

ทางเลือกในการออกแบบงานระบบประปา สุขาภิบาลและดับเพลิง ประกอบอาคารพักอาศัยสูง 7 ชั้น

The Alternative Approach in Designing the Sanitary, Plumbing and Fire Protection System for the Seven Floor Residential Building

ปฐมพงศ์ ตรีบันพฤษ*
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์**

บทคัดย่อ

อาคารพักอาศัยปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของชุมชน ทำให้อาคารพักอาศัยที่มีความสูงไม่เกิน 7 ชั้น (ไม่เกิน 23 m) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้ เริ่มจากการคำนวณ ตามมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์แบบงานสถาปัตย์และโครงสร้าง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการใช้งานและจำนวนผู้ใช้งานอาคาร เมื่อได้ข้อมูลจากการคำนวณแล้ว ก็ดำเนินการออกแบบและเขียนแบบงานระบบ ด้วยโปรแกรม AutoCAD ซึ่งจากผลการศึกษา ระบบประปาพิจารณาใช้เป็นระบบจ่ายน้ำแบบผสม ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบการจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้นด้วยปั๊มเพิ่มแรงดันเพียงอย่างเดียวของโครงการอื่น พบว่าระบบจ่ายน้ำประปาตามการศึกษานี้มีความเสถียรมากกว่า เนื่องจากมีความยืดหยุ่นทั้งเรื่องปริมาณน้ำที่มีการสำรองและแรงดันน้ำที่เพียงพอต่อการใช้งานจากการจ่ายจากถังสำรองน้ำชั้นดาดฟ้า ถึงแม้ว่ามีต้นทุนสูงกว่า แต่ประหยัดค่าไฟฟ้าในการใช้งานได้มากกว่า โดยมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 0.68 ปี ส่วนระบบบำบัดน้ำเสีย เลือกใช้ ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปชนิดเติมอากาศ (ขนาด 40 m³/d) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ได้ดี และหากเป็นบ่อบำบัดแบบคอนกรีตหล่อในที่ จะพบปัญหาในการบำรุงรักษามากกว่า แม้จะมีราคาก่อสร้างน้อยกว่า ระบบระบายน้ำฝนออกแบบที่ระบายน้ำฝนจากชั้นดาดฟ้า มายังบ่อพักน้ำฝนชั้นล่างรวบรวมและปล่อยสู่สาธารณะ ซึ่งเมื่อเทียบกับโครงการอื่นที่ไม่ได้จัดเตรียมที่ระบายน้ำฝนไว้โดยปล่อยตามธรรมชาติ จะพบปัญหาน้ำท่วมขังในบางพื้นที่ และระบบดับเพลิงพิจารณาออกแบบเป็นระบบท่อแห้ง โดยติดตั้งหัวรับน้ำดับเพลิงบริเวณหน้าอาคาร เพื่อรับน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกโครงการ และติดตั้งตู้อุปกรณ์ดับเพลิงในทุกๆชั้น ซึ่งเมื่อเทียบกับโครงการอื่นที่ไม่ได้จัดเตรียมทั้งระบบท่อแห้งและตู้อุปกรณ์ดับเพลิงทำให้ไม่มีความปลอดภัยในการใช้งานอาคาร

คำสำคัญ : ระบบประปา ระบบสุขาภิบาล ระบบดับเพลิง

* นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

** ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

Abstract

Currently, the number of residential buildings tends to increase as a result of the expansion of urbanization and the number of those with a height not exceeding seven floors (not more than 23 m) also follows this trend; therefore, this study aimed to develop an alternative approach in designing the sanitary, plumbing and fire protection system for the seven-floor residential building. The methodology started off with the data analysis of architecture and structure design by performing the calculation based on relevant standards and laws in order to examine the number of occupants and their building usage behaviors. Once all data was analyzed, the sketching and drawing were done by using AutoCAD program. The results suggested the alternative approach as follows. For the cold-water system, the combined system was preferred over the only package booster pump set (PBS) used by other projects. Its water distribution was more stable because of the flexibility in both the amount of water which was reserved and the water pressure which was sufficient to use from the rooftop water reserved tank. Although the investment cost of this design was higher, it could save more electricity cost with a break-even period of 0.68 years. As for the wastewater system, the package aeration wastewater treatment tank (volume 40 m³/day) was preferable to the cast-in-place concrete wastewater treatment pond as it was more efficient in BOD removal and had less maintenance issues, though its construction cost was higher. The storm drainage system was also designed by piping from the roof deck to the manhole (MH) located on the ground floor before releasing to the public sewer. If this drainage piping was not provided, some areas would encounter flooding problems as commonly seen in other projects. Lastly, the fire protection system was designed by using the dry pipe system together with the fire department connector (FDC) and the fire hose cabinet (FHC). The FDC was installed in front of the building to receive water from the outside sources such as the fire truck and the FHC was also installed on every floor. By comparing to other projects that did not provide the fire protection system, it was not be safe for the occupants to use the buildings.

Keywords: Plumbing System, Sanitary System, Fire Protection System

1. บทนำ

จากรายงานสถิติการอนุญาตปลูกสร้างอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2560 ของกองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร พบว่ามีการอนุญาตปลูกสร้างอาคารความสูงไม่เกิน 8 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 21,313 หน่วย คิดเป็นพื้นที่ 9,318,945.65 m² หรือคิดเป็น 0.6% ของพื้นที่ทั้งหมดของกรุงเทพมหานคร จำแนกเป็นการอนุญาตปลูกสร้างอาคารสูงไม่เกิน 8 ชั้น มีการอนุญาตปลูกสร้างอาคารทั้งหมดจำนวน 21,313 หน่วย พื้นที่ 9,318,945.65 m² จำแนกตามประเภทการใช้สอยอาคาร พบว่ามีการอนุญาตปลูกสร้างอาคารประเภทพักอาศัยมากที่สุด จำนวน 18,271 หน่วย พื้นที่ 5,851,399.46 m² คิดเป็น 53.17% ของพื้นที่ของอนุญาตก่อสร้างอาคารทั้งหมด รองลงมา คือ อาคารประเภทใช้สอยอาคารแบบพาณิชย์ จำนวน 1,713 หน่วย พื้นที่ 1,156,218.77 m² คิดเป็น 10.42% ถัดไปเป็นอาคารที่จอดรถ 75 หน่วย พื้นที่ 822,042.49 m² คิดเป็น 7.47% และสถาบันการศึกษา 263 หน่วย พื้นที่ 726,208.69 m² คิดเป็น 6.60% (กองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2561, น.2)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนการอนุญาตปลูกสร้างอาคารสูงไม่เกิน 8 ชั้นในเขตกรุงเทพมหานคร มีจำนวน 84.68% ของการอนุญาตปลูกสร้างอาคารทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งเป็นการอนุญาตปลูกสร้างอาคารพักแบบอาศัยมากที่สุด (53.17%) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบงานระบบประปา สุขาภิบาลและดับเพลิงประกอบอาคารพักอาศัย คสล.สูง 7 ชั้น (8 ชั้น โดยชั้นที่ 8 เป็นชั้นคาเฟ่) เพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบอาคารอย่างถูกหลักวิศวกรรม และให้สามารถใช้งานอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งประยุกต์ใช้ในการออกแบบกับอาคารประเภทอื่นๆ ต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาทางเลือกในการออกแบบงานระบบประปา สุขาภิบาลและดับเพลิงประกอบอาคารพักอาศัย คสล.สูง 7 ชั้น (ความสูงไม่เกิน 23 m)
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับแนวทางเลือกอื่นๆ หรือโครงการอื่นที่พบในปัจจุบัน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางเปรียบเทียบและประยุกต์ใช้ เพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวง ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบท่อในอาคาร (วสท.) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

กมลภพ นวลวิสัย (2560) ได้ทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียในอาคารคอนกรีตถาวร คาซ่าริวา ซึ่งจากการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่ามีน้ำเสียล้นขึ้นมาที่ฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งที่มาจากการใช้น้ำประจำวันของผู้ใช้งานอาคารจำนวนมาก และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง โดยเกิดจากสาเหตุ คือ มอเตอร์ปั้มน้ำเสียหยุดทำงาน และระบบท่อภายในบ่อบำบัดน้ำเสียแตกหักเสียหาย ผลจากการซ่อมแซมแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียใช้งานได้ตามปกติ และนำเสนอแนวทางป้องกัน โดยให้ตรวจสอบมอเตอร์ปั้มน้ำเสียทุก 1 ปี และเลือกใช้มอเตอร์ปั้มน้ำเสียที่มี Sensor ให้เกิดประสิทธิภาพ

สูง รวมทั้งออกแบบระบบท่อภายในบ่อน้ำบาดน้ำเสียให้มีขนาดใหญ่ เพื่อรองรับน้ำเสียในกรณีที่เกิดการล้นได้

จักรกฤษณ์ มะดาร์กซ์ (2554) ศึกษาการประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัย กรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ทั้งนี้เนื่องจากอาคารดังกล่าวได้ดำเนินการก่อสร้างและเปิดใช้งานอาคารก่อน พ.ศ.2535 ข้อบังคับตามกฎหมายกระทรวง 33 (พ.ศ.2535) ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จึงไม่มีผลบังคับย้อนหลัง แต่ทางผู้ศึกษามุ่งตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยเพื่อมุ่งเน้นให้ความสำคัญในความปลอดภัยของผู้ใช้งานอาคาร โดยผลการตรวจสอบพบข้อบกพร่องที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย จำนวน 24 ข้อ จากทั้งหมด 48 ข้อ แต่ใน 24 ข้อบกพร่องที่ตรวจพบนี้บางข้อไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ ทางผู้ศึกษาจึงได้นำเสนอเพียงบางข้อ (7 ข้อ) ที่มีความสำคัญด้านความปลอดภัยและอยู่ในวิสัยที่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ พร้อมนำเสนอประมาณการราคาในการแก้ไข

ณัฐภณ ราชเดิม (2560) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบท่อน้ำประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและท่อพีพีอาร์ ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดียน ซึ่งได้ทดลองทำการคำนวณหาขนาดท่อจากสมการ Hazen-Williams ในโปรแกรม Microsoft Excell 2013 เทียบกับการใช้กราฟแสดงแรงดันสูญเสียกับขนาดเส้นท่อ ซึ่งจากผลการทดลองหาขนาดท่อทั้ง 2 ชนิด พบว่าท่อพีพีอาร์ (Polypropylene Random Copolymer : PP-R) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งานได้ดีกว่าท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride : PVC) ถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่า 62% แต่เมื่อพิจารณาอายุการใช้งานที่มากกว่า (อายุการใช้งานของท่อพีพีอาร์ 50 ปี ส่วนท่อพีวีซีมีอายุการใช้งาน 10 ปี) ทางผู้ศึกษาจึงพิจารณาเลือกใช้ท่อพีพีอาร์ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาในระยะยาว

ภาณุพงศ์ กองคำสุก (2559) ศึกษาเพื่อลดปัญหาการติดตั้งระบบสุขาภิบาลในอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการติดตั้งระบบสุขาภิบาลในห้องน้ำอาคาร 1 และ 2 รวมระยะเวลาทั้งหมด 366 วัน พบว่า ห้องน้ำอาคาร 1 มีค่าใช้จ่ายที่เสียหาย 299,800 บาท และเสียเวลา 45 วัน โดยปัญหาเกิดขึ้นจากแผนงานที่ไม่ชัดเจน ไม่มีการประชุมย่อย แบบล่าช้า และเปลี่ยนแปลงบ่อย รอวัสดุอุปกรณ์ คนงานไม่เพียงพอ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับห้องน้ำอาคาร 2 ที่มีการจัดทำแผนงานด้วยโปรแกรม Microsoft Project มาใช้ในการวางแผนและควบคุมโครงการ และทำการประชุมย่อยติดตามงานอย่างต่อเนื่อง ส่งผลดีต่อโครงการทำให้ไม่สูญเสียค่าใช้จ่ายและเวลาที่ไม่จำเป็นก่อให้เกิดประสิทธิผลของโครงการเมื่อเริ่มเปิดใช้งานโครงการ

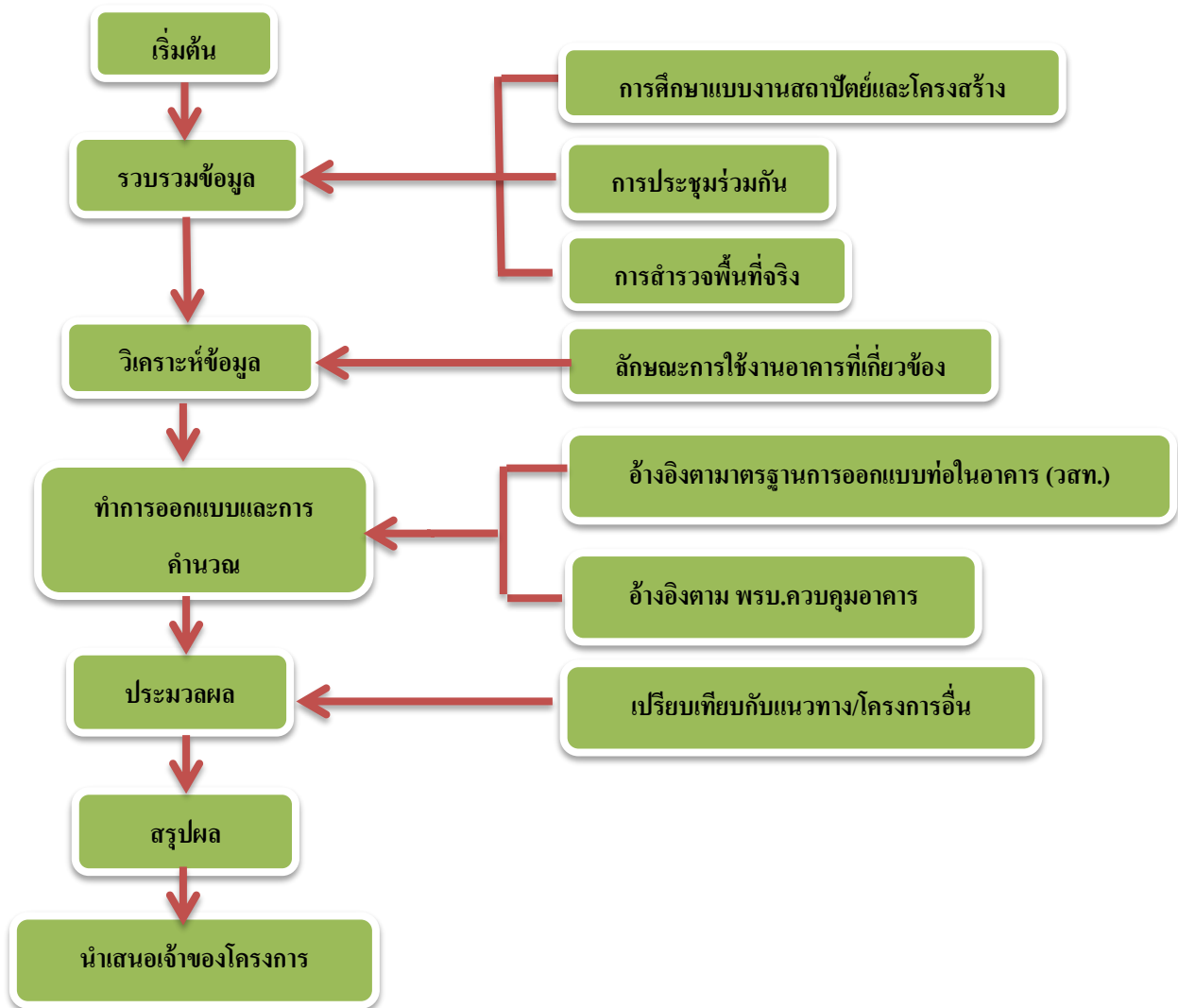
ไพโรจน์ บุญยิ่ง (2555) ทำการประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในอาคาร กรณีศึกษา อาคารบริษัทบริหารสินทรัพย์กรุงเทพพาณิชย์ จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย ถึงแม้ว่าอาคารเปิดใช้งาน พ.ศ.2530 ก่อนประกาศใช้กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จึงไม่มีผลบังคับย้อนหลัง แต่ทางผู้ศึกษามุ่งตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยเพื่อมุ่งเน้นให้ความสำคัญในความปลอดภัยด้านอัคคีภัย ซึ่งจากผลการตรวจสอบตามข้อกำหนดของกฎกระทรวง ฉบับที่ 33 ดังกล่าว พบว่าตรวจประเมินทั้งหมด 45 รายการ ไม่ผ่านเกณฑ์ 13 รายการ โดย

ทั้ง 13 รายการ มีผลทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ ตัวอย่างเช่น การมีสิ่งกีดขวางเส้นทางหนีไฟ หรืออุปกรณ์ดับเพลิงขาดการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ เป็นต้น

Daigger (2007) ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะ ก๊าซมีเทน (Methane : CH₄) มีอายุเฉลี่ยในบรรยากาศประมาณ 15 ปี ประสิทธิภาพ 25 เท่าของ CO₂ และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide : N₂O) มีอายุเฉลี่ยในชั้นบรรยากาศประมาณ 120 ปี ประสิทธิภาพ 120 เท่าของ CO₂ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีผลทำให้เกิดโลกร้อน โดยตามรายงานพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Anaerobic (ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน) มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Aerobic (ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ) แต่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเร่งตะกอน (Activated Sludge, AS) ก็มีส่วนทำให้เกิดโลกร้อนจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศและปั้มน้ำเสียในการสูบน้ำหมุนเวียนตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียเช่นกัน

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาทางเลือกในการออกแบบงานระบบประปา สุขาภิบาลและดับเพลิงประกอบอาคารพักอาศัย คสล.สูง 7 ชั้น (สูงไม่เกิน 23 m) จะใช้วิธีการศึกษาจากโครงการที่ยังไม่ได้ก่อสร้างและยังอยู่ในขั้นตอนการออกแบบ โดยมีขั้นตอนในการทำศึกษา (แสดงดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนในการทำการศึกษ

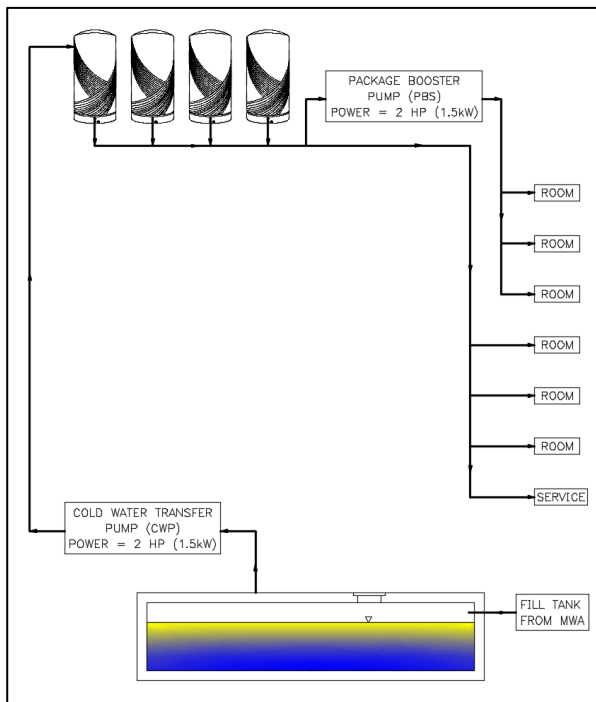
จากภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนในการทำการศึกษโดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ แล้วจึงทำการออกแบบและกำหนดจำนวน โดยอ้างอิงตามมาตรฐานและกฎหมายควบคุมอาคาร เขียนแบบโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ประมวลผลจากแบบเพื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นหรือโครงการอื่น นำเสนอทางเจ้าของโครงการ

4. ผลการวิจัย

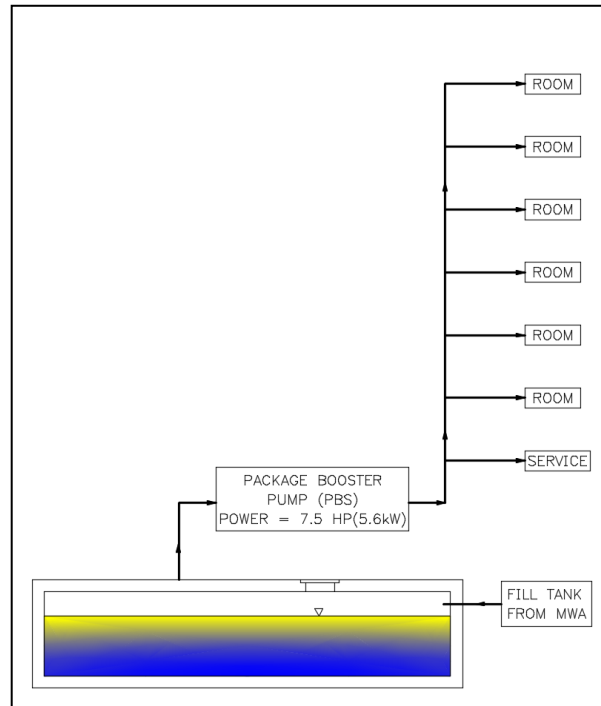
ผู้ศึกษามีแนวคิดในการนำเสนอ วิธีการและขั้นตอนในการออกแบบงานระบบประปา สุขาภิบาล และดับเพลิงประกอบอาคารพักอาศัย คสล. สูง 7 ชั้น (ไม่เกิน 23 m) เพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบ พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ ทำให้เกิดวิธีการและขั้นตอนที่เป็นระบบ สามารถลดทอนเวลาในการดำเนินการได้และเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสม ดังนี้

4.1 ผลการศึกษางานระบบประปา

เนื่องจากระบบประปาเป็นระบบที่มีความสำคัญมากที่สุด (ราคาการก่อสร้าง การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบสูงสุด) จึงทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม (Combine System) ของโครงการที่ทำการศึกษา กับทางเลือกอื่นหรือโครงการอื่นที่เลือกใช้ระบบจ่ายน้ำประปาแบบเดี่ยว (Up-Feed System) ด้วยชุดปั๊มน้ำเพิ่มแรงดัน (Package Booster Pump) (แสดงดังภาพที่ 2-3) และตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสมด้วย Cold Water Transfer Pump และ Package Booster Pump กับระบบจ่ายแบบเดี่ยวด้วย Package Booster Pump



ภาพที่ 2 ระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสมเดี่ยว (Up-Feed System) ด้วยชุดที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3 ระบบจ่ายน้ำประปาแบบ(Combine System) ของโครงการปั๊มน้ำเพิ่มแรงดัน (Package Booster Pump) ของโครงการที่เปรียบเทียบ

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม (Combine System) กับระบบจ่ายแบบเดี่ยว (Up-Feed System)

No.	รายการ	หน่วย	ระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม	ระบบจ่ายน้ำประปาแบบ Up-Feed
1	<u>ค่าลงทุนเริ่มต้น</u> จำนวนเครื่องสูบน้ำ	เครื่อง	Cold Water Pump (2 ตัว), Booster Pump (2 ตัว)	Booster Pump (2 ตัว)
2	ราคาเครื่องสูบน้ำ	บาท	212,100	152,000
3	ค่าติดตั้งและอุปกรณ์	บาท	476,252	391,990
4	ผลรวมการลงทุนในครั้งแรก (2+3)	บาท	688,352	543,990
5	ระบบจ่ายน้ำประปาด้วย Cold Water Pump & Package Booster Pump ลงทุนแพงกว่า		144,362	
6	<u>ค่าดำเนินการ (Operation)</u> กำลังไฟฟ้า 1 เครื่อง (Power Consumption)	กิโลวัตต์ (kW)	2.2kW x 2 ตัว, 1.5kW x 2 ตัว	7.5kW x 2 ตัว
7	<u>ค่าดำเนินการ (Operation) ใน 1 ปี</u>			
	- Cold Water Pump ทำงาน 3 ชม. / วัน	ชั่วโมง (Hrs.)	1,095	
	- Package Booster Pump (PBS) จำนวน 15 ชม. / วัน	ชั่วโมง (Hrs.)	5,475	5,475
8	หน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ภายใน 1 ปี	kWH.	21,243	82,125
9	ค่าไฟฟ้า / หน่วย	บาท	3.5	3.5
10	ค่าไฟฟ้า / ปี	บาท	74,351	287,438
11	ภายใน 1 ปี เมื่อใช้ระบบจ่ายน้ำประปาด้วย Cold Water Pump & Package Booster Pump จะประหยัดค่าไฟไปได้	บาท	213,087	
12	Payback Period (คุ้มทุนที่ระยะเวลา)	ปี	0.68	

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสมจะมีค่าต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่าระบบจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้นด้วยปั๊มเพิ่มแรงดัน (สูงกว่า 144,362 บาท หรือ 21%) แต่เมื่อคำนวณรวมค่าดำเนินการ (Operation) แล้วพบว่า ภายใน 1 ปี เมื่อใช้ระบบจ่ายน้ำแบบผสมตามการศึกษานี้ จะประหยัดค่าไฟได้

มากกว่าระบบจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้นเพียงอย่างเดียวด้วยปั๊มเพิ่มแรงดัน ถึง 213,087 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 0.68 ปี (ประมาณ 8 เดือน) และตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม กับแบบจ่ายขึ้นอย่างเดียวซึ่งเป็นทางเลือกที่น่าเสนอ

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ระหว่างระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม (Combine System) กับแบบจ่ายขึ้นอย่างเดียว (Up-Feed System)

ข้อเปรียบเทียบ	ข้อดี ข้อเสียของระบบจ่ายน้ำแต่ละชนิด	
	ระบบจ่ายน้ำแบบผสม (Combine System)	ระบบจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้น (Up-Feed System)
1. ความสามารถในการใช้งานของระบบ	จ่ายน้ำได้ตามแรงดันที่ต้องการ	จ่ายน้ำได้ตามแรงดันที่ต้องการ
2. ต้นทุนค่าก่อสร้างเริ่มต้น	สูง (688,352 บาท)	ต่ำ (543,990 บาท)
3. ค่าดำเนินการ (Operation)	ต่ำ (74,351 บาท/ปี)	สูง (287,438 บาท/ปี)
4. ปัญหาเครื่องสูบน้ำชำรุดจากการใช้งาน	น้อย	มาก (เนื่องจากมีชั่วโมงการใช้งานสูง)
5. ความมีเสถียรภาพของระบบ	สูง (สามารถจ่ายน้ำได้ หากไฟฟ้าหรือการประปาไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าหรือน้ำประปาได้)	ต่ำ (ไม่สามารถจ่ายน้ำได้ หากไฟฟ้าหรือการประปาไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าหรือน้ำประปาได้)
6. งานโครงสร้าง	เท่ากัน	

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าระบบจ่ายน้ำแบบจ่ายขึ้นอย่างเดียว (Up-Feed System) ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่ง que เลือกใช้ มีความสามารถในการใช้งานเท่ากัน งาน โครงสร้างที่รองรับเช่นเดียวกัน แต่หากพิจารณาด้านการใช้งานและค่าใช้จ่าย พบว่าระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม (Combine System) มีความเหมาะสมมากกว่า

4.2 ผลการศึกษาจากระบบสุขาภิบาล (Sanitary System)

4.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater System)

จากผลการศึกษาที่พิจารณาออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเร่งตะกอน (Activated Sludge) โดยเลือกใช้เป็นถังสำเร็จรูปรองรับน้ำเสียปริมาณ 40 m³/d และตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ได้จาก

การคำนวณจริงตามหลักการทางวิศวกรรมกับข้อมูลส่วนบำบัดน้ำเสียต่างๆ ของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด โดยได้ทำการเปรียบเทียบ 2 ยี่ห้อ พบว่าผลิตภัณฑ์ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปทั้ง 2 ยี่ห้อ มีปริมาตรของส่วนบำบัดน้ำเสียมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งหากพิจารณาตามหลักการทางวิศวกรรมสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ยี่ห้อ

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณจริงตามหลักการทางวิศวกรรมกับปริมาณที่ใช้จริงของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

รายการ	การคำนวณ (ตามหลักการทาง วิศวกรรม)	ถังบำบัดน้ำเสีย ยี่ห้อ San Tech (รุ่น SBT-40M)	ถังบำบัดน้ำเสีย ยี่ห้อ Clean (รุ่น DCF40)
1. ปริมาณน้ำเสีย (m ³ /d)	36	40	40
2. ปริมาตรส่วนกรอง (m ³)	9	13.64	11.43
3. ปริมาตรส่วนกรองใไรอากาศ (m ³)	6.62	10.12	7.48
4. ปริมาตรส่วนเติมอากาศ (m ³)	8.64	11.44	11.45
5. ปริมาตรส่วนตกตะกอน (m ³)	4.5	6.60	5.27

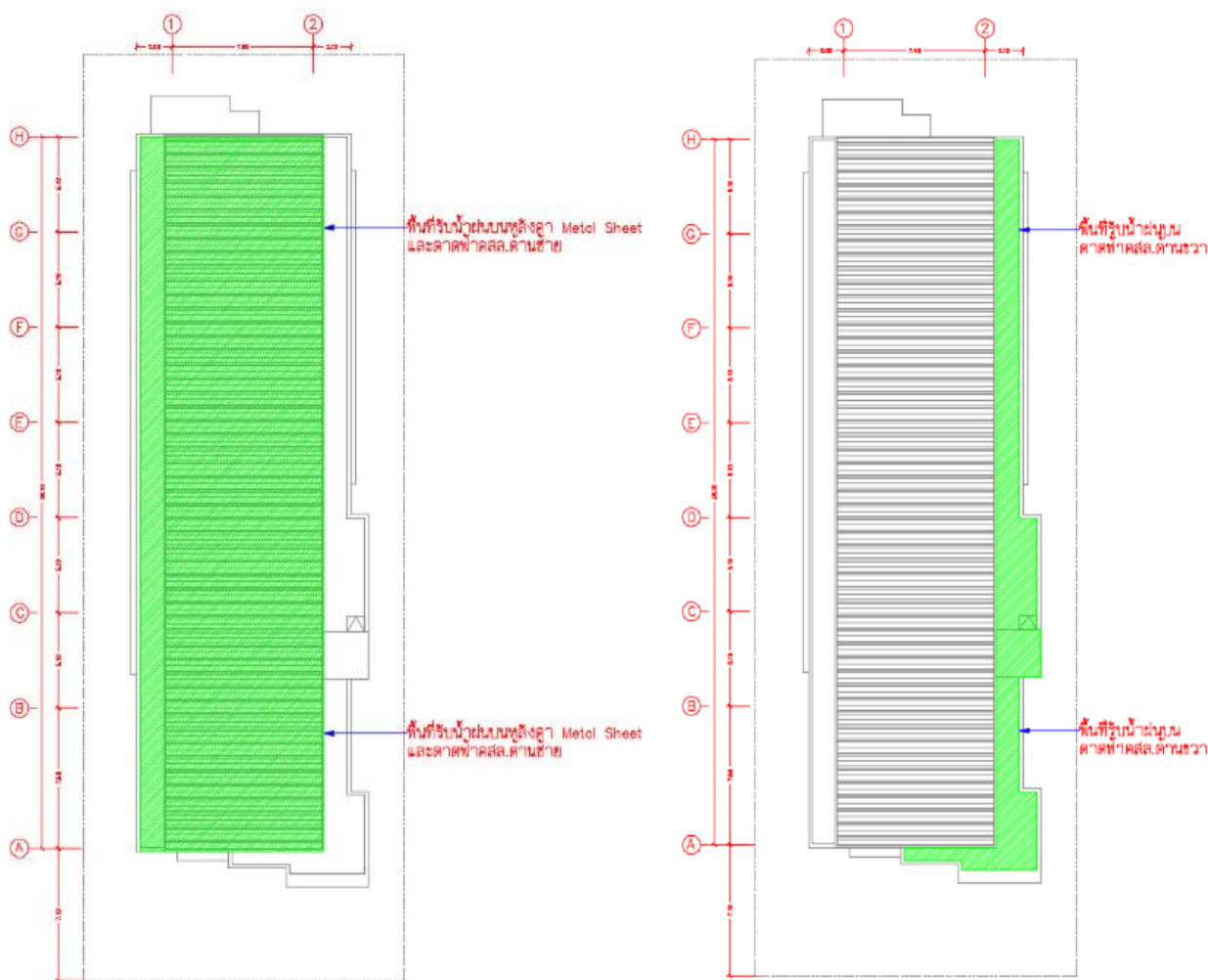
ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ระหว่างถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปทั้ง 2 ยี่ห้อ พบว่าถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปยี่ห้อ San Tech (รุ่น SBT-40M) มีราคาต่ำกว่า 2 เท่า แต่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งจากการศึกษานี้พิจารณาเลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปยี่ห้อ San Tech (รุ่น SBT-40M)

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ระหว่างถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปยี่ห้อ San Tech กับถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปยี่ห้อ Clean

ข้อเปรียบเทียบ	ข้อดี ข้อเสียของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแต่ละยี่ห้อ	
	ยี่ห้อ San Tech (รุ่น SBT-40M)	ยี่ห้อ Clean (รุ่น DCF40)
1. ปริมาณน้ำเสียที่รองรับ	สูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ	สูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ
2. ราคา	ต่ำกว่า (397,500 บาท)	สูงกว่า (833,250 บาท)
3. พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้ง	ใช้พื้นที่มากกว่า (2.5x9.5x2.5)	ใช้พื้นที่น้อยกว่า (2.5x8.5x2.3)
4. ปัญหาด้านการ Start-Up และ Operate ระบบ	มีผู้เชี่ยวชาญควบคุมดูแลตาม สัญญา	มีผู้เชี่ยวชาญควบคุมดูแลตาม สัญญา

4.2.2 ระบบระบายน้ำฝน (Storm Drainage System)

ระบบระบายน้ำฝนของอาคารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบระบายน้ำฝนในอาคารและระบบระบายน้ำฝนรอบอาคารชั้นล่าง จากผลการศึกษานี้พิจารณาออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝนในอาคารรองรับน้ำฝนจากหลังคา Metal Sheet (แสดงดังภาพที่ 4-5) โดยออกแบบท่อน้ำฝนขนาด 100 mm



ภาพที่ 4 พื้นที่รองรับน้ำฝนจากหลังคา Metal Sheet และคาน้ำค้ำคสล. คาน้ำซ้าย พื้นที่ 385 m² (พื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร)

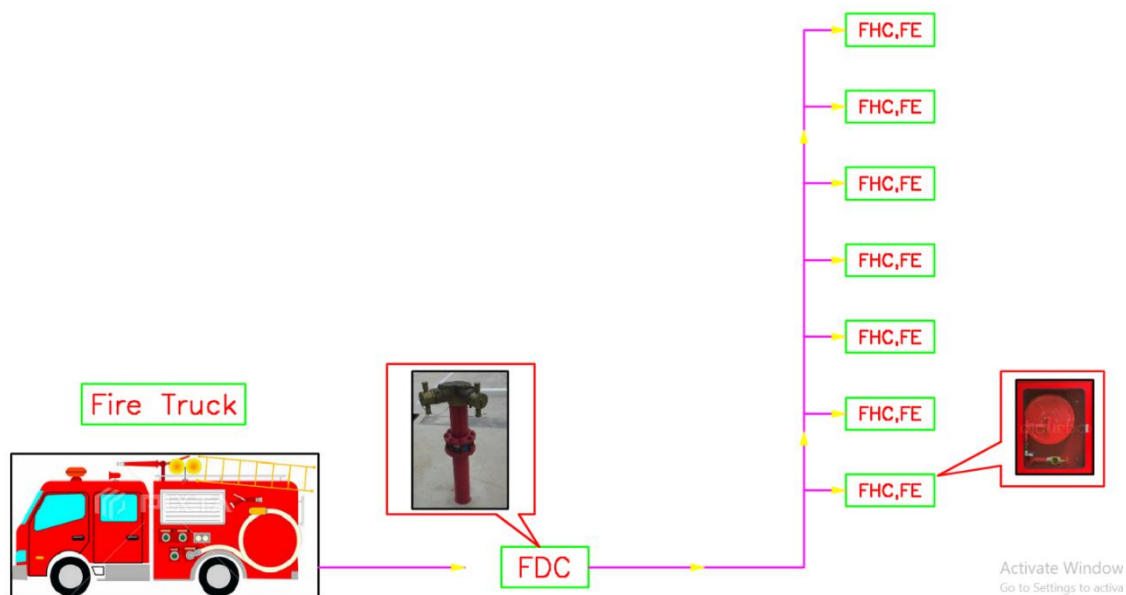
ภาพที่ 5 พื้นที่รองรับน้ำฝนจากคาน้ำค้ำคสล. คาน้ำขวา พื้นที่ 70 m²

ในส่วนระบบท่อระบายน้ำฝนรอบอาคารชั้นล่าง จากผลการคำนวณ พิจารณาออกแบบท่อเป็น Reinforced Concrete Pipe (RCP) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 m รอบพื้นที่โครงการ โดยออกแบบท่อระบายน้ำฝนภายในอาคารให้มีความลาดเอียง (Slope) 1:100 เพื่อให้ความเร็วของน้ำภายในท่อต่ำกว่า 0.60 m/s ส่วน

ท่อระบายน้ำฝนรอบอาคารชั้นล่างออกแบบให้มีความลาดเอียง (Slope) 1:200 โดยมีจุดประสงค์เพื่อการนำน้ำออกจากพื้นที่โครงการโดยเร็วที่สุด เพื่อให้พื้นที่โครงการสามารถใช้สอยได้ รวมทั้งคำนึงถึงบริเวณอื่นรอบโครงการ

4.3 ผลการศึกษาจากระบบดับเพลิง (Fire Protection System)

ผลการออกแบบจากระบบดับเพลิงตามการศึกษานี้ เลือกใช้เป็นระบบท่อแห้ง โดยรองรับน้ำดับเพลิงจากแหล่งน้ำภายนอก (Fire Truck) ผ่านหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department Connector) วางท่อดับเพลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ภายในอาคารซึ่งติดตั้งตู้ฉีดน้ำดับเพลิง (Fire Hose Cabinet) ภายในประกอบด้วยสายฉีดน้ำ และเครื่องดับเพลิงแบบมือถือผงเคมีแห้งขนาด 4 kg ในทุกๆ ชั้นของอาคาร



ภาพที่ 6 แสดงแผนผังระบบจ่ายน้ำดับเพลิง

จากภาพที่ 6 แสดงแผนผังระบบจ่ายน้ำดับเพลิง โดยการติดตั้งหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department Connector) บริเวณหน้าอาคารและเดินท่อดับเพลิงมายังตู้ฉีดน้ำดับเพลิง (Fire Hose Cabinet) ซึ่งประกอบด้วยสายฉีดน้ำดับเพลิง และเครื่องดับเพลิงมือถือ ประจำชั้นทุกๆ ชั้น ภายในอาคาร ตามข้อกำหนดกฎกระทรวง

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ทางผู้ศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบทางเลือกที่ทำการศึกษา (อ้างอิง) กับทางเลือกอื่น เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น

งานระบบท่อน้ำประปา

(1.) เมื่อเปรียบเทียบระบบจ่ายน้ำกับอาคารอ้างอิง พบว่าการออกแบบระบบจ่ายแบบผสม (Combine System) โดยให้มีถังเก็บน้ำชั้นล่างและชั้นบนของอาคาร มีความประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่า การออกแบบระบบจ่ายน้ำตรงเข้าสู่ขั้วกั้นด้วยชุดปั๊มเพิ่มแรงดัน (Package Booster Pump) ถึง 213,087 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ที่ 0.68 ปี (ประมาณ 8 เดือน)

(2.) ระบบจ่ายแบบผสม (Combine System) มีความเสถียรมากกว่า เนื่องจากมีความยืดหยุ่นทั้งเรื่องปริมาณน้ำที่มีสำรองจ่ายและแรงดันที่เพียงพอต่อการใช้งาน ในกรณีที่การประปาหรือการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายน้ำและไฟฟ้าให้กับอาคารได้ตามปกติ

งานระบบสุขาภิบาล

(1.) ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ได้สูง (ร้อยละ 80-95) มีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนต่ำ(เพียง 0.8%) รวมทั้งใช้พื้นที่ในการติดตั้งระบบน้อย ทั้งนี้เลือกใช้เป็นถังสำเร็จรูป เนื่องจากสะดวกในการติดตั้ง และเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการ Start Up ระบบและทำให้ระบบคงที่ (Stable) เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญที่ผลิตและจำหน่ายดูแลและเริ่มต้นระบบให้ (ตามสัญญา) อีกทั้งบ่อบำบัดแบบคอนกรีตหล่อในที่ จะพบปัญหาในการบำรุงรักษามากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีราคาค่าก่อสร้างน้อยกว่าก็ตาม

(2.) ออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝนภายในอาคาร โดยใช้ท่อลำเลียงน้ำฝนจากหลังคา Metal Sheet ซึ่งรองรับน้ำฝนจากช่องระบายน้ำฝน (Roof Drain) โดยในแต่ละท่อแนวดิ่งที่รับน้ำฝนนั้น เป็นท่อพีวีซี ขนาด 150 mm ซึ่งเมื่อเทียบกับอาคารอื่นที่ไม่ได้มีการจัดเตรียมท่อระบายน้ำฝน หรือจัดเตรียมหัวรับน้ำฝนไม่เพียง จะทำให้เกิดน้ำไหลนองบนชั้นดาดฟ้า

(3.) ออกแบบระบบท่อระบายน้ำรอบอาคาร โดยใช้ท่อคสล. Reinforced Concrete Pipe (RCP) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 m รอบพื้นที่อาคาร ซึ่งเมื่อเทียบกับอาคารอื่นที่ไม่ได้มีการจัดเตรียมท่อระบายน้ำรอบอาคาร หรือมีขนาดไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดน้ำท่วมขังในบางจุดของโครงการ

ระบบดับเพลิง

(1.) ออกแบบเป็นระบบท่อแห้ง รับน้ำดับเพลิงจากแหล่งน้ำภายนอกอาคาร(Fire Truck) ซึ่งติดตั้งหัวรับน้ำดับเพลิง (Fire Department Connector) บริเวณหน้าอาคาร ออกแบบให้มีตู้หัวฉีดน้ำดับเพลิง(FHC) ทุกๆชั้น อยู่บริเวณหน้าบันไดหนีไฟหลัก ตู้เก็บอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย (FHC) เป็นแบบติดผนัง และมีอุปกรณ์ภายในครบถ้วนตามมาตรฐานและกฎหมายควบคุมอาคาร และเครื่องดับเพลิงเคมี (Fire extinguisher) ภายใน FHC จะต้องออกแบบไม่ให้กีดขวางการดึงสายดับเพลิงและอุปกรณ์ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้

(2.) ออกแบบให้ติดตั้งถังดับเพลิงแบบหัวใต้ (Carbon Dioxide Extinguisher: CO₂) ขนาด 4 kg ภายในห้องไฟฟ้าในทุกๆชั้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กมลภพ นวลวิไล. (2560). การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียในอาคาร. รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม.
- จักรกฤษณ์ มะดาร์ักษ์. (2554). การประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัย กรณีศึกษาอาคารเฉลิมพระเกียรติ. สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี. สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- ณัฐภณ ราชเดิม. (2560). การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบระบบท่อประปาโดยใช้ท่อพีวีซีและท่อพีอีอาร์ ในโครงการโรงเรียนนานาชาติคอนคอร์เดียน. รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม.
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, กฎกระทรวงฉบับที่ 33, หมวดที่ 2, 3 และ 4. [ลงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2535]
- ไพโรจน์ บุญยิ่ง. (2555). การประเมินความปลอดภัยด้านอัคคีภัยในอาคาร กรณีศึกษา อาคารบริษัทบริหารสินทรัพย์กรุงเทพพาณิชย์ จำกัด. สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี. สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรอาคาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- ภานุพงศ์ กองคำสุก. (2559). การศึกษาเพื่อลดปัญหาการติดตั้งระบบสุขาภิบาลในอาคาร. สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารเทคโนโลยี. สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม.
- รายงานสถิติการอนุญาตปลูกสร้างอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2560. (2561). กองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร.
- Glen T. Daigger. (2007). Wastewater Management in the 21st Century. United States : University of Michigan