รูปแบบการวางแผนการก่อสร้างอาคารสูง

Construction Schedules of High Rise Buildings

ศิราภรณ์ ศิลปะ สุนีรัตน์ กุศลาศัย

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

งานก่อสร้างอาคารสูงเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ มีกิจกรรมก่อสร้างและขั้นตอนการทำงานในแต่ละชั้นที่คล้ายกัน การดำเนินงานจึงมีลักษณะซ้ำกัน โดยผู้รับเหมาหลักส่วนใหญ่มักว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงให้เข้ามาดำเนินการในหลายกิจกรรม และบางกิจกรรมอาจมีผู้รับเหมาช่วงมากกว่า 1 ราย ผู้รับเหมาหลักจึงต้องทำการวางแผนงานเพื่อกำหนดระยะเวลาการทำงานแก่ผู้รับเหมาช่วงให้ดำเนินการตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งการวางแผนงานที่ดีจะส่งผลให้สามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจข้อมูลการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารที่มีความสูงเกิน 23 เมตรหรือ 8 ชั้น จำนวน 25 โครงการ โดย 24 โครงการเป็นการก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง และอีกหนึ่งโครงการก่อสร้างด้วยระบบพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปเฉพาะส่วนของอาคารที่ไม่รวมพื้นที่จอดรถ โดยจะพิจารณาแผนก่อสร้างและรูปแบบการทำงานของหนึ่งชั้น จากการวิเคราะห์แผนก่อสร้างของทั้ง 25 โครงการ สามารถแบ่งรูปแบบการทำงานได้เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบการทำงานที่จัดกิจกรรมเป็นกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มกิจกรรมมีระยะเวลาในการทำงานเท่า ๆ กัน (perfect packaging) ซึ่งกิจกรรมจะอยู่ในกลุ่มใดนั้นพิจารณาจากลำดับขั้นตอนก่อน-หลังของการทำงาน การกีดขวางพื้นที่การทำงาน และความพร้อมหรือความเหมาะสมของจำนวนคนงานและวัสดุในช่วงเวลานั้นๆ 2) รูปแบบที่กำหนดวันเริ่มกิจกรรมตามปัจจัยคล้ายกับรูปแบบข้างต้น แต่ไม่ได้มีการจัดกลุ่มกิจกรรมที่ชัดเจน (semi packaging) และ 3) รูปแบบที่กำหนดให้กิจกรรมเริ่มต้นเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ (early start schedule) เป็นการจัดลำดับกิจกรรมโดยพิจารณาเพียงลำดับขั้นตอนก่อน-หลังของการทำงาน โดยที่การทำงานแบบ perfect packaging เป็นรูปแบบที่มีการเลือกใช้มากที่สุด ในขณะที่การทำงานแบบ early start schedule ใช้ระยะเวลาในการทำงานน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์แผนการก่อสร้าง 24 โครงการที่มีการก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง พบว่าส่วนงานโครงสร้างทั้ง 24 โครงการมีระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกัน ในขณะที่งานสถาปัตยกรรมผนังและระบบมีระยะเวลาที่ค่อนข้างหลากหลาย และหมวดงานสถาปัตยกรรมตกแต่งมีระยะเวลาหลากหลายมากที่สุด โดยระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ เนื่องจากผู้รับเหมามีการปรับจำนวนคนงานเพิ่มขึ้นหากมีพื้นที่ก่อสร้างมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างของระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปและระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังต่อ 1 ชั้น พบว่าระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาก่อสร้างงานโครงสร้างและงานผนังเร็วกว่าประมาณ 21 วัน เนื่องจากไม่มีระยะเวลาของการค้ำยันพื้นและการก่อผนัง

คำสำคัญ : การก่อสร้างอาคารสูง, แผนงานก่อสร้าง, ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง, ระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

Abstract

The construction of a high-rise building is a large project. Each story contains similar tasks and procedures. The construction process is, therefore, considered to be repetitive. In most projects, main

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

contractors usually hire subcontractors to carry out various activities. In some cases, a particular activity is assigned to two or more subcontractors. Given a number of participants associated within a project, the main contractor must have a very good plan to make sure that all activities can be performed productively, and are easily to be managed and monitored. The purpose of this research is to explore the current construction procedure of high-rise buildings. The contractors of twenty-five buildings with more than 23 meters high were interviewed. Twenty-four of them indicated that their projects are constructed with the post-tension system, and the other one is constructed with precast concrete structural panel system.

Given twenty-five construction schedules, the construction procedure of each floor in the tower zone can be grouped into 3 patterns: 1) perfect packaging work schedule – activities are grouped into several work packages with an equal duration to balance the production. The grouping factors considered include technical constraints, space limitation, safety, and neat & clean work environment; 2) semi-packaging work schedule – the schedules of activities are determined with similar consideration as the previous pattern, but the packaging characteristics are not obvious; 3) early start work schedule – activities are scheduled to start as soon as possible, considering only technical constraints. Given 25 projects, the perfect packaging work schedules are the most popular while the early start work schedules lead to the shortest duration. In addition, construction durations were analyzed. It is found that structural works require the least time with a very small deviation among different contractors whereas finishing works take half of the total duration with the most deviation among contractors. Interestingly, the result shows that the size of the work area has no effects on duration. It is because the main contractors usually hire working crews according to work quantity. If to compare durations between post-tension system and precast concrete structural panel system, it is found that the precast concrete structural panel system takes 21 days less than those required by the post-tension system due to the advantages of no shoring and masonry.

Keywords : high-rise building construction, construction schedule, post-tension system, precast concrete structural panel system

1. ความสำคัญและที่มา

อาคารสูง คือ อาคารที่มีความสูงมากกว่า 23 เมตรหรือมีจำนวนชั้นตั้งแต่ 8 ชั้นขึ้นไป งานก่อสร้างอาคารประเภทนี้จึงเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ และมักมีการกำหนดขั้นตอนการทำงานในแต่ละชั้นที่คล้ายกัน การดำเนินงานจึงมีลักษณะซ้ำกัน ผู้รับเหมาหลักส่วนใหญ่จะจ้างผู้รับเหมาช่วงให้เข้ามาดำเนินงานในหลายกิจกรรม และด้วยระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัด บางกิจกรรมผู้รับเหมาหลักมีการว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงมากกว่า 1 ราย โดยผู้รับเหมาช่วงแต่ละรายจะดำเนินงานที่ตนรับผิดชอบในทุกๆ ชั้นตลอดทั้งโครงการ เนื่องจากงานก่อสร้างในแต่ละชั้นถูกดำเนินการด้วยผู้รับเหมาช่วงจำนวนหลายราย ผู้รับเหมาหลักจึงต้องทำการวางแผนการทำงานเพื่อกำหนดระยะเวลาการทำงานและขอบเขตงานที่ชัดเจนให้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้รับเหมาช่วง การวางแผนที่ดีจะช่วยให้ผู้รับเหมาหลักสามารถควบคุมและตรวจสอบการทำงานได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาการกีดขวางพื้นที่การทำงานของผู้รับเหมาช่วงแต่ละรายได้อีกด้วย อันจะส่งผลให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบการดำเนินงานและแผนก่อสร้างมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาโครงการ กิจกรรมที่อยู่ในหมวดงานโครงสร้างส่วนใหญ่มีขั้นตอนการดำเนินงานก่อน-หลังที่ตายตัว ในขณะที่กิจกรรมส่วนใหญ่ในหมวดงานสถาปัตยกรรมไม่เป็นเช่นนั้น ผู้วางแผนมักกำหนดลำดับการดำเนินงานที่เหมาะสมตามประสบการณ์ [1] ปัจจัยในการกำหนดแผนงานของกิจกรรม มีข้อพิจารณา 3 ข้อดังนี้ 1) การกำหนดให้กิจกรรมตั้งแต่สองกิจกรรมขึ้นไปสามารถดำเนินการพร้อมกันได้นั้นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ ความประหยัด ความรวดเร็วที่ไม่ต้องรอให้กิจกรรมอื่นแล้วเสร็จ และการรบกวนกันในขณะปฏิบัติงานหรือการซ้อนทับกันของกิจกรรม 2) ความต่อเนื่องของกิจกรรม หากกิจกรรมได้เริ่มดำเนินการแล้วให้รีบดำเนินการให้เสร็จ 3) วันทำงานของแต่ละกิจกรรมถูกกำหนดจากความชำนาญ/ประสบการณ์ของผู้วางแผนหรือจากการคำนวณสถิติการทำงานของแรงงาน

นอกจากนี้วิธีการก่อสร้างนับเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดรูปแบบและแผนการทำงาน การก่อสร้างอาคารสูงที่พบส่วนมากในปัจจุบันคือระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง (post-tension system) และระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป (precast concrete structural panel system) ที่เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้น ซึ่งการทำงานของทั้งสองระบบจะมีความแตกต่างกันในส่วนของงานโครงสร้าง โดยโครงสร้างของ**ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง** มีขั้นตอนดังนี้ 1. ติดตั้งแบบหล่อพื้นและนั่งร้าน 2. วางเหล็กเสริมพื้นด้านล่าง 3. วางงานระบบ 4. วางลวดสลิง และอุปกรณ์สำหรับ post tension 5. วางเหล็กเสริมพื้นด้านบนและเหล็กเสริมเสา 6. เทคอนกรีตพื้น 7. ติดตั้งแบบหล่อเสาและเทคอนกรีต 8. ติดตั้งค้ำยันพื้น การก่อสร้างระบบนี้มีข้อดีคือมีความยืดหยุ่นด้านการออกแบบ ผู้ออกแบบอาคารไม่ต้องพิจารณาข้อจำกัดด้านการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้าง จึงทำให้สามารถออกแบบอาคารได้หลากหลาย ระบบแผ่น**พื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป** จะมีการผลิตชิ้นส่วนพื้นและผนังที่โรงงาน แล้วจึงนำมาทำการติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้าง จึงมีข้อดีคือช่วยลดขั้นตอนการก่อผนัง และลดระยะเวลาการทำงานเนื่องจากไม่ต้องรอเวลาแข็งตัวของคอนกรีต ไม่มีการติดตั้งแบบหล่อ ลดปริมาณเศษวัสดุที่เหลือในพื้นที่ก่อสร้าง และยังสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้ดี เพราะส่วนใหญ่มีการผลิตในโรงงานและมีการตรวจสอบคุณภาพทุกขั้นตอน

จากการสืบค้นงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างของสองระบบนี้ในบ้านพักอาศัย โดยส่วนมากมีข้อสรุปไปในทิศทางเดียวกันว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบหล่อในที่ [2, 3, 4, 5] นอกจากนี้ [4] ยังกล่าวอีกว่า ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้แรงงานน้อยกว่าระบบหล่อในที่ถึงร้อยละ 70 และ [5] กล่าวว่าระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปช่วยลดความต้องการแรงงานลงได้ถึงร้อยละ 30

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจระยะเวลาและรูปแบบของแผนการดำเนินการก่อสร้างอาคารที่มีความสูงเกิน 23 เมตรหรือ 8 ชั้น ด้วยวิธีการก่อสร้างระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังและระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

2. การสัมภาษณ์ผู้รับเหมาหลัก

วิธีการวิจัยประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาหลักของอาคารที่มีความสูงมากกว่า 23 เมตร หรือ 8 ชั้น จำนวน 25 โครงการ เกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างรวมถึงแผนการดำเนินงานในแต่ละชั้น โดยพิจารณาเฉพาะส่วนของอาคารที่ไม่รวมพื้นที่จอดรถ โครงการตัวอย่างประกอบด้วยโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลัง 24 โครงการ และอีก 1 โครงการเป็นการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป เนื่องจากวิธีการดังกล่าวยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ซึ่งในการสัมภาษณ์จะสอบถามจากผู้จัดการโครงการ ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และผู้รับเหมาย่อยเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการศึกษา

จากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาหลักทั้ง 25 โครงการพบว่า แผนการดำเนินงานก่อสร้างมีความหลากหลาย ทั้งระยะเวลาก่อสร้างของกิจกรรม การจัดลำดับขั้นตอนของกิจกรรม รวมถึงรูปแบบการดำเนินงาน อีกทั้งแต่ละโครงการมีขอบเขตงานในแต่ละชั้นที่ต่างกัน เพื่อสะดวกต่อการเปรียบเทียบ ผู้วิจัยจึงแบ่งกิจกรรมก่อสร้างออกเป็น 3 หมวด ได้แก่ งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรมผนังและระบบ และงานสถาปัตยกรรมตกแต่ง ตารางที่ 1 แสดงระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้น ข้อมูลของแต่ละโครงการประกอบด้วยจำนวนชั้น ขนาดพื้นที่ก่อสร้างต่อชั้น ระยะเวลาก่อสร้างรวม ระยะเวลาก่อสร้างงานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรมผนังและระบบ และงานสถาปัตยกรรมตกแต่ง จากตารางจะเห็นได้ว่าระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้นมีค่าเฉลี่ย 85 วัน โดยระยะเวลาเฉลี่ยของงานโครงสร้างมีค่าน้อยที่สุด (21 วัน) ในขณะที่งานสถาปัตยกรรมตกแต่งมีระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุด (42 วัน) เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่างานโครงสร้างมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับงานทั้ง 3 หมวด แสดงให้เห็นว่าทั้ง 25 โครงการมีระยะเวลาก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้างใกล้เคียงกัน ในขณะที่งานสถาปัตยกรรมมีระยะเวลาทำงานที่ค่อนข้างกระจายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มงานสถาปัตยกรรมตกแต่ง ซึ่งความแตกต่างของระยะเวลาอาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากการกำหนดระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่แตกต่างกัน รวมถึงรูปแบบของแผนงานที่ต่างกัน จากข้อมูลในตารางที่ 1 สามารถสรุปประเด็นในการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบของแผนการดำเนินงานก่อสร้างอาคารสูง

จากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาหลักจำนวน 25 โครงการพบว่าทั้ง 25 โครงการมีการว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงให้เข้ามาดำเนินการก่อสร้างในหลายกิจกรรม และแต่ละกิจกรรมอาจมีผู้รับเหมาช่วงดำเนินการมากกว่า 1 ราย หากพิจารณาแยกตามหมวดงานพบว่า ในหมวดงานโครงสร้างมี 15 โครงการ จาก 25 โครงการ ที่ผู้รับเหมาหลักเป็นผู้ดำเนินการเอง คิดเป็นร้อยละ 60 ในขณะที่งาน

ตารางที่ 1 ข้อมูลระยะเวลาก่อสร้างจากการสัมภาษณ์จำนวน 25 โครงการ

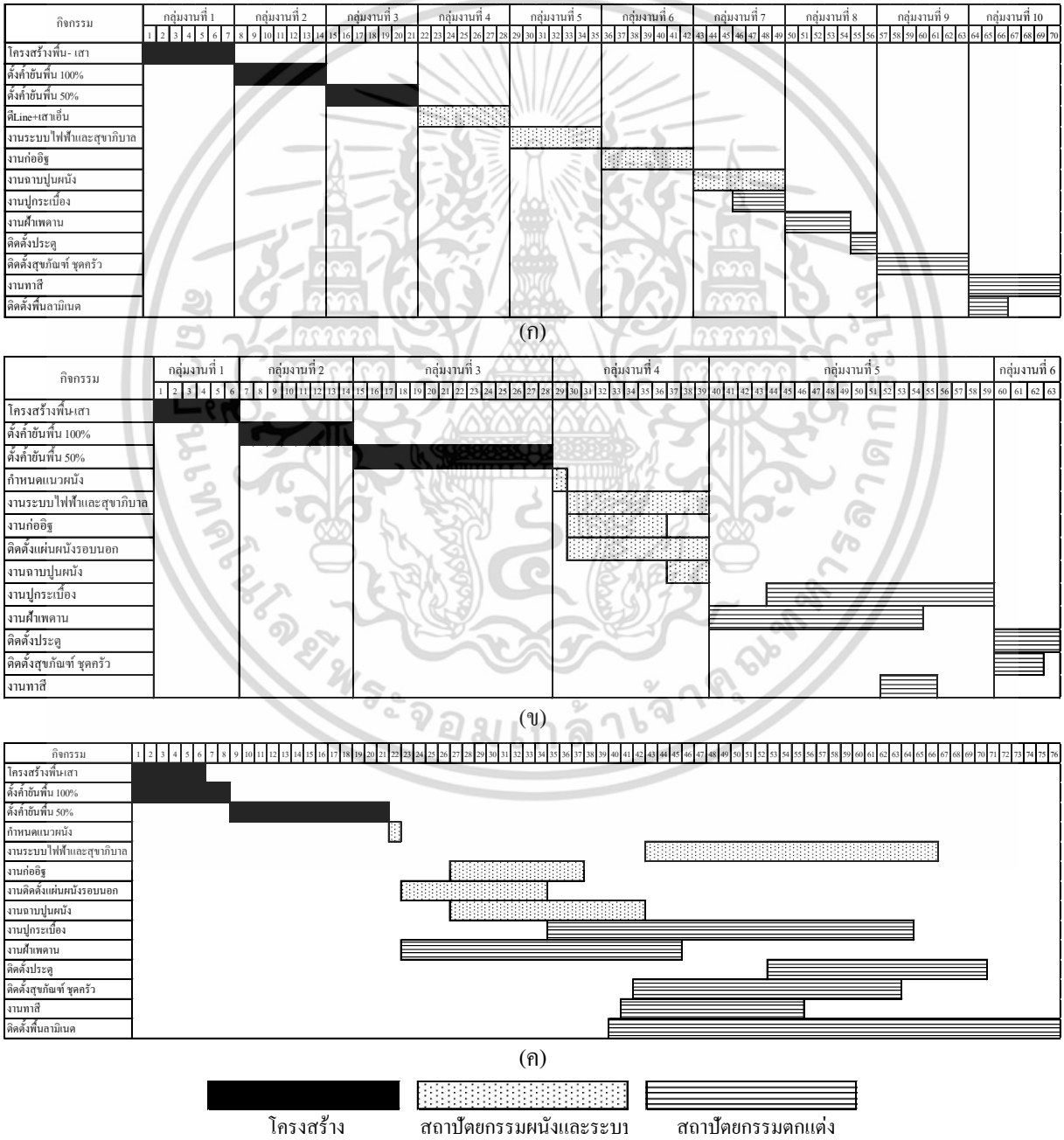
โครงการ	จำนวนชั้น	พื้นที่ก่อสร้าง (ตร.ม.)	ระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้น (วัน)	ระยะเวลางานโครงสร้าง (วัน)	ระยะเวลางานสถาปัตยกรรม (ผนังและระบบ) (วัน)	ระยะเวลางานสถาปัตยกรรม (ตกแต่ง) (วัน)
A*	31	450	49	9	21	32
B	36	850	92	21	22	49
C	32	1,200	83	15	20	48
D	31	425	82	28	23	48
E	29	800	63	28	11	24
F	20	750	76	21	22	55
G	27	800	83	18	53	34
H	28	250	152	21	60	79
I	27	1,000	97	17	40	50
J	28	334	79	24	25	30
K	39	500	111	14	25	72
L	50	500	169	21	37	111
M	37	1,200	96	21	35	38
N	30	600	130	21	50	59
O	51	330	37	15	11	16
P	18	650	61	28	19	20
Q	36	1,600	42	28	10	8
R	40	500	61	21	24	16
S	47	1,000	141	21	50	70
T	40	534	70	21	28	25
U	31	450	70	21	25	25
V	29	570	85	21	14	54
W	12	500	49	21	13	17
X	37	1,200	86	21	24	48
Y	51	1,000	60	28	16	24
ค่าเฉลี่ย			85	21	28	42
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			33.7	4.8	14.4	24.0

* โครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรมมีจำนวน 22 โครงการ ที่ผู้รับเหมาหลักจ้างให้ผู้รับเหมาช่วงเข้ามาดำเนินการ คิดเป็นร้อยละ 88 และงานระบบผู้รับเหมาหลักทั้ง 25 โครงการมีการจ้างผู้รับเหมาช่วงทั้งหมด เนื่องด้วยมีผู้เกี่ยวข้องในโครงการเป็นจำนวนมาก ผู้รับเหมาหลักจึงต้องทำการวางแผนเพื่อกำหนดระยะเวลาการทำงานของผู้รับเหมาช่วง เมื่อพิจารณาแผนการก่อสร้างต่อหนึ่งชั้น พบว่ารูปแบบการวางแผนแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

- รูปแบบการทำงานที่มีการจัดกิจกรรมให้เป็นกลุ่มอย่างชัดเจน โดยพยายามให้แต่ละกลุ่มกิจกรรมมีระยะเวลาในการก่อสร้างเท่า ๆ กัน (perfect packaging) ทั้งนี้เพื่อเป็นการจัดสมดุลของระยะเวลาก่อสร้างของทุกกลุ่มกิจกรรมให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ลดการรอคอยของกลุ่มคนงาน ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะอยู่ในกลุ่มใดนั้นพิจารณาจากลำดับขั้นตอน ก่อน-หลังของการทำงาน (ความสัมพันธ์ทางเทคนิค) การกีดขวางพื้นที่การทำงาน และความพร้อมหรือความเหมาะสมของจำนวนคนงานและวัสดุในช่วงเวลานั้นๆ ส่วนระยะเวลาทำงานของแต่ละกลุ่มกิจกรรมมัก



ภาพที่ 1 แผนการทำงานรูปแบบ (ก) perfect packaging (ข) semi packaging (ค) early start schedule

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้เท่ากับ 5 – 10 วัน ภาพที่ 1 (ก) แสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบการทำงานแบบ perfect packaging ซึ่งโครงการนี้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 10 กลุ่ม ใช้ระยะเวลากลุ่มละ 7 วัน ทำให้มีระยะเวลาการทำงานต่อชั้นรวม 70 วัน โดยจะทำงานทีละกลุ่ม เมื่องานในกลุ่มแรกเสร็จงานกลุ่มต่อไปจึงเริ่มได้ ในขณะที่งานกลุ่มแรกจะเลื่อนไปทำในชั้นถัดไป แผนงานที่เป็นระบบนี้ช่วยลดอุปสรรคและการกีดขวางกันระหว่างกลุ่มคนงาน อีกทั้งการจัดลำดับกลุ่มงานที่เหมาะสมช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่องานอื่นในพื้นที่เดียวกันได้ พื้นที่ทำงานมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย อีกทั้งยังทำให้กลุ่มคนงานสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลทั้ง 25 โครงการมีโครงการที่จัดการทำงานลักษณะนี้ 11 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 44

- รูปแบบการทำงานที่ไม่ได้มีการจัดกลุ่มกิจกรรมที่ชัดเจนแบบกรณีแรก แต่มีการกำหนดวันเริ่ม-วันเสร็จของแต่ละกิจกรรมโดยพิจารณาจากลำดับขั้นตอนก่อน-หลังของการทำงาน ความพร้อมหรือความเหมาะสมของจำนวนคนงานและวัสดุในช่วงเวลานั้นๆ รวมถึงการกีดขวางพื้นที่การทำงานของแต่ละกิจกรรม ระยะเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขอบเขตของแต่ละกิจกรรมและจำนวนทรัพยากรที่มี (semi packaging) ตัวอย่างแผนการทำงานแสดงได้ดังภาพที่ 1 (ข) ซึ่งโครงการนี้จัดการทำงานเป็น 6 ช่วง แต่ละช่วงใช้ระยะเวลาไม่เท่ากัน โครงการที่จัดการทำงานในลักษณะนี้มีจำนวน 7 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 28

- รูปแบบที่กำหนดให้กิจกรรมเริ่มต้นเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้หรือการจัดลำดับกิจกรรมโดยพิจารณาเพียงลำดับขั้นตอนก่อน-หลังของการทำงาน (early start schedule) การทำงานรูปแบบนี้ทำให้มีกิจกรรมหลายกิจกรรมเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ควบคุมการทำงานได้ยาก และเกิดปัญหาการกีดขวางการทำงานของคนงานและกองวัสดุในบริเวณก่อสร้าง ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงักและเกิดความล่าช้าขึ้น ตัวอย่างแผนการทำงานแสดงได้ดังภาพที่ 1 (ค) แต่เนื่องด้วยมีการพิจารณาเพียงลำดับขั้นตอนก่อน-หลังของการทำงานจึงมีระยะเวลาก่อสร้างตามแผนที่น้อยกว่ารูปแบบอื่น ซึ่งโครงการที่จัดลำดับงานลักษณะนี้มีจำนวน 7โครงการ คิดเป็นร้อยละ 28

3.2 ระยะเวลาทำงานและขนาดพื้นที่ก่อสร้าง

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้นจากทั้ง 25 โครงการมีความหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานสถาปัตยกรรมตกแต่ง ซึ่งสังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับระยะเวลาเฉลี่ย การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการพิจารณาปัจจัยด้านพื้นที่ใช้สอยว่าส่งผลต่อระยะเวลาก่อสร้างอย่างไร โดยจะทำการวิเคราะห์เฉพาะโครงการที่ก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังจำนวน 24 โครงการ เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปมีวิธีการก่อสร้างที่ต่างกันจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้ จากข้อมูลตามตารางที่ 1 สามารถแบ่งกลุ่มโครงการตามพื้นที่ก่อสร้างได้ 6 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 โครงการที่มีพื้นที่ 250 – 450 ตร.ม. มีจำนวน 5 โครงการ กลุ่มที่ 2 โครงการที่มีพื้นที่ 451 – 650 ตร.ม. มีจำนวน 8 โครงการ กลุ่มที่ 3 โครงการที่มีพื้นที่ 651 – 850 ตร.ม. มีจำนวน 4 โครงการ กลุ่มที่ 4 โครงการที่มีพื้นที่ 851 – 1,050 ตร.ม. มีจำนวน 3 โครงการ กลุ่มที่ 5 โครงการที่มีพื้นที่ 1,051 – 1,250 ตร.ม. มีจำนวน 3 โครงการ กลุ่มที่ 6 โครงการที่มีพื้นที่ 1,251 – 1,600 ตร.ม. มีจำนวน 1 โครงการ

ภาพที่ 2 (ก) แสดงระยะเวลาก่อสร้างตามแผนต่อชั้น แบ่งตามกลุ่มของพื้นที่ก่อสร้าง แกน Y แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง และแกน X แสดงกลุ่มของพื้นที่ก่อสร้าง 6 กลุ่มข้างต้น ซึ่งค่าเฉลี่ยของระยะเวลาก่อสร้างของกลุ่มที่ 1 ถึง 6 มีค่าเท่ากับ 84, 92, 79, 99, 88 และ 42 วันตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดของพื้นที่ก่อสร้างที่มากขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มขึ้น หากพิจารณารูปแบบการทำงานร่วมด้วย ผลการวิเคราะห์แสดงได้ตามดังภาพที่ 2 (ข) (ค) และ (ง) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานแบบ perfect packaging, semi packaging และ early start schedule มีค่าเท่ากับ 96, 97 และ 63 วัน ตามลำดับ ซึ่งการทำงานแบบ Early Start Scheduleใช้ระยะเวลาก่อสร้างน้อยที่สุดและทิ้งห่างจากอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 รูปแบบการทำงานอย่างชัดเจน ทั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบของแผนงานมีผลต่อระยะเวลาก่อสร้างมากกว่าขนาดของพื้นที่ เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละรูปแบบการทำงานพบว่ามีการกระจายตัวค่อนข้างสูงแสดงให้เห็นว่าในแต่ละรูปแบบยังมีระยะเวลาก่อสร้างที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ระยะเวลาลึกลงไปในรายละเอียดของกลุ่มงาน โดยแบ่งเป็น 1) งานโครงสร้าง 2) งานสถาปัตยกรรมผนังและระบบ 3) งานสถาปัตยกรรมตกแต่ง ภาพที่ 3 แสดงระยะเวลาตามแผนของงานโครงสร้างต่อชั้น โดยภาพที่ 3 (ก) (ข) (ค) และ (ง) แสดงผลของทั้ง 24 โครงการ, โครงการที่มีรูปแบบการทำงาน perfect packaging, รูปแบบ semi packaging และรูปแบบ early start schedule ตามลำดับ ระยะเวลาเฉลี่ยของ 24 โครงการเท่ากับ 22 วัน โดยแต่ละกลุ่มพื้นที่มีระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน โดยขนาดของพื้นที่ก่อสร้างที่มากขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มขึ้น เมื่อแยกตามการจัดรูปแบบพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลางานโครงสร้างของการทำงานแบบ early start schedule มีค่าเฉลี่ยระยะเวลา 24 วัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.6 ซึ่งสูงกว่าการทำงานแบบ perfect packaging และ semi packaging แสดงให้เห็นว่า 7 โครงการที่มีรูปแบบการทำงานลักษณะนี้มีการกำหนดระยะเวลาการทำงานของงานโครงสร้างที่หลากหลายกว่าอีกสองรูปแบบ

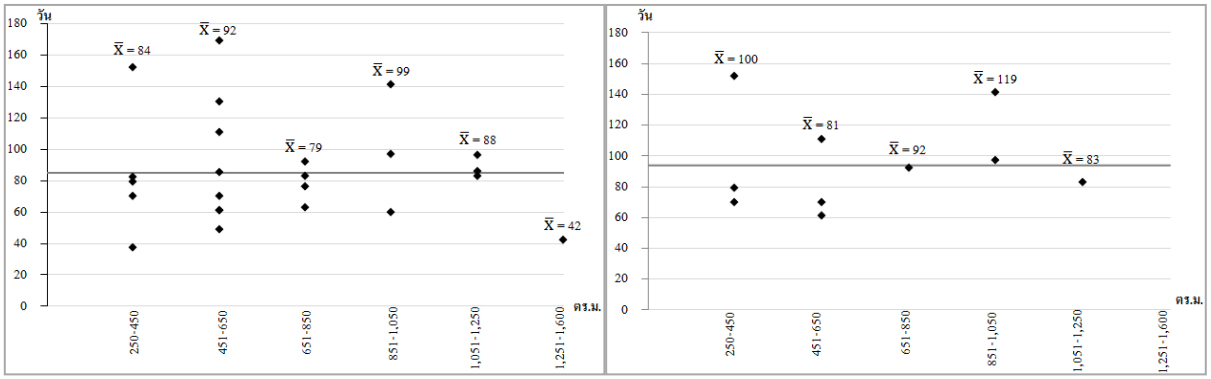
ภาพที่ 4 แสดงระยะเวลาตามแผนของงานสถาปัตยกรรมผนังและระบบต่อชั้น โดยภาพที่ 4 (ก) (ข) (ค) และ (ง) แสดงผลของทั้ง 24 โครงการ, โครงการที่มีรูปแบบการทำงาน perfect packaging, รูปแบบ semi packaging และรูปแบบ early start schedule ตามลำดับ ระยะเวลาเฉลี่ยของทั้งสามรูปแบบมีค่าไม่ต่างกันมากนัก หากเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในหมวดงานโครงสร้าง พบว่างานสถาปัตยกรรมผนังและระบบใช้เวลานานกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีค่าที่สูงกว่าหมวดงานโครงสร้าง เนื่องจากมีลำดับขั้นตอนการทำงานที่ยืดหยุ่นกว่ากิจกรรมในหมวดงานโครงสร้าง

ภาพที่ 5 แสดงระยะเวลาตามแผนของงานสถาปัตยกรรมตกแต่งต่อชั้น โดยภาพที่ 5 (ก) (ข) (ค) และ (ง) แสดงผลของทุกโครงการ, โครงการที่มีรูปแบบการทำงาน perfect packaging, รูปแบบ semi packaging และรูปแบบ early start schedule ตามลำดับ จากภาพจะเห็นว่าการทำงานแบบ early start schedule มีระยะเวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดอย่างชัดเจน เนื่องจากกิจกรรมในหมวดงานสถาปัตยกรรมตกแต่งส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการได้หลังจากที่งานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมผนังและระบบแล้วเสร็จ ไม่มีลำดับขั้นตอนก่อน-หลังระหว่างกิจกรรม กำหนดเวลาการทำงานมักถูกพิจารณาตามความเหมาะสมโดยผู้วางแผนเป็นหลัก ดังนั้นแผนงานในรูปแบบ early start schedule จึงเป็นการกำหนดให้กิจกรรมเหล่านี้ดำเนินการได้พร้อม ๆ กัน

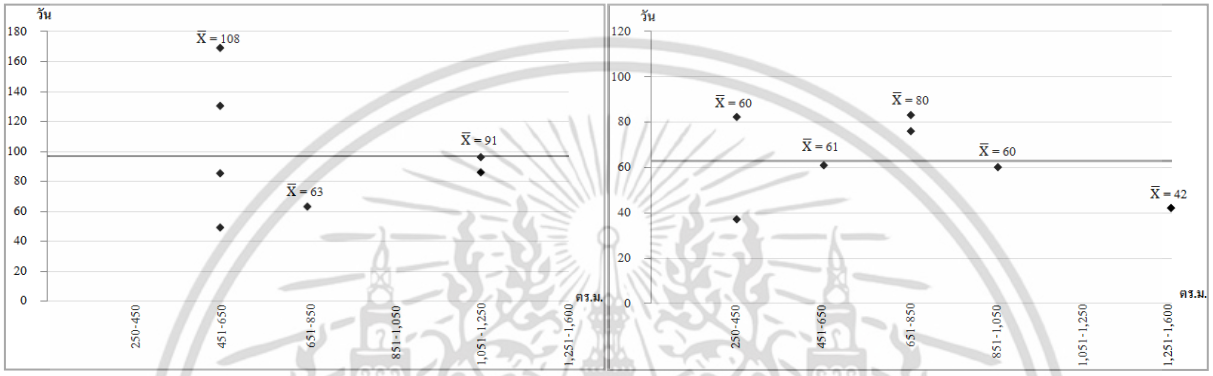
3.3 ระยะเวลาของการก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังและระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

จากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปจำนวน 1 โครงการ พบว่าโครงการนี้มีการแบ่งกิจกรรมก่อสร้างออกเป็นกลุ่มทั้งหมด 7 กลุ่ม ใช้ระยะเวลากลุ่มละ 7 วัน ทำให้มีระยะเวลาก่อสร้างต่อชั้นรวม 49 วัน และมีการจัดรูปแบบการทำงานแบบ perfect packaging ดังภาพที่ 6 ซึ่งในส่วนของงานโครงสร้าง ผู้รับเหมาชี้แจงว่าการติดตั้งชิ้นส่วนพื้นและผนังสำเร็จรูปใช้ระยะเวลารวม 9 วัน แต่เมื่อดำเนินการไปแล้ว 7 วัน สามารถนำคนงานไปติดตั้งชิ้นส่วนในชั้นถัดไปได้ โดยอีก 2 วันเก็บงานในส่วนที่เหลือ งานโครงสร้างในแต่ละชั้นจึงมีระยะเวลาทำงานรอบละ 7 วัน ในขณะที่ระยะเวลาดำเนินการงานโครงสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังมีค่าเฉลี่ย 22 วัน ซึ่งจากการตรวจสอบแผนพบว่าเป็นระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างประมาณ 7 วัน ที่เหลือเป็นระยะเวลาของการรอให้คอนกรีตมีกำลังรับน้ำหนักตามที่ออกแบบไว้หรือระยะเวลาการค้ำยัน อีกทั้งการก่อสร้างด้วยระบบนี้ยังมีกิจกรรมของการก่อผนัง ประกอบด้วย การกำหนดแนวผนังและงานก่อผนัง ซึ่งมีระยะเวลาที่สรุปได้จากแผนการทำงานอย่างน้อย 6 - 7 วัน ทำให้ระยะเวลาก่อสร้างในแต่ละชั้นของระบบพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปเร็วกว่าการก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังประมาณ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

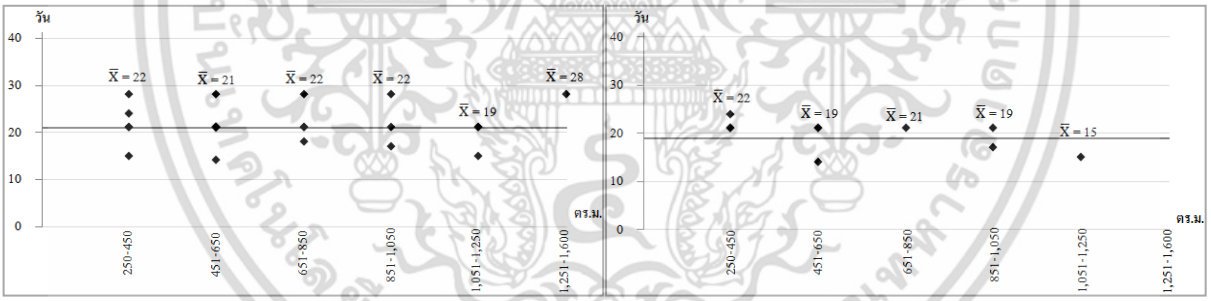


(ก) รวมทุกโครงการ ($\bar{X}$ = 86, SD = 33.6) (ข) Perfect packaging ($\bar{X}$ = 96, SD = 30.6)

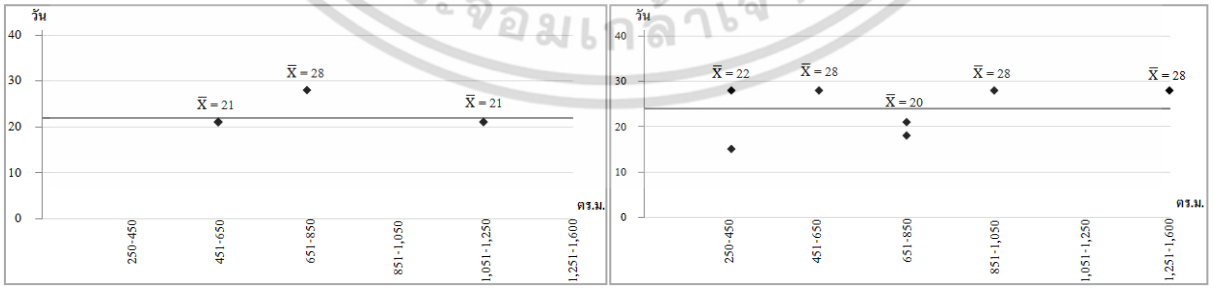


(ค) Semi packaging ($\bar{X}$ = 97, SD = 40.8) (ง) early start schedule ($\bar{X}$ = 63, SD = 18.6)

ภาพที่ 2 ระยะเวลาก่อสร้างตามแผนในแต่ละชั้น



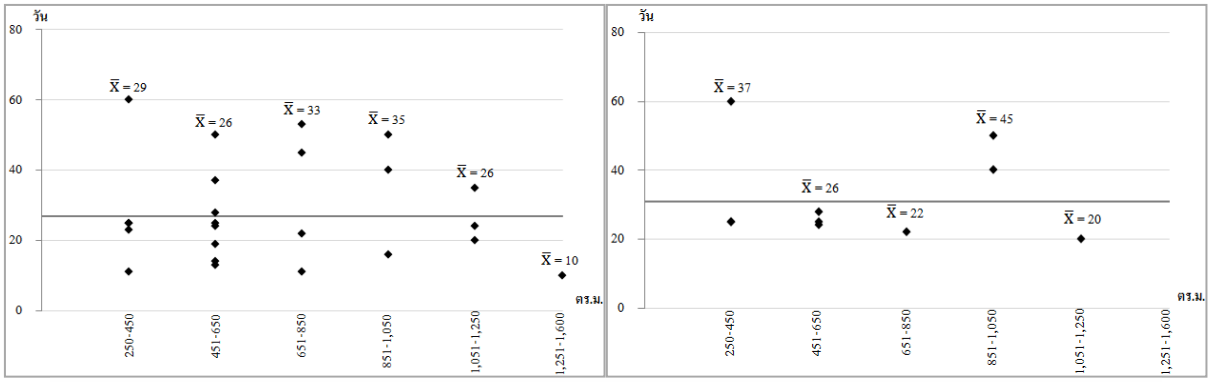
(ก) รวมทุกโครงการ ($\bar{X}$ = 22, SD = 4.1) (ข) perfect packaging ($\bar{X}$ = 20, SD = 3.2)



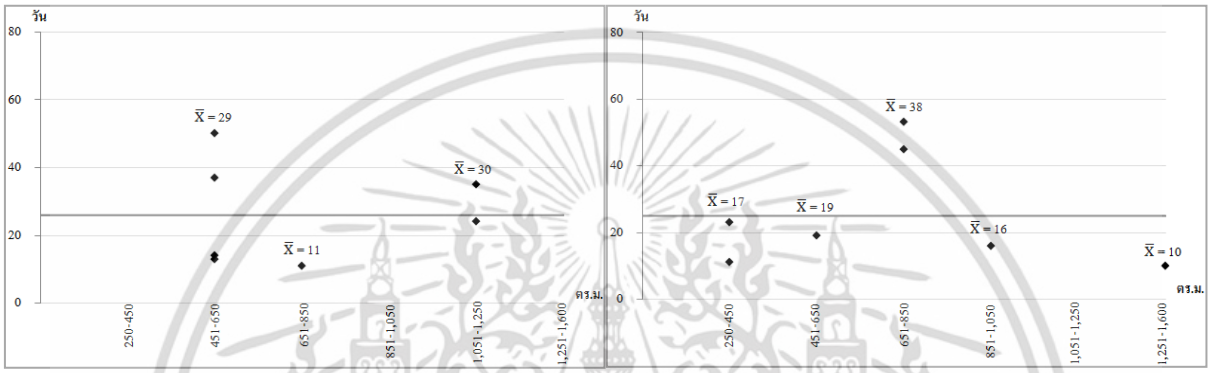
(ค) semi packaging ($\bar{X}$ = 22, SD = 33.7) (ง) early start schedule ($\bar{X}$ = 24, SD = 5.6)

ภาพที่ 3 ระยะเวลาตามแผนของงานโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

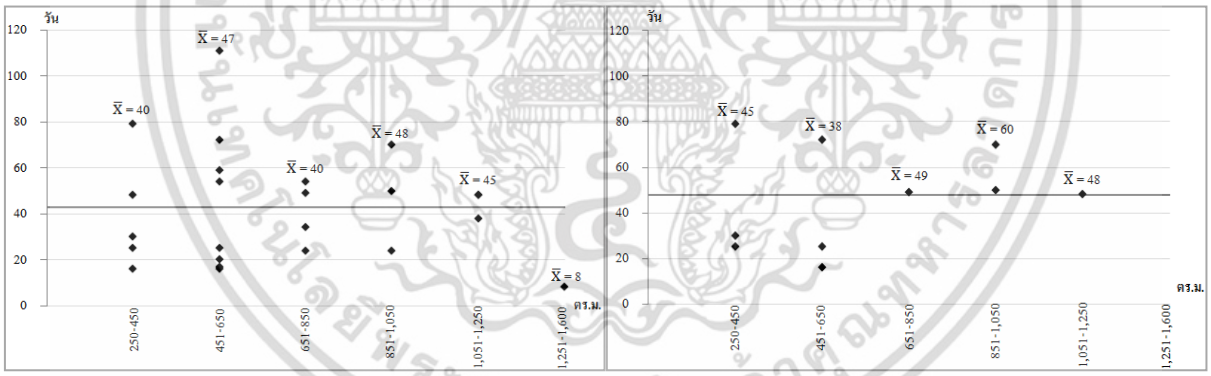


(ก) รวมทุกโครงการ ($\bar{X}$ = 28, SD = 14.6) (ข) perfect packaging ($\bar{X}$ = 32, SD = 13.5)

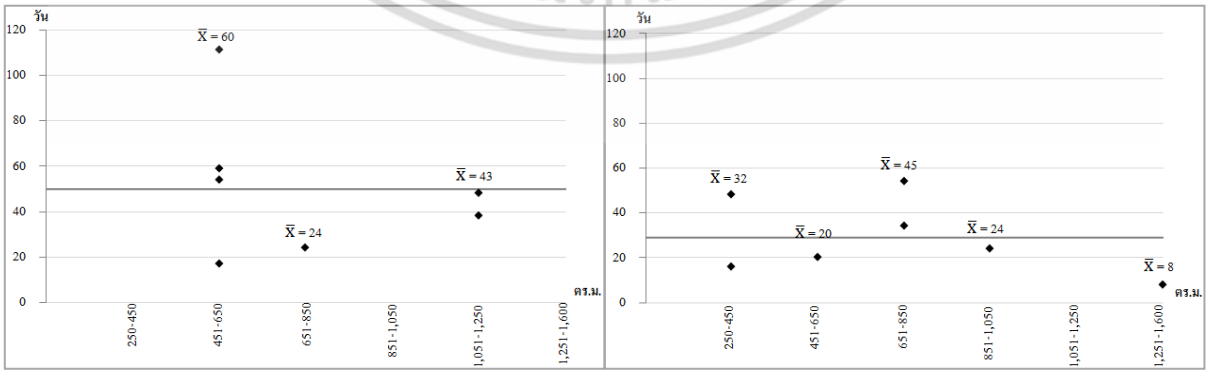


(ค) semi packaging ($\bar{X}$ = 26, SD = 14.8) (ง) early start schedule ($\bar{X}$ = 25, SD = 17.0)

ภาพที่ 4 ระยะเวลาตามแผนของงานสถาปัตยกรรมผนังและระบบ



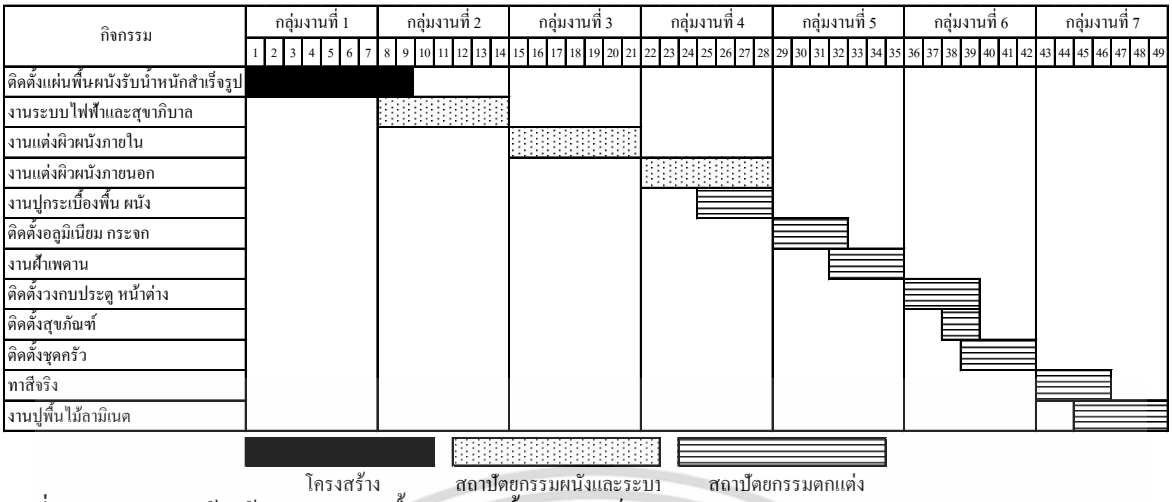
(ก) รวมทุกโครงการ ($\bar{X}$ = 42, SD = 24.4) (ข) perfect packaging ($\bar{X}$ = 46, SD = 22.1)



(ค) semi packaging ($\bar{X}$ = 50, SD = 30.9) (ง) early start schedule ($\bar{X}$ = 29, SD = 17.0)

ภาพที่ 5 ระยะเวลาตามแผนของงานสถาปัตยกรรมตกแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แผนการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป

4. สรุปผลการศึกษา

จากการสำรวจแผนการดำเนินงานทั้ง 25 โครงการพบว่ารูปแบบของแผนการก่อสร้างแบ่งได้ 3 รูปแบบ คือ perfect packaging, semi packaging และ early start schedule ซึ่งการทำงานแบบ perfect packaging ถูกเลือกใช้มากที่สุด ในขณะที่การทำงานแบบ early start schedule มีระยะเวลาก่อสร้างรวมน้อยที่สุด เนื่องจากกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมถูกพิจารณาจากลำดับก่อน-หลังของการทำงานเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำงานและพื้นที่ใช้สอยพบว่าขนาดของพื้นที่ก่อสร้างที่มากขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้รับเหมาหลักมีการจัดสรรคนงานให้สอดคล้องกับปริมาณงาน นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์แยกตามหมวดงานจะเห็นได้ว่างานโครงสร้างมีระยะเวลาก่อสร้างที่สั้นที่สุดและโครงการส่วนใหญ่มีรูปแบบการดำเนินการใกล้เคียงกัน ในขณะที่งานสถาปัตยกรรมตกแต่งใช้ระยะเวลาการทำงานนานที่สุด ซึ่งรูปแบบการทำงานแบบ early start schedule มีระยะเวลาเฉลี่ยตามแผนของงานสถาปัตยกรรมตกแต่งน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีการจัดกลุ่มให้กับกิจกรรม กิจกรรมสามารถดำเนินการได้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานทั้งสองระบบ พบว่าระบบแผ่นพื้น-ผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาก่อสร้างงานโครงสร้างและงานผนังเร็วกว่าระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงทีหลังประมาณ 21 วัน เนื่องจากไม่มีขั้นตอนของการค้ำยันและการก่อผนัง

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการจัดการและการวางแผนการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งการเลือกรูปแบบของแผนงานที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำงาน ผู้วิจัยเห็นว่าแผนการก่อสร้างรูปแบบ perfect packing ที่มีการแบ่งงานออกเป็นกลุ่มๆ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนที่ก่อให้เกิดความสะดวกของการทำงาน ลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่องานอื่นในพื้นที่เดียวกัน ตลอดจนการรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบในสถานที่ก่อสร้าง มีส่วนช่วยป้องกันปัญหาและอุปสรรคระหว่างการก่อสร้างจริงอีกทั้งยังช่วยลดความหนาแน่นของจำนวนคนงานและเครื่องมือเครื่องจักรในพื้นที่ก่อสร้างที่อาจก่อให้เกิดการกีดขวางการทำงานซึ่งกันและกัน นอกจากนี้การกำหนดระยะเวลาก่อสร้างที่เท่ากันของแต่ละกลุ่มงานช่วยให้การดำเนินงานของแต่ละกลุ่มคนงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในอนาคตอาจมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการทำงานจริงจากการใช้แผนการก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันนี้ เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมให้แก่ผู้รับเหมาในการเลือกรูปแบบการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Damrongchai, Construction Planning, GEAC, Bangkok, 2009

[2] S. Anantachaiyong, Comparative Study of Housing Construction Between Precast Concrete Structural Frame System and Conventional System : A Case Study of Kunalai Housing Estate Bangkhuntian, M.E. Thesis, Chulalongkorn University, 2002

[3] W. Inaram, 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, M.E. Thesis, Chulalongkorn University, 2009

[4] A. Warszawski et al, "Utilization of precast concrete elements in building," Journal of Construction Engineering Management, Vol.110, No.4, pp.476-485, Dec., 1984.

[5] W. Y. Tam et al, "Best practice of prefabrication implementation in the Hong Kong public and private sectors," Journal of Cleaner Production, Vol.109, pp.216-231, Dec., 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้