	-74.52%	30.57%
2	53.70%	12.26%	40.57%	0%	-87.95%	24.25%
3	48.90%	13.44%	22.55%	0%	-80.19%	17.49%
4	40.68%	13.30%	9.90%	0%	-94.39%	1.67%
5	41.40%	15.10%	4.80%	0%	-94.48%	1.14%
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป						
1	59.75%	17.81%	-75.74%	29.17%	-74.52%	-11.67%
2	53.70%	12.26%	-78.33%	16.32%	-87.95%	-13.52%
3	48.90%	13.44%	-85.81%	15.86%	-80.19%	-14.05%
4	40.68%	13.30%	-86.81%	13.26%	-94.39%	-20.19%
5	41.40%	15.10%	-89.30%	12.36%	-94.48%	-22.11%

หมายเหตุ * รวมเฉพาะราคาวัสดุงานผนัง และตกแต่งผิวผนัง

** รวมค่าแรงงานโครงสร้าง และงานผนัง

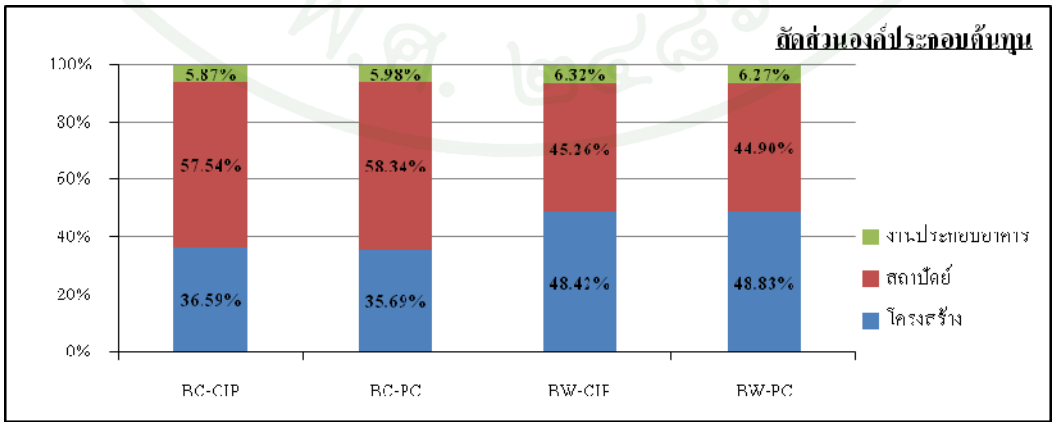
จากตารางผนวกที่ ค10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการศึกษาในข้างต้น ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน มีปริมาณงานคอนกรีต และงานเหล็กเสริมในหมวดงานโครงสร้างเท่าเดิม เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของโครงสร้าง งานแบบหล่อมีต้นทุนต่ำกว่า เนื่องจากปริมาณในการใช้แบบหล่อที่น้อยกว่า และการใช้ซ้ำของแบบหล่อที่มากกว่าระบบเสา-คานหล่อในที่ อย่างไรก็ตามระบบนี้จำเป็นต้องมีงานติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้น

ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก พบว่างานคอนกรีต และงานเหล็กเสริมในหมวดงานโครงสร้างมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก การใช้แบบหล่อมีปริมาณลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด และจำนวนของคานที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่นคานคอดิน และงานฐานรากที่มีขนาดใหญ่ขึ้น คานรับพื้นชั้นถัดไปลดลง เนื่องจากใช้ผนังรับน้ำหนักแทน หรืออาคารบางลักษณะต้องมีคานเพื่อรองรับผนังในชั้นถัดไป ในการผลิตผนังสำเร็จรูปต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการหล่อชิ้นส่วน และโครงเหล็กสำหรับการกองเก็บ (A-Frame) แผ่นสำเร็จรูปที่ถอดแบบแล้ว เป็นผลให้ราคาหมวดงานโครงสร้างสูงขึ้น แต่งานสถาปัตยกรรมซึ่งมีงานผนังเป็นงานหลักลดลง

ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ พบว่างานคอนกรีต และงานเหล็กเสริมในหมวดงานโครงสร้างมีปริมาณมากขึ้น เช่นเดียวกับระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก แต่การใช้แบบหล่อมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากใช้หล่อผนังคอนกรีต เป็นผลให้ราคาหมวดงานโครงสร้างสูงขึ้น แต่งานสถาปัตยกรรมซึ่งมีงานผนังเป็นงานหลักลดลง และไม่มีงานติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหมือนระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก

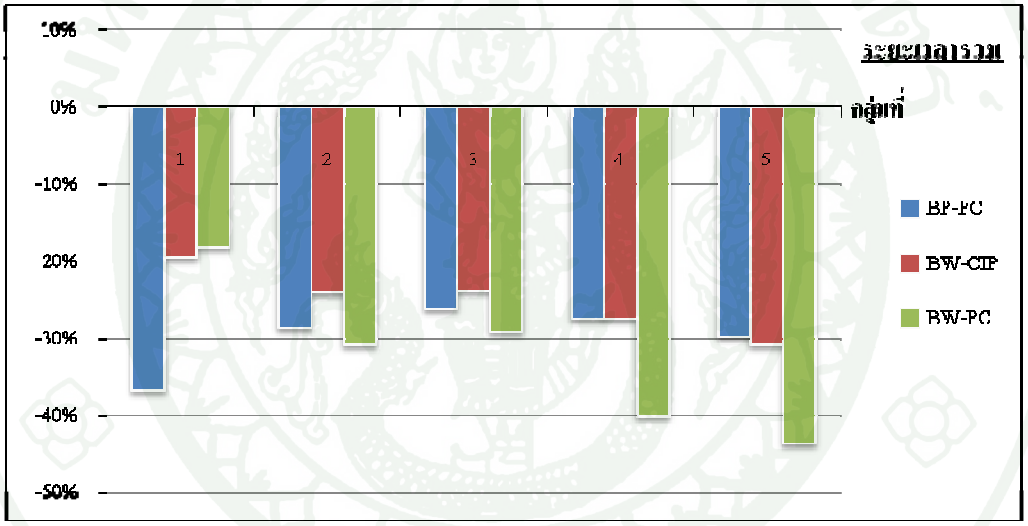


ภาพที่ 36 แผนภูมิแสดงสัดส่วนของต้นทุนในแต่ละหมวดงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการก่อสร้าง

การเปรียบเทียบระยะเวลารวมของการก่อสร้างพบว่า อาคารพักอาศัยขนาด 250 ตร.ม. ขึ้นไป ระบบเสา-คานหล่อในที่ใช้ระยะเวลามากที่สุด และระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักใช้เวลาน้อยที่สุด โดยในภาพที่ 37 เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาของวิธีการก่อสร้างแบบต่างๆ โดยใช้วิธีการก่อสร้างเสา-คานหล่อในที่เป็นฐาน (ตารางที่ 11) เนื่องจากระบบผนังรับน้ำหนักสามารถลดระยะเวลาในการทำงานผนังอันมีองค์ประกอบของงานก่ออิฐ งานฉาบผนังก่อ และงานฉาบผนังโครงสร้างของหมวดงานสถาปัตยกรรม



ภาพที่ 37 แผนภูมิแสดงร้อยละของผลต่างระยะเวลาการก่อสร้างรวมเฉลี่ย

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบร้อยละของผลต่างระยะการก่อสร้าง จำแนกตามกลุ่มประเภทอาคาร โดยโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่เป็นฐาน

กลุ่มที่	BC-PC	BW-CIP	BW-PC
1	-61.94%	-27.74%	-23.95%
2	-42.55%	-32.80%	-46.02%
3	-38.15%	-30.88%	-40.75%
4	-38.50%	-37.33%	-66.60%
5	-42.90%	-44.36%	-77.46%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การวิเคราะห์งานลด-งานเพิ่ม (Addition-Deduction)

การก่อสร้างระบบเสา-คานหล่อในที่ และผนังรับน้ำหนัก มีความแตกต่างกันโดยการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์งานเพิ่ม-งานลด ใช้การเปลี่ยนแปลงปริมาณงานจากข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งจำแนกตามประเภทหมวดหมู่งานต่างๆ แสดงในตารางที่ 12

3.4 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของวิธีการก่อสร้าง และระบบโครงสร้างรูปแบบต่างๆ

รายละเอียดส่วนนี้อธิบายถึงข้อแตกต่างของวิธีการก่อสร้างและระบบต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างวิธีหล่อในที่ระบบโครงสร้างเสา-คานสรุปสาระสำคัญเป็นประเด็นเชิงเทคนิควิธีการในการก่อสร้างโดยมีปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 สรุปงานลด-เพิ่มระหว่างวิธีการก่อสร้างแบบต่างๆ กับวิธีเสา-คานหล่อในที่

ลำดับ	หมวดงาน	เสา-คาน ชิ้นส่วนเร็จรูป		ผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป		ผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่	
		งานลด	งานเพิ่ม	งานลด	งานเพิ่ม	งานลด	งานเพิ่ม
1	งานฐานรากและตอม่อ	ไม่มี	1. จุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูประหว่างตอม่อ กับคานคอดิน	ไม่มี	1. ขนาดของฐานราก 2. ปริมาณเหล็กเสริมและคอนกรีต 3. งานขุดดินฐานราก	ไม่มี	1. ขนาดของฐานราก 2. ปริมาณเหล็กเสริมและคอนกรีต 3. งานขุดดินฐานราก
2	งานโครงสร้าง	1. ปริมาณของไม้แบบหล่อเสา และคาน	1. จุดต่อระหว่างเสากับคาน 2. พื้นที่สำหรับหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป 3. พื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป	1. ปริมาณของไม้แบบหล่อเสา และคาน 2. จำนวนของเสาและคาน	1. เพิ่มขนาดหน้าตัดคานสำหรับรับผนังคอนกรีต (ถ้ามี) 2. ปริมาณเหล็กเสริมและคอนกรีตสำหรับหล่อผนังรับน้ำหนัก 3. พื้นที่หล่อ พื้นที่กองเก็บ และแบบหล่อชิ้นส่วน 4. วัสดุประสานรอยต่อระหว่างผนัง	1. จำนวนเสาและคาน	1. เพิ่มขนาดหน้าตัดคานสำหรับรับผนังคอนกรีต (ถ้ามี) 2. ปริมาณเหล็กเสริมและคอนกรีตสำหรับหล่อผนังรับน้ำหนัก 3. แบบหล่อผนังรับน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับ	หมวดงาน	เสา-คาน ชิ้นส่วนเร็จรูป		ผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป		ผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่	
		งานลด	งานเพิ่ม	งานลด	งานเพิ่ม	งานลด	งานเพิ่ม
3	งานพื้นสำเร็จรูป	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
4	งานโครงหลังคาและวัสดุมุง	ไม่มี	ไม่มี	1. จำนวนคานรับโครงหลังคา	ไม่มี	1. จำนวนคานรับโครงหลังคา	ไม่มี
5	งานผนังและตกแต่งทั่วไป	ไม่มี	ไม่มี	1. งานก่ออิฐ เสาเอ็นและฉาบปูน	1. ผนังคอนกรีต	1. งานก่ออิฐ เสาเอ็น และฉาบปูน	1. ผนังคอนกรีต
6	งานผิวพื้นและตกแต่ง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
7	งานฝ้าเพดาน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
8	งานทาสีทั่วไป	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
9	งานวงกบประตูและหน้าต่าง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
10	งานบานประตูและหน้าต่าง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
11	งานสุขภัณฑ์	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
12	งานประปา	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
13	งานสุขาภิบาล	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
14	งานไฟฟ้า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 สรุปข้อดี-ข้อเสียระหว่างวิธีการก่อสร้างแบบต่างๆ กับวิธีเสา-คานหล่อในที่

ระบบและวิธีการก่อสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน	1. เป็นวิธีก่อสร้างที่ช่างฝีมือโดยทั่วไปยังคุ้นเคย	1. ลดปริมาณการใช้ไม้แบบได้บ้าง เนื่องจากในกรณีอาคารขนาดเล็กยังต้องมีแบบหล่อหลายชุด เพื่อไม่ให้เกิดการรอชิ้นส่วนในขั้นตอนติดตั้ง
	2. การดัดแปลง และปรับปรุงแบบก่อสร้างกระทำได้โดยง่ายเหมือนวิธีเสา-คานหล่อในที่	2. ยังคงเน้นการใช้แรงงานฝีมือในการก่อสร้างโดยเฉพาะงานสถาปัตยกรรมที่ยังคงงานก่ออิฐฉาบปูน
	3. ช่างฝีมือสำหรับงานประเภทนี้มีอยู่มากมาย	3. การควบคุมคุณภาพยังคงเป็นปัญหา
	4. ร่นระยะเวลาในส่วนของงานโครงสร้างได้บ้าง	4. สภาพอากาศยังคงเป็นปัจจัยต่อระยะการก่อสร้าง
	5. ลดปัญหาการใช้แรงงานได้บางส่วน	5. ไม่ได้ช่วยร่นระยะเวลาการก่อสร้างโดยรวมมาก เนื่องจากยังคงต้องมีงานก่ออิฐ-ฉาบปูนที่ต้องใช้เวลามาก
	3. การควบคุมคุณภาพทำได้ง่ายกว่าวิธีเสา-คานหล่อในที่	6. มีชิ้นส่วนจำนวนมากทำให้เกิดความยุ่งยาก อาจต้องมีการทำระบบรหัสชิ้นส่วนประกอบ
	7. ชิ้นส่วนมีขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหนักในการยก และใช้พื้นที่ในการหล่อ และกองเก็บน้อยกว่า ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป	7. ต้องมีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป
ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก	1. ก่อสร้างได้รวดเร็ว เนื่องจากลดระยะเวลาในการก่ออิฐฉาบปูน	1. ราคาค่อนข้างสูง
	2. ลดจำนวนแรงงานในงานสถาปัตย์ ซึ่งต้องใช้ช่างฝีมือ	2. ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญเฉพาะด้าน
	3. การควบคุมคุณภาพทำได้ง่าย	3. การทำงานต้องมีความแม่นยำสูง
	4. โครงสร้างมีความแข็งแรง และเสถียรภาพสูง	4. การปรับเปลี่ยนหรือต่อเติมแบบก่อสร้างทำได้ลำบาก
	5. สภาพพื้นที่การทำงานมีความเป็นระเบียบ ลดปัญหามลภาวะด้านฝุ่น	5. ต้องมีพื้นที่เพียงพอต่อการหล่อ และกองเก็บชิ้นส่วนผนัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ระบบและวิธีการก่อสร้าง	ข้อดี	ข้อเสีย
ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก	6. สามารถเพิ่มพื้นที่ภายในอาคาร และยกระดับฝ้าได้สูงขึ้น 7. มีจำนวนชิ้นส่วนน้อยกว่าวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน การประกอบติดตั้งทำได้ง่าย 8. ผิวผนังมีความเรียบ	6. ต้องมีการวางแผนล่วงหน้า และแบบก่อสร้างที่ชัดเจน 7. จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหนักในการยกแผนผนังสำเร็จรูป 8. โครงสร้างมีขนาดใหญ่ขึ้น เพราะต้องรับน้ำหนักที่มากขึ้น
ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่	1. ก่อสร้างได้รวดเร็ว เนื่องจากลดระยะเวลาในการก่ออิฐฉาบปูน 2. โครงสร้างมีความแข็งแรง และเสถียรภาพสูง 3. สามารถเพิ่มพื้นที่ภายในอาคาร และยกระดับฝ้าได้สูงขึ้น 4. ผิวผนังมีความเรียบ	1. ราคาค่อนข้างสูง 2. ต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญเฉพาะด้าน 3. การปรับเปลี่ยนหรือต่อเติมแบบก่อสร้างทำได้ลำบาก 4. ต้องมีการวางแผนล่วงหน้า และแบบก่อสร้างที่ชัดเจน 5. จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหนักในการยกแผนผนังสำเร็จรูป 6. โครงสร้างมีขนาดใหญ่ขึ้น เพราะต้องรับน้ำหนักที่มากขึ้น 7. ต้องมีการวางแผนการใช้ซ้ำของแบบหล่อผนังเพื่อความเกิดประสิทธิภาพสูง เนื่องจากแบบมีหล่อมีราคาสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบผนังรับน้ำหนัก

1.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาของการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป คือ จำนวนชิ้นส่วน และขนาดของชิ้นส่วน เพราะค่าใช้จ่ายของการติดตั้งขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นส่วน และกำลังของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้ง

1.2 แรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยวิธีผนังรับน้ำหนักจะเป็นแรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะ ซึ่งค่าแรงอาจสูงกว่าวิธีการก่อสร้างแบบเสา-คานหล่อในที่

1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีความพิเศษเฉพาะงาน ซึ่งบางรายการในงานก่อสร้างทั่วไปไม่จำเป็นต้องใช้ หรือบางท้องถิ่นไม่มีจำหน่าย เช่นกาวประสานชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Silicone sealant) ยางเส้นกันน้ำอุดร่องผนังสำเร็จรูป อุปกรณ์ยึดรั้งแบบหล่อผนัง (Form tie) และคอนกรีตกำลังอัดประลัยที่สูง (จำเป็นต้องสั่งคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อให้ได้มาตรฐาน) เป็นต้น

1.4 ในส่วนของต้นทุนการขนส่งจากจุดกองเก็บไปยังบริเวณติดตั้งนั้นไม่ได้รวมในต้นทุนรวม อีกทั้งราคารวมในอาคารพักอาศัยกลุ่มที่ 1 ที่แสดงให้เห็นว่าระบบผนังรับน้ำหนักมีต้นทุนที่สูงกว่ามาก เป็นผลเนื่องจากลักษณะเฉพาะของอาคารที่ชั้นล่างเป็นพื้นที่โล่ง ทำให้ไม่มีผนังรับน้ำหนักจากชั้นที่ 2 ซึ่งยังคงต้องมีคานรับผนังชั้น 2อยู่ อีกทั้งต้องมีการขยายคาน และฐานรากเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกที่มากขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการก่อสร้าง

2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป คือกระบวนการผลิตชิ้นส่วน โดยใช้เวลารอให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีจำนวนเพียงพอต่อการประกอบติดตั้งในแต่ละชั้น

2.2 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง ต้องมีความเหมาะสมกับลักษณะของโครงการก่อสร้าง เช่นกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ กำลังของปั้นจั่นเคลื่อนที่ ปริมาณ และการใช้ซ้ำของแบบหล่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ระยะเวลาการก่อสร้างรวมลดลง เนื่องจากเปลี่ยนงานก่ออิฐฉาบปูนผนัง เป็นผนังคอนกรีต

2.4 ทักษะ และความชำนาญของช่างฝีมือ

2.5 การกำหนดแผนงานการก่อสร้างได้ชัดเจน ปัญหาจากสภาพดินฟ้าอากาศ ที่เป็นปัจจัยหลักของงานก่อสร้างไม่มีหรือมีผลต่อการทำงานเล็กน้อย

2.6 ระยะเวลาในการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จไม่ได้รวมผลอันอาจจะเกิดจากสภาพดินฟ้าอากาศ เนื่องจากในต้นทุนไม่ได้รวมค่าอาคาร หรือหลังคาคลุม

3. การเปลี่ยนแปลงในด้านอื่นๆ

3.1 ปัญหาการขาดแคลนแรงงานลดน้อยลง เนื่องจากใช้เครื่องจักรทำงานเป็นส่วนใหญ่

3.2 การก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนัก ช่วยให้ได้ผลงานตกแต่งผิวที่มีคุณภาพ สามารถลดปัญหาการก่อฉาบที่ต้องใช้ช่างที่มีฝีมือ โดยควบคุมตั้งแต่กระบวนการผลิต จนถึงการติดตั้ง

3.3 การเลือกใช้วิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำเป็นต้องตรวจสอบพื้นที่ในการหล่อชิ้นส่วนที่เพียงพอ

3.4 อายุของอาคารยังไม่สอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ประกอบ หรือเก็บงานในส่วนรอยต่อ เนื่องจากอายุของอาคารจะสามารถคงทนอยู่ได้นานกว่าวัสดุดังกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนการก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบโครงสร้างเสา-คาน กับ ผนังรับน้ำหนัก ทั้งวิธีการก่อสร้างแบบหล่อในที่ และแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้วิธีการก่อสร้างให้เกิดความเหมาะสมแต่ละประเภทของอาคารพักอาศัย ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆในอดีตโดยมี ประเด็นหลักดังนี้

ต้นทุนการก่อสร้าง

ราคารวมเฉลี่ยของอาคารพักอาศัยขนาดมากกว่า 250 ตร.ม. พบว่าระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก จะมีต้นทุนที่ต่ำกว่า ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน และระบบเสา-คานหล่อในที่ตามลำดับ สาเหตุที่ราคารวมเฉลี่ยของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักโดยมาก ถูกกว่าระบบหล่อในที่ และชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน เนื่องมาจากจำนวนแบบหล่อ จำนวนของคาน และงานก่ออิฐฉาบปูนผนังที่ลดลง มากกว่าต้นทุนชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังคอนกรีต การทำจุดต่อ และการติดตั้งของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้น

ระยะเวลาการก่อสร้าง

ระยะเวลารวมในการก่อสร้างของอาคารพักอาศัยขนาด 125 ตร.ม.ขึ้นไป ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนัก จะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า งานชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน ระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ และระบบเสา-คานหล่อในที่ตามลำดับ เนื่องจากลดระยะเวลาในการก่ออิฐฉาบปูน และการผลิตชิ้นส่วนสามารถทำไปพร้อมกับงานโครงสร้างส่วนอื่นได้

ปัญหาในการก่อสร้าง

แบบก่อสร้าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการก่อสร้างวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูประบบผนังรับหนักกับวิธีดั้งเดิม เนื่องจากระบบการก่อสร้างผนังรับน้ำหนัก เป็นระบบที่ต้องมีการวางแผนตั้งแต่เริ่มออกแบบเพื่อนำมาถอดเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ดังนั้นรายละเอียดหรือรูปแบบทางสถาปัตยกรรมต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีความชัดเจน เพราะการปรับแก้หรือปรับแปลงแบบทำได้ยาก ดังนั้นแบบต้องมีการแก้ไขหรือระบุให้ชัดเจนก่อนการออกแบบโครงสร้างทำให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้าง

แผนการก่อสร้าง ปัญหาในส่วนนี้เป็นผลอันเนื่องจากการขาดฝีมือแรงงาน ความไม่ชำนาญของช่างทั่วไป หากเกิดความเสียหายแก่ชิ้นส่วนสำเร็จรูปซึ่งสาเหตุมีหลายประการเช่น การขนส่งชิ้นส่วน และการผลิตที่ผิดพลาด สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดความล่าช้า อาจส่งผลถึงต้นทุนการผลิตที่นอกเหนือจากที่ได้เผื่อไว้ ในกรณีของผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ จำเป็นต้องวางแผนการใช้ซ้ำ และจัดลำดับการใช้ของแบบหล่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงระหว่างต้นทุน และเวลาการก่อสร้าง

แรงงาน แม้ว่างานชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะใช้แรงงานที่น้อยกว่าระบบหล่อในที่ แต่ก็จำเป็นต้องมีแรงงานที่มีความรู้ความสามารถ หรือความชำนาญที่มากกว่างานก่อสร้างทั่วไป อีกทั้งยังต้องการการควบคุมที่ดี ซึ่งแรงงานประเภทนี้มีน้อยกว่าแรงงานฝีมือทั่วไป อีกทั้งอาจเกิดปัญหาการละทิ้งงาน อันเนื่องจากเมื่อทดลองทำแล้วพบว่างานประเภทนี้ไม่ถนัดจึงถอนตัวไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ควรมีการนำผล และวิธีการของงานวิจัยครั้งนี้ไปใช้ในการก่อสร้างจริง เพื่อเปรียบเทียบผลจากการวิจัยกับการปฏิบัติงานจริงว่ามีความสอดคล้องหรือนำไปใช้ได้จริงมากน้อยเพียงใด

2. ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ควรมีการศึกษาทัศนคติ และผลกระทบที่ตามมาหลังจากมีการเข้าอยู่อาศัยของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน และระบบผนังรับน้ำหนักทั้ง 2 ระบบ เพื่อเป็นประโยชน์แก่การพัฒนาวิธีการ และระบบโครงสร้างให้สอดคล้องกับการใช้งานจริงได้ดียิ่งขึ้น

3. จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากค่าติดตั้ง ซึ่งอยู่กับจำนวนของชิ้นส่วนสำเร็จ ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรมีการปรับปรุงและพัฒนาระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป หาความเหมาะสมให้มีจำนวนชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่พอดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ควรมีการศึกษาความคงทนแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อมีการใช้งาน เพื่อเป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้น และป้องกันปัญหาในระยะยาวเมื่อใช้งานจริง

5. นอกเหนือจากการเปรียบเทียบในส่วนของต้นทุนค่าการก่อสร้าง ควรเปรียบเทียบปริมาณการใช้วัสดุ เพื่อหาสัดส่วนของการใช้ปริมาณวัสดุหลักต่อพื้นที่อาคาร เพื่อลดความผันผวนอันเนื่องมาจากราคากลาง และราคาตามท้องตลาดต่อหน่วย ณ ช่วงเวลาต่างๆ

6. ควรมีการศึกษา และพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วน ซึ่งเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา. 2550. **มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน**. บ.โกลบอล กราฟฟิค, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย ธวัชเกียรติศักดิ์. 2547. **การ เปรียบเทียบระบบหล่อ ณ สถานที่ก่อสร้าง กับหล่อที่โรงงานของระบบผนัง ค.ส.ล. รับน้ำหนัก : กรณีศึกษา ที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อย โครงการเอื้ออาทรประชานิเวศน์ และโครงการเอื้ออาทรหัวหมาก กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุติ ใคร่ครวญ. 2551. **การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับระบบคอนกรีตหล่อในที่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไตรรัตน์ จารุทัศน์. 2545. **ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธฤษาวรรณ บัวมาศ. 2548. **การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างสำเร็จรูประบบเสาและคานและระบบผนังรับน้ำหนักที่นำมาใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ประเภทบ้านเรือนแถว : กรณีศึกษา หมู่บ้านกานดา สมุทรปราการ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง. 2548. **การเปรียบเทียบกระบวน การก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูปกับระบบปกติ กรณีศึกษา: โครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นาวิน นาคะศิริ. 2542. **การศึกษาและเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก: กรณีศึกษาผู้ประกอบการซื้อสำเร็จจากโรงงานผลิตกับผลิตในที่ก่อสร้าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพศาล สุวรรณรักษ์. 2539. **รายงานการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป Prefabrication system construction.** ม.ป.ท.

มั่น ศรีเรืองทอง. 2520. **ชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการก่อสร้างอาคาร.** ในเอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรเทคโนโลยีการบริหารงานก่อสร้าง รุ่นที่ 3 เรื่องเจาะลึกระบบสำเร็จรูป, กองวิชาการพัฒนาที่อยู่อาศัย ศูนย์วิชาการที่อยู่อาศัย การเคหะแห่งชาติ.

มามี โตบารมีกุล. 2540. **การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณิสสร วิมลสถิตย์. 2540. การออกแบบและก่อสร้าง Tilt-up Construction, น.105-115. *ใน* **การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการเรื่อง "การก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป".** คณะอนุกรรมการสาขาคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

วิสูตร จิระดำเกิง. 2546. **การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง.** วรรณกวี, ปทุมธานี.

ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์. 2553. **รายงานประจำปี 2552**. โฮมบายเออร์ไกด์, กรุงเทพฯ.

สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ. 2549. **แนวทาง วิธีปฏิบัติ และรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง**. กรมบัญชีกลาง กระทรวงพาณิชย์, นนทบุรี.

สำนักสถิติแห่งชาติ. 2553. **รายงานสถิติรายปีประเทศไทย พ.ศ. 2552**. สำนักสถิติแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

สุเชษฐ์ ชาวเรือ. 2542. **การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัย: การออกแบบและศึกษาความเป็นไปได้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โสภณ แสงไพโรจน์. 2520. **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานพิกัดในงานก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อรรถนพ ลาภชุ่มศรี. 2543. **การก่อสร้างที่พักอาศัยระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Damrianant, J. 1993. **Application of Prefabrication System for high-rise Building Construction in Bangkok: A Case Study.** AIT thesis NO.ST-93-5. Asian Institute of Technology, Bankok.

Haas, A.M. 1983. **Precast Concrete Design and App;ications Galliard**. Applied Science Publishers, n.p.

Shepard, D. A. and R. P. William. 1989. **Plant-Cast and Prestressed Concrete**. McGraw-Hill, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 รายการแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัย

ลำดับ	แบบบ้าน	รายละเอียด	พื้นที่ใช้สอย /ตร.ม.	ขนาดพื้นที่ดิน /ตร.ว.
		แบบบ้านเพื่อประชาชน		
		แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 1 บ้านไทยช่วยไทย		
1	บ้านผู้ประสบภัย 1 *	ใต้ถุนโล่ง 1 ห้องนอน	36.00	30.00
2	บ้านผู้ประสบภัย 2	สูง 2 ชั้น 1 ห้องนอน	43.50	20.00
3	บ้านผู้ประสบภัย 3 **	แบบเรือนแถว 10 ห้อง	322.00	-
4	บ้านแบบประหยัด 1	ชั้นเดียว 1 ห้องนอน	30.00	25.00
5	บ้านแบบประหยัด 2	ใต้ถุนสูง 1 ห้องนอน	56.00	25.00
6	บ้านแบบประหยัด 3	สูง 2 ชั้น 2 ห้องนอน	62.00	25.00
		แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทย		
1	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	สูง 2 ชั้น เรือนใหญ่	332.88	100.00
2	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	สูง 2 ชั้น เรือนใหญ่	338.37	100.00
3	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	สูง 2 ชั้น เรือนใหญ่	242.00	75.00
4	บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	สูง 2 ชั้น เรือนใหญ่	243.30	80.00
		แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 3 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทย		
1	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 2 ชั้น	สูง 2 ชั้น 4 ห้องแถว	605.60	20.00
2	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 3 ชั้น	สูง 3 ชั้น 4 ห้องแถว	780.40	20.00
3	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 4 ชั้น	สูง 4 ชั้น 4 ห้องแถว	1015.20	20.00
4	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 2 ชั้น	สูง 2 ชั้น 4 ห้องแถว	605.60	20.00
5	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 3 ชั้น	สูง 3 ชั้น 4 ห้องแถว	810.40	20.00
6	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 4 ชั้น	สูง 4 ชั้น 4 ห้องแถว	1015.20	20.00
7	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 2 ชั้น	สูง 2 ชั้น 4 ห้องแถว	605.60	20.00
8	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 3 ชั้น	สูง 3 ชั้น 4 ห้องแถว	810.40	20.00
9	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 4 ชั้น	สูง 4 ชั้น 4 ห้องแถว	1015.20	20.00
10	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น	สูง 2 ชั้น 4 ห้องแถว	605.60	20.00
11	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 3 ชั้น	สูง 3 ชั้น 4 ห้องแถว	810.40	20.00
12	ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 4 ชั้น	สูง 4 ชั้น 4 ห้องแถว	1015.20	20.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แบบบ้านเพื่อประชาชน				
ลำดับ	**แบบบ้าน**	**รายละเอียด**	**พื้นที่ใช้สอย /ตร.ม.**	**ขนาดพื้นที่ดิน /ตร.ว.**
แบบบ้านเพื่อประชาชน เล่ม 4 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข				
1	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1	ชั้นเดียว 2 ห้องนอน	77.00	50.00
2	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 2	ชั้นเดียว 3 ห้องนอน	113.36	70.00
3	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 3	สูง 2 ชั้น 3 ห้องนอน	125.90	50.00
4	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 4	สูง 2 ชั้น 4 ห้องนอน	179.35	75.00
5	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 5	สูง 2 ชั้น 4 ห้องนอน	169.09	65.00
6	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 6	สูง 2 ชั้น 4 ห้องนอน	230.75	100.00
7	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 7	สูง 2 ชั้น 4 ห้องนอน	240.44	90.00
8	บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 8	สูง 2 ชั้น 4 ห้องนอน	382.95	135.00

หมายเหตุ * ไม่นำมาคิดเนื่องจากเป็นโครงสร้างไม้

** ไม่นำมาคิดเนื่องจากเป็นโครงสร้างเหล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบบ้านเพื่อประชาชน

ภาพผนวกที่ ก1 บ้านผู้ประสบภัย 2

ภาพผนวกที่ ก2 บ้านแบบประหยัด 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก3 บ้านแบบประหยัด 2

ภาพผนวกที่ ก4 บ้านแบบประหยัด 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก5 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ภาพผนวกที่ ก6 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก7 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ภาพผนวกที่ ก8 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก9 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 2 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก10 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 3 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก11 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 4 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก12 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 2 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก13 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 3 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก14 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 4 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก15 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 2 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก16 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 3 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก17 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 4 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก18 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 2 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก19 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 3 ชั้น

ภาพผนวกที่ ก20 ตึกแถวไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 4 ชั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก21 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1

ภาพผนวกที่ ก22 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก23 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 3

ภาพผนวกที่ ก24 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก25 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 5

ภาพผนวกที่ ก26 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ก27 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 7

ภาพผนวกที่ ก28 บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 8

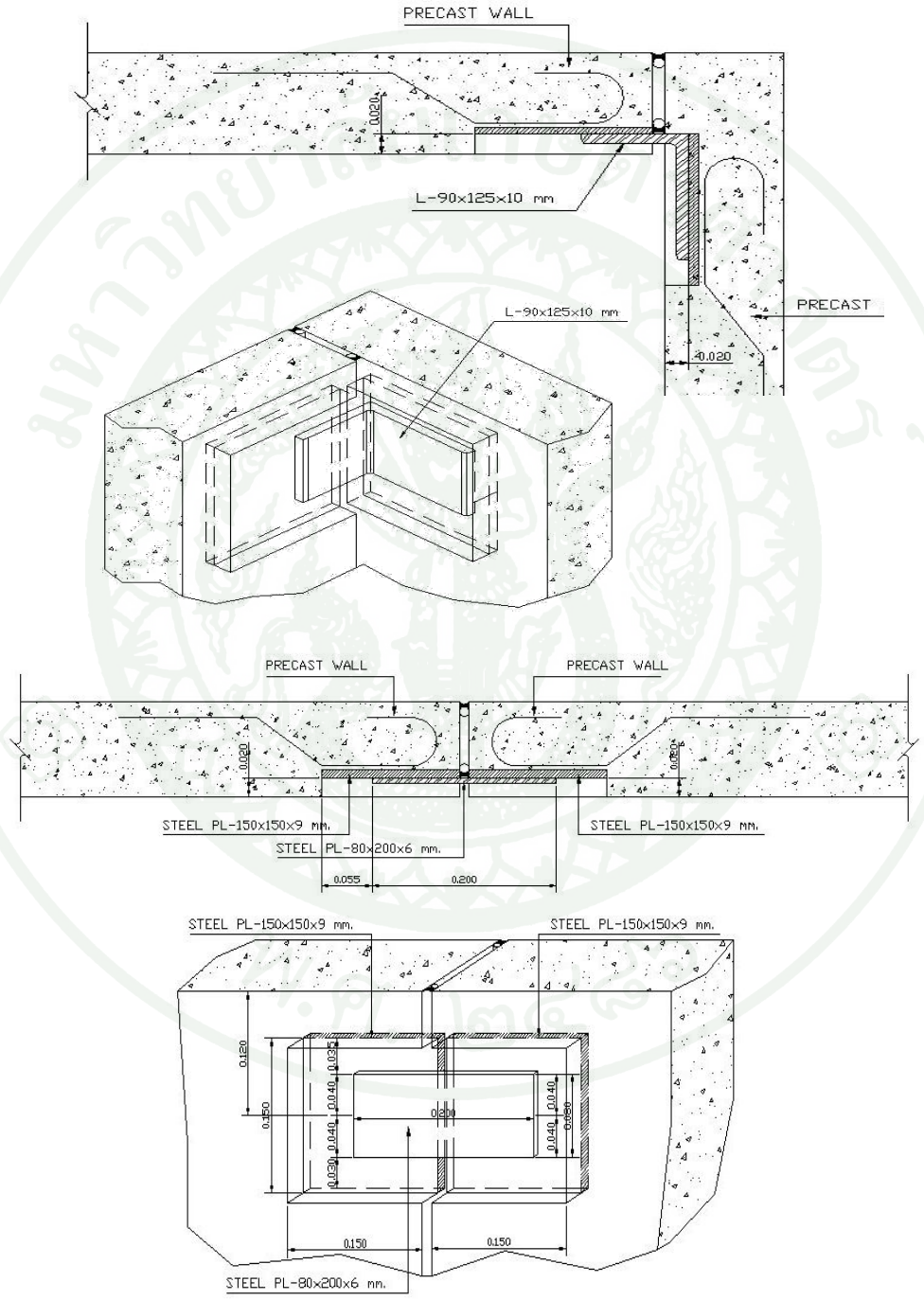
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

รายละเอียดเกี่ยวกับการประมาณราคาจุดต่อก่อสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปแบบของจุดต่อก่อสร้าง



ภาพผนวกที่ ข1 จุดเชื่อมระหว่างแผ่นสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 การประมาณราคาจุดเชื่อมระหว่างแผ่นสำเร็จรูป

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม	บาทต่อจุด
1	เหล็กเสริมพิเศษ					
	- L 90x125x10 mm กันสนิม	กก.	0.14	88.14	12.19	12.19
	- PL 150x150x10 mm กันสนิม	กก.	0.74	88.14	64.99	64.99
	- SR-24 RB 9	กก.	2.30	19.09	43.81	43.81
2	ทาสีกันสนิม	ตร.ม.	0.05	79.00	3.67	3.67
3	ปูนทราย	ลบ.ม.	0.01	1,235.00	12.35	12.35
						137.01
4	ค่าแรงติดตั้ง *					
	- ช่างคุมงาน	คน	1.00	410.00	410.00	13.67
	- คนบังคับเครื่องจักร	คน	1.00	500.00	500.00	16.67
	- ช่างเชื่อม	คน	1.00	300.00	300.00	10.00
	- คนงาน	คน	3.00	233.00	699.00	23.30
						63.63
5	อุปกรณ์ติดตั้ง **					
	- เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	วัน	1.00	428.57	428.57	14.29
	- สว่านไฟฟ้า พุตะกั่ว ลวดเชื่อม ฯลฯ	วัน	1.00	300.00	300.00	10.00
					10,000.0	
	- ปั่นจั่นเคลื่อนที่ขนาด 25 ตัน	วัน	1.00	10,000.00	0	333.33
	- ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง	เหมา	1.00	50.00	50.00	50.00
	- ท่อเหล็กค้ำยัน	วัน	1.00	54.50	54.50	1.82
						409.44
					รวม	**610.08**

หมายเหตุ * ยกแผ่นผนังได้ 15 แผ่นต่อวัน (ใช้เวลายก 30-45 นาทีต่อแผ่น โดยเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน)

** จากกรมบัญชีกลาง เฉลี่ยถึงเดือนพฤศจิกายน 2552 ค่าเช่าจาก THAITEC RENTAL Co.,LTD และบริษัท สินทรัพย์ แพนนึ่ง จำกัด

ที่มา: จากการเก็บข้อมูล โครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัย 12 ชั้นย่านบางนา-ตราด และโครงการฮาบิเทีย เลียบถนนสาย345 (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข2 อุปกรณ์ฝังเสริมพิเศษ

ภาพผนวกที่ ข3 รอยต่อระหว่างแผ่นสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 การประมาณราคาอุปกรณ์ฝังเสริมพิเศษ

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม	บาทต่อแผ่น
1	เหล็กเสริมพิเศษ					
	- Bolt M12	ชิ้น	2.00	35.00	70.00	70.00
	- SD-30 DB 16	กก.	0.95	18.16	17.20	17.20
2	HOOK					-
	- SD-30 DB 12	กก.	3.29	18.16	59.67	59.67
3	ปูนทราย	ลบ.ม.	0.02	1,235.00	22.92	22.92
รวม						**169.79**

ตารางผนวกที่ ข3 การประมาณราคารอยต่อระหว่างแผ่นสำเร็จรูป

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม	บาทต่อเมตร
1	PU Foam	หลอด	1.00	220.00	220.00	55.00
2	Backing Rod	ม้วน	1.00	50.00	50.00	2.50
3	Marking Tape	ม้วน	1.00	24.00	24.00	1.07
						58.57
3	ค่าแรงติดตั้ง *					
	คนงาน	คน	1.00	233.00	233.00	5.83
4	อุปกรณ์ติดตั้ง					
	นั่งร้าน	ชุด	1.00	229.65	229.65	5.74
รวม						**70.13**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข4 ลานหล่อแผ่นสำเร็จรูป

ตารางผนวกที่ ข4 การประมาณราคาลานหล่อแผ่นสำเร็จรูป

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	จำนวน	ค่าวัสดุต่อหน่วย	ค่าแรงต่อหน่วย	รวม
1	คอนกรีต 280ksc	ลบ.ม.	4.86	2,630.00	204	13,773.24
2	หินคลุก	ลบ.ม.	4.86	300.00	110	1,992.60
3	ทรายละเอียดอัดแน่น	ลบ.ม.	4.86	200.00	44	1,185.84
4	เหล็กเสริม SD 30 DB 12	กก.	359.64	18.16	2.68	7,494.90
5	น๊อต สมอบก เหล็กฉากยึดวงกบ ฯลฯ	เหมา	1.00	350.00	-	350.00
	รวม					**24,796.58**

หมายเหตุ ตัวอย่างการประมาณราคาลานหล่อแผ่นสำเร็จรูปขนาด 9.0x4.5 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ข5 แบบหล่อผนังรับน้ำหนักภายในอาคาร

ภาพผนวกที่ ข5 แบบหล่อผนังรับน้ำหนักริมนอกอาคาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 แบบหล่อผนังรับน้ำหนัก

ลำดับ	รายการ	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม	ราคาต่อตร.ม.
1	Formwork	ตร.ม.	1.00	1,238.00	1,238.00	1,238.00
						1,238.00
2	ค่าแรงประกอบ					
	- ช่างคุมงาน	คน	1.00	410.00	410.00	5.47
	- ช่างเชื่อม	คน	1.00	300.00	300.00	4.00
	- คนงาน	คน	3.00	233.00	699.00	9.32
						18.79
3	ค่าแรงติดตั้ง					
	- ช่างคุมงาน	คน	1.00	410.00	410.00	5.47
	- ช่างสำรวจ	คน	1.00	350.00	350.00	4.67
	- คนงาน	คน	3.00	233.00	699.00	9.32
						19.45
4	อุปกรณ์ติดตั้ง*					
	- เครื่องเชื่อมไฟฟ้า สว่านไฟฟ้า	วัน	1.00	500.00	500.00	6.67
	- ปั่นจั่นเคลื่อนที่ขนาด 25 ตัน	วัน	1.00	10,000.00	10,000.00	133.33
	- อุปกรณ์ใบตัด ใบเจียร ลวดเชื่อม แก๊ส ฯลฯ	วัน	1.00	300.00	300.00	4.00
	- ท่อเหล็กค้ำยัน	วัน	1.00	54.50	54.50	0.73
	- Form tie	เหมา	1.00	62.00	62.00	62.00
						206.73
		รวม				1,464.18

หมายเหตุ	* หนึ่งวันเข้าแบบพร้อมเทได้	75	ตร.ม.	หรือ เทคอนกรีตได้ 9 ลบ.ม.
	วางแนว และระดับพร้อมตั้งแบบ1ด้าน ใช้เวลา	1.5	ชั่วโมง	ช่างสำรวจ 1 คนพร้อมคนงาน 1 คน (จากการเก็บข้อมูล)
	ติดตั้งเหล็กเสริม พร้อมอุปกรณ์ฝั่งใช้เวลา	3.5	ชั่วโมง	คนงาน 3 คน โดย 1 คนผูกเหล็กได้ 65 กก ต่อวัน
	ตั้งแบบ1ด้านใช้เวลาพร้อมอุปกรณ์ยึดเตรียมเท	1.5	ชั่วโมง	(จากการเก็บข้อมูล)
	เทคอนกรีตใช้เวลา	1.5	ชั่วโมง	คนงาน 3 คน เทคอนกรีต 1 ลบ.ม.ใช้เวลา 10 นาที(จากการเก็บข้อมูล)
	รวมระยะเวลา	8	ชั่วโมง	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

รายละเอียดเกี่ยวกับต้นทุนในหมวดงานต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าก่อสร้างของระบบเสา-คานหล่อในที่ จำแนกตามหมวดงาน (บาท)

แบบ	ขนาด (ตร.ม.)	โครงสร้าง	สถาปัตย์	สุขาภิบาล	ไฟฟ้า	รวม
1	52.00	142,218.00	182,590.90	17,667.00	5,990.00	348,465.90
2	30.00	99,455.00	151,784.80	11,527.00	9,990.00	272,756.80
3	56.00	141,362.00	326,927.80	13,526.00	10,750.00	492,565.80
4	62.00	166,201.00	351,034.50	14,626.00	12,550.00	544,411.50
5	332.88	859,993.00	1,475,132.30	42,095.00	20,855.00	2,398,075.30
6	338.37	943,874.00	1,384,148.00	30,064.00	20,855.00	2,378,941.00
7	242.00	666,872.00	1,108,392.10	16,631.00	16,770.00	1,808,665.10
8	243.30	719,193.00	1,050,531.10	17,662.00	20,100.00	1,807,486.10
9	605.60	1,904,716.80	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,764,144.60
10	780.40	2,377,926.62	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,839,553.52
11	1,015.20	2,704,163.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	7,023,757.30
12	605.60	1,904,716.80	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,764,144.60
13	810.40	2,377,926.62	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,839,553.52
14	1,015.20	2,704,163.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	7,023,757.30
15	605.60	1,904,716.80	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,764,144.60
16	810.40	2,377,926.62	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,839,553.52
17	1,015.20	2,704,163.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	7,023,757.30
18	605.60	1,904,716.80	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,764,144.60
19	810.40	2,377,926.62	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,839,553.52
20	1,015.20	2,704,163.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	7,023,757.30
21	77.00	260,515.00	384,543.30	12,629.00	14,500.00	672,187.30
22	113.36	272,386.17	643,557.10	19,426.00	54,120.00	989,489.27
23	125.90	339,462.00	761,547.60	16,741.00	28,294.00	1,146,044.60
24	179.35	465,655.53	1,070,868.10	32,932.00	65,429.00	1,634,884.63
25	169.09	512,995.35	1,007,612.20	27,743.00	38,110.00	1,586,460.55
26	230.75	678,473.79	1,221,095.60	34,336.00	72,644.00	2,006,549.39
27	240.44	661,170.79	1,303,207.90	112,596.00	64,209.00	2,141,183.69
28	382.95	1,010,283.16	1,803,584.30	39,844.00	64,209.00	2,917,920.46

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 ค่าก่อสร้างของระบบเสา-คานชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำแนกตามหมวดงาน (บาท)

แบบ	ขนาด (ตร.ม.)	โครงสร้าง	สถาปัตย์	สุขาภิบาล	ไฟฟ้า	รวม
1	52.00	154,089.25	182,590.90	17,667.00	5,990.00	360,337.15
2	30.00	116,196.00	151,784.80	11,527.00	9,990.00	289,497.80
3	56.00	156,778.25	326,927.80	13,526.00	10,750.00	507,982.05
4	62.00	181,255.00	351,034.50	14,626.00	12,550.00	559,465.50
5	332.88	815,853.25	1,475,132.30	42,095.00	20,855.00	2,353,935.55
6	338.37	886,698.00	1,384,148.00	30,064.00	20,855.00	2,321,765.00
7	242.00	640,975.00	1,108,392.10	16,631.00	16,770.00	1,782,768.10
8	243.30	693,401.00	1,050,531.10	17,662.00	20,100.00	1,781,694.10
9	605.60	1,732,784.39	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,592,212.19
10	780.40	2,093,703.41	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,555,330.31
11	1,015.20	2,533,369.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	6,852,963.30
12	605.60	1,732,784.39	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,592,212.19
13	810.40	2,093,703.41	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,555,330.31
14	1,015.20	2,533,369.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	6,852,963.30
15	605.60	1,732,784.39	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,592,212.19
16	810.40	2,093,703.41	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,555,330.31
17	1,015.20	2,533,369.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	6,852,963.30
18	605.60	1,732,784.39	2,494,755.80	196,928.00	167,744.00	4,592,212.19
19	810.40	2,093,703.41	3,032,364.90	200,288.00	228,974.00	5,555,330.31
20	1,015.20	2,533,369.00	3,814,298.30	199,252.00	306,044.00	6,852,963.30
21	77.00	264,824.00	384,543.30	12,629.00	14,500.00	676,496.30
22	113.36	281,535.01	643,557.10	19,426.00	54,120.00	998,638.11
23	125.90	349,752.00	761,547.60	16,741.00	28,294.00	1,156,334.60
24	179.35	450,599.80	1,070,868.10	32,932.00	65,429.00	1,619,828.90
25	169.09	506,649.29	1,007,612.20	27,743.00	38,110.00	1,580,114.49
26	230.75	650,671.69	1,221,095.60	34,336.00	72,644.00	1,978,747.29
27	240.44	628,838.73	1,303,207.90	112,596.00	64,209.00	2,108,851.63
28	382.95	952,702.02	1,803,584.30	39,844.00	64,209.00	2,860,339.32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค3 ค่าก่อสร้างของระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ จำแนกตามหมวดงาน (บาท)

แบบ	ขนาด (ตร.ม.)	โครงสร้าง	สถาปัตย์	สุขาภิบาล	ไฟฟ้า	รวม
1	52.00	194,856.00	138,564.90	17,667.00	5,990.00	360,737.90
2	30.00	146,246.00	114,491.80	11,527.00	9,990.00	285,311.80
3	56.00	210,708.00	268,228.80	13,526.00	10,750.00	506,269.80
4	62.00	252,705.26	272,205.50	14,626.00	12,550.00	555,746.76
5	332.88	1,065,397.00	1,075,320.30	42,095.00	20,855.00	2,203,667.30
6	338.37	1,138,202.00	1,060,023.00	30,064.00	20,855.00	2,249,144.00
7	242.00	826,929.00	828,767.10	16,631.00	16,770.00	1,689,097.10
8	243.30	886,356.00	750,474.10	17,662.00	20,100.00	1,674,592.10
9	605.60	2,176,385.89	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,307,751.69
10	780.40	2,701,032.34	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,282,969.24
11	1,015.20	3,084,566.00	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,305,960.30
12	605.60	2,176,385.89	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,307,751.69
13	810.40	2,701,032.34	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,282,969.24
14	1,015.20	3,084,566.00	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,305,960.30
15	605.60	2,176,385.89	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,307,751.69
16	810.40	2,701,032.34	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,282,969.24
17	1,015.20	3,084,566.00	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,305,960.30
18	605.60	2,176,385.89	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,307,751.69
19	810.40	2,701,032.34	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,282,969.24
20	1,015.20	3,084,566.00	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,305,960.30
21	77.00	334,411.00	276,241.30	12,629.00	14,500.00	645,101.30
22	113.36	388,542.46	502,213.10	19,426.00	54,120.00	971,621.56
23	125.90	474,532.00	551,575.60	16,741.00	28,294.00	1,080,486.60
24	179.35	616,933.63	768,854.10	32,932.00	65,429.00	1,484,148.73
25	169.09	659,088.81	747,387.20	27,743.00	38,110.00	1,472,329.01
26	230.75	798,877.84	902,377.60	34,336.00	72,644.00	1,808,235.44
27	240.44	860,616.25	923,936.90	112,596.00	64,209.00	1,961,358.15
28	382.95	1,284,751.50	1,367,394.30	39,844.00	64,209.00	2,756,198.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค4 ค่าก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ผนังรับน้ำหนัก จำแนกตามหมวดงาน (บาท)

แบบ	ขนาด (ตร.ม.)	โครงสร้าง	สถาปัตย์	สุขาภิบาล	ไฟฟ้า	รวม
1	52.00	215,438.77	138,564.90	17,667.00	5,990.00	381,320.67
2	30.00	180,924.55	114,491.80	11,527.00	9,990.00	319,990.35
3	56.00	230,999.94	268,228.80	13,526.00	10,750.00	526,561.74
4	62.00	271,461.87	272,205.50	14,626.00	12,550.00	574,503.37
5	332.88	1,102,169.62	1,075,320.30	42,095.00	20,855.00	2,240,439.92
6	338.37	1,145,574.18	1,060,023.00	30,064.00	20,855.00	2,256,516.18
7	242.00	850,929.00	828,767.10	16,631.00	16,770.00	1,713,097.10
8	243.30	841,256.99	750,474.10	17,662.00	20,100.00	1,629,493.09
9	605.60	2,171,074.91	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,302,440.71
10	780.40	2,682,387.88	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,264,324.78
11	1,015.20	3,035,016.10	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,256,410.40
12	605.60	2,171,074.91	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,302,440.71
13	810.40	2,682,387.88	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,264,324.78
14	1,015.20	3,035,016.10	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,256,410.40
15	605.60	2,171,074.91	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,302,440.71
16	810.40	2,682,387.88	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,264,324.78
17	1,015.20	3,035,016.10	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,256,410.40
18	605.60	2,171,074.91	1,766,693.80	196,928.00	167,744.00	4,302,440.71
19	810.40	2,682,387.88	2,152,674.90	200,288.00	228,974.00	5,264,324.78
20	1,015.20	3,035,016.10	2,716,098.30	199,252.00	306,044.00	6,256,410.40
21	77.00	332,575.13	276,241.30	12,629.00	14,500.00	643,265.43
22	113.36	390,922.28	502,213.10	19,426.00	54,120.00	974,001.38
23	125.90	498,385.64	551,575.60	16,741.00	28,294.00	1,104,340.24
24	179.35	648,337.95	768,854.10	32,932.00	65,429.00	1,515,553.05
25	169.09	691,719.37	747,387.20	27,743.00	38,110.00	1,504,959.57
26	230.75	776,158.20	902,377.60	34,336.00	72,644.00	1,785,515.80
27	240.44	881,286.67	923,936.90	112,596.00	64,209.00	1,982,028.57
28	382.95	1,234,872.34	1,367,394.30	39,844.00	64,209.00	2,706,319.64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค5 ร้อยละของผลต่างของต้นทุนเฉลี่ยต่อพื้นที่งานโครงสร้าง และสถาปัยกรรม ของแต่ละวิธี โดยเทียบกับข้อมูลฐาน

แบบที่	ขนาด	ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบเสา-คาน		ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก		หล่อในที่ ระบบผนังรับน้ำหนัก	
		โครงสร้าง	สถาปัตยกรรม	โครงสร้าง	สถาปัตยกรรม	โครงสร้าง	สถาปัตยกรรม
1	52.00	-8.35%	0.00%	-51.48%	22.11%	-37.01%	22.11%
2	30.00	-16.83%	0.00%	-81.92%	22.56%	-47.05%	22.56%
3	56.00	-10.91%	0.00%	-63.41%	17.02%	-49.06%	17.02%
4	62.00	-9.06%	0.00%	-63.33%	21.41%	-52.05%	21.41%
5	332.88	5.13%	0.00%	-28.16%	27.10%	-23.88%	27.10%
6	338.37	6.06%	0.00%	-21.37%	23.42%	-20.59%	23.42%
7	242.00	3.88%	0.00%	-27.60%	25.23%	-24.00%	25.23%
8	243.30	3.59%	0.00%	-16.97%	28.56%	-23.24%	28.56%
9	605.60	9.03%	0.00%	-13.98%	29.18%	-14.26%	29.18%
10	780.40	11.95%	0.00%	-12.80%	29.01%	-13.59%	29.01%
11	1015.2	6.32%	0.00%	-12.23%	28.79%	-14.07%	28.79%
12	605.60	9.03%	0.00%	-13.98%	29.18%	-14.26%	29.18%
13	810.40	11.95%	0.00%	-12.80%	29.01%	-13.59%	29.01%
14	1015.2	6.32%	0.00%	-12.23%	28.79%	-14.07%	28.79%
15	605.60	9.03%	0.00%	-13.98%	29.18%	-14.26%	29.18%
16	810.40	11.95%	0.00%	-12.80%	29.01%	-13.59%	29.01%
17	1015.2	6.32%	0.00%	-12.23%	28.79%	-14.07%	28.79%
18	605.60	9.03%	0.00%	-13.98%	29.18%	-14.26%	29.18%
19	810.40	11.95%	0.00%	-12.80%	29.01%	-13.59%	29.01%
20	1015.2	6.32%	0.00%	-12.23%	28.79%	-14.07%	28.79%
21	77.00	-1.65%	0.00%	-27.66%	26.26%	-28.37%	26.26%
22	113.36	-3.36%	0.00%	-43.52%	20.83%	-42.64%	20.83%
23	125.90	-3.03%	0.00%	-46.82%	26.34%	-39.79%	26.34%
24	179.35	3.23%	0.00%	-39.23%	28.20%	-32.49%	28.20%
25	169.09	1.24%	0.00%	-34.84%	25.83%	-28.48%	25.83%
26	230.75	4.10%	0.00%	-14.40%	26.10%	-17.75%	26.10%
27	240.44	4.89%	0.00%	-33.29%	29.10%	-30.17%	29.10%
28	382.95	5.70%	0.00%	-22.23%	24.18%	-27.17%	24.18%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 สรุปราคาต่อพื้นที่อาคาร จำแนกตามวิธีการก่อสร้าง

กลุ่มที่	โครงสร้าง			สถาปัตยกรรม			ราคาเฉลี่ย
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
โครงสร้างระบบเสา-คาน วิธีหล่อในที่							
1	3,383.31	2,402.84	2,819.65	6,048.83	3,511.36	5,255.82	8,561.58
2	3,033.86	2,596.35	2,838.67	5,970.83	4,317.84	5,256.63	8,500.31
3	2,789.47	2,583.49	2,670.38	4,709.71	4,090.63	4,410.59	7,284.73
4	3,145.17	3,047.06	3,125.55	4,119.48	3,885.65	4,072.71	7,790.01
5	2,934.26	2,663.68	2,779.64	3,757.19	3,741.81	3,750.60	7,041.67
โครงสร้างระบบเสา-คาน วิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป							
1	3,873.20	2,483.55	3,037.20	6,048.83	3,511.36	5,255.82	8,779.13
2	2,996.33	2,512.40	2,740.43	5,970.83	4,317.84	5,256.63	8,402.07
3	2,620.50	2,450.89	2,519.73	4,709.71	4,090.63	4,410.59	7,134.09
4	2,861.27	2,682.86	2,825.59	4,119.48	3,885.65	4,072.71	7,490.04
5	2,583.54	2,495.44	2,533.20	3,757.19	3,741.81	3,750.60	6,795.22
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก วิธีหล่อในที่							
1	4,874.87	3,427.51	4,000.04	4,844.39	2,735.09	4,082.85	8,569.00
2	3,897.86	3,417.06	3,573.21	4,420.06	3,084.56	3,828.25	7,806.47
3	3,363.78	3,200.54	3,306.40	3,570.69	3,132.73	3,311.26	6,821.43
4	3,593.77	3,461.09	3,567.23	2,917.26	2,758.43	2,885.49	7,044.47
5	3,332.96	3,038.38	3,164.63	2,675.43	2,656.31	2,667.24	6,343.30
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก วิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป							
1	6,030.82	3,448.50	4,343.36	4,844.39	2,735.09	4,082.85	8,912.33
2	4,090.84	3,363.63	3,618.11	4,420.06	3,084.56	3,828.25	7,851.37
3	3,385.57	3,224.63	3,307.07	3,570.69	3,132.73	3,311.26	6,822.10
4	3,585.00	3,437.20	3,555.44	2,917.26	2,758.43	2,885.49	7,032.68
5	3,309.96	2,989.57	3,126.88	2,675.43	2,656.31	2,667.24	6,305.55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค7 ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ของระบบโครงสร้างเสา-คานหล่อในที่

แบบที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์	ค่าแรง
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
1	626.73	526.33	429.73	1,194.54	531.12	626.73
2	710.50	534.57	424.13	1,874.67	602.00	710.50
3	716.43	543.39	449.29	1,782.32	530.38	716.43
4	686.29	552.60	455.45	1,824.23	616.56	686.29
5	664.79	607.63	489.38	1,397.70	547.68	664.79
6	696.22	614.35	488.85	1,116.70	614.09	696.22
7	715.00	520.68	494.67	1,412.34	574.36	715.00
8	695.79	625.31	496.13	1,495.96	605.64	695.79
9	679.13	636.93	428.42	1,275.44	667.65	679.13
10	665.66	618.32	392.08	1,142.72	632.24	665.66
11	632.51	583.01	386.44	1,149.67	545.52	632.51
12	679.13	636.93	428.42	1,275.44	667.65	679.13
13	665.66	618.32	392.08	1,142.72	632.24	665.66
14	632.51	583.01	386.44	1,149.67	545.52	632.51
15	679.13	636.93	428.42	1,275.44	667.65	679.13
16	665.66	618.32	392.08	1,142.72	632.24	665.66
17	632.51	583.01	386.44	1,149.67	545.52	632.51
18	679.13	636.93	428.42	1,275.44	667.65	679.13
19	665.66	618.32	392.08	1,142.72	632.24	665.66
20	632.51	583.01	386.44	1,149.67	545.52	632.51
21	634.87	568.66	451.06	1,477.30	636.53	634.87
22	641.41	598.21	434.92	1,735.06	461.97	641.41
23	637.33	575.36	433.53	1,827.06	510.99	637.33
24	658.70	527.28	412.99	1,802.22	558.37	658.70
25	682.60	522.47	407.05	1,723.48	599.57	682.60
26	651.79	535.13	504.24	1,554.21	580.06	651.79
27	708.53	639.64	500.28	1,756.36	476.08	708.53
28	681.24	526.66	452.27	1,598.57	548.79	681.24

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค8 ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างเสา-คานชิ้นส่วนสำเร็จรูป

แบบที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์	ค่าแรง
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
1	626.73	526.33	239.21	263.50	1,194.54	525.90
2	710.50	534.53	241.73	361.77	1,874.67	609.70
3	716.43	543.39	261.18	331.20	1,782.32	513.51
4	686.29	552.60	233.05	292.90	1,824.23	609.35
5	664.79	607.63	215.28	149.12	1,397.70	515.73
6	696.22	614.35	208.72	140.92	1,116.70	584.33
7	715.00	520.68	205.03	210.37	1,412.34	546.62
8	695.79	625.31	199.03	216.97	1,495.96	578.92
9	679.13	636.93	167.24	217.90	1,275.44	609.89
10	665.66	618.32	134.12	186.10	1,142.72	564.87
11	632.51	583.01	111.42	161.41	1,149.67	490.88
12	679.13	636.93	167.24	217.90	1,275.44	609.89
13	665.66	618.32	134.12	186.10	1,142.72	564.87
14	632.51	583.01	111.42	161.41	1,149.67	490.88
15	679.13	636.93	167.24	217.90	1,275.44	609.89
16	665.66	618.32	134.12	186.10	1,142.72	564.87
17	632.51	583.01	111.42	161.41	1,149.67	490.88
18	679.13	636.93	167.24	217.90	1,275.44	609.89
19	665.66	618.32	134.12	186.10	1,142.72	564.87
20	632.51	583.01	111.42	161.41	1,149.67	490.88
21	634.87	568.66	251.10	229.86	1,477.30	616.86
22	641.41	598.22	234.11	327.58	1,735.06	424.77
23	637.33	575.36	211.96	327.27	1,827.06	487.03
24	658.70	527.28	198.40	268.27	1,802.22	496.51
25	682.60	522.47	182.02	213.58	1,723.48	573.48
26	651.79	535.13	208.41	200.44	1,554.21	554.96
27	708.53	639.64	218.64	196.43	1,756.36	451.16
28	681.24	526.66	184.80	144.77	1,598.57	521.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค9 ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป

แบบที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์	ค่าแรง
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
1	956.42	594.46	129.73	1,613.84	347.88	470.56
2	1,308.70	708.53	141.37	2,599.22	631.57	566.50
3	1,084.91	654.29	114.04	1,557.46	734.13	476.64
4	1,086.13	646.13	116.52	1,610.93	552.79	539.81
5	982.59	697.14	71.76	805.72	196.63	472.74
6	988.84	675.84	69.57	743.38	158.80	522.97
7	1,002.25	602.53	73.90	893.36	256.86	491.24
8	997.30	671.00	267.02	678.19	262.68	508.38
9	955.00	719.84	57.56	553.40	73.22	533.42
10	937.89	707.67	47.59	486.72	57.22	502.34
11	896.85	674.06	37.14	446.30	67.91	417.44
12	955.00	719.84	57.56	553.40	73.22	533.42
13	937.89	707.67	47.59	486.72	57.22	502.34
14	896.85	674.06	37.14	446.30	67.91	417.44
15	955.00	719.84	57.56	553.40	73.22	533.42
16	937.89	707.67	47.59	486.72	57.22	502.34
17	896.85	674.06	37.14	446.30	67.91	417.44
18	955.00	719.84	57.56	553.40	73.22	533.42
19	937.89	707.67	47.59	486.72	57.22	502.34
20	896.85	674.06	37.14	446.30	67.91	417.44
21	998.53	652.47	98.17	1,080.24	70.78	571.05
22	985.59	676.42	86.67	1,038.86	488.20	408.53
23	1,013.57	661.08	75.21	1,232.36	159.29	458.55
24	1,076.34	592.72	66.13	955.08	118.29	500.02
25	1,109.27	607.56	60.67	972.09	184.51	538.72
26	981.09	598.47	69.47	762.98	172.98	477.15
27	1,154.39	711.54	72.88	886.99	178.95	419.82
28	1,069.51	610.71	61.60	549.56	459.54	474.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค10 ต้นทุนในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่

แบบที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์	ค่าแรง
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
1	956.42	594.46	917.73	418.27	776.38	956.42
2	1,308.70	708.53	1,113.97	631.57	900.10	1,308.70
3	1,084.91	654.29	961.11	734.13	714.27	1,084.91
4	1,086.13	646.13	943.03	552.79	879.62	1,086.13
5	982.59	697.14	596.64	196.63	643.12	982.59
6	988.84	675.84	594.36	158.80	719.78	988.84
7	1,002.25	602.53	666.84	256.86	692.49	1,002.25
8	997.30	671.00	727.81	262.68	715.15	997.30
9	955.00	719.84	472.84	73.22	680.30	955.00
10	937.89	707.67	422.85	57.22	636.81	937.89
11	896.85	674.06	396.01	67.91	553.68	896.85
12	955.00	719.84	472.84	73.22	680.30	955.00
13	937.89	707.67	422.85	57.22	636.81	937.89
14	896.85	674.06	396.01	67.91	553.68	896.85
15	955.00	719.84	472.84	73.22	680.30	955.00
16	937.89	707.67	422.85	57.22	636.81	937.89
17	896.85	674.06	396.01	67.91	553.68	896.85
18	955.00	719.84	472.84	73.22	680.30	955.00
19	937.89	707.67	422.85	57.22	636.81	937.89
20	896.85	674.06	396.01	67.91	553.68	896.85
21	998.53	652.47	919.08	165.84	814.05	998.53
22	985.59	676.42	799.20	552.77	676.89	985.59
23	1,013.57	661.08	742.36	233.51	788.24	1,013.57
24	1,076.34	592.72	622.14	118.29	708.85	1,076.34
25	1,109.27	607.56	617.01	184.51	745.45	1,109.27
26	981.09	598.47	674.03	172.98	722.27	981.09
27	1,154.39	711.54	649.61	178.95	632.82	1,154.39
28	1,069.51	610.71	562.03	459.54	646.79	1,069.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค11 ต้นทุนเฉลี่ยในหมวดงานโครงสร้าง และงานสถาปัตยกรรม (บาทต่อตร.ม.) จำแนกตามกลุ่มอาคาร

กลุ่มที่	โครงสร้าง				สถาปัตย์*	ค่าแรง**
	คอนกรีต	เหล็กเสริม	แบบหล่อ	ค่าติดตั้ง		
โครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่						
1	664.79	557.02	448.47	-	1,673.60	564.70
2	685.40	561.75	469.23	-	1,624.09	565.68
3	680.75	582.88	476.83	-	1,370.99	570.18
4	676.43	633.21	421.15	-	1,248.89	660.57
5	646.71	598.15	388.86	-	1,146.69	582.68
โครงสร้างระบบเสา-คาน ชิ้นส่วนสำเร็จรูป						
1	664.79	557.01	238.91	304.87	1,673.60	541.02
2	685.40	561.75	201.92	217.68	1,624.09	533.61
3	680.75	582.88	202.93	144.94	1,370.99	540.39
4	676.43	633.21	160.62	211.54	1,248.89	600.88
5	646.71	598.15	121.15	171.99	1,146.69	522.59
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่						
1	1,061.98	656.20	908.57	-	426.38	737.36
2	1,053.44	630.64	659.57	-	195.71	702.84
3	1,013.65	661.23	584.34	-	271.66	669.90
4	951.58	717.41	462.85	-	70.02	671.60
5	914.44	688.46	407.51	-	63.33	589.31
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป						
1	1,061.98	656.20	108.81	1,533.27	426.38	498.81
2	1,053.44	630.64	101.68	858.12	195.71	489.22
3	1,013.65	661.23	67.64	699.55	271.66	490.07
4	951.58	717.41	55.57	540.06	70.02	527.21
5	914.44	688.46	41.62	463.62	63.33	453.83

หมายเหตุ * รวมเฉพาะราคาวัสดุงานผนังและตกแต่งผิวผนัง

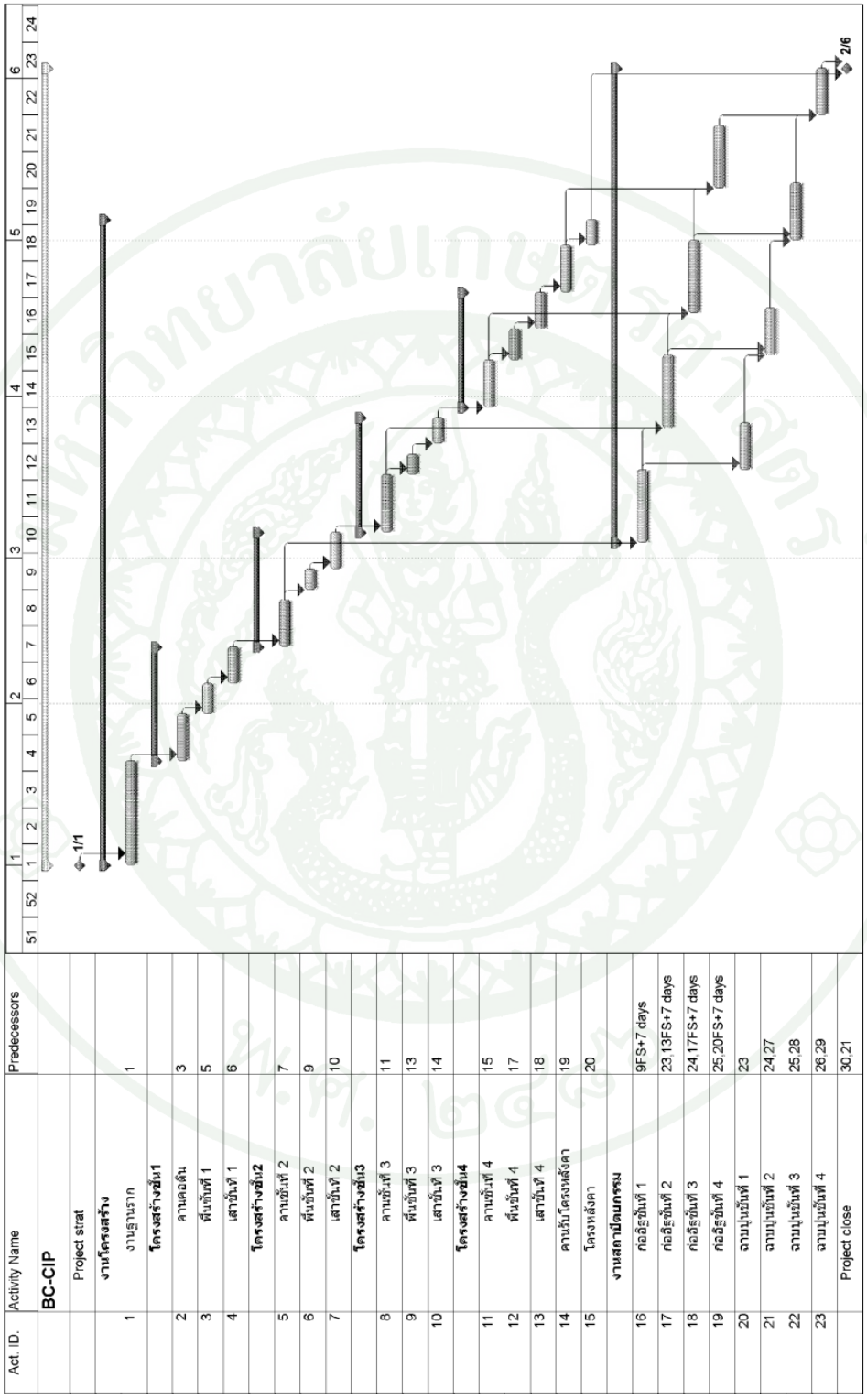
** รวมค่าแรงงานโครงสร้าง และงานผนัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

รายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

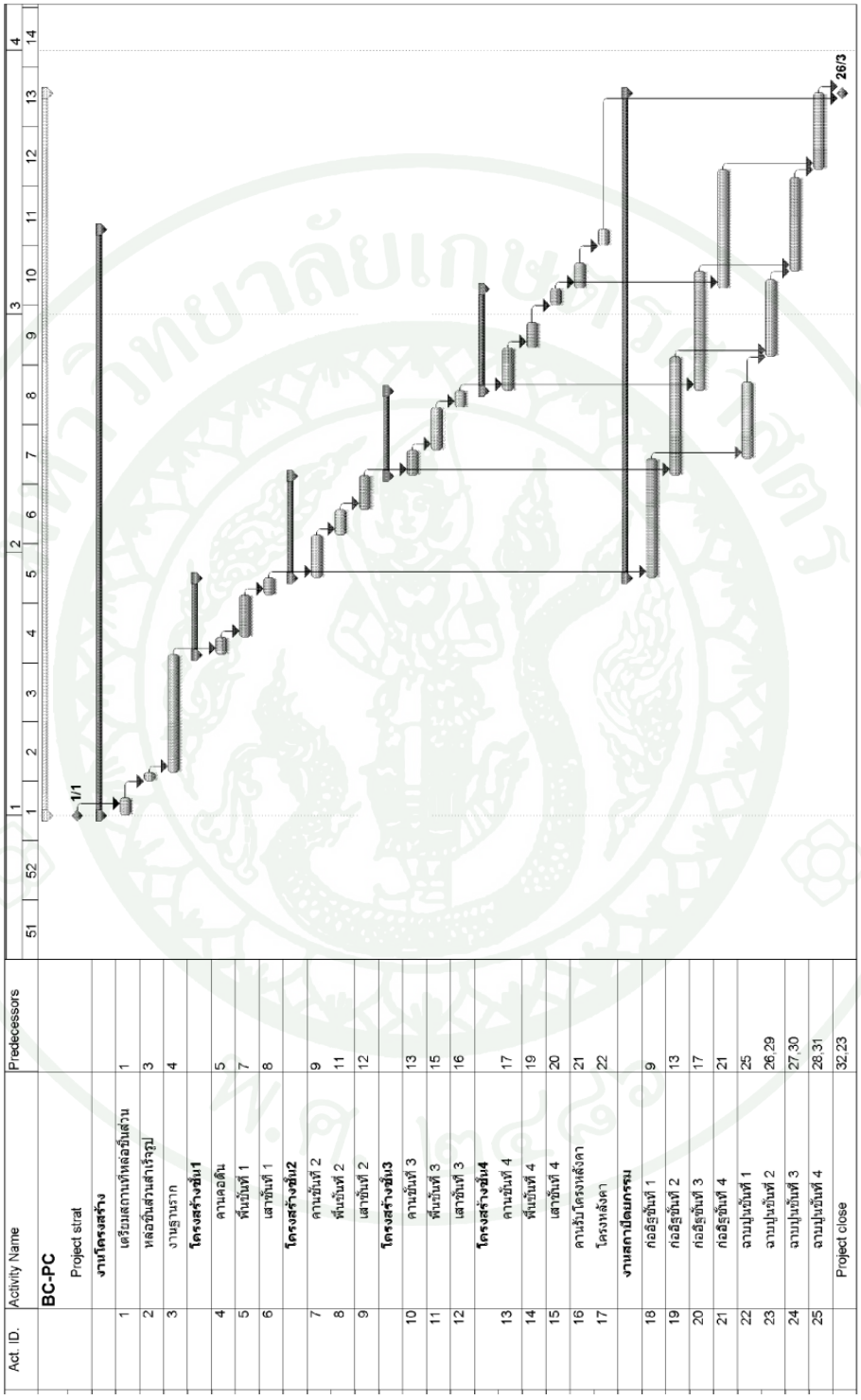
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Act. ID.	Activity Name	Predecessors
	BC-CIP	
	Project strat	
	งานโครงสร้าง	
1	งานฐานราก	1
	โครงสร้างชั้น1	
2	คานคอดิน	3
3	ที่นั่งชั้นที่ 1	5
4	เสาชั้นที่ 1	6
	โครงสร้างชั้น2	
5	คานชั้นที่ 2	7
6	ที่นั่งชั้นที่ 2	9
7	เสาชั้นที่ 2	10
	โครงสร้างชั้น3	
8	คานชั้นที่ 3	11
9	ที่นั่งชั้นที่ 3	13
10	เสาชั้นที่ 3	14
	โครงสร้างชั้น4	
11	คานชั้นที่ 4	15
12	ที่นั่งชั้นที่ 4	17
13	เสาชั้นที่ 4	18
14	คานรับโครงหลังคา	19
15	โครงหลังคา	20
	งานสถาปัตยกรรม	
16	ก่ออิฐชั้นที่ 1	9FS+7 days
17	ก่ออิฐชั้นที่ 2	23,13FS+7 days
18	ก่ออิฐชั้นที่ 3	24,17FS+7 days
19	ก่ออิฐชั้นที่ 4	25,20FS+7 days
20	ฉาบปูนชั้นที่ 1	23
21	ฉาบปูนชั้นที่ 2	24,27
22	ฉาบปูนชั้นที่ 3	25,28
23	ฉาบปูนชั้นที่ 4	26,29
	Project close	30,21

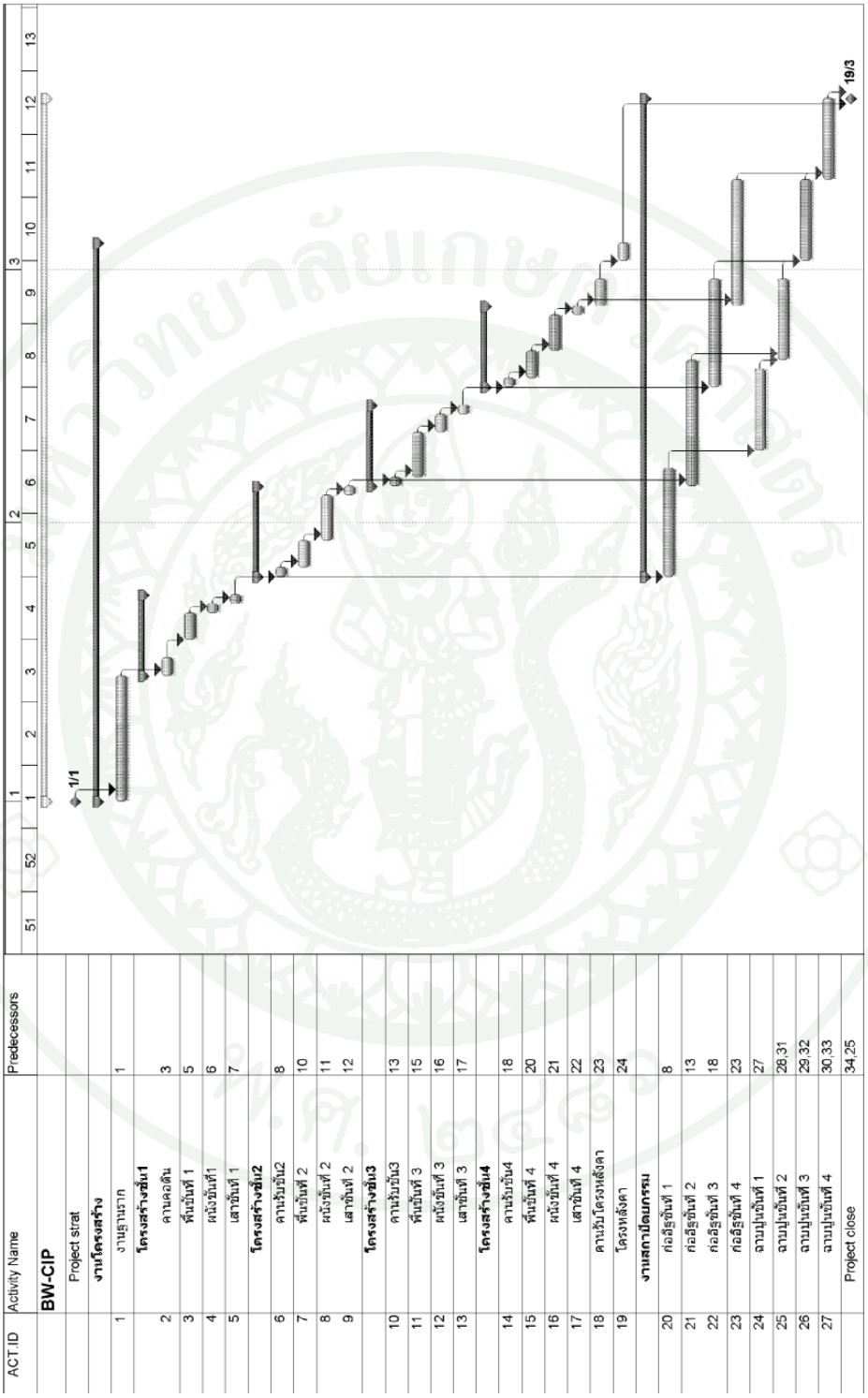
ภาพผนวกที่ ง1 ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเสา-คาน หล่อในที่ของแบบที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



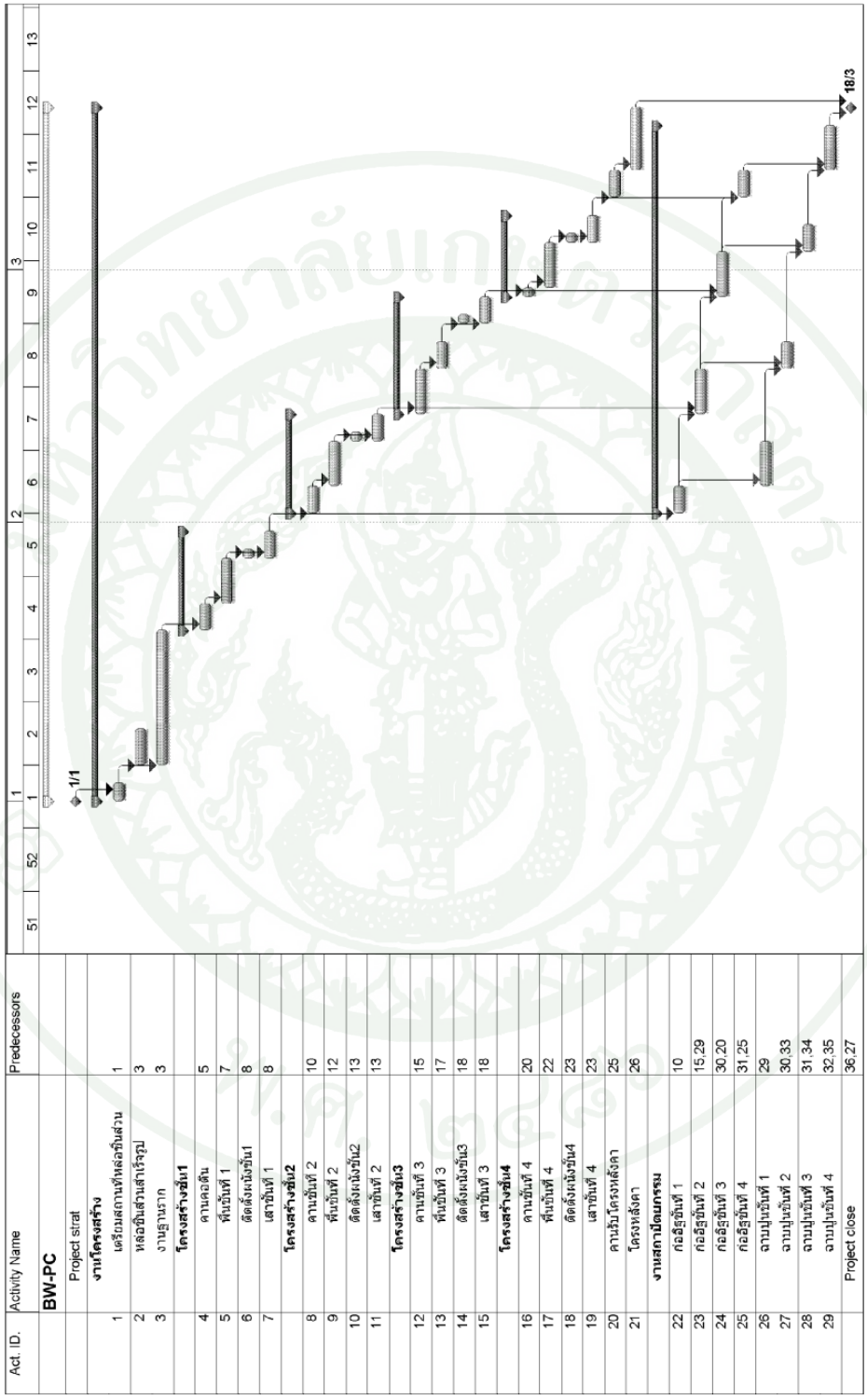
ภาพผนวกที่ ง2 ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยโครงสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คาน ของแบบที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง3 ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักหล่อในที่ของแบบที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง4 ตัวอย่างแผนงานการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปผนังรับน้ำหนักของแบบที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง1 ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบเสา-คาน หล่อในที่ (วัน)

	แบบบ้าน																											
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	18	12	18	18	28	28	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	18	20	18	20	23	25	25	28
2	9	10	10	12	17	17	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	12	10	12	13	13	15	18
3	3	3	-	4	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	7	5	7	5	7	7	7
4	7	7	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7
5	7	-	7	10	13	13	12	12	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	-	-	12	13	13	13	14	16
6	3	-	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	3	3	4	4	4
7	5	-	5	7	7	7	7	7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	-	-	7	7	7	7	7	7
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	17	-	17	17	-	17	17	-	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12	-	12	12	-	12	12	-	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	17	-	-	17	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	12	-	-	12	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
14	7	7	7	10	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	7	10	10	10	12	12	14	14
15	12	14	14	10	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	15	15	15
16	3	4	5	5	11	13	14	14	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	7	7	7	7	7	14	15	15
17	3	-	-	5	14	14	14	15	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-	7	10	7	12	14	16
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	18	-	18	18	-	18	18	-	18	18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-	18	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-
20	2	2	3	3	5	6	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	4	4	4	4	6	7	7
21	2	-	-	3	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	-	-	4	5	4	6	7	7
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	71	53	72	86	123	124	118	119	151	185	217	151	185	217	151	185	217	151	185	217	65	74	90	101	101	113	121	131

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง2 ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบเสา-คาน ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (วัน)

	แบบบ้าน																											
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	10	10	13	12	15	15	17	17	30	35	45	30	35	45	30	35	45	30	35	45	12	13	12	14	12	16	17	20
3	18	12	18	18	28	28	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	18	20	18	20	23	25	25	28
4	1	1	2	4	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2	4	2	2	3	4	3	5
5	3	3	-	4	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	7	5	7	5	7	7	7
6	1	1	2	4	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	3	3	4	4	5	5	7
7	1	-	2	4	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	-	-	5	7	5	7	7	7
8	3	-	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	3	3	4	4	4
9	1	-	2	4	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	-	3	4	4	5	5	7
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	-	7	7	-	7	7	-	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
16	2	1	2	4	5	4	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	3	3	4	4	5	5	7
17	12	14	14	10	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	15	15	15
18	3	4	5	5	11	13	14	14	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	7	7	7	7	7	14	15	15
19	3	-	-	5	14	14	14	15	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	-	-	7	10	7	12	14	16
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	18	-	18	18	-	18	18	-	18	18	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	18	-	-	18	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-
22	2	2	3	3	5	6	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	4	4	4	4	6	7	7
23	2	-	-	3	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	-	-	4	5	4	6	7	7
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	42	32	45	56	91	90	87	91	111	132	151	111	132	151	111	132	151	111	132	151	41	51	56	69	65	83	85	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง3 ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก หล่อในที่ (วัน)

	แบบบ้าน																											
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	19	15	19	19	29	29	27	27	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	19	21	19	22	24	27	27	29
2	10	10	10	13	18	18	16	16	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	14	12	14	15	15	17	20
3	3	3	-	4	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	7	5	7	5	7	7	7
4	1	1	-	1	2	2	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	3	4	3	4	5	5	6	7
5	3	-	7	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	7	-	7	3	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	5	3	5	5	5
7	3	-	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	3	3	4	4	4
8	1	-	1	1	4	4	2	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	-	3	4	5	4	4	6
9	1	-	-	-	1	1	1	1	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	-	-	1	1	1	1	1	1
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	-	7	7	-	7	7	-	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
18	3	3	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	12	14	14	10	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	15	15	15
20	1	-	-	-	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	2	1
21	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	1	1	1	1	1	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
24	1	-	-	-	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
25	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	62	46	61	57	95	95	89	90	113	129	149	113	129	149	113	129	149	113	129	149	56	63	66	77	78	87	90	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง4 ผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (วัน)

	แบบบ้าน																											
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	3	3	5	7	13	13	11	11	31	38	51	31	38	51	31	38	51	31	38	51	4	6	10	10	11	11	13	15
3	19	15	19	19	29	29	27	27	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	19	21	19	22	24	27	27	29
4	10	10	10	13	18	18	16	16	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	14	12	14	15	15	17	20
5	3	3	-	4	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	7	5	7	5	7	7	7
6	1	1	-	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1
7	3	-	7	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1
8	7	-	7	3	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	5	3	5	5	5
9	3	-	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	3	3	3	4	4	4
10	1	-	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	2	2	2	2	2	2
11	1	-	-	-	1	1	1	1	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	-	-	1	1	1	1	1	1
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	3	3	-	3	3	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3	3	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21	12	14	14	10	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	15	15	15
22	1	-	-	-	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	2	1
23	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	1	1	1	1	1	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
26	1	-	-	-	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
27	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	65	50	64	59	93	93	89	89	93	107	120	93	107	120	93	107	120	93	107	120	57	63	60	67	68	75	77	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ง5 สรุปผลการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้าง จำแนกตามกลุ่มประเภทอาคาร

กลุ่มที่	ระยะเวลารวม*		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
โครงสร้างระบบเสา-คาน วิธีหล่อในที่			
1	87	57	72
2	121	98	110
3	131	121	124
4	183	149	163
5	215	183	201
โครงสร้างระบบเสา-คาน วิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป			
1	53	31	44
2	85	62	77
3	95	87	90
4	130	109	117
5	149	130	141
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก วิธีหล่อในที่			
1	64	43	56
2	88	73	83
3	97	94	95
4	128	112	118
5	148	128	139
โครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก วิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป			
1	67	47	58
2	87	63	75
3	92	81	88
4	106	92	98
5	119	106	113

หมายเหตุ * ไม่รวมงานสุขาภิบาล และไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์