บทที่ 3

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ของโครงการก่อสร้างอาคาร 4โครงการ ซึ่งดำเนินการก่อสร้างอยู่ในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยที่โครงการดังกล่าว บางโครงการกำลังดำเนินการก่อสร้าง และบางโครงการได้ดำเนินการก่อสร้างเสร็จแล้ว รายละเอียดที่ทำการศึกษาจะกล่าวถึงความรู้ที่เป็นพื้นฐานเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป จากการศึกษาทั้ง 4 โครงการ พบว่าในแต่ละโครงการ มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกันคือ ในแต่ละโครงการมีการก่อสร้างอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก หรือถ้าเป็นอาคารสูงและมีขนาดใหญ่ก็จะมีจำนวนห้องภายในอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมากเช่นกัน จากการสอบถามผู้บริหารโครงการ นอกจากแต่ละโครงการจะมีลักษณะอาคารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการในเบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้วิธีการก่อสร้างอาคารด้วยระบบสำเร็จรูปแล้ว ยังถูกจำกัดทางด้านต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยคือ ต้องการใช้อาคารเร็วขึ้นและการก่อสร้างต้องมีต้นทุนที่ต่ำ ซึ่งเงื่อนไขนี้สนับสนุนการพิจารณาเลือกใช้วิธีการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป กล่าวโดยสรุปคือ ต้องมีอาคารเป็นจำนวนมากและเป็นแบบซ้ำๆ (Mass Production) ต้องการลดต้นทุนและลดระยะเวลาในการก่อสร้าง รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของแต่ละโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

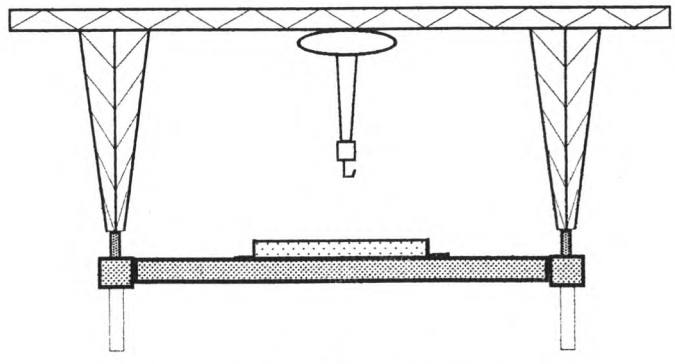
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นทั่วไปของโครงการที่ทำการศึกษา

โครงการ	บ้านเมืองทอง (ก)	วิลล่าสเตชั่น (ข)	บิกแลนด์มินิแฟกตอรี่ (ค)	หมู่บ้านนักกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ครั้งที่13 (ง)
ที่ตั้งโครงการ	เมืองทองธานี ถ. แจ้งวัฒนะ อ. ปากเกร็ด จ. นนทบุรี	ถ. พัฒนาการ เขตประเวศ กรุงเทพ ฯ	ถ. พหลโยธิล อ.คลองหลวง จ. ปทุมธานี	ถ. พหลโยธิล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี
เจ้าของ	บ. บางกอกแลนด์ จำกัด	บ. บางกอกแลนด์ จำกัด	บ. บิกแลนด์ดิเวลลอปเมนท์ จำกัด	กระทรวงการคลัง
ผู้ออกแบบงานสถาปัตยกรรม	บ. เอ็น เอฟ เอ จำกัด	บ. เอ็น เอฟ เอ จำกัด	บ. บิกแลนด์ดิเวลลอปเมนท์ จำกัด	บ. สำนักงานสถาปนิกทวีชา จำกัด
ผู้ออกแบบงานโครงสร้าง	บ. เชี่ยมอินเตอร์กรุป จำกัด	BONACCI WINWARD Co.,Ltd. Australia	บ. ไอ ที ซี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	บ. คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด บ. เซ็นเตอร์ ออฟ สแตนดาร์ด จำกัด
ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง	บ. เอ็น เอฟ เอ จำกัด	บ. เอ็น เอฟ เอ จำกัด	บ. บิกแลนด์ดิเวลลอปเมนท์ จำกัด	Escon Rkv Keen Team (EESL)
ผู้รับเหมาก่อสร้าง	บ. เชี่ยมอินเตอร์กรุป จำกัด	บ. เชี่ยมอินเตอร์กรุป จำกัด	บ. ไอ ที ซี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	บ. อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด
ลักษณะอาคาร	ทาวน์เฮาส์ 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 134 ตร.ม.	บานเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 125 ตร.ม.	อาคารโรงงานและสำนักงาน 4 ชั้น	อาคารที่พักอาศัย 8,12และ 14 ชั้น
จำนวนอาคาร	420 หลัง	194 หลัง	63 อาคาร จำนวนพื้นที่ = 468 ตร.ม./อาคาร	แบบที่ 1 สูง 14 ชั้น จำนวน 1 อาคาร แบบที่ 2 สูง 12 ชั้น จำนวน 3 อาคาร แบบที่ 3 สูง 8 ชั้น จำนวน 4 อาคาร แบบที่ 4 สูง 8 ชั้น จำนวน 7 อาคาร แบบที่ 5 สูง 8 ชั้น จำนวน 8 อาคาร รวมพื้นที่ทั้งหมด 170,660 ตร.ม.
งานโครงสร้างฐานราก	เสาเข็มตอกขนาด 0.18*0.18*10.5 ม. โดยตอกตามแนวผนังอาคารและใช้คานคอดินวางบนเสาเข็ม ไม่มีฐานราก	เสาเข็มตอกขนาด 0.18*0.18*10.5 ม. โดยตอกตามแนวผนังอาคารและใช้คานคอดินวางบนเสาเข็ม ไม่มีฐานราก	- เสาเข็มตอกขนาด 0.35*0.35*21 ม. - ฐานรากเดี่ยว	- เสาเข็มตอกขนาด 0.40*0.40*20 ม. และขนาด 0.40*0.40*21 ม. - ฐานรากเดี่ยวและฐานรากคู่
งานโครงสร้างอาคาร	- เป็นระบบผนังคอนกรีตรับแรง - คานคอดินและพื้นชั้นที่ 1 หล่อในที่ - ผนังชั้นที่ 1, 2 และ 3, พื้นชั้น 2 และ 3 ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป - บันได เป็นโครงเหล็กรูปพรรณ พื้นไม้	- เป็นระบบผนังคอนกรีตรับแรง - คานคอดิน หล่อในที่ - ผนังและพื้น ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป - บันได เป็นโครงเหล็กรูปพรรณ พื้นไม้	- เป็นระบบโครงเฟรม - คานโครงสร้าง ใช้คาน คสล. สำเร็จรูป - ผนังกั้นระหว่างโรงงาน ใช้ผนัง คสล. สำเร็จรูป หนา 7.5 ซม. - พื้นส่วนสำนักงาน ใช้พื้นแพลึงค์ - พื้นโรงงาน บันไดและเสา หล่อในที่	- เป็นระบบผนังคอนกรีตรับแรง - คานคอดิน หล่อในที่ - ผนัง พื้น และบันได ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป
ระยะทางขนส่ง (กม.)	0.5 - 1.0 กม.	0.75 - 1.0 กม.	30 กม.	70 กม.

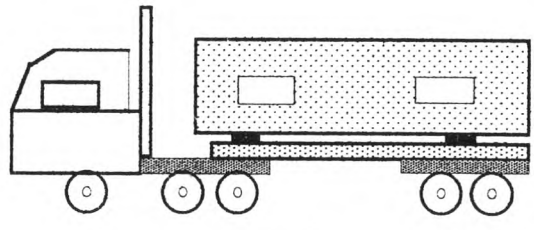
3.2 ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปนั้น ในแต่ละโครงการมีขั้นตอนหลักที่เหมือนกัน จะมีความแตกต่างกันอยู่บ้างในส่วนของรายละเอียด ตามแต่รูปแบบของอาคาร ในที่นี้จะเน้นถึงขั้นตอนการก่อสร้างส่วนงานโครงสร้างอาคาร ที่ใช้ระบบสำเร็จรูปเท่านั้น ส่วนการก่อสร้างในส่วนอื่น เช่น งานเสาเข็ม งานฐานราก หรืองานส่วนหล่อในที่ ถือว่าไม่มีความแตกต่างกันกับระบบหล่อในที่ ที่ใช้เปรียบเทียบในการศึกษา

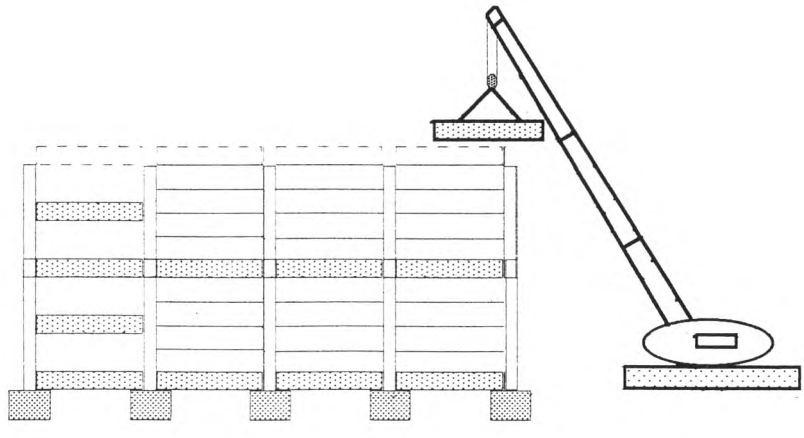
ลักษณะโดยทั่วไปของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปนั้น ขั้นตอนแรก ทำการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามแบบที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยส่วนงานสำคัญ 3 ส่วนคือ งานจัดทำโรงงานหรือลานหล่อ (Casting Yard) การทำแบบหล่อ (Mould) และงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Element) ขั้นตอนที่สอง เป็นการขนส่ง (Transportation) ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานผลิตไปยังสถานที่ก่อสร้าง ด้วยรถบรรทุกธรรมดาหรือรถบรรทุกที่ออกแบบมาเฉพาะขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูป ขั้นตอนที่สาม ดำเนินการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้เป็นโครงสร้างอาคาร ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยส่วนงานสำคัญ 2 ส่วนคือ การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง(Erection) และการประกอบจุดรอยต่อ(Joint Connection) สำหรับการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะใช้เครื่องจักรกลหนักยกติดตั้ง ประเภทเครื่องจักรกลมีทั้งรถโมบายเครน (Mobile Crane) และทาวเวอร์เครน(Tower Crane) ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและลักษณะอาคาร การประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะมีการใช้อุปกรณ์ค้ำยัน(Temporary Support) เพื่อเป็นการยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ที่ตำแหน่งในลักษณะของการใช้งานเอาไว้ชั่วคราว และทำการประกอบจุดรอยต่ออย่างถาวร ซึ่งมีทั้งแบบใช้การเชื่อม(Welded Connection) แบบใช้การเกร๊าท์ (Grouting Connection) และแบบใช้เหล็กโดเวล(Dowel Connection) ขั้นตอนต่าง ๆ ที่กล่าวมาแสดงสรุปในรูปที่ 3.1 ส่วนขั้นตอนรายละเอียดของแต่ละโครงการ จะได้กล่าวต่อไป



(1) การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป



(2) การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป



(3) การติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.1.1 การจัดทำโรงงานหรือลานหล่อ

3.2.1.2 การจัดทำแบบหล่อ

3.2.1.3 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.2 การเก็บสต๊อกและการขนส่ง

3.2.2.1 การเก็บสต๊อก

3.2.2.2 การขนส่ง

3.2.3 การติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.3.1 การติดตั้ง

3.2.3.2 การประกอบจุดรอยต่อ

3.2.1 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การจัดเตรียมโรงงานสำหรับการผลิตนั้นมีความสำคัญมาก เพราะในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นต้องใช้แรงงานมาก ส่วนประกอบสำคัญของโรงงานคือ ลานหล่อ แบบหล่อ อุปกรณ์ยกและพื้นที่เก็บสต๊อก การจัดทำโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบ่งออกตามลักษณะของการใช้งานได้ 2 ลักษณะ

1. โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบชั่วคราว ใช้พื้นที่ในบริเวณสถานที่ก่อสร้างหรือบริเวณใกล้เคียงในการจัดทำโรงงาน เพื่อหลีกเหลี่ยงปัญหาการขนส่งในระยะทางไกลๆ ซึ่งจะทำให้ค้นทุนในการขนส่งขึ้น หรือรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารมีปริมาณจำนวนหนึ่ง เมื่อเสร็จโครงการก็ไม่มีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในลักษณะเช่นนี้อีกแล้ว

2. โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบถาวร เป็นการจัดหาพื้นที่ทำโรงงานถาวรเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีปริมาณมากพอกับการลงทุน ไม่มีปัญหาด้านการขนส่งที่สำคัญต้องสามารถเปลี่ยนรูปแบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ ให้ได้ปริมาณมากพอและผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ส่วนงานโครงสร้างทั่วๆ ไปต้องใช้อยู่แล้ว เช่น เสาเข็ม แผ่นพื้นสำเร็จรูป

สำหรับข้อมูลของการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทั้ง 4 โครงการ แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลของการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

โครงการ	ก	ข	ค	ง
พื้นที่ลานหล่อ (ตร.ม.)	2,000	1,200	600	9,700
จำนวนแบบหล่อ (ตร.ม.)	1500	750	400	3,222
จำนวนพื้นที่เก็บสต๊อก (ตร.ม.)	500	450	300	8,530
อัตราการผลิตเฉลี่ย (ลบ.ม./วัน)	80-96	45-50	30-40	150-200
ลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูป	-แผ่นผนัง คสล. -แผ่นพื้น คสล.	-แผ่นผนัง คสล. -แผ่นพื้น คสล.	-คาน คสล. -แผ่นผนัง คสล.แทนการก่ออิฐฉาบปูน	-แผ่นผนัง คสล. -แผ่นพื้น คสล. -บันได คสล.

3.2.1.1 ลานหล่อ (Casting Yard)

ลานหล่อเป็นลักษณะของพื้นโรงงานที่ต้องมีคุณสมบัติคือ พื้นเรียบในแนวระนาบ มีความคงทน แข็งแรงและไม่ทรุดตัว เป็นที่ใช้สำหรับการจัดตั้งแบบหล่อ เพื่อใช้ในการผลิตและเก็บสต๊อก สำหรับโครงการ ก ข และ ค ลานหล่อมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีตวางบนดินที่บดอัดแน่นแล้ว (Slab on Grade) ส่วนโครงการ ง จะมีลักษณะเป็นหินคลุกบดอัดแน่น และทำฐานรากเฉพาะตำแหน่งที่จะนำแบบหล่อมาวางยึดติดไว้

3.2.1.2 แบบหล่อ (Mould)

แบบหล่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโรงงาน เพราะแบบหล่อ จะเกี่ยวพันถึงการใช้ต้นทุนในการผลิต ความแม่นยำของขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและคุณภาพของชิ้นงาน การจัดเตรียมและเลือกใช้แบบหล่อ จะมีเงื่อนไขดังนี้

1. ปริมาณของคอนกรีตที่จะทำให้สามารถรักษาขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปอย่างแม่นยำในขบวนการผลิต
2. สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Re-used) และต้นทุนในการดูแลบำรุงรักษาต่ำ
3. ประกอบเข้ารูปตามรูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูป และน้ำปูนไม่รั่ว
4. มีการยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตต่ำ (ถอดแบบง่าย) ทำความสะอาดง่าย
5. สามารถเปลี่ยนเป็นรูปทรงแบบอื่นๆ ได้ง่าย
6. การเคลื่อนย้ายสะดวก

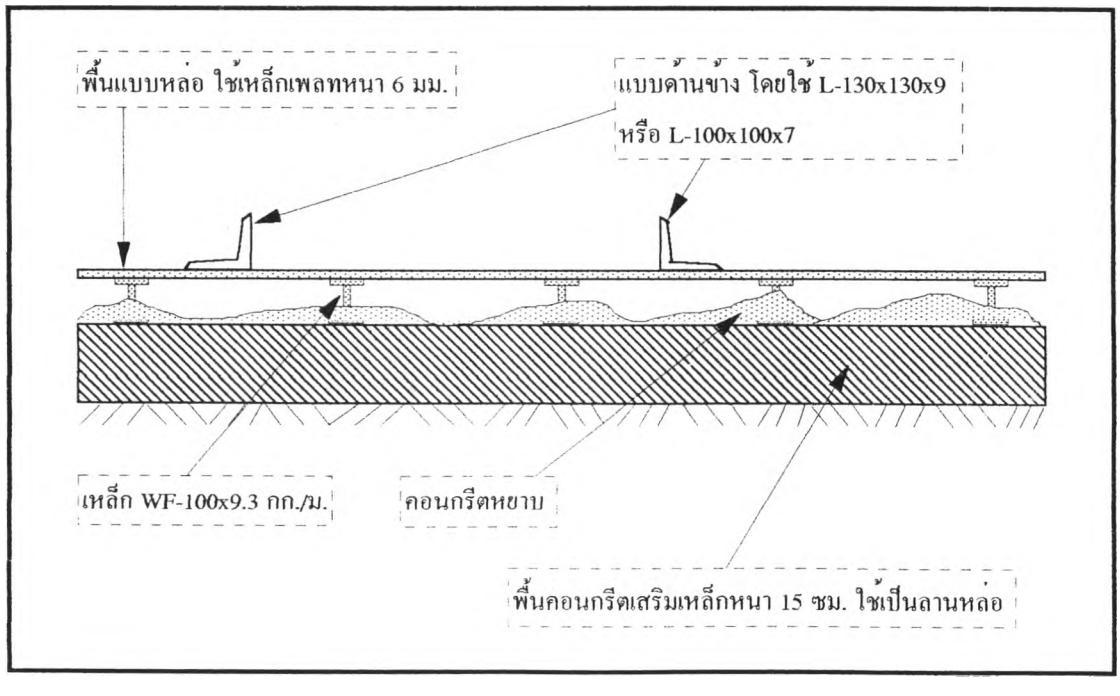
ลักษณะลานหล่อและแบบหล่อ

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงลักษณะลานหล่อและแบบหล่อ เฉพาะจากโครงการที่ทำการศึกษาทั้ง 4 โครงการ มีรายละเอียดดังนี้

1. โครงการ ก

ลานหล่อจะมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนาประมาณ 15 ซม. สำหรับพื้นแบบหล่อใช้เหล็ก WF 100 x 9.3 กก./ม. ยึดติดกับพื้นลานหล่อเป็นระยะห่างกันประมาณ 0.50 ม.ปรับให้ได้ระดับ แล้วเททับด้วยคอนกรีตหยาบหนาประมาณ 5 ซม. เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับพื้นแบบหล่อ และใช้เหล็กเพลทความหนา 6 มม. วางบนเหล็ก WF ยึดติดด้วยสกรู และสำหรับแบบด้านข้าง ใช้เหล็กฉากขนาด L-100x100x7 มม. และ L-130x130x9 มม. โดยจัดขนาดและรูปทรงให้ได้ตามแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแต่ละแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 การหล่อแผ่นพื้นและแผ่นผนังสำเร็จรูป จะหล่อในแนวนอนทั้งหมด

ข้อเสียของแบบหล่อคือเป็นแบบหล่อที่ยึดติดกับลานหล่อไม่สามารถเคลื่อนย้ายแบบหล่อได้ เมื่อเกิดความเสียหายจะดำเนินการซ่อมแซมได้ยาก

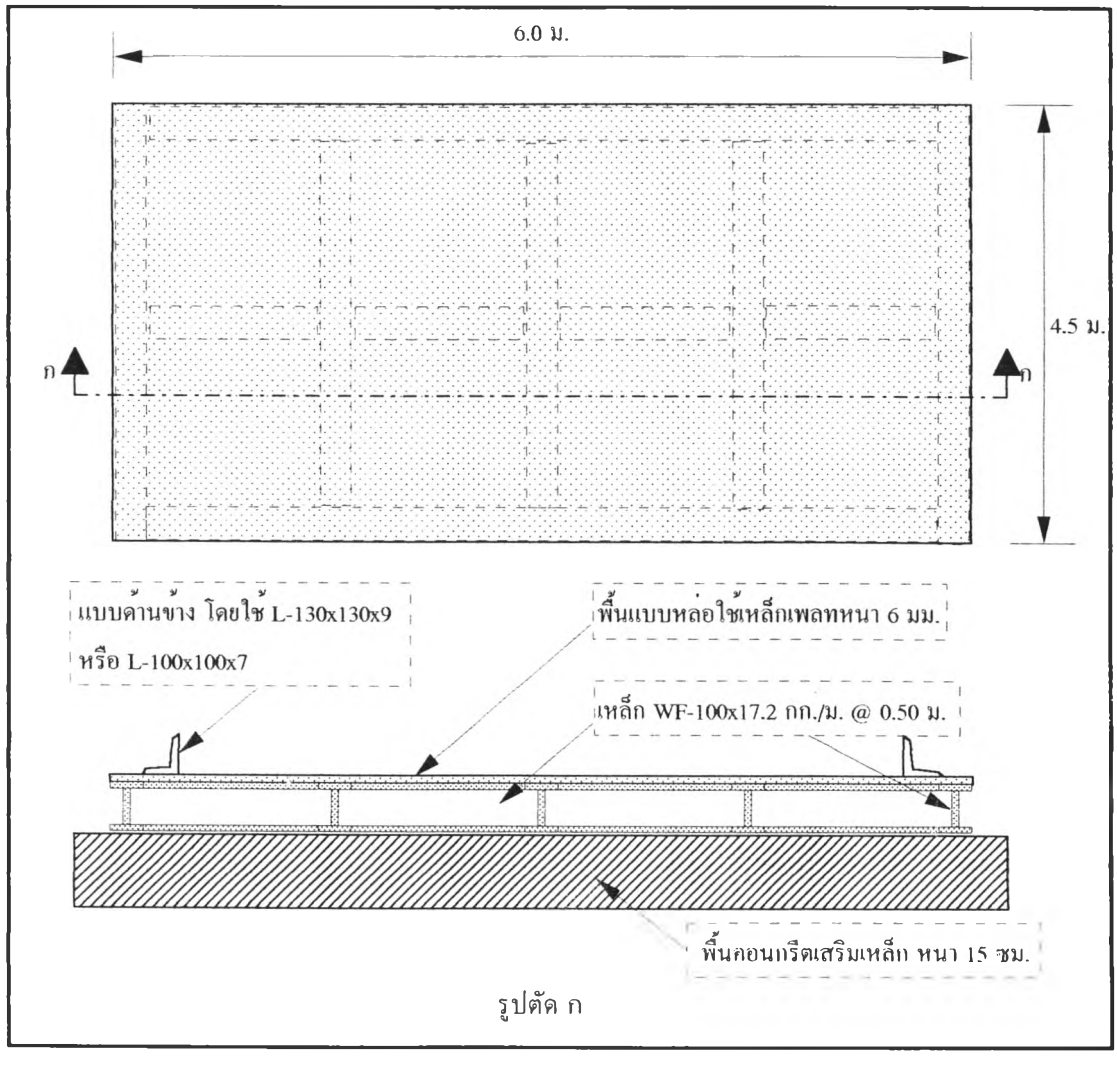


รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะลานหล่อและแบบหล่อ โครงการ ก

2. โครงการ ข

ลานหล่อจะมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนาประมาณ 15 ซม. สำหรับแบบหล่อแต่ละชุดมีขนาด 4.50 x 6.00 ม. โดยที่พื้นแบบหล่อใช้เหล็กเพลทความหนา 6 มม. เสริมพื้นให้แข็งแรงด้วยเหล็ก WF 100 x 17.2 กก./ม. ทุกระยะ 0.50 ม. และแบบด้านข้าง ใช้เหล็กฉากขนาด L-100x100x7 มม. และ L-130x130x9 มม. โดยจัดขนาดและรูปทรงให้ได้ตามแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแต่ละแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 การหล่อแผ่นพื้นและแผ่นผนังสำเร็จรูป จะหล่อในแนวนอนทั้งหมด

ข้อดีของแบบหล่อคือ เป็นแบบหล่อที่ไม่ยึดติดกับลานหล่อสามารถเคลื่อนย้ายแบบหล่อได้ปรับระดับได้ง่ายกรณีที่พื้นลานหล่อทรุดตัว เมื่อเกิดความเสียหายจะดำเนินการซ่อมแซมได้ง่าย

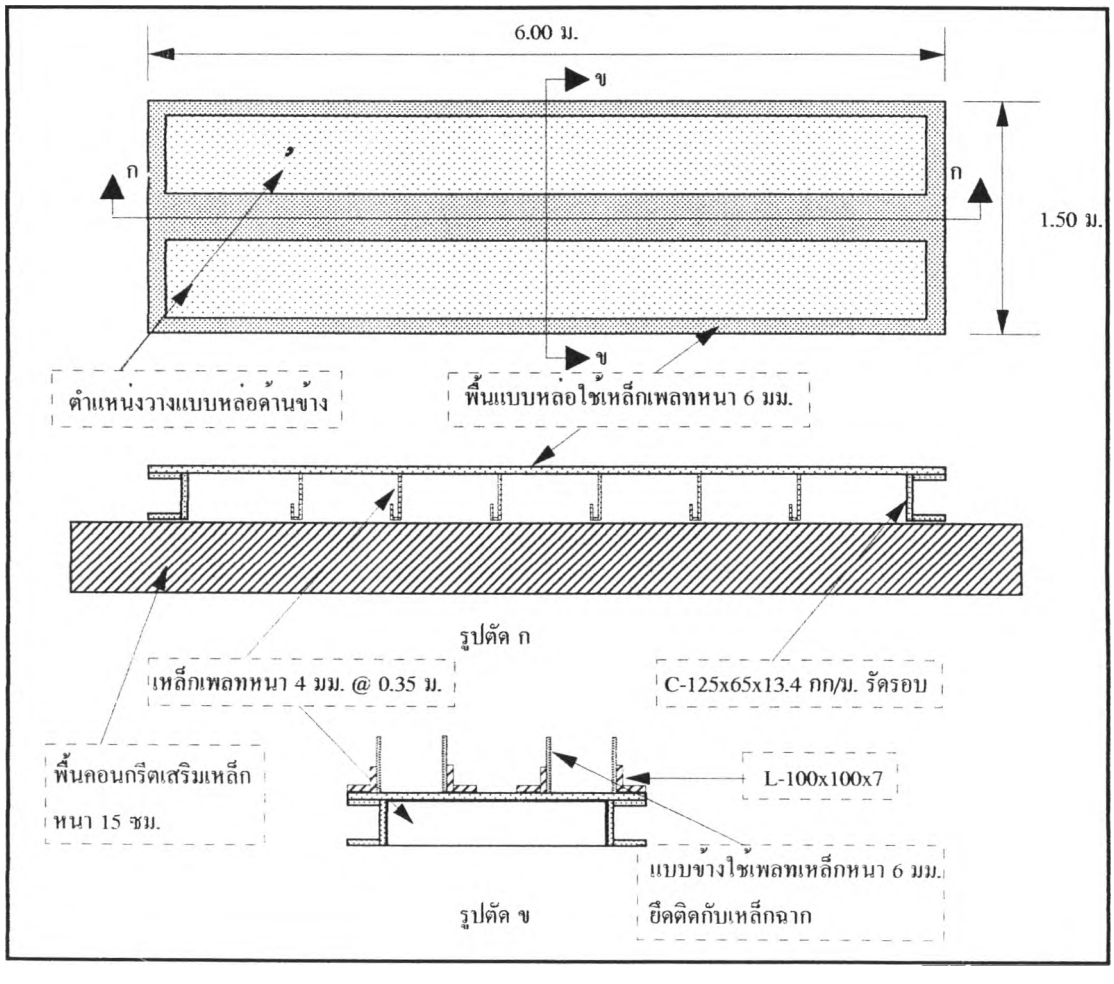


รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะลานหล่อและแบบหล่อ โครงการ ข

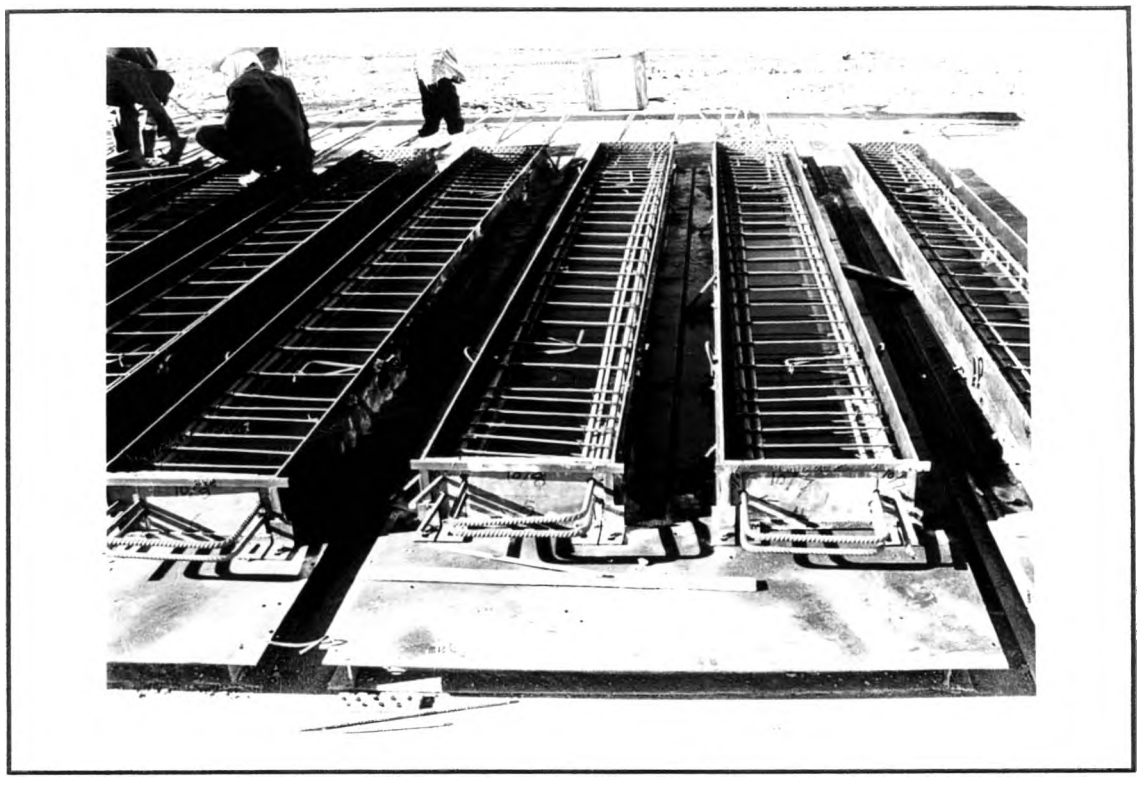
3. โครงการ ค

ลานหล่อจะมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนาประมาณ 15 ซม. สำหรับแบบหล่อแต่ละชุดมีขนาด 1.50 x 6.00 ม. โดยที่พื้นแบบหล่อใช้เหล็กเพลทความหนา 6 มม. เสริมพื้นให้แข็งแรงด้วยเหล็กเพลทความหนา 4 มม. งอเป็นรูปตัว J ทุกระยะ 0.35 ม. และรัดรอบพื้นแบบหล่อด้วยเหล็ก C-125x65x13.4 กก./ม. สำหรับแบบด้านข้างใช้เหล็กฉากขนาด L-100x100x7มม. ประกบด้วยเหล็กเพลทหนา 6 มม. ความสูงประมาณ 20 ซม. (ตามความกว้างของคานที่ใช้ในการผลิต) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 การหล่อคานสำเร็จรูปจะหล่อในแนวนอนเพื่อลดปริมาณแบบด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ข้อดีของแบบหล่อคือ เป็นแบบหล่อที่ไม่ยึดติดกับลานหล่อสามารถเคลื่อนย้ายแบบหล่อได้ ปรับระดับได้ง่ายกรณีที่พื้นลานหล่อทรุดตัว เมื่อเกิดความเสียหายจะดำเนินการซ่อมแซมได้ง่าย



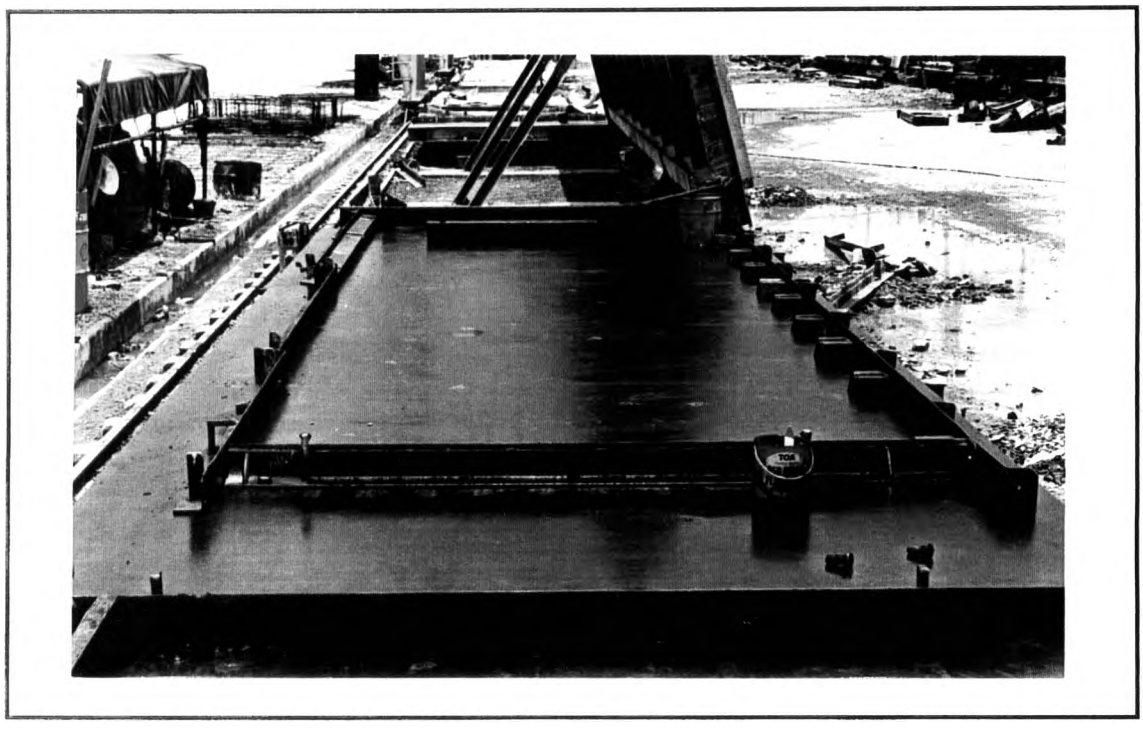
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะลานหล่อและแบบหล่อ โครงการ ค



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะการจัดวางแบบหล่อ โครงการ ค

4. โครงการ ง

ลานหล่อในส่วนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีลักษณะเป็นพื้นหินคลุกบดอัดแน่น สำหรับส่วนที่ใช้เก็บสต๊อกใช้เป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับแบบหล่อในส่วนพื้นแบบหล่อจะจัดวางไว้บนฐานตอม่อเป็นจุดๆ ดังแสดงในรูปที่ ค-1 ถึง ค-5 (ภาคผนวก) สำหรับแบบด้านข้างใช้เหล็กฉากขนาด L-130x130x9 มม. ประกบด้วยเหล็กเพลทหนา 6 มม. ความสูงตามความหนาของแผ่นพื้นและแผ่นผนังสำเร็จรูปที่ออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะหล่อในแนวนอนทั้งหมด ลักษณะพิเศษของแบบหล่อโครงการนี้คือ สามารถยกแบบหล่อขึ้นพร้อมชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทำมุมได้ประมาณ 70 องศา เพื่อลดความเสียหายในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 แสดงแบบหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ง

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะแบบหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สามารถยกได้ โครงการ ง

I17957928

3.2.1.3 การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนสำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เพราะต้องใช้แรงงานมาก วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างจะอยู่ในขั้นตอนนี้ และรวมไปถึงการควบคุมคุณภาพด้วย งานอาคารจะออกมาดีหรือไม่ ก็อยู่ที่ขั้นตอนนี้เพราะถ้าการผลิตชิ้นส่วนไม่ดีแล้วงานในขั้นตอนอื่นๆ ที่ตามมาก็จะดูไม่มีคุณภาพไปด้วย ขบวนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นมีขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งขบวนการผลิตจะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การประกอบแบบหล่อ เป็นการจัดแบบหล่อให้ได้รูปแบบและขนาดตามแบบที่กำหนด เพื่อการผลิต

2. การทำงานเหล็กเสริม เป็นการจัดเตรียมเหล็กเสริมคอนกรีต สำหรับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3. การเทคอนกรีต

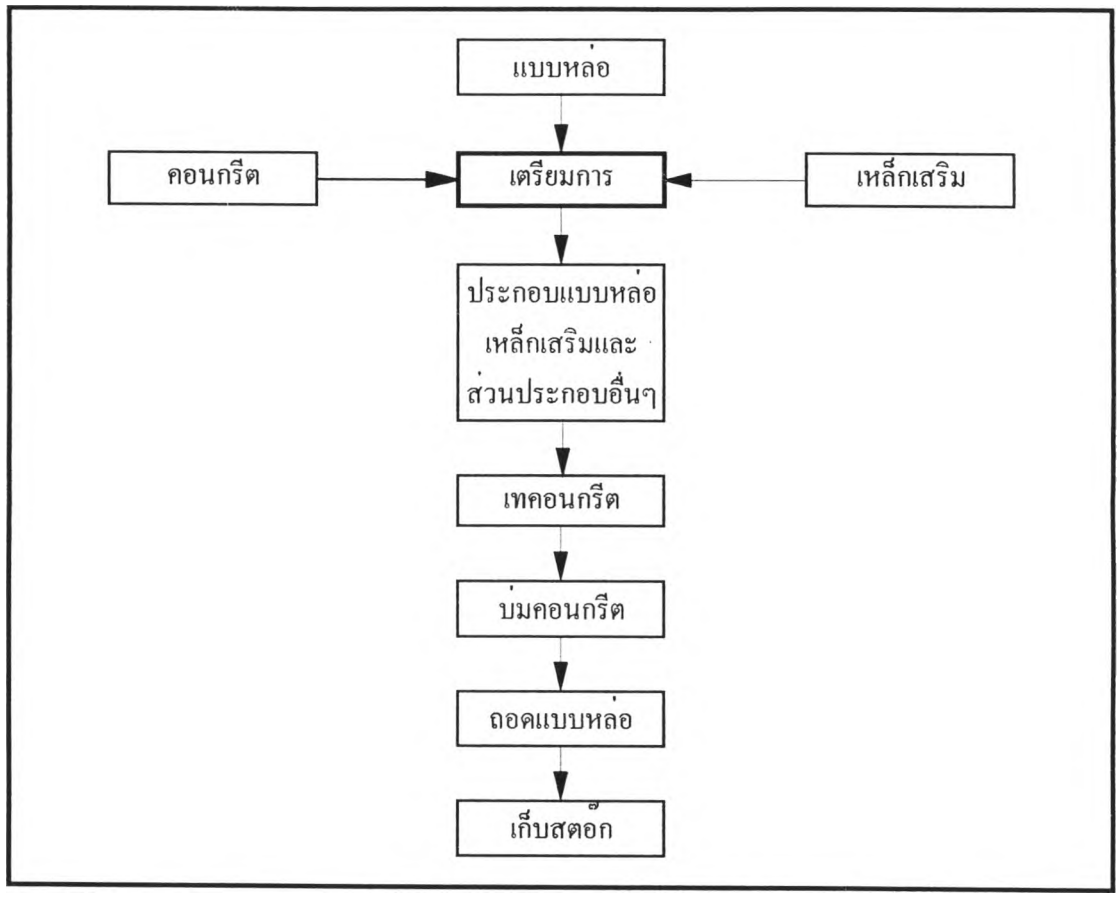
4. การบ่มคอนกรีต เป็นการทิ้งช่วงเวลาไว้ให้คอนกรีตได้กำลังความแข็งแรงตามกำหนด

5. การถอดแบบหล่อ เป็นการถอดแบบหล่อคอนกรีตหลังจากคอนกรีตมีความแข็งแรงตามกำหนด

6. การเก็บชิ้นส่วนเข้าสต๊อก

<u>วัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป</u>

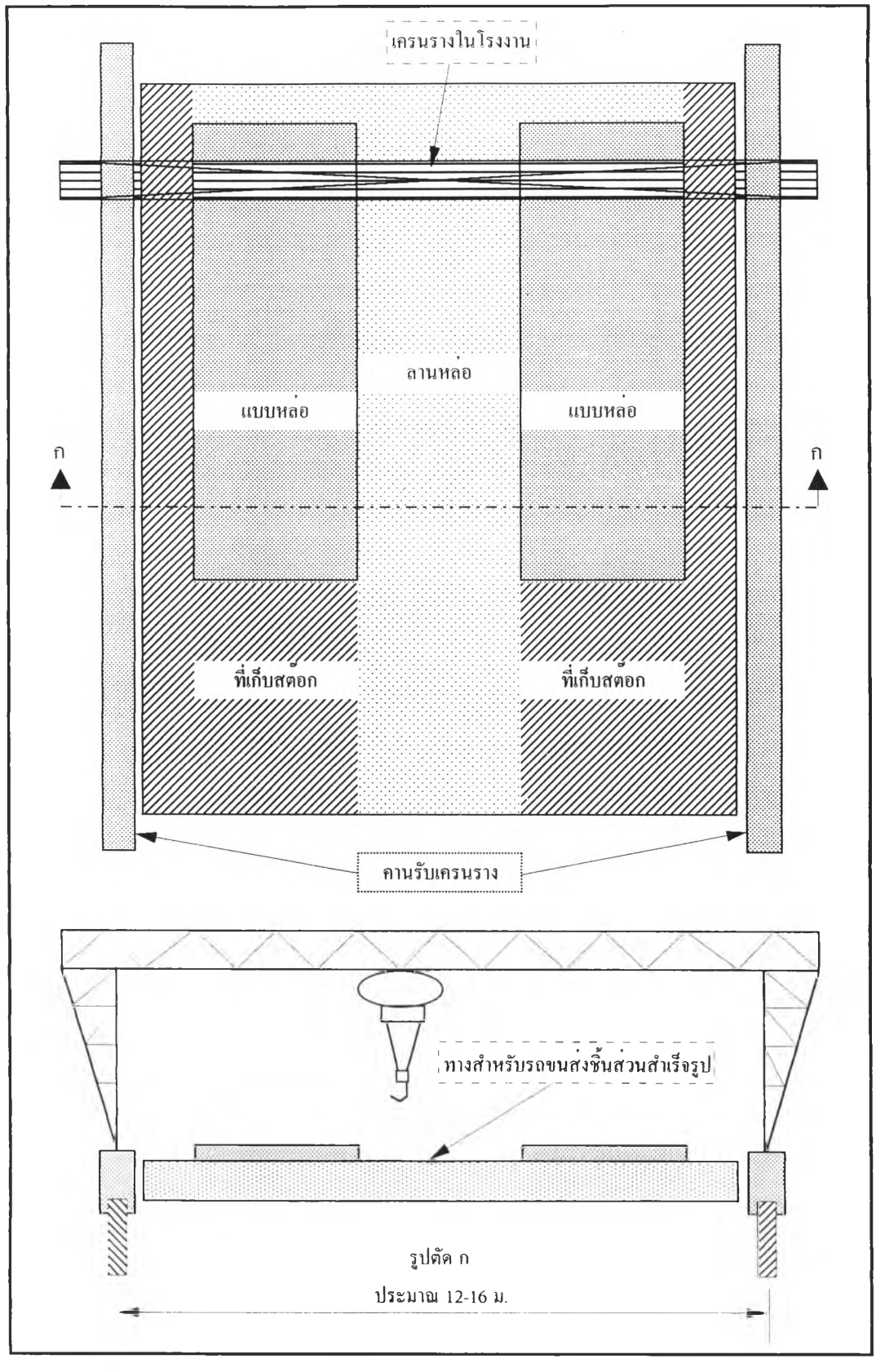
วัสดุสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปคือ คอนกรีต เหล็กเสริม อุปกรณ์สำหรับประกอบจุดรอยต่อ อุปกรณ์สำหรับจุดยกและอุปกรณ์ของงานระบบไฟฟ้า-ประปา ที่จะฝังไว้ภายในผนัง(กรณีเดินสายและท่อภายในผนัง) เหล็กเสริมคอนกรีตชิ้นส่วนสำเร็จรูป สำหรับแผ่นพื้นและแผ่นผนังจะเป็นเหล็กตะแกรงสำเร็จรูปไม่ต้องใช้ลวดผูกเหล็ก เพียงแต่ตัดเหล็กให้ได้ตามรูปและขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น และสำหรับเหล็กเสริมคานสำเร็จรูปจะใช้เหล็กเส้นธรรมดาและใช้ลวดผูกเหล็กผูกให้ขึ้นรูปตามแบบ



รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ประการสำคัญ สำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น จากการสอบถามทาง ผู้บริหารโครงการ เรื่องกำลังของคอนกรีต จะต้องใช้กำลังสูงกว่าที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ เช่นผู้ออกแบบกำหนดกำลังของคอนกรีตไว้ 240 กก./ตร.ซม. ในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องใช้กำลังของคอนกรีตสูงถึง 350 กก./ตร.ซม. เนื่องมาจากการยกชิ้นส่วนและขนส่งภายในระยะเวลา 8-10 ชั่วโมง ซึ่งต้องการกำลังของคอนกรีตในขณะเวลายกและขนส่งประมาณ 150 กก./ตร.ซม. และชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยทั่วไปจะไม่ผ่านการบ่มตามกระบวนการ เพราะจะทำให้สูญเสียเวลาในการก่อสร้างจึงต้องใช้คอนกรีตที่มีกำลังสูงกว่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ดังนั้นจะเห็นว่าต้นทุนในส่วนของงานคอนกรีตจะสูงกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่

ลักษณะโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปของทั้ง 4 โครงการ มีลักษณะการจัดวางผังคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันเฉพาะขนาดของพื้นที่ ลักษณะผังโรงงานโดยสรุปดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการจัดวางผังโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.2 ขั้นตอนการเก็บสต๊อกและการขนส่ง

3.2.2.1 การเก็บสต๊อก

การเก็บสต๊อก เป็นขบวนการหนึ่งที่อยู่ระหว่างการผลิตและการติดตั้ง เป็นการประสานให้การทำงานไม่ขาดช่วง ทำให้การติดตั้งไม่ต้องรอชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการติดตั้ง การสต๊อกของชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การเก็บสต๊อกหลังจากการผลิตเสร็จจากโรงงาน เป็นการเก็บสต๊อกในบริเวณใกล้ๆ กับที่ทำการผลิต เพื่อป้องกันการขาดชิ้นส่วนในการติดตั้ง และยังจะช่วยบ่มคอนกรีตอีกด้วย

2. การเก็บสต๊อกในบริเวณที่จะดำเนินการติดตั้ง ทำให้สะดวกต่อการติดตั้งและลดปัญหาการขาดช่วงของชิ้นส่วนสำเร็จรูปขณะติดตั้ง และช่วยบ่มคอนกรีตให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

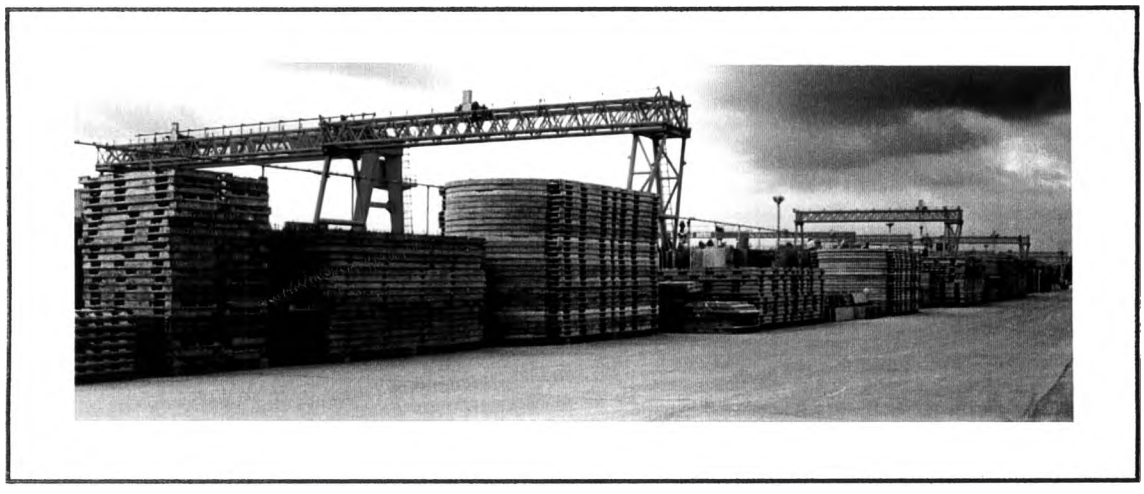
วิธีการจัดเก็บสต๊อก การเก็บสต๊อกประการสำคัญจะช่วยเสริมให้การติดตั้งรวดเร็วและไม่สูญเสียเวลา ดังนั้นการจัดเก็บสต๊อกควรจัดทำดังนี้

1. ควรมีการจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้สอดคล้องกับการติดตั้ง

2. รถขนส่งและเครื่องจักรที่ใช้ยกสามารถเข้าถึงได้สะดวก

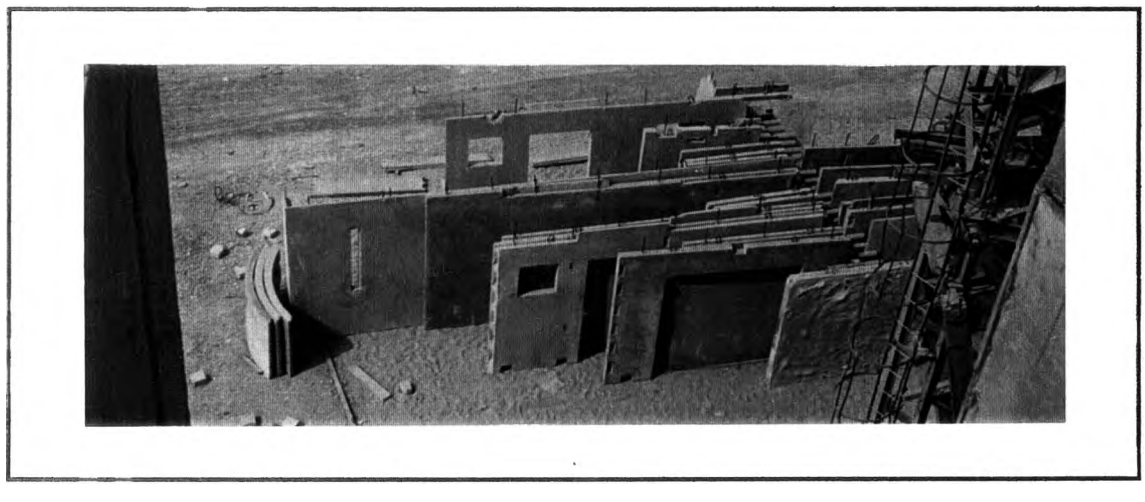
3. ควรจัดเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปในลักษณะพร้อมใช้งาน เช่น แผ่นผนังควรจัดวางในแนวตั้ง และแผ่นพื้นควรจัดวางในแนวนอน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และ 3.11

รูปที่ 3.10 การเก็บสต๊อกแผ่นผนังสำเร็จรูป



รูปที่ 3.11 การเก็บสต๊อกแผ่นพื้นสำเร็จรูป

อุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บสต๊อก จะจัดทำขึ้นมาสำหรับใช้กับแผ่นผนังสำเร็จรูป เพราะต้องจัดวางแผ่นผนังแนวตั้งพร้อมที่จะใช้งาน และการจัดวางในแนวตั้งของแผ่นผนังเพื่อลดโมเมนต์ดัดที่จะเกิดขึ้นในขณะทำการยกแผ่นผนังด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ส่วนการจัดวางแผ่นพื้นจะวางซ้อนกันโดยมีวัสดุคั่นระหว่างแผ่นพื้น และจัดวางบนพื้นที่ราบไม่ทรุดตัว โดยแผ่นล่างสุดจะมีวัสดุวางหนุนไว้ด้วย ส่วนคานสำเร็จรูปจะวางเรียงกันในแนวราบบนพื้นที่ราบไม่ทรุดตัว



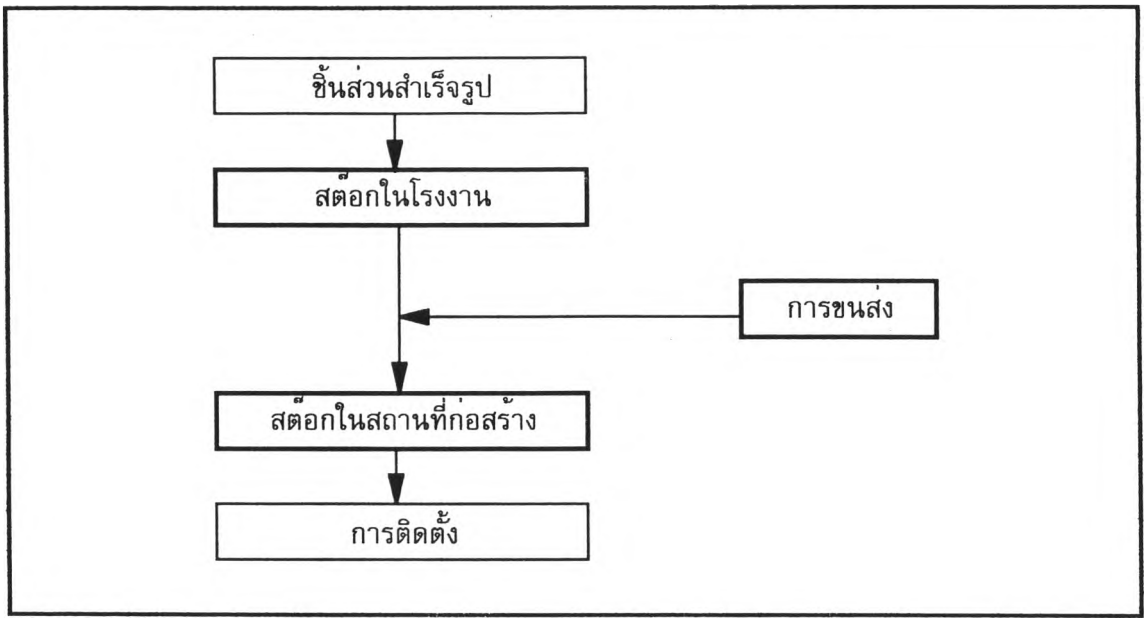
รูปที่ 3.12 การเก็บสต๊อกแผ่นผนังโดยใช้อุปกรณ์

3.2.2.2 การขนส่ง

การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินการก่อสร้าง เป็นการย้ายชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากสต๊อกในโรงงาน ไปยังที่เก็บสต๊อกที่สถานที่ก่อสร้าง ถ้าโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปอยู่ในสถานที่ก่อสร้าง จะทำให้ต้นทุนของการขนส่งลดลง แต่ถ้าโรงงานผลิตชิ้นส่วนอยู่ไกลนอกสถานที่ก่อสร้าง จะทำให้ต้นทุนในการขนส่งสูงขึ้น ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญอีกประการหนึ่งในการพิจารณาเรื่องต้นทุนของโครงการ

วิธีการขนส่ง สำหรับโครงการ ก ข ค และ ง ใช้รถบรรทุกประเภทรถพ่วงโดยที่ส่วนพ่วงที่ใช้บรรทุกชิ้นส่วนจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดและลักษณะของชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยที่แผ่นผนังจะจัดวางในแนวตั้งขณะขนส่งเพื่อให้สอดคล้องกับการยกเก็บสต๊อกและยกติดตั้ง และลดโมเมนต์ดัดที่เกิดจากแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนในขณะขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.13 การเก็บสต๊อกและการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น สรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.13 การขนส่งแผ่นผนังสำเร็จรูป (บน) และแผ่นพื้นสำเร็จรูป (ล่าง)



รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการสต๊อกและขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.3 ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.3.1 ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การดำเนินการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป จะแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน

1. งานก่อสร้างในที่ (Cast in Place)

งานที่ดำเนินการในสนามนั้นจะประกอบด้วย งานตอกเสาเข็ม งานฐานรากและงานคานคอดิน ขึ้นอยู่กับแบบที่กำหนด

สำหรับงานตอกเสาเข็ม งานฐานราก และงานคานคอดิน (หรือส่วนงานที่หล่อในที่) จะสามารถดำเนินงานในสนามไปได้ก่อนพร้อมๆ กับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทำให้ลดระยะเวลารวมของการก่อสร้างได้

2. งานติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Element Installation) มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ให้ชุดงานสำรวจกำหนด ตำแหน่ง แนว และระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะทำการติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบที่กำหนด

2.2 ดำเนินการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปขึ้นติดตั้งตามแบบ และตามลำดับ ในตำแหน่งที่ชุดงานสำรวจจัดเตรียมไว้

สำหรับชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะใช้ดำเนินการติดตั้งต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งของจุดรอยต่อ หรือรายละเอียดต่างๆให้เรียบร้อยก่อน และทำการติดอุปกรณ์สำหรับยึดกับอุปกรณ์ค้ำยัน ให้เรียบร้อยก่อนเพื่อความรวดเร็วในการดำเนินการติดตั้ง

2.3 จัดแนวและดิ่งให้ได้ตามมาตรฐานการก่อสร้าง สำหรับการปรับดิ่งให้ปรับที่อุปกรณ์ค้ำยัน (สามารถปรับความยาวได้และรับได้ทั้งแรงดึงและแรงอัด) จะสะดวกที่สุด และการปรับตำแหน่งและแนวให้ใช้ชแลงในการปรับ

2.4 ให้ดำเนินการติดตั้งตามแผนงาน และขั้นตอนการติดตั้งอาคารสำเร็จรูป ตามชนิดและรูปแบบของแต่ละอาคาร

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง</u>

การดำเนินการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป (ติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป) อุปกรณ์ที่จะใช้ในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. ชุดเครื่องมือสำรวจ ได้แก่ กล้องแนวและกล้องระดับ ไม้สต๊าฟ เป็นต้น เพื่อใช้ในการวางแนวและระดับของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2. แผ่นปรับระดับ(Shim Plate) เป็นแผ่นวัสดุใช้สำหรับหนุนปรับระดับชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3. สายสลิง ขอเกี่ยว (Hook) และคานกระจายน้ำหนัก (Spreader Bar) เป็นส่วนเชื่อมต่อในการยก ระหว่างเครื่องจักรกลที่ใช้ยก(ส่วนขอเกี่ยว) กับชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4. เครื่องจักรกลที่ใช้ในยก ได้แก่ รถเครน หรือทาวเวอร์เครน

5. อุปกรณ์ยก (Lifting Hardware) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปตั้งแต่ขบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นจุดสำหรับยกจากแบบหล่อและยกติดตั้ง

6. อุปกรณ์ค้ำยัน เป็นอุปกรณ์ยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ในตำแหน่งชั่วคราวก่อนประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ ของส่วนโครงสร้างอย่างถาวร

การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการยกในโรงงานหรือการยกติดตั้ง เพราะถ้าการยกในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม คือการยกในขณะที่คอนกรีตยังไม่มีความแข็งแรงตามที่กำหนด ก็จะทำให้ชิ้นส่วนเสียหายได้ และการออกแบบจุดยกและวิธีการยก ถ้าไม่มีการออกแบบที่ถูกต้องแล้วจะทำให้ชิ้นส่วนเสียหายได้เช่นกัน

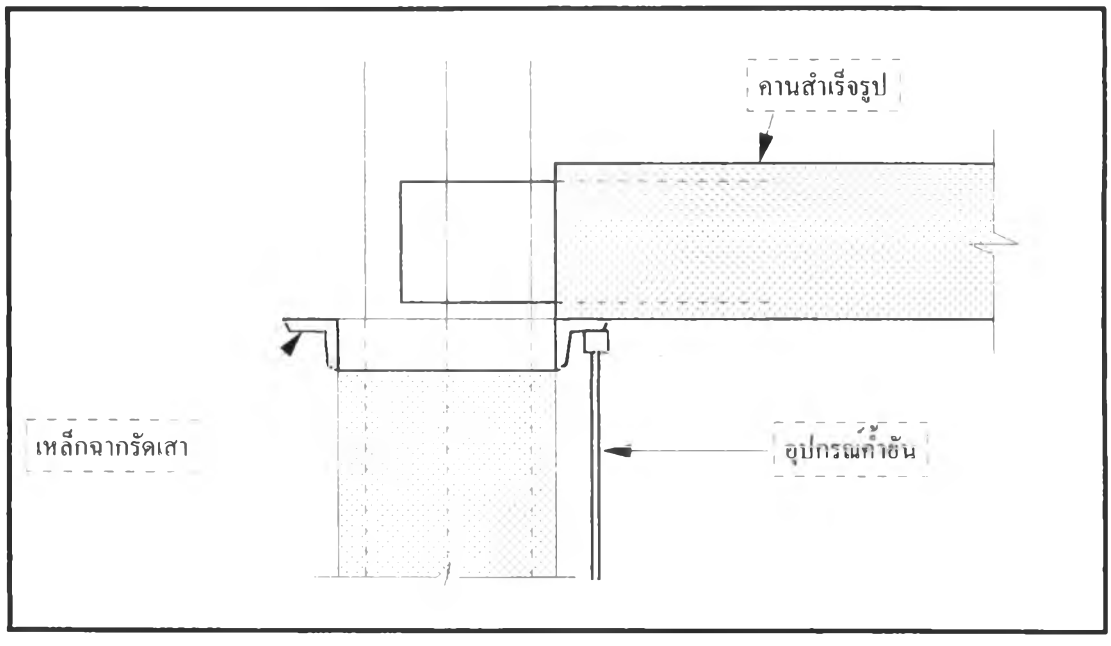
ตารางที่ 3.3 แสดงเครื่องจักรกลที่ใช้ในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง

โครงการ	ก	ข	ค	ง
ทาวเวอร์เครน	-	-	-	ใช้
รถโมบายเครน ขนาด 25 ตัน	ใช้	-	-	-
รถโมบายเครน ขนาด 35 ตัน	ใช้	ใช้	ใช้	-
รถโมบายเครน ขนาด 45 ตัน	-	-	-	ใช้

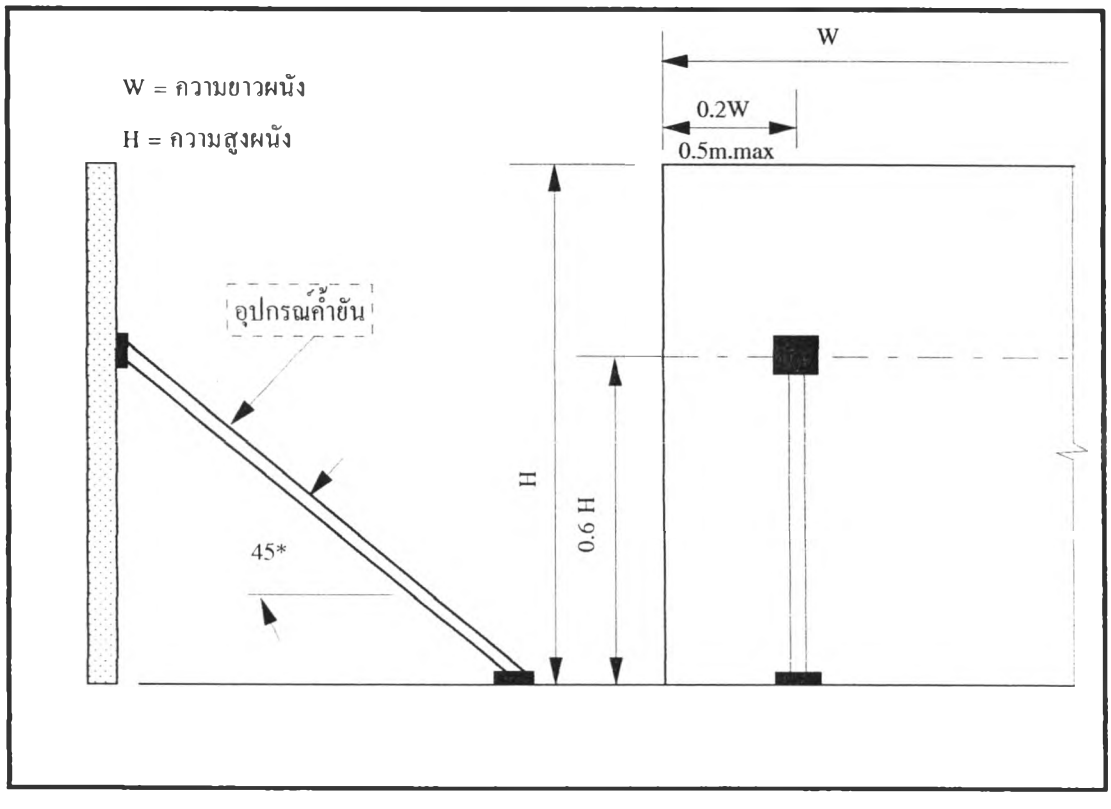
การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ที่ตำแหน่งในลักษณะของการใช้งานเอาไว้ชั่วคราว หลังจากการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง ก่อนทำการประกอบจุดรอยต่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรงตามกำหนดที่ออกแบบและใช้งาน

สำหรับจำนวนอุปกรณ์ค้ำยัน ถ้าเป็นผนังอิสระหรือไม่ยึดติดกับผนังอื่น (ติดตั้งเป็นผนังแรก) จะใช้อย่างน้อยจำนวน 2 ชุดต่อผนัง แต่ถ้าหลังจากติดตั้งแล้วมีผนังอื่นมาเชื่อมต่อซึ่งเปรียบเสมือนเป็นค้ำยัน ก็อาจจะลดค้ำยันบางส่วนลงได้ตามความเหมาะสม สำหรับคานสำเร็จรูปจะใช้ค้ำยันเป็นจำนวน 2 จุดต่อคาน และหลังจากประกอบจุดรอยต่อและใช้งานได้แล้วก็จะถอดค้ำยันออก ลักษณะการค้ำยันชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างที่เป็นแผ่นผนัง และคาน จากการศึกษาทั้ง 4 โครงการ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และ 3.16



รูปที่ 3.15 การติดตั้งคานสำเร็จรูปและการใช้ค้ำยันชั่วคราว



รูปที่ 3.16 การติดตั้งผนังสำเร็จรูปและการใช้ค้ำยันชั่วคราว

จำนวนคนงานที่ใช้ในการติดตั้ง

จำนวนคนงานที่ใช้ในการติดตั้ง จะต้องจัดให้เหมาะสมเพื่อให้การทำงานดำเนินไปได้ด้วยดีและคนงานไม่ทำงานหนักเกินไป เพราะการทำงานในระบบงานก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปเป็นการทำงานซ้ำๆ จากการศึกษาพบว่า จำนวนคนงานที่เหมาะสม ในทีมงานติดตั้งใช้ประมาณ 9-11 คนต่อทีมงาน ได้แก่ คนขับรถยก คนจัดอุปกรณ์ยก ส่งสัญญาณมือ และคนติดตั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนคนงานที่ใช้ในการติดตั้ง

โครงการ	ก	ข	ค	ง
คนขับรถหรือทาวเวอร์เครน	1	1	1	1
คนจัดอุปกรณ์ยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป	1	1	1	1
ส่งสัญญาณ	1	1	1	1
คนงานติดตั้ง	6	7	6	8
รวมคนงานติดตั้ง/ทีม	9	10	9	11
จำนวนทีมงานติดตั้ง/อาคาร	1	1	1	2

ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อประกอบชิ้นส่วนให้เป็นโครงสร้างของอาคาร ทั้ง 4 โครงการ มีรายละเอียดดังนี้

1. โครงการ ก

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโครงการ ก เริ่มจากการทำงานเสาเข็ม งานคานคอดิน(ใช้แทนฐานราก) และงานพื้นชั้นที่ 1 ซึ่งงานคานคอดินและพื้นชั้นที่ 1 เป็นงานเทคอนกรีตในที่ หลังจากนั้นเริ่มติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป ชั้นที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.17(1) เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ ดำเนินการเชื่อมชั่วคราวที่จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังและเกร๊าท์ใต้แผ่นผนังสำเร็จรูป

2. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป ชั้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.17(2) เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นพื้นจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เทคอนกรีตประสานแผ่นพื้นที่ 2 และ 3 เกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นที่วางบนแผ่นผนังชั้นที่ 1 และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อแผ่นพื้นสำเร็จรูป

3. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป ชั้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.17(3) เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ ดำเนินการเชื่อมชั่วคราวที่จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังและเกร๊าท์ใต้แผ่นผนังสำเร็จรูป

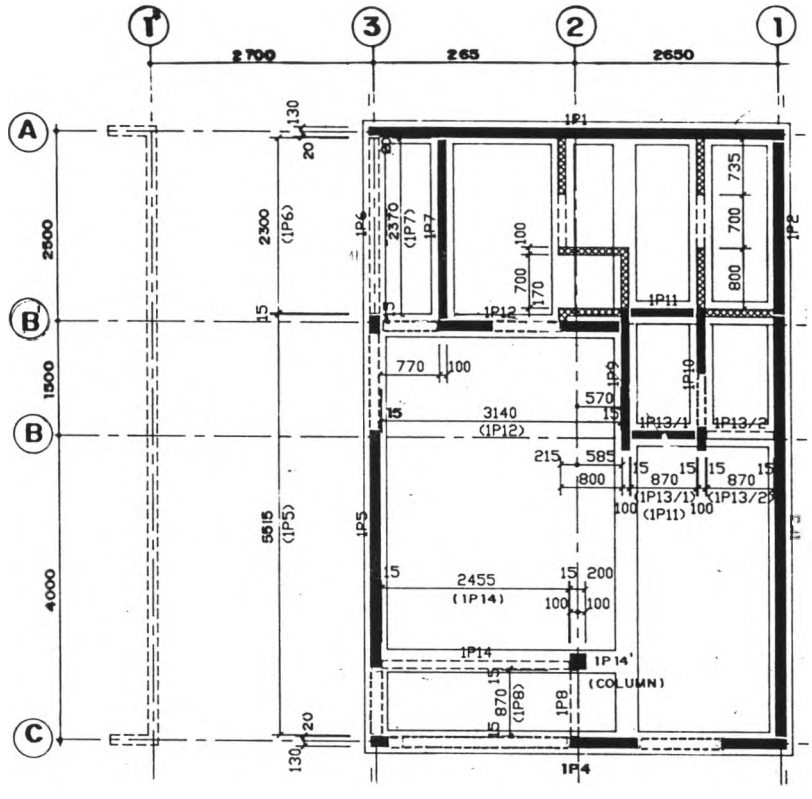
4. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป ชั้นที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.17(4) เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นพื้นจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เทคอนกรีตประสานแผ่นพื้นที่ 2 และ 3 เกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นที่วางบนแผ่นผนังชั้นที่ 2 และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อแผ่นพื้นสำเร็จรูป

5. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป ชั้นที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.17(5) เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ ดำเนินการเชื่อมชั่วคราวที่จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังและเกร๊าท์ใต้แผ่นผนังสำเร็จรูป

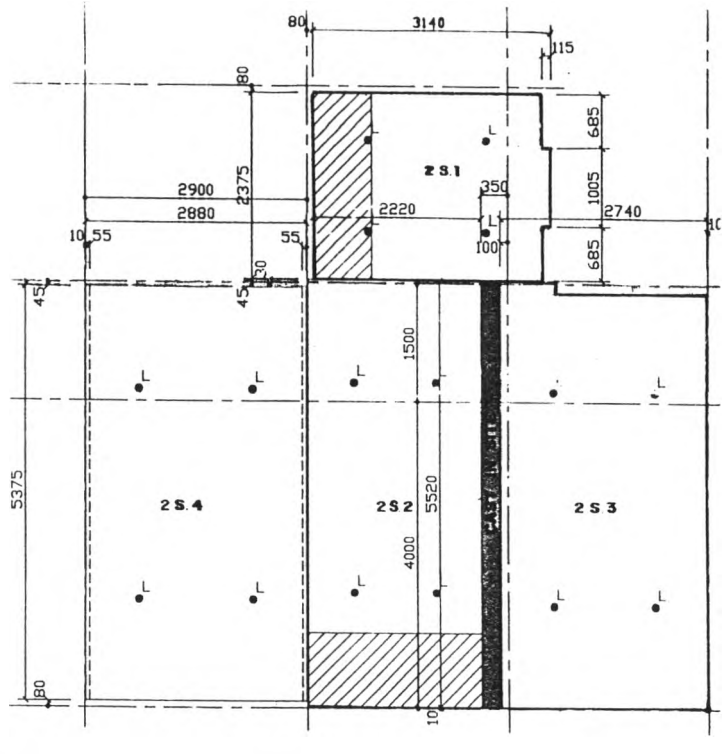
6. ดำเนินการเชื่อมแข็งถาวรจุดรอยต่อทุกจุด เกร๊าท์รอยต่อระหว่างแผ่นผนังในแนวตั้งและจุดรอยต่อที่ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว สำหรับการเกร๊าท์ปูนมอร์ต้าใต้แผ่นผนังและแผ่นพื้น จะใช้วิธีการที่เรียกว่า Dry Packed

7. แต่งผิวโครงสร้างและจุดรอยต่อให้เรียบร้อย ทำงานกันซึมและงานสถาปัตยกรรม

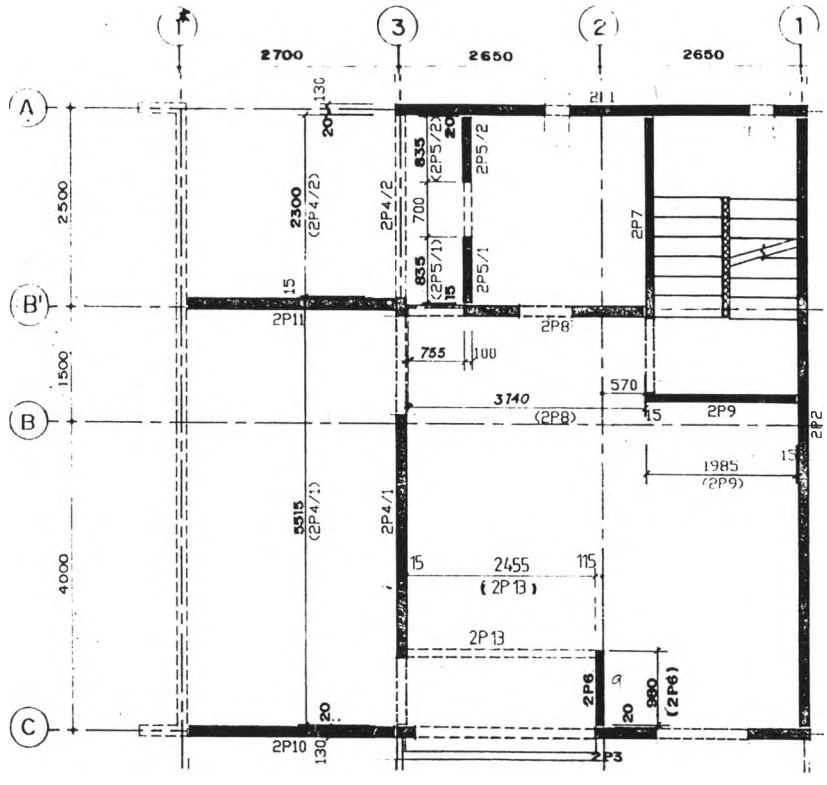
ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ก สรุปเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 3.18



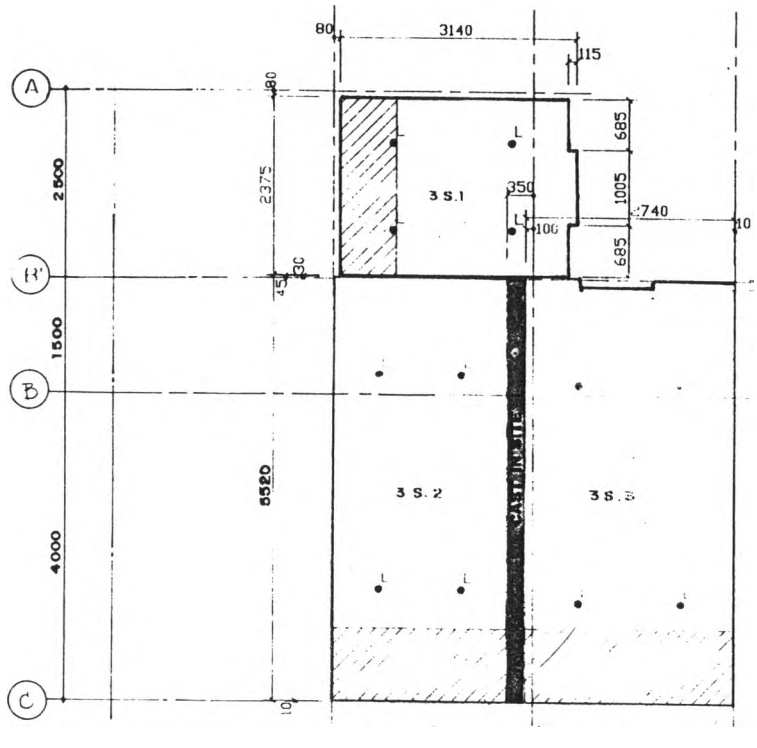
รูปที่ 3.17(1) แบบแปลนผนังสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 1 โครงการ ก



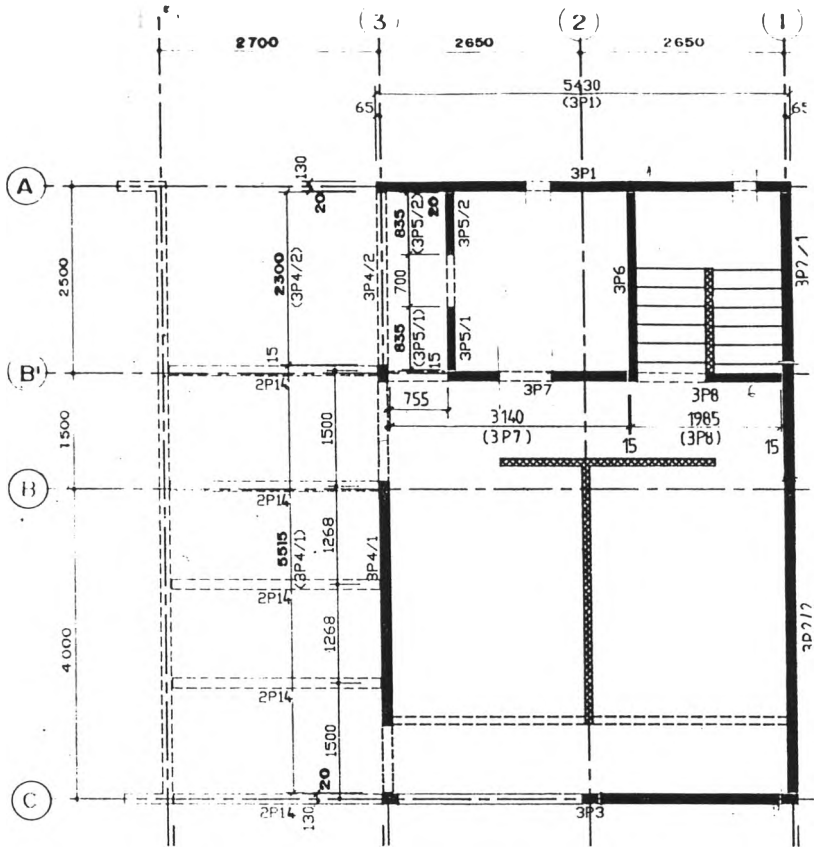
รูปที่ 3.17(2) แบบแปลนพื้นสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 2 โครงการ ก



รูปที่ 3.17(3) แบบแปลนผนังสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 2 โครงการ ก



รูปที่ 3.17(4) แบบแปลนพื้นสำเร็จรูป อาคารชั้นที่ 3 โครงการ ก



รูปที่ 3.17(5) แบบแปลนผนังสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 3 โครงการ ก

ลำดับการติดตั้งผนังชั้นที่ 1 คือ

1P1 1P2 1P3 1P7 1P12 1P9 1P11 1P13/1 1P10 1P13/2 1P5 1P6 1P14 1P14 1P8

ลำดับการติดตั้งพื้นชั้นที่ 2 คือ

2S1 2S2 2S3 2S4

ลำดับการติดตั้งผนังชั้นที่ 2 คือ

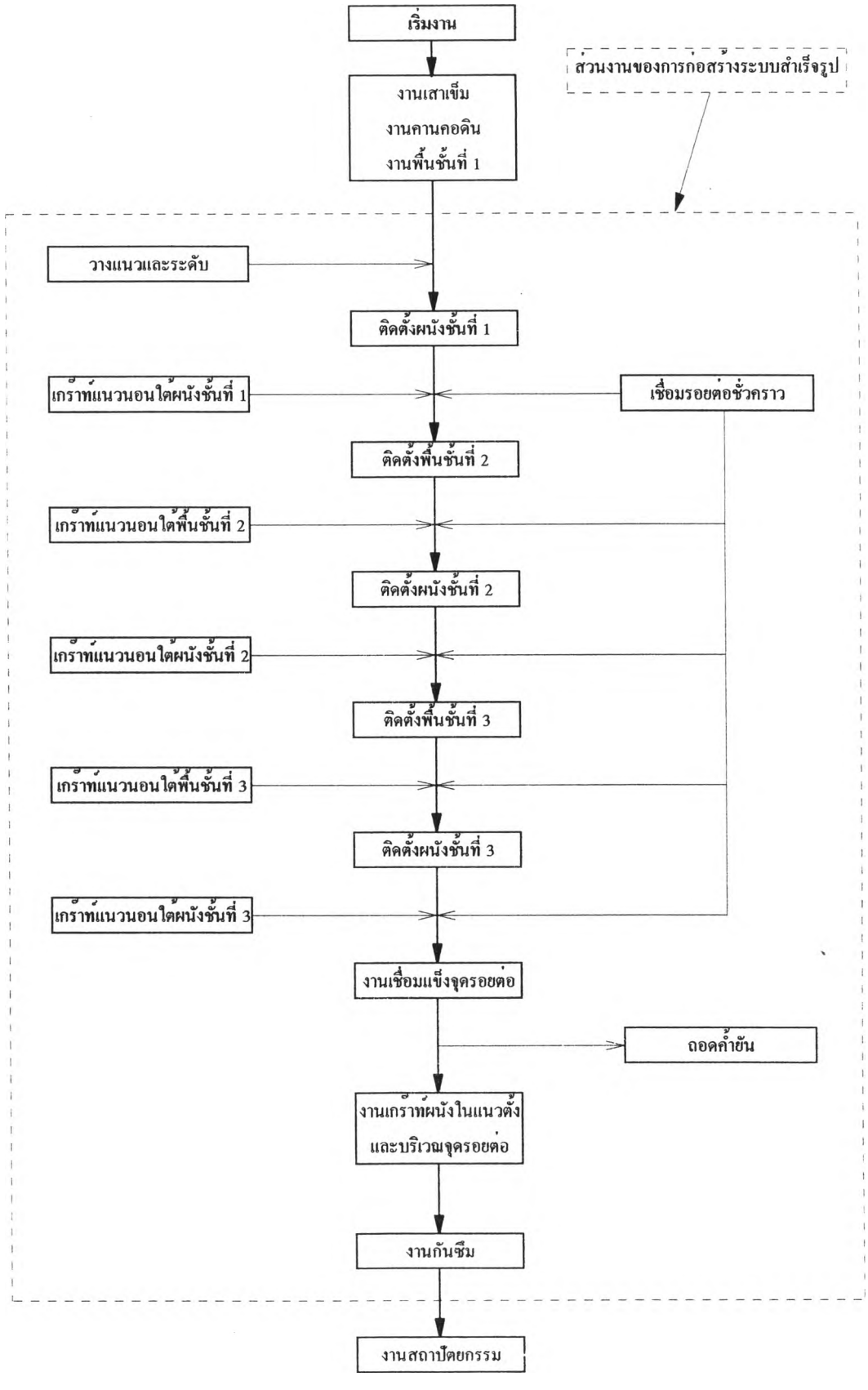
2P1 2P2 2P7 2P5/1 2P5/2 2P8 2P9 2P4/1 2P4/2 2P6 2P13 2P3 2P11 2P10 2P14

ลำดับการติดตั้งพื้นชั้นที่ 3 คือ

3S1 3S2 3S3

ลำดับการติดตั้งผนังชั้นที่ 3 คือ

3P1 3P2/1 3P2/2 3P6 3P5/1 3P5/2 3P7 3P8 3P4/1 3P4/2 3P3



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อ โครงการ ก

2. โครงการ ข

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโครงการ ข ดังแสดงในรูปที่ 3.19(1)และ3.19(2) เริ่มจากการทำงานเสาเข็ม งานคานคอดิน(ใช้แทนฐานราก) ซึ่งเป็นงานเทคอนกรีตในที่ ก่อนดำเนินการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องให้ช่างสำรวจ กำหนดตำแหน่ง วางแนวและระดับ หลังจากนั้นเริ่มติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยที่การติดตั้งมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป FP1 FP3 FP5 FP12 FP4 FP7 เรียงตามลำดับ ดำเนินการเกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นสำเร็จรูป

2. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป P1 P2 P10 P23 P18 P20 P17 P9 เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เกร๊าท์ใต้แผ่นผนังและจุดรอยต่อโคเวล และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป

3. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป FP2 ดำเนินการเกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นสำเร็จรูป

4. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป P19/1 P7 P8 เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เกร๊าท์ใต้แผ่นผนังและจุดรอยต่อโคเวล และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป

5. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป FP8 FP9 เรียงตามลำดับ ดำเนินการเกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นสำเร็จรูป

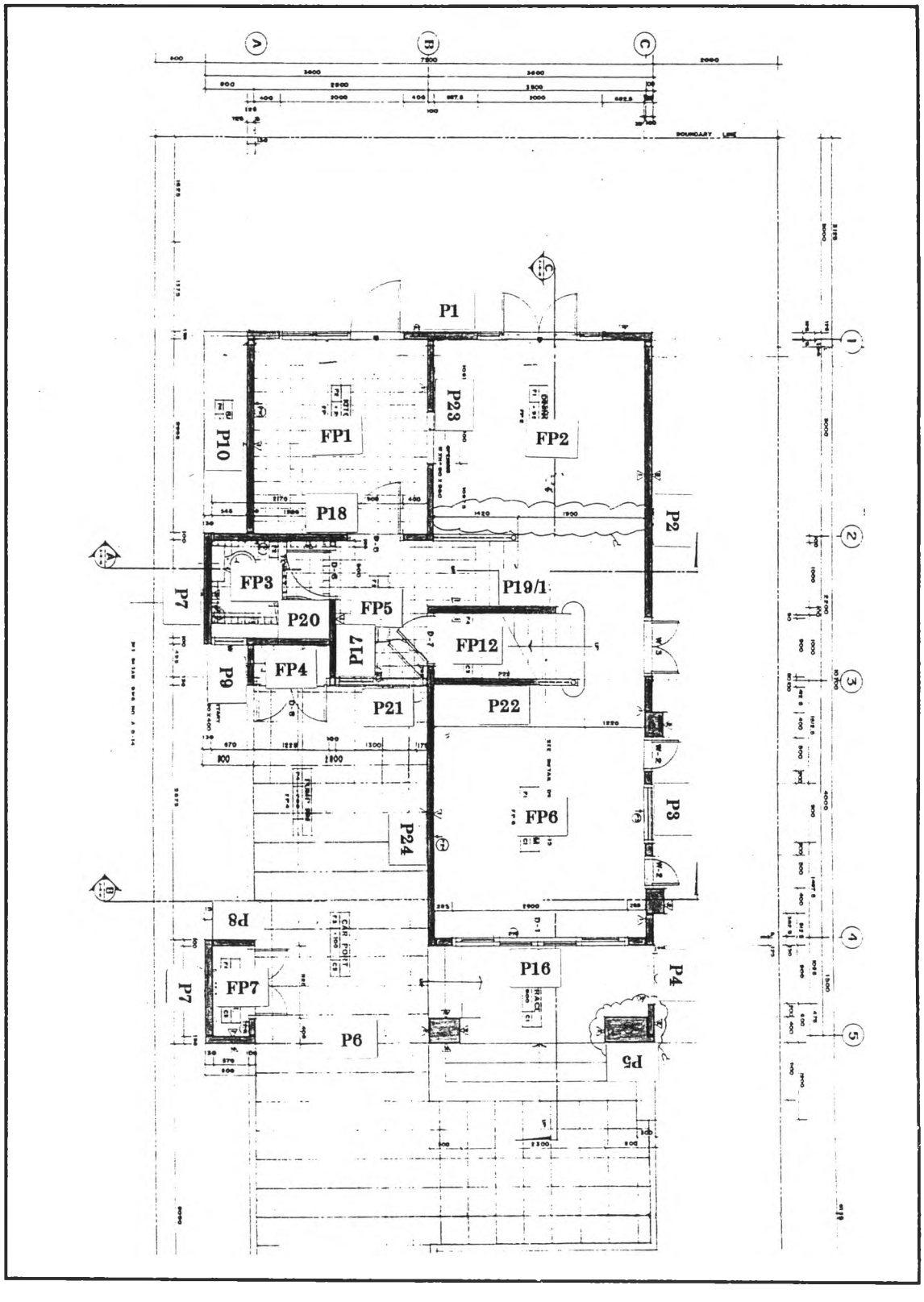
6. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป P11 P12 P30 P21 เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เกร๊าท์ใต้แผ่นผนังและจุดรอยต่อโคเวล และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป

7. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป FP10 ดำเนินการเกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นสำเร็จรูป

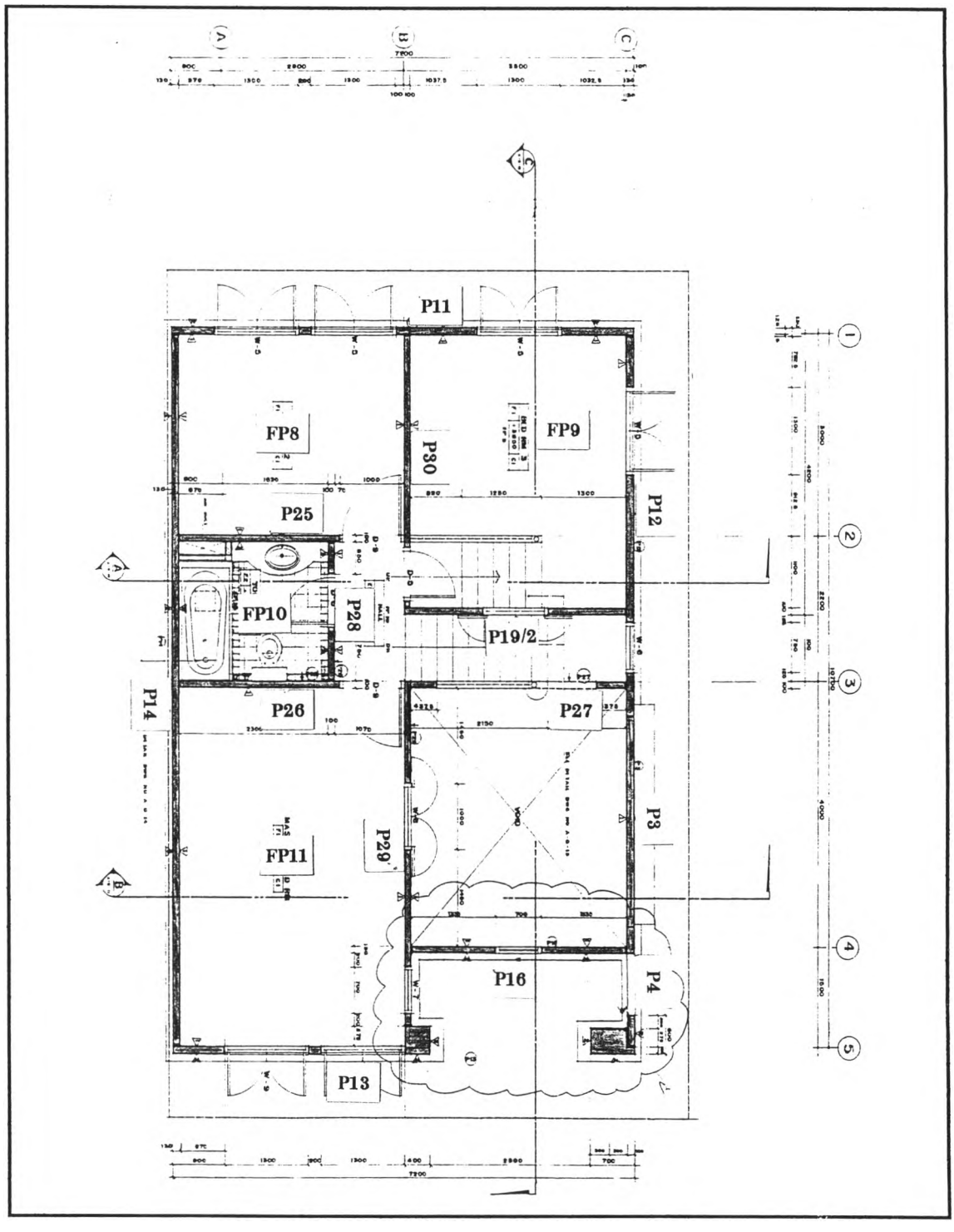
8. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป P24 P22 P3 P4 เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เกร๊าท์ใต้แผ่นผนังและจุดรอยต่อโคเวล และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป

9. ติดตั้งแผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป FP6 FP11 เรียงตามลำดับ ดำเนินการเกร๊าท์ใต้แผ่นพื้นสำเร็จรูป

10. ติดตั้งแผ่นผนัง คสล. สำเร็จรูป P25 P28 P26 P14 P19/2 P29 P27 P16 P5 P6 P13 เรียงตามลำดับ โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ เกร๊าท์ใต้แผ่นผนังและ จุดรอยต่อโคเวล และเชื่อมชั่วคราวจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูป



รูปที่ 3.19(1) แบบแปลนผนังและพื้นสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 1 โครงการ ข

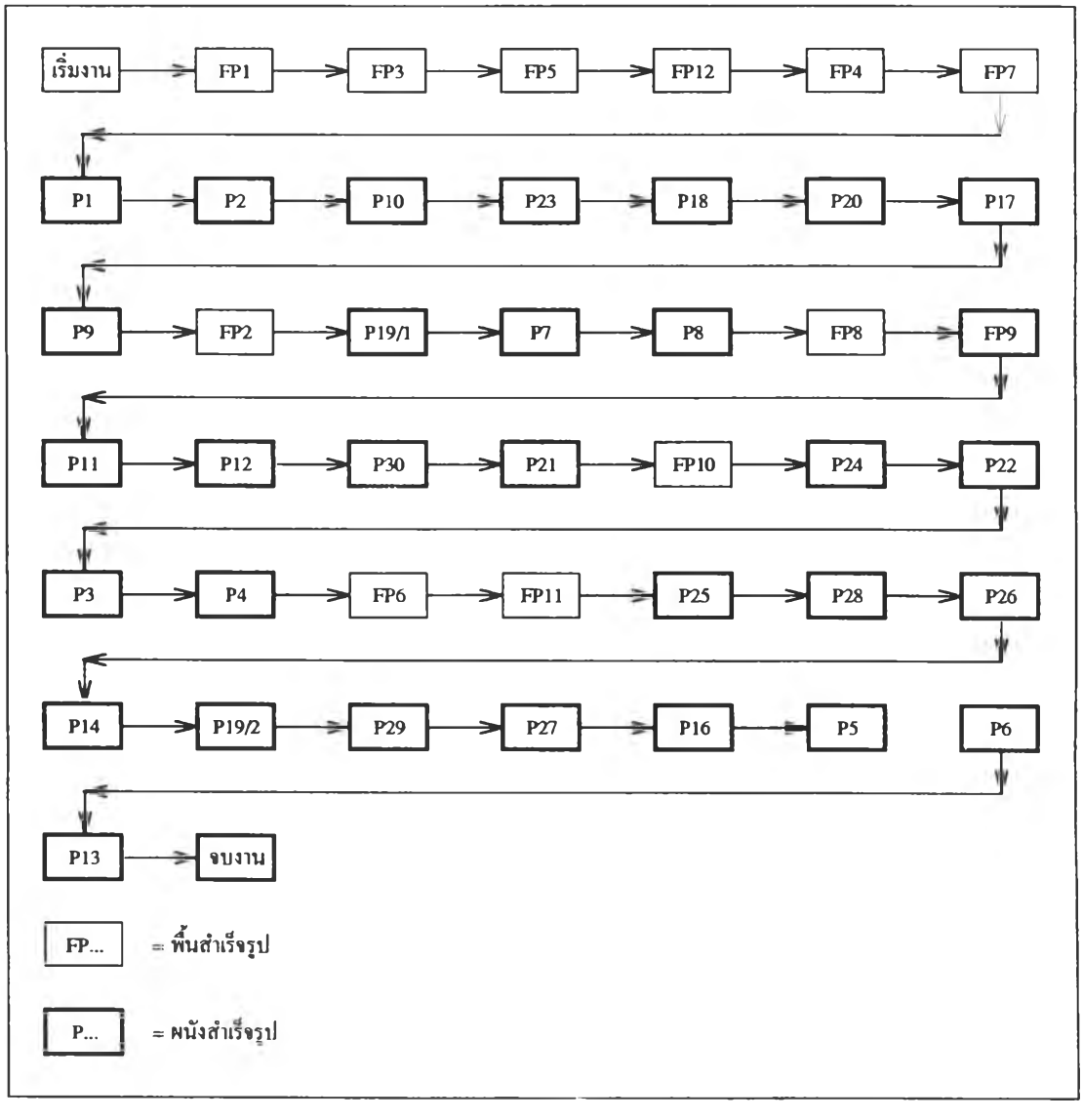


รูปที่ 3.19(2) แบบแปลนผนังและพื้นสำเร็จรูปอาคารชั้นที่ 2 โครงการ ข

11. ดำเนินการเชื่อมแข็งถาวรจุดรอยต่อทุกจุด เกร๊าท์รอยต่อระหว่างแผ่นผนังในแนวตั้งและจุดรอยต่อที่ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว

12. แต่งผิวโครงสร้างและจุดรอยต่อให้เรียบร้อย ทำงานกันซึมและงานสถาปัตยกรรม

ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ข สรุปเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ลำดับการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ข

3. โครงการ ค

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโครงการ ค เริ่มจากการทำงานเสาเข็ม งานฐานราก ซึ่งงานฐานรากเป็นงานเทคอนกรีตในที่ หลังจากนั้นเริ่มติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งคานคอดิน(คานชั้นที่ 1) ทั้งหมด คานในชั้นนี้จะว่างอยู่บนฐานราก หลังจากนั้นก็ดำเนินการประกอบจุดรอยต่อของคานให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.21(1)

2. หล่อเสาโครงสร้างส่วนของโรงงานถึงชั้นที่ 2 ส่วนเสาโครงสร้างสำนักงานถึงชั้นลอย และติดตั้งคานชั้นลอย ประกอบจุดรอยต่อคานชั้นลอย และหล่อเสาโครงสร้างชั้นลอยถึงชั้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.21(2)

3. ติดตั้งผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในส่วนของโรงงาน ถึงระดับใต้ท้องคานชั้นที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.21(3)

4. ติดตั้งคานสำเร็จรูปชั้นที่ 2 ในส่วนสำนักงานและส่วนโรงงาน และดำเนินการประกอบจุดรอยต่อของคานให้เรียบร้อย ดังแสดงรูปที่ 3.21(4)

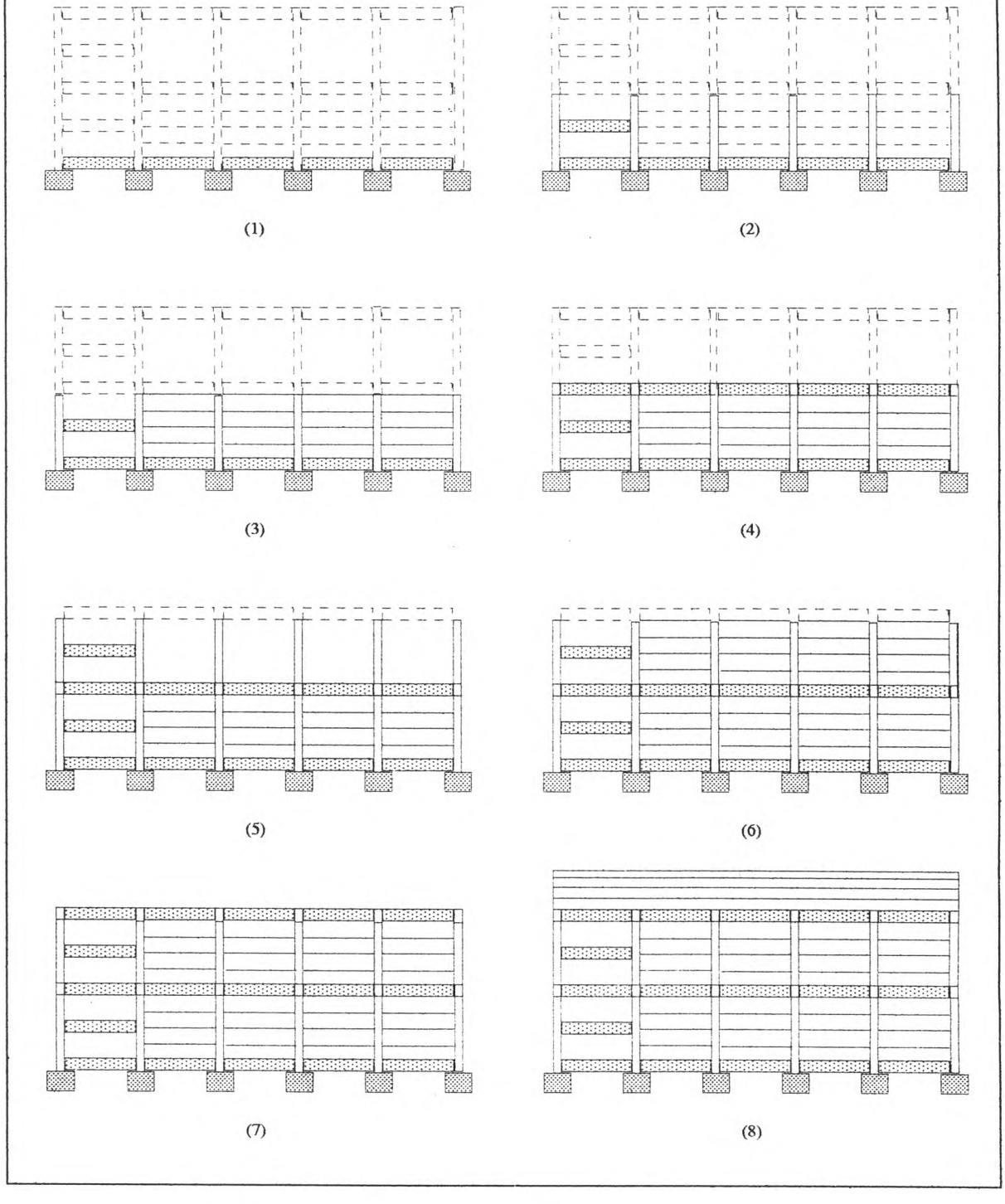
5. หล่อเสาโครงสร้างส่วนของโรงงานถึงชั้นหลังคา ส่วนเสาโครงสร้างสำนักงานถึงชั้นที่ 3 และติดตั้งคานชั้นที่ 3 ประกอบจุดรอยต่อคานชั้นที่ 3 และหล่อเสาโครงสร้างส่วนสำนักงานชั้นที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.21(5)

6. ติดตั้งผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในส่วนของโรงงาน ถึงระดับใต้ท้องคานชั้นหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 3.21(6)

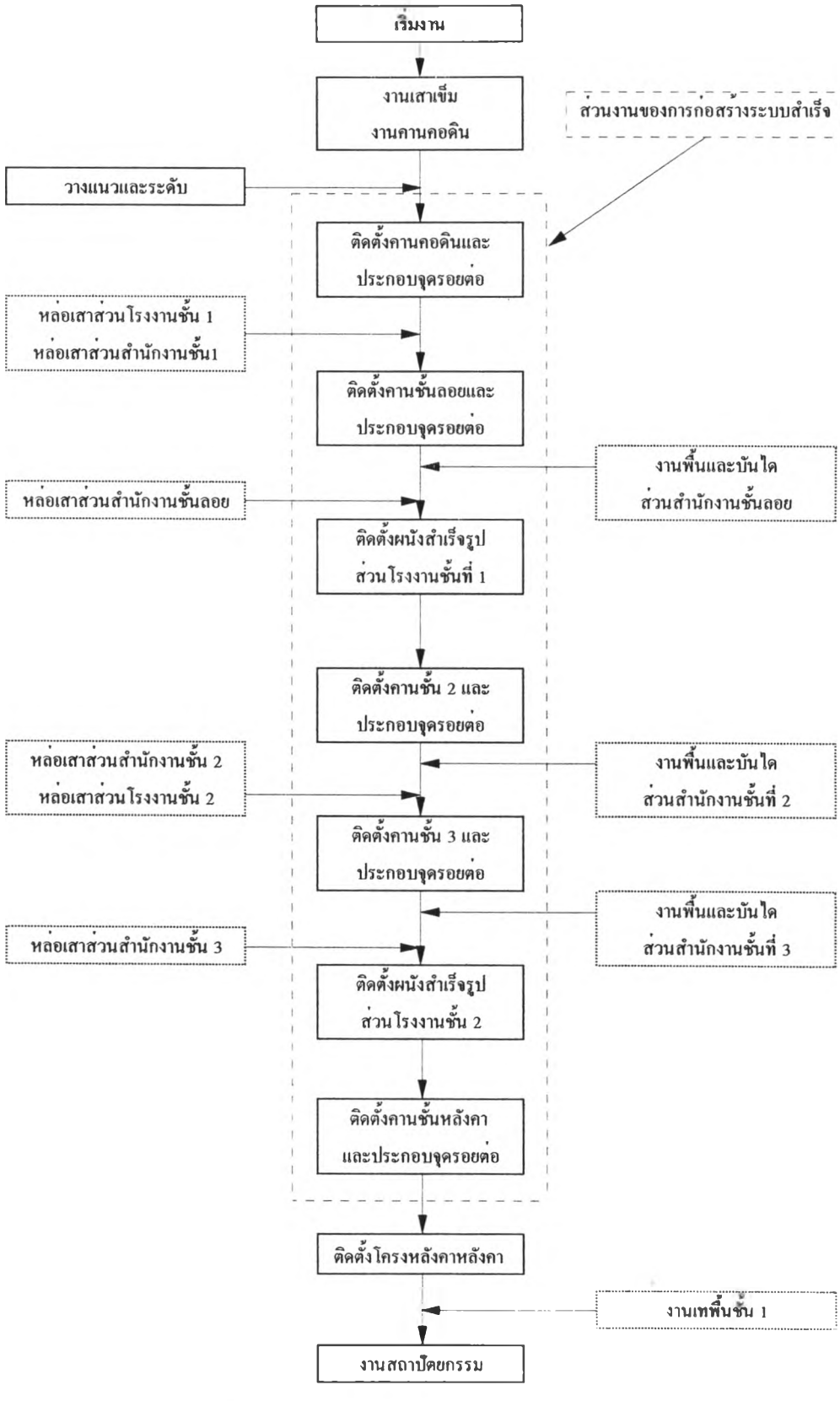
7. ติดตั้งคานสำเร็จรูปชั้นหลังคา ในส่วนสำนักงานและส่วนโรงงาน และดำเนินการประกอบจุดรอยต่อของคานให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.21(7)

8. ติดตั้งโครงหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 3.21(8)

ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ค สรุปเป็นแผนผัง ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป โครงการ ค



รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อ โครงการ ค

4. โครงการ ง

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโครงการ ง เริ่มจากการทำงานเสาเข็ม งานฐานรากและงานคานคอดิน ซึ่งงานฐานรากและงานคานคอดิน เป็นงานเทคอนกรีตในที่ หลังจากนั้นเริ่มติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งแผ่นพื้นชั้นที่ 1 ตามลำดับที่วางแผนไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.26(1) และ 3.26(3)

2. ติดตั้งแผ่นผนังสำเร็จรูปชั้นที่ 1 ของแต่ละห้องตามลำดับจนแล้วเสร็จ รวมทั้งติดตั้งบันไดของแต่ละชั้นด้วย โดยในแต่ละแผ่นผนังจะใช้การค้ำยันชั่วคราวไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.26(2) และ 3.26(4)

3. ประกอบจุดรอยต่อโครงสร้างโดยการเชื่อมแข็ง และเกร๊าท์รอยต่อแผ่นผนังและแผ่นพื้น

4. เมื่อดำเนินการตามข้อ 1 2 และ 3 จะเป็นการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อแล้วเสร็จของงานชั้นที่ 1 เริ่มการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปชั้นต่อไป โดยเริ่มงานตามลำดับเช่นเดียวกับ ข้อ 1 2 และ 3 จนครบจำนวนชั้นของอาคารในแต่ละแบบอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 3.23 ถึง 3.25

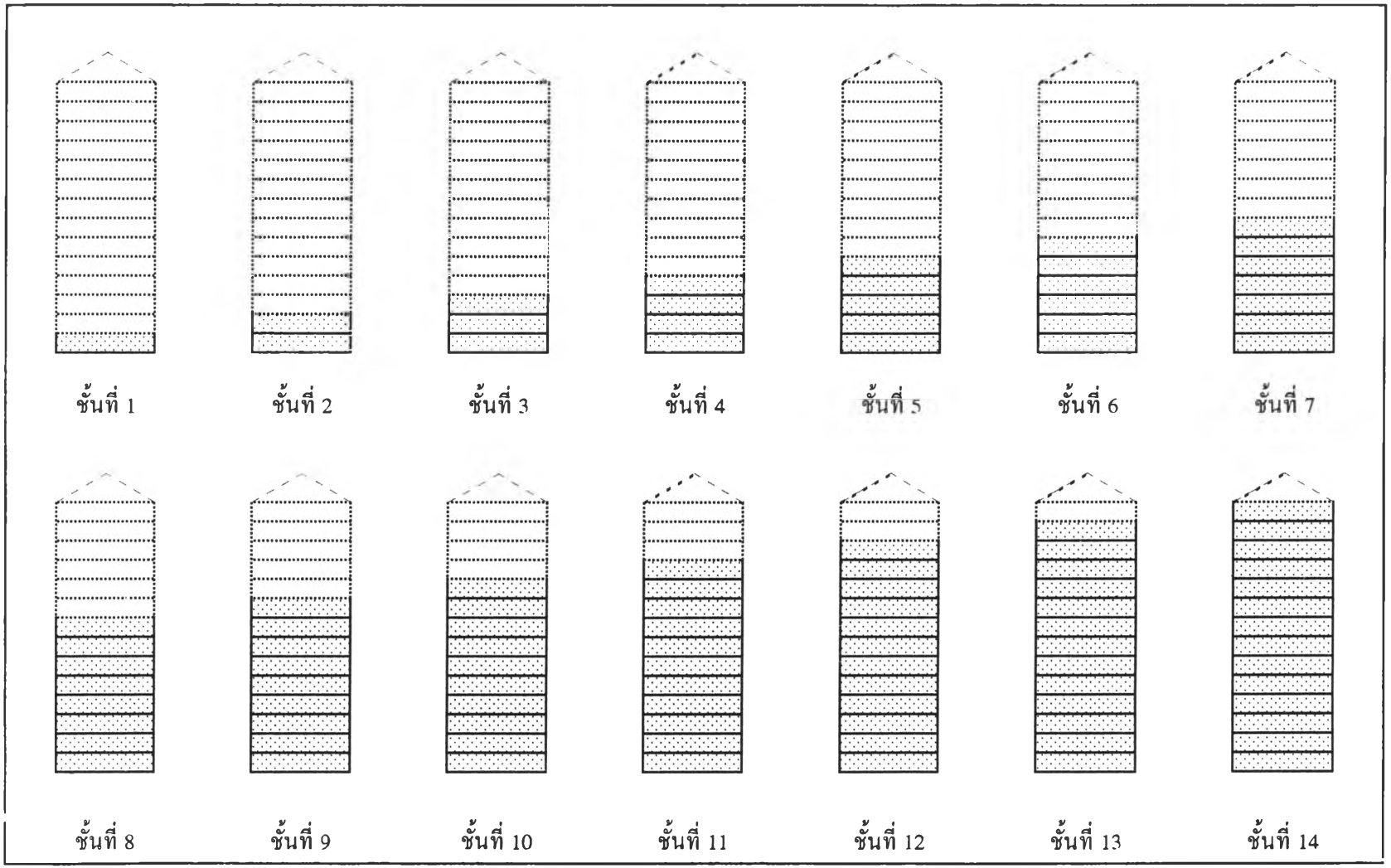
การติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อในแต่ละชั้นของอาคาร รวมระยะเวลาที่ใช้ประมาณ 6วัน ซึ่งระยะเวลาของการติดตั้งของอาคารแต่ละแบบของโครงการ ง แสดงตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อของโครงการ ง

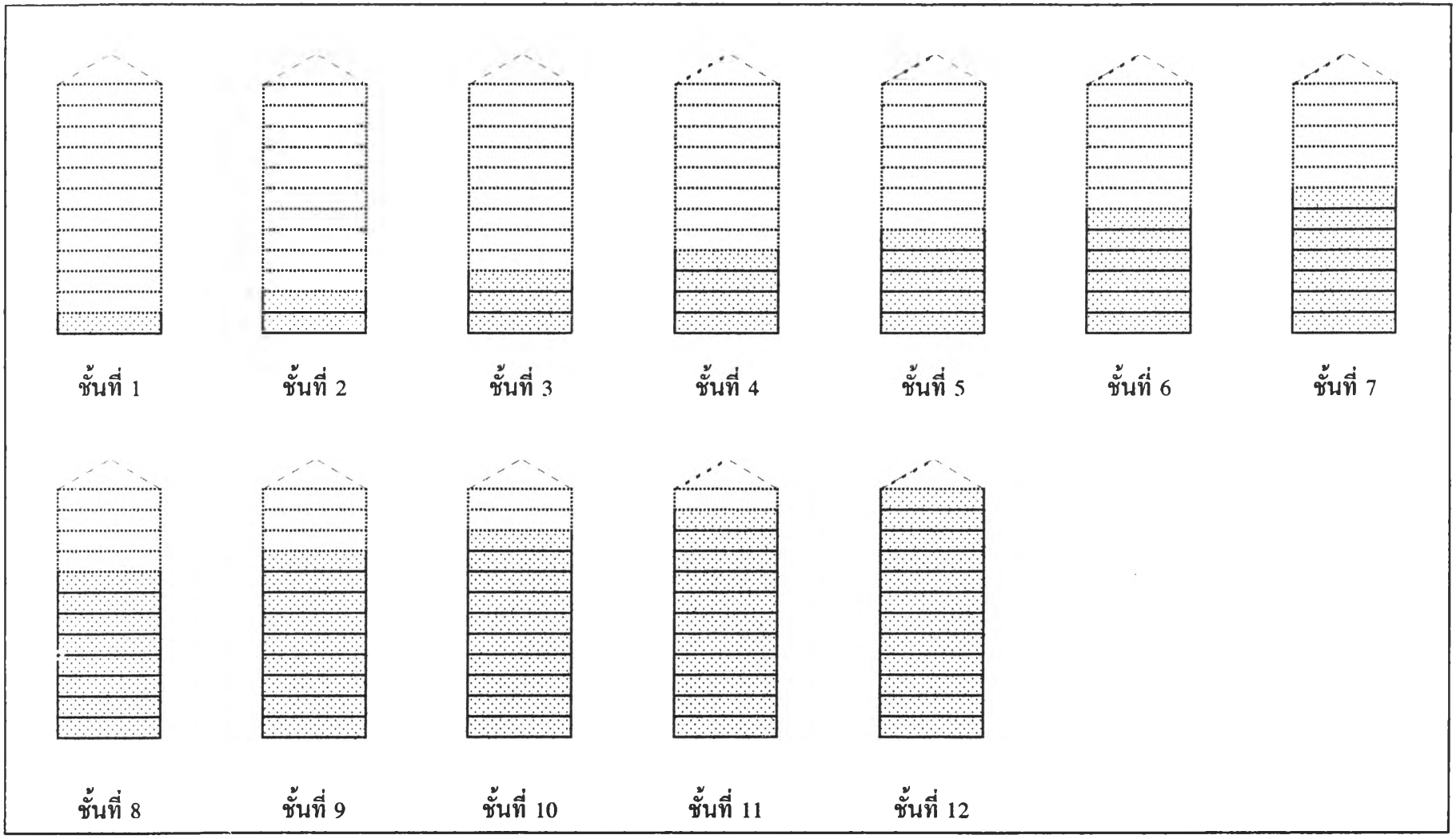
แบบอาคาร	จำนวนชั้น	ระยะเวลา (วัน)
แบบที่ 1	14	84
แบบที่ 2	12	72
แบบที่ 3, 4 และ 5	8	48

เนื่องจากโครงการ ง. เป็นตึกสูงที่มีขนาดใหญ่ การติดตั้งจะเริ่มจาก Grid line แรกและ Grid line สุดท้ายเข้าหาส่วนตรงกลางอาคาร(ชุดติดตั้ง 2 ทีม) จะดำเนินการที่ละห้องในแต่ละชั้นจนแล้วเสร็จทั้งชั้น รายละเอียดการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.26(1) 3.26(2) 3.26(3) และ 3.26(4)

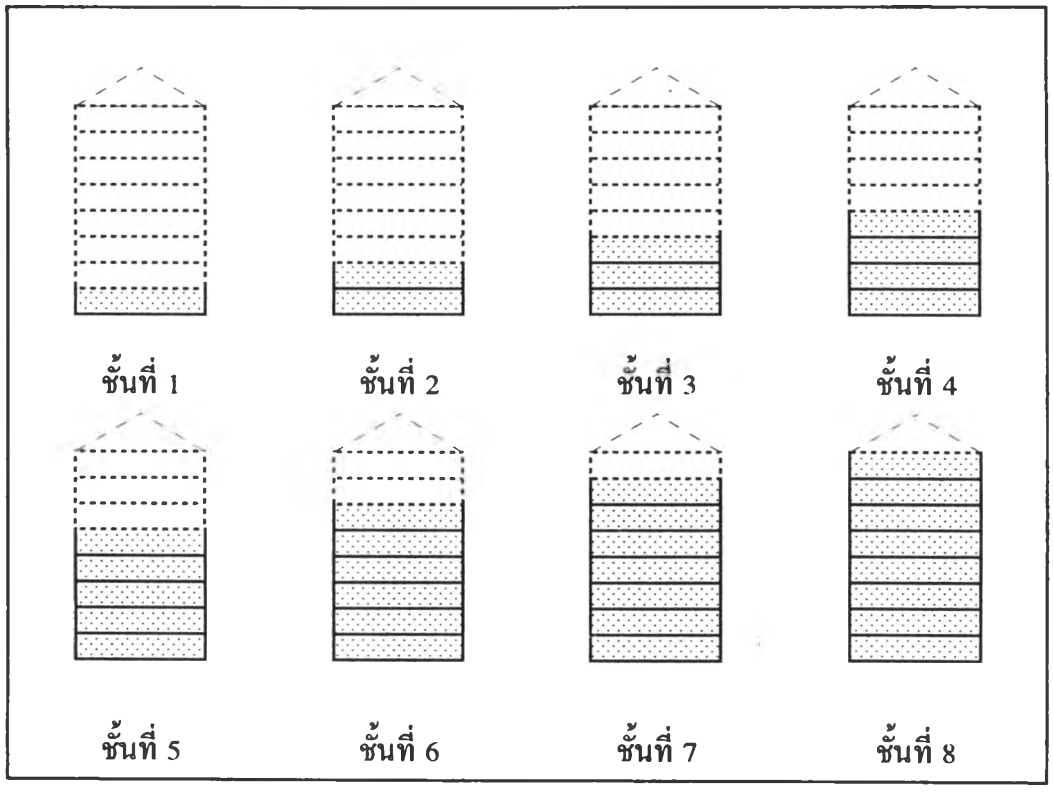
ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการ ง สรุปเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 3.27



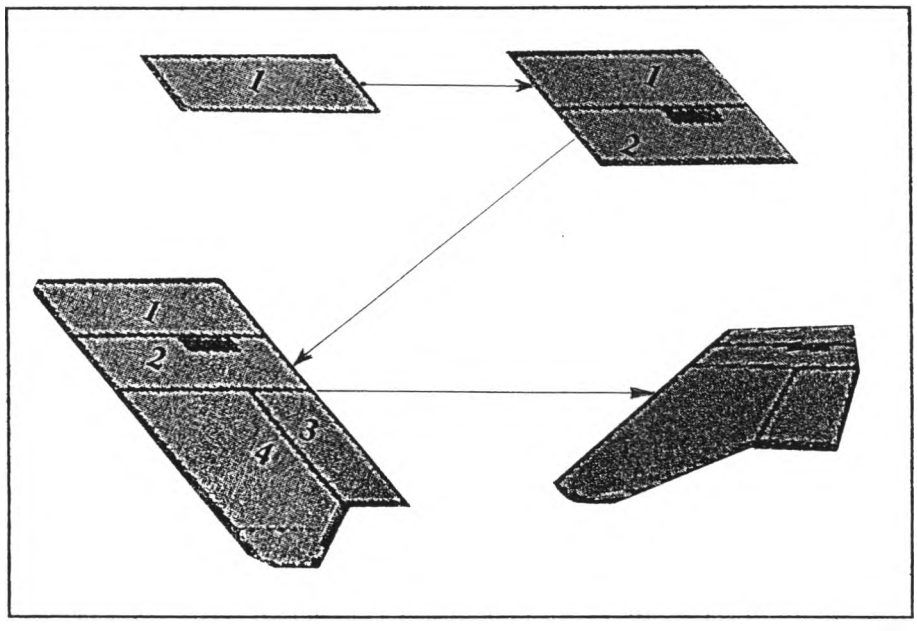
รูปที่ 3.23 ลำดับชั้นการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาคารแบบที่ 1 โครงการ ง



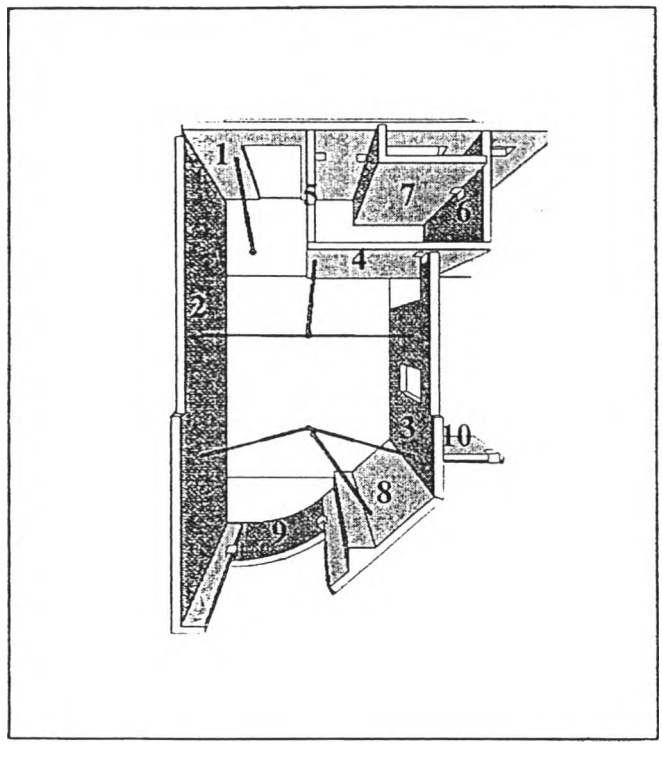
รูปที่ 3.24 ลำดับชั้นการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาคารแบบที่ 2 โครงการ ง



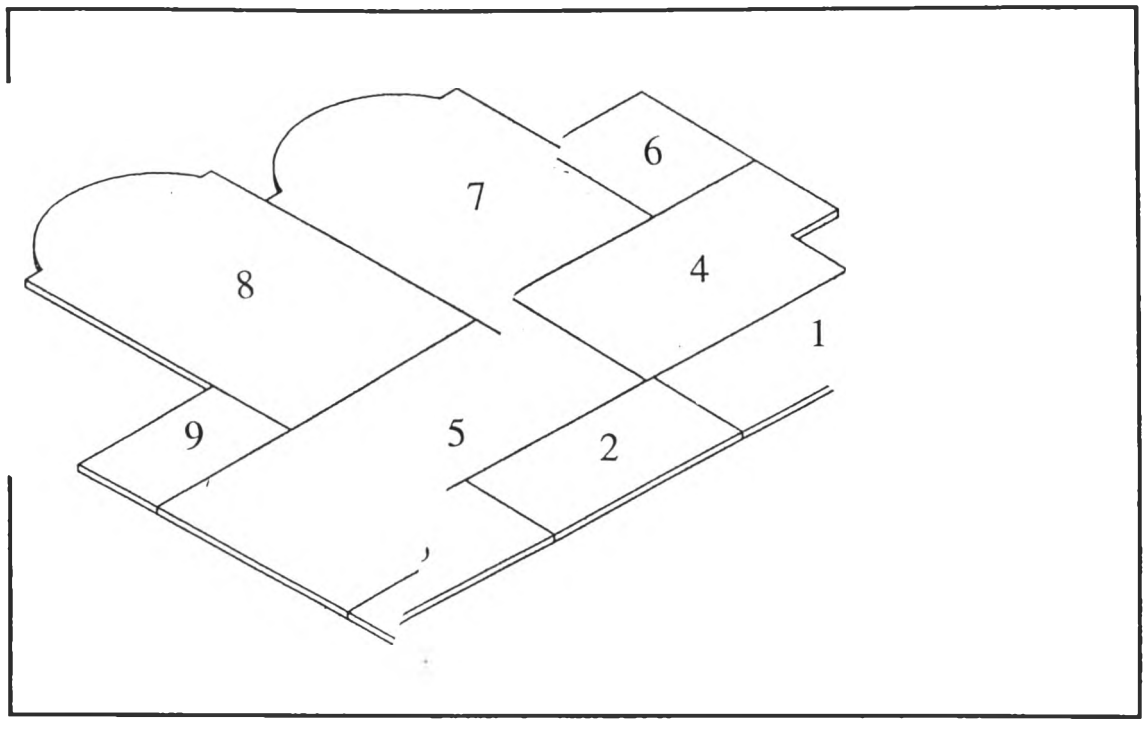
รูปที่ 3.25 ลำดับชั้นการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาคารแบบที่ 3, 4 และ 5 โครงการ ง



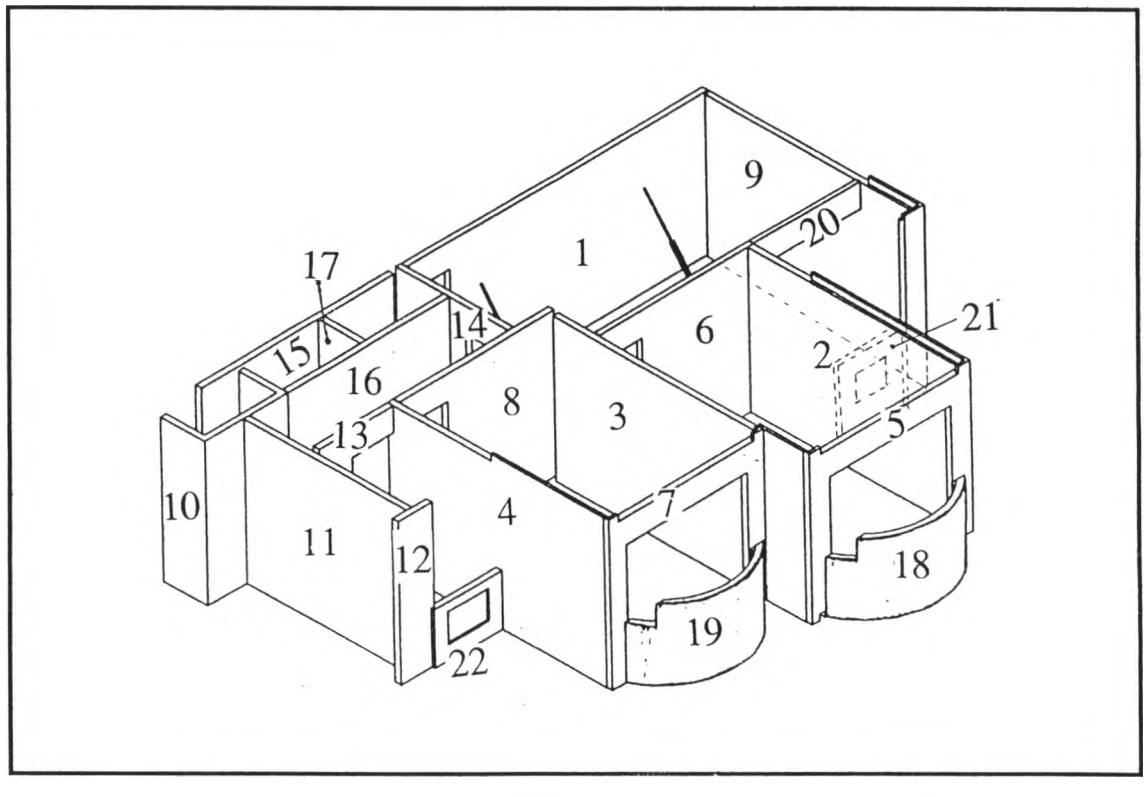
รูปที่ 3.26(1) ลำดับการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปอาคารแบบที่ 1 2 3 และ 4 (ห้องเดี่ยว)



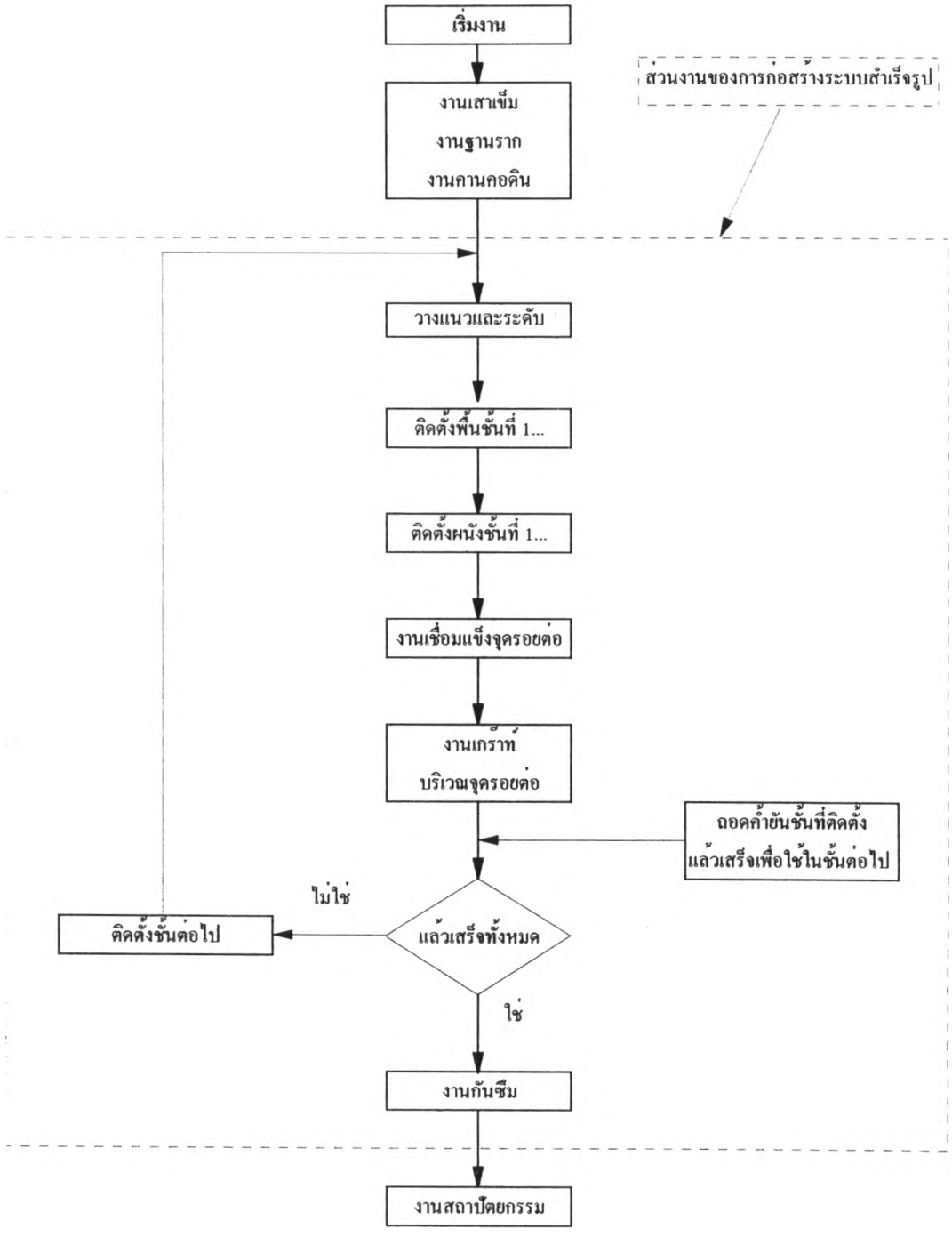
รูปที่ 3.26(2) ลำดับการติดตั้งแผ่นผนังสำเร็จรูปอาคารแบบที่ 1 2 3 และ 4 (ห้องเดี่ยว)



รูปที่ 3.26(3) ลำดับการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปอาคารแบบที่ 5 (ห้องคู่)



รูปที่ 3.26(4) ลำดับการติดตั้งแผ่นผนังสำเร็จรูปอาคารแบบที่ 5 (ห้องคู่)



รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อ โครงการ ง

3.2.3.2 ขั้นตอนการประกอบจุดรอยต่อ

เป็นขั้นตอนที่ดำเนินงานต่อจากการติดตั้ง จุดรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นสิ่งสำคัญของการทำงานในระบบนี้ หน้าที่สำคัญของจุดรอยต่อคือการถ่ายแรงระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปและให้ความมั่นคงแข็งแรงกับโครงสร้าง จุดรอยต่อที่ดีจะต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไปและต้องประหยัดต้นทุน ดังนั้นจุดรอยต่อจึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติหลายอย่างซึ่งประกอบไปด้วย ความมั่นคงแข็งแรง ความง่ายในการผลิตและติดตั้ง และความสะดวกในการบำรุงรักษา การเลือกจุดรอยต่อที่เหมาะสมกับโครงสร้างจะมีส่วนทำให้ต้นทุนของงานและระยะเวลาก่อสร้างลดลง ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะข้อดีและข้อเสียของจุดรอยต่อ จากการศึกษาทั้ง 4 โครงการ มีดังนี้

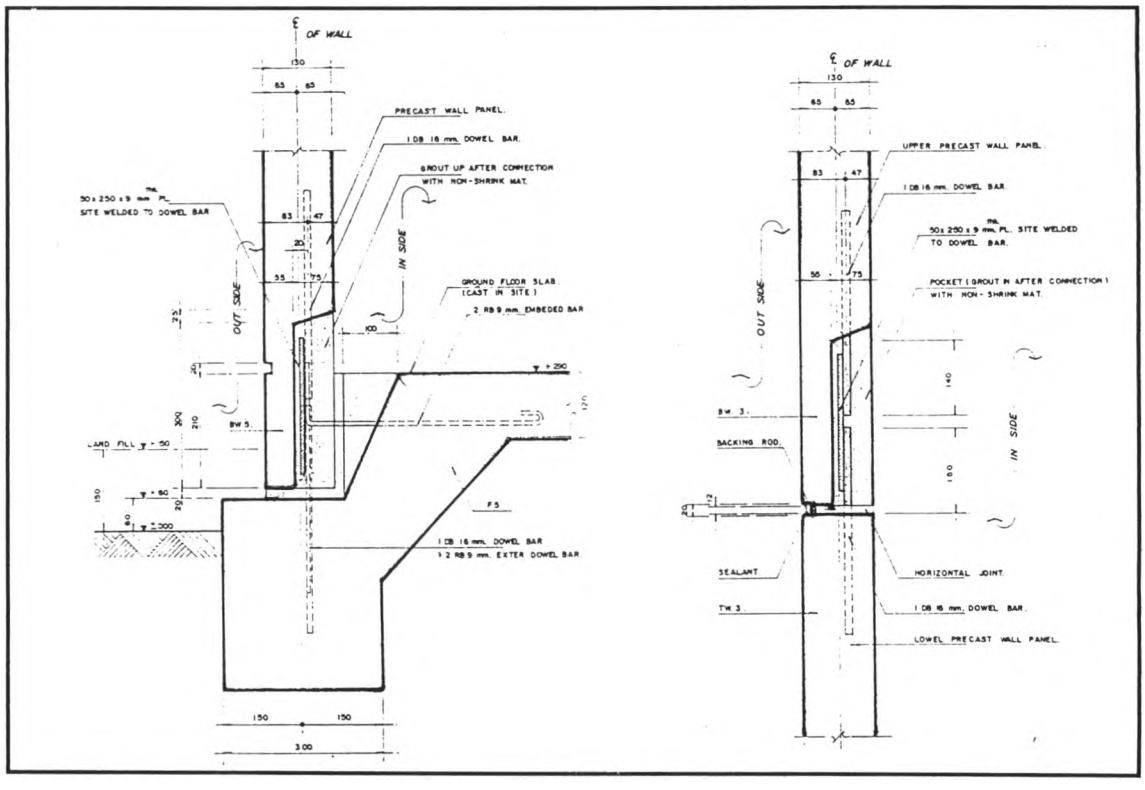
ตารางที่ 3.6 แสดงจำนวนคนงานที่ใช้ในการประกอบจุดรอยต่อ

โครงการ	ก	ข	ค	ง
ช่างเชื่อม	2	2	-	5
ช่างเกราท์ปูน	3	3	3	15
โม่ผสมปูน (ชุด)	1	1	1	1
รวมคนงานประกอบจุดรอยต่อ/ทีม	6	6	4	21
ทีมงานประกอบจุดรอยต่อ/อาคาร	1	1	1	2

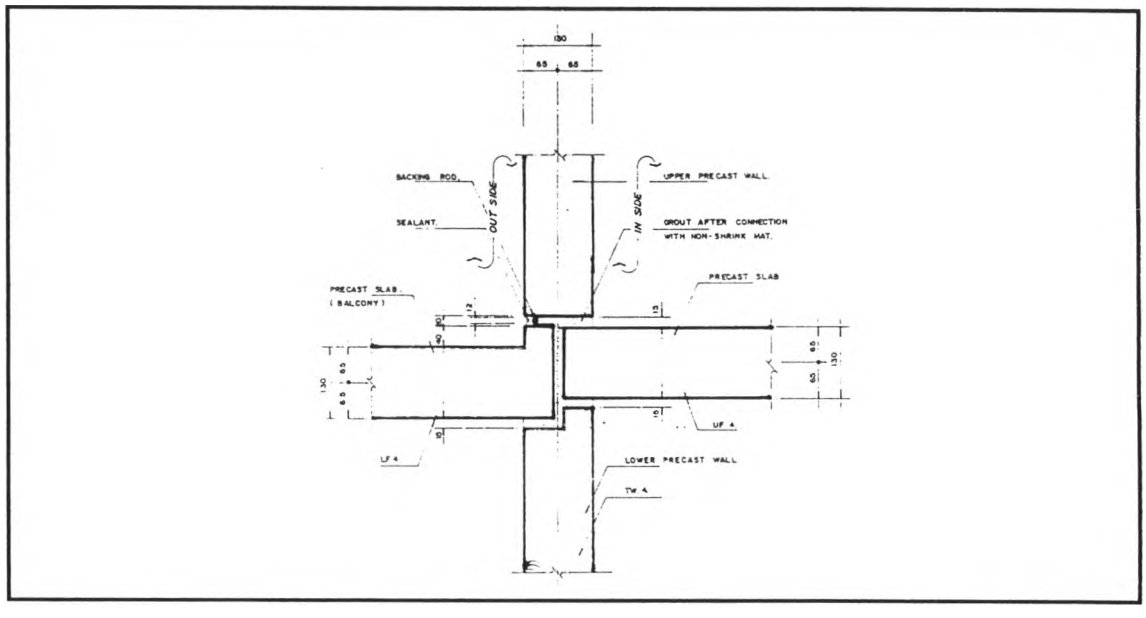
1. โครงการ ก

<u>ลักษณะจุดรอยต่อ</u>

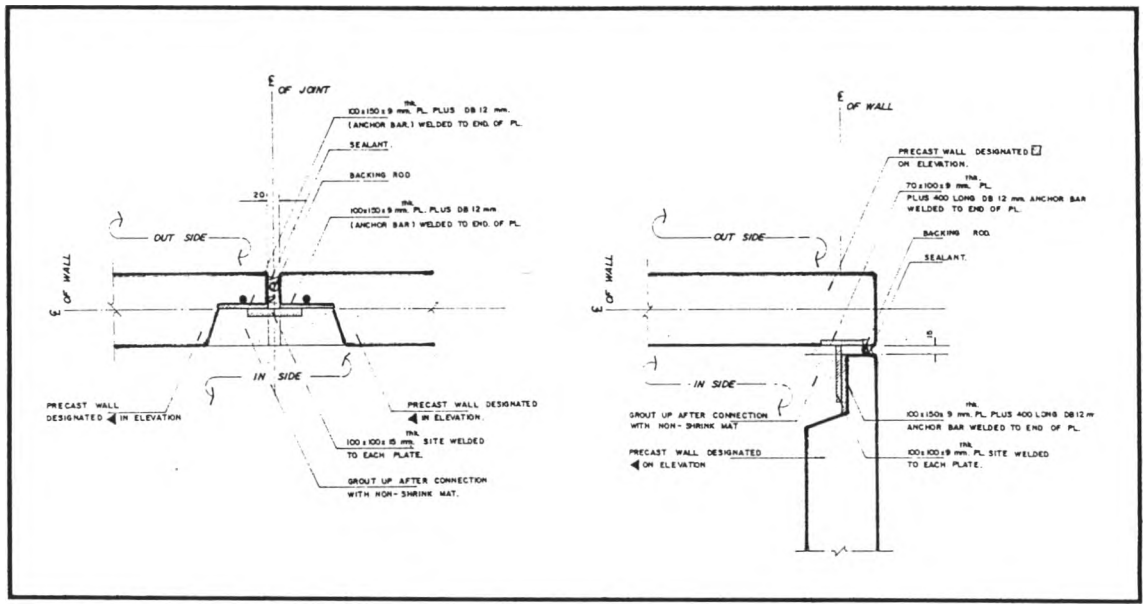
ลักษณะจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปโครงการ ก ทั้งหมดเป็นจุดรอยต่อแบบใช้การเชื่อมโดยใช้เหล็กเชื่อมต่อกัน ความแข็งแรงของจุดรอยต่อแบบนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญของช่างเชื่อม และคุณสมบัติของลวดเชื่อมกับเหล็กที่นำมาทำจุดรอยต่อ ลักษณะจุดรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 3.28 ถึง 3.30



รูปที่ 3.28 **แสดงจุดรอยต่อระหว่างคานคอดินกับผนังสำเร็จรูป(ซ้าย) และผนังสำเร็จรูปกับผนังสำเร็จรูปในแนวนอน (ขวา)**



รูปที่ 3.29 **แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับพื้นสำเร็จรูป**



รูปที่ 3.30 แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับผนังสำเร็จรูปในแนวดิ่ง

<u>ข้อดีและข้อเสียของจุดรอยต่อ</u>

ข้อดี

1. จุดรอยต่อเป็นแบบใช้การเชื่อมมีความแข็งแรงตามข้อกำหนด ในระยะเวลาอันรวดเร็ว

2. จุดรอยต่อมีขนาดเล็ก ทำให้การเกร๊าท์จุดรอยต่อกระทำได้ง่ายไม่สิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้ปิดรอยจุดรอยต่อ

3. จุดรอยต่อรองรับความคาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากขบวนการผลิตและการติดตั้งได้มาก

ข้อเสีย

1. จุดรอยต่อเป็นแบบใช้การเชื่อมทั้งหมด ทำให้ต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีฝีมือเป็นจำนวนมาก

2. มักพบรอยร้าวของคอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อ อันเนื่องมาจากการเชื่อมเหล็กที่จุดรอยต่อ

2. โครงการ ข

ลักษณะจุดรอยต่อ

ลักษณะจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปโครงการ ข จะใช้ 2 แบบ แบบแรกคือแบบเหล็กโคเวล ความแข็งแรงของจุดรอยต่อแบบนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นรอบรูป ความยาวของเหล็กโคเวลและแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กโคเวลกับคอนกรีตที่ใช้เกร๊าท์ ดังแสดงในรูปที่ 3.31 และ 3.32 แบบที่สองเป็นจุดรอยต่อแบบใช้การเชื่อมโดยใช้เหล็กเชื่อมต่อกัน ความแข็งแรงของจุดรอยต่อแบบนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญของช่างเชื่อม และคุณสมบัติของลวดเชื่อมกับเหล็กที่นำมาทำจุดรอยต่อ ลักษณะจุดรอยต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.33

ข้อดีและข้อเสียของจุดรอยต่อ

ข้อดี

1. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับคานคอดิน และระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวรับแรงกด(แนวนอน) เป็นแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์ ลดการทำงานเชื่อมจุดรอยต่อ

2. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง เป็นแบบใช้การเชื่อม ให้ความแข็งแรงตามข้อกำหนดในระยะเวลาอันรวดเร็ว

3. จุดรอยต่อมีขนาดเล็ก ทำให้การเกร๊าท์จุดรอยต่อกระทำได้ง่าย ไม่สิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้เกร๊าท์จุดรอยต่อ

4. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง รองรับความคาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากขบวนการผลิตและการติดตั้งได้มาก

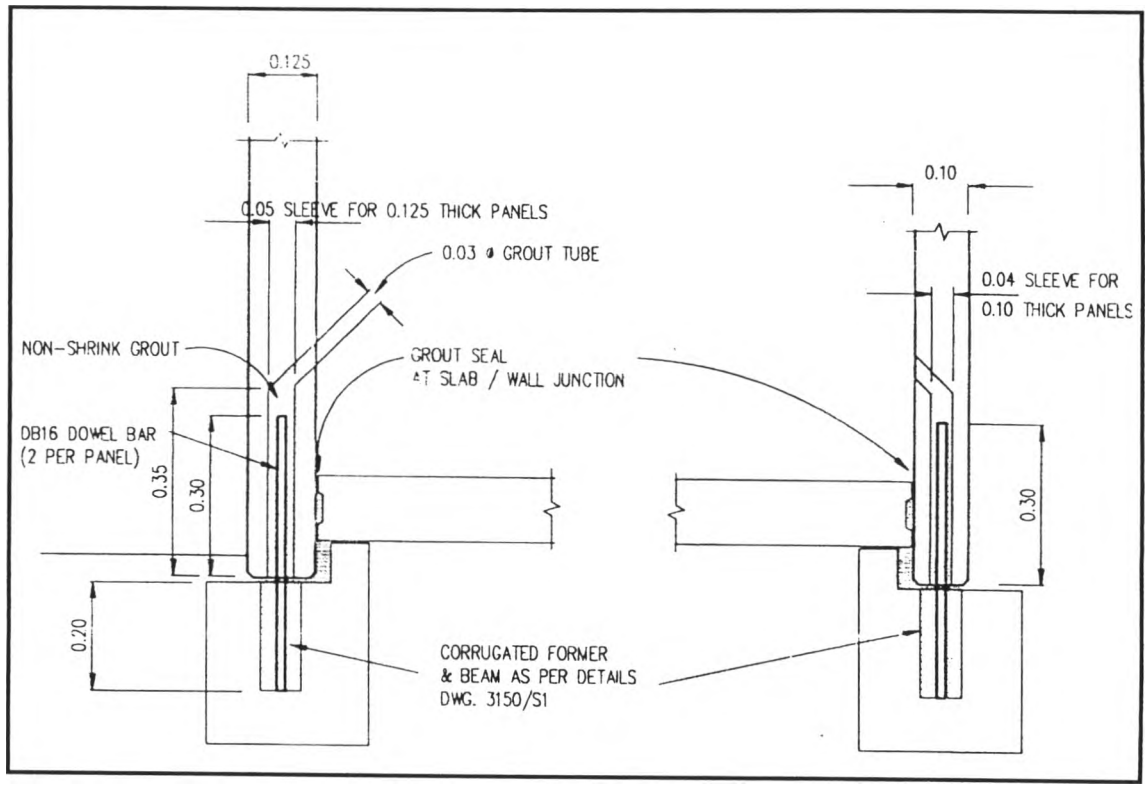
ข้อเสีย

1. จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์ รองรับความคาดเคลื่อนได้น้อย

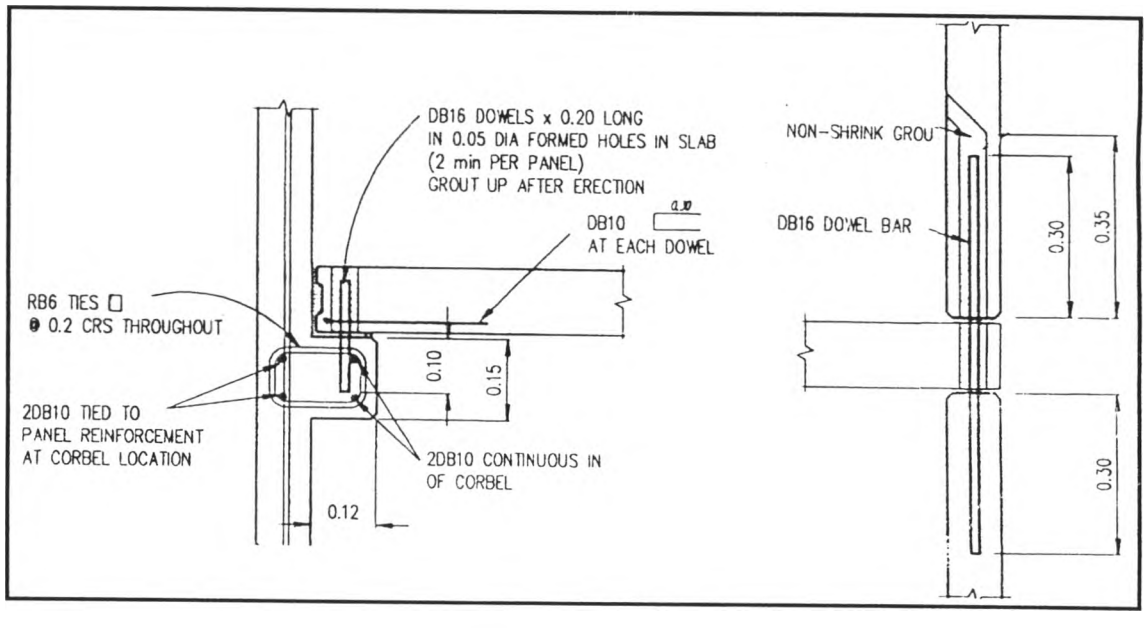
2. จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์ ของผนังสำเร็จรูปในแนวนอน เมื่อเกิดความคาดเคลื่อนจะแก้ไขได้ยากและใช้ต้นทุนสูง

3. จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์ ให้ความแข็งแรงช้ากว่าการเชื่อม

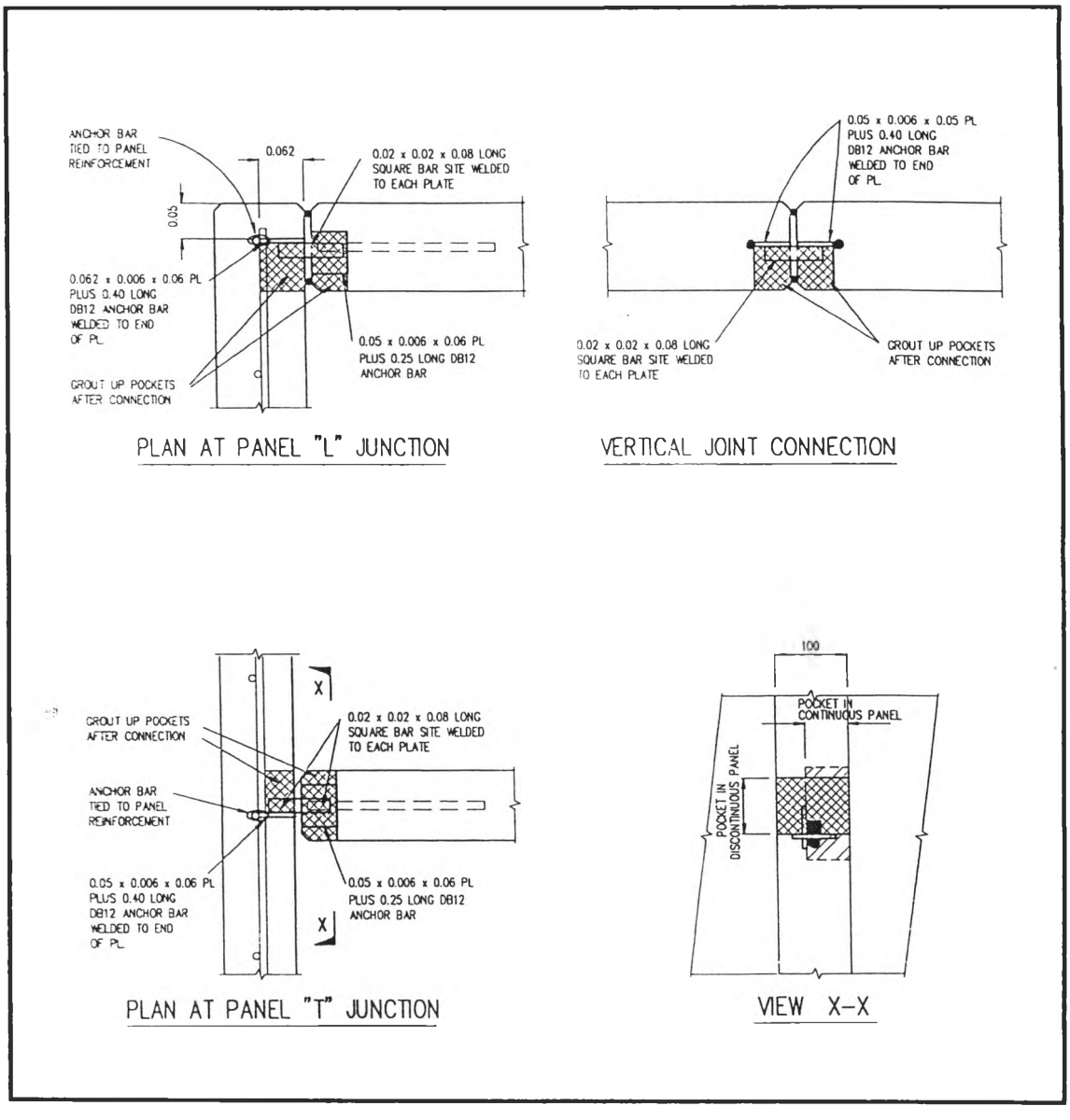
4. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง เป็นแบบใช้การเชื่อม ต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือสูงในการเชื่อมเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 3.31 แสดงจุดรอยต่อระหว่างคานคอดินกับผนังสำเร็จรูป แบบใช้โดเวล



รูปที่ 3.32 แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับพื้นสำเร็จรูป



รูปที่ 3.33 แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับผนังสำเร็จรูปในแนวดิ่ง

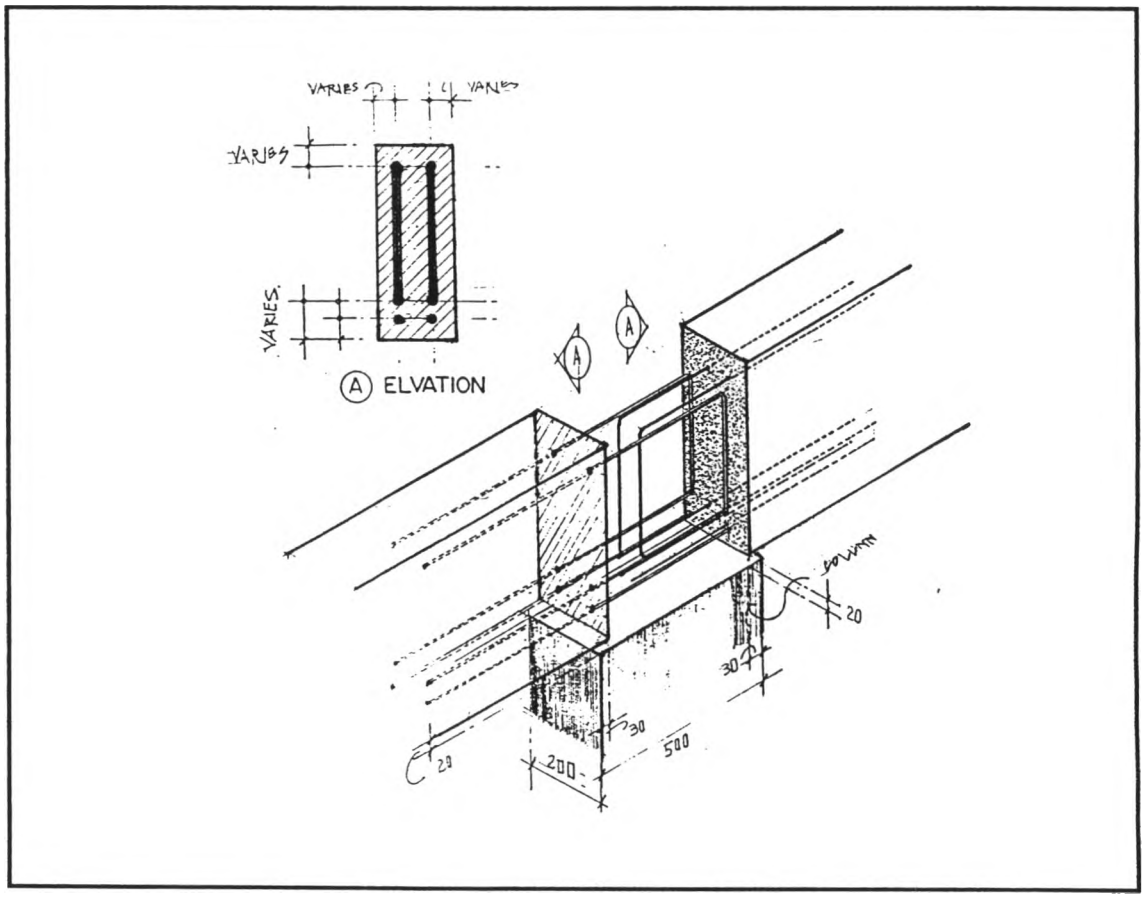
3. โครงการ ค

<u>ลักษณะจุดรอยต่อ</u>

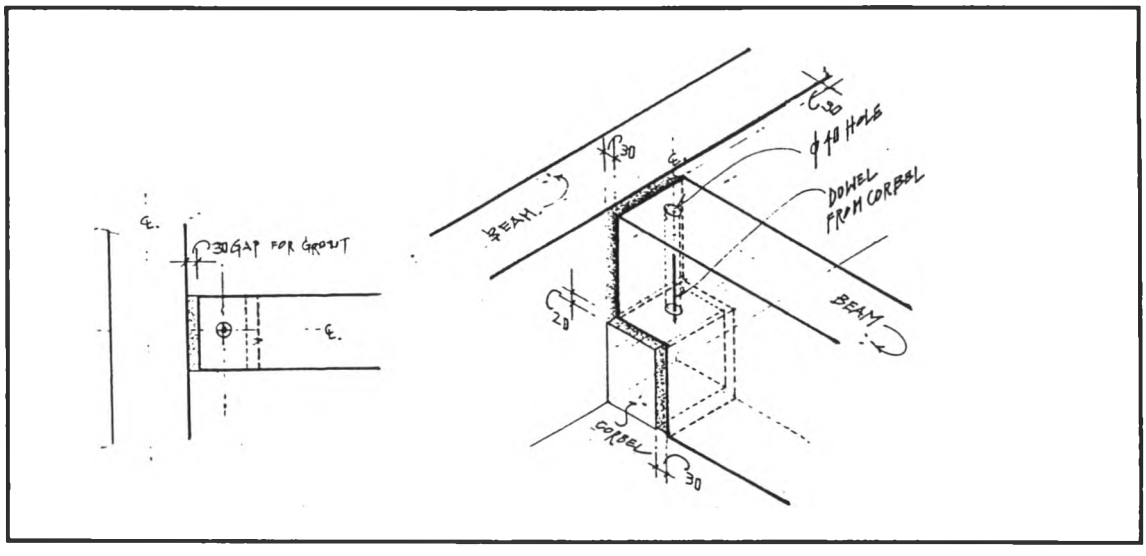
ลักษณะจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปโครงการ ค มีใช้ 2 แบบ แบบแรกคือแบบใช้คอนกรีตประสานต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 3.34 ความแข็งแรงของจุดรอยต่อแบบนี้จะขึ้นอยู่กับกำลังความแข็งแรงของคอนกรีตที่ใช้ในการประสานจุดรอยต่อ และขนาดเส้นรอบรูป

ความยาวของเหล็ก และแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กโครงสร้างกับคอนกรีตที่ใช้ประสานจุดรอยต่อ แบบที่สองคือแบบหูช้าง(Corbel Connection) เป็นจุดรอยต่อที่ใช้ระหว่างคานเมนกับคานรอง ความแข็งแรงของจุดรอยต่อขึ้นอยู่กับกำลังของคอนกรีตและเหล็กเสริมที่ทำได้ตามข้อกำหนดและเหล็กโคเวลที่ป้องกันการเคลื่อนในแนวระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.35

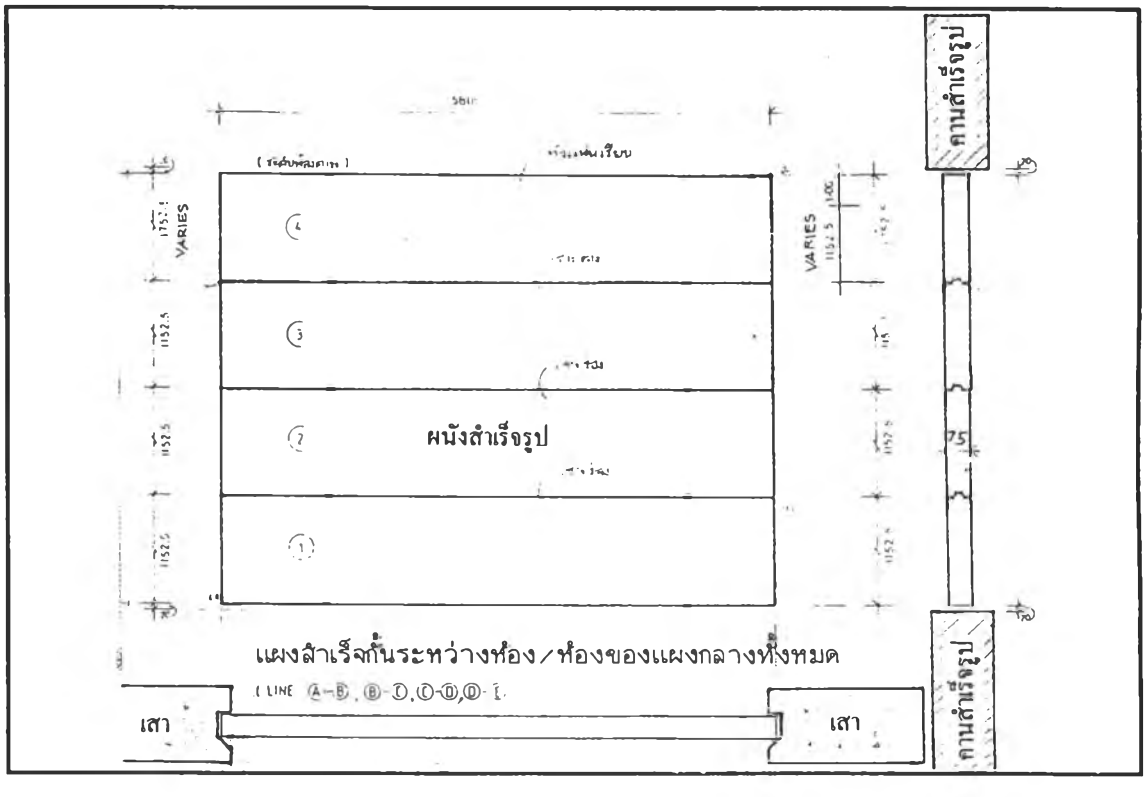
สำหรับการใช้แผ่นผนังสำเร็จรูปแทนการใช้ผนังก่ออิฐและฉาบปูน จะเป็นแผ่นผนังเรียงต่อกัน ติดตั้งลงในช่องระหว่างเสาที่จัดเตรียมไว้ และใช้เหล็กเพลทเชื่อมยึดระหว่างแผ่นผนัง จำนวน 2 จุดต่อแผ่น(คล้ายพื้นแพล็งค์) ดังแสดงในรูปที่ 3.36 และ 3.37



รูปที่ 3.34 แสดงจุดรอยต่อระหว่างคานสำเร็จรูปกับกับเสา



รูปที่ 3.35 แสดงจุดรอยต่อระหว่างคานหลักสำเร็จรูปกับคานรองสำเร็จรูป



รูปที่ 3.36 แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับเสาและคานสำเร็จรูป

รูปที่ 3.37 ภาพถ่ายระหว่างผนังสำเร็จรูปกับเสาและคานสำเร็จรูป

ข้อดีและข้อเสียของจุดรอยต่อ

ข้อดี

1. จุดรอยต่อระหว่างคานสำเร็จรูปกับเสา เป็นแบบใช้คอนกรีตประสาน (เหมือนกับการใช้คอนกรีตใหม่เทต่อจากคอนกรีตเก่า) ลดการทำงานเชื่อม

2. มีความแข็งแรงเทียบเท่าคานหล่อในที่

3. หลังจากงานติดตั้งและงานประกอบจุดรอยต่อแล้ว โครงสร้างจะดูเหมือนกับคานหล่อในที่

4. จุดรอยต่อเป็นลักษณะงานคอนกรีต ซึ่งง่ายต่อการทำงานของช่างก่อสร้างโดยทั่วไป

5. รองรับความคาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากขบวนการผลิตและการติดตั้งได้มาก

6. สำหรับจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูปกับเสาและคานสำเร็จรูป สามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 3.36 และ 3.37

ข้อเสีย

1. ให้ความแข็งแรงของจุดรอยต่อโครงสร้างช้า ความแข็งแรงจะเป็นไปตามคุณสมบัติของคอนกรีต

2. จุดรอยต่อระหว่างคานหลักกับคานรอง มีลักษณะเป็นแบบหูช้างและโคเวลแสดงตามรูปที่ 3.35 การผลิตคานกระทำได้ยากและเกิดความเสียหายในขณะติดตั้ง อันเนื่องมาจากการดัดเหล็กโคเวลให้ตรงตำแหน่งทำโครงสร้างบริเวณหูช้างเกิดการแตกร้าว

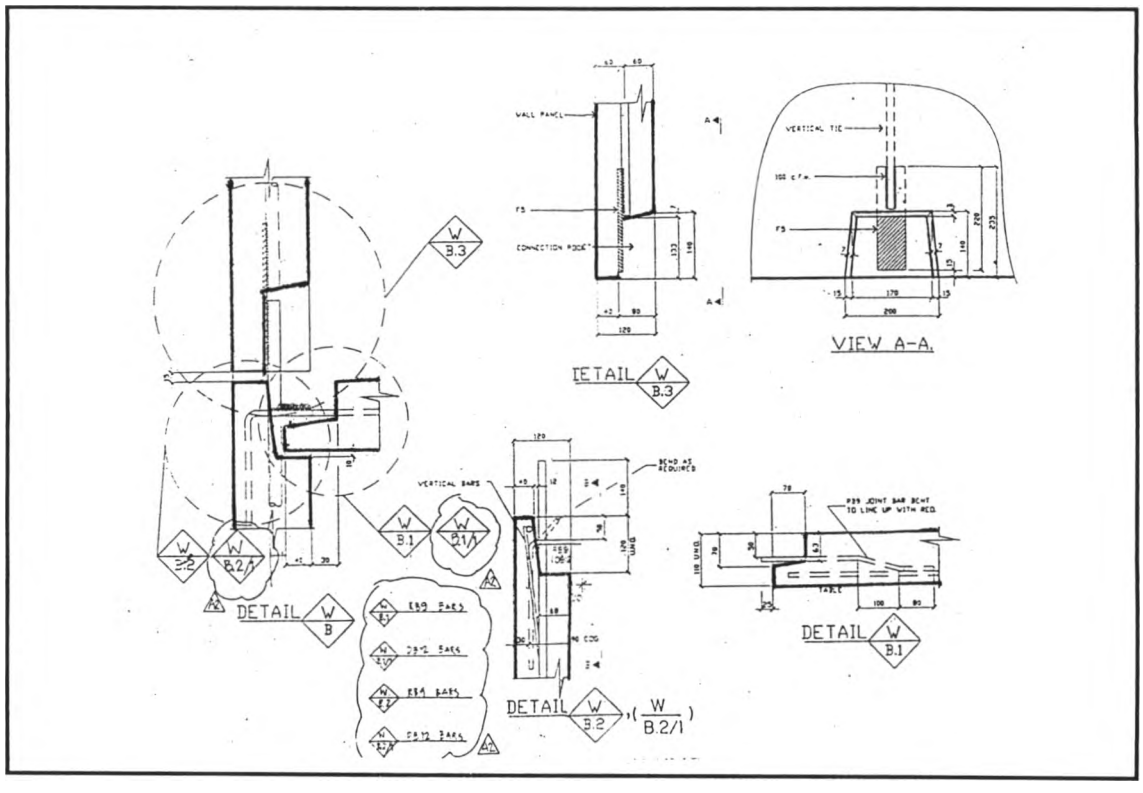
3. จุดรอยต่อแบบหูช้างรองรับความคาดเคลื่อนได้น้อย

4. สำหรับจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังสำเร็จรูปกับเสาและคานสำเร็จรูป การเจาะเพื่อเปิดช่องผนังกระทำได้ค่อนข้างอยาก

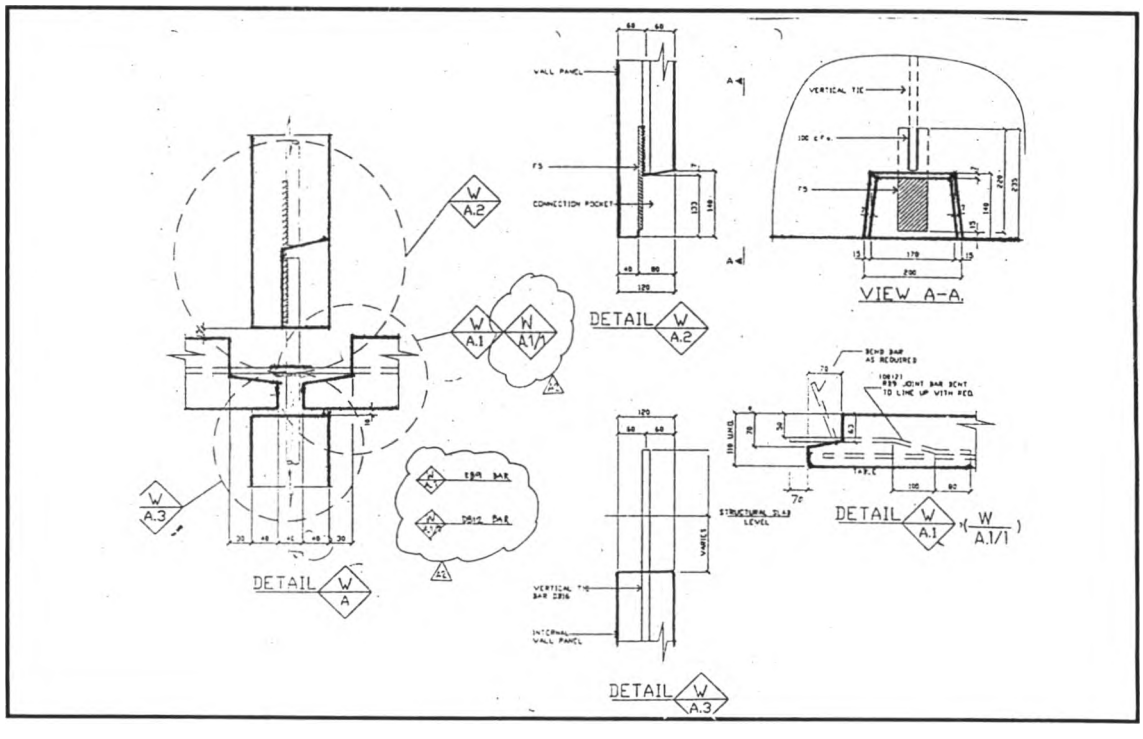
4. โครงการ ง

<u>ลักษณะจุดรอยต่อ</u>

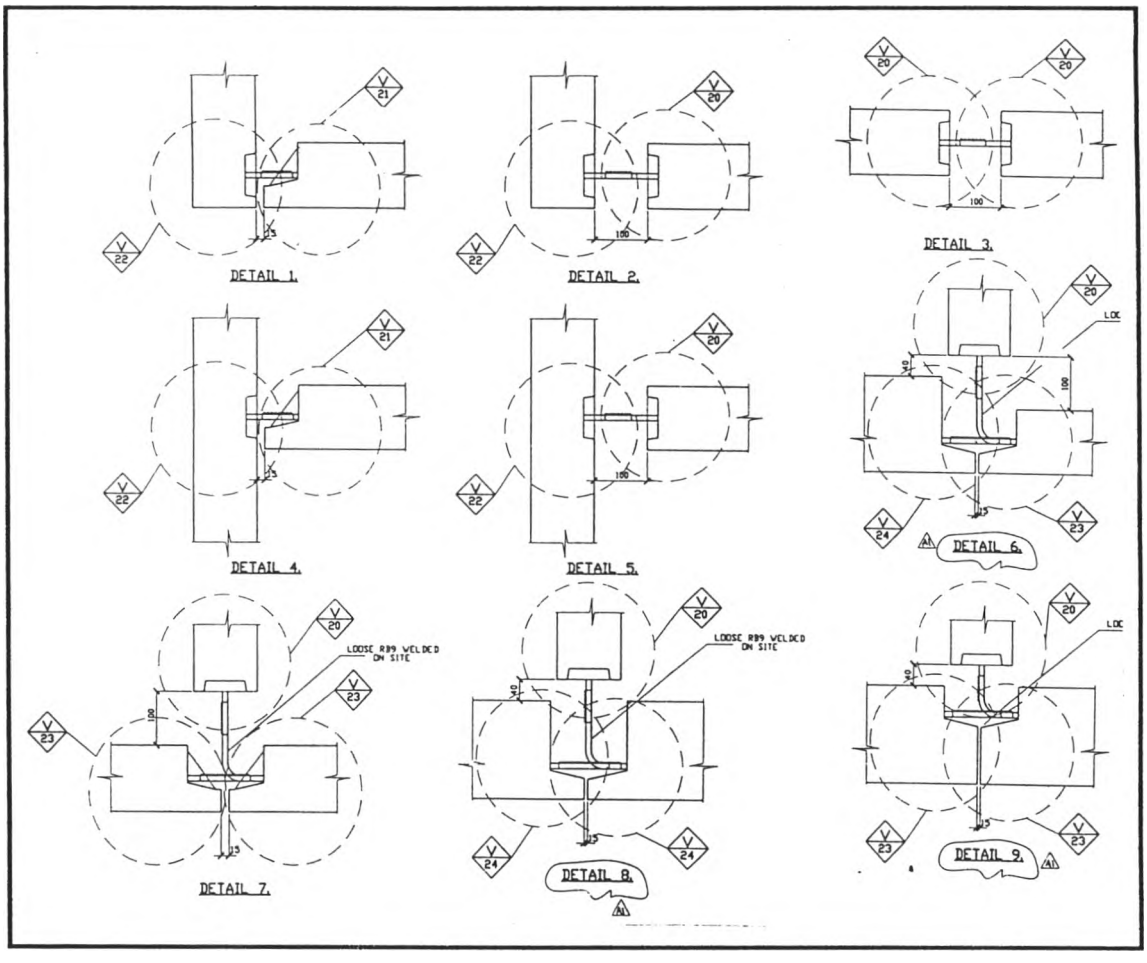
ลักษณะจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปโครงการ ง ทั้งหมดเป็นจุดรอยต่อแบบใช้การเชื่อมโดยใช้เหล็กจากจุดรอยต่อเชื่อมต่อกันโดยตรง ความแข็งแรงของจุดรอยต่อแบบนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญของช่างเชื่อม และคุณสมบัติของลวดเชื่อมกับเหล็กที่นำมาทำจุดรอยต่อ ลักษณะจุดรอยต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.38 ถึง 3.40



รูปที่ 3.38 แสดงจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังและแผ่นพื้นสำเร็จรูป (ห้องริม)



รูปที่ 3.39 แสดงจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังและแผ่นพื้นสำเร็จรูป (ห้องกลาง)



รูปที่ 3.40 แสดงจุดรอยต่อระหว่างผนังสำเร็จรูปกับผนังสำเร็จรูปในแนวดิ่ง

<u>ข้อดีและข้อเสียของจุดรอยต่อ</u>

ข้อดี

1. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังและแผ่นพื้นในแนวนอน (รับแรงกด) เป็นแบบใช้การเชื่อมให้ความแข็งแรงตามข้อกำหนดในระยะเวลาอันรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 3.38 และ 3.39

2. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังและแผ่นพื้นในแนวนอน มีขนาดเล็ก ทำให้การเกร๊าท์จุดรอยต่อกระทำได้ง่าย ไม่สิ้นเปลืองวัสดุเกร๊าท์ ดังแสดงในรูปที่ 3.38 และ 3.39

3. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง รองรับความคาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากขบวนการผลิตและการติดตั้งได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 3.40

4. จุดรอยต่อแบบเชื่อมของโครงการทั้งหมด จะใช้เหล็กจากจุดรอยต่อในชิ้นส่วนสำเร็จรูปเชื่อมต่อกันโดยตรง ไม่ต้องใช้เหล็กเพิ่มเป็นส่วนต่ออีก นอกจากจะมีความคาดเคลื่อนเกิดขึ้นจนไม่สามารถเชื่อมต่อกันโดยตรงได้ จึงจะใช้เหล็กส่วนต่อในการเชื่อมจุดรอยต่อ

ข้อเสีย

1. จุดรอยต่อทั้งหมดเป็นแบบใช้การเชื่อม ต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีฝีมือจำนวนมาก

2. จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง เป็นแบบวิธีการเชื่อมเหล็กรับแรงเฉือนแล้วเทคอนกรีตประสานจุดรอยต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.40 ต้องใช้แรงงานช่างปูนที่มีฝีมือในการเทคอนกรีต เพราะจุดรอยต่อแผ่นผนังมีขนาดใหญ่และเป็นแนวยาว ส่วนที่เทคอนกรีตประสานจุดรอยต่อจะเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นผนังในส่วนมุม ถ้าทำไม่ดีจะทำให้ผนังดูไม่เรียบเป็นแผ่นเดียวกัน

3. จุดรอยต่อผนังในแนวดิ่ง Detail 2 3 5 และ 7 ต้องเทคอนกรีตประสานจุดรอยต่ออีกหลังจากเชื่อมเหล็กจุดรอยต่อแล้วเสร็จทำให้ต้องทำงานเป็น 2 ขั้นตอน

3.2.3.3 การวิเคราะห์การเลือกใช้จุดรอยต่อ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์จุดรอยต่อในด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและการพัฒนาในการเลือกใช้จุดรอยต่อ จากข้อมูลข้อมูลทั้ง 4 โครงการเป็นหลัก และเพิ่มเติมจากการค้นคว้าจากเอกสารต่างๆ มีดังนี้

1. โครงการ ก

1.1 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับคานคอดิน และระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนัง แบบใช้การเชื่อม มีความเหมาะสมดี พราะจุดรอยต่อสามารถรับแรงได้ทันที รองรับความคาดเคลื่อนได้มาก ตรวจสอบง่าย แต่การเลือกใช้จุดรอยต่อแบบนี้จะต้องจัดหาช่างเชื่อมที่มีฝีมือเป็นจำนวนมาก มิฉะนั้นจะทำให้การเชื่อมจุดรอยต่อไม่แข็งแรง และคอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อแตกร้าว ก็จะมีผลกระทบทำให้โครงสร้างของอาคารไม่แข็งแรง

1.2 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นกับแผ่นผนัง ใช้วิธี Dry Packed และมีเหล็กโคเวลขนาด 9 มม. เชื่อมกับแผ่นพื้นตรงตำแหน่งจุดรอยต่อแผ่นผนัง เพิ่มความแข็งแรงมีความเหมาะสมดีแล้ว

2. โครงการ ข

2.1 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับคานคอดินและจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวนอน แบบใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์ ซึ่งลักษณะจุดรอยต่อแบบนี้ไม่สามารถรับแรงได้ทันที และรองรับความคลาดเคลื่อนได้น้อย ควรเลือกใช้จุดรอยต่อแบบใช้การเชื่อมแทนแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์(เช่นเดียวกับโครงการ ก.) ซึ่งจะมีความเหมาะสมกว่า

2.2 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่ง แบบใช้การเชื่อมมีความเหมาะสม เพราะจุดรอยต่อสามารถรับแรงได้ทันที รองรับความคาดเคลื่อนได้มาก ตรวจสอบง่าย แต่การการเลือกใช้จุดรอยต่อแบบนี้ จะต้องจัดหาช่างเชื่อมที่มีฝีมือเป็นจำนวนมาก มิฉะนั้นการจะทำให้การเชื่อมจุดรอยต่อไม่แข็งแรง และคอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อแตกร้าว ก็จะมีผลกระทบทำให้โครงสร้างของอาคารไม่แข็งแรง

2.3 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นกับแผ่นผนัง ใช้วิธี Dry Packed ทำงานง่ายมีความเหมาะสมดีแล้ว เพราะเป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่ทำหน้าที่รับแรงอัด

3. โครงการ ค

3.1 จุดรอยต่อระหว่างคานกับเสาหรือระหว่างคาน-เสา-คาน เป็นจุดรอยต่อแบบใช้การเทคอนกรีตประสานต่อกัน ให้ความแข็งแรงตามอายุของคอนกรีต จุดรอยต่อแบบนี้ทำงานง่ายเหมือนกับงานเทคอนกรีตกับส่วนงานโครงสร้างที่เว้นว่างไว้ แต่ต้องมีข้อควรระวังเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมน้ำยาเคมี และการสั่นคอนกรีตเพื่อไม่ให้คอนกรีตเกิดเป็นโพรงบริเวณจุดรอยต่อ

3.2 จุดรอยต่อระหว่างคานหลักกับคานรอง เป็นจุดรอยต่อแบบการใช้หูช้างจากคานหลักพร้อมเหล็กโคเวล ซึ่งขนาดของหูช้างจากคานหลักมีความกว้างเท่ากับความกว้างของคานรอง จากการสังเกตการติดตั้ง จุดรอยต่อ(หูช้าง) มีความเสียหายจากการดัดเหล็กโคเวลให้ตรงตำแหน่ง และความคาดเคลื่อนของตำแหน่งหูช้างก็เป็นปัญหากับการติดตั้งด้วย จากการวิเคราะห์ ควรมีการขยายขนาดความกว้างของหูช้าง เพื่อรองรับความคาดเคลื่อน และใช้เหล็กโคเวลแบบใส่หลังจากติดตั้งคานแล้ว (เพื่อหลีกเลี่ยงการดัดเหล็กโคเวล) โดยการเจาะรูที่หูช้างและคานรองไว้ แล้วทำการเกร๊าท์ทีหลัง

4. โครงการ ง

4.1 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับคานคอดิน และจุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังทั้งในแนวนอนและในแนวดิ่งเป็นแบบใช้การเชื่อม มีความเหมาะสมดีเพราะจุดรอยต่อสามารถรับแรงได้ทันที รองรับความคาดเคลื่อนได้มาก ตรวจสอบง่าย แต่การเลือกใช้จุดรอยต่อแบบนี้ จะต้องจัดหาช่างเชื่อมที่มีฝีมือเป็นจำนวนมาก มิฉะนั้นจะทำให้การเชื่อมจุดรอยต่อมีคุณภาพไม่ดีพอ และคอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อแตกร้าว ก็จะมีผลกระทบทำให้โครงสร้างของอาคารไม่แข็งแรง

4.2 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นพื้นกับแผ่นผนัง ใช้วิธี Dry Packed และมีเหล็กโดเวลเชื่อมกับแผ่นผนังตรงตำแหน่งจุดรอยต่อของแผ่นผนัง มีความเหมาะสมดีแล้ว

4.3 จุดรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังในแนวดิ่งบางจุดรอยต่อ ต้องทำงาน 2 ขั้นตอนคือ เชื่อมต่อเหล็กระหว่างแผ่นผนังแล้วในขั้นตอนแรกและต้องเทคอนกรีตประสานระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนังเป็นขั้นตอนที่สอง จากการสังเกตจุดรอยต่อหลังจากเทคอนกรีตประสานแล้วแผ่นผนังบริเวณจุดรอยต่อดูไม่เรียบเป็นระนาบเดียวกับแผ่นผนังเดิม จากการวิเคราะห์เพื่อความเหมาะสม ควรปรับปรุงจุดรอยต่อให้มีการทำงานเพียงขั้นเดียวให้แล้วเสร็จ เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน

3.2.4 การทำงานสถาปัตยกรรม

งานสถาปัตยกรรมของอาคารที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะแบ่งลักษณะงานออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. งานสถาปัตยกรรมที่ทำเสร็จมากับชิ้นส่วนสำเร็จรูป หลังจากการติดตั้งชิ้นส่วนแล้วไม่ต้องมาทำงานสถาปัตยกรรมอีก

2. งานสถาปัตยกรรมที่ทำมาบางส่วนกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป เช่น วงกบประตู วงกบหน้าต่าง ที่ใส่ติดมากับชิ้นส่วนสำเร็จรูป หลังการติดตั้งชิ้นส่วนแล้วจะใส่บานทีหลัง

3. งานสถาปัตยกรรมที่ทำหลังจากการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้วเสร็จ หลังการติดตั้งชิ้นส่วนแล้วถึงทำงานสถาปัตยกรรม

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในงานสถาปัตยกรรมอีกประการหนึ่งก็คือ พื้นผิวของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป(Surface Finish) พื้นผิวของงานแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นที่ถกเถียงกันมากถึงรูปแบบ ความต้องการ และความเหมาะสมสำหรับแต่ละชนิดของโครงการ ในต่างประเทศนั้น

ได้มีการระบุถึงความต้องการของพื้นผิวค่อนข้างชัดเจนว่าต้องการคุณภาพของพื้นผิวที่ระดับใด มีมาตรฐานระบุถึงชั้นคุณภาพ(Class) ของงานตบแต่งผิวสำหรับที่จะใช้บริเวณใดของอาคาร เช่น ที่บริเวณโถงทางเข้าอาคารจะต้องเป็นชั้นคุณภาพที่ 1 ซึ่งหมายถึงจะต้องไม่มีฟองอากาศ ผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยแตกหรือบิ่น ในขณะที่ชั้นคุณภาพที่ 4 หรือ ชั้นคุณภาพที่ 5 ซึ่งเป็นผิวที่มีคุณภาพต่ำ จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อเป็นส่วนที่มองไม่เห็น เช่น ใต้ฝ้าหรือมีวัสดุอื่นปกคลุม ในประเทศไทยนั้นระบบแผ่นสำเร็จรูปยังนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ยังไม่แพร่หลายนัก จึงยังไม่มีมาตรฐานใดๆ ที่ระบุชัดเจนว่าจะต้องมีคุณภาพของงานตบแต่งผิวเท่าไรถึงจะเป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาเกี่ยวกับผิวของงาน ที่เอกสารสัญญาสมควรที่จะระบุอย่างชัดเจนว่าบริเวณส่วนใดของอาคารต้องการคุณภาพของพื้นผิวเป็นแบบใด

มาตรฐานเพื่อที่จะควบคุมผิวงานมีความจำเป็นมากที่จะสนองมาตรฐานของการตรวจสอบงานด้วยตาเปล่า ซึ่งจะต้องพิจารณากันตามมาตรฐานที่ระบุไว้ จึงควรมีการระบุไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะมีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยจะได้มีการเตรียมการผลิตและวิธีการแก้ไข เช่น การปะโป้วหรือฉาบซ่อมรูโพรงอากาศได้ทัน

อย่างไรก็ตามมาตรฐานหรือความต้องการคุณภาพของพื้นผิวจะต้องไม่เป็นการมุ่งหวังถึงคุณภาพที่เป็นไปไม่ได้โดยจะต้องคำนึงถึงเวลา งบประมาณและความเหมาะสมของโครงการด้วย การใช้มาตรฐานต่าง ๆ เป็นเครื่องมือซึ่งให้ได้ถึงคุณภาพชั้นเลิศโดยไม่คำนึงถึงความเหมาะสมอาจทำให้งานล่าช้าและเสียหายมากกว่าประโยชน์ที่จะได้รับ ข้อแนะนำสำหรับการทำพื้นผิวในงานคอนกรีตสำเร็จรูป คือ ทำให้ผิวใช้ได้ทันทีหลังจากการยกชิ้นส่วนจากแบบหล่อ ควรหลีกเลี่ยงที่จะทำการซ่อมผิวชิ้นส่วนภายหลังให้มากที่สุด เพราะจะเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมมาก

3.3 รูปแบบการวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรูปแบบ(Model) การวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป จากการศึกษาทั้ง 4 โครงการ สามารถสรุปรูปแบบการวางแผนงานการก่อสร้าง โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ขั้นตอนการการกำหนดนโยบายโครงการ

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนด ขอบเขต ความต้องการของเจ้าของโครงการและออกแบบอาคารเบื้องต้น ตามนโยบาย

3.3.2 ขั้นตอนการเลือกวิธีการก่อสร้าง

หลังจากกำหนดนโยบายโครงการแล้ว จะเป็นการเลือกวิธีการก่อสร้าง โดยมาจากเงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ ลักษณะอาคาร จำนวนอาคาร ต้นทุนการก่อสร้าง และระยะเวลาการก่อสร้าง

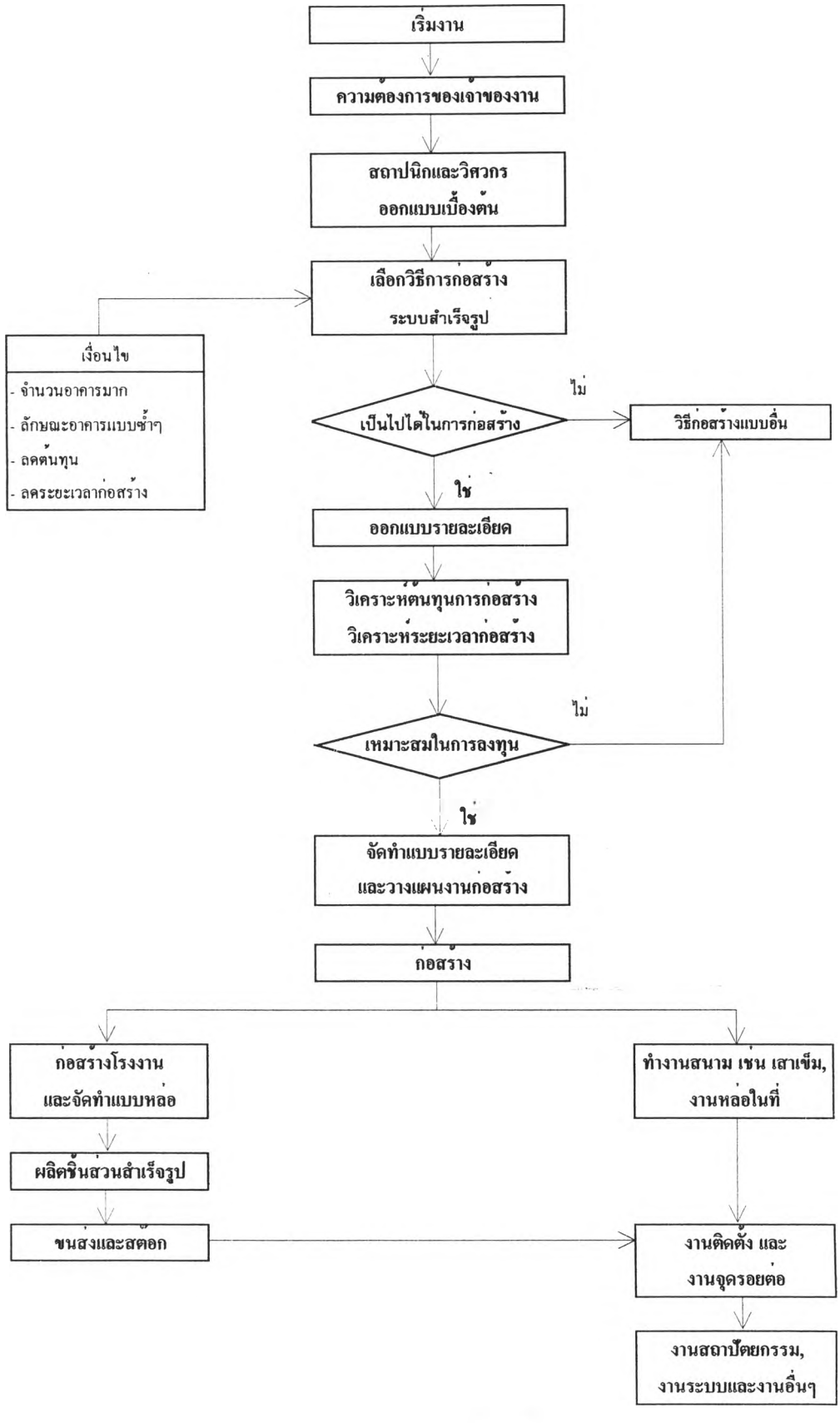
3.3.3 ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียดและวิเคราะห์การลงทุน

หลังจากการเลือกวิธีการก่อสร้างตามเงื่อนไขแล้ว จะเป็นการออกแบบรายละเอียดและวิเคราะห์การลงทุน โดยเน้นที่การวิเคราะห์ต้นทุนการก่อสร้าง และระยะเวลาการก่อสร้าง

3.3.4 ขั้นตอนการวางแผนและก่อสร้าง

หลังจากการการออกแบบรายละเอียดและวิเคราะห์การลงทุนแล้ว จะเป็นการวางแผนงานและการก่อสร้าง ขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดทำแบบรายละเอียด วางแผนงานและก่อสร้าง

รูปแบบการวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 รูปแบบการวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

3.4 การเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการเปรียบเทียบคุณสมบัติ ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในแต่ละระบบได้แก่ ระบบโครงเฟรม ระบบพาเนล และระบบโมดูลาร์ มีดังนี้

3.4.1 ความเหมาะสมระบบโครงสร้างกับลักษณะอาคาร

3.4.1.1 ระบบโครงเฟรม

ระบบโครงสร้างเฟรม เหมาะสมกับอาคารที่ต้องการพื้นที่ว่างมากและมีขนาดใหญ่ เช่น อาคารที่จอดรถ โรงงาน แต่ถ้านำระบบโครงเฟรมมาใช้กับอาคารที่พักอาศัยทั่วไป ดูจะมีความเหมาะสมน้อยกว่า เพราะการก่อสร้างจะต้องมีการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นจำนวนมาก หลังจากนั้นยังจะต้องมีงานก่ออิฐผนังด้วย (ซึ่งงานก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปต้องการหลีกเลี่ยงการใช้แรงงานในงานก่ออิฐฉาบปูนเป็นจำนวนมากด้วย)

3.4.1.2 ระบบพาเนล

ระบบพาเนล เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารที่มีจำนวนมาก รูปแบบค่อนข้างแน่นอนและมีโอกาสดัดแปลงอาคารได้น้อย เช่น แฟลต อพาร์ตเมนต์ คอนโดมิเนียม สำหรับบ้านเดี่ยวหรือทาวน์เฮ้าส์นั้นก็มีความเหมาะสมที่จะนำระบบพาเนลไปใช้ แต่อาจประสบปัญหาการดัดแปลง ต่อเติมอาคารของผู้อยู่อาศัยในภายหลัง

3.4.1.3 ระบบโมดูลาร์

ระบบโมดูลาร์เปรียบเสมือนห้องสำเร็จรูป เหมาะสมกับลักษณะอาคารที่มีรูปแบบค่อนข้างแน่นอนและมีโอกาสดัดแปลงอาคารได้น้อย เช่น แฟลต อพาร์ตเมนต์ คอนโดมิเนียม หรืออาจใช้กับบางห้องของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบอื่น เช่น ห้องน้ำสำเร็จรูป

3.4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติ ข้อดีและข้อเสียของระบบโครงสร้างสำเร็จรูป

การเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อดีและข้อเสียของระบบโครงสร้างสำเร็จรูป ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบโครงสร้างอาคารสำเร็จรูป

รายการ	ระบบโครงเฟรม	ระบบพาเนล	ระบบโมดูลาร์ *
<u>ระบบโครงสร้าง</u>			
ข้อดี :	- ใช้โครงสร้างเป็น เสา-คาน สำเร็จรูป เจาะผนังตัดแปลงง่าย	- ผนังรับแรงมีความคงทนแข็งแรง - กันเสียง,ทนไฟได้ดี	- ผนังรับแรงมีความคงทนแข็งแรง - กันเสียง,ทนไฟได้ดี
ข้อเสีย :	- มีจำนวนชิ้นส่วนมาก	- โครงสร้างมีน้ำหนักมาก - ดัดแปลงโครงสร้างภายในได้ยาก	- โครงสร้างมีน้ำหนักมาก - ดัดแปลงโครงสร้างภายในได้ยาก
<u>การผลิต</u>			
ข้อดี :	- ใช้พื้นที่โรงงาน, แบบหล่อน้อย	- การทำงานง่าย	- ควบคุมคุณภาพได้ดี
ข้อเสีย :	-	- ใช้พื้นที่โรงงานและแบบหล่อมาก	- ใช้พื้นที่โรงงาน, แบบหล่อและเครื่องมือและอุปกรณ์มาก
<u>การเก็บสต๊อก</u>			
ข้อดี :	- ใช้พื้นที่น้อยสำหรับคานช่วงเดียว	-	-
ข้อเสีย :	- ใช้พื้นที่มากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา	- ใช้พื้นที่มาก	- ใช้พื้นที่มากกว่า
<u>การขนส่ง</u>			
ข้อดี :	- ขนส่งง่ายสำหรับคานช่วงเดียว	-	- มีจำนวนชิ้นส่วนน้อย
ข้อเสีย :	- ขนส่งยากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา	- ใช้รถขนส่งที่ต้องออกแบบเฉพาะ - ต้นทุนขนส่งขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักชิ้นส่วนสำเร็จรูป	- ใช้รถขนส่งที่ต้องออกแบบเฉพาะ - ต้นทุนขนส่งขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนัก - มีข้อจำกัดของการรับน้ำหนักของถนน
<u>การติดตั้ง</u>			
ข้อดี :	- ง่ายสำหรับเสา-คานช่วงเดียว	- ขั้นตอนการติดตั้งง่าย	-
ข้อเสีย :	- ยากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ	- ใช้เครื่องจักรกลหนัก - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ	- ใช้เครื่องจักรกลหนัก - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ
<u>จุดรอยต่อ</u>			
ข้อดี :	- ง่ายสำหรับคานช่วงเดียว	- ลักษณะจุดรอยต่อประกอบง่าย	- ลักษณะจุดรอยต่อประกอบง่าย
ข้อเสีย :	- ต้องมีการควบคุมคุณภาพสูง	- แนวและตำแหน่งของจุดรอยต่อควบคุมยาก - ระบบกันน้ำต้องควบคุมคุณภาพมาก	-
<u>สถาปัตยกรรม</u>			
ข้อดี :	- มีช่องว่างพื้นที่มาก - แบบแปลนมีความยืดหยุ่นมาก - ดัดแปลงภายในอาคารได้ง่าย	- ผิวผนังเรียบ สวยงาม - ไม่มีขอบและมุมเสา-คาน	-
ข้อเสีย :	-	- ดัดแปลงภายในอาคารยาก - แบบแปลนมีความยืดหยุ่นน้อย	- แบบแปลนมีความยืดหยุ่นน้อย เพราะมีข้อจำกัดเรื่องขนาดห้องและน้ำหนัก

* ได้ข้อมูลจากเอกสารต่างๆ เพื่อใช้เปรียบเทียบไม่ได้เก็บข้อมูลจากโครงการที่ก่อสร้างจริง

3.5 ปัญหาและอุปสรรคการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ในหัวข้อนี้เป็นการสรุปปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป จากโครงการที่ศึกษาทั้ง 4 โครงการ

1. โครงการ ก

ปัญหาและอุปสรรค	การแก้ปัญหา
1. มีการเปลี่ยนแปลงแบบรายละเอียดในส่วนงานสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อแบบโครงสร้างทำให้การผลิตหยุดบ่อย	1. จัดให้ผู้ออกแบบงานสถาปัตยกรรมและผู้ออกแบบงานโครงสร้าง ตกลงสรุปแบบออกมาให้เรียบร้อยก่อนการผลิต
2. การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามแบบส่งผลกระทบต่อการติดตั้ง	2. ควบคุมการผลิตมากขึ้นและอาศัยค่าความคาดเคลื่อนได้ของการติดตั้งมาแก้ไข
3. จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีระยะคาดเคลื่อนจากตำแหน่ง	3. ควบคุมการผลิตมากขึ้นและแก้ไข้ตามสภาพในการติดตั้ง
4. เหล็กโคเวลที่เสียบไว้กับคานคอดินไม่ตรงตำแหน่งและไม่ตรงกับจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป	4. ให้ตรวจสอบตำแหน่งและจำนวนของเหล็กโคเวลก่อนและหลังเทคอนกรีตคานคอดินและเจาะเสียบเหล็กโคเวลใหม่
5. ใช้เหล็กเส้นทำจุดยกแผ่นผนังสำเร็จรูปทำให้บริเวณจุดยกแตก	5. ใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงสูงไม่อ่อนตัวขณะยกป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต
6. คอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อแตกร้าวเนื่องจากการเชื่อม	6. ปรับกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมให้ต่ำลง
7. มีน้ำรั่วซึมตามรอยต่อผนังสำเร็จรูป	7. เกร๊าท์ในส่วนที่รั่วซึมใหม่และใช้น้ำยากันซึมทาก่อนทาสีทับ

2. โครงการ ข

ปัญหาและอุปสรรค	การแก้ปัญหา
1. มีการเปลี่ยนแปลงแบบรายละเอียดในส่วนงานสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อแบบโครงสร้างทำให้การผลิตหยุดบ่อย	1. จัดให้ผู้ออกแบบงานสถาปัตยกรรมและผู้ออกแบบงานโครงสร้าง ตกลงสรุปแบบออกมาให้เรียบร้อยก่อนการผลิต
2. การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามแบบส่งผลกระทบต่อการติดตั้ง	2. ควบคุมการผลิตมากขึ้นและอาศัยค่าความคาดเคลื่อนได้ของการติดตั้งมาแก้ไข
3. เหล็กโคเวลที่เสียบไว้กับคานคอดินไม่ตรงตำแหน่งและไม่ตรงกับจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป	3. ให้ตรวจสอบตำแหน่งและจำนวนของเหล็กโคเวลก่อนและหลังเทคอนกรีตคานคอดินและเจาะเสียบเหล็กโคเวลใหม่
4. ใช้เหล็กเส้นทำจุดยกแผ่นผนังสำเร็จรูปทำให้บริเวณจุดยกแตก	4. ใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงสูงไม่อ่อนตัวขณะยกป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต
5. คอนกรีตบริเวณจุดรอยต่อแตกร้าวเนื่องจากการเชื่อม	5. ปรับกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมให้ต่ำลง
6. มีน้ำรั่วซึมตามรอยต่อผนังสำเร็จรูป	6. เกร๊าท์ในส่วนที่รั่วซึมใหม่และใช้น้ำยากันซึมทาก่อนทาสีทับ

3. โครงการ ค

ปัญหาและอุปสรรค	การแก้ปัญหา
1. มีการเปลี่ยนแปลงแบบโครงสร้างจากระบบธรรมดาเป็นระบบสำเร็จรูป ทำให้เสียเวลาในตอนเริ่มงาน	1. ทางเข้าของโครงการชดเชยระยะเวลาเป็นเวลา 2 เดือน
2. เสาเข็มหนีสูญ	2. ตอกเสาเข็มเพิ่ม และทำคานยึด

3. ระยะทางขนส่งไกลทำให้ขนส่งไม่ทัน	3. เพิ่มจำนวนรถในการขนส่ง
4. น้ำท่วมบริเวณสถานที่ก่อสร้างหลังฝนตก	4. ทำระบบระบายน้ำ ถนนให้แล้วเสร็จและถมที่ให้ได้ระดับน้ำท่วมไม่ถึง
5. บางจุดรอยต่อมีเหล็กมากทำให้ติดตั้งยาก	5. -
6. จุดรอยต่อที่เป็นแบบหูช้างแตกร้าวจากการติดตั้ง	6. ทำจุดรอยต่อใหม่โดยใช้เหล็กเพล็ทเหล็กฉากและ Anchor Bolt
4. โครงการ ง	
<u>ปัญหาและอุปสรรค</u>	<u>การแก้ปัญหา</u>
1. การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามแบบส่งผลกระทบต่อการติดตั้ง	1. ควบคุมการผลิตมากขึ้นและอาศัยค่าความคาดเคลื่อนได้ของการติดตั้งมาแก้ไข
2. จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีระยะคาดเคลื่อนจากตำแหน่งมาก	2. ควบคุมการผลิตมากขึ้นและแก้ไข้ตามสภาพในการติดตั้ง
3. ผิวผนังสำเร็จรูปไม่เรียบตามข้อกำหนด	3. ใช้น้ำยาฉาบผิว
4. เหล็กโคเวลที่เสียบไว้กับคานคอดินไม่ตรงตำแหน่งกับจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป	4. ให้ตรวจสอบตำแหน่งและโคเวลก่อนและหลังเทคอนกรีตคานคอดินและเจาะเสียบเหล็กโคเวลใหม่
5. มีน้ำรั่วซึมตามจุดรอยต่อผนังสำเร็จรูป	5. เกร๊าท์ในส่วนที่รั่วซึมและทำระบบกันซึมใหม่

3.6 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ในหัวข้อนี้เป็นการสรุปข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป จากโครงการที่ศึกษาทั้ง 4 โครงการ

3.6.1 ข้อดี

1. ลดต้นทุนงานก่อสร้างโครงสร้างอาคาร
2. ลดระยะเวลางานก่อสร้างงานโครงสร้างของอาคาร ทำให้ลดค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน และมีรายได้จากการโอนอาคารให้กับผู้ซื้อหรือจากการใช้อาคารได้เร็วขึ้น
3. ลดความสูญเสียในงานคอนกรีต การทำงานในโรงงานของชิ้นส่วนสำเร็จรปจะทำให้สูญเสียคอนกรีตน้อยและทำงานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก
4. ใช้งานแบบหล่อได้มากครั้งกว่าและใช้งานง่ายกว่าไม่ยุ่งยาก เพราะแบบหล่อที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีขนาด และรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน การเคลื่อนย้ายแบบหล่อมีไม่มากทำให้แบบหล่อเสียหายน้อย
5. ควบคุมคุณภาพได้ง่ายกว่า การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะทำงานกันในโรงงาน พื้นที่จัดไว้ในการผลิตที่แน่นอน การขนส่ง การเก็บสต๊อก การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทุกงานมีขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน มีวิธีการที่แน่นอนจึงสามารถควบคุมคุณภาพของงานได้ดีกว่า
6. ลดจำนวนคนงานในการก่อสร้างช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน
7. ลดจำนวนช่างก่ออิฐฉาบปูนเพราะในปัจจุบันหาช่างก่ออิฐฉาบปูนที่มีคุณภาพยาก

3.6.2 ข้อเสีย

1. ช่วงแรกของการเริ่มงานต้องใช้ต้นทุนสูงสำหรับการก่อสร้างโรงงานและแบบหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป
2. การดัดแปลงอาคารกระทำได้ยากสำหรับอาคารที่ใช้ระบบผนังรับแรงสำเร็จรูป
3. บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง และบริษัทออกแบบควบคุมงานในประเทศไทย มีจำนวนน้อยและขาดประสบการณ์

4. หาผู้รับเหมาทดแทนยาก เนื่องจากการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ในช่วงแรกมีการลงทุนสูงและเทคนิคของการก่อสร้างยังเป็นลักษณะเฉพาะของผู้รับเหมาแต่ละรายอีกด้วย ในกรณีที่ผู้รับเหมารายแรกทำงานแล้วไม่ประสบความสำเร็จ จะหาผู้รับเหมารายใหม่มาแทนยาก เนื่องจากติดปัญหาด้านเทคนิคการก่อสร้างและการลงทุน

5. ขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ ซึ่งจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การทำงานก่อสร้างระบบสำเร็จรูปประสบความสำเร็จ

6. ไม่เหมาะสมกับโครงการที่มีการก่อสร้างอาคารหลายรูปแบบและมีจำนวนน้อย

7. การทำงานต้องควบคุมคุณภาพอย่างรอบคอบทุกขั้นตอน

3.7 สรุป

จากผลการวิจัยดังกล่าว ได้แสดงถึงขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป รูปแบบการวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ปัญหา-อุปสรรค การแก้ไข ข้อดี-ข้อเสีย จากทั้ง 4 โครงการ

เมื่อพิจารณาลักษณะของโครงการที่ใช้การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป มีความคล้ายคลึงกัน คือ มีการก่อสร้างอาคารจำนวนมาก และมีลักษณะอาคารที่เหมือนกันไม่มากแบบ ปัจจัยหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเลือกใช้ระบบสำเร็จรูปคือการลดต้นทุนและลดระยะเวลาก่อสร้าง

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปของแต่ละโครงการ มีขั้นตอนหลักที่เหมือนกัน และมีความแตกต่างกันในรายละเอียดตามลักษณะอาคาร ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปมี 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกทำการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามแบบที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยส่วนงานสำคัญ 3 งานคือ งานจัดทำโรงงานหรือลานหล่อ งานทำแบบหล่อ และงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ขั้นตอนที่สอง เป็นการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานผลิตไปยังสถานที่ก่อสร้างด้วยรถบรรทุกธรรมดาหรือรถบรรทุกที่ออกแบบมาเฉพาะขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูป ขั้นตอนที่สาม ดำเนินการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้เป็นโครงสร้างอาคาร ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยส่วนงานสำคัญ 2 งานคือ การยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อ สำหรับการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้เครื่องจักรกลหนักยกติดตั้ง ประเภทเครื่องจักรกลที่ใช้ ได้แก่ รถโมบายเครน และทาวเวอร์เครน ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและลักษณะอาคาร การประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป มี

การค้ำยันโดยใช้อุปกรณ์ค้ำยันเพื่อยึดชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้อยู่ในตำแหน่งชั่วคราวและทำการประกอบจุดรอยต่ออย่างถาวร ซึ่งมีทั้งแบบใช้การเชื่อมและแบบใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์

เมื่อพิจารณาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำงาน พบว่า โครงการต่างๆ ที่ทำการศึกษามีลักษณะของปัญหาและอุปสรรคที่คล้ายคลึงกันคือ การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามแบบที่กำหนด จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแต่ละชิ้นส่วนมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงตำแหน่ง การรั่วซึมของน้ำบริเวณจุดรอยต่อ และขาดความชำนาญในการผลิตและติดตั้ง

เมื่อพิจารณาข้อดี-ข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปมีดังนี้ ในด้านข้อดี คือลดต้นทุน ลดระยะเวลาก่อสร้าง ลดความสูญเสียในงานคอนกรีต ใช้แบบหล่อได้มากครั้ง ควบคุมคุณภาพได้ง่ายกว่า ลดจำนวนคนงานก่อสร้างและช่างก่ออิฐฉาบปูน ในด้านข้อเสียคือการดัดแปลงอาคารกระทำได้ยาก มีผู้รับเหมาจำนวนน้อย หาผู้รับเหมาทดแทนได้ยากเมื่อผู้รับเหมารายแรกเกิดปัญหา ขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ และการทำงานต้องควบคุมคุณภาพอย่างรอบคอบทุกขั้นตอน