# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.1 ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม (Industrial of Building)

### 2.1.1 ความหมายของระบบก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม

ระบบการก่อสร้างอาคารแบบอุตสาหกรรม หมายถึง การดำเนินการก่อสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรม โดยการนำกรรมวิธีและเทคโนโลยีที่ดีที่สุดมาประยุกต์ให้ตอบสนองต่อกระบวนการก่อสร้าง ที่สอดคล้องกับความต้องการและออกแบบในการผลิตและก่อสร้าง

สามารถพิจารณาจากเกณฑ์ 5 ประการ คือ

1. เป็นกระบวนการผลิตคราวละมากๆ
2. มีมาตรฐานของผลผลิตในขั้นตอนสุดท้าย
3. ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิต
4. เข้มงวด เอาใจใส่กระบวนการผลิตตั้งแต่การจัดซื้อ การตลาด การออกแบบ จนถึงการผลิต มีการควบคุมคุณภาพอย่างเต็มที่
5. ใช้แรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะด้านสำหรับงานบางอย่าง

## 2.2 ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication)

### 2.2.1 ความหมายของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป[1]

ชิ้นส่วนสำเร็จรูป หมายถึง ผลผลิตของส่วนประกอบอาคารที่ผลิตขึ้นสำหรับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหล่านี้จะอาศัยมาตราส่วนที่ได้มาตรฐานเดียวกันเพื่อใช้ในการออกแบบ การผลิตจะทำที่โรงงานและจะทำการประกอบติดตั้งที่หน่วยงาน

## 2.3 ความแตกต่างระหว่างระบบก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม และ ชิ้นส่วนสำเร็จรูป

---

[1] ชวลิต นิตยะ, "Industrialized Building," เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม เสนอที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2546. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป คือการ นำเทคโนโลยีมาประยุกต์เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดการสูญเสียวัสดุ ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง แต่เพิ่ม คุณภาพ และ ความปลอดภัย ในการก่อสร้าง โดยการหล่อคอนกรีต หรือ ผลิตชิ้นงานไว้ก่อน และ นำไปประกอบติดตั้งในที่ที่กำหนด

ในขณะที่ระบบก่อสร้างอุตสาหกรรมเป็นระบบการควบคุมตั้งแต่ การวางนโยบายองค์กร การวางแผนงาน การออกแบบ การผลิต ตลอดจนก่อสร้างแล้วเสร็จจนเป็นที่พอใจต่อผู้อยู่อาศัยกล่าวได้ว่าระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งในระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม

## 2.4 ประเภทอาคารระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ประเภทอาคารระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถแบ่งได้หลายลักษณะ เช่น แบ่งตามลักษณะของการผลิตชิ้นส่วน แบ่งตามชนิดของโครงสร้าง แบ่งตามระบบของชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกัน แบ่งตามกระบวนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป หรือ แบ่งตามลักษณะของวัสดุก่อสร้าง มีรายละเอียดดังนี้คือ

### 2.4.1 แบ่งตามลักษณะของการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จมี 2 ประเภท

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

### 2.4.2 แบ่งตามชนิดของโครงสร้าง แบ่งเป็น 4 ระบบ

1. **ระบบเสาและคาน** (Column and Beam) เป็นระบบโครงสร้างที่พื้นถ่ายน้ำหนักลงบนคานผ่านน้ำหนักไปยังเสาและลงสู่ฐานรากตามลำดับ ระบบนี้โครงสร้างพื้น, คาน, เสา จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ผลิตแยกออกจากกันเป็นชิ้น แล้วนำมาประกอบเป็นโครงสร้างที่หน่วยงานก่อสร้าง ระบบเสาและคานนิยมใช้สำหรับอาคารที่ไม่สามารถใช้ระบบผนังรับน้ำหนักได้ เนื่องจากความจำเป็นทางด้านการใช้สอยที่ต้องการเปิดเนื้อที่ให้ผ่านถึงกันได้ตลอด เช่น อาคาร, โรงงาน, สำนักงาน, โรงเรียน เป็นต้น

2. **ระบบเสาและแผ่นพื้น** (Beamless Skeleton) ระบบโครงสร้างชนิดนี้แผ่นพื้นจะถูกนำไปวางบนเสาโดยตรงโดยไม่ต้องมีคานมารับ เช่นเดียวกับโครงสร้างประเภท Flat Slab (พื้นเรียบไร้คาน) ตามหลักการแล้วแผ่นพื้นจะสามารถวางอยู่บนปลายของเสาเพียง 4 จุดนั้น จะต้องการความหนาและปริมาณเหล็กในคอนกรีตมากเป็นพิเศษ แต่จะได้ประโยชน์ในด้านความสะดวกรวดเร็วในการประกอบติดตั้ง เนื่องจากสามารถตัดโครงสร้างออกไป 1 ส่วน คือ คาน โดยแผ่นพื้นจะถูกใช้ทำหน้าที่แทนคานเพื่อยึดเสาให้เป็นโครงสร้างต่อเนื่องทั้งอาคาร โครงสร้างแบบนี้ควรจะมีการคำนวณต้านทานแรงลมเป็นพิเศษ หรือควรมีผนังคอนกรีตเพื่อรับแรงลมรวมอยู่ในโครงสร้างด้วย

ตัวอย่างของโครงสร้างแบบเสาและแผ่นพื้นที่นำไปใช้ได้แก่ โครงการ Wierzbon ในประเทศโปแลนด์ ส่วนในประเทศรัสเซียได้มีการนำระบบเสาและแผ่นพื้นประกอบกับระบบการวางผนังรับน้ำหนักแบบตามยาว (Long Wall System) มาใช้เพื่อให้ได้พื้นที่ใช้สอยของอาคารที่เปิดโล่ง

3. **ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก** (Panel System) หรือ ระบบแผ่นระนาบสองมิติ เป็นระบบโครงสร้างที่แผ่นพื้นรับน้ำหนักส่งผ่านไปยังแผ่นผนัง และลงสู่ฐานรากตามลำดับ ระบบนี้โครงสร้างแผ่นพื้นและแผ่นผนังรับแรงเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยขนาดและน้ำหนักของแผ่น (Panel) เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง แบ่งย่อยได้ 2 ชนิด คือ

3.1 ผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Panel) คือ ระบบผนังหล่อสำเร็จที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานทั้งทางด้านสถาปัตยกรรมและโครงสร้างพร้อมๆกัน ผนังจะต้องออกแบบมาให้รับน้ำหนักหลังคา พื้น และผนังจากด้านบน รวมทั้ง น้ำหนักตนเอง แล้วจึงถ่ายแรงลงสู่ฐานราก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีเสาและคาน

3.2 ผนังตกแต่ง (Architectural Panel) คือ ระบบผนังหล่อสำเร็จที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมเท่านั้น เพื่อลดเวลาก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องมีเสาและคานเพื่อรองรับ โดยวัสดุที่ปิดผิวภายนอกสามารถใช้วัสดุได้หลากหลายชนิดตามการใช้งาน รวมถึงมีการพัฒนาให้มีฉนวนกันความร้อนอีกด้วย

4. **ระบบกล่อง** (Box System) หรือ ระบบปริมาตรสามมิติ เป็นลักษณะโครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นกล่อง 3 มิติ แล้วนำมาติดตั้งเป็นโครงสร้างรวมของอาคาร ชิ้นส่วนมักมีขนาดใหญ่ ซึ่งต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในด้านการขนส่งและเครื่องจักรที่ใช้ยกติดตั้ง ระบบนี้เป็นระบบที่ประเทศรัสเซียได้พัฒนาขึ้น และต่อมาได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในโครงการอาคารสงเคราะห์ของรัสเซียเองชิ้นส่วนต่างๆจะถูกประกอบหรือหล่อขึ้นเป็นกล่อง 3 มิติขนาดเท่ากับห้อง 1 ห้อง จากนั้นจะมีการตกแต่งภายใน ติดอุปกรณ์ไฟฟ้า,ประปาต่างๆเสร็จเรียบร้อยมาจากโรงงาน แล้วจึงนำไปวางประกอบเรียงกันเป็นชั้นๆในบริเวณการก่อสร้าง นับว่าเป็นระบบที่สามารถลดแรงงานและเวลาที่ต้องใช้มากที่สุดมากกว่าระบบใดๆในปัจจุบัน

### 2.4.3 แบ่งตามระบบของชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกัน แบ่งเป็น 2 ระบบ

1. **ระบบปิด** (Close System) ระบบนี้ออกแบบไว้สำหรับอาคารที่ต้องการประโยชน์ใช้สอยเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง ขนาดของชิ้นส่วนระบบนี้ไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กับขนาดของชิ้นส่วนอื่นๆที่ผลิตในท้องตลาด ความประหยัดในด้านเศรษฐศาสตร์ของ

ระบบปิดจะมีความเป็นไปได้ถ้ามีการก่อสร้างอาคารที่มีจำนวนมากพอที่จะคุ้มค่ากับการลงทุนในการผลิตชิ้นส่วน

2. **ระบบเปิด** (Open System) ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อมุ่งเน้นการใช้ขนาดของชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้สัมพันธ์กับขนาดของชิ้นส่วนซึ่งมีการผลิตและจำหน่ายเรียบร้อยแล้วตามท้องตลาด และการออกแบบมิได้เฉพาะเจาะจงไว้สำหรับที่จะใช้กับระบบอันใดอันหนึ่ง โดยสามารถนำชิ้นส่วนอื่นๆที่ขายทั่วไปเข้ามาผสมได้ ระบบเปิดจึงต้องคำนึงเรื่องของขนาดของชิ้นส่วนที่จะนำมาใช้เป็นสำคัญ

### 2.4.4 แบ่งตามกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1. **กระบวนการผลิตแบบแห้ง** (Dry Process) คือ กระบวนการผลิตขึ้นโดยจะไม่อาศัยน้ำเป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบแห้งโดยทั่วไปมักจะมีลักษณะเป็นโครงและคลุมด้วยวัสดุปิดผิวประเภทต่างๆ การผลิตสามารถผลิตได้ทั้งแบบระบบหนัก และ ระบบเบา

2. **กระบวนการผลิตแบบเปียก** (Wet Process) คือ กระบวนการผลิตขึ้นโดยมีน้ำเป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปการผลิตแบบเปียกจะใช้ซีเมนต์เป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิต ซึ่งในระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมจะมีลักษณะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing) ที่พบเห็นโดยทั่วไป

### 2.4.5 แบ่งตามลักษณะของวัสดุก่อสร้าง[2]

1. **ระบบ** "Heavy Weight" น้ำหนักของชิ้นส่วนระบบนี้จะมีน้ำหนักตั้งแต่ 1,000 กก. /ลบ.ม. ขึ้นไป วัสดุที่ใช้กับระบบนี้โดยทั่วไปจะเป็นคอนกรีตหรืออิฐเป็นวัสดุหลัก

2. **ระบบ** "Light Weight" น้ำหนักของชิ้นส่วนระบบนี้จะมีน้ำหนักน้อยกว่า 1,000 กก. /ลบ.ม.วัสดุที่ใช้ระบบนี้โดยทั่วไปจะเป็นไม้, พลาสติก, อลูมิเนียม, หรือชิ้นส่วนที่มีโครง (Steal-Frame) และหุ้มด้วยวัสดุปิดผิว เป็นต้น

---

[2] ชวลิต นิตยะ, "Industrialized Building," เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรม, หน้า28-29.

## 2.5 ระบบโครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก[3]

ระบบนี้ได้ใช้กันมานานและกว้างขวางสำหรับการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในประเทศแถบยุโรป ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศเข้ามาใช้อย่างแพร่หลายในวงการก่อสร้างและบางส่วนก็ได้พัฒนาระบบขึ้นใช้เอง วิธีการก่อสร้างระบบผนังสำเร็จรูปนั้น โดยหลักการผนังสำเร็จรูปขนาดเท่าความสูงของชั้น ที่ผลิตขึ้นจากโรงงานจะถูกนำมาติดตั้งบนโครงสร้างฐานราก หรือ คาน หรือ แผ่นบนพื้นสำเร็จรูป ในชั้นแรก หลังจากนั้นก็จะนำแผ่นสำเร็จรูปของชั้นต่อไปมาวางบนผนังในชั้นแรก ทำเช่นนี้เรื่อยๆไป

การผลิตแผ่นพื้นและผนังสามารถทำได้สองแบบ แบบแรกคือการหล่อกับแบบที่วางนอนกับพื้น ในวิธีการหล่อแบบนี้สามารถปรับความหนาของแผ่นได้ในแบบหล่อชุดเดียวกัน

ส่วนแบบที่สองคือ การหล่อแผ่นในแนวตั้งที่เรียกว่า Battery Casing ในวิธีนี้แบบหล่อจะวางตั้งและมีแผ่นเหล็กกั้นเป็นช่องๆ ตามความหนาของผนังที่ต้องการ การเทคอนกรีตครั้งหนึ่งจะได้แผ่นครั้งละมากๆ แผ่นเหล่านี้จะเสริมเหล็กตะแกรง 2 ชั้น, มีการฝังท่อเดินไฟฟ้า, ท่อน้ำไว้เสร็จก่อนที่จะเทคอนกรีต ผิวคอนกรีตจะเรียบโดยไม่ต้องฉาบปูนใหม่ เมื่อเทคอนกรีตจะต้องทิ้งระยะบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ระยะเวลาที่ต้องรอก่อนที่จะสามารถถอนคอนกรีตออกจากแบบนี้ได้ สำหรับผนังที่จะต้องเจาะช่องประตูหน้าต่างก็เพียงกั้นแบบเป็นช่องเปิดไว้เท่านั้นในแบบชุดเดิม

ในขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนผนังและพื้นในระบบนี้ นับเป็นระบบโครงสร้างที่สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ง่ายที่สุดมากกว่าระบบอื่นๆทั้งหมด ขั้นตอนต่อไปหลังจากการผลิตก็คือการประกอบและติดตั้งแผ่นผนังเหล่านี้เข้าที่ ซึ่งนับรวมตั้งแต่การขนส่งชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมากจากโรงงานไปถึงบริเวณก่อสร้าง การยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากขึ้นไปติดตั้งให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการทั้งในแนวราบและแนวดิ่งเหล่านี้เหล่านี้ เป็นขั้นตอนที่มีปัญหามากในเวลาต่อมาจำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญและมีความประณีตในการทำงาน

การรับแรงทางด้านโครงสร้างระบบนี้ ก็คือการถ่ายแรงจากพื้นลงที่แนวผนังรับน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นผนังจึงใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะเพียงการเป็นผนังกั้นห้องเท่านั้น หากยังจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างแทนเสาและคานไปพร้อมๆกัน นอกจากนี้แผ่นผนังยังทำหน้าที่เป็น

---

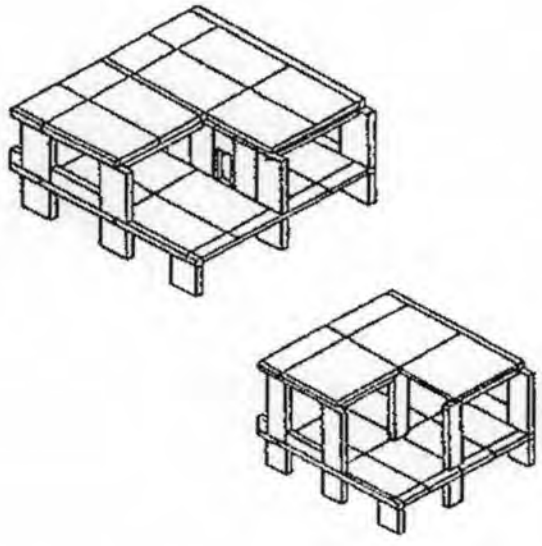
[3] ไตรรัตน์ จารุทัศน์, "ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่พักอาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535).

โครงสร้างสำคัญในอาคารเพื่อต้านทานแรงลมอย่างมีประสิทธิภาพดีมากกว่าโครงสร้างแบบเสาและคานอีกด้วย

2.5.1 **ระบบการวางผนังรับน้ำหนัก** (Load Bearing Structure of Panel System) มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี

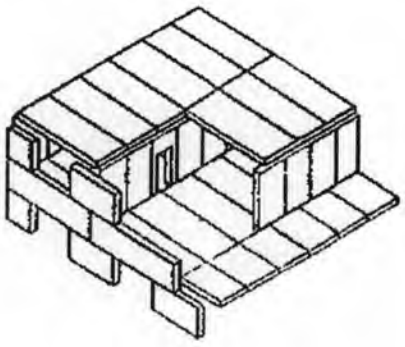
1. **การวางผนังแบบตามยาว** (Long Wall System) คือระบบการวางแนวผนังรับน้ำหนักไปในทิศทางแนวเดียวกับความยาวของอาคาร สังเกตจากทิศทางการวางแผ่นพื้นจะวางพาดน้ำหนักมาลงส่วนที่เป็นผนังด้านหน้า และผนังด้านหลังอาคาร (ดูรูป2.1) อาคารที่ใช้ระบบนี้จะต้องมีช่องเปิดที่เป็นหน้าต่างของเล็กกว่าปกติ เนื่องจากผนังส่วนที่เป็นหน้าต่างจะต้องใช้เป็นผนังรับน้ำหนักของพื้นที่นำมาพาดวางลงด้วย จึงไม่เหมาะสมกับอาคารพักอาศัยในเขตร้อน ที่ต้องการช่องเปิดด้านหน้าและด้านหลังของอาคารเพื่อให้อากาศถ่ายเทความร้อน

ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถเปิดช่องโล่งได้ตลอดในแนวความยาวของอาคาร เพราะไม่จำเป็นต้องมีผนังในแนวขวางมากั้นแต่อย่างใด จึงสามารถนำไปใช้กับอาคารประเภทสำนักงานหรือห้องเรียนได้ แต่ความกว้างของห้องอาจถูกจำกัดด้วยความยาวของแผ่นพื้นที่ไม่สามารถพาดยาวได้ถึงระยะห่างของผนังที่จะรับน้ำหนักได้ การแก้ไขอาจทำได้โดยการวางพาดลงกำแพงรับน้ำหนักแบบตามยาว(Long Wall System) แล้วให้แผ่นพื้นวางพาดลงบนคานแทนที่จะพาดลงผนังห้องโดยตรงซึ่งจะทำให้ระบบมีความยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากจำเป็นต้องมีชิ้นส่วนที่เป็นคานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย



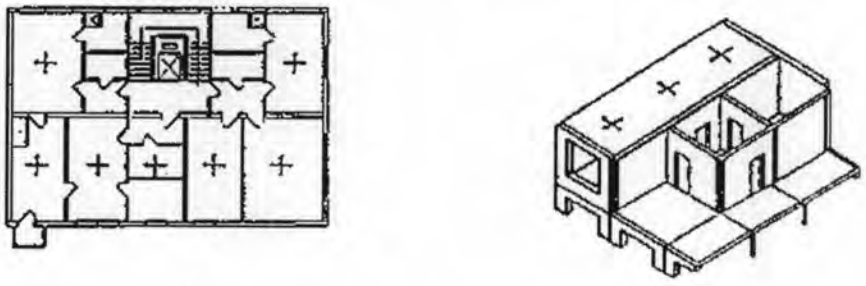
รูปที่ 2.1 การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Long Wall System

2. **การวางผนังแบบตามขวาง** (Cross Wall System) คือการวางแนวผนังรับน้ำหนักไปในทิศทางขวางกับแนวความยาวของอาคาร ซึ่งนิยมในอาคารประเภทที่พักอาศัยที่จำเป็นต้องมีผนังทางด้านขวางทึบตลอด เพื่อเป็นผนังกั้นระหว่างแต่ละหน่วยของที่พักอาศัยอยู่แล้ว ดังนั้นผนังด้านหน้าและด้านหลังจึงสามารถเปิดโล่งหรือใช้เป็นหน้าต่างขนาดใหญ่ได้ตลอด เนื่องจากผนังด้านหน้าและด้านหลังจะไม่มีส่วนช่วยรับน้ำหนักจากพื้นเลย



รูปที่ 2.2 การวางโครงสร้างรับน้ำหนักแบบ Cross Wall System

3. **การวางผนังแบบสองทาง** (Two-way Span System) คือการวางแนวผนังรับน้ำหนักให้สามารถรับน้ำหนักจากพื้นชั้นบนได้ทั้งสองแนว ทั้งในแนวยาวของอาคาร (Long Wall System) และแนวขวางอาคาร (Cross Wall System) หมายความว่าผนังทั้งสองแนวของอาคารจะถูกใช้เป็นผนังรับน้ำหนักทั้งหมดหรือเป็นการออกแบบให้ถ่ายน้ำหนักลงผนังทั้ง 4 ด้าน พื้นในระบบผนังรับแรงแบบสองทางนี้ จะมีราคาถูกกว่าพื้นที่ใช้ใน 2 ระบบเดิมที่กล่าวมาข้างต้น และจะประหยัดที่สุดหากขนาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปถูกออกแบบให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 2.3 การวางผนังรับน้ำหนักแบบ Two-way Span System

## 2.6 หลักเกณฑ์การพิจารณาในการออกแบบอาคารสำเร็จรูป

การออกแบบอาคารสำเร็จรูปนั้นแบ่งพิจารณาออกเป็น 4 ส่วน[4] คือ

### 2.6.1 พิจารณารูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร หรือ ระบบโครงสร้าง

รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารที่นำมาใช้ในการออกแบบมีดังนี้

1. โครงสร้างเสารับโมเมนต์ (Column Fixed to the Foundation) ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับเสาที่ยึดติดกับฐานราก คานที่ยึดติดกับเสาจะมีลักษณะเป็นจุดหมุน (Hinge)

2. โครงสร้างเฟรมรับโมเมนต์ (Frame with Moment Connections) ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของจุดต่อของเสาและคาน ซึ่งมีความสามารถรับโมเมนต์ด้วย

3. โครงสร้างผนังและคอร์รับแรง (Shear wall and Core) ความมั่นคงแข็งแรงของระบบนี้จะมีคอร์หรือแผ่นผนังเป็นตัวแกนหลักยึดโครงสร้างให้แข็งแรง เช่นปล่องลิฟต์ของอาคารโดยหลักการออกแบบก่อสร้าง ส่วนคอร์จะดำเนินการหล่อในที่และส่วน คาน เสา และพื้น หรือ พื้นและผนัง จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4. โครงสร้างผนังรับแรงรอบอาคาร (Load Bearing Facades and Facade Tube)

5. โครงสร้างผนังรับแรง (Bearing Wall Structure) ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยให้โครงสร้างรับน้ำหนักในแนวตั้งอย่างเดียว ไม่รบกวนแรงดึงในแนวนอน

6. ไดอะแฟรมพื้นและหลังคา (Floor and Roof Diaphragms) เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย โดยการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ระบบพื้นแพล็งค์ (Plank) ระบบพื้น ฮอลโลว์คอร์ (Hollow Core) การใช้โครงสร้างระบบนี้จะสามารถสร้างพื้นได้รวดเร็ว

7. โครงสร้างแบบเซลล์ (Cell Structure) เป็นการออกแบบโครงสร้างผนังและพื้นรวมกันเป็นห้องแล้วนำมาประกอบติดตั้ง โครงสร้างแบบเซลล์อาจจะทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าและประปามาเรียบร้อยแล้วก็ได้ ความมั่นคงแข็งแรงของระบบจะอยู่ในรูปของระบบ Shear Wall ลักษณะของ Cell Structure ที่ทำการผลิตได้แก่ แบบ ระฆังคว่ำ (Bell Type) และแบบตัวยู (U Type) แบบตัวซี (C Type)

---

[4]จาตุรน วัฒนผาสุข, "รายงานการวิจัย : ระบบก่อสร้างโดยวิธี Prefabrication ใน ก.ท.ม." ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548, หน้า84-88

2.6.2 **พิจารณาแรงในส่วนต่าง ๆของอาคารและชิ้นส่วนสำเร็จรูป**

ในระหว่างการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบรอยต่อจะมีความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูป ผู้ออกแบบจะต้องมีการคำนวณและออกแบบเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นจาการผลิตมาจากแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวของชิ้นส่วนสำเร็จรูปและแบบหล่อในขณะถอดแบบหล่อ รวมทั้งน้ำหนักของชิ้นส่วนสำเร็จรูปเองในขณะที่กำลังถอดหรือยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากแบบหล่อ ดังนั้นจึงควรรอให้คอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ผู้ออกแบบกำหนดจึงยกได้สำหรับความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระหว่างการขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อ มาจากสาเหตุต่างๆดังนี้

- ในขณะขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป แนวและตำแหน่งไม่ได้อยู่ในแนวที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างอาคาร เช่น เสาออกแบบเพื่อให้รับแรงในแนวดิ่งตามความยาวของเสา และแรงเฉือนที่เกิดจากแรงลมเมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ระหว่างการขนส่งและติดตั้งเสาดังกล่าวต้องทำหน้าที่รับน้ำหนักและความเค้นที่เกิดขึ้นเหมือนคาน
- ชิ้นส่วนสำเร็จรูปต้องการค้ำยันจากชิ้นส่วนโครงสร้างอื่นเมื่อประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างเสร็จแล้วแต่ในขณะขนส่งและติดตั้งอาจไม่มี
- ในระหว่างการติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป อาจจะยังไม่สมบูรณ์หรือยังไม่เต็มระบบโครงสร้าง ดังนั้นในระหว่างการขนส่งและการติดตั้ง จะต้องทำการ ค้ำยันให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น

2.6.3 **พิจารณาจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูปชิ้นส่วนสำเร็จรูป** (Joint) เป็นอีกสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวมีความสำคัญมากในทางวิศวกรรม รวมทั้งมีความเสี่ยงต่อการรั่วซึมของน้ำจากภายนอกเข้าสู่ในตัวอาคารอีกด้วย

การแบ่งลักษณะของรอยต่อ (Joint) โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1. รอยต่อแบบแห้ง (Dry Joint) เป็นรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อวัสดุที่สามรถรับแรงต่างๆได้ทันที รอยต่อแบบนี้ได้แก่ รอยต่อแบบการใช้โบลท์ (Bolting) รอยต่อแบบการใช้เชื่อม (Welding) จุดรอยต่อแบบนี้หลังจากทำงานเสร็จแล้วจะทำการปิดรอยต่อด้วย มอร์ต้า อีพอกซี่ วัสดุกันซึม วัสดุกันสนิมอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2. จุดรอยต่อแบบเปียก (Wet Joint) เป็นรอยต่อที่เกิดจากการเกร๊าท์ (Grout) ด้วยวัสดุประเภทที่มีส่วนผสมของน้ำ เช่น คอนกรีต หรือ ปูนทราย (Mortar) รอยต่อแบบนี้จะไม่สามารถรับแรงต่างๆได้ทันที จะต้องรอจนกว่าวัสดุที่ใช้ในการเกร๊าท์จะมีความแข็งแรงตาม

ข้อกำหนดรอยต่อแบบนี้ได้แก่ รอยต่อแบบ โดเวลเกร๊าท์ คือมีการใช้เหล็กโดเวลเข้ามาช่วยเสริมในตำแหน่งที่ทำการเกร๊าท์

2.6.4 **ขั้นตอนและสิ่งต้องพิจารณาสำหรับการออกแบบรอยต่อ** (Joint) ระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในการออกแบบรอยต่อโดยทั่วไปมีวิธีการและสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญหลายประการด้วยกัน เพื่อให้รอยต่อนั้นมีคุณสมบัติที่เหมาะกับชิ้นส่วนประกอบอาคารและเหมาะกับลักษณะประเภทของอาคารนั้นๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้เป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- ต้องสามารถถ่ายน้ำหนักคงที่ (Dead Load) และน้ำหนักจร (Live-Load) ได้อย่างปลอดภัยตามที่ออกแบบไว้ และมีองค์ประกอบความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่เหมาะสม

- สามารถรับหรือถ่ายน้ำหนักได้โดยไม่ต้องมีการเคลื่อนที่ (Displacement) หรือบิดตัว (Rotation) และบริเวณรอยต่อนั้นไม่ควรมีหน่วยแรงประจำ (High Local Stresses) สูงเกินไป

- ถ้าบริเวณก่อสร้างอยู่ในบริเวณที่มีการทำเหมืองใต้ดิน ขุดน้ำบาดาลมากๆหรือในสภาพดินตามลุ่มแม่น้ำ หรือพื้นที่บริเวณที่อาจเกิดแผ่นดินไหว รอยต่อนั้นจะต้องสามารถรับหน่วยแรง (Stresses) ต่างๆที่อาจเพิ่มขึ้นจากการทรุดตัวสัมพันธ์ (Differential Settlement) หรือการทรุดตัว (Settling) ได้

- ต้องช่วยรับค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance) ที่อาจจะมีขึ้นในชิ้นส่วนประกอบของระบบที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการผลิตหรือติดตั้ง รอยต่อนั้นๆ ควรสามารถรองรับค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ส่วนสัดของชิ้นส่วนประกอบนั้นไม่เกินไปจากค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ (Maximum Manufacturer Tolerance) ง่ายต่อการประกอบและการติดตั้งอีกทั้งควรที่จะสามารถดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงได้ในบางส่วนของการติดตั้ง และไม่ควรต้องใช่ค้ำยันชั่วคราวมากนักในระหว่างการทำงานง่ายต่อการตรวจสอบและการปรับปรุงและแก้ไข

- ต้องทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้น้ำฝน ลม และไอความร้อนนอกอาคารเข้ามายังตัวอาคารอีกทั้งอาจต้องช่วยในการลดความดังของเสียงอีกด้วย

- ต้องดูเรียบร้อยและกลมกลืนเข้ากับชิ้นส่วนประกอบของระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ออกแบบ

2.6.5 **การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน**

การพิจาณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงเป็นการสมมุติหรือคาดเดาระยะที่อาจจะผิดไปจากระยะที่แบบกำหนดไว้ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจริงไม่ควรเกินค่าที่

กำหนดตามมาตรฐาน PCI (Precast Prestressed Concrete Institute) ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานจริงอาจเกิดได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Manufacturing Tolerances) ซึ่งอาจเกิดจากคุณสมบัติแบบหล่อ เช่น แบบหล่อบวม หรือ ยุบ (Swelling and Drying of Framework) อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีตเช่น การหดตัว (Shrinkage) การล้า (Creep) และอุณหภูมิ (Temperature)

2. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการกำหนดระยะระหว่างชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Setting – Out Tolerances) อาจจะเป็นค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้

3. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Tolerances) ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่ควรเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หรือตามมาตรฐาน PCI

## 2.7 สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับการก่อสร้างระบบโครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก

### 2.7.1 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ความแข็งแกร่งที่เกิดขึ้นในระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป มีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ ส่วนผสมคอนกรีต และ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการรับแรงของโครงสร้างที่สร้างขึ้นมา โดยจะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตที่จะเกิดขึ้นตามต้องการที่ได้ออกแบบไว้ การใช้คอนกรีตผสมเสร็จมีส่วนที่ดีในการที่จะสามารถควบคุมสัดส่วนมาตรฐานของส่วนผสมและน้ำในตัวคอนกรีตได้ตามต้องการ การบ่มคอนกรีตที่เหมาะสม ทำให้คอนกรีตรับแรงได้ตามเกณฑ์ที่ออกแบบไว้

Air Prevent เป็นระบบการป้องกันน้ำในงานคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งน้ำระเหยออกไป จะมีผลต่อการรับแรงของวัสดุคอนกรีต การป้องกันทำได้เช่น การใช้แผ่นพลาสติกคลุมรอบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ป้องกันน้ำระเหย แทนการรดด้วยน้ำ และการคลุมด้วยกระสอบป่านรดน้ำ

### 2.7.2 ขั้นตอนการขนส่ง

การขนส่งชิ้นส่วนที่มีการผลิตเรียบร้อยแล้วมีความสำคัญตั้งแต่การยกชิ้นส่วนที่มีการหล่อ หรือผลิตในแนวนอนขึ้นตั้ง ซึ่งเป็นปัญหาในชิ้นส่วนขนดใหญ่ เช่นผืนผนัง ที่ต้องมีการคำนวณในส่วนที่มีความบาง หรือมีขนาดเล็ก เช่นตามมุมช่องเปิดต่างๆ ต้องมีการเสริมเหล็กทแยงพิเศษป้องกันการหักที่อาจเกิดขึ้น เหล็กนี้นอกจากจะป้องกันการหักที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการยกชิ้นส่วนขึ้น ยังช่วยป้องกันการแตกร้าวที่อาจเกิดขึ้นที่มุมช่องเปิดต่างๆเมื่อมีการใช้งานไปแล้ว

### 2.7.3 ขั้นตอนการติดตั้ง

Tolerance (Margin) เป็นระยะที่เผื่อสำรับค่าผิดพลาด ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการหล่อชิ้นส่วนวัสดุ การติดตั้ง หรือการก่อสร้างต่างๆซึ่งเกิดขึ้นได้เสมอ เป็นระยะในระบบพิกัดที่กำหนดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาจุดนี้ อาจทำได้โดยการทำระยะให้สั้นกว่าระยะจริงตามแบบก่อสร้างประมาณ 2 ซม.เป็นต้น เป็นระยะที่จำเป็นมากโดยเฉพาะในการก่อสร้างด้วยวัสดุสำเร็จรูปที่วัสดุต้องมีการต่อกันได้อย่างลงตัว ถ้าเกิดการผิดพลาดขึ้นชิ้นส่วนนั้นก็ไม่สามารถติดตั้งได้ หรือทำให้เสียเวลาในการแก้ไขเป็นเวลานาน จุดนี้เป็นสิ่งที่ทำให้การทำงานระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน เป็นการออกแบบระบบของจุดเชื่อมต่อ หรือ เป็น Joint Design

## 2.8 หลักเกณฑ์การพิจารณาการก่อสร้างอาคารแบบอุตสาหกรรม

ข้อกำหนดในการออกแบบ[5] ดังนี้

**2.8.1 น้ำหนักบรรทุก** ต้องพิจารณาและกำหนดให้ชัดเจนว่า การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องรับน้ำหนักชนิดต่างๆ เท่าใด และอยู่ในเกณฑ์อย่างต่ำที่กฎหมาย กฎกระทรวง หรือ พรบ. ที่เกี่ยวข้องบังคับไว้ โดยแบ่งเป็น

1. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ซึ่งมีน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตเอง และน้ำหนักโครงสร้างอื่นๆ ที่ชิ้นส่วนนั้นรองรับอยู่

2. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เกิดจากการใช้งาน

**2.8.2 แรงกระทำ** ต้องพิจารณาและกำหนด การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องรับแรงกระทำชนิดต่างๆ และอยู่ในเกณฑ์อย่างต่ำที่กฎหมาย กฎกระทรวง หรือพระราชบัญญัติ ที่เกี่ยวข้องบังคับไว้ โดยแบ่งเป็น

1. แรงอันเนื่องมาจากแรงลม (Wind Load) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบแรงกระทำในแนวราบและแนวดิ่ง นอกจากนี้ลมอาจทำให้เกิดการสั่น การแกว่งหรือการโยกตัวของโครงสร้างอาคารได้

2. แรงอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหว (Earthquake) ปัจจุบันสถาปนิกและวิศวกรไทยส่วนมากยังไม่คำนึงถึงแรงจากแผ่นดินไหว แต่ในอนาคตอันใกล้จะมีกฎกระทรวงบังคับให้

---

[5] จิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์, "การประยุกต์ใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับอาคารสูงในกรุงเทพ ฯ," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโครงสร้าง บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย , 2536), หน้า 59-63.

อาคารซึ่งก่อสร้างในจังหวัดซึ่งเคยมีประวัติได้รับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ต้องออกแบบอาคารรับแรงจากแผ่นดินไหวด้วย ได้แก่ จังหวัด กาญจนบุรี เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา ลำพูน ตาก น่าน แพร่ และลำปาง

3. แรงจากการสั่นสะเทือนเป็นแรงจากอุบัติเหตุ หรือแรงจากสิ่งไม่คาดคิด (Vibration, Accident, Unforeseen) ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปควรออกแบบให้มีส่วนเผื่อเหลือเพื่อรับแรงที่ไม่คาดคิดหรือแรงจากอุบัติเหตุทั้งขณะก่อสร้างและภายหลังการก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น แก๊สระเบิด รถชนผนังอาคาร เครื่องบินชนอาคาร เป็นต้น

**2.8.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง** เพื่อให้ได้รูปแบบของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

1. พื้นที่ทางเข้าและถนน (Access Area Available) กรณีพื้นที่ก่อสร้างอาคารมีถนนทางเข้าที่สะดวกกว้างขวาง ก็สามารถเลือกใช้ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ได้ และหากมีที่ว่างโดยรอบอาคารก็สามารถใช้เครื่องมือหนักประเภท รถเครน (Mobile Crane หรือ Crawler Crane) ได้ แต่หากไม่มีที่ว่างเพียงพอ อาจต้องใช้ทาวเวอร์เครน (Tower Crane) ซึ่งติดตั้งอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละอาคาร

2. รูปร่างลักษณะของอาคาร (Building Layout) อาคารพักอาศัยที่มีกำแพงจำนวนมากและมีรูปร่างซ้ำๆ กัน จะเหมาะสมกับการใช้โครงสร้างผนังรับแรงที่จะใช้เป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพราะสามารถผลิตซ้ำๆ กันเป็นจำนวนมากจากโรงงาน

3. โรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Factory) กรณีที่มีโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอยู่ใกล้หน่วยงานก่อสร้าง ก็จะให้ความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง ถ้าในสถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่เพียงพอ ในปัจจุบันเทคโนโลยีและเครื่องอุปกรณ์ดีขึ้นมาก ทำให้สามารถสร้างโรงงานเฉพาะกิจขึ้นในหน่วยงานก่อสร้างได้ในเวลาอันรวดเร็ว

4. ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Process) ขั้นตอนการประกอบติดตั้งขณะก่อสร้าง จะเป็นตัวบังคับให้ชิ้นส่วนคอนกรีตมีรูปแบบที่ต่างๆ กัน

5. พื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Stocking Area) การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ควรจะมีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปพอสมควร และจะต้องจัดคิวการขนส่งบรรทุกชิ้นส่วนให้แม่นยำ และตรงเวลาตามลำดับขั้นตอนในการติดตั้ง ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง

**2.8.4 เครื่องจักรกลและขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**

1. เครื่องจักรกลที่มีอยู่ (Equipment Available) เครื่องจักรกลที่มีอยู่ในเวลาสถานการณ์ขณะก่อสร้าง จะเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และกำหนดวิธีการขั้นตอนการประกอบติดตั้ง อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันปัญหาเหล่านี้จะค่อยๆ ลด

น้อยลง เนื่องจากการติดต่อคมนาคมสะดวกขึ้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีเครื่องจักรกลก้าวหน้าขึ้นมากทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. น้ำหนักที่มากที่สุดของชิ้นส่วนผลิตคอนกรีต (Maximum Weight of Concrete) น้ำหนักของคอนกรีตของชิ้นส่วนที่หนักมากที่สุด จะเป็นตัวบังคับให้ต้องเลือกใช้เครื่องจักรกล (ทั้งในโรงงานและหน่วยงาน) ที่มีกำลังเพียงพอ รวมทั้งวิธีการประกอบติดตั้งจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของชิ้นส่วนด้วย

3. ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของชิ้นส่วนคอนกรีต (Maximum Size of Element) การเลือกขนาดชิ้นส่วนคอนกรีตที่ใหญ่ที่สุด จะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการผลิต การขนส่ง และการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป การขนส่งชิ้นส่วนคอนกรีตตามทางหลวง ตามกฎหมาย พรบ. จราจร จะถูกตรวจสอบจำกัดความกว้างของตัวรถบรรทุกไม่เกิน 2.50 เมตร และสูงไม่เกิน 4 เมตร

4. ขั้นตอนการประกอบติดตั้ง (Sequence of Erection) ขั้นตอนหรือความสามารถที่จะประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนมีรูปร่างลักษณะต่างๆ กันไป และยังมีผลกับความรวดเร็วในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้วย

5. พื้นที่ทางเข้าที่ต้องการ (Access Area required) การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงอย่างมากว่า ขณะประกอบติดตั้งจะมีพื้นที่เพียงพอที่จะทำงานได้จริง (Access Area) ไม่ได้หมายถึงเฉพาะที่ดินหรือถนนรอบอาคารเท่านั้น แต่รวมถึงที่ว่างในอากาศด้วย

2.8.5 **ระยะเวลา** เป็นสิ่งสำคัญและมีผลกับต้นทุนของการก่อสร้าง และเมื่อต้องการเร่งงานก่อสร้างให้ทันเวลาก็ยิ่งจะมีผลต่อต้นทุนมากขึ้นด้วย

1. รอบระยะเวลา (Cycle Time) รอบระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป และรอบระยะเวลาในการประกอบติดตั้งแต่ละส่วนของอาคาร จะเป็นตัวกำหนดให้ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิต และให้เครื่องจักรในการติดตั้งที่มีความสามารถทำงานให้ทันเวลาที่กำหนดไว้

2. ระยะเวลาก่อสร้าง (Total Construction Time) ถ้าพิจารณารอบระยะเวลาของการผลิตและการขนส่งกับรอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป รอบระยะเวลาทั้งสองส่วนสามารถที่จะดำเนินการไปพร้อมกันได้ จะเป็นสิ่งควบคุมระยะเวลาของการก่อสร้างแต่ละโครงการว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในการก่อสร้างที่เลือกใช้ทั้งหมดมีความเหมาะสมที่ทำให้สามารถก่อสร้างได้ทันเวลาหรือไม่

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


2.8.6 **เสถียรภาพโครงสร้าง** การเลือกรูปแบบการก่อสร้างอาคารด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงเสถียรภาพและความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวดังนี้

1. ระหว่างการก่อสร้าง (Construction Period) โครงสร้างที่ออกแบบและขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อ จะต้องทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพเพียงพอไม่ล้มลงหรือพังทลายโดยง่าย ทั้งนี้อาจใช้อุปกรณ์ค้ำยันช่วยค้ำไว้ชั่วคราวขณะก่อสร้าง

2. ในระยะยาว (Long-term Condition) ในระยะยาวแล้วโครงสร้างจะต้องมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ความสั่นสะเทือนจากแรงต่างๆ พอเพียงที่จะไม่พังทลายตลอดอายุของอาคารนั้น

3. การดัดแปลงภายหลัง (Later Modification) อาคารคอนกรีตที่ก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปย่อมที่จะมีขีดจำกัดทำให้การดัดแปลงอาคารในระยะหลัง (หลังจากการก่อสร้าง) ยุ่งยากหรือทำไม่ได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบโครงสร้าง โดยเฉพาะจุดรอยต่อจะต้องมีกำลังสำรองไว้พอสมควร ที่จะไม่ทำให้โครงสร้างพังทลายเสียหายอย่างร้ายแรง หากมีการดัดแปลงโครงสร้างโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ และหากเป็นไปได้ควรมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าหากต้องการดัดแปลงอาคารในภายหลังจะสามารถทำได้ในกรณีใดบ้างและทำอย่างไร

4. กลไกการพังทลายที่เป็นไปได้ (Possible Failure Mechanism) การออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึง กลไกการพังทลายจะเป็นอย่างไร หากชิ้นส่วนสำเร็จรูปชิ้นใดชิ้นหนึ่งแตกหักหรือหายไป การออกแบบที่ดีจะต้องให้โครงสร้างมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายน้อยที่สุด หรือพังทลายแต่เพียงบางส่วนโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้คน

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

## 2.9 ความเป็นมาของการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรมได้แนวคิดมาจากการผลิตของการจัดงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น การผลิตรถยนต์ ซึ่งจัดแยกผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ขึ้นก่อนแล้วจึงนำมาประกอบเป็นรถที่หลัง มีการนำเอาเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรงต่างๆ มาช่วยประกอบการผลิต จึงทำให้สามารถผลิตได้เร็วปริมาณการผลิตสูง เป็นผลให้ราคาต้นทุนการผลิตต่ำลง

จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงวิธีการสร้างอาคาร มาถือแนวตามระบบอุตสาหกรรมก็เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำเช่นเดียวกัน ทั้งยังสร้างได้เร็วกว่าระบบเดิมที่สร้างสำเร็จในที่อีกด้วยกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก ได้เป็นผู้ริเริ่มค้นคว้านำเอาการสร้างอาคารด้วยระบบนี้มาใช้ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ทั้งนี้เพราะประสบปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย เนื่องจากภัยพิบัติจากสงคราม รวมทั้งขาดแคลนแรงงานช่างฝีมือประเภทต่างๆ มาก กลุ่มประเทศดังกล่าว เช่น เยอรมัน อังกฤษ ฝรั่งเศส ด้วยการสนับสนุนของรัฐบาล ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงวิธีก่อสร้างอาคารขึ้นใหม่ โดยยึดหลักการว่าจะต้องสามารสร้างให้ได้เร็ว และใช้แรงงานธรรมดาก็สร้างได้ เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้นำความคิดการจัดงานผลิตแบบอุตสาหกรรมมาใช้มีการปรับปรุงวัสดุก่อสร้างใหม่ๆ รวมทั้งเครื่องจักร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและเทคนิคที่ใช้ในการประกอบและติดตั้ง จนกระทั่งในปัจจุบันนี้การสร้างอาคาร ระบบอุตสาหกรรมเป็นระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีสถาบันที่ทำการวิจัยถึงเทคนิคใหม่ให้กับการก่อสร้างของระบบนี้โดยเฉพาะทางด้านสหรัฐอเมริกาเองเพิ่งมาตื่นตัวสนใจกับวิธีก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม หลังจากที่ผจญปัญหาเกี่ยวกับค่าแรงงานช่างฝีมือที่มีอัตราสูง และความกดดันต่างๆ จากบรรดาสหบาลช่างฝีมือประจวบกับรัฐบาลมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้ประชาชนมีบ้านอยู่อาศัยกันอย่างทั่วถึง ทุกระดับชั้นจึงได้ให้การสนับสนุนให้ทุนแก่บริษัทก่อสร้างต่างๆ ทำการวิจัยค้นคว้าหาวิธีก่อสร้างตามระบบอุตสาหกรรมที่ทางยุโรปประสบผลสำเร็จมาแล้ว เพื่อให้ได้อาคารที่มีราคาถูกลง จึงได้มีการคิดค้นเทคนิคการผลิตและการติดตั้งขึ้นมาทดลองใช้ต่างๆ กันหลายสิบแบบ แต่ส่วนใหญ่ก็ยึดถือตามแนวของยุโรปมีบริษัทก่อสร้างที่สร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรมโดยเฉพาะตามเทคนิคที่แต่ละบริษัทได้ออกแบบคิดค้นขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงเทคนิคต่างๆ ของงานสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม เท่าที่ทำกันอยู่ในปัจจุบันในด้านรายละเอียด จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันมากมายหลายระบบแต่มีหลักการใหญ่ๆ เพียงการจัดแยกชิ้นส่วนโครงสร้างว่าจะแยกเป็นในลักษณะใด รูปใด และจะนำมาประกอบยึดติดกันเป็นตัวอาคารด้วยวิธีใด ส่วนวัสดุก่อสร้างหลักส่วนใหญ่ก็ได้แก่ คอนกรีต โลหะ และไม้ เพียงแต่ปรับปรุงให้มีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างเพิ่มขึ้น

## 2.10 ความเป็นมาของระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปในประเทศไทย[6]

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

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป เริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากขึ้น ตั้งแต่ครั้งที่ บริษัท ซีคอน จำกัด นำคานและพื้นสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร ประวัติความเป็นมาเริ่มจากปี พ.ศ. 2504 บริษัท SEACON จำกัด ซึ่งเป็น บริษัทจัดสรร รับเหมาก่อสร้างที่มีชื่อเสียง มีส่วนเกี่ยวข้อง ในการผลักดันระบบการก่อสร้างอาคารพักอาศัยของไทย ให้พัฒนาไปในแนวทางอุตสาหกรรม โดยเรียกว่า " ระบบซีคอน" โดย ทำการก่อสร้าง อาคารกึ่งสำเร็จรูป เป็นอาคารพาณิชย์ บริเวณถนนพระราม 4 และ ถนนบรรทัดทอง ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2509 บริษัท ซีคอน โดยการร่วมมือ ของ รัฐบาล สหรัฐอเมริกา ทำการ จัดสร้างหมู่บ้านมิตรภาพ ซึ่งเป็น บ้านเดี่ยว ระบบสำเร็จรูป ซึ่งเป็นหมู่บ้าน ที่ให้ประชาชน เช่าซื้อ ผ่อนส่ง ระยะยาวแห่งแรก โดย ระบบซีคอน มีลักษณะเด่น คือ ไม่ได้ทำสำเร็จจากโรงงาน แต่จะตั้งเป็น Built Up Steel ณ ที่ก่อสร้าง และติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จ เช่น คาน พื้น ผนัง เมื่อ ติดตั้งชิ้นส่วน สำเร็จรูปแล้วเสร็จ จึงเทคอนกรีตหุ้มเสา ในขณะเดียวกันคอนกรีตจะยึดส่วนของ คาน พื้น และ ผนัง เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วย ระบบดังกล่าว บริษัท สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ 10% - 30% และ ร่นระยะเวลาการก่อสร้างได้ 40% เมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบเดิม

หลังจากได้รับความสำเร็จจากการสร้างหมู่บ้าน มิตรภาพแล้ว บริษัท ซีคอน ยังได้ทำการก่อสร้างแฟลตดินแดง ของการเคหะแห่งชาติ จากความสำเร็จในการนำระบบกึ่งสำเร็จรูปมาดำเนินการ มีผลทำให้ ระบบดังกล่าว เป็นที่รู้จัก และ เรียกกันว่า ระบบซีคอน โดยเป็นระบบกึ่งสำเร็จรูป ระบบเสา – คาน (Column and Beam) ต่อมาในช่วงประมาณ ปีพ.ศ.2535 มีบริษัทผู้ประกอบการเอกชน ที่ได้นำ ระบบกึ่งสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) มาพัฒนาโครงการที่อยู่อาศัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

---

[6] บัณฑิต จุลาสัย, แนวทางการซื้อบ้านพิจารณาในด้านรูปแบบและเทคโนโลยีก่อสร้าง[ระบบออนไลน์]. 2543. แหล่งที่มา: http://se-ed.net/winyou/index.html.[20 มิ.ย 2550]

- บริษัท แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก ในโครงการ ประเภท บ้านเดี่ยว และ ทาวน์เฮ้าส์ใน โครงการปาริชาต รังสิต มัณฑนา ศรีนครินทร์ และบุศรินทร์ เทพารักษ์

- บริษัท ไรมอน แลนด์ จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบ กึ่งสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก ใน โครงการ ประเภทบ้านเดี่ยว และ ทาวน์เฮ้าส์ ใน โครงการ ไรมอน พาร์ค และ คอนโดมิเนียม โครงการซิตี้ วิลล่า

- บริษัท ควอลิตี้ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก ในโครงการ ประเภทบ้านเดี่ยว โครงการ วรารมณ์ เพชรเกษม และ ประชาอุทิศ

- บริษัท บางกอก แลนด์ จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก ใน โครงการ ประเภท บ้านเดี่ยว และ คอนโดมิเนียม โครงการ บางกอกแลนด์ แจ้งวัฒนะ

- บริษัท กฤษดามหานคร จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก ในโครงการ ประเภท บ้านเดี่ยว โครงการ กฤษดา เพลส แอนด์พาร์ค เทพารักษ์

- บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

ใช้ ระบบกึ่งสำเร็จรูป ระบบผนังรับน้ำหนัก ใน โครงการ ประเภท ทาวน์เฮ้าส์โดยเริ่มต้นที่ โครงการ โครงการพฤกษา 4 พฤกษา 8

- บริษัทสยามธานี จำกัด

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนักในโครงการประเภทคอนโดมิเนียม และทาวน์เฮ้าส์ โครงการบ้านสวนธน บางมด รัตนาธิเบศร์ รัชดา สุขุมวิท ตะวันธรรม สิรารมณ์ รังสิต และ บาง บัวทอง

- บริษัท เอเซียน พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด (มหาชน)

ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนักในโครงการประเภทบ้านเดี่ยว โครงการเพลส แอนด์ พาร์ค

- บริษัท พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน)
ใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนักในโครงการประเภทบ้านเดี่ยว โครงการ เพอร์เฟค พาร์ค พระราม5-บางใหญ่

นอกจากนี้ ยังมี โครงการ หมู่บ้านนักกีฬา เอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 13 ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ใช้ระบบ ผนังรับน้ำหนักกับอาคารประเภทอาคารชุด จำนวนประมาณ 300 หน่วยเหตุผลที่ผู้ประกอบการนำ ระบบสำเร็จรูปมาใช้แทนระบบเดิม ( เสา คาน ก่ออิฐฉาบปูน) คือ การคาดการณ์ว่าจะก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าระบบเดิม เหตุผลรองลงมาคือมีความมั่นใจว่าระบบระบบสำเร็จรูปจะสามารถควบคุมคุณภาพบ้านได้ดีกว่าระบบเดิม และยังสามารถควบคุม งบประมาณค่าก่อสร้างได้แน่นอน จากปัจจัยทั้ง 3 ข้างต้น พบว่ามีความสอดคล้องกับปัญหาในการก่อสร้างที่ผู้ประกอบการ ประสบอยู่คือ ปัญหาการก่อสร้างล้าช้าปัญหาการควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง รวมทั้งการขาดแคลน ช่างฝีมือ ซึ่งการที่ผู้ประกอบการนำระบบสำเร็จรูปมาใช้นั้น ก็เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวทั้งสิ้น

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.11.1 การก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คาน

สุกฤต อนัตชัยยง[7] ได้ทำการศึกษาโดยพิจารณาการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คาน ว่ามีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทดแทนการก่อสร้างแบบหล่อเสา-คานในที่ก่อสร้างของการก่อสร้างแบบทั่วไปหรือไม่ โดยจะคำนึงถึงการก่อสร้างในลักษณะของแบบที่มีการซ้ำกันของโครงสร้างมากๆ โดยผู้วิจัยใช้บ้านเดี่ยวขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 170 ตารางเมตร ในหมู่บ้านคุณาลัยบางขุนเทียนที่ก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเสา-คานเป็นกรณีศึกษา

โดยใช้วิธีการเฝ้าสังเกต จดบันทึก ถ่ายภาพ สัมภาษณ์ เพื่อครอบคลุมทางด้านต้นทุน ปัญหาที่เกิดขึ้น กรรมวิธีในการออกแบบและกรรมวิธีในการก่อสร้างจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเสา-คานนี้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการสร้างบ้าน 2 ชั้น ในโครงการบ้านจัดสรร หรือสร้างบ้านที่มีหน่วยของโครงสร้างที่มีการซ้ำกันมากๆ เช่น บ้านเดี่ยวที่มีความสูงมากกว่า 1 ชั้น ในลักษณะของโครงการบ้านจัดสรร

---

[7] สุกฤต อนันตชัยยง, "การศึกษาและเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสาคาน," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545), หน้า 155-156.

เป็นต้น หากจะสรุปความเหมาะสมในการนำระบบดังกล่าวมาใช้ทดแทนการก่อสร้างแบบหล่อเสา-คานในที่ก่อสร้างของการก่อสร้างแบบทั่วไป สามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ ดังนี้

1) ลดต้นทุนและระยะเวลาการก่อสร้าง โดยที่ค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้สอย 170 ตารางเมตร จะได้ราคาค่าก่อสร้างของบ้านที่ก่อสร้างระบบทั่วไป เท่ากับ 7,681 บาท/ตารางเมตร สำหรับต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คาน เท่ากับ 7,255 บาท/ตารางเมตร ซึ่งจะมีราคาที่ถูกกว่าและเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างรวมค่า ดำเนินการและภาษีมูลค่าเพิ่มจะมีราคาลดลง 72,287 บาท หรือร้อยละ 5.54 แต่ถ้าพิจารณาแยกออกเป็นหมวดงานถ้าเลือกซื้อเฉพาะชิ้นส่วนสำเร็จรูปเสา-คานจากโรงงานมาใช้แทนการหล่อในที่เฉพาะเสา-คาน จะประหยัดราคาค่าโครงสร้าง 66,212 บาท หรือร้อยละ 14.22 ของราคาค่าก่อสร้างเฉพาะเสา-คาน โดยมีสาเหตุมาจากการลดราคาไม้แบบและค่าแรงงาน จากเดิมต้องใช้คนงานในการก่อสร้างแบบทั่วไป 16 คน ก็จะมีการใช้คนงานในการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเสา-คานในช่วงโครงสร้างหลักเพียง 7 คนเท่านั้น ถึงแม้ว่าในการก่อผนังคอนกรีตมวลเบาจะมีราคาต้นทุนที่แพงกว่า เนื่องจากทางผู้รับเหมายังไม่มีความรู้และความชำนาญในการก่อทำให้ค่าแรงงานในส่วนนี้ยังคงสูงอยู่ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วราคาค่าก่อผนังคอนกรีตมวลเบากับการก่ออิฐมอญทั่วไปใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ความได้เปรียบทางด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง การหล่อเสา-คานในที่ต้องใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 138 วัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานใช้เวลาเพียง 122 วัน ซึ่งใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 16 วัน เทียบเป็นร้อยละ11.59 ของระยะเวลาการก่อสร้างทั้งหมด

2) ราคาจะลดลงถ้ามีการสั่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานเป็นจำนวนมาก ในกรณีศึกษานั้น เป็นการเหมาจ้างทำโครงสร้างอาคารเพียง 1-2 หลังเท่านั้น ถ้านำระบบนี้ไปใช้กับอาคารที่มีลักษณะโครงการบ้านจัดสรร ชิ้นส่วนโครงสร้างซ้ำกันมากๆ จะทำให้ค่าสั่งซื้อและติดตั้งชิ้นส่วนราคาถูกลงกว่าการสั่งซื้อเพียง 1-2 หลัง

3) การก่อสร้างมีมาตรฐานเดียวกัน สามารถควบคุมคุณภาพความเรียบร้อยของผิวชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานได้กระบวนการสร้างมีลำดับขั้นตอนที่แน่นอนทำให้สามารถควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการก่อสร้างได้ง่าย ทำให้โครงสร้างอาคารแต่ละหลังมีคุณภาพเดียวกัน

4) ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะก่อสร้างมีไม่มากและยังสามารถทำการต่อเติมอาคารได้ในภายหลัง ซึ่งแตกต่างกับการใช้ระบบผนังรับน้ำหนักที่ไม่สามารถทุบรื้อผนังรับน้ำหนักได้ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในขณะก่อสร้างก็เกิดจากงานของบริษัทรับทำชิ้นส่วนโครงสร้างในบางครั้งมีงานเร่งมาก การส่งของอาจล่าช้าบาง และปัญหาในทางการก่อสร้างที่เกิดขึ้นก็สามารถทำความเข้าใจปรับปรุงและมีแนวทางแก้ไข

5) ลดมลพิษที่เกิดจากการก่อสร้างในระบบการก่อสร้างแบบทั่วไปจะเกิดมลพิษต่างๆ เช่น ฝุ่นละอองจากเศษหิน ทรายหรือเศษปูน จากเสียงรถขนส่งวัสดุต่างๆ ซึ่งระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถลดได้มาก

6) ลดจำนวนแรงงานจากกรณีศึกษานั้นจำนวนแรงงานในขั้นตอนของการก่อสร้างส่วนโครงสร้างเสา-คาน ใช้จำนวนคนที่น้อยลงไป 9 คน ซึ่งแรงงานในส่วนที่ลดลงไปดังกล่าวก็คือ แรงงานส่วนที่ใช้ในการตีไม้แบบที่หน้างาน ผูกเหล็กและงานฉาบตกแต่งผิว แต่ในความจริงแล้วแรงงานส่วนนี้ไม่ได้ลดลง เปรียบเสมือนการโยกย้ายการผูกเหล็กและหล่อแบบไปไว้ในส่วนโรงงานซึ่งข้อดีคือ ทำให้แรงงานในหมวดงานดังกล่าวนั้นมีความชำนาญ และขั้นตอนในการทำงานในส่วนโรงงานนั้นมีความเป็นขั้นตอนและเรียบร้อยกว่าการทำที่หน้างาน ราคาค่าจ้างจำนวนแรงงานจึงลดลงเพราะเป็นการรวมแรงงานทุกสถานที่ก่อสร้างมาไว้ในโรงงานเพียงที่เดียว

7) แก้ปัญหาการหยุดชะงักของงานอันเนื่องจากดินฟ้าอากาศไม่อำนวย โดยที่งานส่วนใหญ่ผลิตในโรงงานจึงอาจกำหนดตารางเวลาทำงานในช่วงติดตั้งภายนอกไม่ให้อยู่ในช่วงเวลาของฤดูมรสุมได้ง่าย

### 2.11.2 การก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปประเภทผนังรับน้ำหนัก

นาวิน นาคะศิริ[8] ได้ศึกษาวิเคราะห์การผลิตชิ้นส่วนในโรงงานผลิตแบบชั่วคราว โดยนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบระหว่างการซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดกับการก่อสร้างแบบก่ออิฐฉาบปูนแบบดั้งเดิม ซึ่งในการเปรียบเทียบราคาของค่าก่อสร้างในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบในด้านของต้นทุน (ขั้นต้น) ผลจากการสำรวจได้ทราบว่าระบบของการก่อสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างของโครงการเพลสแอนด์พาร์คนั้นได้เริ่มจากผู้ประกอบการจัดสรรและผู้รับเหมาก่อสร้างได้ปรับระบบการก่อสร้างแบบก่ออิฐฉาบปูน(ระบบดั้งเดิม:Conventional) มาเป็นระบบสำเร็จรูป (Prefabrication) โดยสร้างโรงงานหล่อชิ้นส่วนแบบชั่วคราวในสถานที่โครงการ ลักษณะของระบบที่ใช้ในการผลิตจะเป็นระบบเสาและคาน ผสมกับระบบผนังรับน้ำหนัก โดยส่วนของโครงสร้างทั้งเสา คาน หรือพื้นจะถูกหล่อเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาจากโรงงานผลิตชั่วคราวฯ โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 59 ชิ้นส่วนต่อบ้าน 1 หลัง (หลังที่ใช้เป็นกรณีศึกษา)

---

[8]นาวิน นาคะศิริ, "การศึกษาและเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูปประเภทผนังรับน้ำหนัก กรณีศึกษา: ผู้ประกอบการซื้อสำเร็จจากโรงงานผลิต กับการผลิตในที่ก่อสร้าง," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542) หน้า 116-118.

ซึ่งในส่วนของพื้นที่ผนังจะมีพื้นที่ 275 ตารางเมตร (หักส่วนของประตูและหน้าต่าง) และในส่วนของพื้นที่เป็นชิ้นส่วนที่หล่อจากโรงงานชั่วคราวฯ นั้น จะมีพื้นที่ 94 ตารางเมตร ซึ่งจะเป็นพื้นของพื้นที่ใช้สอยชั้นบนและเฉลียงด้านหน้าชั้นล่าง ในส่วนของพื้นโครงสร้างชั้นล่างจะเป็นพื้นคอนกรีตท้องเรียบ โดยซื้อสำเร็จจากท้องตลาดอีก 66 ตารางเมตร

จากการศึกษาและคำนวณต้นทุนขั้นต้นโดยจะต้องอยู่ภายใต้ปัจจัยต่างๆ คือ ประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันการคาดการณ์จุดคุ้มทุนเบื้องต้นของการลงทุนนั้น ผู้วิจัยได้คาดการณ์ไว้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) ลักษณะของการคิดต้นทุนค่าก่อสร้างแบบคิดภาษีมูลค่าเพิ่ม และการคิดต้นทุนแบบไม่คิดภาษีมูลค่าเพิ่ม จากการคาดการณ์จุดคุ้มทุนเบื้องต้นของการลงทุนนั้นผู้วิจัยได้คาดการณ์ไว้ ณ จุดที่ 37.23 หลัง หรือเท่ากับ 38 หลัง (พื้นที่ใช้สอยรวมโดยประมาณ 6,840 ตารางเมตร) ในกรณีที่ไม่คิดเรื่องของภาษีมูลค่าเพิ่มโดยหลังที่ 38 เมื่อถึงจุดคุ้มทุนแล้ว (จุดที่ค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากันคือ มีกำไรเป็นศูนย์)และในกรณีที่รวมเรื่องของการคิดภาษีมูลค่าเพิ่มแล้วการคาดการณ์จุดคุ้มทุนน่าจะอยู่ที่ปริมาณการสร้างในจำนวน 45.3 หลัง หรือเท่ากับ 46 หลัง (พื้นที่ใช้สอยรวมโดยประมาณ 8,280 ตารางเมตร) โดยเมื่อถึงจุดคุ้มทุนทั้ง 2 วิธีการแล้ว ผู้วิจัยจะไม่นำต้นทุนในส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่มาคำนวณอีก แต่จะคำนวณเฉพาะในส่วนที่เป็นต้นทุนของค่าก่อสร้าง บริหาร และอัตราดอกเบี้ยโดยหลังที่ 38 กรณีไม่คิดภาษีมูลค่าเพิ่มค่าก่อสร้างเฉลี่ยที่ 5,310.33 บาทต่อตารางเมตร และถ้าเป็นกรณีคิดภาษีมูลค่าเพิ่มในหลังที่ 46 ค่าก่อสร้างจะเฉลี่ยที่ 5,675.69 บาทต่อตารางเมตร ถ้ากรณีผู้ประกอบการซื้อสำเร็จรูปจากบริษัทที่รับสร้างบ้านราคาค่าก่อสร้างจะอยู่ที่ 8,700 บาทต่อตารางเมตร (สำหรับ 1-10 หลังแรก และกรณีสร้างมากกว่า 10 หลังขึ้นไป ทางผู้ผลิตจะลดราคาขายลงอีก 5% ข้อมูลจากการสอบถามบริษัทโฮมเพลสฯ) และถ้าผู้ประกอบการใช้ระบบการก่อสร้างแบบก่ออิฐฉาบปูนแบบเดิมนั้นราคาค่าก่อสร้างจะเฉลี่ยอยู่ที่ 6,965 บาทต่อตารางเมตร โดยผู้ประกอบการสร้างบ้านสำเร็จรูปจากโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนเองในจำนวนหลังที่ 25 ต้นทุนจะเฉลี่ยอยู่ที่ 8,706.31 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งจะใกล้เคียงกับการซื้อชิ้นส่วนเอง จากการศึกษามีข้อสรุปเพิ่มเติมว่า ในการสร้างบ้านด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นผู้ประกอบการจะต้องสร้างบ้านในปริมาณ 37 หลังขึ้นไป ราคาต้นทุนรวมก็จะเท่ากับการสร้างบ้านด้วยระบบทั่วไป และในการสร้างบ้านหลังที่ 41 ขึ้นไป จะมีต้นทุนของการเปลี่ยนเหล็กกรอบที่ทำเป็นกรอบแม่พิมพ์โดยจะเพิ่มทุกๆ 40 หลัง (จากการสอบถามจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง)ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าถ้าผู้ประกอบการสร้างบ้านในระบบกึ่งสำเร็จรูปในปริมาณที่น้อยกว่า 38 หลัง (พื้นที่ใช้สอยประมาณ 6,840 ตารางเมตร) ผู้ประกอบการควรซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน และถ้าผู้ประกอบการสร้างบ้านในปริมาณที่มากกว่า 38 หลัง (พื้นที่ใช้สอยโดยประมาณ 6,840ตารางเมตร) ควรจะสร้าง

โรงงานผลิตขึ้นในโครงการ เนื่องด้วยการสร้างโรงงานนี้จุดคุ้มทุนได้ก็จะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตที่มากพอ เพราะการลงทุนผลิตชิ้นส่วนบ้านเพื่อนำไปสร้างเป็นบ้านสำเร็จรูปนั้นถ้าปริมาณที่มากพอแล้ว ก็จะมีข้อดีคือ สามารถควบคุมคุณภาพ ควบคุมเวลาของการก่อสร้างได้ และสามารถทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างลดลงได้ หรือในกรณีที่คิดภาษีมูลค่าเพิ่มผู้ประกอบการมีปริมาณการสร้างในจำนวนน้อยกว่า 46 หลัง (พื้นที่โดยประมาณ 8,280 ตารางเมตร) ก็ควรซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน และถ้ามีปริมาณการสร้างที่มากกว่า 46 หลัง ก็ควรที่จะสร้างโรงงานผลิตขึ้นเอง ทั้งนี้การตัดสินใจในการสร้างโรงงานผลิตขึ้นนั้นอาจมีปัจจัยต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึง

รุ่งรัตน์ ลิ่มทองทองแท่ง[9] ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างบ้านชั้นเดียวพื้นที่ใช้สอย 82 ตารางเมตรในโครงการซื่อตรงรังสิตคลอง 3 ปทุมธานี ที่ก่อสร้างด้วยการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักเปรียบเทียบกับการก่อสร้างระบบเสาและคานโดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูนมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์ด้านต้นทุน เวลา ขั้นตอนและวิธีในการก่อสร้าง ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการก่อสร้างระบบ สำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักมีทั้งข้อดีและข้อเสียในการนำไปใช้ในโครงการซื่อตรงรังสิตคลอง 3 ปทุมธานี หากสรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบของทั้ง 2 ระบบ ในการนำระบบดังกล่าวมาใช้สามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1) ราคาต้นทุนก่อสร้างบ้านชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 82 ตารางเมตร ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก เท่ากับ 7,587.39 บาท/ตารางเมตร สำหรับต้นทุนก่อสร้างบ้านชั้นเดียวระบบเสาและคาน โดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน เท่ากับ 7,431.87 บาท/ตารางเมตร ซึ่งระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก จะมีราคาที่สูงกว่า จะได้ราคาต้นทุนที่สร้างบ้านเดี่ยวชั้นเดียว ที่สูงกว่า 12,753.30 บาทหรือราคาสูงขึ้น 155.53 บาท/ตารางเมตร เมื่อพิจารณาแยกออกเป็นหมวดงานในหมวดโครงสร้างหมวดโครงสร้างต้นทุนระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก เท่ากับ 174,242 บาทหรือ 2,124 บาท/ตร.ม.หมวดโครงสร้างระบบเสาและคาน โดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูนเท่ากับ 140,668 บาทหรือ 1,715 บาท/ตร.ม.ดังนั้นระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักมีราคาหมวดโครงสร้าง เปลี่ยนแปลงสูงกว่าระบบเสาและคาน โดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูนอยู่ 33,574 บาท/ตร.ม. การที่ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักมีต้นทุนการผลิตที่สูง โดยมีสาเหตุมาจาก

---

[9]รุ่งรัตน์ ลิ่มทองแท่ง, "การเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบสำเร็จรูปกับระบบปกติ : กรณีศึกษา โครงการซื่อตรงรังสิต คลอง 3 จังหวัดปทุมธานี," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548), หน้า 103-104.

แบบเหล็กในการหล่อ ปริมาณคอนกรีตที่ใช้ ค่าแรงงานเครื่องจักร ที่มีจำนวนมาก และค่าขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งราคาส่วนนี้จะลดลงเมื่อสร้างเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับวิทยานิพนธ์เรื่องการเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานกับการก่อสร้างแบบทั่วไป การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 337 หลัง[10]

2) ด้านเวลาในการก่อสร้างบ้านชั้นเดียว ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ใช้เวลา 32 วัน/หลัง (ระยะเวลาก่อสร้างรวมทั้งงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม) ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบเสาและคาน โดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน ใช้เวลา 92 วัน/หลัง ระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนักใช้เวลาก่อสร้างบ้านชั้นเดียวน้อยกว่า 60 วัน

3) ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะก่อสร้าง มีปัญหาเรื่องของการควบคุมคุณภาพความเรียบร้อยของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป กระบวนการสร้างมีการวางแผนบริหารจัดการงานก่อสร้าง ลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการก่อสร้างได้ง่าย ทำให้บ้านแต่ละหลังมีคุณภาพดี มีมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการวางแผนการบริหารการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

4) จากกรณีศึกษาระบบสำเร็จรูปแบบผนังรับน้ำหนัก ใช้คนจำนวนคนหล่อแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจำนวน 32 คน ใช้คนจำนวนคนติดตั้งจำนวน 11 คน รวมทั้งหมด 43 คน ในขณะที่ระบบเสาและคาน โดยใช้ผนังก่ออิฐ-ฉาบปูน ใช้คนจำนวนคนก่อสร้างจำนวน 52 คน ซึ่งใช้คนงานติดตั้งมากกว่า ส่งผลให้ปัญหาเกิดขึ้นมากกว่าทั้งในส่วนคุณภาพงาน ความปลอดภัย

### 2.11.3 การเปรียบเทียบระบบก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จในประเทศไทย

จากการศึกษา วรรณกรรม รายงาน และ วิทยานิพนธ์มากมาย ที่เกี่ยวกับระบบก่อสร้างสำเร็จรูป พบว่าข้อมูลจากการวิจัยระบบก่อสร้างประเภทต่างๆมักจะมีพื้นฐานการคำนวณที่แตกต่างกัน ทำให้เปรียบเทียบระหว่างระบบได้ยาก เนื่องจากงานวิจัยเรื่องราคาต้นทุนจะมีปรับเปลี่ยนตามสภาพราคาวัสดุและค่าแรงงานที่สูงขึ้นในแต่ละปี

---

[10]สุกฤต อนันตชัยยง, "การศึกษาและเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คาน," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545).

Taemthong W.[11] ได้สรุปว่าการเปรียบเทียบ 6 ปัจจัยในด้าน ราคา คุณภาพ เวลาการใช้ที่ดิน การลงทุนสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จ และการขนส่ง พบว่าระบบผนังรับน้ำหนักหล่อในที่เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากที่สุด ด้วยวิธีประเมินโดยระบบให้คะแนนและน้ำหนักความสำคัญ (Weight Score) แต่ไม่สามารถวัดผลด้านคุณภาพได้ชัดเจน เพียงระบุว่า ดีมาก ดี หรือไมดี เท่านั้น และไม่แสดงตัวอย่างของการประเมินด้านนี้ในงานวิจัย ในขณะที่การวิจัยของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง[12] นำเสนอว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างบ้านราคาถูกมีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ ระบบหล่อในที่ ระบบโครงสร้างเสาและคานสำเร็จรูป และ ผนังรับน้ำหนัก โดยมีระบบก่อสร้างแบบหล่อในที่มีราคาประหยัดมากที่สุด

อุดม หงส์หิรัญ[13] พบว่า การไหวตัวหรือความยืดหยุ่นของโครงการโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จขึ้นอยู่กับราคาที่จำหน่ายและปริมาณการผลิต จะมีผลต่อการอยู่รอดของโครงการมากที่สุด รองมาคือ ต้นทุนการผลิต(ราคาวัตถุดิบในการผลิต)

## 2.12 การนำระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้กับอาคาร

### 2.12.1 ประวัติการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในประเทศไทย

การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป เริ่มเป็นที่รู้จักตั้งแต่ครั้งที่ คอนโดมิเนียมโครงการบ้านสวนธนได้นำระบบนี้มาใช้ และได้รับความนิยมมากขึ้น เมื่อบริษัท บางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบเข้ามาใช้กับคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรม ในโครงการเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ โดยเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น ซึ่งมีประวัติความเป็นมาสรุปโดยย่อดังนี้

ปี 2534 การเคหะแห่งชาติมีการเริ่มใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่โครงการเคหะชุมชนพัทยา โดยใช้เวลาการก่อสร้างตั้งแต่ 9 กันยายน 2534 ถึง 11 มีนาคม 2537 เป็นอาคาร 19 ชั้น และอาคาร 12 ชั้นใช้ระบบเสาและคานสำเร็จรูป แผงบังแดดสำเร็จรูปและราวกันตกสำเร็จรูป

---

[11] Themthong W., "Construction Technology for mass Housing Contracts,"(Master of Engineering Thesis No. ST 95-37, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, 1995).

[12] ระบบการก่อสร้างบ้านราคาประหยัด .(ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร, 2532).

[13] อุดม หงส์หิรัญ, "การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทนด้านการเงินของโครงการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2543).

และภายในปีเดียวกันนี้มีโครงการอาคารชุดของเอกชนเกิดขึ้นคือโครงการเลควิว คอนโดมิเนียม เป็นอาคารสูง 29 ชั้น จำนวน 24 อาคารใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป และโครงการป๊อปปู-ล่า คอนโดมิเนียม อาคารสูง 12 ชั้น เป็นระบบผนังรับน้ำหนักจำนวน 27 อาคาร ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเช่นเดียวกัน ได้แก่ พื้น ผนัง บันได และห้องน้ำ มีการตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สถานที่ก่อสร้างโดยสามารถผลิตได้มากกว่า 300 ครั้ง

ปี 2536 โครงการบ้านสวนธน อาคารสูง 6 ชั้น แต่ละชั้นมี 8 ห้องเป็นการก่อสร้างอุตสาหกรรม และใช้ระบบผนังรับน้ำหนัก มีโรงงานผลิตอยู่ที่อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ระยะเวลาการก่อสร้างในแต่ละอาคารใช้เวลา 3 เดือน โดยแบ่งเป็นงานฐานราก 40 วัน งานโครงสร้าง 30 วัน งานตกแต่ง 20 วัน ใช้คนงานประมาณ 15 คนต่ออาคาร

ปี 2537 โครงการซิตี้ พาร์คบางนาเป็นอาคารสูง 12 ชั้น จำนวน 26 อาคาร ภายในระยะเวลา 30 เดือน ใช้ระบบผนังรับน้ำหนัก การทำงานตลอด 24 ชั่วโมง มีการก่อสร้างอาคารขึ้นพร้อมกันทีเดียว 6 อาคาร ตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สถานที่ก่อสร้าง

ปี 2539 การเคหะแห่งชาติ โครงการลาดกระบังระยะ 3 ใช้ระบบเสาและคานสำเร็จรูป

ปี 2546-2551 โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ เป็นอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น ที่มีการดำเนินงานอยู่ทั่วประเทศกว่า 400 โครงการ ทั้งสิ้น 601,727 หน่วย ในจำนวนนี้มีโครงการที่ใช้ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปที่มีการผลิตชิ้นส่วนในสถานที่ก่อสร้างและแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีการผลิตชิ้นส่วนจากโรงงานภายนอก ระบบโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก

### 2.12.2 ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป

จากการศึกษาของ จิรวัฒน์ ดำริอนันต์(2536)ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างอาคารสูงในกรุงเทพฯพบว่าวิธีการนำระบบคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างๆดังนี้

ข้อดีของระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปคือ

- สามารถนำแบบหล่อมาใช้ได้หลายครั้ง
- ได้ชิ้นงานมีคุณภาพ
- ไม่จำเป็นต้องใช้แบบนั่งร้านในการก่อสร้างผนังกันตก
- การจัดการบริหารงานแบบหล่อทำได้ง่าย
- ช่วยลดการเกิดเสียงดังจากการก่อสร้าง

- ต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่า ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม ลดการสูญเสียวัสดุและแรงงานคน

ข้อเสียของระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปคือ

- การขนส่งมีปัญหาเรื่องการจราจร และการจำกัดน้ำหนักบรรทุก
- ขาดช่างฝีมือ และผู้ผลิตจำหน่ายในเรื่องของแบบหล่อ
- จุดรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการประกอบไม่สวยงาม
- ต้องใช้ทาวเวอร์เครนในการติดตั้ง

โดย ระบุได้ชัดเจนว่าต้นทุนในงานก่อสร้างในระบบก่อสร้างสำเร็จรูปต่ำกว่าระบบการก่อสร้างแบบหล่อในที่ แต่โครงสร้างที่ใช้ในการเปรียบเทียบต้นทุนงานโครงสร้างคือ ผนังกันตก และบันไดเท่านั้น และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จะใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่สำหรับงานชนิดเดียวกัน

### 2.12.3 กรณีศึกษางานก่อสร้างอาคารในโครงการต่าง ๆและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.12.3.1 กรณีศึกษา โครงการบ้านสวนธนรัชดาภิเษก[14] ลักษณะอาคารเป็นคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้นและ 12 ชั้น ซึ่งใช้ระบบผนังรับน้ำหนักที่เป็นเทคโนโลยีจากประเทศญี่ปุ่น มีระบบโครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก โดยมีการถ่ายแรงจากผนังชั้นบนลงสู่ผนังชั้นล่าง ทำให้ผนังทำหน้าที่เป็นคานและเสาในตัว จึงมีข้อจำกัดคือไม่สามารถทำการเจาะผนังเพื่อต่อเติมได้ แต่จุดเด่นคือการก่อสร้างใช้ระยะเวลารวดเร็วและได้มาตรฐาน งานฉาบผิวผนังมีน้อย ใช้แรงงานน้อย และสามารถทำให้ต้นทุนลดลงได้

2.12.3.2 กรณีศึกษา การก่อสร้างคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรมเมืองทอง[15] ลักษณะอาคารเป็นคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรม สูง 10 ชั้น จำนวน 8 หลังลักษณะโครงสร้างเป็นพื้น Hollow Core ความหนา 20 ซม. ช่วงยาว 9 เมตร วางพาดบนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก Plane Frame ช่วงคาน 11 เมตร รับน้ำหนักบรรทุก 1,000 กก./ตร.ม. แผนการก่อสร้างเน้นการใช้วัสดุ Pre-fabrication ร่วมกับระบบไม้แบบเหล็กที่ประกอบติดตั้งได้เร็ว สามารถก่อสร้างได้สัปดาห์ละ 10,000 ตร.ม.

---

[14] มั่น ศรีเรือนทอง, "เยี่ยมชมโครงการบ้านสวนธน," วิศวกรรมสาร ฉบับ ว.ส.ท 45,7 (กรกฎาคม 2535):46-50.

[15] มั่น ศรีเรือนทอง, "เคล็ดลับการก่อสร้างจากการดูงานการก่อสร้างคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรมเมืองทองธานี," วิศวกรรมสาร ฉบับ ว.ส.ท 44,7 (กรกฎาคม 2534):27-30.

2.12.3.3 มามี โตบารมีกุล[16] ศึกษาเรื่องระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยทำการเก็บข้อมูลจาก 4 โครงการ คือ

1. โครงการ บ้านเมืองทอง (ก) ลักษณะโครงการ ทาวน์เฮาส์ 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 134 ตร.ม.จำนวน 420 หลัง งานโครงสร้างอาคารระบบผนังคอนกรีตรับแรง

2. โครงการ วิลล่าสเตชั่น (ข) ลักษณะโครงการ บ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 125 ตร.ม. จำนวน 194 หลัง งานโครงสร้างระบบผนังคอนกรีตรับแรง

3. โครงการบิ๊กแลนด์มินิแฟกตอรี่ (ค) ลักษณะโครงการ อาคารโรงงานและสำนักงาน 4 ชั้น จำนวน 63 อาคาร ระบบโครงเฟรม ใช้คาน คสล. สำเร็จรูป พื้นแพล็งค์ ผนัง คสล. สำเร็จรูป หนา 7.5 ซม.

4. โครงการหมู่บ้านนักกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ครั้งที่ 13 (ง) ลักษณะโครงการ อาคารพักอาศัย 8,12 และ 14 ชั้น งานโครงสร้างระบบผนังคอนกรีตรับแรง

จากการศึกษาพบว่าการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเหมาะที่จะใช้กับโครงการที่มีอาคารเป็นจำนวนมากและรูปแบบไม่หลากหลาย การก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป การขนส่งและ การติดตั้งประกอบจุดรอยต่อ ข้อดี คือลดต้นทุนงานโครงสร้างและลดระยะเวลางานก่อสร้าง ข้อเสียคือลงทุนสูงในระยะแรกของการก่อสร้าง การดัดแปลงอาคารทำได้ยาก ต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือรวมทั้งบุคลากรและผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์ และต้องควบคุมงานทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ ส่วนปัญหาและอุปสรรคคือการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามที่แบบกำหนด จุดรอยต่อชิ้นส่วนมีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงตำแหน่ง มีการรั่วซึมของน้ำบริเวณจุดรอยต่อหลังการสร้างเสร็จ จากการเปรียบเทียบต้นทุนพบว่าโครงการ ก ข ค และ ง มีต้นทุนทางตรงของงานโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปลดลงประมาณ 23 13 6 และ 13% ตามลำดับ และระยะเวลาก่อสร้างงานโครงสร้างอาคารสำเร็จรูปลดลงประมาณ 64 69 37 และ 50% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับระบบหล่อในที่อาคารเดียวกัน จากผลการศึกษาทั้ง 4 โครงการ การเลือกใช้การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปมีความประหยัดและรวดเร็วกว่าระบบหล่อในที่

---

[16] มามี โตบารมีกุล, "การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540).

2.12.3.4 ศุภชัย ไชยน[17] ทำการศึกษาการก่อสร้างอาคารด้วยระบบผนัง ค.ส.ล สำเร็จรูป ภายนอกอาคาร : กรณีศึกษา โครงการลุมพินีเพลส (นราธวาส-เจ้าพระยา) เป็นอาคารสูง 29 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 40,990 ตร.ม. โดยใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel กับโครงการ ซิตี้สมาร์ทคอนโด (ปทุมวัน) ที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Component เป็นอาคารสูง 27 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 41,822 ตร.ม. มาเป็นกรณีศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ระบบผนัง ค.ส.ล. สำเร็จรูปชิ้นส่วนแบบ Panel มีความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารสูง เนื่องจากสามารถลดขั้นตอนการก่อสร้าง ระยะเวลา และราคาลงได้ และพบว่าการก่อสร้างด้วยระบบผนัง ค.ส.ล. สำเร็จรูปของโครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel และโครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Component มีขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างที่คล้ายกัน จะแตกต่างกันที่โครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel จะทำการเตรียมเส้น Offset Line เอาไว้สำหรับเช็คแนวระดับในการติดตั้ง และกำหนดช่วงเวลาการใช้ทาวเวอร์เครนไม่ให้ตรงกับระยะเวลาการใช้งานส่วนอื่นๆ ของทางโครงการ ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการติดตั้งลงได้ และระบบผนังค.ส.ล. สำเร็จรูปมีขั้นตอนมากกว่าการก่อสร้างด้วยระบบผนังก่ออิฐ ในเรื่องระยะเวลาการก่อสร้างผนังภายนอกอาคาร โครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel ใช้เวลาในการก่อสร้างเร็วที่สุดเฉลี่ย 8วัน/ ชั้น เท่ากับ 29.19 ตร.ม./ วัน โครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Component ใช้เวลาในการก่อสร้างเฉลี่ย 12วัน/ ชั้น เท่ากับ 20.45 ตร.ม./ วัน และโครงการที่ใช้ระบบผนังก่ออิฐ ใช้เวลาในการก่อสร้างเฉลี่ย 14วัน/ ชั้น เท่ากับ 17.54 ตร.ม./ วัน ในเรื่องของแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างงานผนังภายนอกอาคาร โครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel ใช้แรงงานจำนวน 27 คน และโครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Component ใช้แรงงานจำนวน 29 คน ซึ่งจะมีจำนวนแรงงานที่ใกล้เคียงกัน และโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังก่ออิฐจะใช้จำนวนแรงงานมากกว่า ในเรื่องราคาค่าก่อสร้างโครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Component มีราคาค่าก่อสร้างมากที่สุดเท่ากับ 1,635 บาท/ ตร.ม. โครงการที่ใช้ชิ้นส่วนแบบ Panel มีราคาค่าก่อสร้างเท่ากับ 1,380 บาท/ตร.ม. และโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบผนังก่ออิฐมีราคาค่าก่อสร้างเท่ากับ 693 บาท/ ตร.ม.

กล่าวสรุปโดยภาพรวม การก่อสร้างอาคารโดยชิ้นส่วนสำเร็จรูปในเมืองไทย เริ่มต้นใช้มาประมาณ 20 ปีผ่านมา โดยใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอาคารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น พื้น หรือ ผนัง หรือ บันได หากแต่การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบโครงสร้างแบบผนังรับ

---

[17] ศุภชัย ไชยน, "เงื่อนไขด้านเทคนิคในการก่อสร้างอาคารสูงด้วยระบบผนัง ค.ส.ล. สำเร็จรูป ภายนอกอาคาร กรณีศึกษา โครงการลุมพินีเพลส นราธวาส-เจ้าพระยา กับโครงการซิตี้ สมาร์ท คอนโด ปทุมวัน," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2549).

I24323627

น้ำหนัก กับอาคารที่สูงเกิน 14 ชั้นขึ้นไปยังคงไม่ได้รับความนิยมมากนัก อาจเนื่องด้วยสาเหตุหลายปัจจัยจึงควรมีการศึกษาถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับความเหมาะสมในการใช้ระบบโครงสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก และข้อจำกัดต่างๆเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจและเป็นทางเลือกในการพัฒนาระบบการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

## 2.13 การพัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบเปิด (Opening System) โดยใช้ระบบประสานพิกัดในการออกแบบ เพื่อใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทบ้านแถว

ระบบการประสานทางพิกัดในไทยเกิดขึ้นในช่วง 2510-2520 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการตื่นตัวในการพัฒนาระบบอุตสาหกรรม ซึ่งมีการคาดคะเนว่าจะเกิดการขาดแคลนที่อยู่อาศัย แต่การก่อสร้างโดยรวมยังเป็นระบบดั้งเดิมเป็นหลัก การใช้ผนังสำเร็จรูปคงเป็นกรณีเฉพาะแต่ละโครงการ ระบบการประสานทางพิกัดในอาคารที่มีจำนวนไม่มากนักในช่วงเวลาดังกล่าว ก็ไม่ได้รับการสืบสานในช่วงเวลาต่อมา พร้อมๆกับการถดถอยของการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในปี 2520 บ้านแถวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นสูงกว่าที่อยู่อาศัยประเภทอื่น จึงจำเป็นต้องใช้ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้ดำเนินโครงการพัฒนาระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในระบบเปิด(Open System) โดยใช้ระบบประสานพิกัดในการออกแบบ เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย และช่วยให้การดำเนินการก่อสร้างเป็นไปด้วยความรวดเร็ว

### 2.13.1 ความเป็นมาของระบบประสานพิกัดในประเทศไทย[18]

ประเทศไทยได้มีการใช้ระบบการประสานทางพิกัดมาแต่โบราณ ได้แก่การใช้มิติมูลฐาน คือ กระเบียด นิ้ว คืบ ศอก และ วา แต่ต่อมาทางราชการได้กำหนดให้ใช้มาตราเมตริกตามหลักสากลเป็นหน่วยวัดราชการ

ในปี พ.ศ 2512 ศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย (ศกม.) ได้เริ่มกำหนดให้พิกัดมูลฐาน (พ) = 100 มม. ตามข้อเสนอแนะของ ISO

ในปี พ.ศ 2523 มีการเสนอเอกสารทางวิชาการเรื่อง " การใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบอาคาร" เพื่อชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ทั้งในแบบวิธีดั้งเดิมและแบบอุตสาหกรรม

---

[18] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคารสำหรับประเทศไทย (กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2513)

ในปี 2533-2538 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) โดยสาขาวิจัยอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้ดำเนินการโครงการวิจัยและพัฒนาวัสดุก่อสร้างและระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนธุรกิจการก่อสร้างที่อยู่อาศัยระดับผู้มีรายได้น้อย-ปานกลาง ที่อยู่ในเขตเมือง-ชนบท ให้มีการดำเนินการในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุหลักร่วมกับวัสดุเหลือใช้และทรัพยากรท้องถิ่น

ปัจจุบันวงการก่อสร้างได้หันมานิยมในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอุตสาหกรรมด้านการก่อสร้าง การดำเนินการวางแปลนและออกแบบส่วนประกอบอาคารเพื่อนำระบบนี้ไปใช้ มีวิธีการที่ต่างออกไปจากวิธีการทำงานแบบเดิม กล่าวคือ การออกแบบส่วนต่างๆของอาคาร จำเป็นต้องใช้ระบบประสานทางพิกัดเข้ามาช่วยมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อผู้ก่อสร้างจะสามารถนำส่วนประกอบต่างๆไปใช้อย่างกว้างขวางและสะดวก โดยไม่ต้องเสียเวลาอยู่กับการทำงานในลำดับขั้นต่างๆ

ชนินทร์ แซ่เตียว[19] ศึกษาถึงแนวทางในการออกแบบบ้านแถว 1 คูหาชั้นเดียว ขนาด 40 พ. x 60 พ. สูง 26 พ. โดยอาศัยชิ้นส่วนสำเร็จรูปของ วท. ร่วมกับการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำเร็จรูปอื่นๆ พบว่า ขนาดพิกัดของผืนผนังสำเร็จรูปขนาดใหญ่ นิยมใช้พิกัด 300 มม. แทนที่ 100 มม. โดยขนาดส่วนประกอบอาคาร ควรใช้ขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่สามารถผลิตและยกย้ายติดตั้งได้โดยสะดวก โดยเพิ่มขนาดครั้งละ 300 มม. ตามต้องการ ส่วนพื้นและผนัง อาจเพิ่มขึ้นครั้งละ 600 มม. และ 1200 มม. หรืออาจผลิตขึ้นโดยใช้พิกัดอื่น เพื่อที่จะได้มีโอกาสเลือกใช้ส่วนประกอบอาคารต่างๆกัน ประกอบเข้ากันอย่างเหมาะสม

---

[19] ชนินทร์ แซ่เตียว, "แนวทางการออกแบบงานก่อสร้างบ้านแถวด้วยระบบประสานทางพิกัด," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545).