แนวทางและการสำรวจความเห็นในด้านการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

Guidelines and Opinion Survey of the Design, Production and Installation of Exterior Architectural Panels Made of Precast Concrete

พรพิมลย์ นาคอ่อน[1] ชูชัย สุจิวรกุล[2,*] และ เอนก ศิริพานิชกร[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2] สาขาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[3] สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
**Corresponding author; E-mail address: chuchai.suj@kmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการให้แนวทางการตรวจสอบตามที่กำหนดไว้ใน PCI Handbook และทำการสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ พร้อมให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานก่อสร้างแผงสถาปัตยกรรมภายนอก งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบสอบถามเพื่อสำรวจการคำนึงถึงการทำงานแผงสถาปัตยกรรมภายนอกจำนวน 3 ชุด สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ซึ่งประกอบด้วย ผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และผู้ติดตั้ง แต่ละชุดของแบบสอบถามประกอบไปด้วย 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม และตอนที่ 2 เกี่ยวกับการคำนึงถึงการออกแบบ (ชุดที่ 1) การผลิต (ชุดที่ 2) และการติดตั้ง (ชุดที่ 3) แผงสถาปัตยกรรมภายนอก จากผลการสำรวจการคำนึงถึงแผงสถาปัตยกรรมภายนอกตามที่กำหนดไว้ในคู่มือของ PCI ได้พบว่าผู้ออกแบบมีระดับการคำนึงถึงอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.08, SD = 0.69) ผู้ผลิตมีระดับการคำนึงถึงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.36, SD = 0.47) และผู้ติดตั้งมีระดับการคำนึงถึงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.25, SD = 0.57) นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ออกแบบ ผู้ผลิตและผู้ติดตั้งที่ส่วนใหญ่ได้ละเลยในการออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง โดยพิจารณาจากผลการสำรวจที่ได้ระดับคะแนนน้อยสุด 4 - 5 อันดับสุดท้าย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาให้ความสำคัญในกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง ให้มากขึ้นเพื่อให้ได้แผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่มีคุณภาพ

คำสำคัญ: การออกแบบ, การผลิต, การติดตั้ง, แผงสถาปัตยกรรมภายนอก

Abstract

This research provided the inspection guidelines as specified by the PCI Handbook, conducted the opinion surveys from people involved in the process of design, production and installation of exterior architectural panels made of precast concrete, and gave useful feedback on the construction of exterior architectural panels. This research developed 3 sets of questionnaires to collect the data about the work of exterior architectural panels directly from involved people including designers, manufacturers and installers. Each set of questionnaires consisted of two parts: Part 1 was the basic information of the respondents, and Part 2 was about design considerations (Set 1), manufacturing (Set 2), and installation (Set 3) of exterior architectural panels. According to the survey results for the opinion of exterior architectural panels as specified by the PCI manual, designers had a high significant level of consideration ($\overline{X}$ = 4.08, SD = 0.69), manufacturers had the highest level of consideration ($\overline{X}$ = 4.36, SD = 0.47) and the installers had the highest level of consideration ($\overline{X}$ = 4.25, SD = 0.57). Additionally, this research also provided feedback for designers, manufacturers and installers who have largely ignored in design, production and installation by considering the lowest score in the last 4-5 places of survey results. Involved people should be more consideration on the design, manufacturing and installation process to obtain the quality exterior architectural panels

Keywords: design, production, installation, exterior architectural panels

1. บทนำ

เทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ (Precast Concrete Elements) ในประเทศแถบตะวันตกนิยมใช้มากโดยเฉพาะงานสะพาน สำนักงาน อาคารพักอาศัย ตลอดจนสนามกีฬา ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จมีการพัฒนารูปแบบมากกว่าเดิม และได้รับการยอมรับมากในประเทศกำลังพัฒนา พัฒนาการของเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จมีมานานหลายทศวรรษ จากผลของการปฏิวัติอุตสาหกรรมในคริสต์ศตวรรษที่ 18 - 19 คอนกรีตเสริมเหล็กเข้ามามีบทบาทอย่างสูงในการก่อสร้างอาคาร เนื่องจากวัสดุสามารถหาได้ง่ายโดยทั่วไป และสามารถก่อสร้างได้หลายรูปแบบ ในแง่ของโครงสร้างที่ใช้คอนกรีตก็มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม คอนกรีตเสริมเหล็กจึงเข้ามาแทนและถูกพัฒนาขึ้น เมื่อมีการพัฒนาการขนส่ง อุปกรณ์ และเครื่องมือในการยกหรือเครนในการก่อสร้าง ประกอบกับภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ประชากรเพิ่มขึ้นมาก และมีความต้องการที่พักอาศัยเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ในระยะเริ่มต้นนั้นชิ้นส่วนหล่อสำเร็จจะใช้ในการก่อสร้างอาคาร ทั้งส่วนที่เป็นพื้นหล่อสำเร็จ เสาและคาน ผนังภายนอก บันได ห้องน้ำหล่อสำเร็จ ระบบการก่อสร้างนี้จะทำให้การก่อสร้างทำได้จำนวนมาก และโครงสร้างมีมาตราฐานที่ดีขึ้น สามารถถูกพัฒนาเป็นระบบอุตสาหกรรมเพื่อผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างเพิ่มจำนวนมากขึ้น ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างและการขนส่งเปิดโอกาสให้ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ลดมลพิษจากฝุ่นในการก่อสร้าง และการก่อสร้างที่ทำได้รวดเร็ว สำหรับในประเทศไทยการก่อสร้างยังใช้ระบบผสมเป็นส่วนใหญ่ เพราะโครงสร้างเสาและคานจะใช้ระบบคอนกรีตหล่อกับที่ แต่พื้นใช้แผ่นพื้นหล่อสำเร็จ หรืออาคารพักอาศัยที่เป็นโครงการบ้านจัดสรรจะใช้ระบบผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จร่วมกับพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดของผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการ จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่างานวิจัยส่วนมากจะสนใจเพียงการเปรียบเทียบระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จกับระบบคอนกรีตหล่อในที่ก่อสร้าง และสนใจเปรียบเทียบด้านเทคนิค การติดตั้ง ราคา และระยะเวลาการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง [1], [2] ระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จมีโอกาสที่จะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างทั่วไป ที่ต้องการการก่อสร้างที่รวดเร็ว ราคาไม่แพง และถูกควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง ดังนั้นความเข้าใจที่ถูกต้องของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การควบคุมคุณภาพของการผลิตให้มีความถูกต้องและสวยงาม จะส่งผลลัพธ์ให้ผู้บริโภค หรือเจ้าของอาคารเกิดความเชื่อมั่นในการเลือกใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ [3],[4]

ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จนี้อาจเป็นหรือไม่เป็นส่วนหนึ่งของโครงอาคารก็ได้ แผงสถาปัตยกรรมภายนอกเป็นชนิดหนึ่งของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่เป็นเปลือกภายนอกอาคารที่มีทั้งชนิดรับน้ำหนักบรรทุก และไม่รับน้ำหนักบรรทุก โดยที่แผงสถาปัตยกรรมภายนอกส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ในการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ผู้ผลิตและผู้ติดตั้งควรร่วมกันวางแผนการทำงานทั้งระบบ เพื่อจะลดความยุ่งยากซับซ้อนในกระบวนการเคลื่อนย้ายและติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ และลดความเสียหายต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่มีรูปร่างพิเศษ หรือมีการตกแต่งผิวด้วยวัสดุตกแต่ง ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรวมถึงจุดเชื่อมต่อกับองค์อาคารจะต้องออกแบบให้ต้านทานน้ำหนักบรรทุกแรงลม แรงสั่นสะเทือน แรงแผ่นดินไหว แรงจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร หรือแรงอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ออกแบบต้องตระหนักถึงประเภทและการใช้งานของชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ รวมถึงเข้าใจผลกระทบต่าง ๆที่เกิดจากขั้นตอนการผลิต และการติดตั้งเป็นอย่างดี [5]

งานวิจัยนี้เป็นการให้แนวทางตาม PCI Handbook [6] และทำการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมโดยผลที่ได้รับจากการสำรวจจะถูกใช้เพื่อให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานก่อสร้างในประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษา PCI Handbook ซึ่งเป็นคู่มือสากลที่ให้แนวทางในการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

2.2 เพื่อพัฒนารายการตรวจสอบในขั้นตอนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

2.3 เพื่อสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม

2.4 เพื่อให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานก่อสร้างในประเทศไทย

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วยต่อไปนี้

3.1.1 รวบรวมข้อมูล PCI Handbook ที่ให้แนวทางในการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

3.1.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3 พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย หรือแบบสอบถาม และทำการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ใช้การประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พร้อมทั้งทำการแก้ไข

3.1.4 ทำการประเมิน IRB ให้ถูกหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยสำนักงานวิจัย นวัตกรรมและพันธมิตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3.1.5 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ไปยังบริษัทและผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.1.6 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ โดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มข้อมูล T-test และ F-test และวิเคราะห์สหสัมพันธ์

3.1.7 จัดทำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างของอาคารในประเทศไทย

3.2 ประชากร

ขอบเขตของงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยทำการเก็บข้อมูลจากบริษัทหรือผู้ที่เกี่ยวข้องที่ทำการออกแบบ ผลิต และติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า มีผู้ออกแบบจำนวน 35 แห่ง ผู้ผลิตจำนวน 20 แห่ง และผู้ติดตั้งจำนวน 60 แห่ง

3.3 กลุ่มตัวอย่าง

จากกลุ่มประชากรที่ทำการออกแบบ ผลิต และติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จจำนวนรวม 115 แห่ง ทำการใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่ให้ไว้โดยเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970 อ้างใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2543) จะได้จำนวน 103 ตัวอย่าง โดยสามารถแยกเป็นได้ดังนี้

- ประชากรที่ผลิตชิ้นส่วนคอนกรีต จำนวน 20 แห่ง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 19 แห่ง
- ประชากรที่ออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีต จำนวน 35 แห่ง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 32 แห่ง
- ประชากรที่ติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีต จำนวน 60 แห่ง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 52 แห่ง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณมาก ประหยัดเวลา และประหยัดงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย โดยแบบสอบถามนี้มี 3 ชุด สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ซึ่งประกอบด้วย ผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และผู้ติดตั้ง แต่ละชุดของแบบสอบถามประกอบไปด้วย 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย อายุ เพศ ตำแหน่ง ประสบการณ์ ลักษณะการดำเนินงาน

ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อควรคำนึงถึงการออกแบบ (ชุดที่ 1) การผลิต (ชุดที่ 2) และ การติดตั้ง (ชุดที่ 3) แผงสถาปัตยกรรมภายนอก

รายละเอียดของตอนที่ 2 ได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจาก PCI Handbook [6] และ มยผ.1108-65 [5] จากนั้นได้ทำการประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พร้อมทั้งทำการแก้ไข รายละเอียดของแบบสอบถามในตอนที่ 2 ที่ได้จัดเป็นหมวดหมู่แล้วได้แสดงไว้ในภาคผนวกของบทความนี้

การประเมินข้อควรคำนึงถึงการออกแบบ (ชุดที่ 1) การผลิต (ชุดที่ 2) และ การติดตั้ง (ชุดที่ 3) ได้กำหนดรูปแบบคำถามปลายปิด สเกลระดับความคิดเห็นแบ่งเป็น 5 ระดับ (ระดับ 1 = น้อยมาก, ระดับ 2 = น้อย, ระดับ 3 = บางครั้ง, ระดับ 4 = บ่อย, ระดับ 5 = ประจำ) เป็นไปมาตรวัดเจตคติของลิเคอร์ท (R.A. Likert) [7]

การแปรผลการวิจัยของลักษณะแบบสอบถามที่ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น (Interval scale) [8] ผู้วิจัยใช้เกณฑ์เฉลี่ยในการอภิปรายผลโดยการคำนวณดังนี้

5.00 - 4.21 หมายถึง ระดับมากที่สุด
4.20 - 3.41 หมายถึง ระดับมาก
3.40 - 2.61 หมายถึง ระดับที่ปานกลาง
2.60 - 1.81 หมายถึง ระดับน้อย
1.80 - 1.00 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้รับข้อมูลจากการสำรวจครบถ้วนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำรวจได้โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นการใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยเสนอเป็นการคำนวณค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3.4.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าที (t-test) ค่าเอฟ (F-test) วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

4. ผลการวิจัย

4.1 การคำนึงถึงหรือข้อควรพิจารณาการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ (แบบสอบถามชุดที่ 1)

จากการสำรวจพบว่า ตำแหน่งเป็นวิศวกรระดับปฏิบัติการ เพศชาย ที่มีอายุประมาณ 31 - 40 ปี และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ตั้งแต่ 1 - 5 ปี จะมีการคำนึงถึงเป็นประจำในกระบวนการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ผู้ออกแบบมีระดับการคำนึงถึงการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean = 4.08) ค่าเบี่ยงเบน (S.D. = 0.69) อยู่ในระดับมาก และสามารถแบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับการคำนึงถึงการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

รายการ	ค่าเฉลี่ย(Mean)	แปลผล
ด้านที่ 1	Mean = 4.12; S.D. = 0.91	มาก
ด้านที่ 2	Mean = 4.17; S.D. = 0.63	มาก
ด้านที่ 3	Mean = 4.04; S.D. = 0.83	มาก
ด้านที่ 4	Mean = 4.09; S.D. = 0.84	มาก
ด้านที่ 5	Mean = 4.01; S.D. = 0.89	มาก
ภาพรวม	**Mean = 4.08; S.D. = 0.69**	**มาก**

ด้านที่ 1 การรับน้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วน ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.12) พบว่า ผู้ออกแบบมีการคำนึงถึงการรับน้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วน อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 2 หน่วยแรงและกำลังของวัสดุของชิ้นส่วน ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.17) พบว่า ผู้ออกแบบมีการคำนึงถึงหน่วยแรงและกำลังของวัสดุของชิ้นส่วน อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 3 การใช้งานของชิ้นส่วน (Serviceability) ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.04) พบว่า ผู้ออกแบบมีการคำนึงถึงการใช้งานของชิ้นส่วน อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 4 จุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนกับองค์อาคาร ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.09) พบว่า ผู้ออกแบบมีการคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนกับองค์อาคาร อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 5 ขนาดและรูปทรงของชิ้นส่วน ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.01) พบว่า ผู้ออกแบบมีการคำนึงถึงขนาดและรูปทรงของชิ้นส่วน อยู่ในระดับมาก

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างอายุ เพศ ตำแหน่งหน้าที่ และประสบการณ์การทำงาน กับการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการออกแบบ ด้วยสถิติ t-test และ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า เพศแตกต่างกันมีการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการออกแบบแตกต่างกัน ส่วนอายุ ตำแหน่งหน้าที่ และประสบการณ์การทำงานแตกต่างกันมีการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการออกแบบไม่แตกต่างกัน

4.2 การคำนึงถึงหรือข้อควรพิจารณาการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ (แบบสอบถามชุดที่ 2)

จากการสำรวจพบว่า ตำแหน่งเป็นวิศวกรระดับปฏิบัติการ เพศชาย ที่มีอายุประมาณ 31 - 40 ปี และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ตั้งแต่ 1 - 10 ปี จะมีการคำนึงถึงเป็นประจำในกระบวนการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ผู้ผลิตมีระดับการคำนึงถึงการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.36) ค่าเบี่ยงเบน (S.D. = 0.47) อยู่ในระดับมากที่สุด และสามารถแบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ตารางที่ 2 ระดับการคำนึงถึงการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

รายการ	ค่าเฉลี่ย (Mean)	แปลผล
ด้านที่ 1	Mean = 4.03; S.D. = 0.96	มาก
ด้านที่ 2	Mean = 4.19; S.D. = 0.65	มาก
ด้านที่ 3	Mean = 4.26; S.D. = 0.55	มากที่สุด
ด้านที่ 4	Mean = 4.50; S.D. = 0.65	มากที่สุด
ด้านที่ 5	Mean = 4.56; S.D. = 0.52	มากที่สุด
ด้านที่ 6	Mean = 4.58; S.D. = 0.54	มากที่สุด
ด้านที่ 7	Mean = 4.42; S.D. = 0.67	มากที่สุด
ภาพรวม	**Mean = 4.36; S.D. = 0.47**	**มากที่สุด**

ด้านที่ 1 การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.03) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสาหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 2 กระบวนการการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.19) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงกระบวนการการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 3 การออกแบบและการเลือกใช้แบบหล่อคอนกรีต ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.26) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงการออกแบบและการเลือกใช้แบบหล่อคอนกรีต อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 4 การทำเครื่องหมายและหมายเลขประจำชิ้นงาน ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.50) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงการทำเครื่องหมายและหมายเลขประจำชิ้นงาน อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 5 มาตรการความปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย รวมถึงการป้องกันความเสียหายของชิ้นส่วนคอนกรีต ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.56) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงมาตรการความปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย รวมถึงการป้องกันความเสียหายของชิ้นส่วนคอนกรีต อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 6 ข้อพิจารณาในการกองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.58) อยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงข้อพิจารณาในการกองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.42) พบว่า ผู้ผลิตมีการคำนึงถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมากที่สุด

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างอายุ เพศ ตำแหน่งหน้าที่ และประสบการณ์การทำงาน กับการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการผลิต ด้วยสถิติ t-test และ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า อายุ เพศ ตำแหน่งหน้าที่ และประสบการณ์การทำงานแตกต่างกันมีการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการผลิตไม่แตกต่างกัน

4.3 การคำนึงถึงหรือข้อควรพิจารณาการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ (แบบสอบถามชุดที่ 3)

จากการสำรวจพบว่าตำแหน่งเป็นผู้จัดการฝ่ายและแผนก เพศชาย ที่มีอายุประมาณ 41 - 50 ปี และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ 1- 5 ปี จะมีการคำนึงถึงเป็นประจำในกระบวนการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ผู้ติดตั้งมีระดับการคำนึงถึงการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.25) ค่าเบี่ยงเบน (S.D. = 0.57) อยู่ในระดับมากที่สุด และสามารถแบ่งออกเป็นด้านต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ตารางที่ 3 ระดับการคำนึงถึงการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

รายการ	ค่าเฉลี่ย (Mean)	แปลผล
ด้านที่ 1	Mean = 4.41; S.D. = 0.65	มากที่สุด
ด้านที่ 2	Mean = 4.14; S.D. = 0.73	มาก
ด้านที่ 3	Mean = 4.38; S.D. = 0.64	มากที่สุด
ด้านที่ 4	Mean = 4.18; S.D. = 0.64	มาก
ด้านที่ 5	Mean = 4.13; S.D. = 0.68	มาก
ภาพรวม	**Mean = 4.25; S.D. = 0.57**	**มากที่สุด**

ด้านที่ 1 การวางแผน และกำหนดวิธีการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.41) พบว่า ผู้ติดตั้งมีการคำนึงถึงการวางแผนและกำหนดวิธีการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 2 การอบรมผู้ติดตั้ง และวิศวกรผู้ตรวจสอบการติดตั้ง ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.14) พบว่า ผู้ติดตั้งมีการคำนึงถึงการอบรมผู้ติดตั้ง และวิศวกรผู้ตรวจสอบการติดตั้ง อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 3 การเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.38) พบว่า ผู้ติดตั้งมีการคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านที่ 4 การดำเนินการติดตั้งได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.18) พบว่า ผู้ติดตั้งมีการคำนึงถึงการดำเนินการติดตั้งได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย อยู่ในระดับมาก

ด้านที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง ค่าเฉลี่ย (Mean = 4.13) พบว่า ผู้ติดตั้งมีการคำนึงถึงค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง อยู่ในระดับมาก

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างอายุ เพศ ตำแหน่งหน้าที่ และประสบการณ์การทำงาน กับการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการติดตั้ง ด้วยสถิติ t-test และ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า ตำแหน่งหน้าที่และประสบการณ์การทำงานแตกต่างกันมีการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการติดตั้งแตกต่างกัน ส่วนอายุ และเพศแตกต่างกัน มีการพิจารณาการตรวจสอบข้อควรคำนึงในกระบวนการติดตั้งไม่แตกต่างกัน

งานวิจัยฉบับนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ออกแบบ ผู้ผลิตและผู้ติดตั้งที่ส่วนใหญ่ได้ละเลยในการออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง โดยพิจารณาจากผลการสำรวจที่ได้ระดับคะแนนน้อยสุด 4 - 5 อันดับสุดท้าย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาให้ความสำคัญในกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งให้มากขึ้นเพื่อให้ได้แผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่มีคุณภาพ

5. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนารายการตรวจสอบเบื้องต้นสำหรับใช้ในขั้นตอนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่ทำจากคอนกรีตหล่อสำเร็จโดยรวบรวมข้อมูลจาก PCI Handbook ซึ่งเป็นคู่มือสากล และจากมาตราฐานความปลอดภัยของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป (มยผ 1108-65) จากที่ทำการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอกจากสถานประกอบการหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง และสุดท้ายนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานก่อสร้างในประเทศไทย โดยพิจารณาจากผลการสำรวจที่ได้ระดับคะแนนน้อยสุด 4 - 5 อันดับสุดท้าย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาให้ความสำคัญในกระบวนการออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง ให้มากขึ้นเพื่อให้ได้แผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่มีคุณภาพมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.2.1 ด้านการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

1. ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา การรับน้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วน การพิจารณาถึงแรงที่เกิดการหด/ขยายตัวของแผงสถาปัตยกรรมจากอุณหภูมิ และการหดตัวทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (การคืบ) ที่ผ่านมา ผู้ออกแบบมักจะไม่พิจารณาการหดตัวของคอนกรีต (Shrinkage) อันเนื่องมาจากการที่ไม่ทราบว่าสาเหตุที่แท้จริงนั้นเกิดจากอะไร โดยส่วนมากการเกิดการหดตัวนั้นจะเกิดจากการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage Crack) ซึ่งสาเหตุหลักๆ ก็เกิดได้ 2 ประเด็น คือ 1) การสูญเสียน้ำในคอนกรีต และ 2) การเกิดการยึดรั้ง ดังนั้นเพราะความยุ่งยากและการมองว่าเรื่องนี้เป็นประเด็นรองด้วยเพราะชิ้นส่วนอาจมีการปิดผิวด้วยสี หรือกระเบื้อง และเรื่องการหดตัวก็อาจเกิดหรือไม่เกิดขึ้นก็ได้ในชิ้นส่วนพรีคาสท์ ทำให้ผู้ออกแบบมักจะไม่สนใจพิจารณา

2 .ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา การใช้งานของชิ้นส่วน (Serviceability) พิจารณาถึงการคืบและการหดตัวในเสาคอนกรีตที่รับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งที่เกิดจากการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมบนเสา ในส่วนนี้หากจะพิจารณาว่า ในระหว่างการใช้งาน และการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป แรงอะไรที่มีผลทำให้เกิดความเสียหายได้ ผู้ออกแบบจะไปพิจารณาน้ำหนักบรรทุก และแรงกระทำด้านข้างของเสา เช่น แรงลม เป็นแรงหลักในการตรวจสอบช่วง Serviceability ส่วนการคืบและหดตัวของเสาในช่วงการใช้งาน และการติดตั้งมักจะถูกมองข้ามเป็น Minor design ซึ่งจะพิจารณาหรือไม่พิจารณาก็ได้เพราะโครงสร้างประเภทเสาโดยส่วนมากหากไม่ใช่อาคาร High rise ก็ไม่พิจารณาเรื่องนี้อยู่แล้ว

3. ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ขนาดและรูปทรงของชิ้นส่วน พิจารณาขนาดของแผงสถาปัตยกรรมที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการยกของรถยก หรือเครนที่ดำเนินการได้ในสถานที่ก่อสร้าง ขนาดและรูปทรง จะมีผลต่อน้ำหนักของชิ้นส่วนพรีคาสท์ โดยที่น้ำหนักแผ่นคือเรื่องสำคัญลำดับแรกๆ ที่ต้องพิจารณาในช่วงของการออกแบบ เพราะหากออกแบบชิ้นส่วนพรีคาสท์ที่มีน้ำหนักเกินกว่าความสามารถของเครนที่ใช้ติดตั้งแล้ว ก็จะไม่สามารถทำการติดตั้งชิ้นส่วนดังกล่าวได้เลย

4. ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ขนาดและรูปทรงของชิ้นส่วน พิจารณาถึงขนาดความกว้างของแผงสถาปัตยกรรมที่จะติดตั้งบนพื้นหรือหลังคาคอนกรีตหล่อสำเร็จที่มีขนาดความกว้างมาตราฐานความกว้างของผนังที่ใช้ควรเท่ากับหรือเป็นสัดส่วนกับความกว้างของพื้นหรือหลังคาหล่อสำเร็จ ตัวอย่างเช่น ถ้าพื้นสำเร็จมีความกว้าง 3 เมตร แผงสถาปัตยกรรมควรมีขนาดความกว้าง 3 6 หรือ 9 เมตร แต่บางกรณีอาจไม่เป็นเช่นนั้นเสมอไป เพราะปัจจัยอื่นๆ ก็อาจมีผลทำให้ไม่สามาถกำหนดความกว้างของผนังเป็นสัดส่วนนั้นๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่น น้ำหนักแผ่น, รูปแบบงานสถาปัตยกรรม, การออกแบบจุดต่อ หรือ ข้อจำกัดในการผลิตและขนส่งก็ย่อมมีส่วนเป็นอย่างมาเช่นเดียวกัน เป็นต้น

5.2.2 ด้านการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

1. ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยพิจารณาถึงราคาที่ดิน และสาธารณูปโภคพื้นฐาน สำหรับการผลิตและกองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ต้นทุนเกี่ยวกับค่าเช่าที่ดินหรือค่าเช่าในทำเลนั้น ๆ เรื่องของต้นทุนค่าที่ดินก็เป็นปัจจัยเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน เนื่องจากปัจจุบันราคาที่ดินปรับตัวสูงมากขึ้น ดังนั้นการพิจารณาเรื่องต้นทุนเกี่ยวกับค่าที่ดินจึงต้องรัดกุมและคิดรอบด้าน เพราะการเลือกที่ดินต้องพิจารณาถึงการเพิ่มมูลค่าที่ดินผืนนั้นในระยะยาว ควรเลือกทำเลที่มีศักยภาพสูงเพราะจะทำให้มูลค่าที่ดินเพิ่มขึ้นได้มากกว่าในระยะยาว แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงงบประมาณราคาที่ดินที่ต้องเหมาะสมกับงบประมาณทั้งหมดที่ได้ตั้งไว้ และเนื่องด้วยในปัจจุบันที่ราคาที่ดินได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก การเช่าโรงงาน จึงเป็นอีกทางเลือกซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาต้นทุนที่สูงของที่ดินในทำเลที่ดีได้ อีกทั้งการเช่ายังสามารถช่วยประหยัดเงินทุนและระยะเวลาในการเริ่มหรือขยายธุรกิจได้อีกด้วย

การเข้าถึงบริการสาธารณะและสาธารณูปโภคต่าง ๆ ปัจจัยเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน อีกอย่างที่หลายท่านอาจคิดไม่ถึงก็คือควรเลือกทำเลที่อยู่ใกล้กับบริการสาธารณะ เช่น สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง สถานที่ราชการหรือโรงพยาบาล เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกในการใช้บริการเหล่านั้นในเวลาจำเป็น อีกทั้งควรอยู่ไม่ไกลจากสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อความสะดวกสบายของพนักงานอีกด้วย เช่น ธนาคาร เป็นต้น นอกจากนี้ในบริเวณใกล้เคียงควรมีที่พักอาศัยในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมกับพนักงาน เช่น หอพัก อพาทเม้นท์ การเคหะหรือโครงการที่พักอาศัยอื่น ๆ เป็นต้น

2. ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยพิจารณาถึงระยะทางระหว่างที่ตั้งโรงงานถึงสถานที่ก่อสร้างที่จะใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อ ในการเลือกที่ตั้งโรงงานที่ดีนั้นต้องนำที่ตั้งของตลาดลูกค้าของเรามาร่วมพิจารณาด้วย โรงงานควรตั้งอยู่ใกล้ลูกค้ารายใหญ่ที่สุดเพื่อช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

เส้นทางคมนาคมต้องหลากหลายและสะดวกสบาย ทำเลที่ตั้งโรงงานต้องมีการคมนาคมสะดวกสบาย เดินทางได้จากหลากหลายเส้นทางและสามารถเชื่อมต่อไปยังสถานที่สำคัญหรือภูมิภาคต่าง ๆ ได้โดยง่าย ดังนั้น ถนน ทางด่วนและการคมนาคมที่ดีเป็นอีกปัจจัยที่เราต้องนำมาพิจารณาในการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงาน เพราะตัวแปรเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการขนส่งโดยตรง โดยตัวเลือกที่อาจนำมาพิจารณา เช่น ช่องทางเข้าสู่ทางด่วนและทางออก การเชื่อมต่อระหว่างทางด่วน การขนส่งสาธารณะ ความเร็วของการจราจรโดยเฉลี่ย ความหนาแน่นของการจราจรโดยเฉลี่ย การจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ความปลอดภัยของถนน

3. ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยคำนึงถึงผลกระทบของการผลิตชิ้นส่วนที่มีต่อสภาพสิ่งแวดล้อม และชุมชนบริเวณที่ตั้งโรงงาน ควรคำนึงถึงกฎหมายผังเมืองและผังสี อีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกที่ตั้งโรงงาน นั่นก็คือ “กฎหมายผังเมือง” เนื่องจากตามกฎหมายผังเมืองบางพื้นที่อาจห้ามสร้างโรงงาน หรืออาจกำหนดขนาดที่สามารถก่อสร้างได้ ดังนั้นท่านผู้ประกอบการควรศึกษารายละเอียดให้ชัดเจน หากมีข้อสงสัยสามารถสอบถามไปยังสำนักงานเขตหรือเทศบาลท้องถิ่นที่ที่ดินที่ท่านสนใจตั้งอยู่

นอกจากนี้ควรพิจารณาจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นด้วย เช่น สภาพอากาศและความเสี่ยงในการเกิดภัยธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวหรือน้ำท่วม รวมถึงสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ที่ดินที่อยู่ใกล้คียงหรือสภาพการจราจร เป็นต้น ที่ตั้งโรงงานควรมีสาธารณูปโภคที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นความกว้างของถนน ระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบระบายน้ำ ระบบการสื่อสาร โทรศัพท์และอินเตอร์เน็ต ความเร็วสูงต้องพร้อมและเหมาะกับการใช้งานทางอุตสาหกรรม อีกทั้งไม่ควรอยู่ใกล้ชุมชนจนเกินไปเพื่อป้องกันการรบกวนชุมชนที่อาจจะเกิดขึ้นได้

4. ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการพิจารณากระบวนการการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยพิจารณาถึงการเลือกใช้เครื่องจักรที่นำเข้ามาใช้ในการผลิตเพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิต คุณภาพของชิ้นส่วนคอนกรีต และลดจำนวนแรงงานคน เครื่องจักร เทคโนโลยีต่าง ๆ เกิดขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการทำงานและจัดการกับอันตรายที่เกิดขึ้น เช่น การยกของที่มีน้ำหนักมากเกินไป การทำงานในพื้นที่ปนเปื้อนสารเคมี หรือการทำงานในพื้นที่เสี่ยง การทำงานดังกล่าวถือเป็นการสนับสนุนการทำงานของมนุษย์ลดการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นต่อแรงงาน เครื่องจักรจึงไม่ใช่ศัตรูของแรงงานและไม่ได้หมายถึงการแทนที่แรงงานเสมอไป เทคโนโลยีและระบบอัตโนมัติเองก็เหมือนเหรียญที่มีสองด้าน มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดเบื้องต้น ข้อดี เช่น ลดระยะเวลาการผลิต เพิ่มความแม่นยำในการทำงาน ลดความผิดพลาดจากความบกพร่องของมนุษย์ สามารถทำงานซ้ำไปซ้ำมาได้อย่างรวดเร็วต่อเนื่อง ลดการบาดเจ็บในการปฏิบัติงาน ตอบสนองต่อการผลิตสินค้าจำนวนมาก สามารถวางแผนและจัดการสายการผลิตได้ครบถ้วน

ข้อเสีย เช่น เงินลงทุนสูง ต้องการพนักงานที่มีทักษะ โอกาสเกิดมลพิษสูงกว่า ขาดความหลากหลายหรือความยืดหยุ่นในขั้นตอนการผลิต เพิ่มต้นทุนด้านการบำรุงรักษา

จากข้อจำกัดดังกล่าว จะเห็นได้ถึงข้อได้เปรียบของแรงงานมนุษย์ คือ ความสามารถในการปรับตัว การเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ รวมถึงความสามารถในการต่อยอดพลิกแพลงกระบวนการทำงาน ดังนั้น หากสามารถผสานรวมการทำงานอันทรงพลังของเทคโนโลยีเข้ากับความรู้ความสามารถของแรงงานจะสามารถทำให้เกิดการทำงานอันยั่งยืน รวมถึงสร้างพื้นที่ของแรงงานในยุคใหม่ได้อย่างปลอดภัย

5. ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาการออกแบบและการเลือกใช้แบบหล่อคอนกรีต โดยควรคำนึงถึงแบบหล่อคอนกรีตที่ให้ความทึบน้ำขณะเทคอนกรีต

นอกเหนือจากผลที่ได้รับที่กล่าวมา งานวิจัยของสืบตระกูล สมบัติทิพย์ [9] ซึ่งได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการโครงการอาคารหอพักขนาด 8 ชั้น ที่ใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จกับอาคารมากถึงร้อยละ 95 ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพโครงการ คือ ปัญหาเรื่องการทำจุดเชื่อม การฝังเหล็กที่ใช้เชื่อมรอยต่อคลาดเคลื่อนจากตำแหน่ง ซึ่งถ้า

ผิดพลาดไม่มาก วิศวกรทำการควบคุมและแก้ไขที่หน่วยงานก่อสร้าง แต่ถ้าผิดพลาดมาก ต้องส่งกลับไปยังโรงงานหรือฝ่ายผลิต และชิ้นส่วนชำรุด จากการกระแทกระหว่างการขนส่ง ต้องทำการแก้ไขปรับแต่งที่หน่วยงานก่อสร้าง

5.2.3 ด้านการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

1. ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา การอบรมผู้ติดตั้ง และวิศวกรผู้ตรวจสอบการติดตั้ง บริษัทที่ทำการติดตั้งได้อบรมเทคนิคและความปลอดภัยในการติดตั้งให้กับคนงานและผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้ง การฝึกอบรมคือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลได้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง กระทั่งเปลี่ยนพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ตลอดจนพัฒนาความสามารถจนเกิดทักษะและความชำนาญ

2. ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ดำเนินการติดตั้งได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย บริษัทได้มีคู่มือการติดตั้ง และแบบก่อสร้างสำหรับการติดตั้งที่มีรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ รวมทั้งมีรายละเอียดของการติดตั้งค้ำยันชั่วคราวแสดงอยู่ด้วย คู่มือการทำงานคือ การทำให้เป็นมาตราฐาน การทำให้เป็นมาตราฐานไม่ได้มีประโยชน์ต่อตัวบุคคลเท่านั้น แต่ยังมีประโยชน์ต่อบริษัทเป็นอย่างมากด้วย ข้อดี เช่น งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับบริษัทแล้วการทำงานมีประสิทธิภาพเป็นประเด็นใหญ่ประเด็นหนึ่ง ซึ่งวิธีที่จะทำให้งานมีประสิทธิภาพนั้นมีหลากหลายวิธี และในวิธีเหล่านั้นเราสามารถพูดได้เลยว่าการสร้างคู่มือถือเป็นวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่ายและส่งผลลัพธ์ที่ดีเยี่ยม การแชร์วิธีคิดในการทำงานที่ถูกต้องและขั้นตอนการทำงานที่มีประสิทธิภาพนี้จะช่วยเพิ่มความเร็วในการทำงานและเพิ่มคุณภาพงานได้

3. ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดระยะเว้นห่าง (Clearance) ระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตกับโครงสร้างอื่นที่เกิดจากการไหวตัวจากการสั่นสะเทือนของแรงแผ่นดินไหว

4. ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง การวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายของชิ้นส่วนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการการติดตั้ง

5. ผู้ติดตั้งควรให้ความสำคัญกับการพิจารณา ค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง ในการติดตั้งได้มีการกำหนดความเสียหายที่ยอมให้ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนคอนกรีต โดยหารือร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และติดตั้ง เพื่อให้ปฏิบัติงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องตามหลักทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม

จากปัญหาที่พบได้สอดคล้องกับงานวิจัยของศุภชัย ไชยน (2549) [10] ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างอาคารสูงซึ่งใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จเป็นผนังภายนอกอาคาร จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาในการก่อสร้าง ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งแผ่นเหล็กที่ฝังไว้ในพื้นอาคารสำหรับเชื่อมยึดติดแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ไม่ตรงกับระยะที่แสดงไว้ใน Shop drawing การเกิดความเสียหายของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จจากการขนส่งและการยกติดตั้ง พื้นที่สำหรับการทำงานติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จไม่เพียงพอ การยกแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จขึ้นไปติดตั้งบนตัวอาคารมีระยะเวลาจำกัดเนื่องจากต้องใช้ทาวเวอร์เครนชุดเดียวกันทั้งโครงการ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chew (1999) [11] พบว่า การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จในอาคารสูงยังมีข้อควรระวังในการก่อสร้าง ได้แก่ แรงงานต้องมีความรู้ในการติดตั้ง และความระมัดระวังความปลอดภัยในการทำงาน ขณะที่มีการขนส่ง หรือยกชิ้นส่วนหล่อสำเร็จขึ้นไปบนที่สูง รูปร่าง ขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนหล่อสำเร็จต้องมีความถูกต้องตามแผนหรือรายการออกแบบที่วางไว้ เพื่อการเลือกใช้เครนหรือเครื่องจักรในการยกที่เหมาะสม ควรจัดสถานที่ที่เหมาะสมในการจัดวางชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ เพื่อให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ก่อสร้าง

เอกสารอ้างอิง

[1] จาตุรนต์ วัฒนผาสุก (2530). *อาคารในประเทศไทย: ระบบการก่อสร้างโดยวิธี Prefabrication ในกทม. กรณี พื้นสำเร็จรูป (รายงานการวิจัย),* กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] นริศรา สุขสราญ (2549). *การศึกษาและเปรียบเทียบการก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูประหว่างระบบผนังรับน้ำหนักและระบบเสาคาน: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร*, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] สามชัย รมทอง และ อานนท์ นันทฤชัย (2547). *การก่อสร้างอาคารพักอาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป*, ปริญญาบัณฑิต, คุรุศาสตร์โยธา สาขาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] ธฤษวรรณ บัวมาศ (2548). *การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างสำเร็จรูประบบเสาและคานและระบบผนังรับน้ำหนักที่นำมาใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเรือนแถว : กรณีศึกษา หมู่บ้านกานดา สมุทรสาคร.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, เคหพัฒนศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2565). *มาตราฐานความปลอดภัยของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป,* มยผ 1108-65.

[6] Precast/ Prestressed Concrete Institute (2010). *PCI Design Handbook 7th Edition,* Chicago, IL

[7] บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2537). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: บีแอนบีพับลิชชิ่ง.

[8] อาทิตย์ โตดวง (2558). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อทาวน์เฮ้าส์ ในเขตอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี กรณีศึกษา บริษัท พฤกษาเรียลเอสเตท จำกัด มหาชน, การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเนชั่น. หน้า 41.

[9] สืบตระกูล สมบัติทิพย์ (2554). *การบริหารจัดการของอาคารที่ก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป,* โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของ

การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. หน้า 11-13.

[10] ศุภชัย ไชยน (2549). *เงื่อนไขด้านเทคนิคในการก่อสร้างอาคารสูงด้วยระบบผนัง ค.ส.ล. หล่อสำเร็จ ภายนอกอาคาร : กรณีศึกษาโครงการลุมพินีเพลส [นราธิวาส - เจ้าพระยา] กับโครงการซิตี้ สมาร์ท คอนโด [ปทุมวัน]*, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] Chew, P. G. L (1999). Linguistic Imperialism, Globalism, and the EnglishLanguage. *TheAila Review,* 13(1), 37-48.

ภาคผนวก : ข้อมูลตอนที่ 2 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ชุด

แบบสอบถามชุดที่ 1 : ข้อควรพิจารณา หรือการคำนึงถึงในกระบวนการออกแบบแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

ด้านที่ 1 การรับน้ำหนักบรรทุกและแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วน

A1.1 ท่านได้พิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกคงที่ และน้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำบนแผงสถาปัตยกรรม (แผงกันแดด แผงหน้าต่าง ผนังรับน้ำหนัก ครอบเสา และลูกฟัก)

A1.2 ท่านได้พิจารณาถึงน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์ที่กระทำบนแผงสถาปัตยกรรม ที่อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ความผิดพลาดจากการก่อสร้าง การเสียรูปของแผงสถาปัตยกรรมจากการรับน้ำหนัก

A1.3 ท่านได้พิจารณาถึงแรงที่เกิดการหด/ขยายตัวของแผงสถาปัตยกรรมจากอุณหภูมิ และการหดตัวทั้งในระยะสั้น และระยะยาว (การคืบ)

A1.4 ท่านได้พิจารณาถึงแรงภายนอกทางด้านข้าง เช่น แรงลม และแรงแผ่นดินไหว ที่กระทำบนแผงสถาปัตยกรรม

A1.5 ท่านได้พิจารณาถึงผลของอัตราส่วนความชะลูดและผลของ P-Delta ที่เกิดขึ้นแผงสถาปัตยกรรมรับน้ำหนักบรรทุกทางแนวดิ่ง ซึ่งชิ้นส่วนจะถูกออกแบบเหมือนเสา

ด้านที่ 2 หน่วยแรงและกำลังของวัสดุของชิ้นส่วน

A2.1 ท่านได้พิจารณาถึงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนไม่ให้เกิดการแตกร้าวภายในเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

A2.2 ท่านได้พิจารณาถึงผลของหน่วยแรงดึงที่เกิดอย่างมากบริเวณช่องเปิดก่อให้เกิดรอยแตกแผ่ออกจากมุมแผ่นหน้าต่างที่มีช่องเปิด และได้ป้องกันรอยแตกที่อาจจะเกิดขึ้นโดยการเสริมเหล็กกันแตก หรือการทำให้ขอบมุมมีความมน หรือ การออกแบบจุดเชื่อมต่อให้มีการคลายตัวจากการยึดรั้ง

A2.3 ท่านได้พิจารณา แผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่รับแรงกด ว่าการออกแบบจุดเชื่อมต่อต้องคำนึงถึงความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดจากการยึดรั้งเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

ด้านที่ 3 การใช้งานของชิ้นส่วน (Serviceability)

A3.1 ท่านได้พิจารณาถึงการแอ่นตัวและบิดตัวของแผงสถาปัตยกรรมภายนอก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผนังหน้าต่าง จากการรับน้ำหนักบรรทุกแบบกดทับ

A3.2 ท่านได้พิจารณาถึงเสถียรภาพทางแนวราบของแผงสถาปัตยกรรมภายนอก โดยจุดเชื่อมต่อมีการยึดรั้งกลับทางแนวราบที่เพียงพอ

A3.3 ท่านได้พิจารณาถึงการแอ่นตัวของพื้นยื่นที่รองรับแผงสถาปัตยกรรมภายนอกขนาดใหญ่ ที่อาจเกิดขึ้นมากเกินไปจนทำให้เกิดแรงกระทำเยื้องศูนย์ และมีการพิจารณาติดตั้งค้ำยันเสริมด้านข้าง เพื่อให้แผงสถาปัตยกรรมมีเสถียรภาพ และไม่ให้เกิดการบิดตัว

A3.4 ท่านได้พิจารณาถึงการคืบและการหดตัวในเสาคอนกรีตที่รับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งที่เกิดจากการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมบนเสา

A3.5 ท่านได้พิจารณาว่า แผงสถาปัตยกรรมที่ถูกรองรับโดยคานอ่อน (Flexible beam) จะทำให้เกิดการโก่ง หรือการหมุนของคาน ซึ่งจะต้องติดตั้งจุดเชื่อมต่อโดยยอมให้เกิดการเปลี่ยนรูปดังกล่าวได้อย่างอิสระ และควรคำนวณออกแบบคานขอบให้มีสตีฟเนสเพียงพอเพื่อการเปลี่ยนรูปไม่เกินค่าที่ยอมให้

A3.6 ท่านได้พิจารณาว่ามีการควบคุมความกว้างรอยร้าวว่า ผู้ออกแบบควรมีการจำกัดขนาดรอยร้าวสูงสุด เพื่อให้ชิ้นส่วนคอนกรีตมีความทนทานตามขนาดรอยแตกที่ยอมให้

A3.7 ท่านได้พิจารณาถึงการควบคุมรอยร้าวจากการหดตัวว่า แผ่นผนังคอนกรีตจะต้องมีจำนวนเหล็กเสริมเพียงพอและมีระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นโดยเฉพาะในกรณีที่ชิ้นส่วนมีรูปทรงซับซ้อน มีปริมาตรคอนกรีตไม่สมดุล หรือมีขนาดหน้าตัดไม่สมมาตร จะทำให้โอกาสเกิดรอยร้าวจากการหดตัวนั้นเพิ่มขึ้น

ด้านที่ 4 จุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนกับองค์อาคาร

A4.1 ท่านได้พิจารณาถึงกำลังการรับน้ำหนักของจุดรองรับของแผงสถาปัตยกรรมภายนอกซึ่งอาจเป็นได้ทั้งพื้นและเสา

A4.2 ท่านได้พิจารณาว่า ครอบเสาและลูกฟัก ควรมีจุดรองรับในแนวดิ่ง 2 จุดต่อความสูงหนึ่งชั้น และอาจมีจุดรองรับเพิ่มเติมบริเวณกึ่งกลางสำหรับบริเวณที่มีแรงกระทำจากด้านข้าง และกรณีที่ครอบเสาและลูกฟักมีความยาวมาก เพื่อลดการโก่งตัว

A4.3 ท่านได้พิจารณาว่า ถึงการขยายตัวและหมุนตัวของจุดเชื่อมต่อสำหรับแผงสถาปัตยกรรมภายนอกที่เกิดจากอุณหภูมิและความชื้นโดยต้องมีความแข็งแรงและความเหนียวเพียงพอ

A4.4 ท่านได้พิจารณาว่า แผงสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ออกแบบการรับน้ำหนักบรรทุกโดยตรงทั้งหมดจะต้องออกแบบเพื่อรองรับการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ และไม่มีแรงจากการยึดรั้งที่จุดรองรับเพื่อป้องกันการบิดตัว

A4.5 ท่านได้พิจารณาว่า ความกว้างช่องว่างระหว่างแผงสถาปัตยกรรมที่มีช่องเปิดหน้าต่างกับจุดรองรับของโครงสร้างหรือจุดเชื่อมต่อที่เพียงพอ เพื่อยอมให้เกิดการเคลื่อนตัว ซึ่งจะไม่ส่งผลให้เกิดแรงที่กระทำในชิ้นส่วนและอาจก่อให้เกิดความเค้นสูงเกินจนเกิดการแตกร้าว

A4.6 ท่านได้พิจารณาว่า รูปทรงของแผงสถาปัตยกรรมและรอยต่อจะต้องไม่ชนกันเองหรือชนกับโครงสร้างรองรับในระหว่างที่เกิดแผ่นดินไหว เนื่องจากเมื่อเกิดการชนกันจะส่งผลให้จุดเชื่อมต่อรับน้ำหนักบรรทุกมากเกินไปได้ การป้องกันการชนอาจทำได้โดยการเพิ่มความกว้างของรอยต่อโดยวางชิ้นส่วนที่อยู่ติดกันให้มีระยะห่างมากกว่าขีดจำกัดของการเคลื่อนตัว

A4.7 ท่านได้พิจารณาว่า จุดเชื่อมต่อจะต้องสามารถรองรับการเคลื่อนตัวในระหว่างเหตุแผ่นดินไหวโดยการเลื่อน หรือการดัดงอของวัสดุเชื่อมต่อที่มีความเหนียว จุดเชื่อมต่อแบบเลื่อนจะต้องมีร่องยาวเพียงพอเพื่อรองรับระยะเคลื่อนตัวที่คาดการณ์ไว้จากการเคลื่อนตัวของชั้นอาคาร

A4.8 ท่านได้พิจารณาความแข็งแรงแผ่นหนุน (Shim) อย่างเพียงพอระหว่างการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมซึ่งจะถ่ายน้ำหนักบรรทุกของชิ้นส่วนคอนกรีตไปยังโครงสร้างรองรับผ่านแผ่นหนุน

A4.9 ท่านได้พิจารณาว่า แผ่นหนุน (Shim) เกิดการกระจายน้ำหนักบรรทุกเท่า ๆ กันระหว่างติดตั้ง หากชุดแผ่นหนุนพลาสติกได้น้ำหนักบรรทุกไม่สม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่น อาจจะทำให้แผ่นหนุนค่อย ๆ เลื่อนหลุดออกจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ ซึ่งเกิดจากติดตั้งไม่ได้ระดับ หรือชิ้นส่วนคอนกรีตมีลักษณะไม่สมมาตร และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

A4.10 ท่านได้พิจารณาว่า จุดเชื่อมต่อของแผงสถาปัตยกรรมควรมีการออกแบบเพื่อป้องกันผลกระทบจากสภาพอากาศเพื่อให้มีความทนทานไม่น้อยไปกว่าชิ้นส่วนคอนกรีต และพิจารณาต่อความต้านทานของการเกิดอัคคีภัย กรณีของอาคารที่ใช้โครงสร้างเหล็ก

ด้านที่ 5 ขนาดและรูปทรงของชิ้นส่วน

A5.1 ท่านได้พิจารณาว่าขนาดของแผงสถาปัตยกรรมที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของรถบรรทุก เส้นทางของการขนส่ง และพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วน ที่สามารถดำเนินการได้

A5.2 ท่านได้พิจารณาว่าขนาดของแผงสถาปัตยกรรมที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการยกของรถยก หรือเครนที่ดำเนินการได้ในสถานที่ก่อสร้าง

A5.3 ท่านได้พิจารณาว่าถึงขนาดความกว้างของแผงสถาปัตยกรรมที่จะติดตั้งบนพื้นหรือหลังคาคอนกรีตหล่อสำเร็จที่มีขนาดความกว้างมาตราฐานความกว้างของผนังที่ใช้ควรเท่ากับหรือเป็นสัดส่วนกับความกว้างของพื้นหรือหลังคาหล่อสำเร็จ ตัวอย่างเช่น ถ้าพื้นสำเร็จมีความกว้าง 3 เมตร แผงสถาปัตยกรรมควรมีขนาดความกว้าง 3 6 หรือ 9 เมตร

A5.4 ท่านได้พิจารณาว่า ขนาดของแผงสถาปัตยกรรมที่ทำหน้าที่เป็นผนังรับน้ำหนักจะถูกกำหนดตามแรงทางแนวดิ่ง และ/หรือแรงทางด้านข้าง

แบบสอบถามชุดที่ 2 : ข้อควรพิจารณา หรือการคำนึงถึงในกระบวนการผลิตแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

ด้านที่ 1 การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B1.1 ท่านได้คำนึงถึง แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตคอนกรีต เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

B1.2 ท่านได้พิจารณาถึงราคาที่ดิน และสาธารณูปโภคพื้นฐาน สำหรับการผลิตและกองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B1.3 ท่านได้พิจารณาถึงระยะทางระหว่างที่ตั้งโรงงานถึงสถานที่ก่อสร้างที่จะใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B1.4 ท่านได้คำนึงถึง ผลกระทบของการผลิตชิ้นส่วนที่มีต่อสภาพสิ่งแวดล้อม และชุมชนบริเวณที่ตั้งโรงงาน

ด้านที่ 2 กระบวนการการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B2.1 ท่านได้พิจารณาถึงการเลือกใช้เครื่องจักรที่นำเข้ามาใช้ในการผลิตเพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิต คุณภาพของชิ้นส่วนคอนกรีต และลดจำนวนแรงงานคน

B2.2 ท่านได้มีการกำหนดเกณฑ์ในควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ดี โดยที่ยังคงความเร็วในการผลิตไว้ให้ทันกับการติดตั้ง

B2.3 ท่านได้คำนึงถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างสำหรับควบคุมขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วน

B2.4 ท่านได้คำนึงถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรที่ใช้ในการยกชิ้นส่วนระหว่างการผลิตสำหรับควบคุมขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B2.5 ท่านได้พิจารณาถึงการเลือกใช้คุณสมบัติของวัสดุสำหรับการผลิตคอนกรีตหล่อสำเร็จ ได้แก่ ความเป็นฉนวนกันความร้อนและกันเสียง ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ ความคงทน

B2.6 ท่านได้พิจารณาถึงการเร่งการก่อตัวของคอนกรีต เพื่อลดเวลาในการบ่มคอนกรีต ซึ่งจะทำให้การถอดแบบทำได้เร็วขึ้น โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ การอบไอน้ำ การบ่มในอากาศที่มีอุณหภูมิสูง การบ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 50-80 องศา การใช้กระแสไฟฟ้า การใช้สารเคมี

ด้านที่ 3 การออกแบบและการเลือกใช้แบบหล่อคอนกรีต

B3.1 ท่านได้คำนึงถึงความสะดวกในการประกอบและการถอดแบบหล่อภายหลังคอนกรีตแข็งตัว

B3.2 ท่านได้คำนึงถึงความมั่นคงแข็งแรงของแบบหล่อที่มีต่อแรงจากคอนกรีตสด รวมถึงการอัดแน่นคอนกรีต

B3.3 ท่านได้คำนึงถึงแบบหล่อคอนกรีตที่ให้ความทึบน้ำขณะเทคอนกรีต

B3.4 ท่านได้พิจารณาเลือกใช้โต๊ะหล่อและแบบหล่อด้านข้างที่ทำจากเหล็กเป็นวัสดุหลัก

B3.5 ท่านได้พิจารณาออกแบบให้แบบหล่อด้านข้างมีมุมลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อง่ายต่อการยกชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จออกจากแบบ และเพื่อช่วยลดฟองอากาศในคอนกรีต

ด้านที่ 4 การทำเครื่องหมายและหมายเลขประจำชิ้นงาน

B4.1 ท่านได้มีการระบุรายละเอียดบนชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จทุกชิ้นประกอบด้วย หมายเลขประจำชิ้นงาน วันที่ทำการผลิต น้ำหนักของชิ้นส่วน ตำแหน่งที่ติดตั้งในอาคาร และทิศทางสำหรับการติดตั้ง

B4.2 ท่านได้มีการวางแผนโดยกำหนดให้หมายเลขประจำชิ้นงานจะต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง

ด้านที่ 5 มาตรการความปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย รวมถึงการป้องกันความเสียหายของชิ้นส่วนคอนกรีต

B5.1 บุคลากรที่ทำงานเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ผ่านการอบรมเทคนิควิธีการยกสิ่งของโดยใช้ปั่นจั่น หรือเครน เพื่อให้เกิดความปลอดภัย

B5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการยกชิ้นส่วนมีสัดส่วนความปลอดภัยเป็นไปตามมาตราฐาน และมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง

B5.3 ในระหว่างการเคลื่อนย้าย ท่านได้มีการกำหนดมาตรการในการป้องกันความเสียหายของส่วนต่าง ๆ ที่มีลักษณะยื่นออกจากชิ้นส่วนคอนกรีตหลัก เช่น มุม หรือครีบ

B5.4 ท่านได้มีการพิจารณาเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์การยกที่ไม่มีก่อให้เกิดปัญหาจนทำให้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จมีรอยสีตก ขีดข่วน หรือมีตำหนิถาวรในระหว่างการเคลื่อนย้าย

B5.5 ท่านได้คำนึงการโก่งตัวทางด้านข้างของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ อย่างเช่นหากจุดรองรับมีการให้ตัวหรือเสียรูปก็อาจเกิดการดัดในทิศทางด้านข้าง ของชิ้นส่วนคอนกรีตที่มีความชะลูดได้ โดยเฉพาะคานสะพานหรือคานอาคารที่มีความยาวมาก ๆ

ด้านที่ 6 ข้อพิจารณาในการกองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B6.1 ท่านได้คำนึงพื้นที่ในบริเวณที่กองเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จต้องมีความแข็งแรงอย่างเพียงพอ โดยต้องไม่ทรุดหรือยุบตัวมากไปเมื่อวางชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B6.2 ท่านได้พิจารณารูปแบบของการกองเก็บและการซ้อนทับชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ รวมถึงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้หนุน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหน่วยแรงดัดมากเกินไปกว่าที่กำลังของชิ้นส่วนคอนกรีต

B6.3 ท่านได้พิจารณาผลของการกองเก็บที่ใช้จุดรองรับมากกว่า 2 จุด ซึ่งจะต้องคำนึงถึงการทรุดตัวไม่เท่ากันของจุดรองรับที่อาจเกิดขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดหน่วยแรงที่มากขึ้นในชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B6.4 ท่านได้คำนึงวัสดุที่ใช้รองรับชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จต้องมีความแข็งแรง ทนทาน รวมถึงมีความยืดหยุ่นอย่างเหมาะสมเพื่อให้น้ำหนักจากชิ้นส่วนคอนกรีตเกิดการกระจายตัวสม่ำเสมอ

B6.5 ท่านได้คำนึงถึงการเสียรูปของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือการหดตัว โดยได้ดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- ทำช่องเก็บชิ้นส่วนคอนกรีตแต่ละชิ้นอย่างอิสระ หรือทำการค้ำยันอย่างเพียงพอระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตแต่ละชิ้น
- ป้องกันแสงแดดที่จะไปทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิบนพื้นผิวทั้งสองด้านของชิ้นส่วนคอนกรีต

ด้านที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

B7.1 ท่านได้กำหนดความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับการเสียรูปแบบมุมของแผ่นคอนกรีตเกิดการยกตัว (Warping) เช่น กำหนดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ยกตัวขึ้นต่อระยะระหว่างมุมของแผ่นคอนกรีตที่เกิดการยกตัวมีค่าไม่เกิน 5 mm/m

B7.2 ท่านได้กำหนดความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับการเสียรูปแบบโค้งคันศร (Bowing) ของแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ เช่น กำหนดให้แต่ละแผ่นคอนกรีตต้องมีค่าการเสียรูปไม่เกิน L/360 ในทิศทางที่พิจารณา

แบบสอบถามชุดที่ 3 : ข้อควรพิจารณา หรือการคำนึงถึงในกระบวนการติดตั้งแผงสถาปัตยกรรมภายนอก

ด้านที่ 1 การวางแผน และกำหนดวิธีการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C1.1 ท่านได้มีการตรวจสอบสภาพของ ถนนสถานที่ก่อสร้าง พื้นที่การกองเก็บ ก่อนที่ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จจะถูกส่งมาบริเวณสถานที่ก่อสร้าง

C1.2 ท่านได้มีการตรวจสอบสภาพความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องมือระบบไฟฟ้า ก่อนที่ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จจะถูกส่งมาบริเวณสถานที่ก่อสร้าง

C1.3 ท่านได้มีการกำหนดลำดับการยก และวางชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จลงตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในอาคาร

C1.4 ท่านได้มีการกำหนดวิธีการทำความสะอาดช่องว่างระหว่างจุดเชื่อมต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C1.5 ท่านได้มีการกำหนดวิธีการปรับตำแหน่งให้เข้าที่ และระดับของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C1.6 ท่านได้มีการกำหนดวิธีการปรับดิ่ง และการค้ำยันให้มั่นคงของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C1.7 ท่านได้มีการกำหนดแผนงานการติดตั้งและรื้อถอนนั่งร้าน

C1.8 ท่านได้มีการกำหนดวิธีการเชื่อมต่อเหล็กเสริม ได้แก่ การเชื่อมเหล็ก การทาบเหล็ก การใช้ข้อต่อเชิงกล และ การเกราต์บริเวณจุดเชื่อมต่อ ให้เป็นไปตามมาตราฐานสากลหรือตามคำแนะนำของผู้ออกแบบ/ผู้ผลิตข้อต่อเชิงกล

ด้านที่ 2 การอบรมผู้ติดตั้ง และวิศวกรผู้ตรวจสอบการติดตั้ง

C2.1 บริษัทที่ทำการติดตั้งได้อบรมเทคนิคและความปลอดภัยในการติดตั้งให้กับคนงานและผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้ง

C2.2 วิศวกรที่ทำการตรวจสอบการติดตั้งได้อบรมเทคนิคและความปลอดภัยในการติดตั้ง

C2.3 บริษัทที่ทำการติดตั้งจะให้เฉพาะผู้ที่ผ่านการอบรมจนมีทักษะและมีประสบการณ์ในการติดตั้งเป็นอย่างดีแล้วเท่านั้นปฏิบัติงานในขั้นตอนของการติดตั้งได้

ด้านที่ 3 การเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C3.1 ท่านได้พิจารณาถึง ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด และแรงปฏิกิริยาที่จุดยกหรือจุดรองรับ สำหรับการยกในรูปแบบที่แตกต่างกัน

C3.2 ท่านได้พิจารณาถึงจุดศูนย์ถ่วงของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ และตำแหน่งของเคเบิ้ลที่ใช้ยกของเครน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุจากการที่ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จเกิดการหมุนตัว หรือพลิกตัวแบบทันทีทันใด

C3.3 ท่านได้พิจารณาถึงน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ และอุปกรณ์ที่จะใช้ในการยกว่าสามารถที่จะรับน้ำหนักต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างที่ทำการยกชิ้นส่วนหล่อสำเร็จได้

C3.4 ท่านได้พิจารณาเลือกใช้ชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสมในการยกและติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

C3.5 ท่านหรือผู้ติดตั้งได้ตรวจสอบเครนเป็นประจำทุกวัน โดยเฉพาะสภาพของแผ่นเหล็กที่ใช้เป็นฐาน เคเบิ้ลหรือสลิงยก สลักเกลียว และอุปกรณ์ต่าง ๆ

C3.6 การติดตั้งโดยใช้เครื่องจักรในการยกชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้เป็นไปตามคู่มือการปฏิบัติงานที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตแนะนำไว้

ด้านที่ 4 การดำเนินการติดตั้งได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย

C4.1 บริษัทได้มีคู่มือการติดตั้ง และแบบก่อสร้างสำหรับการติดตั้งที่มีรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ รวมทั้งมีรายละเอียดของการติดตั้งค้ำยันชั่วคราวแสดงอยู่ด้วย

C4.2 วิศวกรได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบการค้ำยันชิ้นส่วนคอนกรีตให้มีความมั่นคงและเสถียรภาพระหว่างการติดตั้ง โดยมีการให้รายละเอียดการติดตั้ง และการถอดค้ำยัน

C4.3 ท่านได้พิจารณาถึงค่าสัดส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่เหมาะสมของวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกติดตั้ง ได้แก่ ลวดสลิง ข้อต่อ และอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีต

C4.4 ท่านได้พิจารณาถึงการเพิ่มค้ำยันรองเพื่อลดความยาวของค้ำยันหลักให้สั้นลง ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดการโก่งเดาะ (Buckling) ของค้ำยันหลักลง

ด้านที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนและความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง

C5.1 ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และติดตั้ง เพื่อให้ปฏิบัติงานทำได้จริงและสะดวก

C5.2 ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดระยะเว้นห่าง (Clearance) ระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตกับโครงสร้างอื่น เพื่อช่วยลดปัญหาการติดตั้งที่อาจเกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนจากการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีต

C5.3 ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดระยะเว้นห่าง (Clearance) ระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตกับโครงสร้างอื่น เพื่อช่วยลดผลกระทบจากการเคลื่อนตัวของชิ้นส่วนคอนกรีตที่เกิดจากอุณภูมิและการหดตัวของคอนกรีต

C5.4 ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดระยะเว้นห่าง (Clearance) ระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตกับโครงสร้างอื่นที่เกิดจากการไหวตัวจากการสั่นสะเทือนของแรงแผ่นดินไหว

C5.5 ท่านได้มีการตรวจสอบว่าชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้รับการติดตั้งมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

C5.6 ท่านได้มีการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายของชิ้นส่วนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการการติดตั้ง

C5.7 ในการติดตั้ง ได้มีการกำหนดความเสียหายที่ยอมให้ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนคอนกรีต โดยหารือร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และติดตั้ง เพื่อให้ปฏิบัติงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องตามหลักทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม