หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวความคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ในปัจจุบัน การก่อสร้างจัดเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการลงทุนเป็นมูลค่ามาก ดังนั้น จึงได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีการก่อสร้าง เพื่อที่ทำให้มีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป จึงเป็นวิธีการก่อสร้างที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจและนำมาใช้

การที่โครงการจะเลือกวิธีการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ลักษณะของโครงการควรจะมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับความต้องการที่เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปคือ มีจำนวนอาคารที่ก่อสร้างมากและมีรูปแบบของอาคารที่ไม่หลากหลาย จนทำให้รูปแบบของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีมากจนเกินไป แบบหล่อที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถปรับตามลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปอย่างเหมาะสม สามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้การขนส่งและการเก็บสต๊อก การติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อ สามารถทำได้อย่างสะดวกและถูกต้อง

บทนี้จะเป็นการนำเสนอเกี่ยวกับ ความหมาย และประวัติของการใช้ระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป รูปแบบ หลักเกณฑ์ และขั้นตอนการออกแบบอาคารระบบสำเร็จรูป รวมไปถึงแนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนงานการก่อสร้าง และผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

การก่อสร้างอาคารคอนกรีตระบบสำเร็จรูป เป็นระบบการก่อสร้างโดยวิธีการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีผู้ให้ความหมายที่เกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปไว้ดังนี้

"พรีคาสต์คอนกรีต (Precast Concrete)" คือการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในสถานที่ใดๆ (เช่น โรงงาน บริเวณที่ก่อสร้าง) ก่อนแล้วนำไปประกอบกันเป็นโครงสร้าง (Sheppard David . A , and William R. Phillips, 1989)

"พรีแฟบบริเคชั่น (Prefabrication)" คืออุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตส่วนประกอบจำนวนมาก (Mass Producted Components) เพื่อก่อสร้างโดยอาศัย เครื่องมือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ยก สำหรับปฏิบัติงาน (GmbH,Bauverlag,Wiesbaden and Berlin, 1968)

ดังนั้น ความหมายของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปโดยรวม คือวิธีการก่อสร้างโดยการผลิตส่วนประกอบ(Precast Elements) ของอาคารสำเร็จรูปในโรงงาน แล้วนำมาประกอบติดตั้งเป็นอาคาร โดยอาศัยอุปกรณ์ยก

2.2 ประวัติการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป

การก่อสร้างอาคารคอนกรีตระบบสำเร็จรูป ได้เริ่มจากการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ในโครงสร้างของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ และได้พัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆ ดังนี้

ในปี ค.ศ.1891 ได้เริ่มมีการใช้ดานคอนกรีตสำเร็จรูปกับอาคารคาสิโน(Casino) ที่ Biarritz โดยบริษัท Ed. Coignet , Paris จำกัด เป็นครั้งแรก

ในปี ค.ศ.1900 ที่บรุกลิน (Brooklyn), นิวยอร์ค, ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำพื้นหลังคาคอนกรีตสำเร็จรูป ขนาด กว้าง 1.20 ม. ยาว 5.10 ม. และหนา 5 ซม. ติดตั้งบนคานเหล็กที่สานกันเป็นตาราง (Lattice Steel Framework)

ในปี ค.ศ. 1905 ที่ Pennsylvania , ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ก่อสร้างอาคาร 4 ชั้น โดยใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

ในปี ค.ศ. 1906 บริษัท Wayess & Freytag จำกัด ประเทศเยอรมัน ได้ทำโรงงานผลิตเสาเข็มคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้น

ในปี ค.ศ. 1907 บริษัท Edison Portland Cement จำกัด ได้ก่อตั้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคาร ที่ New Village ประเทศสหรัฐอเมริกา และในปีเดียวกันก็ได้มีวิธีการก่อสร้างที่เรียกว่า "Tilt-up" เกิดขึ้น

ในปี ค.ศ. 1912 มีการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปหลายชั้น โดยใช้ เสา ผนังและพื้น สำเร็จรูป และถือเป็นลิขสิทธิ์ระบบการก่อสร้างของ John E. Conzelman

ในปี ค.ศ. 1926 บริษัท Wayess & Freytag จำกัด ได้ก่อสร้างอาคารจัดเก็บท่อ โดยใช้คานเหล็กโครงสำเร็จรูป ช่วงยาว 22.70 ม.

ในปี ค.ศ. 1942 บริษัท Philipp Holzmann AG จำกัด ได้ก่อสร้างอาคารคอนกรีตชั้นเดียว ที่มีช่วงคานยาว 7.0 ม. และ 9.0 ม. โดยใช้คานและเสาคอนกรีตสำเร็จรูป และจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้ โบล์ทและนัท (Bolt-nut)

สำหรับในทวีปยุโรป การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ได้เริ่มขึ้นหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 1 และการก่อสร้างอาคารโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ประสบความสำเร็จในอเมริกา เมื่อประมาณ ค.ศ. 1919 (Peterson, J.L., 1962)

สำหรับในประเทศไทยระบบการก่อสร้างโดยการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ได้มีการใช้ในวงการก่อสร้าง ประมาณ 30 กว่าปีที่ผ่านมา แต่จำนวนของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้ในตัวอาคารมีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณงานทั้งหมด สำหรับอาคารสูงในกรุงเทพฯ มีการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ในอาคารน้อยมาก (ประมาณน้อยกว่า 5% ของการก่อสร้าง) โดยส่วนใหญ่งานที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จ ได้แก่ บันได, Parapets, Eaves และ Facade Panels

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป เริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากขึ้น ตั้งแต่ครั้งที่บริษัท ซีคอน จำกัด นำคานและพื้นสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร และในช่วง 10 ปีก่อนหน้านี้ บริษัท บางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบเข้ามาใช้กับคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรม ในโครงการเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ แต่ในครั้งนั้นดูจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร และเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เมื่อคอนโดมิเนียมโครงการบ้านสวนธนได้นำระบบนี้มาใช้และเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นเลือกใช้ระบบก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป

2.3 รูปแบบ หลักเกณฑ์ และขั้นตอนการออกแบบอาคารคอนกรีตระบบสำเร็จรูป

2.3.1 รูปแบบโครงสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

รูปแบบของโครงสร้างอาคารสำเร็จรูป จัดแบ่งตามลักษณะของการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป มี 2 ประเภทคือ

1. โครงสร้างเฟรม (Frame Structure)
2. โครงสร้างพาเนล (Panel Structure)

จากรูปแบบการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้ง 2 ประเภท สามารถแบ่งเป็นระบบโครงสร้างตามการใช้งานและการก่อสร้างได้เป็น 3 ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (Satid Singsomboon, 1987)

2.3.1.1 ระบบโครงเฟรม (Framed Structure Systems)

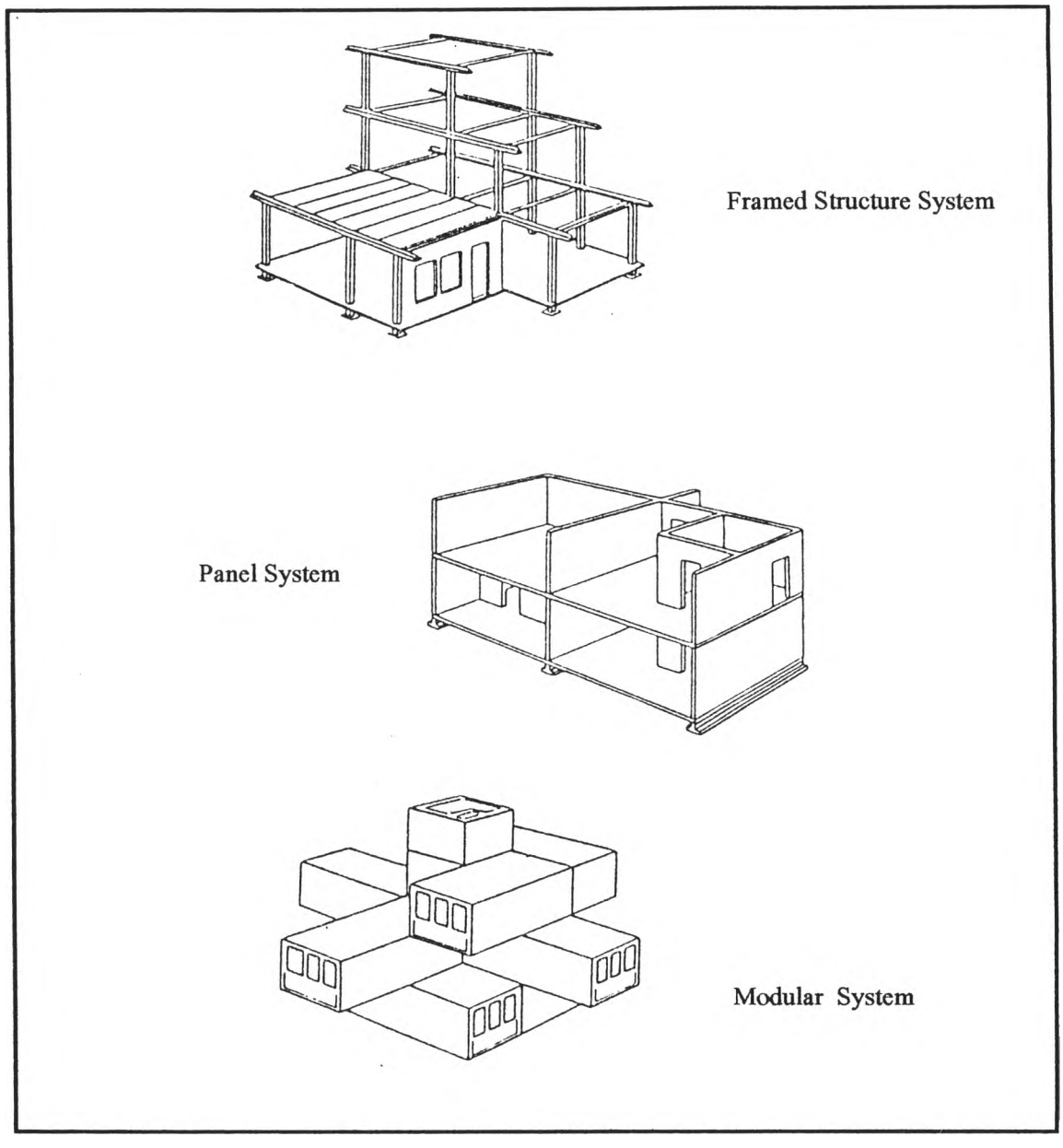
ระบบโครงเฟรม (Framed Structure Systems) เป็นลักษณะโครงสร้างที่รับน้ำหนักลงบนคาน ส่งผ่านน้ำหนักผ่านไปยังเสาและลงสู่ฐานรากตามลำดับ ในระบบจะเน้นที่โครงสร้างคานและเสาเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.3.1.2 ระบบพาเนล (Panel Systems)

ระบบพาเนล (Panel Systems) เป็นลักษณะโครงสร้างที่รับน้ำหนักจากแผ่นพื้นส่งผ่านน้ำหนักไปยังแผ่นผนัง และลงสู่ฐานรากตามลำดับ ในโครงสร้างระบบนี้จะเน้นที่โครงสร้างแผ่นพื้นและแผ่นผนังรับแรงเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นหลัก ขนาดของแผ่นพาเนลจะขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในการขนส่งและการติดตั้ง โครงสร้างระบบนี้ ขนาดและน้ำหนักของแผ่นพาเนลเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการผลิต การขนส่ง และการยกติดตั้ง

2.3.1.3 ระบบโมดูลาร์ (Modular System)

ระบบโมดูลาร์ (Modular System) เป็นลักษณะโครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นกล่อง 3 มิติ ในแต่ละโมดูลาร์จะเป็นโครงสร้างที่มีเสถียรภาพในตัวเอง บางโมดูลาร์อาจจะมีการทำงานสถาปัตยกรรมและงานระบบมาเรียบร้อย แล้วนำมาติดตั้งเป็นระบบโครงสร้างรวมของอาคาร แต่ละโมดูลาร์อาจมีลักษณะ เช่น เป็นรูปตัว U รูปตัว C รูประฆัง รูปกล่องสี่เหลี่ยม ข้อจำกัดในระบบนี้ จะอยู่ที่การขนส่งและการยกติดตั้ง ซึ่งต้องพิจารณาทั้งรถขนส่ง ความสามารถในการรับน้ำหนักของถนน และเครื่องจักรที่จะทำการยกติดตั้ง เนื่องจากชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก



รูปที่ 2.1 แสดงระบบโครงสร้างของอาคารสำเร็จรูป

2.3.2 หลักเกณฑ์การพิจารณาการออกแบบ

ในเชิงวิศวกรรมแล้ว มีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการออกแบบและการเลือกรูปแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป นำมาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

2.3.2.1 น้ำหนักบรรทุก

จะต้องพิจารณาและกำหนดให้ชัดเจนว่า การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องรับแรงกระทำชนิดต่าง ๆ เท่าใด

1. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ซึ่งจะมีน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตเองและน้ำหนักโครงสร้างอื่น ๆ ที่ชิ้นส่วนนั้นรองรับอยู่

2. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เกิดจากการใช้งาน

3. แรงอันเนื่องจากลม (Wind Load) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบแรงกระทำในแนวราบและแนวดิ่ง นอกจากนี้ลมอาจจะทำให้เกิดการสั่น การแกว่งหรือโยกตัวของโครงสร้างอาคารได้

4. แรงอันเนื่องจากแผ่นดินไหว (Earthquake) ปัจจุบันวิศวกรไทยส่วนมากยังไม่คำนึงถึงแรงจากแผ่นดินไหว แต่ในอนาคตอันใกล้จะมีกฎกระทรวงบังคับให้อาคารซึ่งก่อสร้างในจังหวัดซึ่งเคยมีประวัติได้รับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ต้องออกแบบอาคารรับแรงจากแผ่นดินไหวด้วย ซึ่งได้แก่จังหวัด กาญจนบุรี เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา ลำพูน ตาก น่าน แพร่ และลำปาง

5. แรงจากการสั่นสะเทือน เป็นแรงจากอุบัติเหตุหรือแรงจากสิ่งที่ไม่คาดคิด(Vibration, Accident, Unforseen) ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปควรออกแบบให้มีส่วนเผื่อเหลือเพื่อรับแรงที่ไม่คาดคิด หรือแรงจากอุบัติเหตุทั้งขณะก่อสร้าง หรือภายหลังก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น แก๊สระเบิด รถชนผนังอาคาร เป็นต้น

2.3.2.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง

เพื่อให้ได้รูปแบบของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

1. พื้นที่ทางเข้าและถนน (Access Area Available) กรณีที่พื้นที่ก่อสร้างอาคารมีถนนทางเข้าที่สะดวกกว้างขวาง ก็สามารถเลือกใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปขนาดใหญ่ได้ และหากมีที่ว่างโดยรอบอาคารก็จะสามารถใช้เครื่องมือหนักประเภท รถเครน (MobileCrane หรือ Crawler Crane)ได้ แต่หากไม่มีที่ว่างเพียงพออาจต้องใช้ ทาวเวอร์เครน (Tower Crane) ซึ่งจะยกชิ้นส่วนคอนกรีตที่หนักมากไม่ได้ ซึ่งขึ้นกับความเหมาะสมกับแต่ละอาคาร

2. รูปร่างลักษณะของอาคาร (Building Layout) อาคารพักอาศัยที่มีกำแพงจำนวนมากและมีรูปร่างซ้ำๆ กัน จะเหมาะสมกับการใช้ระบบโครงสร้างผนังรับแรงที่จะใช้เป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพราะสามารถผลิตซ้ำ ๆ กันจำนวนมากจากโรงงาน อาคารสำนักงาน ซึ่งไม่ใคร่มีผนังถาวรย่อมจะไม่เหมาะกับการใช้ระบบโครงสร้างผนังรับแรงได้ แต่อาจจะใช้เป็นระบบโครงเฟรมรับโมเมนต์ (Moment Frame System) และผนังโดยรอบอาคารอาจจะเป็นผนังกันตกสำเร็จรูป (Precast Concrete Facade)

3. โรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Factory) กรณีที่มีโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอยู่ใกล้หน่วยงานก่อสร้าง ก็จะให้ความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง ถ้าในสถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่เพียงพอ ในปัจจุบันเทคโนโลยีและเครื่องมืออุปกรณ์ดีขึ้นมาก ทำให้สามารถสร้างโรงงานเฉพาะกิจขึ้นในหน่วยงานก่อสร้างได้ในเวลาอันรวดเร็ว กรณีที่โรงงานผลิตชิ้นส่วนอยู่ไกลจากหน่วยงานก่อสร้าง ควรออกแบบให้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีขนาดเล็กลง และมีรูปแบบที่ซ้ำๆ กันจำนวนมาก เพื่อใช้ทดแทนกันได้ลดปัญหาการจัดลำดับการขนส่งและการเก็บสต๊อกที่หน่วยงาน

4. ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Erection Process) ขั้นตอนการประกอบติดตั้งขณะก่อสร้าง จะเป็นตัวบังคับให้ชิ้นส่วนคอนกรีตมีรูปแบบที่ต่างๆ กัน

5. พื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Stocking Area) การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ควรจะมีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปพอสมควร และจะต้องจัดคิวการขนส่งบรรทุกชิ้นส่วนคอนกรีตให้แม่นยำและตรงเวลา ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง กรณีที่ไม่มีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาจทำให้การก่อสร้างล่าช้าออกไปกว่ากำหนดการได้มาก

2.3.2.3 เครื่องจักรกลและขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. เครื่องจักรกลที่มีอยู่ (Equipment Available) เครื่องจักรกลที่มีอยู่ในเวลาและสถานการณ์ขณะก่อสร้าง จะเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และกำหนดวิธีการขั้นตอนการประกอบติดตั้ง อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันปัญหาเหล่านี้จะค่อยๆ ลดน้อยลง เนื่องจากการติดต่อคมนาคมสะดวกขึ้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีเครื่องจักรกลก้าวหน้าขึ้นมากทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. น้ำหนักที่มากที่สุดของชิ้นส่วนคอนกรีต (Maximum Weight of Concrete) น้ำหนักของคอนกรีตของชิ้นส่วนที่หนักมากที่สุด จะเป็นตัวบังคับให้ต้องเลือกใช้เครื่องจักรกล

(ทั้งในโรงงานและในหน่วยงาน) ที่มีกำลังเพียงพอ รวมทั้งวิธีการประกอบติดตั้งจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของชิ้นส่วนด้วย

3. ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของชิ้นส่วนคอนกรีต (Maximum Size of Element) การเลือกขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตที่ใหญ่ที่สุด จะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการผลิต การขนส่ง และการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป การขนส่งชิ้นส่วนคอนกรีตตามถนนหลวง จะถูกจำกัดความกว้างของตัวรถบรรทุกไม่เกิน 2.50 เมตร และสูงไม่เกิน 4 เมตร ฉะนั้นชิ้นส่วนที่มีขนาดกว้างและความยาวเกิน 2.50 เมตร จะต้องขนส่งในลักษณะตั้งหรือเอียง แต่ความสูงก็ต้องไม่เกิน 4 เมตร ยกเว้นแต่จะมีการขออนุญาติเป็นพิเศษ

4. ขั้นตอนการประกอบติดตั้ง (Sequence of Erection) ขั้นตอนหรือความสามารถที่จะประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนมีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ กันไป และยังมีผลกับความรวดเร็วในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้วย

5. พื้นที่ทางเข้าที่ต้องการ (Acess Area Required) การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงอย่างมากว่า ขณะประกอบติดตั้งจะมีพื้นที่พอเพียงที่จะทำงานได้จริง Acess Area ไม่ได้หมายถึง เฉพาะที่ดินหรือถนนรอบอาคารเท่านั้น แต่รวมความถึงที่ว่างในอากาศด้วย อาทิเช่น ต้องคำนึงถึงว่าในแต่ละขั้นตอนขณะประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป เครื่องจักรที่ใช้ยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องสามารถหิ้วชิ้นส่วนสำเร็จรูปไป วางลงตามตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยไม่ถูกกีดขวางจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร

2.3.2.4 ระยะเวลา

ระยะเวลาเป็นสิ่งสำคัญและมีผลกับต้นทุนของการก่อสร้าง และเมื่อต้องการเร่งงานก่อสร้างให้ทันเวลาก็ยิ่งจะมีผลต่อต้นทุนมากขึ้นด้วย

1. รอบระยะเวลา (Cycle Time) รอบระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปและรอบระยะเวลาในการประกอบติดตั้งแต่ละส่วนของอาคาร จะเป็นตัวกำหนดให้ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตและใช้เครื่องจักรในการติดตั้งที่มีความสามารถทำงานให้ทันเวลาที่กำหนดไว้อาทิ เช่น เมื่อต้องการให้สามารถผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยมีรอบระยะเวลา 24 ชั่วโมง ย่อมจะต้องใช้คอนกรีตเทคโนโลยี เพื่อเร่งให้คอนกรีตมีกำลังอัดสูงในเวลาที่เร็ว

2. ระยะเวลาก่อสร้าง (Total Construction Time) ถ้าพิจารณารอบระยะเวลาของการผลิตและการขนส่งกับรอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป รอบระยะเวลาทั้งสองส่วนสามารถที่จะดำเนินการไปพร้อมกันได้ ซึ่งถ้าพิจารณาการผลิต

และการขนส่งสามารถดำเนินการไว้ก่อนหน้าแล้ว รอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะเป็นสิ่งควบคุมระยะเวลาของการก่อสร้างแต่ละโครงการว่าเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เลือกใช้ทั้งหมด มีความเหมาะสมที่ทำให้สามารถก่อสร้างได้ทันเวลาหรือไม่

2.3.2.5 เสถียรภาพของโครงสร้าง

การเลือกรูปแบบการก่อสร้างอาคารด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงเสถียรภาพและความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวดังนี้

1. ระหว่างการก่อสร้าง (Construction Period) โครงสร้างที่ออกแบบและขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อ จะต้องทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพเพียงพอไม่ล้มลงหรือพังทลายโดยง่าย ทั้งนี้อาจใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วยค้ำไว้ชั่วคราวขณะก่อสร้าง

2. ในระยะยาว (Longterm Condition) ในระยะยาวแล้วโครงสร้าง จะต้องมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ความสั่นสะเทือนจากแรงต่าง ๆ พอเพียงที่จะไม่พังทลายตลอดอายุของอาคารนั้น

3. การดัดแปลงในภายหลัง (Later Modification) อาคารคอนกรีตที่ก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป ย่อมจะมีขีดจำกัดทำให้การดัดแปลงอาคารในระยะหลัง (หลังจากการก่อสร้าง) ยุ่งยากหรือทำไม่ได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบโครงสร้าง โดยเฉพาะจุดรอยต่อจะต้องมีกำลังสำรองไว้พอสมควรที่จะไม่ทำให้โครงสร้างพังทลายเสียหายอย่างร้ายแรง หากมีการดัดแปลงโครงสร้างโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ และหากเป็นไปได้ควรมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าหากต้องการดัดแปลงอาคารในภายหลังจะสามารถทำได้กรณีใดบ้างและทำอย่างไร ตัวอย่างเช่น กรณีทาวน์เฮ้าส์ อาจเผื่อให้สามารถเจาะผนังรับแรง (Bearing Wall) (ในตำแหน่งที่กำหนดไว้) เพื่อให้สามารถเดินทะลุจากห้องหนึ่งไปอีกห้องหนึ่งได้

4. กลไกการพังทลายที่เป็นไปได้ (Possible Failure Mechanism) การออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึงว่า กลไกการพังทลายจะเป็นอย่างไร หากชิ้นส่วนสำเร็จรูปใดชิ้นส่วนหนึ่งแตกหักหรือหายไป การออกแบบที่ดีจะต้องให้โครงสร้างมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายได้น้อยที่สุด หรือพังทลายแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้คน นอกจากนี้ จะต้องพิจารณาว่าในระหว่างการก่อสร้างจะมีโอกาสเกิดการพังทลายด้วยกลไกอย่างใดบ้าง เพื่อจะได้ป้องกันมิให้เกิดกลไกการพังทลายเช่นนั้น

5. การพังทลายอย่างต่อเนื่อง (Progressive Failure) การออกแบบโครงสร้างชนิดนี้จะต้องป้องกันมิให้โครงสร้างเกิดการพังทลายอย่างต่อเนื่อง จะเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ เช่น ถังแก๊สระเบิด รถบรรทุกพุ่งชนชั้นล่างของอาคาร เป็นต้น

2.3.3 ขั้นตอนการออกแบบอาคารสำเร็จรูป

การออกแบบอาคารสำเร็จรูปนั้นแบ่งพิจารณาออกเป็น 4 ส่วนคือ

2.3.3.1 พิจารณารูปแบบความมั่นคงของอาคาร

2.3.3.2 พิจารณาการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.3.3.3 พิจารณาออกแบบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2.3.3.4 พิจารณาค่าความคาดเคลื่อนในการทำงาน

2.3.3.1 รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร

ความแข็งแรงและความปลอดภัยเป็นเรื่องที่สำคัญมากในการออกแบบอาคารสำหรับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ดังนั้นการออกแบบอาคารคอนกรีตสำเร็จรูปให้แข็งแรงปลอดภัย ลักษณะสำคัญขึ้นอยู่กับการออกแบบจุดรอยต่อของแต่ละชิ้นส่วน การทำให้จุดรอยต่อของแต่ละชิ้นส่วนหลังจากก่อสร้างเสร็จแล้ว มีคุณสมบัติแบบเดียวกับโครงสร้างที่ก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ ให้มีอยู่ในการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป (จุดรอยต่อระบบสำเร็จรูปต้องมีความแข็งแรงไม่น้อยกว่าจุดรอยต่อของระบบหล่อในที่)

รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารที่นำมาใช้ในการออกแบบ มีดังนี้

1. โครงสร้างเสารับโมเมนต์ (Columns Fixed to the Foundation)

ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งหมด จะขึ้นอยู่กับเสาที่ยึดติดกับฐานราก คานที่ยึดติดกับเสาจะมีลักษณะเป็นแบบจุดหมุน (hinge)

2. โครงสร้างเฟรมรับโมเมนต์ (Frames with Moment Connections)

ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของจุดต่อของเสาและคาน ซึ่งมีความสามารถรับโมเมนต์ด้วย ข้อเสีย มีความซับซ้อนในการผลิตและขนส่ง และ

การติดตั้งกระทำได้ยาก

3. โครงสร้างผนังและคอร์รับแรง (Shear Walls and Cores)

ความมั่นคงแข็งแรงของระบบนี้จะมีคอร์หรือแผ่นผนังเป็นตัวที่ทำให้ระบบนี้มีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งสามารถจะใช้กับอาคารสูงได้ระดับหนึ่ง จุดรอยต่อระหว่าง คาน-คาน เสา-เสา และคาน-เสา การออกแบบจะเป็นจุดรอยต่อแบบจุดหมุน(hinge)

หลักการออกแบบและก่อสร้าง

- ส่วนคอร์จะดำเนินการหล่อในที่
- ส่วน คาน, เสา และพื้น หรือ พื้นและผนัง จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4. โครงสร้างผนังรับแรงรอบอาคาร (Load Bearing Facades and Facde Tube)

ความมั่นคงแข็งแรงขึ้นอยู่กับการประสานกันเป็นกล่องของโครงสร้าง โดยให้แรงในแนวดิ่งเท่ากับหรือมากกว่าแรงในแนวนอน

5. โครงสร้างผนังรับแรง (Bearing Wall Structures)

ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยให้โครงสร้างรับน้ำหนักในแนวตั้งอย่างเดียว ไม่รับแรงดึงในแนวนอน

6. ไดอแกรมพื้นและหลังคา (Floor and Roof Diaphragms)

เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย โดยการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ระบบพื้นแพล็งค์(Plank) ระบบพื้นฮอลโลว์-คอร์ (Hollow Core) การใช้โครงสร้างระบบนี้จะสามารถก่อสร้างพื้นได้อย่างรวดเร็ว

7. โครงสร้างแบบเซลล์(Cell Structures)

เป็นการออกแบบโครงสร้างผนังและพื้นรวมกันเป็นห้องแล้วนำมาประกอบติดตั้ง โครงสร้างแบบเซลล์อาจจะทำงาน สถาปัตยกรรม ติดตั้งระบบไฟฟ้าและประปามาเรียบร้อยแล้ว ความมั่นคงแข็งแรงจะอยู่ในรูปของระบบ Shear Wall ลักษณะของ Cell Structures ที่ทำการผลิตได้แก่ แบบระฆังคว่ำ (the Bell type) แบบตัวยู(the U type) แบบตัวซี(the C type)

2.3.3.2 การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในระหว่างการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อ จะมีความเค้น(Stress) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป ผู้ออกแบบจะต้องมีการคำนวนและออกแบบ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

ความเค้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต มาจากแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและแบบหล่อในขณะถอดแบบหล่อ รวมทั้งน้ำหนักของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเองในขณะที่ยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากแบบหล่อ ดังนั้นไม่ควรยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยเฉพาะผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจากแนวนอนขึ้นแนวตั้งโดยตรง ควรจะยกขึ้นมาทั้งแบบหล่อโดยให้แบบหล่อสามารถทำมุมกับแนวนอนได้ประมาณ 70 องศา แล้วถึงยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปออกจากแบบหล่อ หรือถ้าไม่สามารถยกแบบหล่อได้ก็ต้องรอให้คอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ผู้ออกแบบกำหนดถึงจะยกได้

สำหรับความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระหว่าง การขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อ เนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- ในขณะขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป แนวและตำแหน่งของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ไม่ได้อยู่ในแนวและตำแหน่งที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างอาคาร เช่น เสาออกแบบเพื่อให้รับแรงในแนวดิ่งตามความยาวของเสา และแรงเฉือนที่เกิดจากแรงลมเมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ระหว่างการขนส่งและติดตั้ง เสาดังกล่าวจะทำหน้าที่รับน้ำหนักและความเค้นที่เกิดขึ้นเหมือนคาน
- ชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องการค้ำยันจากชิ้นส่วนโครงสร้างอื่น เมื่อประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างเสร็จแล้ว แต่ในขณะขนส่งและติดตั้งอาจจะไม่มี
- ในระหว่างการติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาจจะยังไม่สมบูรณ์ หรือยังไม่เต็มระบบโครงสร้าง หรือยังไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่ ดังนั้น ในระหว่างการขนส่งและการติดตั้ง จะต้องทำการค้ำยันให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับคนและทรัพย์สินเสียหาย

2.3.3.3 การออกแบบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป

จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป สำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปมีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร จุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบ่งได้เป็น 3ประเภท

1. จุดรอยต่อแบบเปียก (Wet Joint)

จุดรอยต่อแบบเปียก เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการเกร๊าท์ จุดรอยต่อนี้จะไม่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที ต้องรอจนกว่าวัสดุมีความแข็งแรงตามข้อกำหนด จุดรอยต่อแบบนี้ ได้แก่ จุดรอยต่อแบบการใช้เหล็กโคเวล-เกร๊าท์, แบบDry Packed

2. จุดรอยต่อแบบแห้ง (Dry Joint)

จุดรอยต่อแบบแห้ง เป็นลักษณะของจุดรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อของวัสดุที่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที จุดรอยต่อแบบนี้ ได้แก่ แบบการใช้โบลท์(Bolting) แบบการเชื่อม (Welding) จุดรอยต่อแบบนี้ หลังจากทำงานเสร็จแล้ว จะทำการปิดรอยต่อด้วยมอร์ต้า อีพอกซี่ วัสดุกันซึม วัสดุกันสนิม อย่างใดอย่างหนึ่ง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

3. จุดรอยต่อแบบอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned)

จุดรอยต่อแบบอัดแรงภายหลัง เป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้น หรือระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยจะใช้เทนดอน(Tendon) เป็นวัสดุที่ใช้ดึงและยึดปลายของเทนดอนไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

ตามพื้นฐานของการประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างอาคาร ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ต้องสามารถส่งผ่านแรงที่กระทำระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างได้ตามที่ออกแบบ แรงดังกล่าวประกอบไปด้วย

1. แรงอัด (Compression Forces) การส่งผ่านแรงอัดระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถจะใช้วิธีดังนี้

1.1 การส่งผ่านแรงโดยตรง(Direct Contact) เป็นการถ่ายแรงอัดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สัมผัสกันโดยตรง จะไม่มีวัสดุใส่กั้นระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป เหมาะกับการใช้ที่มีแรงอัดหรือแรงกดไม่มากนัก

1.2 การส่งผ่านแรงโดยผ่านวัสดุ (Transfer of Forces through Joint Materials) เป็นการส่งผ่านแรงอัดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีวัสดุมารองระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป และไม่ทำให้ผิวสัมผัสของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสียหาย

2. แรงดึง (Tensile Forces) การส่งผ่านแรงดึงระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถจะใช้วิธีดังนี้

2.1 การทาบเหล็ก(Lapping of Reinforcement Bars) เป็นลักษณะที่ใช้กันมาก เป็นการเว้นส่วนที่มีการทาบของเหล็กโครงสร้างที่ใช้รับแรงดึงและจะหล่อคอนกรีตในที่หลังจากติดตั้งเสร็จ จำนวนและปริมาณจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2.2 การใช้โบลท์ สามารถใช้ส่งผ่านแรงทั้งแรงดึงหรือแรงเฉือนลักษณะของโบลท์มีลักษณะเป็น แบบเกียว แบบสมอ เป็นต้น

2.3 การเชื่อม ลักษณะเหมือนการทาบเหล็ก และใช้ระยะทาบน้อยลงโดยใช้รอยเชื่อมแทน

2.4 การรับแรงดึงภายหลัง(Post-Tensioned) เป็นลักษณะจุดรอยต่อที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละชิ้นหรือระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยจะใช้เทนดอน(Ttendon) เป็นวัสดุที่ใช้ดึงและยึดปลายของเทนดอนไว้ที่ชิ้นส่วนสำเร็จรูป การดึงจะกระทำหลังจากหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว หรือหลังจากติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสร็จแล้ว

3. แรงเฉือน(Shear Force)การส่งผ่านแรงเฉือนระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถจะใช้วิธีดังนี้

3.1 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ (Friction bond)

3.2 เหล็กเสริมรับแรงเฉือน(Shear keys)

3.3 การใช้โบลท์

3.4 การเชื่อม

2.3.3.4 การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน

การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เป็นการสมมุติหรือคาดเดาระยะที่จะผิดจากระยะที่แบบกำหนดที่จะเกิดขึ้น การปฏิบัติงานจริงค่าความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้มีดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Manufacturing Tolerances) ซึ่งอาจเกิดจากคุณสมบัติแบบหล่อ เช่น แบบหล่อบวมหรือยุบ (Swelling and Drying of Formwork) อาจเกิดจากการประกอบแบบหล่อคลาดเคลื่อนหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณ

สมบัติของคอนกรีต เช่น Shrinkage Creep และ อุณหภูมิ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

2. เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Setting-out Tolerance) อาจจะเป็นค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าระยะที่กำหนดไว้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

3. เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Tolerances) ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่าที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้หรือตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ PCI

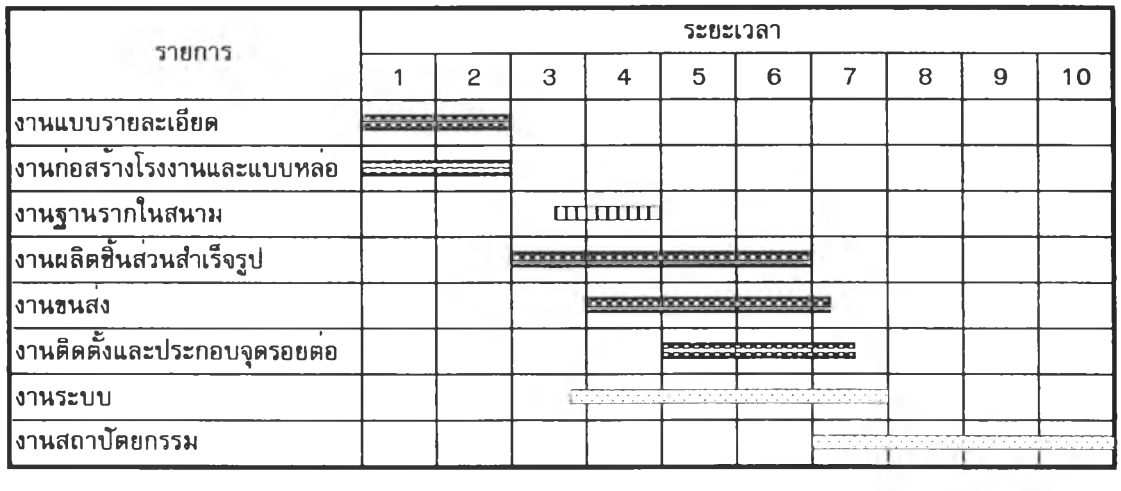
2.4 การวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

เมื่อทราบถึงรูปแบบ หลักเกณฑ์ และขั้นตอนการออกแบบอาคารคอนกรีตระบบสำเร็จรูปแล้ว การวางแผนงานการก่อสร้างก็เป็นสิ่งสำคัญ ที่จะช่วยให้การก่อสร้างประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ

พนม ภัยหน่าย (2539) ได้กล่าวถึงการวางแผนงานไว้ดังนี้ ก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้างนั้น การวางแผนงานถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุด เพราะถ้าแผนงานวางไว้ไม่ละเอียดรอบคอบและรัดกุมเพียงพอแล้ว จะก่อให้เกิดปัญหานานาประการตามมาได้ การวางแผนงานจึงเป็นการขจัดปัญหาต่างๆ ไว้ตั้งแต่ต้น และถ้างานก่อสร้างสามารถดำเนินไปตามแผนที่วางไว้แล้ว ก็จะยิ่งเป็นคุณประโยชน์ต่อผู้ดำเนินงานมากขึ้นอีกด้วย จึงควรได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ไว้ให้พร้อมและให้มากที่สุดเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาและตัดสินใจเพื่อที่จะกำหนดเป็นแผนงานขึ้น การวางแผนจึงเป็นการคิดอย่างละเอียดถี่ถ้วนถึงรูปลักษณะของงานที่ตั้งใจจะทำ และสิ่งที่สำคัญในการวางแผนงานคือ ให้รู้ทางตัดสินใจตามลำดับก่อนล่วงหน้า และสามารถจะปฏิบัติงานที่มีระเบียบแบบแผนอย่างดีได้ผลอย่างเต็มที่ และช่วยให้งานที่ทำอยู่นั้นง่ายขึ้นมาก การวางแผนจึงช่วยให้การทำงานเป็นไปตามหลักเหตุผลทางวิชาการ สามารถใช้กำลังคน เครื่องมือ และเงินอย่างประหยัด งานสำเร็จลุล่วงไปโดยเร็วและได้ผลงานเป็นที่หน้าพึงพอใจ ซึ่งนอกจากจะทำให้งานดังกล่าวง่ายขึ้นแล้ว ยังสามารถทำให้มองเห็นปัญหาและข้อจำกัดต่างๆ ได้ล่วงหน้าอีกด้วย

ศิริพร พงศ์ศรีโรจน์ (2536) ได้กล่าวถึงการวางแผนงานไว้ดังนี้ การวางแผนเป็นกระบวนการของการใช้ความคิดและการตัดสินใจ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ที่จะทำ แล้วหาขั้นตอนการปฏิบัติและวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรทางการบริหาร อันประกอบด้วย คน เงิน วัสดุ และการจัดการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้หลายๆวิธี แล้วตัดสินใจเลือกขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุด

เนื่องจากโครงการก่อสร้าง มีสภาพการทำงานที่ประกอบกอบด้วยงานหลายอย่าง มีการใช้วัสดุ แรงงาน เครื่องจักร และทรัพยากรหลายประเภท เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้ทรัพยากร จึงต้องมีการวางแผนงานก่อสร้างที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะใช้วิธีการวางแผนแบบตารางเวลา(Barchart) วิธีหาแนววิกฤต (Critical Path Method หรือ CPM) วิธีการตรวจสอบและประเมินผลงาน(Program Evaluation and Review Technique หรือ PERT) วิธีเส้นสมดุลยภาพ (Line of Balance) วิธีแผนผังลำดับก่อนหลังของงาน(Precedence Diagrams) เป็นต้น นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญยิ่งก็คือต้องเข้าใจวิธีการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างที่เราเลือกใช้ในโครงการ ลักษณะการวางแผนงานสำหรับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปนั้น ก็มีลักษณะเช่นเดียวกับการวางแผนงานก่อสร้างทั่วไป ตัวอย่างการวางแผนงานสำหรับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป โดยใช้วิธีการวางแผนแบบตารางเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนงานหลักในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่างานหลักสำคัญหลายงานสามารถดำเนินการควบคู่กันได้ เช่นงานทำฐานรากของอาคาร สามารถดำเนินการพร้อมกับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ ซึ่งลักษณะนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารที่มีเป็นจำนวนมาก เช่น หมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น ทั้ง 4 โครงการที่ทำการศึกษา จะมีลักษณะของการวางแผนงานหลักที่เหมือนกันจะแตกต่างกันในรายละเอียดบ้างตามลักษณะอาคาร

2.5 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารต่างๆ การสำรวจ และสอบถามจากผู้รับเหมางานก่อสร้างอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป พบว่าวิธีการก่อสร้างดังกล่าว มีทั้งข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ ดังนี้

2.5.1 ข้อดีของการก่อสร้างอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป

1. สามารถลดระยะเวลาก่อสร้างได้ เนื่องมาจากสามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงานและดำเนินการก่อสร้างในส่วนของงานสนามในเวลาเดียวกัน(รายละเอียดในบทที่ 4)

2. ลดความสูญเสียในงานคอนกรีต เช่น เมื่อเทคอนกรีตในที่จะทำมีคอนกรีตหกหล่นเนื่องจากการขนส่งและการเท ยิ่งทำในที่สูงหรือชิ้นส่วนที่แคบก็จะทำให้สูญเสียคอนกรีตมาก การทำงานในโรงงานของชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำให้สูญเสียคอนกรีตน้อย

3. งานคอนกรีตทำได้ง่ายขึ้น เช่น งานที่ต้องทำในที่สูงหรือพื้นที่ในการทำงานน้อยจะทำให้งานยุ่งยากและซับซ้อนต้องใช้เครื่องมือหลายอย่าง แต่ถ้าทำเป็นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงานแล้วยกขึ้นติดตั้งจะทำให้ง่ายกว่า

4. ใช้งานแบบหล่อได้หลายครั้งกว่า แบบหล่อที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะมีขนาดและรูปแบบที่ชัดเจนแน่นอน การเคลื่อนย้ายแบบมีไม่มากทำให้แบบเสียหายน้อย

5. ใช้งานแบบหล่อได้ง่ายกว่าไม่ยุ่งยาก เพราะว่าการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป การกำหนดรูปแบบที่ชัดเจน มีขั้นตอนการประกอบแบบที่แน่นอนชัดเจน และเป็นการทำงานแบบส่วนใหญ่อยู่ในโรงงานจึงง่ายต่อการปฏิบัติงาน

6. การควบคุมคุณภาพทำได้ง่ายว่า การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะทำงานกันในโรงงาน พื้นที่จัดไว้ในการผลิตที่แน่นอน การขนส่ง การเก็บสต๊อก การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทุกงานมีขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน มีวิธีการที่แน่นอนจึงสามารถควบคุมคุณภาพของงานได้ง่ายกว่า

7. ช่วยลดการเกิดเสียงดังจากการก่อสร้าง การผลิตชิ้นส่วนผลิตในโรงงานบริเวณสถานที่ก่อสร้างจะมีการทำงานสต๊อก งานติดตั้งและงานประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเท่านั้น ดังนั้นการเกิดเสียงจึงน้อยมาก

8. การก่อสร้างไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปนั้นการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำในโรงงานไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ

9. ต้นทุนของการก่อสร้างต่ำกว่า ถ้ามีจำนวนอาคารที่ก่อสร้างในแบบเดียวกันจำนวนหนึ่ง (รายละเอียดในบทที่ 4) ต้นทุนที่ต่ำกว่านั้นจะมาจากส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลาการก่อสร้างที่เสร็จเร็วกว่า จะทำให้ลดต้นทุนดอกเบี้ยการกู้เงิน ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) ลดการสูญเสียของวัสดุต่าง ๆ และใช้แรงงานคนน้อยกว่า ทำให้ลดการสูญเสียแรงงานจากการควบคุมงานไม่ทั่วถึงได้

2.5.2 ข้อเสียของการก่อสร้างอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป

1. ต้นทุนสูง การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นต้องใช้แบบหล่อที่มีความแข็งแรง ผลิตได้รูปแบบความต้องการ มีค่าคาดเคลื่อนน้อยที่สุด การยกในโรงงาน การติดตั้ง ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรเพื่อใช้ทำงาน

2.ความต้องการช่างที่ทำแบบหล่อต้องมีความชำนาญสูงเพราะแบบหล่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องได้ขนาดตามที่แบบกำหนดและมีค่าความคาดเคลื่อนน้อย

3.ช่างและคนงานจะต้องได้รับการฝึกฝนอบรมก่อนทำการก่อสร้าง การก่อสร้างในระบบอาคารสำเร็จรูปจะต้องทำงานเป็นขั้นตอนจะข้ามขั้นการทำงานไม่ได้ และต้องใช้ช่างและคนงานที่มีความชำนาญและได้รับการฝึกฝน

4. การขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับโครงการที่อยู่ในเขตกรุงเทพ ฯ จะมีปัญหาเรื่องการจราจรติดขัด ปัญหาการกำหนดเวลา การใช้รถบรรทุกขนส่ง และปัญหาน้ำหนักที่ขนส่ง

5. ต้องใช้เครื่องจักรกลหนักในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป และต้องใช้คนขับที่มีความชำนาญสูง เนื่องจากงานติดตั้งเป็นงานที่ใช้ความละเอียดสูง

6. การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้แน่นอน ปัญหาที่ตามมาก็คือ เมื่อการขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปบางชิ้นส่วนมาไม่ทัน หรือขาดสต๊อกจะทำให้การก่อสร้างหยุดชะงักไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนอื่นที่มีอยู่ได้

7. ดัดแปลงหรือต่อเติมอาคารได้ยาก ในกรณีที่อาคารที่ก่อสร้างเป็นระบบผนังรับแรง จะทำการทุบผนังเพื่อขยายห้องนั้นทำยากหรือทำไม่ได้ เช่น ลักษณะที่เป็นทาวน์เฮ้าส์ 2 หลังติดกัน จะทำการทุบผนังเพื่อให้อาคารสองหลังต่อเนื่องเป็นหลังเดียว นอกจากจะกำหนดไว้ก่อนทำการก่อสร้าง

8. หาผู้รับเหมายาก ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปจะมีการลงทุนในช่วงแรกสูง และเทคนิคของการก่อสร้างยังเป็นลักษณะเฉพาะของผู้รับเหมาแต่ละรายอีกด้วย ในกรณีที่ผู้รับเหมารายแรกทำงานแล้วไม่ประสบความสำเร็จจะหาผู้รับเหมารายใหม่มาแทนยาก เนื่องจากติดปัญหาด้านเทคนิคและการลงทุน

9. ขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ (Skilled Labour) แรงงานที่มีฝีมือเป็นปัจจัยสำคัญ(ไม่น้อยกว่าผู้บริหารโครงการในส่วนงานต่างๆ) ที่จะทำให้งานก่อสร้างประสบความสำเร็จ

จากการพิจารณาข้อดีข้อเสียของระบบการก่อสร้างอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป พบว่า ข้อดีจะเน้นทางด้านความเร็วของการทำงาน ต้นทุนงานก่อสร้างส่วนงานระบบสำเร็จรูปต่ำ ควบคุมคุณภาพงานได้ง่ายกว่า และลดการสูญเสียวัสดุ จะเห็นว่าเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการผู้รับเหมา เป็นส่วนใหญ่ กับผู้บริโภคและอื่นๆ มีน้อย

ส่วนข้อเสียนั้นเป็นปัญหาทางด้านความพร้อมของผู้ประกอบการ เช่น ต้นทุนในช่วงแรกสูง จัดหาช่างและแรงงานที่มีความชำนาญได้ยาก และข้อเสียบางส่วนจะตกอยู่กับผู้บริโภค เช่น การดัดแปลงต่อเติมอาคารทำได้ยาก

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ ผู้บริโภคที่ซื้ออาคารระบบก่อสร้างสำเร็จรูป ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะมีปัญหาทางด้านความรู้สึกว่าโครงสร้างอาคารไม่แข็งแรงหรือโครงสร้างแข็งแรงน้อยกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่ ส่วนใหญ่การก่อสร้างระบบนี้ผู้ประกอบการจะไม่แจ้งให้ลูกค้าที่ซื้อบ้านหรืออาคารทราบ ลูกค้าจะทราบได้ในภายหลัง ถ้าลูกค้าที่ซื้อบ้านหรืออาคารทราบก่อนก็จะไม่ซื้อบ้านหรืออาคารดังกล่าว

2.6 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ประทีป อิทธิเมฆินทร์ (2520) ได้ศึกษาระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับอาคารที่พักอาศัย เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขนาดประสานทางพิกัดสำหรับอาคาร การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปและระบบการก่อสร้าง ให้ได้ต้นแบบของอาคารที่พักอาศัยสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สามารถใช้ได้กับการก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป ในการพัฒนาระยะแรกการออกแบบได้เน้นถึง

ความสะดวกในการต่อเติม ขยายอาคาร ตามการขยายตัวของครอบครัวเป็นระยะๆ ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป 27 ชนิด มีขนาด และ รูปทรงต่างกัน ตามลักษณะการประกอบติดตั้ง และประกอบการใช้สอยชิ้นส่วน เสาเข็ม ฐานราก เสา คาน พื้นและผนังเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กบันไดโครงไม้ หลังคาโครงเหล็กประกอบสำเร็จ ชิ้นส่วนทั้งหมดสามารถผลิตจากโรงงานชั่วคราวในที่ก่อสร้างหรือโรงงานผลิตชิ้นส่วนแบบถาวร การยกประกอบติดตั้งใช้กำลังคนและอุปกรณ์ทุ่นแรงขนาดเล็กเป็นสำคัญ จุดต่อเสาและคานประกอบโดยการเชื่อมเหล็กเสริมที่โผล่เตรียมไว้ ผนังทั่วไปติดตั้งโดยการวางบนบ่าข้างคาน แล้วเทปูนทรายปรับระดับปิด

Jirawat Damrianant (1993) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างอาคารสูงในกรุงเทพฯ พบว่า

1. ข้อดีของระบบก่อสร้างวสำเร็จรูป คือ
    1.1 สามารถนำแบบหล่อมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง
    1.2 ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ
    1.3 ไม่จำเป็นต้องใช้แบบนั่งร้านในการก่อสร้างผนังกันตก
    1.4 การจัดการบริหารงานแบบหล่อทำได้ง่าย
2. ข้อเสียของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป คือ
    2.1 ขาดช่างฝีมือ และผู้ผลิตจำหน่ายในเรื่องของแบบหล่อ
    2.2 จุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนไม่สวยงาม
    2.3 ต้องใช้ทาวเวอร์เครนในการติดตั้ง
3. การลงทุนในระบบก่อสร้างสำเร็จรูปจะต้องลงทุนในส่วนของแบบหล่อและส่วนของทาวเวอร์เครนสำหรับการติดตั้ง ถ้าแบบหล่อสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้และมีการใช้ทาวเวอร์เครนอย่างมีประสิทธิภาพ ต้นทุนของงานก่อสร้างในระบบก่อสร้างสำเร็จรูป สามารถระบุได้ชัดเจนว่าจะใช้ต้นทุนในการก่อสร้างต่ำกว่าระบบการก่อสร้างแบบหล่อในที่
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่สำหรับงานชนิดเดียวกัน
5. งานโครงสร้างที่ใช้ในการเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง สำหรับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปของอาคารสูงในกรุงเทพ ฯ คือ ผนังกันตก และบันได