

การศึกษาปัญหาติดตั้งและส่งมอบระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ โครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ

The Study of Installation and Handover Problems of District Cooling System A Case Study of Large-Scale Building Projects

อานนท์ พูลประดิษฐ์^{1,*} กวิน ดันติเสวี²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: s6601082856057@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการขนาดใหญ่จะใช้ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตและกระจายความเย็นจากศูนย์กลางไปยังอาคารหลายอาคาร โดยเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานและมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบทำความเย็นแบบทั่วไป การทำงานจะผลิตน้ำเย็นจากอาคารส่วนกลางและกระจายผ่านเครือข่ายท่อไปยังห้องสถานีถ่ายโอนพลังงานเพื่อใช้ปรับอากาศภายในอาคารต่างๆ ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการจัดทำกรณีศึกษาเพื่อศึกษาสาเหตุของปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างแห่งหนึ่ง ประกอบด้วยอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ 3 อาคาร โดยใช้การเก็บข้อมูลภาคสนาม เอกสารภายในโครงการ และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องเกี่ยวกับโครงการ จำนวนทั้งหมด 40 คน โดยงานวิจัยนี้ได้จำแนกปัญหาตามช่วงเวลาของโครงการแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 1.ช่วงเตรียมการ 2.ช่วงการติดตั้งและทดสอบ 3.ช่วงการส่งมอบงาน และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาโดยพิจารณาจากผลกระทบด้านค่าใช้จ่าย ความล่าช้าต่อการเบิกเงิน และระยะเวลาของโครงการ จากการศึกษาวิจัยพบปัญหาที่ส่งผลกระทบทางด้านค่าใช้จ่ายมากที่สุด คือ การเปลี่ยนแปลงการติดตั้งเนื่องจากปัญหาด้านความแข็งแรงของโครงสร้างพื้น และปัญหาที่ส่งผลกระทบทางด้านระยะเวลามากที่สุด คือ การส่งมอบพื้นที่ล่าช้าจากการติดตั้งทางด้านอาคารส่วนกลาง ทั้งนี้ในมุมมองของผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ คือ ในขั้นตอนการออกแบบผู้เกี่ยวข้องควรกำหนดความต้องการพื้นฐานของอาคารให้ครบถ้วน

คำสำคัญ: ระบบทำความเย็น, ปรับอากาศ, การส่งมอบ, ปัญหา, อาคารขนาดใหญ่

Abstract

Large-scale projects utilize district cooling systems, which produces and distributes chilled water from a central plant to multiple buildings, offering greater energy efficiency and superior performance compared to conventional cooling systems. These systems operate by producing chilled water from a central plant and distributing it through a piping network to energy transfer stations for air conditioning within various buildings. This research is a case study that investigates the causes and impacts of problems in the installation and handover process of a district cooling system in a construction project consisting of three high-rise and large-scale buildings. Data were collected through field

studies, internal project documents, and interviews with 40 stakeholders involved in the project. The study categorizes problems according to three project phases: 1. Preparation, 2. Installation and Testing, and 3. Handover. The prioritization of problems is based on their impacts on costs, delays in payment approvals, and overall project timelines. The findings reveal that the most significant cost-related problem is modifications to the installation approach due to structural integrity concerns, while the most critical time-related problem is the delayed site handover caused by installation works at the central plant. From the researcher's perspective, the recommended solution for large-scale construction projects is to ensure that all stakeholders clearly define the fundamental requirements of the buildings during the design phase.

Keywords: Cooling System, Air-Conditioning, Handover, Problem, Large-scale Building

1. คำนำ

โครงการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ในปัจจุบันมักถูกออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานแบบผสมผสาน (Mixed-Use) สามารถตอบสนองความต้องการได้หลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า ที่พักอาศัย เป็นต้น โครงการลักษณะนี้มักเป็นอาคารสูงและมีขนาดใหญ่พิเศษมีระบบประกอบอาคารที่ซับซ้อน ผู้ออกแบบมักเลือกใช้ระบบปรับอากาศหรือระบบทำความเย็นเป็นแบบรวมศูนย์ (District Cooling System) ที่มีอาคารสาธารณูปโภคส่วนกลาง (Central Utility Plant) เป็นอาคารหลักในการผลิตน้ำเย็นเพื่อจ่ายไปยังเครื่องปรับอากาศในแต่ละส่วนของอาคาร โดยผ่านห้องสถานีถ่ายโอนพลังงาน (Energy Transfer Station Room) รูปแบบการทำความเย็นในลักษณะนี้สามารถทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

เนื่องจากระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์เป็นระบบที่ซับซ้อน มีความเกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม ทำให้ปัญหาที่พบบ่อยคือปัญหาการทำงานร่วมกันของแต่ละส่วนงาน อีกทั้งมีความสำคัญต่อการส่งมอบอาคารเพื่อเปิดใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นในการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นในฝั่งของผู้ใช้งาน สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยตามกฎกระทรวงพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ระบุว่า “อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ” หมายความว่า มีความสูงตั้งแต่ 23.00

เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งผลกระทบแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือผลกระทบทางด้านระยะเวลาและผลกระทบด้านค่าใช้จ่าย โดยผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการทำงานและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเกิดซ้ำได้ในอนาคต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปรับอากาศ

กระบวนการรักษาสภาพอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และเสียง ให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยและเกิดสภาวะอากาศตามต้องการของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ในปัจจุบัน มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานที่เหมาะสมกับรูปแบบต่างๆ แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1.1 ประเภทน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเครื่องทำน้ำเย็น และมีอุปกรณ์ประกอบคือ ปั๊มน้ำเย็น ปั๊มน้ำระบายความร้อน หอผึ่งเย็น และอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็น การทำงานแบ่งเป็น 2 วงจร คือ 1.วงจรน้ำเย็น และ 2.วงจรน้ำระบายความร้อน

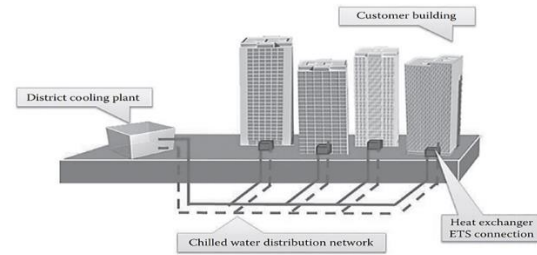
2.1.2 ประเภททำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooler Water Chiller) เป็นระบบที่เล็กกว่าระบบแรก โดยมีความแตกต่างกันที่การระบายความร้อนเท่านั้น ซึ่งระบบนี้จะไม่มีวงจรของน้ำระบายความร้อน เพราะจะใช้อากาศในการระบายความร้อน

2.1.3 ประเภทเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) ระบบนี้มีขนาดเล็ก โดยทั้งชุดอยู่ในบริเวณปรับอากาศ ซึ่งจะมีคอมเพรสเซอร์อยู่ภายในด้วย แต่จะมีชุดระบายความร้อนด้วยน้ำแยกกันแต่ละชุด

2.1.4 ประเภทแยกส่วน (Split Type) เป็นแบบที่มีขนาดเล็กที่สุด โดยส่วนใหญ่มักใช้งานกับห้องปรับอากาศในโรงงาน เนื่องจากสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษาไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบใหญ่ ส่วนประกอบที่ใช้พลังงานจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ Condensing Unit อาจอยู่ภายนอกห้อง ซึ่งประกอบด้วยชุดท่อความร้อน พัดลม และคอมเพรสเซอร์ ส่วนที่สองคือ Fan Coil Unit จะอยู่ภายในห้อง [1]

2.2 ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ (District Cooling System)

ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์เป็นระบบปรับอากาศกลางประเภทน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยการรวมการผลิตน้ำเย็นไว้ที่ศูนย์กลางและเพิ่มความประหยัดจากขนาด ระบบการกระจายความเย็นผลิตและจัดส่งน้ำเย็น หรือของไหลรอง (Secondary Fluid) จากแหล่งกลางไปยังผู้บริโภคในลักษณะที่มีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคาร มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์

2.2.1 โรงผลิตน้ำเย็นส่วนกลาง (District Cooling Plant) ถือเป็นหัวใจของระบบ และประกอบด้วยส่วนประกอบหลักทั้งหมดของระบบ โดยที่เครือข่ายการกระจายน้ำเย็นจะเป็นหลอดเลือดหลักของการกระจาย อย่างไรก็ตาม สิ่งที่สำคัญกว่าคือแต่ละส่วนประกอบจะต้องรวมเข้ากับระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์เพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด โดยส่วนประกอบหลักของโรงผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็น (Chillers), หอระบายความร้อน (Cooling Towers), ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Pumps), ตัวแยกอากาศ (Air Separators), ถังขยายตัว (Expansion Tanks), ระบบกรองน้ำเย็น/น้ำหล่อเย็น (Chilled/Condenser-Water Filtration System), การบำบัดเคมี (Chemical Treatment) และระบบควบคุม (Control System) [2]

2.2.2 เครือข่ายการกระจายน้ำเย็น (Chilled Water Distribution Network) ถูกออกแบบมาเพื่อส่งน้ำเย็นไปยังลูกค้าที่เชื่อมต่อได้อย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ และมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองความต้องการในการทำความเย็น น้ำเย็นจะออกจากโรงงานในสภาพเย็นและกลับมากในสภาพอุ่นหลังจากดูดซับความร้อนที่สัมผัสได้และแฝงจากกระบวนการทำความเย็นเพื่อการใช้งานและความสะดวกสบาย นอกจากนี้ยังดูดซับความร้อนจากพื้นดินขณะที่ถูกส่งและนำกลับมา [3]

2.2.3 สถานีแลกเปลี่ยนพลังงาน (Energy Transfer Station - ETS) ทำหน้าที่เป็นขอบเขตระหว่างโรงผลิตน้ำเย็นและอาคารของฝั่งผู้บริโภค ในห้องสถานีถ่ายโอนพลังงานจะมีการติดตั้งมิเตอร์การไหลและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ซึ่งจะใช้ในการคำนวณการบริโภคพลังงานความเย็นและความต้องการของผู้บริโภคเพื่อการเรียกเก็บเงิน โดยจะเรียกว่า มิเตอร์พลังงานความร้อน (Thermal Energy Meter) หรือมิเตอร์ BTU ซึ่งจะใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำเย็นที่เข้ามาและออกจากระบบ รวมถึงการคำนวณพลังงานความเย็นที่มีอยู่ [4]

2.3 ความล่าช้าในงานก่อสร้าง (Construction Delay)

ความล่าช้า หมายถึง การกระทำหรือสภาพที่ส่งผลให้โครงการเสร็จสิ้นล่าช้ากว่ากำหนดในสัญญา แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) ความล่าช้าประเภทยอมรับได้ (Excusable Delay) เป็นความล่าช้าที่ให้อิทธิพลรับเหมาในการขยายเวลาเพื่อดำเนินงานตามสัญญา ความล่าช้าประเภทนี้มักเกิดจากสาเหตุที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้รับเหมา ความล่าช้าประเภทนี้แบ่งย่อยได้เป็น

2) ความล่าช้าประเภทยอมรับไม่ได้ (Nonexcusable Delay) เป็นความล่าช้าที่ไม่ให้อิทธิพลรับเหมาในการขยายเวลาหรือเรียกค่าชดเชยทางการเงิน ความล่าช้าประเภทนี้มักเกิดจากผู้รับเหมาเองหรือเหตุที่ไม่เกิดจากผู้รับเหมาแต่ควรได้รับการคาดการณ์ภายใต้สภาพปกติ

3) ความล่าช้าเกิดพร้อมกัน (Concurrent Delay) ความล่าช้าที่เกิดจากหลายสาเหตุที่เป็นอิสระจากกันในช่วงเวลาเดียวกันอาจถือว่าเป็นความล่าช้า

ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน โดยบ่อยครั้งความล่าช้าที่เกิดขึ้นพร้อมกันนี้จะประกอบด้วยความล่าช้าที่มีเหตุผลและไม่มี [5]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยงศักดิ์ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดการในงานติดตั้งงานระบบในอาคาร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากการทำงานของผู้รับเหมาติดตั้งงานระบบในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้จัดการโครงการ ทั้งหมดจำนวน 31 ตัวอย่าง พบว่าปัญหาการติดตั้งระบบภายในอาคารมีดังนี้ 1.ระบบไฟฟ้าปัญหาที่ต้องได้รับการเอาใจใส่เป็นพิเศษ คือปัญหาทางด้านวัสดุอุปกรณ์ ด้านเงินทุนและด้านการดำเนินงาน 2.ระบบสุขาภิบาลและป้องกันอัคคีภัยปัญหาที่ต้องได้รับการใส่ใจเป็นพิเศษ คือปัญหาด้านเครื่องมือเครื่องใช้ 3.ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ปัญหาทุกด้านมีโอกาสเกิดขึ้นเท่ากัน 4.ระบบบำบัดน้ำเสีย ปัญหาที่ต้องได้รับการใส่ใจเป็นพิเศษคือปัญหาด้านแรงงาน โดยมีปัญหาด้านการเงินเป็นปัญหาความที่มีความถี่ ความเสียหายและผลกระทบรวมมากที่สุดจากปัญหาทั้งหมดที่ทำการศึกษา

พิพัฒน์ [7] ได้ทำการศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดตั้งงานระบบเครื่องกลในโครงการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัย ที่ประกอบไปด้วยงานระบบสุขาภิบาล งานระบบป้องกันอัคคีภัย และงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ โดยใช้การส่งแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 180 ชุด ไปยังกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มในการดำเนินงานวิจัยนี้คือผู้จัดการ วิศวกรโครงการ สถาปนิกโครงการ วิศวกรสนาม ชูเปอร์ไวเซอร์ โพรแมน ผลการวิจัยพบว่าปัญหาด้านกระบวนการบริหารจัดการโครงการเป็นปัญหาสำคัญที่สุด โดยมีปัญหาย่อยเรื่องการขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือหรือจำนวนแรงงานไม่เหมาะสมกับปริมาณงานเป็นปัญหาที่รุนแรงมากที่สุด

ธนวัฒน์ [8] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการส่งมอบระบบสุขาภิบาลและดับเพลิงอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งงานวิจัยนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 3 โครงการ ด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ วิศวกรผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม ทรัสต์แมน โพรแมน และผู้รับเหมา จำนวนทั้งสิ้น 30 คน ได้ทำการจัดกลุ่มของกระบวนการดำเนินโครงการออกเป็นทั้งหมด 3 กระบวนการ ประกอบด้วย 1. กระบวนการผลิตและจัดเตรียม 2. กระบวนการติดตั้งและทดสอบ 3. กระบวนการส่งมอบงาน พบว่าปัญหาที่มีผลกระทบในการส่งมอบระบบสุขาภิบาลและระบบดับเพลิงที่มากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ 1. การควบคุมงานติดตั้งและทดสอบที่ไม่ดี 2. กระบวนการงานกันระหว่างผู้รับเหมา และ 3. การทำแบบเพื่อใช้ติดตั้งงานผิดพลาดคลาดเคลื่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำเนินและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับโครงการเป็นหลัก

Bhatti และคณะ [9] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างอาคารสูงในดูไบ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ โดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 64 บทความและวิเคราะห์ถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความล่าช้าได้เป็น 56 ปัจจัย จากการวิจัยพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่สุด 10 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างอาคารสูงในดูไบ ได้แก่ การจัดหาเงินทุนของผู้รับเหมา การขาดการประสานงาน การจัดทำตารางเวลาและแผนงานที่ไม่เหมาะสม การไม่กล้าตัดสินใจของผู้ว่าจ้าง ความล่าช้าในการชำระเงินจากผู้ว่าจ้าง การเปลี่ยนแปลงขอบเขตของงาน ผลกระทบที่ต่ำของแรงงานการบริหารสัญญาไม่ดี และการขาดบุคลากรที่ผ่านการอบรมในทีมโครงการ

Gizem [10] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกปัจจัยความล่าช้าในอุตสาหกรรมก่อสร้างตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและประเภทของโครงการ โดยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมในช่วงปี 2014 - 2023 โดยค้นหาจากฐานข้อมูล Scopus ด้วยคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ "ความล่าช้า" ในโครงการ

ก่อสร้าง พบว่ามีบทความทั้งหมด 42 บทความ จากการกรองข้อมูลได้ปัจจัยความล่าช้าทั้งหมด 1,062 ปัจจัย และหลังจากการกรองเพิ่มเติมเหลือ 90 ปัจจัย จากการศึกษาได้มีการจำแนกปัจจัยความล่าช้าที่พบได้บ่อยในโครงการก่อสร้างตามกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า กลุ่มที่ปรึกษา กลุ่มผู้รับเหมา กลุ่มผู้ออกแบบ กลุ่มผู้จัดส่งและปัจจัยภายนอก โดยปัจจัยที่พบบ่อยที่สุดในกลุ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า คือ ความล่าช้าในการจ่ายเงินงวดของลูกค้า

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความล่าช้าและปัญหาในงานก่อสร้างของทั้งในประเทศและต่างประเทศวิจัยได้อ้างอิงแนวทางการศึกษาวิจัยของธนวัฒน์ (2565) ซึ่งมีแนวทางการศึกษาที่ครอบคลุมกระบวนการดำเนินงานของโครงการก่อสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ 1. กระบวนการผลิตและจัดเตรียม 2. กระบวนการติดตั้งและทดสอบ และ 3. กระบวนการส่งมอบงาน เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล่าช้าและผลกระทบในด้านต่างๆ

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ประเภทกรณีศึกษา (Case Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ ภายในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่พิเศษที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยมุ่งเน้นการศึกษาเฉพาะกระบวนการติดตั้งระบบน้ำเย็นภายในห้องสถานถ่ายโอนพลังงานของแต่ละอาคารในโครงการ จำนวน 1 โครงการ ซึ่งประกอบด้วยอาคาร 3 อาคาร ได้แก่ อาคารสำนักงาน อาคารห้างสรรพสินค้า และอาคารสำนักงานร่วมกับโรงแรม มีรายละเอียดดังนี้

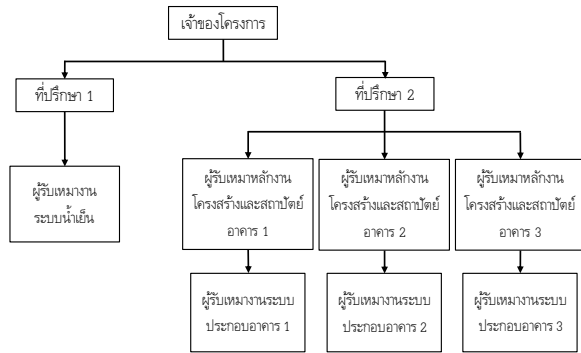
3.1 รายละเอียดกรณีศึกษา

กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษประกอบด้วยอาคาร 3 อาคาร ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละอาคาร ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลรายละเอียดของแต่ละอาคาร

รายละเอียด	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
ลักษณะอาคาร	สำนักงาน	ห้างสรรพสินค้า	สำนักงานร่วมกับโรงแรม
จำนวนชั้น	54	13	54
ความสูงของอาคาร (เมตร)	243.10	55.00	245
พื้นที่ก่อสร้าง (ตารางเมตร)	125,000	192,000	133,000
มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	3,925	4,800	4,300
มูลค่าระบบทำความเย็น (ล้านบาท)	83.7	74	100

การดำเนินงานติดตั้งระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์มีโครงสร้างการบริหารงานแสดงดังในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า เจ้าของโครงการได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา 2 บริษัทเพื่อมารับผิดชอบควบคุมดูแลงานก่อสร้าง มีการแบ่งขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบอย่างชัดเจน โดยที่ปรึกษาที่ 1 รับผิดชอบควบคุมดูแลผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นโดยเฉพาะ และที่ปรึกษาที่ 2 รับผิดชอบควบคุมดูแลผู้รับเหมาหลักที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้าง สถาปัตยกรรมและงานระบบประกอบอาคาร



รูปที่ 2 ผังบริหารโครงการระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ในการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้ใช้การเก็บข้อมูลจากการทำงานหน้างาน เอกสารภายในโครงการ การสัมภาษณ์เก็บข้อมูลในเชิงลึก รวมถึงการใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ผู้ออกแบบ เจ้าของโครงการ ที่ปรึกษาโครงการ และกลุ่มผู้รับเหมา รวมทั้งทั้งหมด 40 คน ดังในตารางที่ 2 โดยแบ่งเป็นฝ่ายเจ้าของโครงการ จำนวน 14 คน และฝ่ายผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร จำนวน 26 คน

ตารางที่ 2 ผู้ให้ข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ

ผู้ให้ข้อมูล		อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
ฝ่ายเจ้าของโครงการ	ผู้ออกแบบ	2 คน		
	เจ้าของโครงการ	3 คน		
	ที่ปรึกษา 2	3 คน	3 คน	3 คน
ฝ่ายผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร	ผู้จัดการโครงการ	1 คน	1 คน	3 คน
	วิศวกรโครงการ	2 คน	2 คน	2 คน
	วิศวกรสนาม	3 คน	3 คน	2 คน
	คราฟต์แมน	1 คน	1 คน	1 คน
	ไฟร์แมน	2 คน	2 คน	2 คน

4. ผลของการวิจัย

4.1 ผลการเก็บข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลงานติดตั้งระบบทำความเย็นภายในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่พิเศษ ทั้ง 3 อาคาร ผู้วิจัยได้พบปัญหาความล่าช้าที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน โดยมีความล่าช้าเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงการเตรียมการ ช่วงการติดตั้งและทดสอบ รวมถึงช่วงการส่งมอบงาน ซึ่งผู้วิจัยได้เปรียบเทียบระยะเวลาที่ล่าช้าจากแผนในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการดำเนินงาน ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความล่าช้างานระบบทำความเย็นในแต่ละอาคาร (หน่วย: วัน)

ความล่าช้าที่เกิดขึ้น	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
1. Preparation Phase			
- Materials Approval	-	-	-
- Shop Drawing Approval	-	-	-
- Materials Onsite	-	-	60
- Area Handover	150	180	120
2. Installation and Testing Phase			
- Foundation	-	-	-
- Plate Heat Exchanger Installation	-	-	-
- Chilled Water Pump Installation	30	45	60
- Main Pipe and Valve Installation	137	136	*
- Pipe Flushing	166	153	*
- Test & Commissioning	180	266	*

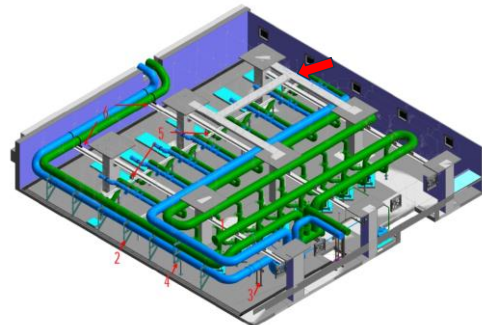
3. Handover Phase			
- Cleaning and Handover	199	245	*

หมายเหตุ: * อาคารที่ 3 ขณะเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงของการติดตั้งท่อน้ำเย็น

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการติดตั้งและส่งมอบระบบทำน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่พิเศษ ผู้วิจัยพบปัญหาที่ส่งผลกระทบต่องานติดตั้งระบบน้ำเย็นทั้งหมด 10 ข้อ โดยแบ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อด้านค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4 ข้อ (ข้อ 1-5) และปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อด้านระยะเวลาทั้งหมด 6 ข้อ (ข้อ 6-10) ดังในตารางที่ 4 มีรายละเอียดแสดงดังนี้

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์

ในระหว่างการจัดตั้งและทดสอบระบบทำความเย็น ผู้ออกแบบงานโครงสร้างแสดงความกังวลเกี่ยวกับความแข็งแรงของพื้นที่ที่ต้องรับน้ำหนักของท่อน้ำเย็นและอุปกรณ์ในระบบ เนื่องจากในขั้นตอนการออกแบบผู้ออกแบบงานของโครงสร้างยังไม่ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักของอุปกรณ์งานระบบจากผู้ออกแบบงานระบบ ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการติดตั้ง จากเดิมที่ใช้การแขวนกับท้องพื้นโครงสร้าง เปลี่ยนเป็นการเพิ่มโครงสร้างเหล็กเพื่อรองรับท่อและถ่ายน้ำหนักไปยังโครงสร้างฐานรากแทน ดังในรูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบงานติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ในห้องสถานีถ่ายโอนพลังงาน



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบงานติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์

4.1.2 การเก็บความเรียบร้อยงานสถาปัตยกรรมก่อนการส่งมอบงาน

เนื่องจากภายในห้องสถานีถ่ายโอนพลังงานเป็นพื้นที่ที่ต้องดำเนินงานโดยผู้รับเหมาสองฝ่าย ได้แก่ ผู้รับเหมาระบบผลิตน้ำเย็น และผู้รับเหมางานระบบภายในอาคาร ซึ่งต้องทำงานร่วมกันภายในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งในกระบวนการทำงานทำให้เกิดความเสียหายต่องานสถาปัตยกรรมภายในห้อง จึงเกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม แต่การเข้าทำงานไม่มีเอกสารขอเข้าพื้นที่อย่างชัดเจน ส่งผลให้เกิดข้อพิพาทในการตกลงค่าเสียหายที่ต้องรับผิดชอบ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อการส่งมอบงานให้โครงการ

4.1.3 ค่าสั่งงานเพิ่ม – ลดเปลี่ยนแปลงงาน

เจ้าของโครงการมีความประสงค์ที่จะเพิ่มท่อและวัสดุกรองสิ่งสกปรกที่มีความถี่ขนาด 420 ไมครอน (Mesh 40) ติดตั้งภายในตัวกรอง (Strainer) เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองสิ่งสกปรกและช่วยให้กระบวนการล้างระบบดำเนินไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมถึงมีคำสั่งให้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟลาม (Fire Damper) ในระบบระบายอากาศ ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการที่ผนังโครงสร้างช่องเปิด และระบบระบายอากาศของห้องต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ส่งผลให้ต้องมีการติดตั้งเพิ่มเติมในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง การแก้ไขดังกล่าวส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมให้กับเจ้าของโครงการ

4.1.4 การเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม

ในระหว่างการติดตั้งและทดสอบระบบ เกิดปัญหาเกิดจากการรั่วซึมของระบบน้ำเย็นภายในห้องสถานีถ่ายโอนพลังงาน เมื่อมีการตรวจสอบพบว่าในข้อกำหนดของโครงการไม่ได้ระบุชนิดหรือขนาดความหนาของปะเก็นท่อน้ำ ผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคารจึงเลือกใช้ปะเก็นยาง (Gasket Rubber) ซึ่งไม่มีคุณสมบัติในการรองรับแรงดันน้ำภายในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนปะเก็นในระบบน้ำเย็นใหม่ทั้งหมด โดยเปลี่ยนไปใช้ปะเก็นไฟเบอร์ (Non-Asbestos Gaskets) ซึ่งมีความสามารถในการทนต่อแรงดันสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า

ตารางที่ 4 ปัญหาความล่าช้าในการติดตั้งระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	รายละเอียดผลกระทบ	ผลกระทบด้านระยะเวลา			ผลกระทบด้านค่าใช้จ่าย		
				อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
1	การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ [2]*	มีงานเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งเนื่องจากโครงสร้างไม่สามารถรับน้ำหนักได้	ต้องแก้ไขแบบและขั้นตอนการทำงานใหม่	มีความล่าช้าประมาณ 90 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 120 วัน	-	ความเสียหายประมาณ 1,742,809 บาท	ความเสียหายประมาณ 2,315,079 บาท	-
2	การเก็บความเรียบร้อยก่อนการส่งมอบงาน [3]**	มีความเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานร่วมกันในพื้นที่	ต้องแก้ไขงานก่อนการส่งมอบงาน มีงานเคลมค่าความเสียหายเกิดขึ้น	มีความล่าช้าประมาณ 140 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 150 วัน	○	ความเสียหายประมาณ 200,000 บาท	ความเสียหายประมาณ 250,000 บาท	○
3	คำสั่งงานเพิ่ม – ลดเปลี่ยนแปลงงาน [2]*	มีการเพิ่มท่อและวัสดุกรองเพื่อ Flushing ท่อน้ำเย็น รวมถึงค่าทำงานล่วงเวลา	ไม่สามารถทำงานได้ตามระยะเวลาเดิมที่กำหนด	มีความล่าช้าประมาณ 60 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 90 วัน	-	ความเสียหายประมาณ 906,340 บาท	ความเสียหายประมาณ 805,635 บาท	-
		ผู้ออกแบบออกแบบไม่ตรงกับข้อกำหนดการใช้งาน ต้องเพิ่ม Fire Damper	จัดหาวัสดุอุปกรณ์และแรงงานในการทำงานเพิ่มเติม	-	-	○	ความเสียหายประมาณ 134,219 บาท	ความเสียหายประมาณ 279,135 บาท	-
4	การเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม [2]**	การใช้ปะเก็นยางที่ไม่สามารถรองรับแรงดันในระบบน้ำเย็นได้	ต้องหยุดงานเพื่อเปลี่ยนปะเก็นที่สามารถรับแรงดันได้มากกว่า	-	-	○	-	ความเสียหายประมาณ 10,000 บาท	○
5	การส่งมอบพื้นที่ล่าช้า [1]*	ผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นทำงานล่าช้าไม่เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้	ทำงานล่าช้ากว่าแผนที่กำหนด ต้องมีการปรับแผนการติดตั้งใหม่	มีความล่าช้าประมาณ 150 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 180 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 120 วัน	-	-	-
6	คำสั่งชะลองานจากเจ้าของโครงการ [3]*	ทางเจ้าของโครงการสั่งชะลอการทดสอบขั้นสุดท้ายและการส่งมอบงาน	ไม่สามารถส่งมอบงานได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด	มีความล่าช้าประมาณ 90 วัน	-	○	-	-	○
7	การอนุมัติวัสดุอุปกรณ์ล่าช้า [1]*	รอการสรุปวัสดุอุปกรณ์บางรายการจากทางเจ้าของโครงการ	ทำงานต่อเนื่องไม่ได้ ต้องรอวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้งงาน	-	-	มีความล่าช้าประมาณ 60 วัน	-	-	-
8	การประสานงานระหว่างหน่วยงาน [3]**	ขาดการประสานงานกันระหว่างผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นกับผู้รับเหมาประกอบอาคาร	เกิดความขัดข้องในการทำงาน ไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง	มีความล่าช้าประมาณ 30 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 30 วัน	○	-	-	○
9	วาล์วในระบบน้ำเย็นไม่เพียงพอ [2]**	ขาดวาล์วน้ำเย็นในขั้นตอนการติดตั้ง	ไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ต้องรอวัสดุอุปกรณ์จากผู้ผลิต	มีความล่าช้าประมาณ 25 วัน	-	○	-	-	○
10	ความล่าช้าในการติดตั้งท่อน้ำเย็น [2]**	ไม่สามารถหาช่างที่มีความเชี่ยวชาญในงานท่อน้ำเย็นเข้ามาในเวลาที่กำหนดได้	ต้องปรับแผนการทำงานใหม่ เพื่อให้ไม่กระทบกับงานต่อไป	มีความล่าช้าประมาณ 7 วัน	มีความล่าช้าประมาณ 15 วัน	○	-	-	○

หมายเหตุ [1] ช่วงการเตรียมการ, [2] ช่วงการติดตั้งและทดสอบ, [3] ส่งการส่งมอบงาน, * ความล่าช้าประเภทยอมรับได้, ** ความล่าช้าประเภทยอมรับไม่ได้
○ ช่วงที่เก็บยังไม่พบปัญหาในอาคารที่ 3

4.1.5 การส่งมอบพื้นที่ล่าช้า

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบวนการติดตั้งของผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้เกิดจากลักษณะของขอบเขตงานที่มีความกว้างขวางและมีความซับซ้อนสูง ประกอบกับความต้องการใช้ทรัพยากรจำนวนมาก ทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ และแรงงาน ส่งผลให้ผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อระยะเวลา

ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการบริหารจัดการของผู้รับเหมาเองทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการติดตั้งและทดสอบระบบล่าช้ากว่ากำหนด และยังการทบทวนกำหนดการส่งมอบพื้นที่ให้กับผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร

4.1.6 คำสั่งชะลองานจากเจ้าของโครงการ

เนื่องจากอาคารที่ 2 เป็นอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าที่มีหลายชั้นและประกอบด้วยร้านค้าจำนวนมาก ซึ่งในช่วงเริ่มต้นของการเปิดใช้งานอาคาร ไม่สามารถเปิดให้บริการได้พร้อมกันทุกพื้นที่ ส่งผลให้การทำความ

เย็น (Cooling Load) ต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้ ซึ่งยังไม่จำเป็นต้องเปิดใช้งานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers) และเครื่องสูบน้ำ (Chilled Water Pump) ทั้งหมดพร้อมกัน ดังในรูปที่ 4 ดังนั้นโครงการจึงกำหนดแนวทางการบริหารจัดการพลังงานโดยให้เปิดใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นตามภาระความเย็นที่เกิดขึ้นจริง ณ ขณะนั้น และชะลอการเปิดใช้งานอุปกรณ์ที่ยังไม่จำเป็น เพื่อลดต้นทุนด้านพลังงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษา ซึ่งแนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 การเปิดใช้งานอุปกรณ์ในห้องสถานีถ่านหินพลังงาน

4.1.7 การอนุมัติวัสดุอุปกรณ์ล่าช้า

เนื่องจากเงื่อนไขในสัญญากำหนดให้เจ้าของโครงการเป็นผู้ดำเนินการคัดเลือกผู้ผลิต และเป็นผู้เจรจาต่อรองราคากับซัพพลายเออร์โดยตรง (Direct Negotiation) ซึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานดังกล่าวพบว่ามีกระบวนการตัดสินใจที่ล่าช้า ทั้งจากการพิจารณาคุณสมบัติทางเทคนิค การเจรจาต่อรองราคา และขั้นตอนการอนุมัติเอกสารต่างๆ โดยมีผลทำให้ไม่สามารถสรุปการจัดซื้อและส่งมอบเครื่องสูบน้ำเย็นได้ตามตามแผนงานที่กำหนดไว้ เกิดเป็นความล่าช้าขึ้นตอนการนำวัสดุอุปกรณ์เข้าในโครงการ รวมถึงขั้นตอนการติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ล่าช้าตามไปด้วย

4.1.8 การประสานงานระหว่างหน่วยงาน

ในการดำเนินงานติดตั้งระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ ภายในห้องสถานีถ่านหินพลังงานของแต่ละอาคาร มีการแบ่งการทำงานระหว่างผู้รับเหมางานระบบออกเป็น 2 ฝ่ายหลัก ได้แก่ ผู้รับเหมาระบบน้ำเย็นและผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร จากการเก็บข้อมูลพบว่าไม่มีทีมประสานงานระหว่างทั้ง 2 ฝ่าย รวมถึงไม่ได้มีการจัดประชุมอย่างเป็นทางการเพื่อวางแผนการทำงานร่วมกัน ทำให้เกิดปัญหาในด้านการจัดทำแผนงาน การกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงาน และการติดตามความก้าวหน้าของโครงการที่ไม่มีความต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในช่วงการเตรียมการและการติดตั้งงาน

4.1.9 วาล์วในระบบน้ำเย็นไม่เพียงพอ

ความล่าช้าในกระบวนการติดตั้งงานระบบภายในโครงการเกิดขึ้นจากข้อผิดพลาดในการถอดปริมาณวัสดุของวิศวกรโครงการฝ่ายผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร โดยพบว่ามี การถอดปริมาณจำนวนวาล์วที่ใช้ในระบบน้ำเย็น (ดังในรูปที่ 5) ไม่ครบถ้วนตามความต้องการใช้งานจริง โดยวาล์วเป็นอุปกรณ์ที่ต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีระยะเวลาการจัดหาและการขนส่งที่ต้องใช้เวลาพอสมควรไว้ เมื่อมีการสั่งวาล์วเพิ่มเติมในภายหลังจึงทำให้กระบวนการติดตั้งไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่กำหนด



รูปที่ 5 วาล์วที่ถอดปริมาณและสั่งซื้อไม่เพียงพอในการติดตั้งงาน

4.1.10 ความล่าช้าในการติดตั้งท่อน้ำเย็น

ในช่วงเริ่มต้นของการดำเนินงาน เกิดจากผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคารประสบปัญหาในการจัดหาช่างที่มีทักษะและความชำนาญเฉพาะทางในการติดตั้งระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ เนื่องจากระบบดังกล่าวมีลักษณะเฉพาะและความซับซ้อนในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน จึงจำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อให้การติดตั้ง การทดสอบระบบ และการส่งมอบงานสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในระยะเริ่มต้นของการติดตั้งท่อน้ำเย็น

4.2 การวิเคราะห์ผล

จากรายละเอียดปัญหาในการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งส่งผลกระทบต่อด้านค่าใช้จ่ายและด้านระยะเวลาในทั้ง 3 อาคาร ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคารและแบ่งประเภทของปัญหาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

4.2.1 ปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอก

ปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอกหรือความผิดพลาดที่อยู่ในขอบเขตของผู้ออกแบบหรือเจ้าของโครงการ รวมทั้งหมด 6 ปัจจัย คือ 1.การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ 2.การเพิ่มท่อและวัสดุรองนอกเหนือจากข้อกำหนด 3.คำสั่งงานเพิ่ม – ลดเปลี่ยนแปลง 4.การส่งมอบพื้นที่ล่าช้า 5.คำสั่งชะลองานจากเจ้าของโครงการ และ 6.การอนุมัติวัสดุอุปกรณ์ล่าช้า โดยความล่าช้าส่วนใหญ่เกิดจากผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการ อยู่นอกเหนือการควบคุมโดยตรงของผู้รับเหมา ซึ่งในกรณีเหล่านี้ผู้รับเหมาไม่มีสิทธิ์ขยายเวลาและเรียกร้องค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมได้

4.2.2 ปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายใน

ปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายในของผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการขาดการเตรียมความพร้อมหรือการจัดการโดยตรงของผู้รับเหมา รวมทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ 1.การเก็บความเรียบร้อยงานสถาปัตยกรรมก่อนส่งมอบงาน 2.การเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม 3.การประสานงานระหว่างหน่วยงาน 4.วาล์วในระบบน้ำเย็นไม่เพียงพอ และ 5. ความล่าช้าในการติดตั้งท่อน้ำเย็น ซึ่งในกรณีเหล่านี้ผู้รับเหมาไม่ควรได้รับการเรียกร้องค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

ผลกระทบด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปัญหาแสดงดังในตารางที่ 5 ผู้วิจัยพบว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่รับผิดชอบโดยเจ้าของโครงการมีสาเหตุหลักมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้รับเหมามีสิทธิ์เรียกร้องทั้งการขยายระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องได้

ตารางที่ 5 สรุปความเสียหายด้านค่าใช้จ่ายของระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์และ ผู้รับผิดชอบ (หน่วย : ล้านบาท)

รายละเอียด	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
มูลค่างานระบบน้ำเย็น	83.7	74	100
ค่าใช้จ่ายเจ้าของโครงการ	2.78	3.4	-
ค่าใช้จ่ายผู้รับเหมาระบบน้ำเย็น	0.1	0.1	-
ค่าใช้จ่ายผู้รับเหมางานระบบอาคาร	0.1	0.16	-
ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด	2.98	3.66	-
สัดส่วนค่าใช้จ่ายรวมเทียบกับมูลค่างานระบบน้ำเย็น	3.56 %	4.95 %	-

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบด้านระยะเวลาการดำเนินงานระบบงานในอาคารแต่ละหลัง โดยพบว่าปัญหาความล่าช้าส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงของการติดตั้งและทดสอบระบบ โดยในอาคารที่ 1 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความล่าช้าคือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ ส่วนในอาคารที่ 2 ความล่าช้าเกิดจากคำสั่งชะลอของงานของเจ้าของโครงการ ซึ่งจัดอยู่ในลักษณะของความล่าช้าประเภทยอมรับได้ (Excusable Delay) ที่เปิดโอกาสให้ผู้รับเหมาสามารถขอขยายระยะเวลาในการดำเนินงาน รวมถึงมีสิทธิ์ในการเรียกร้องค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องได้เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 6 สรุปความล่าช้าของระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์

รายละเอียด	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3
ระยะเวลางานติดตั้งระบบน้ำเย็น	409 วัน	517 วัน	380 วัน
ความล่าช้าช่วงเตรียมการ	89 วัน	120 วัน	61 วัน
ความล่าช้าช่วงการติดตั้งและทดสอบ	184 วัน	266 วัน	-
ความล่าช้าช่วงการส่งมอบงาน	199 วัน	245 วัน	-
ความล่าช้ารวม	199 วัน	245 วัน	-
เปอร์เซ็นต์เทียบกับระยะเวลางานรวม	48.66 %	47.39 %	-

*หมายเหตุ: อาคารที่ 3 ยังไม่สามารถสรุปผลได้ (-) เนื่องจากอยู่ในระหว่างขั้นตอนการติดตั้งงานขณะเก็บข้อมูล

จากผลการศึกษาที่ได้ พบว่าลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของรณวัฒน์ [8] ซึ่งระบุถึงปัญหาด้านการออกแบบและการขาดการประสานงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ในขณะที่งานวิจัยของพิพัฒน์ [7] ชี้ให้เห็นถึงปัญหาในการบริหารจัดการโครงการและการเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังมีความสอดคล้องกับยงค์ศักดิ์ [6] ที่เน้นถึงปัญหาในกระบวนการติดตั้งระบบภายในอาคาร โดยเฉพาะด้านทรัพยากร เช่น วัสดุอุปกรณ์ แรงงาน และการประสานงานที่ไม่ชัดเจน

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งประกอบด้วยอาคารจำนวน 3 อาคาร โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก การจดบันทึก และแบบสอบถาม เพื่อสะท้อนมุมมองจากผู้รับเหมางานระบบประกอบอาคาร และแบ่งประเภทของปัญหาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ปัญหาที่ส่งผลกระทบด้านต้นทุน และปัญหาที่ส่งผลกระทบด้านระยะเวลา ทั้งนี้สามารถแยกช่วงเวลาของการเกิดปัญหาออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเตรียมการ ระยะติดตั้งและทดสอบ และระยะส่งมอบงาน ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาที่ส่งผลกระทบรุนแรงที่สุดในด้านต้นทุนและระยะเวลา คือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์ เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านโครงสร้างของโครงการ โดยส่งผลให้เกิดความล่าช้าและค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 61.1 ของค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโครงการ อีกหนึ่งปัญหาสำคัญ คือ ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่ในช่วงการเตรียมการ ซึ่งพบในทั้ง 3 อาคาร โดยมีค่าเฉลี่ยความล่าช้าคิดเป็นร้อยละ 20.3 เมื่อเทียบกับระยะเวลากระบวนการติดตั้งระบบน้ำเย็นทั้งหมด ความล่าช้าในขั้นตอนนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของงานติดตั้ง หากเกิดความล่าช้าจะส่งผลกระทบต่อการทำงานในลำดับถัดไปโดยตรง ดังนั้นโครงการควรกำหนดมาตรการส่งมอบพื้นที่ให้มีความชัดเจน ทั้งในด้านขอบเขตการรับส่งพื้นที่ กำหนดระยะเวลา และการตรวจสอบสภาพพื้นที่ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโดยรวมของโครงการ

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและพัฒนาระบบการติดตั้งและส่งมอบระบบน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ในโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยแบ่งเป็น 2 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่ 1 ปรับปรุงกระบวนการออกแบบและการตรวจสอบ โดยกำหนดให้มีการประชุมและประสานงานร่วมกันระหว่างฝ่ายงานระบบและฝ่ายงานโครงสร้างอย่างต่อเนื่อง การจัดทำมาตรฐานและรายการตรวจสอบ (Checklist) เพื่อยืนยันความถูกต้องและครบถ้วนของแบบงานระบบและแบบงานโครงสร้างก่อนอนุมัติ คราวนำเทคโนโลยี BIM มาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้างและการถอดปริมาณวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดในการติดตั้งและการสั่งซื้อวัสดุ รวมถึงการใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการจำลองการดำเนินงาน (Simulation) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อีกทั้งควรมีการตรวจสอบข้อกำหนด ขอบเขตงาน เงื่อนไข และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับโครงการอย่างครบถ้วนรอบด้าน เพื่อให้การดำเนินงานสามารถเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้และลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นตลอดกระบวนการก่อสร้าง

แนวทางที่ 2 จัดตั้งทีมงานกลางในการบริหารงานและการประสานงาน โดยจัดการประชุมประสานงานอย่างสม่ำเสมอทุกสัปดาห์ รายงานความก้าวหน้า ปัญหาที่พบ แนวทางแก้ไข และแผนงานที่จะดำเนินการต่อไป และการติดตามผลการดำเนินงาน (Progress Monitoring) ทีมงานกลางควรใช้เครื่องมือบริหารโครงการที่เหมาะสม เช่น Primavera P6 หรือ MS Project เพื่อติดตามและควบคุมแผนงาน ทำให้ทุกฝ่ายมองเห็นภาพรวมของการดำเนินงานได้อย่างชัดเจน รวมถึงการแต่งตั้งผู้ประสานงานเฉพาะเพื่อดูแลการส่งมอบพื้นที่ การตรวจสอบหน้างาน การบริหารเวลาส่งมอบพื้นที่ทำงาน การใช้วัสดุที่ถูกต้องเหมาะสมและการตรวจสอบมาตรฐานทางเทคนิคให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยบุคลากรที่รับผิดชอบควรมีความเชี่ยวชาญทั้งด้านงานระบบน้ำเย็นและงานก่อสร้างโครงสร้าง เพื่อการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) ในการดำเนินงาน และเตรียมพร้อมในการจัดการกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละระยะเวลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2567) ระบบปรับอากาศ. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, หน้า 194-196
<https://www.dip.go.th/Portals/0/electrical%20handbook/19.pdf>. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2567
- [2] Alaa A. Olama. (2017), District Cooling:theory and practice, Taylor & Francis Group,London New York. pp. 1
- [3] International District Energy Association. (2008), District cooling best practices guide, Westborough, MA pp. 36,40,45,52
- [4] ASHRAE. (2013), District Cooling Guide, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, pp. 3.1,3.2,5.1,5.7
- [5] Mubarak, S. A. (2010). Construction project scheduling and control (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc. pp. 314,318-319
- [6] ยงศักดิ์ ยั่งยืน. (2545) การศึกษาปัญหาการจัดการในการติดตั้งงานระบบในอาคาร. สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ
- [7] พิพัฒน์ ลิ้มปฐาภรณ์. (2555) การศึกษาและหาแนวทางแก้ไขปัญหาการติดตั้งงานระบบเครื่องกลในโครงการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัย. สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ
- [8] ธนวัฒน์ เลิศกิจจานุวัฒน์. (2565) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าการส่งมอบระบบสุขาภิบาลและดับเพลิงอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ. สาขาบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ
- [9] Imtiaz Ali Bhatti et al. (2018). Delay in High-rise Building Construction Projects of Dubai: A Review, Faculty of Civil and Environmental Engineering University Tun Hussein Onn Malaysia Parit Raja, Johor, Malaysia.
- [10] B.U. Yilmaz and G.Can, (2024). Classification of Delay Factors in the Construction Industry According to Stakeholders and Project Types. Istanbul Medipol University, Graduate School of Engineering and Natural Sciences, Istanbul, Turkiye.