

## แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการออกแบบ และก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น

### Guidelines for Integration of Prefabrication Construction Technology for 2 – Storey Residential Building Design and Construction

ภาวณา ชินศรี<sup>1</sup> และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์<sup>2\*</sup>  
Pawana Chinasri<sup>1</sup> and Pusit Lertwattanaruk<sup>2\*</sup>

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121  
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani 12121

\* Corresponding author e-mail: woonnoow@hotmail.com<sup>1</sup>, lertwatt@tu.ac.th<sup>2\*</sup>

Received 28/2/2020    Revised 14/7/2020    Accepted 23/7/2020

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาความเหมาะสมในการออกแบบและก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นในประเทศไทย โดยการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้พัฒนาโครงการ สถาปนิก และวิศวกรควบคุมงานก่อสร้างจากโครงการกรณีศึกษาจำนวน 3 โครงการ เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผสม ทั้งในด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้าง ผลการศึกษา พบว่า ในปัจจุบัน ระบบการก่อสร้างพื้นซึ่งเป็นที่นิยมมีจำนวน 4 ระบบ ได้แก่ ระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปพื้นสำเร็จรูปสามขา พื้นหล่อในที่วางบนดิน และพื้นหล่อในที่วางบนคาน ระบบการก่อสร้างบันไดที่นิยมใช้มี 3 ระบบ ได้แก่ บันไดคอนกรีตสำเร็จรูป บันไดหล่อในที่ และบันไดโครงเหล็กสำเร็จรูป ระบบการก่อสร้างผนังที่นิยมใช้มี 3 ระบบ ได้แก่ ระบบผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ผนังก่ออิฐมวลเบา และผนังโครงเบา ทั้งนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบูรณาการเทคโนโลยีการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งเรียงตามระดับความสำคัญ ได้แก่ ระยะเวลาในการก่อสร้าง การใช้งานในระยะยาว ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ ต้นทุนค่าแรงงาน การรับน้ำหนัก น้ำหนักของวัสดุ คุณภาพของรอยต่อในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าวัสดุ และค่าอุปกรณ์ ตามลำดับ

#### คำสำคัญ

แนวทาง

การบูรณาการ

การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

บ้านพักอาศัย

## **Abstract**

This research focuses on studying the suitability of integrated prefabricated construction systems in Thailand by collecting quantitative and qualitative data through the expert interviews with project developers, architects and construction engineers from 3 project case studies. The main parameters studied for the integration of prefabricated construction systems include time, cost and quality of construction. The study found that four most used systems for slab construction include precast floor slab, corrugated plank, cast-in-place slab (on ground), and cast-in-place slab (on beam). For stair construction, three most used systems include precast concrete stair, cast-in-place stair, and steel stair. For wall construction, three most used systems include precast concrete wall, aerated concrete block, and light-frame wall. From this study, the factors that affect integration of prefabricated construction systems according to level of importance are installation of prefabricated parts, long-term use, installation time of joints, labor costs, service load, weight of prefabricated parts, quality of joints in construction, material and equipment costs, respectively.

## **Keywords**

Guidelines

Integration

Prefabricated Construction

Residential Building

## 1. บทนำ

จากข้อมูลความต้องการแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในภาคธุรกิจช่วงปี พ.ศ. 2556 - 2560 และปัญหาต้นทุนแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้น จากการปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ (EIC, 2018) ส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านระยะเวลาในการก่อสร้างที่ไม่เป็นไปตามกำหนดและขาดแรงงานที่มีคุณภาพ ทั้งในด้านต้นทุนค่าการก่อสร้างที่เพิ่มสูงขึ้น จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างเข้าสู่ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และเริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นในประเทศไทย

ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็นกรอบของอาคาร ซึ่งเป็นลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานมาประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง โดยจะมีข้อจำกัดในด้านการขนส่ง การผลิต เทคนิคการก่อสร้าง ประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนอาคารที่เป็นงานชิ้นเล็ก ๆ หรือชิ้นงานที่สามารถทำได้ยากในโรงงานที่มีรายละเอียดการติดตั้งซับซ้อนจะถูกดัดแปลงมาทำในพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งจะมีผลต่อด้านระยะเวลาในการจัดทำชิ้นใหม่ และด้านต้นทุนในการก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีการใช้ระบบการก่อสร้างอื่น ๆ มาผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้าง (Raksakul, 2017)

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผสมในประเทศไทย โดยศึกษาเฉพาะส่วนของงานโครงสร้าง ไม่รวมงานตกแต่ง งานกระเบื้องหลังคา โครงหลังคา งานฐานราก และเสาเข็ม จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างแบบผสม แล้วนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ทั้งในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผสมที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน ทั้งยังเป็นการลดข้อจำกัดของการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และเพิ่มศักยภาพของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม (Shahzad, Mbachu & Domingo, 2014)

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการเลือกใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในด้านระยะเวลาการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้าง ซึ่งจะสามารถใช้

เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบผสมที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกันได้ ดังนี้

### 1.1 ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถจำแนกตามลักษณะการก่อสร้างได้เป็น 3 ระบบหลัก (KMITL, 2005) ดังต่อไปนี้

#### 1. ระบบชิ้นส่วนประกอบ (Component System)

สามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า “ระบบโครงสร้างหรือระบบเฟรม” (Frame Structure System) เป็นระบบโครงสร้างที่พื้นรับน้ำหนักถ่ายลงบนคานผ่านน้ำหนักไปยังเสาและลงสู่ฐานรากตามลำดับ ในระบบนี้โครงสร้างพื้น คาน และเสา เป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตแยกออกจากกัน แล้วนำมาประกอบกันในภายหลัง

#### 2. ระบบแผ่นระนาบ 2 มิติ (Panel System)

เป็นระบบโครงสร้างที่พื้นรับน้ำหนักถ่ายลงบนแผ่นผนัง และส่งผ่านน้ำหนักลงสู่ฐานรากตามลำดับ โครงสร้างระบบนี้จะเน้นแผ่นพื้นและผนังรับแรงเป็นโครงสร้างหลัก การออกแบบขนาดแผ่นผนังรับแรง (แผ่น Panel) ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในการยกติดตั้ง และความสะดวกในการขนส่ง

#### 3. ระบบปริมาตร 3 มิติ (Modular System, Volumetric System)

เป็นระบบก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปลักษณะ 3 มิติ หรือห้องสำเร็จรูป (pod) แต่ละหน่วยมาประกอบเข้าด้วยกัน ระบบนี้สามารถควบคุมวัสดุปิดผิวภายในหน่วยให้เรียบร้อยก่อนออกจากโรงงาน ทำให้ปรับปรุงคุณภาพลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ก่อสร้างได้มากขึ้น เพิ่มความรวดเร็วในงานก่อสร้าง สภาพการทำงานสะดวกขึ้น ตลอดจนเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของขั้นตอนการทำงานได้ดี ระบบการก่อสร้างเชิงปริมาตร (Volumetric Construction) นี้จะเหมาะสมกับพื้นที่ที่เป็นส่วนบริการของบ้านพักอาศัย เช่น ห้องครัว ห้องน้ำ เป็นต้น ผลจากการศึกษาระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปทั้ง 3 ระบบข้างต้น สามารถสรุปข้อดี และข้อจำกัด โดยจำแนกตามปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

### 1.2 ประเภทของรอยต่อ

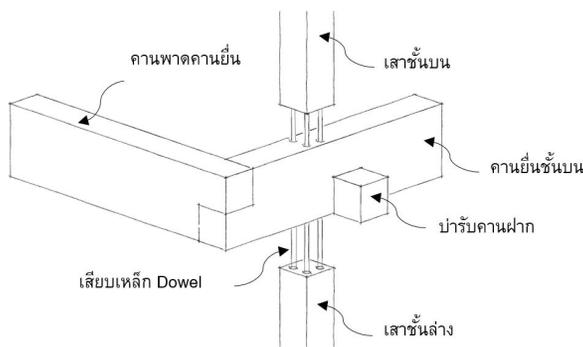
การแบ่งประเภทของรอยต่อตามลักษณะการก่อสร้าง สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท (Rujirakaphiruk, 2007) ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบรูปแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปทั้ง 3 ระบบ ( Comparison of 3 systems of precast concrete components)

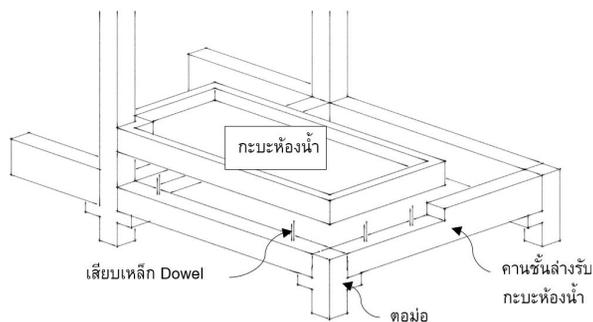
รายการ	ระบบชิ้นส่วนประกอบ	ระบบแผ่นระนาบ 2 มิติ	ระบบปริมาตร 3 มิติ
<b>ระบบโครงสร้าง</b>			
ข้อดี	- ใช้โครงสร้างเป็นเสา - คานสำเร็จรูป เจาะผนังตัดแปลงง่าย	- ผนังรับแรงมีความคงทนแข็งแรง - กันเสียง ทนไฟได้ดี	- ผนังรับแรงมีความคงทนแข็งแรง - กันเสียง ทนไฟได้ดี
ข้อเสีย	- มีจำนวนชิ้นส่วนมาก	- โครงสร้างมีน้ำหนักมาก - ตัดแปลงโครงสร้างภายในได้ยาก	- โครงสร้างมีน้ำหนักมาก - ตัดแปลงโครงสร้างภายในได้ยาก
<b>การผลิต</b>			
ข้อดี	- ใช้พื้นที่โรงงาน, แบบหล่อ่น้อย	- การทำงานง่าย	- ควบคุมคุณภาพได้ดี
ข้อเสีย		- ใช้พื้นที่โรงงานและแบบหล่อน้อยมาก	- ใช้พื้นที่โรงงาน แบบหล่อ เครื่องมือ และอุปกรณ์มาก
<b>การเก็บสต็อก</b>			
ข้อดี	- ใช้พื้นที่น้อยสำหรับคานช่วงเดียว		
ข้อเสีย	- ใช้พื้นที่มากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา	- ใช้พื้นที่มาก	- ใช้พื้นที่มากกว่า
<b>การขนส่ง</b>			
ข้อดี	- ขนส่งง่ายสำหรับคานช่วงเดียว	- ใช้รถขนส่งที่ต้องออกแบบเฉพาะ	- มีจำนวนชิ้นส่วนน้อย
ข้อเสีย	- ขนส่งยากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา	- ต้นทุนขนส่งขึ้นอยู่กับขนาด และน้ำหนักของชิ้นส่วนสำเร็จรูป	- ใช้รถขนส่งที่ต้องออกแบบเฉพาะ - ต้นทุนขนส่งขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วน - มีข้อจำกัดของการรับน้ำหนักของถนน
<b>การติดตั้ง</b>			
ข้อดี	- ง่ายสำหรับเสา-คานช่วงเดียว	- ขั้นตอนการติดตั้งง่าย	
ข้อเสีย	- ขนส่งยากสำหรับคานต่อเนื่องพร้อมเสา - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ	- ใช้เครื่องจักรกลหนัก - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ	- ใช้เครื่องจักรกลหนัก - ใช้แรงงานที่มีฝีมือ - การรับน้ำหนักของถนน
<b>จุดรอยต่อ</b>			
ข้อดี	- ง่ายสำหรับเสา-คานช่วงเดียว	- ลักษณะจุดรอยต่อประกอบง่าย	- ลักษณะจุดรอยต่อประกอบง่าย
ข้อเสีย	- ต้องมีการควบคุมคุณภาพสูง	- แนวและตั้งของจุดรอยต่อควบคุมยาก - ระบบกันน้ำต้องควบคุมคุณภาพ	
<b>สถาปัตยกรรม</b>			
ข้อดี	- มีช่องว่างพื้นที่มาก - แบบแปลนมีความยืดหยุ่นมาก - ตัดแปลงภายในอาคารได้ง่าย	- ผิวผนังเรียบสวยงาม - ไม่มีขอบและมุมเสา-คาน	
ข้อเสีย		- ตัดแปลงภายในอาคารยาก - แบบแปลนมีความยืดหยุ่นน้อย	- แบบแปลนมีความยืดหยุ่นน้อย เพราะมีข้อจำกัดเรื่องขนาดห้องและน้ำหนัก

1. รอยต่อแบบเปียก (Wet Joint) เป็นวิธีการเชื่อมต่อวัสดุที่ไม่สามารถรับแรงได้ทันที โดยใช้วิธีการเกร้าท์ (grout) ด้วยวัสดุประเภทที่มีส่วนผสมของน้ำ เช่น ปูนทราย (mortar) ต้องรอจนวัสดุมีความแข็งแรงและสามารถรับแรงได้ เช่น รอยต่อแบบโดเวลเกร้าท์ (dowel grout) ซึ่งจะมีการใช้เหล็กเดือยเข้ามาเสริมในตำแหน่งที่ทำการเกร้าท์

2. รอยต่อแบบแห้ง (Dry Joint) เป็นวิธีการเชื่อมต่อวัสดุที่สามารถรับแรงได้ทันที โดยใช้แผ่นเหล็กประกบกันระหว่างแผ่น และใช้ปูนทรายหรือวัสดุกันซึมในการปิดรอยต่อ เช่น รอยต่อแบบโบลท์ (bolting) รอยต่อแบบการเชื่อม (welding) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 รูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตเสาชั้นล่าง คานและเสาชั้นบน (KMITL, 2005) (Installation scheme of the concrete column on the ground floor Upper beams and columns)



รูปที่ 2 รูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนพื้นห้องน้ำเสร็จรูป (KMITL, 2005) (Installation patterns of finished bathroom floor parts)

### 1.3 ระยะเวลาก่อสร้าง (Total Construction Time)

การประมาณระยะเวลาในการก่อสร้างต้องใช้ข้อมูล 3 ส่วนในการวิเคราะห์ (Jiradamkerng, 2001) ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเทคนิคงานก่อสร้าง ได้แก่ แบบก่อสร้าง (drawing) ข้อกำหนดงานก่อสร้าง (specification) และข้อมูลภาคสนาม (site data)

2. ข้อมูลงานและปริมาณ ได้แก่ โครงสร้างรายการงาน (WBS) รายการคำนวณปริมาณงาน (quantity takeoff) และระเบียบปริมาณงาน (BOQ)

3. ข้อมูลอัตราผลผลิตงานก่อสร้าง ได้แก่ อัตราผลผลิตมาตรฐาน (productivity standard) และอัตราผลผลิตขององค์กร (recorded productivity)

สามารถคำนวณอัตราผลผลิตงานก่อสร้างโดยใช้ความสัมพันธ์ ดังสมการนี้

$$\text{อัตราผลผลิต (หน่วย/คน-วัน)} = \frac{\text{ปริมาณงานกิจกรรมก่อสร้าง (หน่วย)}}{\text{เวลาของงานก่อสร้าง (วัน) x จำนวนช่าง (คน)}}$$

### 1.4 การคำนวณต้นทุนของการก่อสร้าง

การวิเคราะห์คาดการณ์หรือการประมาณเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือทำงานล่วงหน้า สำหรับต้นทุนในการก่อสร้างสามารถจำแนกประเภทของต้นทุนเพื่อใช้ในการประมาณราคาได้ 2 ลักษณะ (Watanasinsak, 2013) ดังนี้

#### 1.4.1 ต้นทุนทางตรง (Direct Cost)

เป็นต้นทุนในการก่อสร้างที่แสดงราคาต่อหน่วยและสามารถระบุได้ว่าอยู่ส่วนไหนของงานก่อสร้างมีทั้งหมด 4 ส่วน ประกอบด้วย

1. ค่าวัสดุ คือ ค่าที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น เหล็ก ปูนซีเมนต์ กระจก ทราย กระจกเบื้องหลังคา
2. ค่าแรงงาน คือ ค่าแรงในการก่อสร้างอาคาร เช่น ค่าตอกเสาเข็ม ค่าทาสี ค่ามุงกระเบื้องหลังคา
3. ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักร คือ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการก่อสร้าง เช่น ไม้จิ้มฟัน ค่าเช่าเครื่องจักร เป็นต้น
4. ค่าจ้างผู้รับเหมาช่วงในบางงานก่อสร้าง เช่น ค่าจ้างผู้รับเหมาปูพื้น ติดตั้งกระจก เป็นต้น

#### 1.4.2 ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost)

เป็นต้นทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานนอกเหนือจากต้นทุนทางตรง มี 3 ส่วน ประกอบด้วย

1. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในการก่อสร้าง เช่น ค่าน้ำและค่าไฟในสถานที่ก่อสร้าง ค่าติดตั้งบ้านพักคนงานชั่วคราว เป็นต้น
2. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากหน่วยงานส่วนกลาง เช่น ค่าทำการตลาด ค่าเงินเดือนผู้บริหาร เป็นต้น
3. ค่าดอกเบี้ยและภาษี คือ ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ในกรณีที่ผู้ลงทุนมาดำเนินโครงการและค่าธรรมเนียมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

## 2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ โดยการศึกษาความเหมาะสมในการการออกแบบและก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยระบบชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสม (mixed system) ในประเทศไทย งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพของโครงการกรณีศึกษา และศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้การสัมภาษณ์ แบบมีโครงสร้างตามวัตถุประสงค์และตัวแปรของงานวิจัย จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ทั้งผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ วิศวกรควบคุมงานก่อสร้าง และบริษัทผลิตชั้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการกรณีศึกษา และมีความเชี่ยวชาญในการบริหารงานก่อสร้าง ควบคุมงานก่อสร้าง และออกแบบชั้นส่วนของอาคารคอนกรีตสำเร็จรูป ไม่ต่ำกว่า 3 ปี จากกรณีศึกษา 3 โครงการ ผู้ให้สัมภาษณ์จำนวนทั้งหมด 9 คน โครงการละ 3 คน ประกอบด้วยผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ 1 คน วิศวกรควบคุมงานก่อสร้าง 1 คน และบริษัทผลิตชั้นส่วนสำเร็จรูป 1 คน เพื่อทราบถึงทัศนคติและสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในตลาดการก่อสร้างระบบชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยนำมาวิเคราะห์จากการจัดระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Rating Scales) ทั้งนี้ระดับคะแนนเฉลี่ย 5.00-4.21 มีความสำคัญในระดับมากที่สุด ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.20-3.41 มีความสำคัญในระดับมาก ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.40-2.61 มีความสำคัญในระดับปานกลาง ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.60-1.81 มีความสำคัญในระดับน้อย ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.80-1.00 มีความสำคัญในระดับน้อยที่สุด (Likert, 1961)

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากการค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความ เอกสารวิชาการ และเอกสารขององค์กร เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลเชิงเทคนิค ข้อดีและข้อจำกัดในการก่อสร้าง รวมทั้งคุณลักษณะต่าง ๆ ของระบบการก่อสร้างชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป แล้วทำการศึกษาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบโครงการกรณีศึกษาทั้ง 3 โครงการ เพื่อพิจารณาระบบบูรณาการที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบและก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้นในประเทศไทย ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้าง



รูปที่ 3 รูปแบบอาคารกรณีศึกษา A (Case study A)



รูปที่ 4 รูปแบบอาคารกรณีศึกษา B (Case study B)



รูปที่ 5 รูปแบบอาคารกรณีศึกษา C (Case study C)

### 2.1 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาระบบการก่อสร้างด้วยชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสมในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ในเชิงเทคนิคและคุณลักษณะทางกายภาพของระบบการก่อสร้างแต่ละระบบ โดยศึกษาเฉพาะส่วนของงานโครงสร้าง ไม่รวมงานตกแต่ง ในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างช่วงการติดตั้ง และเก็บรอยต่อ และต้นทุนค่าก่อสร้างโดยตรง (Direct Cost)

### 3. ผลการศึกษา

จากการศึกษาโครงการกรณีศึกษาที่ใช้ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสมทั้ง 3 โครงการพบว่า บางพื้นที่ในบริเวณเดียวกันของแต่ละโครงการมีการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกันตามปัจจัยในการเลือกใช้ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

#### 3.1 ระบบการก่อสร้างของโครงการกรณีศึกษา

จากการศึกษาระบบการก่อสร้างของโครงการกรณีศึกษา ประกอบด้วยระบบการก่อสร้างทั้งหมด 10 ระบบ สามารถจำแนกเป็นระบบพื้น 4 ระบบ บันได 3 ระบบ และผนัง 3 ระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ระบบการก่อสร้างพื้นหล่อในที่ (วางบนดิน) จะใช้ในบริเวณพื้นที่ทางเข้าลานจอดรถ และพื้นลานซักล้าง เนื่องจากอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีขนาดจำกัดสามารถเข้าถึงได้ยาก

ระบบการก่อสร้างพื้นหล่อในที่ (วางบนคาน) จะใช้ในบริเวณพื้นที่ห้องน้ำชั้นที่ 1 (โครงการที่ 1 และ 2) และในส่วนโครงการที่ 3 มีการใช้ระบบแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในบริเวณพื้นที่ห้องน้ำชั้นที่ 1 เนื่องจากการวางระบบท่อและบริษัทติดตั้งอาคารโดยรวมเป็นการดำเนินงานด้วยการทำงานของบริษัทเดียวกัน จึงสามารถแบ่งสัดส่วนการทำงานได้ง่าย และสะดวก

ระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Plank) จะใช้ในบริเวณพื้นลานจอดรถ และพื้นที่ชั้นที่ 1 (โครงการที่ 1 และ 2) เนื่องจากก่อนการติดตั้งพื้นที่ชั้นที่ 1 จำเป็นต้องมีการวางระบบท่อกำจัดปลวก และงานระบบต่าง ๆ ก่อน

ระบบพื้นสำเร็จรูป (Precast Slab) จะใช้ในบริเวณพื้นที่ชั้นที่ 2 และพื้นที่ห้องน้ำชั้นที่ 2 เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถควบคุมคุณภาพได้จากโรงงาน โดยสามารถทดสอบการรั่วซึมของพื้นที่ห้องน้ำก่อนการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างได้ อีกทั้งในส่วนของโครงการที่ 3 มีการเลือกใช้ระบบพื้นสำเร็จรูปในการติดตั้งบริเวณพื้นที่ชั้นที่ 1 ซึ่งมีขนาดชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ต่ำกว่า 2.5 x 3.3 เมตร ในส่วนของพื้นที่ชั้นที่ 1 และ 2 และมีขนาดชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ต่ำกว่า 1.65 x 2.8 เมตร ในส่วนของห้องน้ำ

ระบบการก่อสร้างบันไดแบบหล่อในที่ จะใช้ในบริเวณพื้นที่บันได (ช่วงที่ 1) ของโครงการที่ 2 เนื่องจากเป็นบริเวณที่อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของระดับพื้นในชั้นที่ 1 ซึ่งส่งผลต่อระยะความสูงของขั้นบันไดแต่ละขั้นที่อาจจำเป็นต้องมีการปรับในพื้นที่ก่อสร้างจากระยะที่เกิดขึ้นจริง

ระบบการก่อสร้างบันไดคอนกรีตสำเร็จรูป จะใช้ในบริเวณบันไดของโครงการที่ 1 และ 2 (บันไดช่วงที่ 2) เนื่องจากระบบเป็นที่มีการผลิตและสามารถควบคุมคุณภาพได้จากโรงงาน ทำให้ได้ระยะ และขนาดที่ตรงตามแบบที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2 ระบบการก่อสร้างของโครงการกรณีศึกษา (Construction system of case study project)

ระบบการก่อสร้าง	โครงการกรณีศึกษา		
	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2	โครงการที่ 3
<b>ระบบพื้น</b>			
1. พื้นหล่อในที่ (วางบนดิน)	/	/	/
2. พื้นหล่อในที่ (วางบนคาน)	/	/	
3. แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Plank)	/	/	
4. พื้นสำเร็จรูป (Precast Slab)	/	/	/
<b>ระบบบันได</b>			
1. หล่อในที่		/	
2. บันไดคอนกรีตสำเร็จรูป	/	/	
3. บันไดโครงเหล็กสำเร็จรูป			/
<b>ระบบผนัง</b>			
1. ผนังก่ออิฐมวลเบา	/	/	/
2. ผนังโครงเบา	/	/	
3. ผนังสำเร็จรูป (Precast Wall)	/	/	/

ระบบการก่อสร้างบันไดสำเร็จรูป จะใช้ในบริเวณ บันไดของโครงการที่ 3 ซึ่งเป็นระบบการก่อสร้างบันได โครงสร้างเหล็ก มีขั้นตอนการก่อสร้างไม่ซับซ้อน โดยการ ก่อสร้างจะเป็นระบบแบบแห้งทั้งหมด ส่งผลต่อด้านระยะ เวลาในการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างที่น้อยกว่าระบบอื่น ๆ

ระบบการก่อสร้างผนังก่ออิฐมวลเบา ส่วนใหญ่จะใช้ ในบริเวณผนังช่องชาร์ป และผนังห้องน้ำชั้นที่ 1 และใน ส่วนของผนังห้องน้ำชั้นที่ 1 ของโครงการที่ 2 และ 3 เนื่องจากตำแหน่งของห้องน้ำชั้นที่ 1 ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณ ใต้ห้องบันได ซึ่งทำให้การกำหนดขนาด และระยะความสูง อาจเกิดการคลาดเคลื่อนได้ง่าย

ระบบผนังโครงเบา จะใช้ในบริเวณผนังหน้าบ้านของ โครงการที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีกรับ น้ำหนักมาก

ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Wall) ส่วนใหญ่จะใช้ ในบริเวณผนังห้องน้ำชั้นที่ 2 ผนังภายใน และผนังภายนอก ของอาคาร เนื่องจากในบริเวณผนังห้องน้ำชั้นที่ 2 จะมีการกำหนดตำแหน่งระบบท่อที่แน่นอน เช่นเดียวกับผนัง ห้องน้ำชั้นที่ 1 ในโครงการที่ 1 โดยมีขนาดความสูง 5.9 เมตร

### 3.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบการก่อสร้าง ของอาคารกรณีศึกษา

จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้าง ชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของอาคารกรณีศึกษาทั้ง 3 โครงการ จำนวน 9 คน โดยศึกษาระบบการก่อสร้างของ อาคารทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบพื้น บันได และผนัง สามารถ นำมาสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบ การก่อสร้างของอาคารบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยวิเคราะห์จาก การจัดระดับตามวิธีของลิเคิร์ท ทั้งนี้ระดับคะแนนเฉลี่ย 5.00-4.21 มีความสำคัญในระดับมากที่สุด (สีเข้มมาก) ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.20-3.41 มีความสำคัญในระดับมาก (สีเข้ม) ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.40-2.61 มีความสำคัญใน ระดับปานกลาง (สีอ่อน) ดังแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบ การก่อสร้างที่มีระดับความสำคัญมากที่สุด คือ ปัจจัยด้าน ระยะเวลาในการก่อสร้าง (4.28) ส่วนระดับความสำคัญ มาก ได้แก่ การใช้งานในระยะยาว (3.87) ระยะเวลาในการ เก็บรอยต่อ (3.76) ต้นทุนค่าแรงงาน (3.74) การรับ น้ำหนัก (3.71) น้ำหนักของวัสดุ (3.64) คุณภาพรอยต่อ ระหว่างระบบการก่อสร้าง (3.55) ต้นทุนค่าวัสดุ (3.53)

ตารางที่ 3 สรุปปัจจัยในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างพื้น บันได และผนัง (Summary of factors in selecting the floor, stairs and wall construction systems)

ปัจจัย	ระบบการก่อสร้าง			ค่าเฉลี่ย
	พื้น	บันได	ผนัง	
<b>ด้านระยะเวลา</b>				
- ระยะเวลาในการก่อสร้าง/ติดตั้ง	4.19	4.39	4.26	4.28
- ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ	3.75	3.78	3.75	3.76
<b>ด้านต้นทุน</b>				
- ค่าวัสดุ	3.62	3.39	3.57	3.53
- ค่าอุปกรณ์	3.43	3.50	3.40	3.44
- ค่าแรงงาน	3.75	3.83	3.64	3.74
- ค่าเครื่องจักรในการดำเนินงาน	2.70	3.22	2.75	2.89
- ค่าขนส่ง	2.70	3.06	2.67	2.81
<b>ด้านการควบคุมคุณภาพ</b>				
- น้ำหนักวัสดุ	3.62	3.72	3.58	3.64
- การรับน้ำหนัก (รับแรง)	4.00	3.50	3.62	3.71
- การใช้งานในระยะยาว	4.00	3.78	3.83	3.87
- รอยต่อระหว่างระบบการก่อสร้าง	3.43	3.56	3.68	3.55

และต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการก่อสร้าง (3.44) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้ง 3 โครงการให้ความสำคัญด้านระยะเวลาในการก่อสร้างมากที่สุด ทั้งยังคงให้ความสำคัญในด้านต้นทุนแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อการลดต้นทุนทางอ้อมในการดำเนินงานก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคารโดยรวม ส่งผลต่อผลกำไรส่วนต่างในการพัฒนาโครงการที่เพิ่มสูงขึ้น (Rippon, 2011)

### 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาและต้นทุนในการก่อสร้าง

จากการวิเคราะห์ปัจจัยด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบการก่อสร้างทั้งหมด 10 ระบบ โดยสามารถจำแนกเป็นระบบพื้น 4 ระบบ บันได 3 ระบบ และผนัง 3 ระบบ พบว่า ระบบการก่อสร้างส่วนใหญ่ที่มีอัตราผลผลิตสูง หรือสามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว จะมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่สูงขึ้นเช่นกัน (Boafo, Kim & Kim, 2016)

#### 1. ระบบการก่อสร้างพื้น

ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านระยะเวลา และต้นทุนในการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างพื้น สามารถจำแนกตามระบบการก่อสร้างได้ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบพื้นหล่อในที่วางบนคาน ระบบพื้นหล่อในที่วางบนดิน ระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Plank) และระบบพื้นสำเร็จรูป (Precast Slab) ดังแสดงในรูปที่ 6

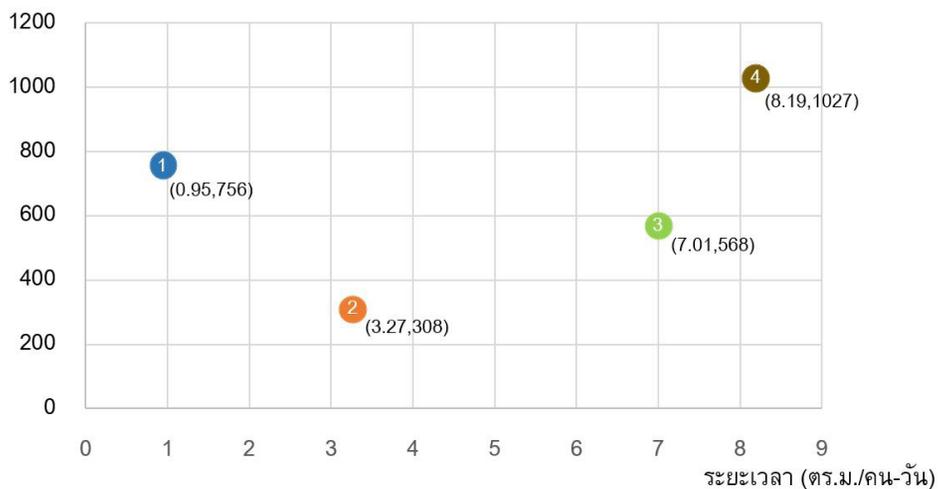
จากรูปที่ 6 ระบบพื้นหล่อในที่ (วางบนคาน) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 0.95 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 756 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้าง โดยใช้แรงงานในการดำเนินงานเป็นหลัก ทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านฝีมือแรงงาน และสภาพปัจจัยภายในพื้นที่ก่อสร้างเป็นหลัก

ระบบพื้นหล่อในที่ (วางบนดิน) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 3.27 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 308 บาท/ตร.ม. ซึ่งต่ำกว่าระบบพื้นหล่อในที่วางบนคานทั้งในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้าง เนื่องจากเป็นระบบที่มีกระบวนการดำเนินงานที่ไม่ซับซ้อน หรือมีความซับซ้อนน้อยกว่า จึงสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วมากกว่า

ระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Plank) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 7.01 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 568 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นขนาดเล็ก จึงสามารถดำเนินการติดตั้งด้วยแรงงานคนในพื้นที่ก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้างจึงมากกว่าระบบพื้นสำเร็จรูปที่ใช้เครื่องจักรในการติดตั้งเป็นหลัก แต่จะมีต้นทุนในการก่อสร้างที่ต่ำกว่า

ระบบพื้นสำเร็จรูป (Precast Slab) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 8.19 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 1,027 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีการผลิตมาจากโรงงาน สามารถนำมาติดตั้ง และรับแรงได้ทันที อีกทั้ง

ต้นทุน (บาท/ตร.ม.)



หมายเหตุ 1. ระบบพื้นหล่อในที่วางบนคาน 2. ระบบพื้นหล่อในที่วางบนดิน 3. ระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Plank) 4. ระบบพื้นสำเร็จรูป (Precast Slab)

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบการก่อสร้างพื้นทั้ง 4 ระบบ (Relationship between the construction period and construction costs of 4 floor construction systems)

พื้นที่สำเร็จรูปเป็นลักษณะแผ่นพื้นขนาดใหญ่ จึงส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้งที่รวดเร็วมากขึ้นโดยดำเนินการโดยเครื่องจักรขนาดใหญ่ในการติดตั้ง แต่จะมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่สูงกว่าระบบการก่อสร้างอื่น ๆ

### 2. ระบบการก่อสร้างบันได

ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านระยะเวลา และต้นทุนในการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างบันได สามารถจำแนกตามระบบการก่อสร้างได้ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบบันไดหล่อในที่ ระบบบันไดคอนกรีตสำเร็จรูป และระบบบันไดสำเร็จรูป (โครงเหล็ก) ดังแสดงในรูปที่ 7

จากรูปที่ 7 ระบบบันไดหล่อในที่ เป็นระบบที่มีอัตราการติดตั้งเท่ากับ 1.27 ตร.ม./คน-วัน และต้นทุนค่าก่อสร้างเฉลี่ย 483 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีต้นทุนค่าวัสดุ และอุปกรณ์ในการก่อสร้างต่ำ อีกทั้งยังเป็นระบบที่ไม่มีต้นทุนค่าเครื่องจักร และค่าขนส่งในการดำเนินงาน

ระบบบันไดคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 1.75 ตร.ม./คน-วัน และต้นทุนค่าก่อสร้างเฉลี่ย 667 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีการผลิตและสามารถควบคุมคุณภาพได้จากโรงงาน ทำให้ได้ระยะและขนาดที่ตรงตามแบบที่กำหนดไว้ สามารถติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างได้ทันที ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างที่ลดลงได้

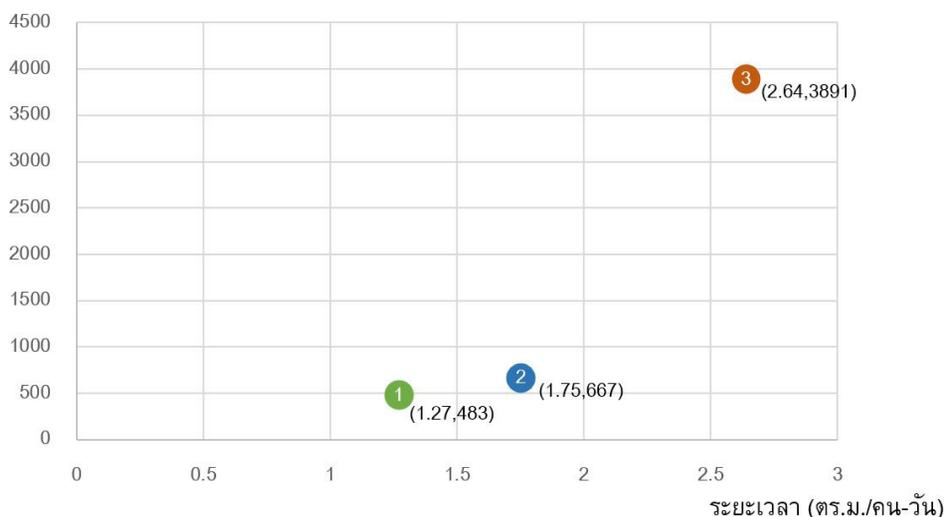
ระบบบันไดสำเร็จรูป (โครงเหล็ก) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 2.64 ตร.ม./คน-วัน และต้นทุนค่าก่อสร้างเฉลี่ย 3,891 บาท/ตร.ม. ซึ่งมีขั้นตอนการก่อสร้างไม่ซับซ้อน โดยการก่อสร้างจะเป็นระบบแบบแห้งทั้งหมดส่งผลต่อด้านระยะเวลาในการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างที่มีอัตราการติดตั้งได้มากกว่าระบบอื่น ๆ และเนื่องจากเป็นระบบบันไดโครงสร้างเหล็ก จึงมีต้นทุนค่าวัสดุ และอุปกรณ์ในการติดตั้งสูง ซึ่งส่งผลต่อด้านต้นทุนค่าก่อสร้างโดยรวมที่เพิ่มสูงขึ้น

### 3. ระบบการก่อสร้างผนัง

ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านระยะเวลา และต้นทุนในการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างผนัง สามารถจำแนกตามระบบการก่อสร้างได้ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา ระบบผนังโครงเบา และระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Wall) ดังแสดงในรูปที่ 8

จากรูปที่ 8 ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 3.29 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 481 บาท/ตร.ม. ซึ่งใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากที่สุดจากทั้ง 3 ระบบ เนื่องจากเป็นระบบที่เน้นการดำเนินงานในพื้นที่ก่อสร้างต้องอาศัยจำนวนแรงงานในการก่อสร้าง ทั้งความรวดเร็วในการก่อสร้างจะมีความแปรผันตามสภาพภูมิอากาศในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง จึงอาจส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้างที่มากขึ้นได้

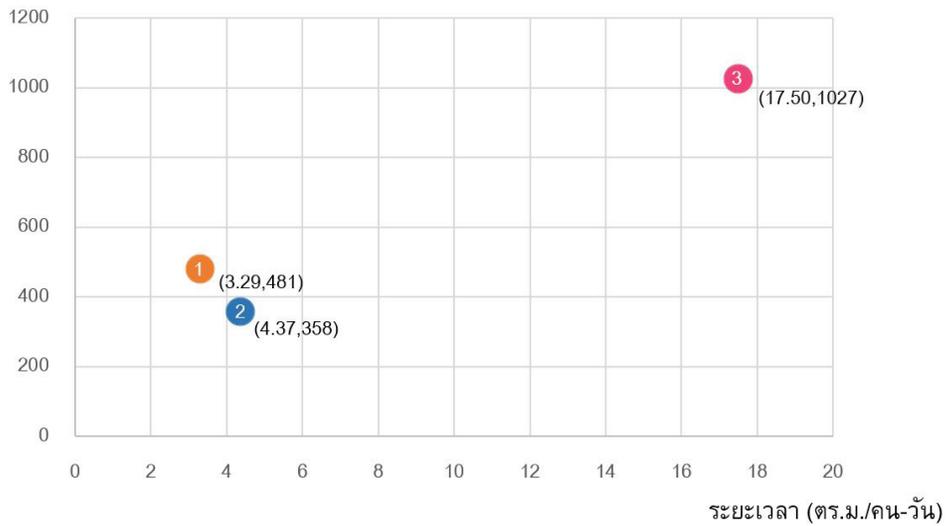
ต้นทุน (บาท/ตร.ม.)



หมายเหตุ 1. ระบบบันไดหล่อในที่ 2. ระบบบันไดคอนกรีตสำเร็จรูป 3. ระบบบันไดสำเร็จรูป (โครงเหล็ก)

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบการก่อสร้างบันไดทั้ง 3 ระบบ (Relationship between the construction period and the construction cost of 3 stairs construction systems)

ต้นทุน (บาท/ตร.ม.)



หมายเหตุ 1. ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา 2. ระบบผนังโครงเบา 3. ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Wall)

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบการก่อสร้างผนังทั้ง 3 ระบบ (Relationship between the construction period and the construction cost of 3 walls construction systems)

ระบบผนังโครงเบา เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 4.37 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 358 บาท/ตร.ม. ซึ่งเป็นระบบผนังที่มีน้ำหนักเบาสามารถติดตั้งได้ง่าย ทำให้สามารถดำเนินงานในพื้นที่ก่อสร้างได้รวดเร็ว ทั้งยังมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าระบบการก่อสร้างอื่น

ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Wall) เป็นระบบที่มีอัตราการระยะเวลาการติดตั้งเท่ากับ 17.50 ตร.ม./คน-วัน และมีต้นทุนค่าก่อสร้าง 1,027 บาท/ตร.ม. ซึ่งใช้จำนวนแรงงานในการติดตั้งต่ำกว่าระบบอื่น หรือสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วที่สุดจากทั้ง 3 ระบบ เนื่องจากการดำเนินงานส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรในการติดตั้งเป็นหลัก ทั้งยังเป็นระบบที่จะมีต้นทุนค่าก่อสร้างลดลง ในกรณีที่มีปริมาณการผลิตของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เพียงพอ หรือถึงจุดคุ้มทุนในการก่อสร้าง

#### 4. สรุปผลการวิจัย

##### 4.1 แนวทางการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสม

จากการวิเคราะห์ระบบการก่อสร้างอาคารทั้งหมด 10 ระบบ ในบริเวณพื้นที่ใช้งานทั้งหมด 16 ส่วน สามารถสรุปการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างได้ ดังนี้

##### 4.1.1 ระบบการก่อสร้างพื้น

1) พื้นที่บริเวณทางเข้าลานจอดรถ และลานซักล้าง นิยมใช้เป็นระบบพื้นหล่อในที่ (Slab on Ground) ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างในบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีการรับน้ำหนักบรรทุกมากจนเกินไป เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้ดินในการรับน้ำหนักโดยตรง แทนการวางระบบฐานราก ส่วนใหญ่จึงมีการเลือกใช้ในบริเวณพื้นที่ที่สามารถยอมให้มีการทรุดตัวได้ โดยจะแยกจากระบบการก่อสร้างของตัวอาคาร ทั้งยังเป็นระบบที่ต้นทุนค่าวัสดุต่ำ จึงนิยมใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ เพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างของอาคาร

2) พื้นบริเวณลานจอดรถ พื้นชั้นที่ 1 และพื้นชั้นที่ 2 สามารถใช้ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Slab) ได้ ซึ่งเป็นระบบการก่อสร้างที่สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว ทั้งยังสามารถลดจำนวนแรงงานในพื้นที่ก่อสร้างได้ แต่ในส่วนของพื้นลานจอดรถ และพื้นชั้นที่ 1 จำเป็นต้องมีการวางตำแหน่งท่อทางระบบต่าง ๆ และปรับระดับดินให้เรียบร้อยก่อนการวางแผนพื้น เนื่องจากไม่สามารถปรับแก้ในภายหลังได้

3) พื้นห้องน้ำชั้นที่ 1 และพื้นห้องน้ำชั้นที่ 2 จากคำแนะนำของบริษัทผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถใช้ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Slab) ในการก่อสร้างได้ โดยจะมีการกำหนดตำแหน่งของระบบท่อ และการวางสลีป (sleeve) ตั้งแต่ช่วงการออกแบบแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปจากโรงงาน ทำให้สามารถลดปัญหาการรั่วซึม และชั้นตอน

ในการก่อสร้างในพื้นที่ก่อสร้างได้ ซึ่งในส่วนช่องสลีปของพื้นห้องน้ำชั้นที่ 1 จะมีการเผื่อระยะความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งท่อ โดยจะกำหนดเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อทราบตำแหน่งท่อในพื้นที่ก่อสร้างแล้วจะมีการเติมคอนกรีตผสมน้ำยากันซึม เพื่อปิดช่องและป้องกันการรั่วซึมในการใช้งานระยะยาว

#### 4.1.2 ระบบการก่อสร้างบันได

จากการศึกษาโครงการกรณีศึกษาทั้ง 3 โครงการ แนวทางการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างบันไดจะมีความแตกต่างกันจากปัจจัยด้านการบริหารจัดการของแต่ละโครงการ โดยระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมต่อการก่อสร้างที่สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว และมีต้นทุนในการก่อสร้างไม่สูงจนเกินไป คือ บันไดคอนกรีตสำเร็จรูป โดยอาจมีการจัดแบ่งเป็น 3 ชั้นส่วน คือ บันไดช่วงที่ 1 ขานพัก และบันไดช่วงที่ 2 เพื่อความสะดวกในการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างในกรณีบันไดแบบหักกลับ (Half Turn Stair) ซึ่งเป็นรูปแบบบันไดที่ใช้ในโครงการบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่

#### 4.1.3 ระบบการก่อสร้างผนัง

1) ผนังช่องชาร์ป นิยมใช้เป็นระบบผนังก่ออิฐมวลเบา ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างในบริเวณพื้นที่ขนาดเล็ก สามารถก่อสร้างในภายหลังการก่อสร้างอาคารโดยรวมได้สะดวก เนื่องจากเป็นบริเวณที่ต้องมีการดำเนินงานภายหลังการติดตั้งท่อระบบต่าง ๆ หรือภายหลังการก่อสร้างอาคารโดยรวม

2) ผนังหน้าบัน ส่วนใหญ่ใช้ระบบผนังโครงเบา ซึ่งนิยมนำมาใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีการรับน้ำหนัก หรือใช้เป็นส่วนผนังตกแต่ง สามารถปรับแต่งรูปแบบได้ง่าย เช่น รูปแบบ สามเหลี่ยม หรือวงกลม ทั้งยังมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าระบบการก่อสร้างแบบทั่วไป และสามารถติดตั้งได้รวดเร็ว เนื่องจากเป็นระบบการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry Process)

3) ผนังห้องน้ำชั้นที่ 1 และผนังห้องน้ำชั้นที่ 2 จากคำแนะนำของบริษัทผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถใช้ระบบผนังสำเร็จรูป (Precast Wall) ในการก่อสร้างแทนผนังก่ออิฐมวลเบาของผนังห้องน้ำชั้นที่ 1 ได้ โดยมีการคำนึงถึงงานระบบท่อคล้ายกับกรณีพื้นที่ห้องน้ำชั้นที่ 1 ที่ต้องมีการเผื่อความคลาดเคลื่อนของแนวท่อมากกว่าผนังห้องน้ำในชั้นที่ 2 เพื่อลดปัญหาการรั่วซึมของการใช้งานในระยะยาว และเพื่อลดระยะเวลา และขั้นตอนในการเจาะหรือเจาะผนังในพื้นที่ก่อสร้าง

4) ผนังภายใน ผนังภายนอก และผนังภายในอื่น ๆ จะนิยมใช้ผนังสำเร็จรูป (Precast Wall) ซึ่งเป็นระบบการก่อสร้างที่มีคุณภาพได้มาตรฐานจากโรงงาน ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งส่วนโครงสร้าง และผนังอาคาร โดยไม่จำเป็นต้องมีเสา คาน ในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง จึงนิยมนำมาใช้ในพื้นที่ผนังส่วนใหญ่ของอาคาร เนื่องจากสามารถก่อสร้างได้เร็วกว่าระบบการก่อสร้างแบบทั่วไป ทั้งยังมีพื้นที่ที่เรียบเนียน ส่งผลต่อการดำเนินงานก่อสร้างในขั้นตอนการตกแต่งผิวได้ง่าย และสะดวกมากขึ้น โดยจากระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วขึ้น ส่งผลทำให้ต้นทุนทางอ้อมด้านการดำเนินงานลดลงเมื่อเทียบกับระบบการก่อสร้างแบบทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างระหว่างระบบดั้งเดิม กับระบบเสาและคานสำเร็จรูป และระบบผนังสำเร็จรูปของวรายุทธ อินอ่วม (Ina-ram, 2009) ซึ่งกล่าวว่าระบบผนังสำเร็จรูปจะมีราคาค่าก่อสร้างที่ถูกลง เมื่อมีการก่อสร้างถึงจุดคุ้มทุน และมีระยะเวลาในการก่อสร้างที่รวดเร็วกว่าระบบระบบดั้งเดิม กับระบบเสาและคานสำเร็จรูปในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น

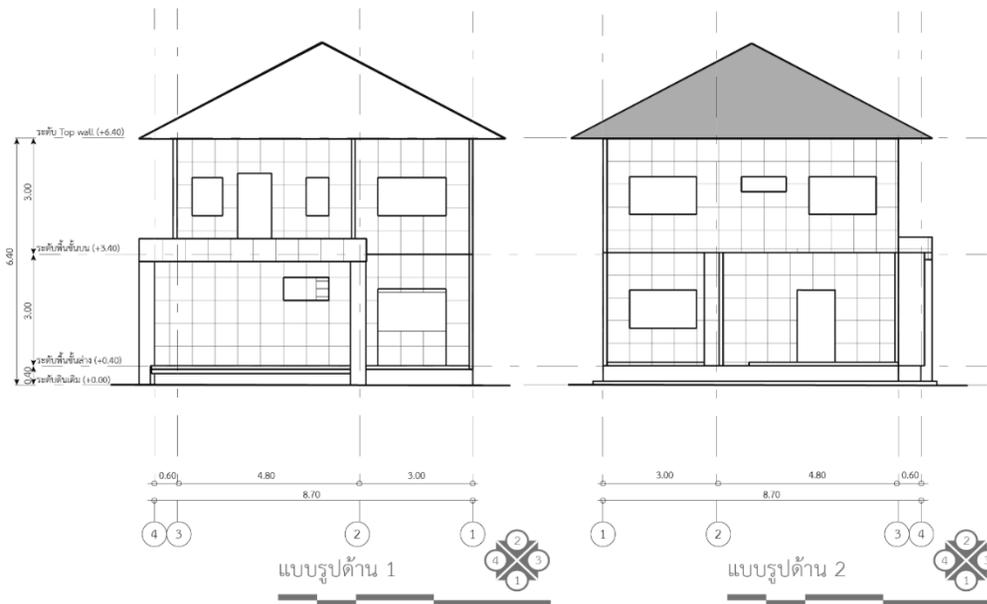
#### 4.2 แนวทางในการก่อสร้างบ้านตัวอย่างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสม

จากการวิเคราะห์ปัจจัยด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง และต้นทุนค่าก่อสร้าง ที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างในอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยการปรับรูปแบบอาคารโครงการกรณีศึกษา B ในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแบบผสม พื้นที่ใช้สอย 135 ตารางเมตร ซึ่งระบบการก่อสร้างของอาคารส่วนใหญ่ใช้ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยใช้ระบบหน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง (Material Module) กำหนดให้ขนาดพิกัดในแนวระดับ คือ 0.30 เมตร (3พ x 3พ) และขนาดพิกัดในแนวตั้ง คือ 0.60 (6พ x 6พ) ดังแสดงในรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 11

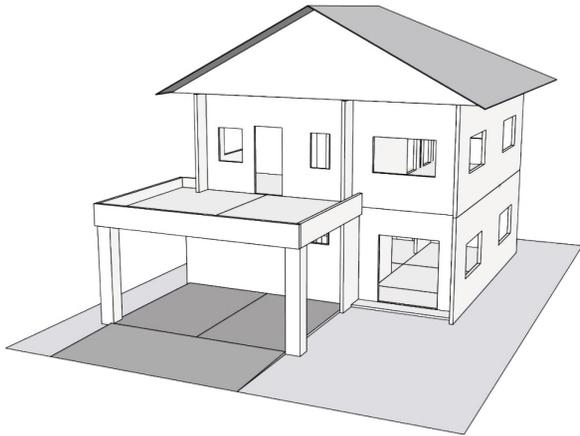
ระบบการก่อสร้างอาคารส่วนใหญ่จะใช้ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการออกแบบชิ้นส่วนของอาคาร โดยใช้ระบบประสานพิกัด ในแนวตั้ง 0.60 เมตร ความสูงของแผ่นผนัง 3.00 เมตร ซึ่งในการก่อสร้างอาคารประกอบด้วยระบบการก่อสร้างทั้งหมด 6 ระบบ โดยจำแนกเป็นระบบพื้น 2 ระบบ บันได 1 ระบบ และโครงสร้างผนัง 3 ระบบ ซึ่งในส่วนของผนังชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป



รูปที่ 9 แพลนพื้นที่ชั้นล่าง และชั้นที่ 2 ของโครงการบ้านตัวอย่างในงานวิจัย  
 (Ground floor plan and Second floor plan of the model house project in the research)



รูปที่ 10 รูปด้าน 1 และ 2 ของโครงการบ้านตัวอย่างในงานวิจัย (Elevation 1 and Elevation 2 of the model house project in the research)



รูปที่ 11 รูปแบบของโครงการบ้านตัวอย่างในงานวิจัย (Research project model house)

มีจำนวนทั้งหมด 22 แผ่น ประกอบด้วยแผ่นผนังภายนอก 11 แผ่น และภายใน 11 แผ่น โดยสามารถจำแนกรายละเอียดของระบบการก่อสร้างจากทั้ง 3 โครงสร้างได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลการก่อสร้างโครงการบ้านตัวอย่างในงานวิจัย (Construction of a model house project in a research project)

โครงสร้าง	ระบบการก่อสร้าง	บริเวณที่ใช้งาน
พื้น	1. พื้นหล่อในที่ (Slab on Ground)	A. พื้นทางเข้าลานจอดรถ B. พื้นลานซักล้าง
	2. พื้นสำเร็จรูป (Precast Slab)	C. พื้นลานจอดรถ D. พื้นชั้นที่ 1 E. พื้นชั้นที่ 2 F. พื้นห้องน้ำชั้นที่ 1 G. พื้นห้องน้ำชั้นที่ 2
บันได	1. บันไดคอนกรีตสำเร็จรูป	H. บันได
ผนัง	1. ผนังก่ออิฐมวลเบา	I. ช่องซาร์ป
	2. ผนังโครงเบา	J. หน้าบัน
	3. ผนังสำเร็จรูป (Precast Wall)	K. ผนังห้องน้ำชั้นที่ 1 L. ผนังห้องน้ำชั้นที่ 2 M. ผนังภายใน N. ผนังภายนอก

จากการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างแบบผสม โดยใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป (Precast Slab) ในการออกแบบพื้นที่บริเวณการใช้งานของอาคารเป็นหลัก ทั้งในส่วนของพื้น และผนัง ซึ่งมีการปรับรูปแบบ และขนาดของอาคารให้สอดคล้องกับระบบประสานทางพิภคตามขนาดวัสดุก่อสร้าง (Material Module) กำหนดให้ขนาดพิภคในแนวระดับ คือ 0.30 เมตร (3พ x 3พ) ตามขนาดของกระเบื้องพื้น และขนาดพิภคในแนวตั้ง คือ 0.60 (6พ x 6พ) ตามขนาดของประตู หน้าต่าง ในเลขอนุกรมฐานสอง เพื่อลดเศษวัสดุในการก่อสร้าง ซึ่งเป็นส่วนในการลดต้นทุนค่า

วัสดุก่อสร้าง ทั้งการเลือกใช้ระบบสำเร็จรูป (Precast Slab) ในการก่อสร้างเป็นหลัก ทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างในพื้นที่ก่อสร้างลดลง ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนในการดำเนินงานก่อสร้าง (operating cost) ของโครงการโดยรวมมีค่าลดลงด้วย

ภาคธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในปัจจุบัน จึงให้ความสำคัญในการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป (Precast Slab) มากขึ้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนในการก่อสร้างของโครงการ สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้าง และจำนวนแรงงานในพื้นที่ก่อสร้างที่ลดลง เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อสภาวะการขาดแคลนแรงงาน และต้นทุนแรงงานที่เพิ่มสูงขึ้นได้ ทั้งยังส่งผลต่อคุณภาพในการก่อสร้างที่ได้มาตรฐานจากโรงงาน ทำให้มีการเลือกใช้ระบบสำเร็จรูป (Precast Slab) ในการก่อสร้างบริเวณพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร อีกทั้งเมื่อมีการก่อสร้างถึงจำนวนจุดคุ้มทุนของโครงการจะส่งผลต่อการลดลงของต้นทุนในการก่อสร้างอาคารต่อตารางเมตร (Hong, Shoujian, Yikun & Zezhou, 2017)

ระบบการก่อสร้างแบบผสม เป็นระบบที่มีการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมของปัจจัยในด้านต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ทั้งปัจจัยด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง คุณภาพของวัสดุ ขั้นตอนในการก่อสร้าง รูปแบบลักษณะพื้นที่การรับน้ำหนัก การใช้งานในระยะยาว เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างแต่ละระบบในการพิจารณาเลือกใช้ระบบการก่อสร้างใน 1 อาคาร จึงควรพิจารณาเรื่องจำนวนของระบบการก่อสร้างให้เป็นอย่างดีไปอย่างเหมาะสม เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการภายในพื้นที่ก่อสร้างที่ซับซ้อน และมีขั้นตอนในการดำเนินงานที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ TUGG 97/2562 และขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลในโครงการกรณีศึกษาทั้ง 3 โครงการ สำหรับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่าง ๆ และการศึกษาดูงานโครงการกรณีศึกษาในการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้

## References

- Boafo, F., Kim, J. H. & Kim, J. T. (2016). *Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways*. Kongju National University, Cheonan, Korea. Retrieved from [https://researchgate.net/publication/304005631\\_Performance\\_of\\_Modular\\_Prefabricated\\_Architecture\\_Case\\_Study-Based\\_Review\\_and\\_Future\\_Pathways](https://researchgate.net/publication/304005631_Performance_of_Modular_Prefabricated_Architecture_Case_Study-Based_Review_and_Future_Pathways).
- Economic Intelligence Center (EIC). (2018). *Construction Technology*. Retrieved October 18, 2018 from <http://nationweekend.com/news/15460>.
- Hong, X., Shoujian, Z., Yikun, S. & Zezhou, W. (2017). *Factors Affecting the Capital Cost of Prefabrication – A Case Study of China*. Harbin Institute of Technology, China. Retrieved from [https://researchgate.net/publication/319282917\\_Factors\\_Affecting\\_the\\_Capital\\_Cost\\_of\\_Prefabrication-A\\_Case\\_Study\\_of\\_China](https://researchgate.net/publication/319282917_Factors_Affecting_the_Capital_Cost_of_Prefabrication-A_Case_Study_of_China).
- Ina-ram, W. (2009). *A Comparative Study on Two-Story House Construction Processes Using the Conventional System, Prefabricated Post and Beam System and Wall Bearing System: A Case Study of Perfect Park, Nonthaburi Province* (Master's Thesis). Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand.
- Jiradamkerng, W. (2001). *Construction Planning and Scheduling*. Bangkok, Thailand: Wankawee Publisher.
- King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL). (2005). *Design of R.C Prefabricated-Concrete System for 2 Storey Building Program*. The National Housing Authority, Thailand. Retrieved from <https://precast.rmutl.ac.th/>.
- Likert, R. A. (1961). *New Patterns of Management*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Raksakul, C. (2017). *Prefabricated Construction: Detached House* (Master's Thesis). Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand.
- Rippon, J. (2011). *The Benefits and Limitations of Prefabricated Home Manufacturing in North America*. Faculty of Forestry, America. Retrieved from <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/undergraduateresearch/52966/items/1.0103127>.
- Rujirakaphiruk, K. (2007). *Assessment of Semi-Prefabrication Aur-Arthorn Project* (Master's Thesis). Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Thailand.
- Shahzad, W., Mbachu, J. & Domingo, N. (2014). Prefab Content Versus Cost and Time Savings in Construction Projects: A Regression Analysis. In *Proceedings of the 4th New Zealand Built Environment Research Symposium*. Auckland, New Zealand. Retrieved from [https://nzbers.massey.ac.nz/wp-content/uploads/2019/08/NZBERS-2014\\_proc\\_fp\\_Shahzad-W.pdf](https://nzbers.massey.ac.nz/wp-content/uploads/2019/08/NZBERS-2014_proc_fp_Shahzad-W.pdf).
- Watanasinsak, S. (2013). *A comparison between precast construction and traditional construction for the improvement in the innovation of real estate's construction* (Master's Thesis). Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand.

