

การประยุกต์ใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อศึกษาการอพยพหนีไฟ
กรณีศึกษา: ศูนย์กระจายสินค้า บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน)
Application of Fire Dynamics Simulator for Study of Fire Evacuation
Case Study: Distribution Center of Home Product Center
Public Company Limited

วสุกานต์ พิธีรัตน์ และ ชวลิต กิตติชัยการ
สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail : noptallica@gmail.com, fengclk@ku.ac.th



บทความนี้แสดงผลการศึกษาการอพยพหนีไฟออกจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) โดยใช้โปรแกรม PyroSim 2014 (Fire Dynamics Simulator with Evacuation) เพื่อนำผลที่ได้จากโปรแกรมไปวิเคราะห์และเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมภายในอาคาร เพื่อลดข้อจำกัดและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการอพยพหนีไฟ การศึกษานี้ได้จำลองการอพยพในสถานการณ์เพลิงไหม้ภายในอาคารศูนย์กระจายสินค้าที่มีพื้นที่ทั้งหมด 115,132 ตารางเมตร มีผู้อพยพ 866 คน มีประตูทางออกทั้งหมด 42 ประตู มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง แต่สมมติให้ไม่ทำงานเพื่อกำหนดเป็นสถานการณ์ร้ายแรงที่สุด ในการศึกษา มีการจำลอง 3 สถานการณ์คือ สถานการณ์ที่ 1 การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้โดยไม่มีการจำลองอพยพหนีไฟ จุดต้นเพลิงอยู่บริเวณห้องซาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้ขับเคลื่อนรถยก ลากสินค้า ซึ่งมีอัตราการปลดปล่อยความร้อน 5 MW สถานการณ์ที่ 2 การจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟ โดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควันไฟทั้งในและนอกขอบเขตการแพร่กระจายควันไฟ และสถานการณ์ที่ 3 การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟในพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ โดยจุดต้นเพลิงอยู่บริเวณเดิม

จากผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1 และ 2 พบว่าการแพร่กระจายควันไฟในเวลา 300 วินาทีจะอยู่ในพื้นที่ Zone C และ Zone D ทำให้สามารถจำกัดการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้พร้อมการอพยพหนีไฟได้ใน Zone ดังกล่าว สำหรับการอพยพหนีไฟของ Zone A, B, C, D และ E ใช้เวลาในการอพยพ 127, 153, 177, 218 และ 127 วินาทีตามลำดับ

จากผลการจำลองสถานการณ์ที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้อพยพหนีไฟของแต่ละประตูจะเพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 วินาที เนื่องจากปริมาณควันไฟที่สะสมอยู่ในอาคารส่งผลให้การมองเห็นลดลง ทำให้การเคลื่อนที่ช้าซึ่งกระทบต่อผู้อพยพโดยตรง จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ทั้ง 3 สถานการณ์จึงนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของศูนย์กระจายสินค้า โดยการเพิ่มความกว้างประตูจาก 1.0 เมตร เป็น 2.5 เมตร

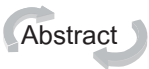


และจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟอีกครั้ง พบว่าการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาที่ผู้อพยพคนสุดท้ายออกจากประตูลงไปได้ถึง 54 วินาที แสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถในการอพยพที่เพิ่มมากขึ้น จากผลการศึกษพบว่าเวลาในการอพยพอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด (น้อยกว่า 300 วินาที) และจากผลของพฤติกรรมการอพยพนั้นสามารถใช้ในการวางแผนทางการพัฒนาวิธีการอพยพให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นได้



คำสำคัญ:

การอพยพหนีไฟ พลศาสตร์อัคคีภัย ศูนย์กระจายสินค้า



Abstract

This Article presents the study of Fire Evacuation for the case study of Distribution of Home Product Center Company by using PyroSim 2014 (Fire Dynamic Simulator with Evacuation Software), for taking the result from this program to analyze and present the revision way of interior architecture for reducing limitations, and increasing more efficiency of Fire Evacuation. In this study, fire situation was simulated within distribution center. The total area is approximately 115,132 square meters and nearly 866 employees are working in this place. There are 42 exit doors in total with fire extinguish system installed. The sprinkler line was intended not to be working to create disasters in worst case scenario. Three real life scenarios were simulated. The first scenario was set to have the fire without the fire evacuation. The fire had set to be started in the battery recharger room for Forklift Car. The released heat rate was 5 MW. The second scenario was set to have fire evacuation without burning source and smoke for both of inside and outside boundary of the diffusion smoke. Finally, the last scenario was set to have evacuation simulated in the same area where the fire started within the smoked area.

From the results obtained for the first two scenarios, the smoke had spread out in 300 seconds within the area of zone C and D. The results showed that both situations can be under control in those Zones. The evacuation times in zone A, B, C, D and E were in 127, 153, 177, 218, and 127 seconds.

The simulation result of the third scenario showed that an average time of each evacuation was increased by 10 seconds due to the massive smoke in the area which decreases visibility and slows down evacuee movement. The simulation results of all three scenarios had led to an improvement of the distribution center infrastructure. Exit doors were widen from 1 meter to 2.5



meters. Then, simulations were re-performed. As a result, evacuation time was decreased by 54 seconds which reflect better evacuation efficiency. From all the analyses above, the evacuation times were within the law's regulation time (less than 300 seconds). This illustrates that the study of evacuation behavior can lead to the development of evacuation method for the increases in efficiency and safety.

Keywords:

evacuation, fire dynamics, distribution Center

1. บทนำ

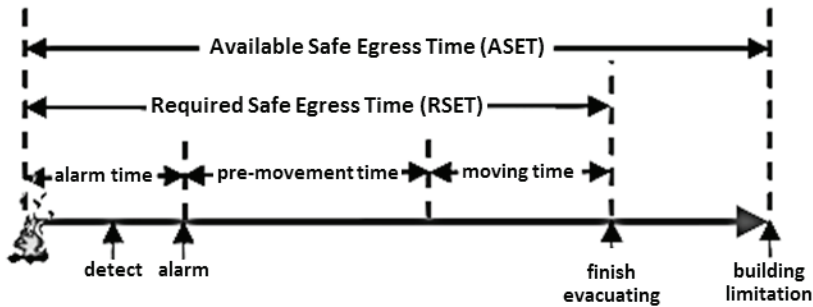
บริษัทโฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) เป็นหนึ่งในหน่วยธุรกิจค้าปลีกที่จำหน่ายสินค้าเกี่ยวกับที่พักอาศัยซึ่งปัจจุบันมีสาขาทั่ว 70 แห่งทั่วประเทศ โดยมีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ตั้งอยู่ ณ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่เฉพาะภายในตัวอาคารกว่า 136,000 ตารางเมตร มีพนักงานประจำและพนักงานชั่วคราวกว่า 1,200 คน มีการปฏิบัติงานตลอด 24 ชั่วโมงเกี่ยวกับกระบวนการรับสินค้าจากผู้ส่งสินค้า การเก็บสินค้าให้มีปริมาณสำรองเพียงพอ การเบิกสินค้าให้ตรงตามความต้องการลูกค้า รวมถึงการขนส่งสินค้าให้กับแต่ละสาขาของหน่วยธุรกิจค้าปลีก

ดังนั้นกรณีเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ ขั้นตอนการอพยพหนีไฟจึงเป็นสิ่งสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะการนำพาผู้อพยพออกจากตัวอาคารไปสู่พื้นที่รวมพลหรือพื้นที่ปลอดภัยให้เร็วที่สุด ซึ่งจำเป็นต้องมีขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจนและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยขึ้นอยู่กับเวลาที่ผู้อพยพการเลือกใช้เส้นทางอพยพ เพศ และอายุ รวมทั้งความหนาแน่นของพนักงานหรือผู้มาติดต่อ ความเร็วที่ใช้ใน

การอพยพ สิ่งกีดขวางในเส้นทางอพยพ ความคุ้นเคยพื้นที่ภายในของอาคาร ความกว้างของประตูหนีไฟ การจัดวางแผนผังภายในอาคาร รวมถึงขนาดและรูปทรงสถาปัตยกรรมอาคาร

ทั้งนี้แม้ว่าผลการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟในแต่ละปีของบริษัทฯ จะใช้ระยะเวลาไม่เกินมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด คือ 300 วินาที แต่เพื่อให้สามารถลดข้อจำกัดรวมถึงเพิ่มขีดความสามารถในการอพยพหนีไฟโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในชีวิตอย่างสูงสุดทั้งกับพนักงานและผู้มาติดต่อ จึงได้นำโปรแกรม Pyrosim 2014 มาจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟ เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารต่อไป

กุญแจสำคัญที่จะรับประกันได้ว่าผู้อาศัยอาคารสามารถอพยพได้อย่างปลอดภัยนั้นคือ ระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพโดยปลอดภัย (Required Safe Egress Time, RSET) ซึ่งต้องน้อยกว่าระยะเวลาที่สามารถอพยพได้โดยปลอดภัย (Available Safe Egress Time,ASET) โดยนับตั้งแต่ไฟปะทุขึ้นไปจนถึงสามารถทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในอาคารได้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 มาตรฐานสากลของช่วงเวลาอพยพได้อย่างปลอดภัย (Universal Criterion of Safe Evacuation Time-Line) [1]

ระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพโดยปลอดภัย (Required Safe Egress Time, RSET) หมายถึงระยะเวลาตั้งแต่ไฟปะทุขึ้นไปจนถึงผู้ใช้อาคารทุกคนอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัย ระยะเวลาดังกล่าวรวมถึงระยะเวลาตรวจจับและส่งสัญญาณ (t_{alarm}), ระยะเวลาเตรียมการเคลื่อนที่ (t_{pre}) และระยะเวลาการเคลื่อนที่ (t_{move}) ซึ่งระยะเวลาเตรียมการเคลื่อนที่ (t_{pre}) ประกอบด้วยระยะเวลาการรับรู้ (t_{reg}) และระยะเวลาการตอบสนอง (t_{resp})

โดยระยะเวลาตรวจจับและส่งสัญญาณ (t_{alarm}), ระยะเวลาการรับรู้ (t_{reg}) และระยะเวลาการตอบสนอง (t_{resp}) จะนำไปใช้ในการกำหนดค่า Parameter ในตัวโปรแกรมเพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ (t_{move}) และระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพโดยปลอดภัย (RSET) ตามลำดับดังแสดงในสมการต่อไปนี้ [2]

$$RSET = t_{alarm} + t_{pre} + t_{alarm} = t_{alarm} + (t_{alarm}) + t_{alarm}$$

โดยที่

ASET = ระยะเวลาที่สามารถอพยพโดยปลอดภัย (Available Safe Egress Time)

RSET = ระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการอพยพโดยปลอดภัย (Required Safe Egress Time)

t_{alarm} = ระยะเวลาตรวจจับและแจ้งเตือน (Detecting and Alarm Time)

t_{pre} = ระยะเวลาเตรียมการเคลื่อนที่ (Pre-movement Time)

t_{move} = ระยะเวลาการเคลื่อนที่ (Movement Time)

t_{reg} = ระยะเวลาการรับรู้ (Recognition Time)

t_{resp} = ระยะเวลาการตอบสนอง (Response Time)



ตารางที่ 1 การเลือกขนาดกองเพลิงที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ในเอเชีย [3]

ประเภทอาคาร	อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน (kW)
สนามบินและสถานีรถไฟ	มากกว่า 7,000
ห้างสรรพสินค้าและอาคารสาธารณะ	5,000
ห้องโถงภายในอาคารหรือส่วนเปิดโล่งภายใน	มากกว่า 7,000
ส่วนกันแยกของสถานีรถไฟ	1,000

National Institute of Standards and Technology หรือ NIST ได้พัฒนาโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computation Fluid Dynamic, CFD) ตามมาตรฐาน ASTM E 1355 เพื่อจำลองการไหลของเพลิงซึ่ง เรียกว่า โปรแกรม FDS (Fire Dynamics Simulator) [4] ซึ่งใช้ระเบียบวิธีปริมาตรจำกัด (Finite Volume Method) เพื่อแก้สมการการเคลื่อนที่รวมทั้งสมการพลังงานของของไหลในสภาวะการไหลแบบความเร็วต่ำ (Low Much Speed) แสดงในสมการ Navier-Stoke Equation ดังนี้

สมการอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (2)$$

สมการอนุรักษ์สปีชีส์ (Conservation of Species)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + m_i''' \quad (3)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Conservation of Momentum)

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \nabla \dot{p} - \dot{\rho} \mathbf{g} = \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (4)$$

สมการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{dp}{dt} + q''' + \nabla \cdot k \nabla T + \nabla \cdot \sum_i \rho h_i D_i \nabla Y_i - \nabla \cdot \bar{q}_r \quad (5)$$

ρ = ความหนาแน่น (Density)

$\bar{\mathbf{u}}$ = เวกเตอร์ความเร็ว (Velocity vector)

Y_i = เศษส่วนโดยมวลของมวลย่อยที่ i (Mass Fraction)

$\dot{m}_i'''$ = อัตราการทำปฏิกิริยาต่อปริมาตรของมวลย่อยที่ i (Mass Production Rate of i species per unit volume)

D_i = สัมประสิทธิ์การแพร่ของมวลย่อยที่ i (Diffusion Coefficient)

$\bar{\mathbf{f}}$ = แรงภายนอกที่กระทำต่อของไหล

$\boldsymbol{\tau}$ = แรงเค้นเฉือน (Viscous stress tensor)

h = เอนทาลปี (Enthalpy; Heat Transfer Coefficient)

$\bar{q}_r$ = ฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน (Radiative Heat Flux Vector)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

T = อุณหภูมิ (Temperature)

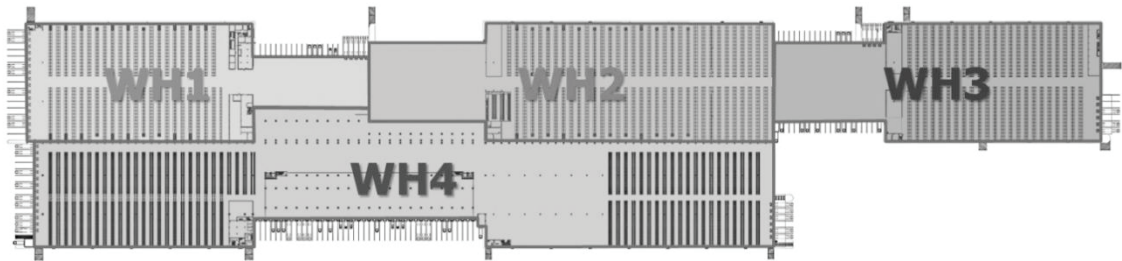
2. วิธีดำเนินการ

อาคารศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) เป็นอาคารชั้นเดียว ตั้งอยู่บนที่ดิน 80 ไร่ ประกอบด้วย 4 อาคารหลัก รวมพื้นที่ทั้งหมด 115,132 ตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 อาคารนี้เป็นอาคารชุมนุมคน และเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากมีผู้เข้าปฏิบัติ



งานเกิน 500 คน และพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตร (อ้างอิงตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 [5]) พื้นที่อาคารโดยส่วนใหญ่ใช้เป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้า

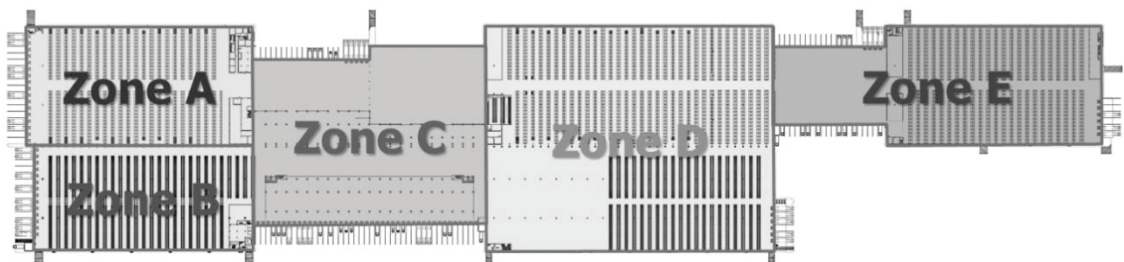
เกี่ยวกับที่พักอาศัย รวมทั้งส่วนที่เป็นสำนักงาน ห้องอาหาร ห้องช่าง ห้องเครื่องระบบปรับอากาศ ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ฯลฯ



ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่ทั้งหมดของอาคารศูนย์กระจายสินค้า

อาคารทั้ง 4 อาคารมีช่องทางเข้าออกอาคารจำนวนทั้งสิ้น 42 ประตู ประกอบด้วยประตูหนีไฟที่ 1-38 โดยทุกประตูมีขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 2.4 เมตร และประตูอื่นๆ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันไปจำนวน 4 ประตู ได้แก่ ประตู Guardroom1, ประตู Guardroom2, ประตู Appointment และประตู RTV

เนื่องจากพื้นที่ใช้งานของศูนย์กระจายสินค้ามีจำนวนพื้นที่และห้องต่างๆ จำนวนมาก จึงกำหนดพื้นที่ต่าง ๆ ออกเป็นทั้งหมด 5 ZONE เพื่อสามารถกำหนด ผู้อพยพที่ใช้งานในพื้นที่ต่างๆ ภายในอาคารได้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของตำแหน่งประตูหนีไฟในแต่ละ Zone นั้นๆ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการกำหนดพื้นที่เป็น ZONE ต่างๆ

ผู้อพยพคิดจากจำนวนพนักงานในแต่ละแผนกที่มาปฏิบัติงานในช่วงเวลา 14.00-15.00น. ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างกะเช้าและกะบ่าย จึงถือว่าช่วงเวลา

ดังกล่าวมีจำนวนพนักงานในพื้นที่มากที่สุดของแต่ละวัน จำนวนพนักงานในแต่ละ Zone ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนพนักงานในแต่ละ Zone

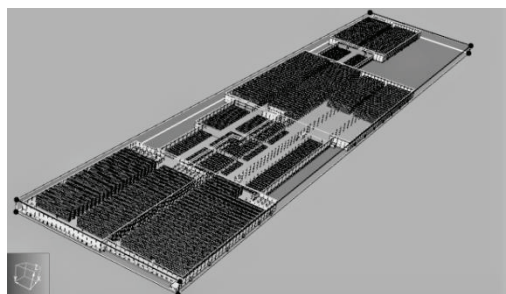
Zone	A	B	C	D	E	รวม
จำนวนพนักงาน	183	82	356	156	87	866



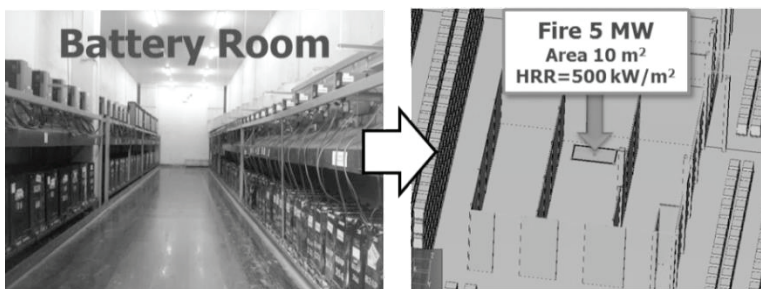
เวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคารนี้ ใช้กฎหมายอ้างอิงตามกฎหมายกระทรวงแรงงาน เรื่องข้อกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555 [6] ซึ่งกำหนดให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกินห้านาที

ศูนย์กระจายสินค้ามีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 172.5 เมตร x 828.35 เมตร x 11.75 เมตร จึงได้กำหนดโครงข่ายของเพลิง (Fire Mesh) ให้มีขนาดกริดเท่ากับ 1 เมตร x 1 เมตร x 1 เมตร และกำหนดโครงข่ายการอพยพ (Evacuation Mesh) ทุกโครงข่ายให้มีขนาดกริดเท่ากับ 0.5 เมตร x 0.5 เมตร x 2 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 กำหนดเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นบริเวณห้องแบตเตอรี่ซึ่งใช้สารจประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ลากที่ใช้งานภายในคลังสินค้า ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยกำหนดให้เชื้อเพลิงที่ใช้ในแบบจำลองให้ค่าความร้อนต่อพื้นที่ (HRRUA) เท่ากับ 500 kW/m² ในพื้นที่หน้าตัดที่เกิดการเผาไหม้เท่ากับ 10 ตารางเมตร ทำให้ค่าการปลดปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) เท่ากับ 5 MW



ภาพที่ 4 แบบโครงสร้างอาคารในรูปแบบสามมิติ พร้อมโครงข่ายของเพลิงและโครงข่ายการอพยพ



ภาพที่ 5 การกำหนดตำแหน่งและขนาดของกองเพลิงในแบบจำลองบริเวณห้องแบตเตอรี่

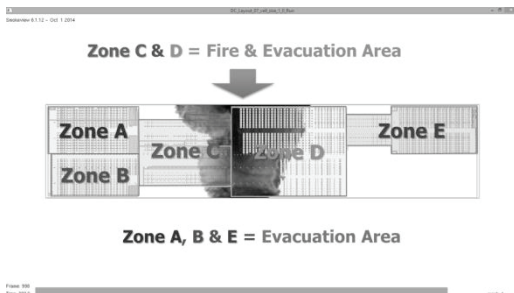
จากภาพที่ 5 กำหนดรูปแบบการจำลองสถานการณ์ 3 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1 การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้โดยไม่มีการจำลองอพยพหนีไฟ สถานการณ์ที่ 2 การจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควันไฟ ซึ่งเปรียบเสมือนการชักซ้อมอพยพหนีไฟประจำปีขององค์กร และสถานการณ์ที่ 3 การจำลอง

สถานการณ์เพลิงไหม้ และการอพยพในพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ทั้ง 3 สถานการณ์สามารถนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคาร จากนั้นจึงจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟอีกครั้ง



3. ผลการศึกษา

สถานการณ์ที่ 1 การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ศูนย์กระจายสินค้า โดยมีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควันไฟในวินาทีที่ 0-300 แต่ไม่มีการจำลองอพยพหนีไฟ ซึ่งโปรแกรมใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 35 ชั่วโมง 34 นาที 57 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟในวินาทีที่ 300 จะอยู่ในพื้นที่ Zone C และ Zone D

ตารางที่ 3 สรุปผลการจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควัน

Zone	พื้นที่ในแต่ละ Zone (ตารางเมตร)	จำนวน Exit (ประตู)	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)
A	15,660	5	183	127
B	13,858	6	82	153
C	27,360	4	358	177
D	38,184	15	156	218
E	20,070	12	87	127
Total	115,132	42	86	

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายในระยะเวลา 300 วินาที (5 นาที) พบว่าระยะเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของทุก Zone เป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด โดย Zone D ใช้ระยะเวลานานที่สุดคือ 218 วินาที

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายในระยะเวลา 300 วินาที (5 นาที) นับจากเกิดเหตุเพลิงไหม้ ขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟจะอยู่ในพื้นที่ Zone C และ Zone D ทำให้สามารถจำกัดการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้พร้อมกับจำลองการอพยพหนีไฟเฉพาะพื้นที่ดังกล่าว

สถานการณ์ที่ 2 การจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควันทั้งในและนอกขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟในวินาทีที่ 0-300 ซึ่งจากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละ Zone สามารถสรุปจำนวนผู้อพยพและเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของแต่ละ Zone ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

สำหรับกรณี Zone C และ Zone D ซึ่งอยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ สามารถสรุปจำนวนผู้อพยพและเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกแต่ละประตูได้ดังแสดงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 จำนวนผู้อพยพและเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกแต่ละประตูของ Zone C และ Zone D จากการจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควัน

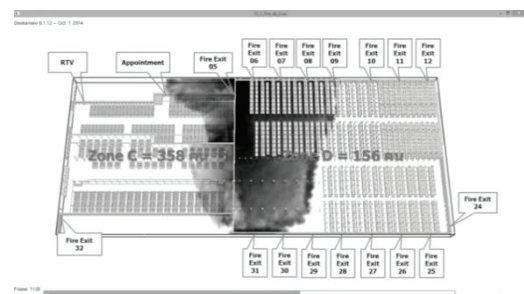
Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)	Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)
Appointment	165	170	Fire Exit 24	8	109
RTV	141	137	Fire Exit 25	9	115
Fire Exit 05	27	92	Fire Exit 26	8	153
Fire Exit 06	11	64	Fire Exit 27	16	136
Fire Exit 07	3	53	Fire Exit 28	3	131
Fire Exit 08	5	53	Fire Exit 29	21	155
Fire Exit 09	20	132	Fire Exit 30	27	218
Fire Exit 10	2	51	Fire Exit 31	14	159
Fire Exit 11	8	112	Fire Exit 32	25	158
Fire Exit 12	1	68			

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายในระยะเวลา 300 วินาที (5 นาที) พบว่าระยะเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของ Zone C และ Zone D คือ 218 วินาที (Fire Exit 30) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด โดยค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้อพยพหนีไฟของแต่ละประตูอยู่ที่ 124 วินาที

สถานการณ์ที่ 3 การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟในพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ (Zone C และ Zone D) ในวินาทีที่ 0-300 ซึ่งโปรแกรมใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 32 ชั่วโมง 31 นาที 44 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 5

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายในระยะเวลา 300 วินาที (5 นาที) พบว่าระยะเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของ Zone C และ Zone D

คือ 227 วินาที (Fire Exit 31) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด โดยค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้อพยพหนีไฟของแต่ละประตูอยู่ที่ 134 วินาที



ภาพที่ 7 การแสดงผู้อพยพคนสุดท้ายของ Zone C และ Zone D ออกจากอาคารใช้เวลาอพยพ 227 วินาที



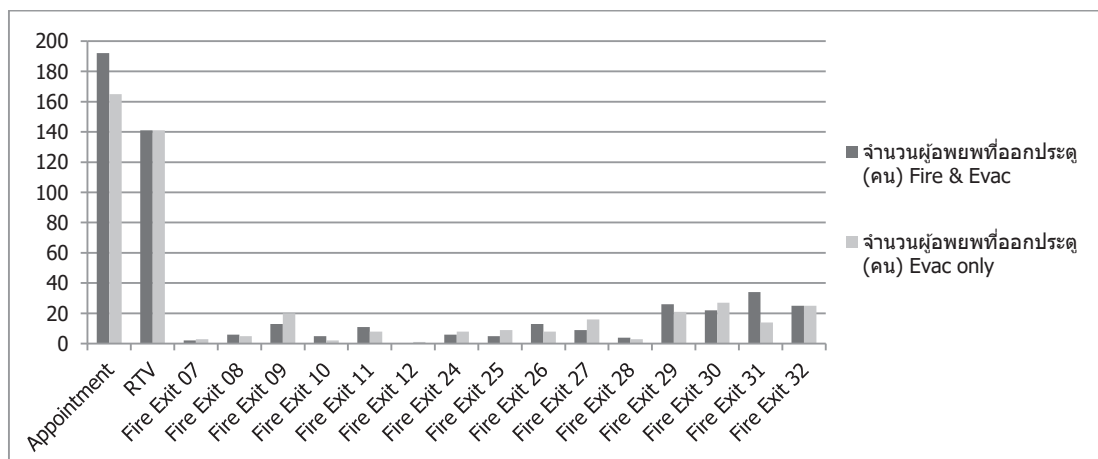
ตารางที่ 5 จำนวนผู้อพยพและเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกแต่ละประตูของ Zone C และ Zone D จากการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟในพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ

Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)	Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)
Appointment	192	189	Fire Exit 25	5	70
RTV	141	129	Fire Exit 26	13	118
Fire Exit 07	2	46	Fire Exit 27	9	95
Fire Exit 08	6	95	Fire Exit 28	4	144
Fire Exit 09	13	158	Fire Exit 29	26	192
Fire Exit 10	5	68	Fire Exit 30	22	196
Fire Exit 11	11	151	Fire Exit 31	34	227
Fire Exit 12	0	N/A	Fire Exit 32	25	168
Fire Exit 24	6	97			

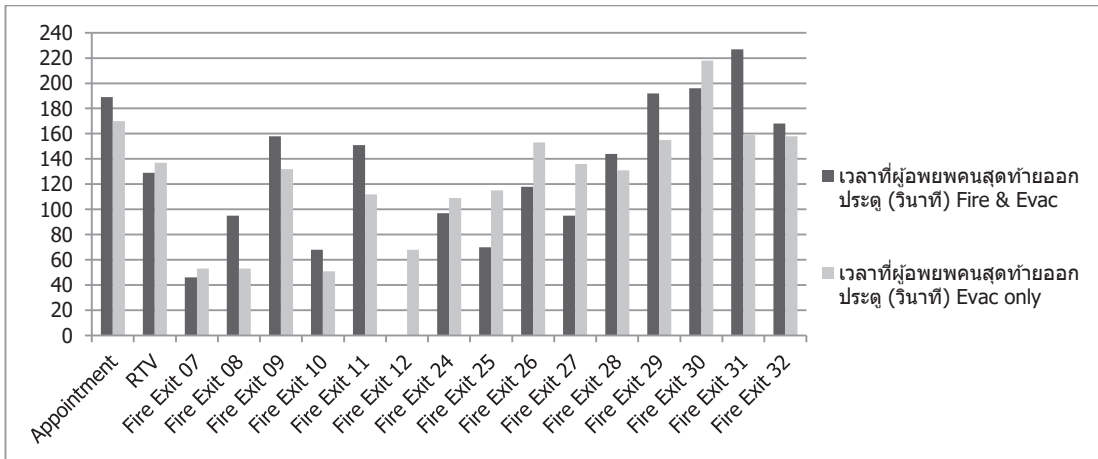
ผลจากการจำลองสถานการณ์ที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้อพยพหนีไฟกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ (สถานการณ์ที่ 3) กับกรณีไม่จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ (สถานการณ์ที่ 2) พบว่ากรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้จะมีผู้อพยพที่ใช้ประตูทางออก Appointment จากเดิม 165 คน เป็น 192 คน มากขึ้น 27 คน เนื่องจากประตูหนีไฟที่ 5 และ

6 ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ไม่สามารถใช้งานได้ ดังแสดงในภาพที่ 8

สำหรับเวลาที่ใช้อพยพหนีไฟกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ (สถานการณ์ที่ 3) จะมีค่าเฉลี่ยของแต่ละประตูอยู่ที่ 134 วินาที และเวลาที่ใช้อพยพหนีไฟกรณีไม่จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ (สถานการณ์ที่ 2) จะมีค่าเฉลี่ยของแต่ละประตูอยู่ที่ 124 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้อพยพกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และกรณีไม่จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้



ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงเวลาที่ผู้อพยพกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และกรณีไม่จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ทั้ง 3 สถานการณ์ สามารถนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคาร โดยเพิ่มความกว้างประตู Appointment และประตู RTV ซึ่งจากผลการจำลองสถานการณ์พบว่าผู้อพยพใช้ประตูทั้งสองออกจากอาคารในปริมาณที่มากกว่าประตูอื่น โดยทั้งสองประตูมีลักษณะเป็นประตูม้วน (Shutter Door) ที่มีความกว้าง 2.5 เมตร แต่การใช้งานในการขึ้นลงจะ

ใช้บันไดเหล็ก (แบบเคลื่อนย้ายได้) ที่มีความกว้างเพียง 1.0 เมตร ดังนั้นจึงได้ขยายช่องทางออกทั้ง 2 ประตูให้เต็มความกว้างของประตูคือ 2.5 เมตร เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการอพยพให้เพิ่มมากขึ้น จากนั้นจึงจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟในพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟในวินาทีที่ 0-300 อีกครั้ง ซึ่งโปรแกรมใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 32 ชั่วโมง 32 นาที 16 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 6



ตารางที่ 6 จำนวนผู้อพยพและเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกแต่ละประตูของ Zone C และ Zone D จากการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟภายหลังการปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรม

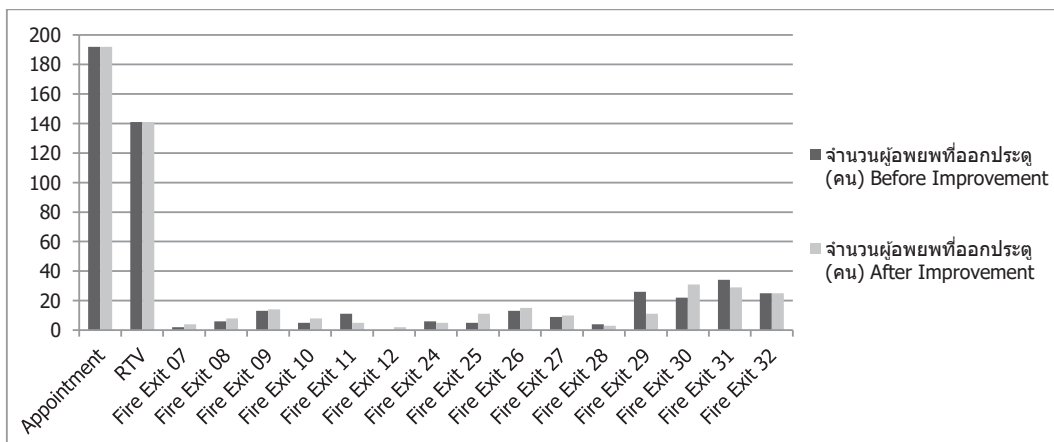
Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)	Exit	จำนวนผู้อพยพ ที่ออกประตู (คน)	เวลาที่คนสุดท้าย ใช้ออกประตู (วินาที)
Appointment	192	135	Fire Exit 25	11	116
RTV	141	125	Fire Exit 26	15	185
Fire Exit 07	4	62	Fire Exit 27	10	108
Fire Exit 08	8	77	Fire Exit 28	3	142
Fire Exit 09	14	105	Fire Exit 29	11	176
Fire Exit 10	8	64	Fire Exit 30	31	215
Fire Exit 11	5	164	Fire Exit 31	29	199
Fire Exit 12	2	72	Fire Exit 32	25	161
Fire Exit 24	5	77			

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายในระยะเวลา 300 วินาที (5 นาที) พบว่าระยะเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของ Zone C และ Zone D คือ 215 วินาที (Fire Exit 30) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด โดยค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้อพยพหนีไฟของแต่ละประตูอยู่ที่ 129 วินาที

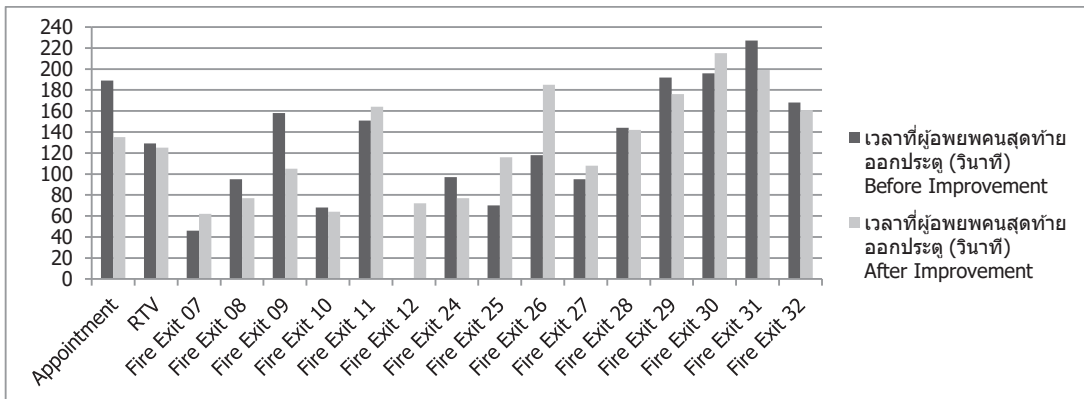
ทั้งนี้ ผลจากการจำลองสถานการณ์ภายหลังการปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารเมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้อพยพหนีไฟกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ภายหลังปรับปรุงสถาปัตยกรรม

กับกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ก่อนปรับปรุงสถาปัตยกรรมพบว่าจำนวนผู้อพยพที่ใช้ประตูทางออกแต่ละประตูมีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในภาพที่ 10

สำหรับเวลาที่ผู้อพยพหนีไฟภายหลังปรับปรุงสถาปัตยกรรมพบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ผู้อพยพของแต่ละประตูลดลงจากเดิม 134 วินาที เป็น 129 วินาที โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาที่ผู้อพยพหนีไฟของประตู Appointment สามารถลดระยะเวลาลงจากเดิม 189 วินาที เป็น 135 วินาที หรือลดลง 54 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้อพยพกรณีก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสถาปัตยกรรม



ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงเวลาที่ใช้อพยพหนีก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสถาปัตยกรรม

4. สรุป

1. ขอบเขตการแพร่กระจายควันไฟจากการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้โดยไม่จำลองการอพยพในระยะเวลา 300 วินาทีจะอยู่ในพื้นที่ Zone C และ Zone D ทำให้สามารถจำกัดการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้พร้อมการอพยพเฉพาะพื้นที่ดังกล่าว

2. การจำลองสถานการณ์อพยพหนีไฟโดยไม่มีการจำลองกองเพลิงหรือกลุ่มควันทั้งในและนอกขอบเขตการแพร่กระจายของควันไฟ ระยะเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตูของทุก Zone เป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด โดย Zone D ใช้ระยะเวลานานที่สุดคือ 218 วินาที

3. การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้อพยพหนีไฟกรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้กับกรณีไม่จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ พบว่ากรณีจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้จะมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้อพยพของแต่ละประตูเพิ่มขึ้นประมาณ 10 วินาที แสดงให้เห็นว่าปริมาณควันไฟที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์เพลิงไหม้จะมีผลทำให้ความเร็วในการอพยพลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง

4. การเปรียบเทียบจำนวนผู้อพยพที่ใช้ช่องทางออกของแต่ละประตู จากผลการจำลองสถานการณ์กรณีก่อนและหลังปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรมพบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่สำหรับเวลาที่ใช้อพยพพบว่าประตู Appointment ซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่เกิดเหตุเพลิงไหม้มากที่สุด ภายหลังการเพิ่มความกว้างประตูจาก 1.0 เมตรเป็น 2.5 เมตร จะสามารถลดระยะเวลาที่ผู้อพยพคนสุดท้ายออกจากประตูลงไปได้ถึง 54 วินาที แสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถในการอพยพที่เพิ่มมากขึ้น

5. พฤติกรรมของผู้อพยพในแต่ละกรณีเมื่อเกิดเพลิงไหม้ จะเริ่มรับรู้ถึงสิ่งผิดปกติ และมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์นั้น จากนั้นจะพยายามอพยพออกไปสู่ภายนอกให้เร็วที่สุด โดยมีการเลือกเส้นทางอพยพหนีไฟที่ใกล้กับทางออกที่มีความคุ้นเคย หรือคิดว่าปลอดภัยมากที่สุด แต่ปริมาณควันไฟที่เพิ่มมากขึ้นเป็นอุปสรรคที่ทำให้ความเร็วในการอพยพลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง ประกอบกับเส้นทางที่ใช้ในการอพยพมีลักษณะคับแคบ เช่น บริเวณประตูทางเข้าทางออก จะทำให้ผู้อพยพเบียด



แย่งกันออก และใช้เวลาในการอพยพมากขึ้น ดังนั้นจากการศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวสามารถนำไปวางแผนการพัฒนาวิธีการอพยพที่ใช้ระยะเวลารวดเร็วและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่น การปรับปรุงแก้ไขลักษณะทางสถาปัตยกรรม โดยการเพิ่มหรือขยายประตูทางออก หรือการติดตั้งระบบระบายควันไฟเชิงกล (Mechanical Exhaust) เพื่อลดความหนาแน่นของควันไฟทำให้มองเห็นทางออกได้ชัดเจนขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการจำลองสถานการณ์ โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Weidmann K and Schreckenberg M.. 2014. Pedestrian and Evacuation Dynamics 2012. Springer International Publishing, March 27, 2014.
- [2] Salley M. H.; Dreisbach, J.; Hill K.; Kassawara R.; Najafi B.; Joglar F.; Hammins, A.; McGrattan K. B.; Peacock R. D. and Gautier B. "Verification and Validation: How to Determine the Accuracy of Fire Models." Fire Protection Engineering, No.34, pp. 34-44, Spring 2007.
- [3] Walter W.Y. and Wan K.C.. 2005. A New Method for Selecting the Design Fire for Safety Provision. Fire Sci. Tech. 24 (2005): 133-149.
- [4] Forney G. 2008. Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Meryland.
- [5] ราชกิจจานุเบกษา. 2540. กฎกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 114 ตอนที่ 67 ก ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2540 หน้า 57-65.
- [6] กระทรวงแรงงาน. 2555. กฎกระทรวงแรงงาน เรื่องข้อกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555. กรุงเทพมหานคร.