



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

วิศวกรรมศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations กรณีศึกษา: อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Flow Calculations Case Study: High-Rise and Extra Large Building

نامผู้วิจัย นายธนายุทธ สิริรัตนนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ แจ่มบำรุง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow
Calculations กรณีศึกษา: อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Flow
Calculations Case Study: High-Rise and Extra Large Building

โดย

นายธนายุทธ สิริรัตนันท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2556

ธนุญช สิริรัตนันท์ 2556: การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations กรณีศึกษา: อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ แจ่มบำรุง, Ph.D. 309 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยสำหรับอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ที่มีจำนวน 40 ชั้น สูง 154.5 เมตร พื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 58,881 ตารางเมตร ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานให้เช่าในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการตรวจสอบ วิเคราะห์เส้นทางอพยพหนีไฟตามข้อกำหนดของกฎหมาย มาตรฐาน NFPA 101 และทำการคำนวณเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัย พร้อมทั้งเสนอข้อแนะนำในการปรับปรุงให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐาน ซึ่งทำให้อาคารมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า หากพิจารณาโดยการคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101 จะมีผู้ใช้อาคารจำนวน 7,531 คน ซึ่งส่งผลทำให้ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟไม่เพียงพอที่ชั้น 9 ส่วนในการจัดวางเส้นทางหนีไฟ ระยะทางสัญจรมีค่าเหมาะสมตามมาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนจุดปล่อยออกภายในอาคารมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนจุดปล่อยออกที่มี ตลอดจนการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟไม่มีความต่อเนื่องไปจนถึงจุดปล่อยออกสาธารณะ และเมื่อคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations พบว่าระยะเวลาอพยพสูงสุดผ่านบันไดหนีไฟจะมีค่าเท่ากับ 67.90 นาที

การเสนอแนะการปรับปรุงทำได้โดย การสร้างการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้ต่อเนื่องด้วยกระจกและประตูทนไฟ ตลอดจนการเพิ่มขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟชั้น 9 โดยสรุปการออกแบบเส้นทางหนีไฟให้มีความปลอดภัยจะต้องมีความรู้ในเรื่องเส้นทางหนีไฟ, ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคาร และจำนวนผู้ใช้พื้นที่ในอาคารเป็นอย่างดี ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้อาคารมากขึ้น และยังส่งผลให้ระยะเวลาอพยพหนีไฟสูงสุดผ่านบันไดหนีไฟลดลงได้ด้วย

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thanayut Sirinutanon 2013: Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Flow Calculations Case Study: High-Rise and Extra Large Building. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Apichart Chaengbamrung, Ph.D. 309 pages.

This research involves the study of fire safety for high-rise and extra large rental building in Bangkok, which has 40 stories. The height of building is 154.5 meters and the building has usage area of 58,881 square meters. The study is conducted by examining and analyzing means of egress requirements according to local law and NFPA 101 standard. Evacuation time is also investigated by using Hydraulic Flow Calculations. The findings are used to determine fire safety quality and to provide recommendations for improvements.

The study showed that number of 7,531 occupants calculated by using NFPA 101 standard which affect to the capacity of means of egress were overloaded on 9th floor. In addition, the arrangement of the fire stairways and travel distance were appropriate. Furthermore, the quantity of internal exit discharges was more than half of the total exit discharges. However, means of egress were not continued to the release point. Finally, based on Hydraulic Flow Calculations, the evacuation time of fire stairway was 67.9 minutes.

The overall findings suggest that fire doors and fire resistant glass shall be installed to improve the continuity of means of egress to the release point. Fire exit on 9th floor shall be increased to enhance its capacity of means of egress. However, in order to lift up the fire safety and reduce evacuation time of fire stairway, the design of means of egress should rely on a well-knowledge on means of egress, classification of occupancy and occupant load.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ แฉ่งบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐศักดิ์ บุญมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา, ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยรุ่น 4 ทุกคนสำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือในการเรียนมาโดยตลอด เจ้าหน้าที่โครงการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่คอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณ คุณบุษกร สุขโรดม สำหรับกำลังใจและการช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้และความสำเร็จในการศึกษาของข้าพเจ้า ขอมอบเป็นความภูมิใจให้แก่คุณแม่อัมพาและคุณพ่อพิทยา สิริनुदानนท์ ผู้ที่มีพระคุณอย่างสูงสุดในชีวิตสำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมการศึกษามาโดยตลอด

ธนายุทธ สิริनुदानนท์
มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	69
อุปกรณ์	69
วิธีการ	69
ผลและวิจารณ์	70
ผล	70
วิจารณ์	240
สรุปและข้อเสนอแนะ	242
สรุป	242
ข้อเสนอแนะ	246
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	248
ภาคผนวก	250
ภาคผนวก ก รายการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบ้านไค FST-1	251
ภาคผนวก ข แบบอาคารที่ทำการศึกษา	299
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	309

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (OLF)	13
2	ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)	17
3	ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางตัน และระยะสัญจรของอาคารประเภทชุมชนคน	21
4	ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางตัน และระยะสัญจรของอาคารประเภทธุรกิจ	22
5	บันไดที่จะก่อสร้างใหม่	41
6	บันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว	41
7	รายการความกว้างของชั้นขอบเขต (Boundary layer width)	57
8	ค่าคงที่ของความเร็วในการอพยพสำหรับสมการที่ 9	58
9	ค่าตัวคูณสำหรับแปลง (Conversion Factor) เป็นระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตั่ง ลูกนอน ขนาดต่างๆ	60
10	ความเร็วของการอพยพสูงสุด กรณีความหนาแน่นของการอพยพน้อยกว่า 0.54 คนต่อตร.ม.	60
11	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด (Maximum Specific Flows-Fsm)	62
12	รายการตรวจสอบตามข้อบังคับของกฎกระทรวงฉบับที่ 47	73
13	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 1	84
14	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 2	86
15	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 3	87
16	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 4	88
17	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 5	89
18	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 6	90
19	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 7	91
20	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 8	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 9	93
22	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 10	94
23	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 11	95
24	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 12	96
25	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 13	97
26	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 14	98
27	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 15	99
28	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 16	100
29	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 17	101
30	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 18	102
31	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 19	103
32	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 20	104
33	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 21	105
34	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 22	106
35	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 23	107
36	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 24	108
37	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 25	109
38	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 26	110
39	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 27	111
40	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 28	112
41	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 29	113
42	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 30	114
43	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 31	115
44	ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 32	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
45 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 33	117
46 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 34	118
47 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 35	119
48 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 36	120
49 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 37	121
50 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 38	122
51 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 39	123
52 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 40	124
53 สรุปจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละชั้น	125
54 ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)	129
55 สรุปจำนวนผู้อพยพในแต่ละชั้น, จำนวนเส้นทางหนีไฟที่ต้องการตามมาตรฐาน, เส้นทางหนีไฟที่มีอยู่จริงและขีดความสามารถในการหนีไฟ	135
56 ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางคั่น และระยะสัญจร	143
57 ระยะทางสัญจรที่ไกลที่สุดของแต่ละชั้น	145
58 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (เส้นทางหนีไฟโดยรวม)	155
59 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (ประตูหนีไฟ)	164
60 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (บันไดหนีไฟ)	167
61 สรุประยะเวลาที่ใช้อพยพไปสู่ประตูหนีไฟที่มากที่สุดของแต่ละชั้น	184
62 จำนวนคนที่อพยพของบันไดหนีไฟ FST-2 (50%), ขนาดพื้นที่ช่องทางผ่าน, ความหนาแน่นและความเร็วบนช่องทางผ่านบนเส้นทางหนีไฟ	187

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
63 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของช่องทางผ่าน (Corridor) บันไดหนีไฟ FST-2 (50%)	191
64 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของ ประตู (Door) บันไดหนีไฟ FST-2 (50%)	197
65 อัตราการสะสมการรอกวที่เกิดขึ้นที่จุดเปลี่ยนถ่ายของบันได FST-2 (ช่องทางผ่านสู่ประตูหนีไฟ)	201
66 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, ความหนาแน่น, ความเร็ว, ระยะทางการเคลื่อนที่, เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, จำนวนคนที่อพยพเข้าไปในบันไดหนีไฟ (Stairway) ของบันไดหนีไฟ FST-2 (50%)	209
67 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของบันไดหนีไฟ (Stairway) FST-2 (50%)	217
68 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (F_c) ของประตูหนีไฟ (Door) และบันไดหนีไฟ (Stairway, FST-2)	221
69 การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-2	227

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ระยะเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดถึงประตูหนีไฟของแต่ละพื้นที่	252
ก2 จำนวนคนที่อพยพของบันไดหนีไฟ FST-1 (25%), ขนาดพื้นที่ช่องทางผ่าน, ความหนาแน่นและความเร็วบนช่องทางผ่านบนเส้นทางหนีไฟ	264
ก3 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของช่องทางผ่าน (Corridor) บันไดหนีไฟ FST-1 (25%)	267
ก4 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของประตู (Door) บันไดหนีไฟ FST-1 (25%)	271
ก5 อัตราการสะสมการรอคิวที่เกิดขึ้นที่จุดเปลี่ยนถ่ายของบันได FST-1 (ช่องทางผ่านสู่ประตูหนีไฟ)	275
ก6 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, ความหนาแน่น, ความเร็ว, ระยะทางการเคลื่อนที่, เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, จำนวนคนที่อพยพเข้าไปในบันไดหนีไฟ (Stairway) ของบันไดหนีไฟ FST-1 (25%)	279
ก7 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ ของบันไดหนีไฟ (Stairway) FST-1 (25%)	284
ก8 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (F_c) ของประตูหนีไฟ (Door) และบันไดหนีไฟ (Stairway, FST-1)	288
ก9 การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-1	292

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระยะทางสัญจร ระยะทางบังคับ และระยะปลายทาง	19
2	การวัดระยะสัญจรรวม	20
3	การกั้นแยกบันไดด้วยผนังทึบไฟ	23
4	ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ	25
5	ทางออกหนีไฟ	25
6	ทางปล่อยออก	26
7	ตัวอย่างแสดงจำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี	29
8	การจัดวางตำแหน่งทางออกหนีไฟโดยที่ระยะห่างระหว่างทางออกหนีไฟต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นทแยงมุมของห้อง	31
9	บันไดแบบกรรไกร	32
10	การวัดความกว้างของประตู เพื่อหาความสามารถในการอพยพหนีไฟ	34
11	ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างของประตู เพื่อหาความสามารถในการอพยพหนีไฟ	35
12	ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างสุทธิที่น้อยที่สุดของประตู	36
13	การวัดขนาดลูกตั้งของบันได	42
14	รูปแบบของราวจับที่เหมาะสม (ภาพซ้าย) และไม่เหมาะสม (ภาพขวา) เนื่องจากไม่เป็นทอกลม	43
15	เวลาในการอพยพจากการสังเกตการณ์ (Observation) และจากสมการที่ได้จากการคาดการณ์ (Derivation equation for prediction of total evacuation time) สำหรับอาคารสำนักงานที่มีความสูง 8 ถึง 20 ชั้น	53
16	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นบนบันไดในการอพยพที่ไม่มีการควบคุม	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
17 (ก) การวัดความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันไดที่สัมพันธ์กับกำแพง, ราวจับ	55
(ข) การวัดความกว้างที่ใช้ได้จริงของที่นั่ง	56
18 ความกว้างที่ใช้ได้จริงของช่องทางเดินสาธารณะ	56
19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นของการอพยพ	59
20 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะในรูปฟังก์ชันความหนาแน่นของการอพยพ	62
21 กระแสไหลเคลื่อน 2 กระแสที่มารวมกัน	65
22 การเปลี่ยนขนาดของทางอพยพ	65
23 การติดตั้งระบบไฟฟ้าส่องสว่างฉุกเฉินเพิ่มเติมในบันไดหนีไฟตามกฎหมายและติดตั้งท่อยื่นประเภท 3	80
24 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้น 9	140
25 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางของชั้น 9	141
26 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางของชั้น 9	141
27 ตัวอย่างของการวัดระยะสัญญาณที่ตำแหน่งไกลสุด	144
28 การปรับปรุงการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออกสู่สาธารณะของบันได FST-2 ชั้น 1	152
29 การปรับปรุงการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออกสู่สาธารณะของบันได FST-3 ชั้น 2	153
30 ตำแหน่งการปรับปรุงการกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟชั้น 2	154
31 ตำแหน่งการปรับปรุงการกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟชั้น 2	154
32 การปรับปรุงสำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น	178

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
33	ราวจับบันไดหนีไฟ FST-2 ที่จะต้องติดตั้งราวจับเพิ่มอีก 1 ด้าน	179
34	ราวจับบันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ที่มี 1 ด้าน แต่ไม่ควรติดตั้งเพิ่ม	179
35	ป้ายสัญลักษณ์ในบันไดหนีไฟที่ติดตั้งอยู่แล้ว	180
36	ป้ายสัญลักษณ์ในบันไดหนีไฟตามมาตรฐาน	180
37	ตำแหน่งการขยายความกว้างของประตูหนีไฟของบันได FST-2 และการแบ่งจำนวนผู้อพยพหนีไฟของชั้น 9	236
38	ตำแหน่งประตูที่จะขยายของบันไดหนีไฟชั้น 9	237
39	ตำแหน่งประตูที่จะขยายของบันไดหนีไฟชั้น 9	237
ภาพผนวกที่		
ข1	แบบแปลนอาคารชั้น 1	300
ข2	แบบแปลนอาคารชั้น 2	301
ข3	แบบแปลนอาคารชั้น 3	302
ข4	แบบแปลนอาคารชั้น 4	303
ข5	แบบแปลนอาคารชั้น 5-8, 10-15	304
ข6	แบบแปลนอาคารชั้น 9	305
ข7	แบบแปลนอาคารชั้น 16-20	306
ข8	แบบแปลนอาคารชั้น 25	307
ข9	แบบแปลนอาคารชั้น 36-39	308

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations กรณีศึกษา: อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Flow Calculations Case Study: High-Rise and Extra Large Building

คำนำ

เหตุการณ์ไฟไหม้ที่เกิดขึ้นที่โรงแรมรอยัล จอมเทียน รีสอร์ท พัทยา เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 มีผู้เสียชีวิต 91 ราย โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตจำนวนมากเนื่องมาจากเส้นทางอพยพหนีไฟไม่ได้มาตรฐาน เช่น ช่องบันไดกลางของอาคารไม่ได้ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ทำให้มีสภาพเป็นช่องเปิดโล่งตลอดความสูงของอาคาร เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นทำให้ไฟและควันแพร่กระจายลุกลามไปทั่วทั้งอาคารอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพหนีไฟได้ และประตูทางออกในบันไดหนีไฟถูกปิดตายทำให้ผู้อพยพมาตายกองรวมกันในบันไดหนีไฟเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

เนื่องด้วยความรู้ในเรื่องจำนวนผู้ใช้พื้นที่ในอาคาร (Occupant Load), การออกแบบและจัดเตรียมเส้นทางอพยพหนีไฟให้เกิดความปลอดภัยยังไม่แพร่หลายมากนักในปัจจุบัน และมาตรการการควบคุมการออกแบบและการตรวจสอบเส้นทางหนีไฟก็ยังไม่ดีพอ จึงทำให้เหตุการณ์ไฟไหม้ที่โรงแรมรอยัล จอมเทียน มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยในอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษามาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยตามกฎหมายที่บังคับใช้อยู่กับอาคารกรณีศึกษา และตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code รวมถึงศึกษาวิธีการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations เพื่อนำข้อมูลต่างๆ ไปกำหนดรายละเอียดการตรวจสอบ, วิเคราะห์และประเมินเส้นทางหนีไฟของอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษว่ามีความปลอดภัยตามมาตรฐานหรือไม่ และเพื่อนำไปคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ

ดังนั้นการทราบถึงจุดที่มีความไม่ปลอดภัยตามมาตรฐานและระยะเวลาอพยพหนีไฟในเบื้องต้น ทำให้สามารถกำหนดมาตรการปรับปรุงและบำรุงรักษาเส้นทางหนีไฟให้มีสภาพความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารได้ ซึ่งการปรับปรุงตามมาตรฐานดังกล่าวจะทำให้ระยะเวลาการอพยพหนี

ไฟลดลงได้อีกด้วย นอกจากนี้การทราบระยะเวลาอพยพหนีไฟที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนการอพยพหนีไฟและวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้อพยพได้อีกด้วย โดยภาพรวมแล้วจะส่งผลให้เกิดความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้อาคารและภาพลักษณ์ที่ดีต่ออาคารนั้นๆ



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา, ตรวจสอบและวิเคราะห์ความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยตามกฎหมายขั้นต่ำของอาคารกรณีศึกษา พร้อมเสนอแนะการปรับปรุงขั้นต่ำตามกฎหมายที่ควบคุมอาคารนั้น
2. เพื่อศึกษา, ตรวจสอบและวิเคราะห์ความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยของอาคารกรณีศึกษาตามมาตรฐาน National Fire Protection Association (NFPA 101) ในหมวดของเส้นทางหนีไฟสำหรับอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ว่าผ่านตามมาตรฐานหรือไม่ พร้อมเสนอแนะการปรับปรุงตามมาตรฐาน
3. เพื่อศึกษา, วิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations ลักษณะการวิเคราะห์แบบละเอียด (More Detailed Analysis) ด้วยการประเมินผู้อพยพหนีไฟมากที่สุดตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน NFPA 101 ว่าได้ระยะเวลาอพยพหนีไฟเท่าใด, จุดควบคุมอัตราการไหลของผู้อพยพที่แท้จริงอยู่ที่ไหน พร้อมเสนอแนะการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟเพื่อการลดระยะเวลาการอพยพหนีไฟ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจสอบความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยตามกฎหมายและเสนอแนะการปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมาย
2. สามารถระบุได้ว่าในการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101 ตำแหน่งหรือบริเวณใดที่ไม่ปลอดภัยหรือไม่ผ่านตามมาตรฐาน พร้อมทั้งสามารถเสนอแนะการปรับปรุงให้อาคารมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น
3. สามารถประเมินระยะเวลาอพยพหนีไฟได้อย่างสมเหตุผล มีข้อมูลพื้นฐานเก็บไว้ให้กับอาคารนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ทราบตำแหน่งที่เป็นจุดควบคุมอัตราการไหลของผู้อพยพที่แท้จริง และพร้อมทั้งสามารถนำผลของการปรับปรุงในเรื่องการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟมาใช้ เพื่อลดระยะเวลาอพยพหนีไฟได้

ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้ใช้กับอาคารขนาดสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ที่มีจำนวนชั้น 40 ชั้น เป็นอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารหลักประเภทธุรกิจและชุมนุมคน
2. งานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบ, วิเคราะห์, ประเมิน และปรับปรุงภายใต้ กฎกระทรวงฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และตามข้อกำหนดมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ของ National Fire Protection Association ในเรื่องของเส้นทางหนีไฟสำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (Existing Business Occupancies)
3. งานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบ, วิเคราะห์, ประเมิน, ปรับปรุง และคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่กรณีศึกษาอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งที่มีความสูง 40 ชั้น พื้นที่ครอบครองประเภทประกอบธุรกิจที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว (The Existing Business Occupancy) การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ได้แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้คือ

1. ศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่จะตรวจสอบ เพื่อสรุปข้อกำหนดและการตรวจสอบให้สอดคล้องกับอาคารกรณีศึกษา พร้อมการปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมาย
2. ศึกษามาตรฐานทางด้าน NFPA 101, Life Safety Code Handbook 2006 Edition เพื่อสรุปรายการข้อกำหนดที่จะทำการวิเคราะห์และปรับปรุงทางด้านเส้นทางหนีไฟ
3. ศึกษาการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations เพื่อคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟและการปรับปรุง

กฎกระทรวงฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ข้อ 5 (1) อาคารที่มีความสูงตั้งแต่สี่ชั้นขึ้นไปให้ติดตั้งบันไดหนีไฟที่ไม่ใช่บันไดแนวดิ่งเพิ่มจากบันไดหลักให้เหมาะสมกับพื้นที่ของอาคาร เพื่อให้สามารถลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายในหนึ่งชั่วโมง โดยไม่ถือเป็นการดัดแปลงอาคารแต่ต้องยื่นแบบให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาให้ความเห็นชอบ และบันไดหนีไฟต้องมีลักษณะดังนี้

ก. บันไดหนีไฟภายในอาคารต้องมีผนังทุกด้านโดยรอบที่ทำด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ

ข. ช่องประตูสู่บันไดหนีไฟต้องเป็นบานเปิดทำด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ชนิดที่บังคับให้บานประตูปิดได้เองเพื่อป้องกันควันและเปลวไฟมิให้เข้าสู่บันไดหนีไฟ และมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 2 เมตร

ข้อ 5 (2) จัดให้มีการติดตั้งแบบแปลนแผนผังของอาคารแต่ละชั้นแสดงตำแหน่งห้องต่างๆ ทุกห้อง ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ ประตูหรือทางหนีไฟของชั้นนั้นติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เห็นชัดเจนที่บริเวณห้องโถงลิฟต์หรือหน้าลิฟต์ทุกแห่งทุกชั้นของอาคาร และที่บริเวณพื้นที่ชั้นล่างของอาคารต้องจัดให้มีแบบแปลนแผนผังของอาคารทุกชั้นเก็บรักษาไว้เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้โดยสะดวก

ข้อ 5 (3) ติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือตามชนิดและขนาดที่กำหนดไว้ในท้ายกฎกระทรวงนี้อย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับดับเพลิงที่เกิดจากประเภทของวัสดุที่มีในแต่ละชั้น โดยมี 1 เครื่องต่อพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร ทุกระยะไม่เกิน 45 เมตร แต่ไม่น้อยกว่าชั้นละ 1 เครื่อง การติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือนี้ ต้องติดตั้งให้ส่วนบนสุดของตัวเครื่องสูงจากระดับ 1.5 เมตร ในที่มองเห็น สามารถอ่านคำแนะนำการใช้ได้และสามารถเข้าใช้สอยได้สะดวก และต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ตลอดเวลา

ข้อ 5 (4) ติดตั้งระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้ทุกชั้น โดยระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้อย่างน้อยต้องประกอบด้วย

ก. อุปกรณ์ส่งสัญญาณเพื่อให้หนีไฟที่สามารถส่งเสียงหรือสัญญาณให้คนที่อยู่ในอาคารได้ยินหรือทราบอย่างทั่วถึง

ข. อุปกรณ์แจ้งเหตุที่มีทั้งระบบแจ้งเหตุอัตโนมัติและระบบแจ้งเหตุที่ใช้มือเพื่อให้อุปกรณ์ตามข้อ ก. ทำงาน

ข้อ 5 (5) ติดตั้งระบบไฟส่องสว่างสำรองเพื่อให้มีแสงสว่างสามารถมองเห็นช่องทางเดินได้ขณะเกิดเพลิงไหม้และมีป้ายบอกชั้นและป้ายบอกทางหนีไฟที่ด้านในและด้านนอกของประตูหนีไฟทุกชั้นด้วยตัวอักษรที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนโดยตัวอักษรต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 เซนติเมตร

ข้อ 5 (6) ติดตั้งระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าซึ่งประกอบด้วยเสาต่อฟ้า สายล่อฟ้า สายตัวนำ สายนำลงดินและหลักดินที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบ โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

**กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) และกฎกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ. 2540) ออกตามความใน
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522**

ข้อ 8 ทวิ อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องจัดให้มีผนังหรือประตูที่ทำด้วยวัสดุทนไฟที่สามารถปิดกั้นมิให้เปลวไฟหรือควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้เข้าไปในบริเวณบันไดที่มีใช้บันไดหนีไฟของอาคาร ทั้งนี้ผนังหรือประตูดังกล่าวต้องสามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

ข้อ 22 อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงสุดหรือคาบฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ในที่ที่บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถมาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก แต่ละบันไดหนีไฟต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60 เมตร เมื่อวัดตามแนวทางเดิน

ระบบบันไดหนีไฟตามวรรคหนึ่งต้องแสดงการคำนวณให้เห็นว่าสามารถใช้ลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง

ข้อ 23 บันไดหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟและไม่สุกก่อน เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น มีความกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ลูกลอนกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีชานพักกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และมีราวบันไดอย่างน้อยหนึ่งด้าน ห้ามสร้างบันไดหนีไฟเป็นแบบบันไดเวียน

ข้อ 26 บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคารต้องมีผนังกันไฟโดยรอบ ยกเว้นช่องระบายอากาศ และต้องมีแสงสว่างจากระบบไฟฟ้าฉุกเฉินให้มองเห็นช่องทางได้ขณะเพลิงไหม้ และมีป้ายบอกชั้นและป้ายบอกทางหนีไฟที่ด้านในและด้านนอกของประตูหนีไฟทุกชั้นด้วยตัวอักษรที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนโดยตัวอักษรมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 เซนติเมตร

ข้อ 27 ประตูหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟ เป็นบานเปิดชนิดผลักออกสู่ภายนอกพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ชนิดที่บังคับให้บานประตูปิดได้เอง มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร และต้องสามารถเปิดออกได้โดยสะดวกตลอดเวลา ประตูหรือทางออกสู่บันไดหนีไฟต้องไม่มีขั้นหรือธรณีประตูหรือขอบกั้น

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code, Edition 2006

มาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code เป็นมาตรฐานของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ (National Fire Protection Association) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในเรื่องความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัย เป็นแนวทางในการเตรียมเส้นทางหนีไฟเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อาคาร โดยมาตรฐานนี้จะพิจารณาจากลักษณะกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) และจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant load) เป็นสำคัญ เพื่อกำหนดตามลักษณะความเสี่ยงและจัดทำมาตรฐานทางหนีไฟให้เหมาะสมกับแต่ละประเภทของลักษณะกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) มาตรฐานนี้มีเป้าหมายให้สามารถจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย ภายใต้อุบัติการณ์ไฟไหม้และเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อปกป้องผู้ใช้อาคารที่ไม่ได้อยู่ใกล้ชิดกับแหล่งต้นเพลิง และเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้แหล่งต้นเพลิง และให้มีการอพยพผู้คนในกรณีฉุกเฉินไปยังที่ปลอดภัยอย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของมาตรฐานนี้คือจะต้องออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาอาคารให้สามารถปกป้องผู้ใช้อาคารตลอดระยะเวลาในการอพยพออกไปนอกอาคาร โดยโครงสร้างของอาคารจะต้องมีความมั่นคงในระหว่างที่ผู้ใช้อาคารอพยพออกไปนอกอาคารและต้องติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยให้ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพเพียงพอ มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาให้ระบบมีการทำงานที่เชื่อถือได้ โดยมาตรฐานนี้สามารถจำแนกลักษณะการใช้หรือครอบครองอาคาร (Classification of Occupancy) ได้ 12 ประเภทดังนี้คือ

การแบ่งพื้นที่ครอบครอง (Classification of Occupancy)

1. พื้นที่ครอบครองประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) เป็นสถานที่ชุมนุมคนที่มีผู้ใช้อาคารหนาแน่น ผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยสถานที่ เช่น สถานที่ที่ใช้สำหรับการประชุม ปรีक्षाหรือ, สถานที่ที่ใช้สำหรับการทำพิธีทางศาสนา เช่น การสวดมนต์, สถานที่ที่ใช้สำหรับเพื่อความบันเทิง การกิน การดื่มและสันทนาการ หรือสถานที่ที่หยุดพักเพื่อรอการเดินทาง โดยที่กล่าวมาจะต้องมีจำนวนคนที่ใช้อาคารตั้งแต่ 50 ขึ้นไปหรือสถานที่เพื่อความบันเทิงแบบพิเศษ เช่น สวนสนุกจะจัดเป็นพื้นที่ครอบครองประเภทชุมนุมคนแม้ว่าจำนวนผู้ใช้อาคารจะไม่ถึง 50 คนก็ตาม

2. พื้นที่ครอบครองประเภทสถานศึกษา (Educational Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการศึกษาเล่าเรียนตั้งแต่อนุบาลจนถึงมัธยมปลายและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) โดยมีผู้ใช้อาคารอย่างน้อย 6 คน มีเวลาทำการอย่างน้อยวันละ 4 ชั่วโมงหรืออย่างน้อยสัปดาห์ละ 12 ชั่วโมง

3. พื้นที่ครอบครองประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน (Day Care Occupancy) เป็นสถานที่ใช้เพื่อการรับเลี้ยงดูเด็กเล็กจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป มีเวลาทำการน้อยกว่า 24 ชั่วโมงต่อวัน

4. พื้นที่ครอบครองประเภทรักษาพยาบาล (Health Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการรักษาพยาบาลผู้ป่วยจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ซึ่งผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เนื่องจากสูงอายุ พิกัดทางด้านร่างกายหรือสภาพจิตไม่ปกติ เช่น โรงพยาบาล, Nursing home เป็นต้น

5. พื้นที่ครอบครองประเภทรักษาพยาบาลผู้ป่วยนอก (Ambulatory Health Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้รองรับผู้ป่วยนอกเพื่อการรักษาพยาบาลในภาวะฉุกเฉินตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป โดยได้จัดเตรียมอุปกรณ์ที่สามารถรองรับได้ไว้

6. พื้นที่ครอบครองประเภทกักขังและลงโทษ (Detention and Correctional Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการกักขังและลงโทษนักโทษตั้งแต่ 4 คนเป็นต้นไป

7. พื้นที่ครอบครองประเภทที่อยู่อาศัย (Residential Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยหลับนอนผู้ใช้อาคารอยู่ในภาวะหลับไหลซึ่งในพื้นที่ครอบครองนี้จะประกอบด้วยผู้คนที่ทุกเพศทุกวัย เช่น โรงแรม, อพาร์ทเมนต์ เป็นต้น

8. พื้นที่ครอบครองประเภทที่อยู่อาศัยและให้การดูแล (Residential Board and Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการพำนักอาศัยและให้การดูแลบุคคลที่มาอยู่ร่วมกันตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป โดยไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกันทางสายเลือด เช่น สถานสงเคราะห์ต่าง ๆ

9. พื้นที่ครอบครองประเภทค้าขาย (Mercantile Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการแสดงสินค้าหรือขายสินค้า มีความคล้ายกับพื้นที่ครอบครองประเภทชุมนุมคนคือ มีจำนวนผู้ใช้อาคารมากและไม่มีความคุ้นเคยกับสถานที่ แต่พื้นที่ครอบครองประเภทค้าขายจะมีวัตถุประสงค์เพื่อ

จำนวนมากและขนาดใหญ่ เช่น ห้างสรรพสินค้า, ซูเปอร์มาร์เก็ต, ภัตตาคารที่มีผู้ใช้อาคารน้อยกว่า 50 คน เป็นต้น

10. พื้นที่ครอบครองประเภทประกอบธุรกิจ (Business Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการติดต่อทางธุรกิจมากกว่าการค้าขาย ซึ่งความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารจะน้อยกว่าประเภทค้าขาย และผู้ใช้อาคารจะมีความคุ้นเคยกับสถานที่นั้นๆ

11. พื้นที่ครอบครองประเภทกิจการโรงงาน (Industrial Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการผลิต, การประกอบ, การผสม, การบรรจุ, การตกแต่งหรือซ่อมแซมสินค้า เช่น โรงงานต่างๆ

12. พื้นที่ครอบครองประเภทจัดเก็บสินค้า (Storage Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการจัดเก็บสินค้า เป็นพื้นที่ครอบครองที่มีความหนาแน่นของ ผู้ใช้อาคารต่ำแต่จะมีวัสดุเชื้อเพลิงหลากหลาย

โดยปกติแล้วอาคารหนึ่งๆ จะมีหลายพื้นที่ครอบครองซึ่งจะเรียกว่า พื้นที่ครอบครองแบบหลายประเภท (Multiple Occupancy) โดยแยกได้ 2 ประเภทคือ

1. พื้นที่ครอบครองประเภทแบบผสม (Mixed Occupancy) คือ พื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้อาคารแบบหลายประเภทผสมเข้าด้วยกัน

2. พื้นที่ครอบครองแบบกั้นแยก (Separated Occupancy) คือ พื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้อาคารแบบหลายประเภทที่แต่ละพื้นที่ถูกกั้นแยกออกจากกันด้วยผนังทนไฟและมีประตูหนีไฟเป็นของตนเองในแต่ละพื้นที่

ในพื้นที่ครอบครองแต่ละประเภทของอาคารนั้น เราสามารถแบ่งประเภทตามระดับความอันตรายของวัสดุ (Classification of Hazard of Contents) ได้ดังนี้

1. วัสดุอันตรายต่ำ (Low Hazard Contents) คือ วัสดุที่สามารถลุกติดไฟได้น้อยและไฟที่เกิดขึ้นไม่ลุกลามไปยังบริเวณอื่น

2. วัสดุอันตรายปานกลาง (Ordinary Hazard Contents) คือ วัสดุที่เมื่อติดไฟแล้วจะมี
ความเร็วในการเผาไหม้ปานกลางหรือเกิดควันไฟในปริมาณมาก

3. วัสดุอันตรายสูง (High Hazard Contents) คือ วัสดุที่เมื่อติดไฟแล้วจะเกิดการเผาไหม้
รุนแรงอย่างรวดเร็วหรืออาจจะเกิดการระเบิดขึ้นได้ เช่น คลังน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

การจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code จะพิจารณาด้วย
มาตรฐานที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟบทที่ 7 Means of Egress เป็นหลักและต้องใช้รายละเอียดเพิ่มเติม
สำหรับอาคารประเภทธุรกิจที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว (Existing Business Occupancies) ในบทที่
39 รวมด้วย

ขั้นตอนและหัวข้อในการพิจารณานำมาใช้ในการวิเคราะห์และจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ มี
ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารใน (Classification of Occupancy) และ
คำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load)

2. การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

3. การพิจารณาการจัดวางเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

4. การวิเคราะห์และคำนวณหาระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร
(Measurement of Travel Distance to Exits) ซึ่งมีรายละเอียดที่ต้องนำพิจารณาดังนี้

4.1 ระยะทางสัญจร (Travel Distance to Exits)

4.2 ระยะทางบังคับร่วม (Common Path of Travel)

4.3 ระยะทางปลายตัน (Dead Ends)

5. การวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

6. ส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component) และการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)

6.1 ข้อกำหนดและส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component)

6.2 ข้อกำหนดทั่วไปของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Requirements)

6.3 จำนวนเส้นทางหนีไฟ (Number of Means of Egress) และการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

6.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability) มีรายละเอียดที่นำมาพิจารณาดังนี้

6.4.1 ประตู (Doors)

6.4.2 บันได (Stairs)

6.4.3 ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)

6.4.4 ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (Walking Surfaces in the Means of Egress)

6.4.5 ทางปล่อยออก (Discharge from Exits)

6.4.6 แสงสว่างในเส้นทางหนีไฟ (Illumination of Means of Egress) และไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting)

6.4.7 ป้ายสัญลักษณ์ในเส้นทางหนีไฟ (Sign in Means of Egress)

รายละเอียดต่างๆ เพื่อการจำแนกตามข้อมูลข้างต้นตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารใน (Classification of Occupancy) และ
จำนวนจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load)

การแบ่งพื้นที่ครอบครองตามลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารสามารถแบ่งได้ 12 ประเภท
ดังกล่าวข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว

การพิจารณาขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟนั้น สิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา คือ
จำนวนผู้ใช้พื้นที่ ซึ่งสามารถคำนวณผู้ใช้งานของแต่ละพื้นที่หรือห้องใดๆ ได้จากขนาดพื้นที่ที่
ต้องการคำนวณ (ตร.ม. หรือ ตร.ฟุต.) หาค่าด้วยค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (ตร.ม ต่อคน
หรือ ตร.ฟุต ต่อ คน) ดังสมการ (1) และค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load
Factor, OLF) ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 1

$$\text{จำนวนผู้ใช้พื้นที่} = \frac{\text{พื้นที่}}{\text{ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร}} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (OLF)

ลักษณะการใช้งาน	ตารางเมตร (ต่อคน) ¹	ตารางฟุต (ต่อคน) ¹
ประเภทชุมนุมคน		
ใช้งานหนาแน่นและไม่มีเก้าอี้แบบยึดติดกับ ที่	0.65 สุตริ	7 สุตริ
ใช้งานไม่หนาแน่นและไม่มีเก้าอี้แบบยึดติด กับที่	1.4 สุตริ	15 สุตริ
ม้านั่งแบบแถวยาว	ความยาว 455 มม. / คน	ความยาว 18 นิ้ว/ คน
เก้าอี้แบบยึดติดกับที่	1 เก้าอี้/ 1 คน	1 เก้าอี้/ 1 คน
พื้นที่รอกอย น้อยกว่า 930 ตร.ม.	0.46	5
พื้นที่รอกอย มากกว่า 930 ตร.ม.	0.65	7

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะการใช้งาน	ตารางเมตร (ต่อคน) ¹	ตารางฟุต (ต่อคน) ¹
ห้องครัว	9.3	100
บริเวณชั้นหนังสือในห้องสมุด	9.3	100
บริเวณนั่งอ่านหนังสือในห้องสมุด	4.6 สุทธิ	50 สุทธิ
สระว่ายน้ำ (พื้นผิวน้ำ)	4.6	50
พื้นที่ริมสระว่ายน้ำ	2.8	30
ห้องออกกำลังกายแบบมีอุปกรณ์	4.6	50
ห้องออกกำลังกายแบบไม่มีอุปกรณ์	1.4	15
เวที	1.4 สุทธิ	15 สุทธิ
เวทีเดินแบบและห้องจัดแสดงภาพ	9.3 สุทธิ	100 สุทธิ
คาสีโนและพื้นที่เล่นเกมส	1	11
ลานสเก็ต	4.6	50
ประเภทสถานศึกษา		
ห้องเรียน	1.9 สุทธิ	20 สุทธิ
ห้องทดลอง ห้องทำงาน	4.6 สุทธิ	50 สุทธิ
ประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน	3.3 สุทธิ	35 สุทธิ
ประเภทรักษาพยาบาล		
ส่วนทำการรักษา	22.3	240
ส่วนการพักรักษา	11.1	120
ส่วนรักษาพยาบาลผู้ป่วยนอก	9.3	100
ประเภทกักขังและลงโทษ	11.1	120
ประเภทที่อยู่อาศัย		
โรงแรมและหอพัก	18.6	200
อาคารห้องชุด	18.6	200
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	18.6	200
ประเภทกิจการโรงงาน		
โรงงานแบบธรรมดาและแบบอันตรายสูง	9.3	100
โรงงานเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ	ไม่ใช่	ไม่ใช่

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะการใช้งาน	ตารางเมตร (ต่อคน) ¹	ตารางฟุต (ต่อคน) ¹
ประเภทประกอบธุรกิจ	9.3	100
ประเภทจัดเก็บสินค้า		
พื้นที่ครอบครองประเภทจัดเก็บสินค้า	ไม่ใช่	ไม่ใช่
พื้นที่ครอบครองประเภทค้าขาย	27.9	300
พื้นที่ครอบครองประเภทอื่นนอกเหนือจากข้างต้น	46.5	500
ประเภทค้าขาย หรือห้างสรรพสินค้า		
พื้นที่ค้าขายบนชั้นถนน ^{2, 3}	2.8	30
พื้นที่ค้าขายที่ติดชั้นถนนตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ³	3.7	40
พื้นที่ค้าขายบนชั้นที่ต่ำกว่าชั้นถนน ³	2.8	30
พื้นที่ค้าขายบนชั้นที่สูงกว่าชั้นถนน ³	5.6	60
ชั้นหรือส่วนของชั้นที่ใช้เป็นสำนักงาน	ดูประเภทประกอบธุรกิจ	ดูประเภทประกอบธุรกิจ
ชั้นหรือส่วนของชั้นที่ใช้สำหรับจัดเก็บของรับของ และส่งของ และไม่ได้เปิดสู่ที่สาธารณะ ⁴	27.9	300

หมายเหตุ ไม่ใช่ หมายความว่าใช้จำนวนผู้ใช้พื้นที่ที่มากที่สุดที่จะมีได้

¹ ทุกค่าจะแสดงถึงพื้นที่ทั้งหมด ยกเว้นแต่ว่าเป็นพื้นที่สุทธิ จะมีคำว่าสุทธิต่อท้าย

² จุดประสงค์เพื่อหาจำนวนผู้ใช้พื้นที่ ในพื้นที่ครอบครองประเภทค้าขาย เนื่องจากมีถนนที่มีระดับต่างกันหลายระดับที่แต่ละด้านของอาคาร อาจจะมีสองชั้นหรือมากกว่าที่สามารถเข้ามาจากถนนได้โดยตรง (ยกเว้นเป็นถนนในตรอก หรือถนนอื่นที่คล้ายคลึง) ยินยอมให้พิจารณาทุกชั้นเป็นชั้นถนนได้ โดยมีค่าตัวประกอบผู้ใช้พื้นที่ต่อ 1 คน เท่ากับ 3.7 ตร.ม. (40 ตร.ฟุต) ของพื้นที่สุทธิที่ใช้ค้าขาย

ตารางที่ 1 (ต่อ)

³ จุดประสงค์เพื่อหาจำนวนผู้ใช้พื้นที่ ในพื้นที่ครอบครองประเภทค้าขายในกรณีที่ไม่มีชั้นถนน แต่สามารถเข้าได้โดยตรงจากบันไดหรือบันไดเลื่อน ยินยอมให้พิจารณาชั้นทางเข้าสู่พื้นที่ครอบครองประเภทค้าขายเป็นชั้นถนนได้

⁴ ลานขายอาหาร หรือพื้นที่ที่ใช้อื่นๆ ที่อยู่ในโถงทางเดินโดยที่ไม่รวมส่วนพื้นที่นอกโถงทางเดิน จำนวนผู้ใช้พื้นที่จากตัวประกอบจำนวนผู้ใช้พื้นที่ให้ใช้ค่าตามระบุในตารางนี้ ส่วนพื้นที่ที่เหลือของโถงทางเดินไม่ต้องคำนวณ

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

2. การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

2.1.1 ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น รวมทั้งระเบียงและพื้นที่ที่มีคนใช้สอย ต้องเพียงพอกับจำนวนผู้ใช้พื้นที่ทั้งหมดที่คำนวณได้

2.1.2 ทางออกหนีไฟที่รองรับการอพยพหนีไฟมากกว่า 1 ชั้นจะใช้จำนวนผู้ใช้พื้นที่ของแต่ละชั้นเท่านั้น ในการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ชั้นนั้นๆ และขีดความสามารถของทางออกหนีไฟต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ

2.1.3 ในกรณีชั้นตรงกลางที่รองรับการอพยพหนีไฟจากชั้นบนและชั้นล่าง ขีดความสามารถของทางออกหนีไฟชั้นตรงกลาง ต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของชั้นบนและชั้นล่าง

2.1.4 ในกรณีชั้นลอยหรือระเบียงที่ต้องอพยพลงมาชั้นที่อยู่ด้านล่าง ให้รวมจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของชั้นลอยหรือระเบียงนั้นๆ กับจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของชั้นที่อยู่ด้านล่าง

2.1.5 จิตความสามารถของช่องผ่าน ให้คำนวณจากจำนวนผู้ใช้พื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ช่องผ่านนั้นเป็นทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟหารด้วยจำนวนทางออกทั้งหมด ซึ่งต้องไม่น้อยกว่าจิตความสามารถของทางออกหนีไฟที่ช่องผ่านนั้นเชื่อมต่ออยู่

2.1.6 ความกว้างของเส้นทางหนีไฟ ต้องกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร โดยวัดจุดที่แคบที่สุดในทางออกหนีไฟ ยกเว้นส่วนที่ยื่นเข้ามาด้านละไม่เกิน 110 มิลลิเมตร

2.2 การคำนวณจิตความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

ขนาดของเส้นทางหนีไฟต้องมีการจัดเตรียมให้มีขนาดที่เพียงพอกับจำนวนผู้ใช้งานพื้นที่ โดยจิตความสามารถของเส้นทางหนีไฟ สามารถคำนวณได้จากขนาดความกว้างของทางออก (มิลลิเมตร หรือนิ้ว) หารด้วย ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor, CF) ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อคน หรือนิ้วต่อคน) ดังสมการ (2)

$$\text{ความสามารถของเส้นทางหนีไฟ} = \frac{\text{ความกว้างจริง}}{\text{ค่าตัวประกอบความสามารถ}} \quad (2)$$

ค่าตัวประกอบความสามารถ ที่นำมาพิจารณาจิตความสามารถของเส้นทางหนีไฟ นั้นจะแตกต่างกันตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร ตามแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)

ประเภทกิจกรรมการใช้ อาคาร	บันได (ความกว้างต่อคน)		ทางราบและทางลาดชัน (ความกว้างต่อคน)	
	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	10	0.4	5	0.2
รักษาพยาบาล (ติดตั้งหัว กระจายน้ำดับเพลิง)	7.6	0.3	5	0.2
รักษาพยาบาล (ไม่ได้ติดตั้ง หัวกระจายน้ำดับเพลิง)	15	0.6	13	0.5

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเภทกิจกรรมการใช้ อาคาร	บันได		ทางราบและทางลาดชัน	
	(ความกว้างต่อคน)		(ความกว้างต่อคน)	
	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว
มีวัสดุอันตรายสูง	18	0.7	10	0.4
อื่น ๆ	7.6	0.3	5	0.2

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

3. การพิจารณาการจัดวางเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

ดูรายละเอียดในหัวข้อ 6.3.2

4. การวิเคราะห์และคำนวณหาระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)

ระยะทางในการเคลื่อนที่ของคนออกจากจุดใดๆ ในพื้นที่จะต้องมีการพิจารณาเลือก ระยะทางที่สั้นที่สุด เพื่อให้สามารถไปถึงจุดปลอดภัยได้อย่างรวดเร็ว ตามมาตรฐาน NFPA A101, Life Safety code จะจำกัดระยะทางการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 3 ส่วน แยกตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคารและอาคารที่มีการป้องกันด้วยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler system) อธิบายพอสังเขป ดังนี้

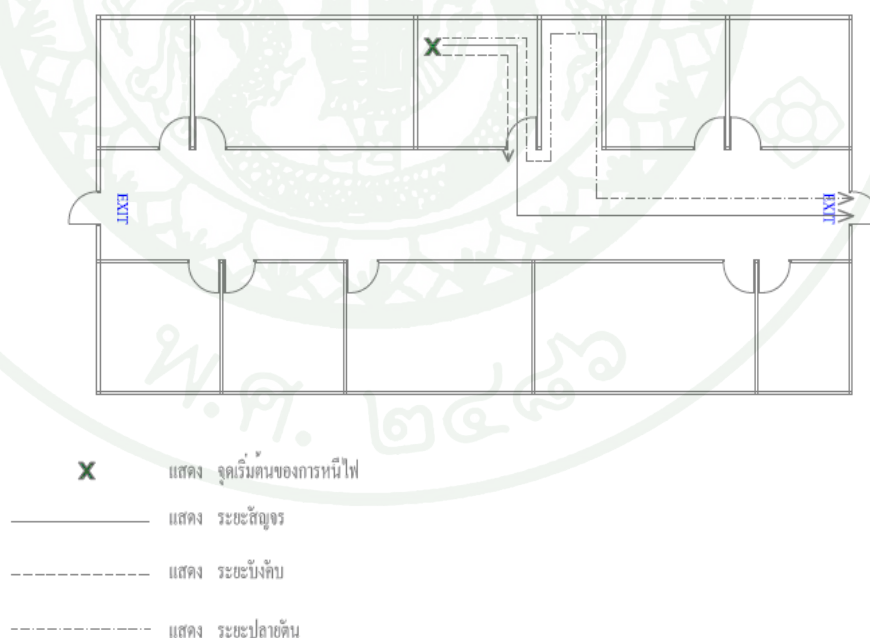
4.1 ระยะทางสัญจร (Travel Distance) คือ ระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดใดๆ ในอาคารหรือในพื้นที่ไปยังจุดปลอดภัยหรือจุดที่มีการป้องกันด้วยการก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟ ซึ่งจะต้องไม่เกินค่ามาตรฐาน จุดปลอดภัย (Point of Safety) ในที่นี้หมายถึงจุดที่มีการปิดล้อมป้องกันอันตรายจากไฟได้ด้วยการก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟ เช่น ประตูทนไฟ (Exits Door) หรือออกนอกอาคารที่จุดปล่อยออก (Exit Discharge) ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวัดระยะสัญญาณ

4.1.1 การวัดระยะสัญญาณ ให้วัดที่ระดับพื้นตรงกลางทาง โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่มีคนอยู่จนถึงตรงกลางประตูทางหนีไฟ หรือจุดปลอดภัยที่อยู่ใกล้ที่สุด กรณีเป็นบันได การวัดระยะสัญญาณให้วัดบนสันของจุมุกบันได

4.1.2 กรณีที่เส้นทางไปสู่ทางหนีไฟมีบันไดหรือทางลาดเอียงแบบเปิดโล่ง การวัดระยะสัญญาณต้องรวมระยะทางของบันไดหรือทางลาดเอียงจนถึงประตูทางออกภายนอกอาคาร หรือประตูทางหนีไฟ เข้ากับระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงจุดเริ่มต้นของบันได หรือทางลาดเอียง

4.1.3 กรณีบันไดภายนอกอาคารแบบเปิดโล่งไม่มีผนังทึบไฟกันแยก และไม่มี การป้องกันช่องเปิดในระยะ 3 เมตรวัดตามแนวระดับ การวัดระยะสัญญาณต้องรวมระยะทางของบันไดจนถึงระดับชั้นพื้นดิน เข้ากับระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงจุดเริ่มต้นของบันไดหรือทางลาดเอียง



ภาพที่ 1 ระยะทางสัญญาณ ระยะทางบังคับ และระยะปลายตัน

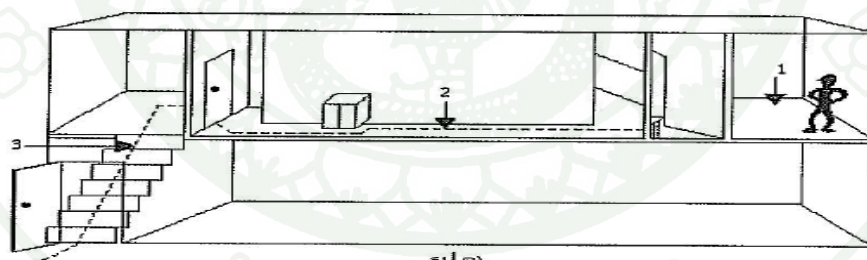
การวัดระยะอันตรายจากจุดใดๆ ถึงทางหนีไฟ จะประกอบด้วย

ก. จากจุดเริ่มต้นภายในพื้นที่ห้องใดๆ ของอาคารที่ใกล้ที่สุด

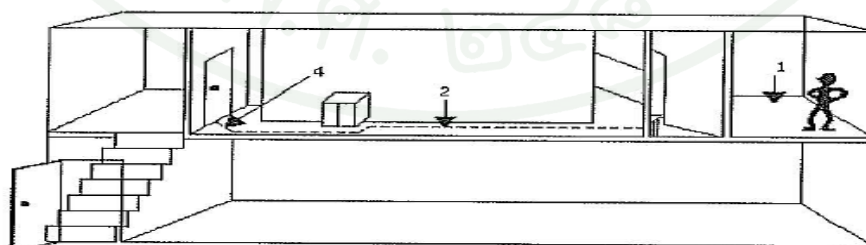
ข. หลังออกจากพื้นที่หรือห้องใดๆ วัดระยะไปตามแนวเส้นทางเดินที่จะนำไปสู่ทางหนีไฟ ทั้งนี้หากมีอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางใดๆ จะต้องวัดระยะโดยอ้อมหลบสิ่งกีดขวางนั้นๆ ไปบนเส้นทางเดิน

ค. ในกรณีที่บันไดหรือทางลาดเอียงใดๆ ที่ไม่มีการปิดล้อมเพื่อป้องกันควันและไฟหรือการปิดล้อมไม่สมบูรณ์ ระยะทางภายในเส้นทางเดินส่วนนี้จะถูกรวมเป็นระยะอันตรายด้วย ดังที่แสดงตัวอย่างในภาพที่ 2 รูป ก)

ง. จุดสิ้นสุดจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่เข้าสู่ทางหนีไฟหรือพื้นที่ปลอดภัย หรือที่สาธารณะระดับพื้นดิน



รูป ก)



รูป ข)

ภาพที่ 2 การวัดระยะอันตรายรวม

4.2 ทางบังคับร่วม (Common Path of Travel) คือ ส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ที่ซึ่งผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเดินทางนี้ก่อนที่จะถึงทางแยกซึ่งเป็นทางแยกที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟสองทาง ซึ่งจะเป็นจุดที่มีทางเลือกในการหนีไฟไม่ถูกบังคับให้ไปในเส้นทางเดียว

4.3 ทางปลายตัน (Dead Ends Corridor) คือ เส้นทางในการเดินที่มีปลายตัน ถ้ามีการหลงเข้าไปในเส้นทางนี้จะทำให้เสียเวลาในการย้อนกลับ ต้องมีการควบคุมไม่ให้มีระยะทางปลายตันในเส้นทางหนีไฟ

ในการพิจารณากำหนดระยะทางสัญจร ระยะทางบังคับ และระยะปลายตัน พิจารณาตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร และการป้องกันด้วยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System) ซึ่งระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางตัน และระยะสัญจร ได้แสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางตัน และระยะสัญจรของอาคารประเภทชุมนุมคน

ประเภทกิจการ ชุมนุมคน	ระยะทางบังคับ (เมตร)		ระยะปลายตัน (เมตร)		ระยะทางสัญจร (เมตร)	
	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง
	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
อาคารใหม่	6.1/23 ^ก	6.1/23 ^ก	6.1 ^ข	6.1 ^ข	61 ^ก	76 ^ก
อาคารเดิม	6.1/23 ^ก	6.1/23 ^ก	6.1 ^ข	6.1 ^ข	61 ^ก	76 ^ก

หมายเหตุ ^กระยะทางบังคับ 6.1 เมตร สำหรับคนมากกว่า 50 คน และระยะทางบังคับ 23 เมตร สำหรับคนน้อยกว่า หรือเท่ากับ 50 คน

^ขระยะทางตันในทางเดินและช่องทางเดิน (Corridor and Aisle) 6.1 เมตร

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ระยะทางสัญจรสำหรับที่นั่งในส่วนป้องกันควันทั้งอาคารที่ก่อสร้างแล้วและอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ จากแต่ละที่นั่งไปยังประตูทางออก หรือทางไปสู่ถนนต้องไม่เกิน 122 เมตร และจากแต่ละที่นั่งไปยังบันไดหนีไฟ ทางลาดหนีไฟ หรือทางเดินภายนอกอาคารต้องไม่เกิน 61 เมตร

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

ตารางที่ 4 ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางต้น และระยะสัญจรของอาคารประเภทธุรกิจ

ประเภทกิจการ ธุรกิจ	ระยะทางบังคับ (เมตร)		ระยะปลายต้น (เมตร)		ระยะทางสัญจร (เมตร)	
	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง
	ระบบหัว	ระบบหัว	ระบบหัว	ระบบหัว	ระบบหัว	ระบบหัว
	กระจายน้ำ	กระจายน้ำ	กระจายน้ำ	กระจายน้ำ	กระจายน้ำ	กระจาย
	ดับเพลิง	ดับเพลิง	ดับเพลิง	ดับเพลิง	ดับเพลิง	น้ำ
						ดับเพลิง
อาคารใหม่	23	30	6.1	15	61	91
อาคารเดิม	23	30	15	15	61	91

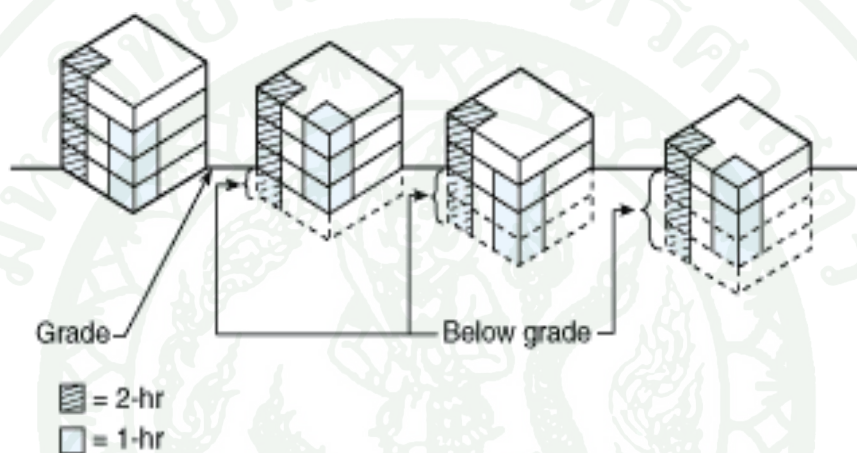
ที่มา: Cote and Harrington (2006)

5. การวิเคราะห์การกันแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

5.1 ช่องทางผ่าน (Corridor) ที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟคือช่องทางผ่านที่ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ในกรณีรองรับความจุคนมากกว่า 30 คน ช่องทางผ่านนี้ต้องถูกกันแยกออกจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร ด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

5.2 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กันทางออกหนีไฟให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

5.3 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กันทางออกหนีไฟให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง โดยรวมถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางออกหนีไฟด้วย



ภาพที่ 3 การกันแยกบันไดด้วยผนังทนไฟ

5.4 ช่องเปิดต่างๆ ต้องป้องกันด้วยประตูทนไฟ (Fire Door) โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึงหรือสลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดได้อย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติ

5.5 ช่องเปิดที่เจาะทะลุส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟนั้น ยินยอมให้เฉพาะประตูที่เปิดจากช่องผ่านหรือพื้นที่ใช้งานเข้าสู่ทางออกหนีไฟ และประตูทางออกจากทางออกหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นตามเงื่อนไข ดังนี้

- ก. ท่อร้อยสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในบันได
- ข. ระบบท่อ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบอัดอากาศในบันได
- ค. ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำ ที่จำเป็นต่อการทำความเย็นหรือทำความร้อนในส่วน ปิดล้อมทางออกหนีไฟ
- ง. ท่อในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

จ. ท่อในระบบท่ออื่น

ฉ. การเจาะทะลุที่มีอยู่แต่เดิม และต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด

ช. การเจาะทะลุเพื่อเดินสายไฟของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสายไฟนั้นต้องอยู่ในท่อโลหะและช่องที่เจาะทะลุนั้นต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด

5.6 ทางออกหนีไฟที่อยู่ติดกัน ต้องไม่มีการเจาะทะลุเชื่อมถึงกัน

5.7 การปิดล้อมทางออกหนีไฟต้องทำอย่างต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออก (Exit Discharge)

5.8 ห้ามใช้ส่วนปิดล้อมทางออกเพื่อจุดประสงค์อื่นที่อาจจะทำให้เกิดการขัดขวางในระหว่างการอพยพหนีไฟ

6. ส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component) และการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)

6.1 ข้อกำหนดและส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component)

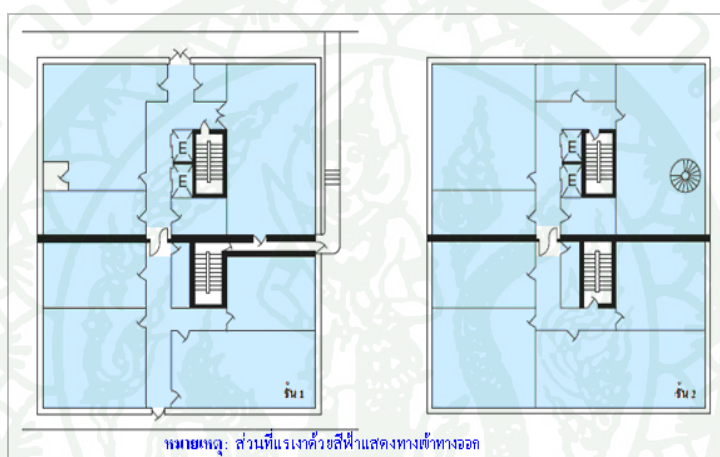
เส้นทางหนีไฟ (Means of Egress) หมายถึง ทางเดินที่ต่อเนื่องและไม่มีสิ่งกีดขวางจากจุดใดในอาคารหรือสิ่งก่อสร้างไปยังทางสาธารณะ ประกอบด้วย 3 ส่วนที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน ได้แก่ ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ (Exit Access) ทางออกหนีไฟ (Exit) และทางปล่อยออก (Exit Discharge)

6.1.1 ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ (Exit Access) หมายถึง ส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟที่นำเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ภาพแสดงตัวอย่างของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟได้แสดงในภาพที่ 4

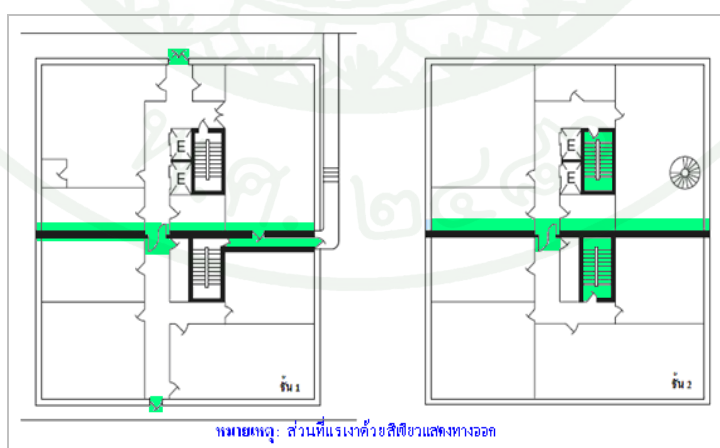
6.1.2 ทางออกหนีไฟ (Exit) หมายถึง ส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟ ซึ่งถูกกั้นแยกออกจากส่วนอื่นของอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง โดยการก่อสร้างแบบทนไฟและมีการป้องกันช่องเปิดตามที่กำหนดไว้เพื่อปกป้องเส้นทางในการอพยพไปยังทางปล่อยออก ซึ่งคนทั่วไปจะมีความเข้าใจ

ว่าทางออกหนีไฟจะหมายถึงเฉพาะประตูเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วทางออกหนีไฟจะประกอบด้วย ประตูออกสู่ภายนอกอาคารที่ระดับพื้นดิน พื้นที่ส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟ ทางผ่านหนีไฟ บันไดออกสู่ภายนอกอาคาร ทางลาดออกไปสู่ภายนอกอาคารและทางออกหนีไฟแนวราบ ภาพแสดงตัวอย่างของทางออกหนีไฟได้แสดงในภาพที่ 5

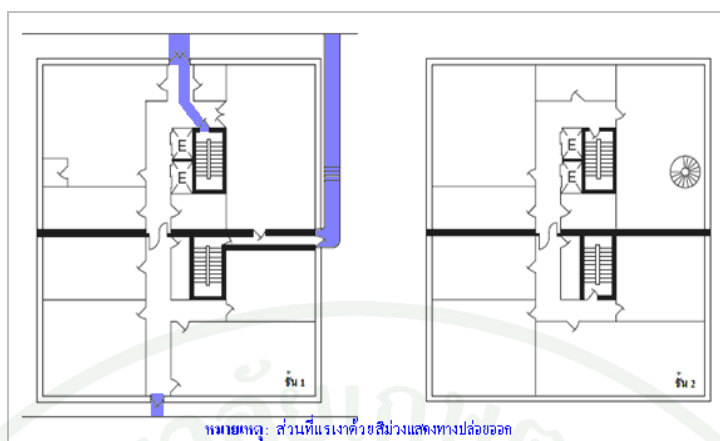
6.1.3 ทางปล่อยออก (Exit Discharge) หมายถึง ส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟ ที่อยู่ระหว่างจุดสิ้นสุดของทางหนีไฟและทางสาธารณะ ภาพแสดงตัวอย่างของทางเข้าทางปล่อยออกได้แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 4 ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ



ภาพที่ 5 ทางออกหนีไฟ



ภาพที่ 6 ทางป้อยออก

6.2 ข้อกำหนดทั่วไปของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Requirements)

6.2.1 ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ (Exit Access)

6.2.1.1 ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟต้องไม่ผ่านห้องครัว ห้องเก็บของ ห้องน้ำ ตู้เก็บเสื้อผ้า ห้องทำงาน ห้องนอน หรือพื้นที่ที่ใช้งานในลักษณะเดียวกัน หรือห้องอื่นๆ ที่อาจมีการ ล็อกประตู

6.2.1.2 ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟต้องไม่ผ่านห้องหรือพื้นที่ที่มีวัตถุอันตราย

6.2.2 ทางออกหนีไฟ (Exit) ต้องถูกกั้นออกจากส่วนอื่นของอาคารตาม หลักเกณฑ์ ดังนี้

6.2.2.1 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กั้นทางออกหนีไฟ ให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟ ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

6.2.2.2 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กั้นทางออกหนีไฟให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟ ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง โดยรวมถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางออกหนีไฟด้วย

6.2.2.3 ช่องเปิดต่างๆ ต้องป้องกันด้วยประตูทนไฟ (Fire Door) โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึง หรือสลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดได้อย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติ

6.2.2.4 ช่องเปิดที่เจาะทะลุส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟนั้น ยินยอมให้เฉพาะประตูที่เปิดจากช่องผ่านหรือพื้นที่ใช้งานเข้าสู่ทางออกหนีไฟ และประตูทางออกจากทางออกหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นตามเงื่อนไข ดังนี้

- ก. ท่อร้อยสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในบ้านใด
- ข. ระบบท่อ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบอัดอากาศในบ้านใด
- ค. ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำ ที่จำเป็นต่อการทำความเย็นหรือทำความร้อนในส่วน ปิดล้อมทางออกหนีไฟ
- ง. ท่อในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
- จ. ท่อในระบบท่อเย็น
- ฉ. การเจาะทะลุที่มีอยู่แต่เดิม และต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด
- ช. การเจาะทะลุเพื่อเดินสายไฟของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสายไฟนั้นต้องอยู่ในท่อโลหะ และช่องที่เจาะทะลุนั้นต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด

6.2.2.5 ทางออกหนีไฟที่อยู่ติดกัน ต้องไม่มีการเจาะทะลุเชื่อมถึงกัน

6.2.2.6 การปิดล้อมทางออกหนีไฟต้องทำอย่างต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออก (Exit Discharge)

6.2.2.7 ห้ามใช้ส่วนปิดล้อมทางออกเพื่อจุดประสงค์อื่นที่อาจจะทำให้เกิดการขัดขวางในระหว่างการอพยพหนีไฟ

6.2.3 ทางปล่อยออก (Exit Discharge)

6.2.3.1 ที่ปลายทางปล่อยออกทุกทาง ต้องตรงสู่ทางสาธารณะ หรือทางปล่อยออกภายนอกอาคาร เช่น สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง โดยทางปล่อยออกภายนอกอาคาร

ต้องมีความกว้างและพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถออกสู่ทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัย

6.2.3.2 จำนวนทางปล่อยออกภายในอาคาร ต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทางปล่อยออกทั้งหมดที่ต้องการ และไม่เกินร้อยละ 50 ของขีดความสามารถของทางปล่อยออกทั้งหมดที่ต้องการ โดยทางปล่อยออกภายในอาคารต้องนำไปสู่ภายนอกอาคาร โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง และต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจน และบอกทิศทางไปสู่พื้นที่โล่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย จากจุดทางปล่อยออก และชั้นที่เป็นทางปล่อยออกต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั่วทั้งชั้น แต่ต้องกันแยกพื้นที่ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟไม่น้อยกว่าสมบัติทนไฟของทางปล่อยออก

6.2.3.3 สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้ว ถ้าทางปล่อยออกภายในอาคารไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทางออกทั้งหมดที่ต้องการ ได้รับการยกเว้นไม่ต้องพิจารณาถึงขีดความสามารถของทางออก

6.2.3.4 ต้องกันแยกชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้น ออกจากชั้นที่อยู่ด้านล่างด้วยอัฒราการทนไฟ ไม่น้อยกว่าอัฒราการทนไฟของทางออกหนีไฟ ยกเว้นเพื่อเป็นช่องเปิดโล่งระหว่างชั้น หรือ โถงสูง (Atrium) ที่เชื่อมต่อไปยังชั้นด้านล่าง ชั้นทางปล่อยออกที่มีการป้องกันตามที่มาตรฐานกำหนด ถ้าบันไดหนีไฟต่อเนื่องลงไปถึงชั้นด้านล่างชั้นทางปล่อยออกมากกว่า 1 ชั้นภายในบันไดหนีไฟชั้นทางปล่อยออกต้องมีแผงกันที่ประตู หรือวิธีอื่นใด เพื่อป้องกันการอพยพเลยจากชั้นทางปล่อยออก

6.2.3.5 กรณีใช้ชั้นหลังคาเป็นพื้นที่ปล่อยออกจากทางออกหนีไฟ พื้นของชั้นหลังคาต้องก่อสร้างให้มีการทนไฟไม่น้อยกว่าอัฒราการทนไฟของทางออกหนีไฟที่ปล่อยคนสู่ชั้นหลังคา และต้องมีทางออกหนีไฟอย่างน้อย 1 ทางจากชั้นหลังคาต่อเนื่อง และปลอดภัยสู่ระดับพื้นดิน

6.3 จำนวนเส้นทางหนีไฟ (Number of Means of Egress)

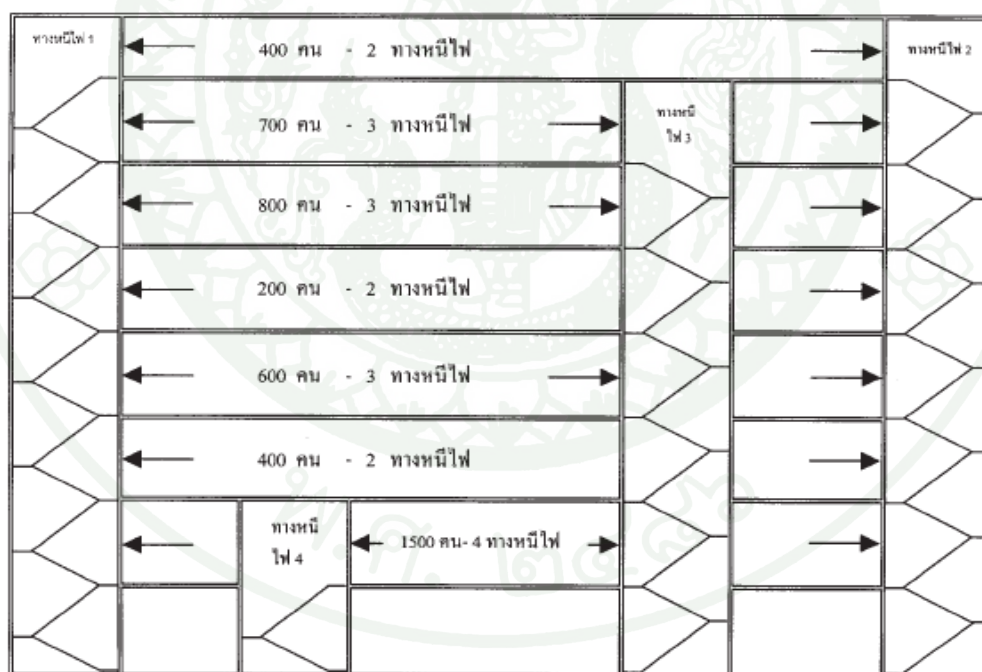
6.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

6.3.1.1 จำนวนเส้นทางหนีไฟจากชั้นอาคาร ชั้นลอย หรือระเบียง ต้องมีอย่างน้อย 2 เส้นทาง ยกเว้นแต่ข้อกำหนดใดในมาตรฐานยินยอมให้มีเส้นทางหนีไฟทางเดียว

6.3.1.2 ถ้าในพื้นที่ใดของอาคารมีจำนวนผู้ใช้พื้นที่มากกว่า 500 คน แต่ไม่เกิน 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ 3 ทาง ถ้าผู้ใช้พื้นที่มากกว่า 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ 4 ทาง ดังภาพที่ 7

6.3.1.3 จำนวนผู้ใช้พื้นที่ของแต่ละชั้น เป็นตัวกำหนดจำนวนเส้นทางหนีไฟของชั้นนั้นๆ และจำนวนเส้นทางหนีไฟต้องไม่ลดลงตลอดเส้นทางหนีไฟ

6.3.1.4 บริเวณห้องโถงหน้าลิฟต์ต้องสามารถเข้าสู่ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟได้อย่างน้อย 1 ทาง โดยไม่ต้องใช้กุญแจ อุปกรณ์ ความรู้เป็นพิเศษหรือความสามารถอย่างมาก



ภาพที่ 7 ตัวอย่างแสดงจำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี

6.3.2 การจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

6.3.2.1 ทางออกหนีไฟต้องอยู่ในตำแหน่งที่สังเกตเห็นได้ง่าย และต้องเตรียมทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟให้สามารถเข้าสู่ทางออกหนีไฟได้โดยง่ายตลอดเวลา

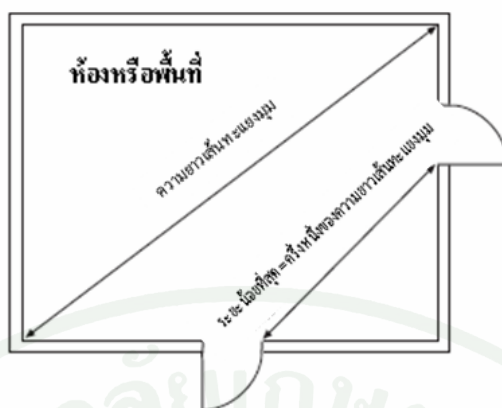
6.3.2.2 พื้นที่ที่มีทางออกหนีไฟมากกว่า 1 ทาง ทางออกหนีไฟแต่ละทางต้องอยู่ห่างกัน เพื่อป้องกันกรณีเกิดเพลิงลุกไหม้ หรือเมื่อทางออกหนีไฟทางใดทางหนึ่งถูกปิดกั้นจากเพลิงไหม้ ทำให้ไม่สามารถอพยพผ่านทางนั้นได้

6.3.2.3 พื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าสู่ทางออกหนีไฟได้โดยตรง ต้องจัดให้มีทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟจากพื้นที่นั้นไปสู่ทางออกหนีไฟ 2 ทางที่อยู่ห่างกัน และให้ใช้ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟร่วมกันได้ไม่เกินระยะทางบังคับที่ระบุในมาตรฐาน ยกเว้นเป็นพื้นที่ที่มาตรฐานยินยอมให้มีทางหนีไฟเพียงแค่ว่าเดียว

6.3.2.4 พื้นที่ที่ต้องมีทางออกหนีไฟ 2 ทาง หรือประตูที่เป็นทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ 2 ประตู ระยะห่างระหว่างกันต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเส้นทแยงมุมสูงสุดของพื้นที่ หรือห้องนั้นๆ ดังภาพที่ 8 โดยวัดจากขอบของประตูทางออกหนีไฟหรือขอบประตูของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟด้านใกล้กัน ยกเว้นอาคารที่ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั่วทั้งอาคาร ยินยอมให้ระยะห่างระหว่างทางออกหนีไฟ หรือประตูทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวเส้นทแยงมุมสูงสุดของพื้นที่หรือห้องนั้นๆ

6.3.2.5 กรณีทางออกหนีไฟเป็นการเชื่อมต่อกันด้วยช่องผ่านที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ระยะห่างระหว่างกันของทางออกหนีไฟให้วัดตามแนวช่องผ่านนั้น

6.3.2.6 การจัดทางออกหนีไฟและทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟต้องไม่เป็นทางตัน แต่ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ระยะทางตันต้องไม่เกินกว่าที่มาตรฐานเรื่องระยะทางยาวสุดของระยะทางที่ปลอดภัยไปสู่ทางออกหนีไฟกำหนด (หัวข้อ 4)



ภาพที่ 8 การจัดวางตำแหน่งทางออกหนีไฟโดยที่ระยะห่างระหว่างทางออกหนีไฟต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นทแยงมุมของห้อง

6.3.2.7 สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ ให้นับบันไดแบบกรรไกร (ภาพที่ 9) เป็นบันไดเดียว สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้วยินยอมให้นับบันไดแบบกรรไกรเป็น 2 บันได ถ้าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้

- ก. ได้ปิดล้อมตามมาตรฐานเรื่องการกั้นแยกทางออก ออกจากส่วนอื่นของอาคารตามที่กำหนด (หัวข้อ 6.2.2)
- ข. ได้กั้นแยกภายในบันไดออกจากกันด้วยวัสดุทนไฟ 2 ชั่วโมง
- ค. ไม่มีช่องเปิดทะลุระหว่างกัน



ภาพที่ 9 บันไดแบบกรรไกร

6.3.2.8 ประตูเข้าทางออกหนีไฟและทางออกหนีไฟ ต้องสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน

6.3.2.9 ทางออกหนีไฟและทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ต้องออกแบบและมีตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย มองเห็นชัดเจน ไม่ซับซ้อน ไม่ทำให้สับสน และห้ามติดตั้งม่านหรือแผงบังตาปิดบังทางออก

6.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ
(Means of Egress Reliability)

เส้นทางหนีไฟต้องต่อเนื่องและต้องรักษาไว้ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางใดในเส้นทางหนีไฟ ในระหว่างที่เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่น

ต้องไม่ทำการประดับตกแต่งเส้นทางหนีไฟด้วยวัสดุใดที่ทำให้เกิดการกีดขวางในทางหนีไฟ ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ทางปล่อยออก หรือทำให้บดบังการมองเห็นภายในเส้นทางเหล่านั้น

ต้องไม่มีราว ผนัง หรือประตูใดมาบังแบ่งเส้นทางหนีไฟให้กลายมาเป็น

ส่วนประกอบในห้องส่วนบุคคล ห้องชุด หรือบริเวณอยู่อาศัยอื่น และถ้าพบว่าเป็นเส้นทางหนีไฟมีเฟอร์นิเจอร์หรือวัตถุอื่นที่สามารถยกเคลื่อนที่ได้ ต้องทำการเคลื่อนย้ายวัตถุเหล่านั้นออกให้พ้นทาง หรือต้องกำหนดให้ติดตั้งราวหรือผนังถาวรมาปกป้องเส้นทางหนีไฟจากวัตถุที่ลุดล้ำเข้ามา

ห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนประตูทางหนีไฟ รวมทั้งห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนทางหนีไฟหรือใกล้กับทางหนีไฟใดที่ทำให้เกิดความสับสน

สำหรับรายละเอียดองค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟต้องจัดเตรียมให้เป็นไปตามมาตรฐานมีดังนี้

6.4.1 ประตู

6.4.1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ก. ประตูและอุปกรณ์ประกอบประตู ที่ใช้ในเส้นทางหนีไฟต้องเป็นไปตามมาตรฐาน โดยอุปกรณ์ประกอบประตูต้องถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับประตูนั้น

ข. ประตูจะต้องมีคุณลักษณะที่สามารถใช้ได้โดยสะดวก เพื่อให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปสู่พื้นที่ปลอดภัยโดยเร็วที่สุด และไม่ติดขัด รวมทั้งต้องระวังการเลือกใช้ผนังซึ่งอาจมีลักษณะการออกแบบ หรือวัสดุที่ใช้ที่อาจจะทำให้เกิดความสับสนว่าเป็นประตูออก

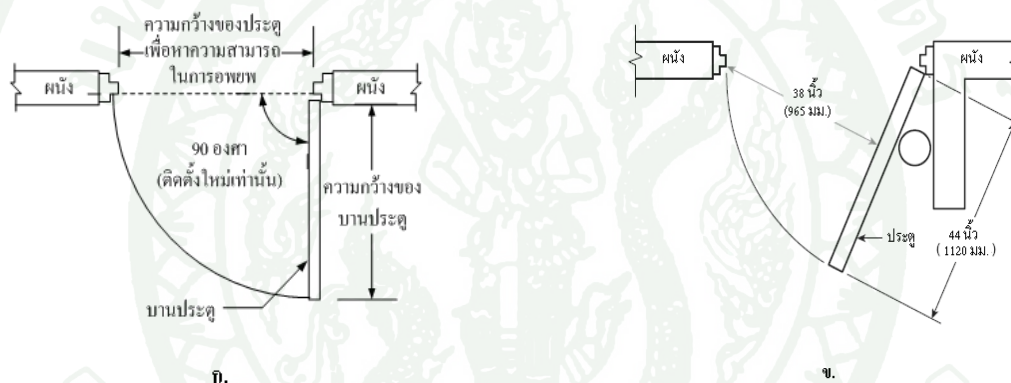
ค. ประตูที่เป็นส่วนประกอบในทางออก ต้องสามารถเปิดได้ตลอดเวลาที่อาคารถูกใช้งาน โดยตามมาตรฐานนี้ถือว่าอาคารถูกใช้งานเมื่อ มีผู้ใช้อาคารประจำเข้ามาใช้งาน หรือมีผู้ใช้อาคารมากกว่า 10 คนขึ้นไป

6.4.1.2 ความกว้างของประตู

ก. ความกว้างของประตูเพื่อใช้ในการคำนวณหาขีดความสามารถในการอพยพคน ได้แสดงในภาพที่ 10 ถึง 11 มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1) สำหรับประตูสวิงที่จะติดตั้งใหม่ ความกว้างของประตูตามความสามารถในการหนีไฟจะวัดเมื่อประตูเปิดทำมุม 90 องศากับวงกบประตู ได้แสดงในภาพที่ 10ก โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามหัวข้อ 6.4.1.2.ก (2) และ 6.4.1.2.ก (5)

2) สำหรับประตูสวิง ความกว้างของความสามารถในการหนีไฟต้องวัดตั้งฉากจากผิวหน้าของประตูถึงขอบของวงกบ ได้แสดงในภาพที่ 10ข

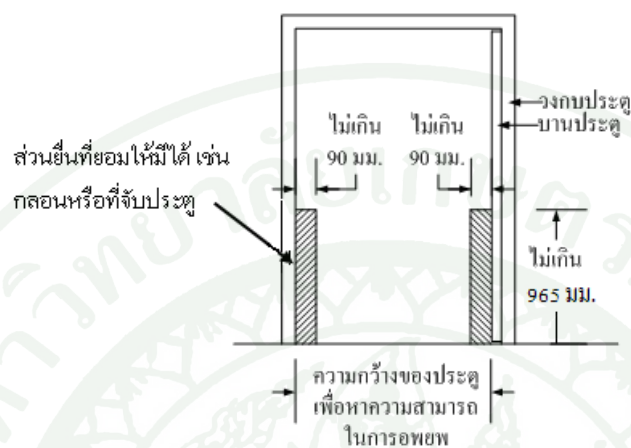


ภาพที่ 10 การวัดความกว้างของประตู เพื่อหาความสามารถในการอพยพหนีไฟ

3) สำหรับประตูชนิดอื่นที่จะติดตั้งใหม่ ความกว้างของประตูตามความสามารถในการหนีไฟ จะวัดเมื่อประตูอยู่ในตำแหน่งเปิดกว้างที่สุดแล้ว โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามข้อกำหนด 6.4.1.2.ก (2) และ 6.4.1.2.ก (5)

4) สำหรับประตูทุกชนิดที่ติดตั้งใช้งานแล้ว ความกว้างของประตูตามความสามารถในการหนีไฟ จะวัดเมื่อประตูอยู่ในตำแหน่งเปิดกว้างที่สุด โดยวิธีการวัดให้เป็นไปตามข้อกำหนด 6.4.1.2.ก (2) และ 6.4.1.2.ก (5)

5) สำหรับทุกประตู ส่วนยื่นแต่ละด้านของประตูที่มีขนาดไม่เกิน 90 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ที่ความสูงไม่เกิน 965 มิลลิเมตร (38 นิ้ว) ยกเว้นไม่ต้องนำไปหักลดในขนาดความกว้างของความสามารถในการหนีไฟ

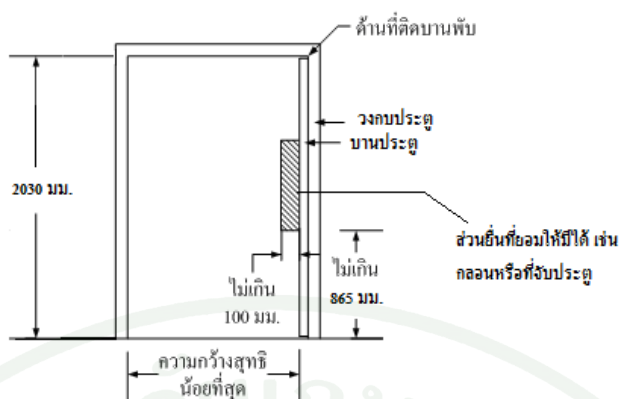


ภาพที่ 11 ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างของประตู เพื่อหาความสามารถในการอพยพหนีไฟ

ข. การวัดความกว้างสุทธิของประตูดังภาพที่ 12 มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

- 1) วัดที่จุดแคบที่สุดในขณะที่ประตูเปิด
- 2) สำหรับประตูสวิง วัดระหว่างผิวของประตูกับจุดหยุด
- 3) ยกเว้นไม่ต้องหักลดขนาดสิ่งกีดขวางออก ตามที่ระบุใน

ข้อกำหนด 6.4.1.2.ค (2) และ 6.4.1.2.ค (3)



ภาพที่ 12 ส่วนยื่นที่ยอมให้มีได้ในการวัดความกว้างสุทธิที่น้อยที่สุดของประตู

ค. การวัด

1) การหาความกว้างที่น้อยที่สุดของประตู ต้องใช้ความกว้างสุทธิเสมอ ยกเว้นเมื่อกำหนดให้ใช้ความกว้างของบานประตูแทนได้

2) สำหรับประตูสวิง ยินยอมให้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตู หรืออุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูทนไฟยื่นออกจากด้านที่ติดตั้งบานพับของประตู โดยไม่นำมาพิจารณาในการวัดความกว้างของประตู แต่จะต้องยื่นออกมาไม่เกิน 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) และต้องสูงจากพื้นอย่างน้อย 865 มิลลิเมตร (34 นิ้ว)

3) ส่วนยื่นใด ๆ เช่น กลอน หรือที่จับประตู ที่อยู่สูงกว่าพื้นมากกว่า 2030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว) จะไม่นำมาพิจารณาในการวัดความกว้างของประตู

ง. ประตูที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ เมื่อเปิดออกแล้วต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มิลลิเมตร (32 นิ้ว)

1) สำหรับประตูแบบบานคู่ อย่างน้อยประตูบานหนึ่งเมื่อเปิดออกจะต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มิลลิเมตร (32 นิ้ว)

2) ในอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ประตูที่ติดตั้งใช้งานแล้วต้องมีขนาดความกว้างของบานประตูไม่น้อยกว่า 710 มิลลิเมตร (28 นิ้ว)

6.4.1.3 ระดับพื้น

ก. พื้นของทางเดินทั้งสองด้านของประตูต้องมีความต่างระดับของพื้นไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว)

ข. ต้องรักษาความต่างระดับของพื้นทางเดินตามที่ระบุในข้อกำหนด 6.4.1.3.ก นั้นไว้ทั้งสองข้างของประตูที่ระยะไม่น้อยกว่าความกว้างของบานประตูที่กว้างที่สุด

ค. ธรณีประตูต้องสูงไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว)

ง. ถ้าความต่างระดับของธรณีประตู กับพื้นได้ประตู เกินกว่า 6.3 มิลลิเมตร (0.25 นิ้ว) แล้ว ต้องทำพื้นเอียงที่มีความชันไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 2

6.4.1.4 แรงและทิศทางการเปิดประตู

ก. ประตูที่ทางออก ต้องเปิดออกไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ ยกเว้นเป็นประตูของห้อง หรือพื้นที่ที่เปิดสู่ทางหนีไฟโดยตรง

ข. ห้องหรือพื้นที่ที่มีจำนวนคนใช้พื้นที่ตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป หรือพื้นที่ที่มีวัสดุอันตรายสูง ประตูต้องเปิดออกไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ

ค. ในระหว่างที่เปิดประตูที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่ให้ความกว้างของช่องทางเดิน ทางเดินร่วม ทางผ่าน หรือชานพักบันไดที่ต้องการ ลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่ง และในตำแหน่งที่ประตูเปิดกว้างสุด ต้องไม่ยื่นเข้าไปในความกว้างที่ต้องการของทางเดินระหว่างที่นั่ง ทางเดินร่วม ทางผ่าน หรือชานพักบันไดมากกว่า 180 มิลลิเมตร (7 นิ้ว)

ง. แรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูใดๆ ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เกิน 67 นิวตัน เพื่อปลดล็อก ไม่เกิน 133 นิวตัน เพื่อให้ประตูเริ่มเคลื่อนที่ และไม่เกิน 67 นิวตัน เพื่อให้ประตูเปิดได้ตามความกว้างน้อยสุดที่ต้องการ

6.4.1.5 กฎเกณฑ์การล็อกประตู

ก. กฎเกณฑ์การล็อกที่ใช้กับประตูในเส้นทางหนีไฟจะต้องเป็นกฎเกณฑ์การล็อกที่สามารถเปิดออกได้จากภายในอาคาร หรือห้อง โดยไม่ต้องใช้ลูกกุญแจหรือวิธีการเปิดอื่นๆ

ข. ประตูบันไดหนีไฟของอาคารสูง จะต้องมียุทธศาสตร์สำหรับการปลดล็อกและเปิดประตูจากภายในบันได ให้ย้อนเข้าสู่อาคารได้ (Re-entry) อย่างน้อยทุกๆ ระยะ 4 ชั้น รวมถึงประตูบันไดหนีไฟที่เปิดออกสู่ชั้นหลังคา โดยต้องทำเครื่องหมายให้ชัดเจน และต้องมีอุปกรณ์สำหรับปลดล็อก และเปิดประตูจากภายนอก ให้ย้อนกลับเข้าสู่บันไดได้ ยกเว้น ประตูชั้นปล่อยออกที่ชั้นล่าง หรือชั้นพื้นดินที่อาจไม่ปลอดภัยจากบุคคลภายนอก ให้ล็อกได้แต่ต้องเปิดได้จากด้านใน แต่สำหรับอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้วไม่ยินยอมให้ย้อนกลับเข้ามาภายในอาคาร

ค. อุปกรณ์ล็อกประตูในทางออก ต้องสามารถเปิดออกได้ในจังหวะเดียว

ง. อุปกรณ์ล็อกควบคุมการเข้าออก (Access Control Device) ที่จำเป็นต้องติดตั้งบนเส้นทางหนีไฟเพื่อรักษาความปลอดภัย จะต้องสามารถปลดล็อกได้ด้วยกลไกอย่างน้อย ดังนี้

- 1) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อกระแสไฟฟ้าดับ
- 2) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- 3) ปลดล็อกอัตโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณจากระบบดับเพลิงอัตโนมัติ

4) ปลดล็อกแบบใช้มือ (Manual) ด้วยอุปกรณ์ปลดล็อกที่ติดตั้งห่างจากประตูไม่เกิน 1.5 เมตร ด้านทิศทางหนีไฟ

จ. ต้องไม่ติดตั้งอุปกรณ์ล็อกชนิดใดบนประตูที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหรืออุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหนีไฟ ถ้าอุปกรณ์นั้นไปขัดขวางการใช้งานอย่างอิสระของประตูเพื่อจุดประสงค์ในการอพยพ

ฉ. ประตูหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์หลักเปิดประตู (Fire Exit Hardware) ไม่น้อยกว่า ครึ่งหนึ่งของความกว้างบานประตู

ช. ระดับติดตั้งอุปกรณ์หลักเปิดสำหรับติดตั้งใหม่อยู่ระยะความสูงระหว่าง 865 มิลลิเมตร ถึง 1220 มิลลิเมตร (34 นิ้วถึง 48 นิ้ว) เหนือพื้น สำหรับอุปกรณ์ติดตั้งใช้งานแล้วระยะความสูงระหว่าง 760 มิลลิเมตร ถึง 1220 มิลลิเมตร (30 นิ้วถึง 48 นิ้ว)

ซ. ประตูในเส้นทางหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเอง (Door closer)

6.4.2 บันได

6.4.2.1 บันไดภายในอาคารที่ใช้เป็นทางออกหนีไฟ หรือส่วนประกอบของทางออกหนีไฟ ต้องกั้นแยกออกจากส่วนอื่นของอาคารตามที่มาตรฐานกำหนด

6.4.2.2 บันไดหนีไฟที่เชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยต้องปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

6.4.2.3 บันไดหนีไฟต้องก่อสร้างด้วยวัสดุถาวร มั่นคงแข็งแรง ชั้นบันไดและชานพักบันไดจะต้องแข็งแรงและไม่มีรู

6.4.2.4 ขนาดของบันได จะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

ที่ 5

ก. บันไดที่จะก่อสร้างใหม่ต้องมีขนาดเป็นไปตามที่ระบุในตาราง

ข. บันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้วสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของทางออกหนีไฟได้ถ้ามีขนาดเป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 6

6.4.2.5 ยินยอมให้ความลึกของลูกนอนและความสูงของลูกตั้งในแต่ละขั้นบันไดแตกต่างกันได้ไม่เกิน 4.8 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว) และยินยอมให้มีความแตกต่างมากที่สุดระหว่างลูกตั้งที่สูงที่สุดกับสูงน้อยที่สุดและระหว่างลูกนอนที่ลึกที่สุดกับลึกน้อยที่สุดไม่เกิน 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

6.4.2.6 ถ้าขั้นบันไดขั้นสุดท้ายติดกับทางสาธารณะ ทางเดิน หรือถนนที่ลาดเอียง และถูกใช้เป็นชานพักบันไดด้วยแล้ว ยินยอมให้ลูกตั้งในขั้นบันไดขั้นสุดท้ายมีระยะความสูงไม่เกิน 25 มิลลิเมตร ต่อความกว้างของบันได 300 มิลลิเมตร (1 นิ้วต่อ 12 นิ้ว)

6.4.2.7 ชานพักบันได

ก. บันไดต้องมีชานพักบันไดที่ตำแหน่งประตูเปิด

ข. บันไดและชานพักบันได ระหว่างขั้นต้องมีความต่อเนื่อง และมีความกว้างไม่ลดลงตลอดเส้นทาง

ค. ทุกชานพักบันไดต้องมีขนาดความกว้างในแนวทิศทางหนีไฟไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบันได ใช้สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่

ง. บันไดซึ่งทอดตรงในทิศทางของการอพยพหนีไฟ ขนาดความยาวชานพักบันไดต้องไม่เกิน 1220 มิลลิเมตร (48 นิ้ว)

จ. ขั้นบันไดและชานพักบันไดจะต้องเป็นอิสระจากส่วนอื่นต่างๆ ที่อาจจะกีดขวางผู้ใช้บันได

ตารางที่ 5 บันไดที่จะก่อสร้างใหม่

ลักษณะ	ขนาด
ความกว้างสุทธิน้อยสุดจากสิ่งกีดขวาง (ยกเว้นส่วนขึ้นที่มีขนาดไม่เกิน 114 มิลลิเมตร) ที่สูงไม่เกินความสูงของราวบันไดในแต่ละข้าง	1120 มิลลิเมตร หรือ 915 มิลลิเมตรถ้าบันไดนั้นรองรับความจุของผู้ใช้อาคารทั้งหมดทุกชั้นรวมกันน้อยกว่า 50 คน
ความสูงมากสุดของลูกตั้ง	180 มิลลิเมตร
ความสูงน้อยสุดของลูกตั้ง	100 มิลลิเมตร
ความลึกน้อยสุดของลูกนอน	280 มิลลิเมตร
ความสูงน้อยสุดของเพดาน	2030 มิลลิเมตร
ความสูงมากสุดระหว่างแกนพักบันได	3660 มิลลิเมตร
แกนพักบันได	ดูเรื่องแกนพักบันได (หัวข้อ 6.4.2.3)

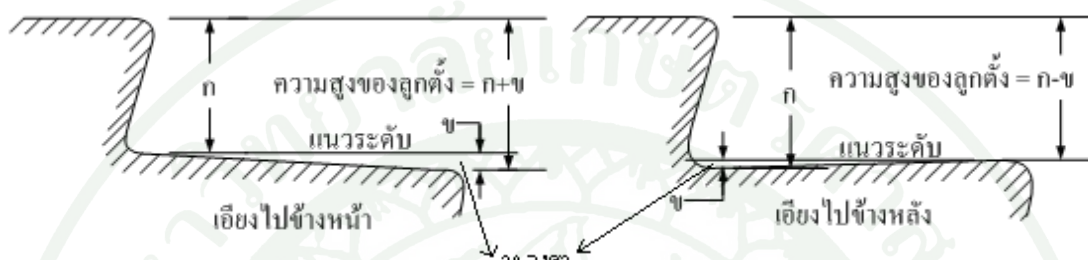
ที่มา: Cote and Harrington (2006)

ตารางที่ 6 บันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว

ลักษณะ	ขนาด
ความกว้างสุทธิน้อยสุดจากสิ่งกีดขวาง (ยกเว้นส่วนขึ้นที่มีขนาดไม่เกิน 114 มิลลิเมตร) ที่สูงไม่เกินความสูงของราวบันไดในแต่ละข้าง	915 มิลลิเมตร
ความสูงมากสุดของลูกตั้ง	205 มิลลิเมตร
ความลึกน้อยสุดของลูกนอน	230 มิลลิเมตร
ความสูงน้อยสุดของเพดาน	2030 มิลลิเมตร
ความสูงมากสุดระหว่างแกนพักบันได	3660 มิลลิเมตร
แกนพักบันได	ดูเรื่องแกนพักบันได (หัวข้อ 6.4.2.3)

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

6.4.2.8 ความสูงของลูกตั้งให้วัดระยะห่างระหว่างจุกบันไดในแนวตั้ง ส่วนความลึกของลูกนอนให้วัด ระยะห่างระหว่างส่วนของจุกชั้นบันไดชั้นบนที่ยื่นออกมามากที่สุดกับส่วนปลายของจุกชั้นบันไดชั้นล่าง โดยไม่รวมพื้นบันไดที่มีความลาดเอียงเกิน ± 20 องศา และที่จุกบันไดยินยอมให้ปลายมนได้ในระยะไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว) วัดในแนวระดับ ดัง ภาพที่ 13



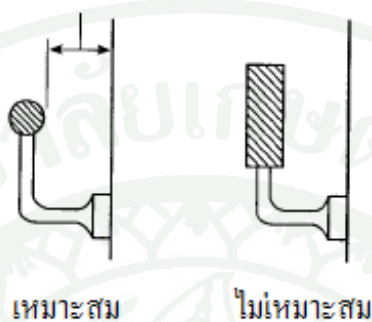
ภาพที่ 13 การวัดขนาดลูกตั้งของบันได

6.4.2.9 ราวจับและราวกันตก

- ก. บันไดและทางลาดชันต้องมีราวบันไดทั้งสองข้าง
- ข. สำหรับบันไดที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว ระยะห่างของราวบันไดแต่ละราวต้องไม่เกิน 1220 มิลลิเมตร (48 นิ้ว) ในทุกส่วนของความกว้างในการหนีไฟที่ต้องการ
- ค. ราวจับที่ติดตั้งแล้ว ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว) และไม่มากกว่า 965 มิลลิเมตร (38 นิ้ว) เหนือพื้นของชั้นบันได โดยวัดในแนวตั้งจากปลายของชั้นบันไดไปยังส่วนสูงสุดของราวบันได
- ง. ราวจับต้องต่อเนื่องตลอดความยาวของบันได และราวจับตัวในต้องหักเลี้ยวที่ชันพัก ส่วนราวจับตัวนอกให้ยื่นเข้ามาในชันพัก เท่ากับความลึกของลูกนอนแล้ว หักเลี้ยวปลายราวจับเข้าหาผนังบันได

จ. รูปแบบของราวจับที่เหมาะสม ต้องมีรูปแบบและขนาดที่คนทั่วไปสามารถใช้มือกำได้พอดี โดยต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 32 ถึง 51 มิลลิเมตร ตัวอย่างของราวจับที่เหมาะสมดังแสดงในภาพที่ 14

อย่างน้อย 57 มม.



ภาพที่ 14 รูปแบบของราวจับที่เหมาะสม (ภาพซ้าย) และไม่เหมาะสม (ภาพขวา) เนื่องจากไม่เป็นทอกลม

ฉ. สำหรับราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่ ส่วนปลายของราวบันไดที่จะโค้งเข้าหากำแพง หรือพื้นต้องสั้นที่สุดที่เสาสุดท้ายของราวบันได

ช. บันไดด้านเปิดโล่งของอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้วต้องมีราวกันตกยื่นยอมให้มีความสูงสูงไม่น้อยกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว)

ซ. ที่กันตกและราวบันไดต้องไม่มีส่วนยื่นหรืออุปกรณ์ใดที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด รวมทั้งช่องเปิดของที่กันตกด้วยที่ต้องไม่มีส่วนยื่นที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด

6.4.3 ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)

6.4.3.1 สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้ว ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ วัดจากผิวบนสุดของพื้นถึงเพดานต้องไม่น้อยกว่า 2,135 มิลลิเมตร (84 นิ้ว) ในกรณีที่มีคานยื่นต่ำกว่าระดับเพดาน ระดับความสูงจากผิวบนสุดของพื้นถึงส่วนล่างสุดของคานจะต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)

6.4.3.2 ต้องรักษาระดับความสูงน้อยสุดจากพื้นถึงเพดานในห้องหรือบริเวณใดๆ ไว้ไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 ของพื้นที่เพดาน และระดับความสูงจากพื้นถึงเพดานของพื้นที่ที่เหลือต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)

6.4.3.3 ระดับความสูงในบันไดต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว) โดยวัดในแนวตั้งจากระดับของขั้นบันไดที่ยื่นออกมามากที่สุด

6.4.4 ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (walking Surfaces in the Means of Egress)

6.4.4.1 การตกแต่งผิวผนังและเพดานเส้นทางหนีไฟต้องไม่เป็นวัสดุติดไฟง่ายและไม่ลามไฟ

6.4.4.2 ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดิน จะต้องยกระดับไม่เกิน 6.3 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 6.3 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ต้องปรับระดับด้วยความลาดเอียง 1 ต่อ 2 แต่ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 13 มิลลิเมตร (1/2) จะถือว่าเป็นการเปลี่ยนระดับ (Changes in Level)

6.4.4.3 ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟจะต้องราบเรียบ ถ้ามีการลาดเอียงในแนวทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 20 ส่วนการลาดเอียงในแนวทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 48

6.4.4.4 ต้องทำการป้องกันการลื่นที่ผิวทางเดิน ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยการป้องกันการลื่นของผิวทางเดินในทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟต้องเป็นแบบเดียวกันตลอดแนวการเดินทางปกติ

6.4.5 ทางปล่อยออก (Discharge from Exits)

6.4.5.1 ทางปล่อยออกทางหนีไฟจะต้องสั้นสุด และเปิดออกโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือทางปล่อยออกภายนอกอาคาร

6.4.5.2 สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง หรือส่วนอื่น ๆ ของทางปล่อยออก จะต้องมีความกว้างและพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารทั้งหมดไปยังทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัย

6.4.5.3 ยินยอมให้ทางหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งเท่านั้น ที่สามารถปล่อยผู้ใช้อาคารออกมาสู่ทางปล่อยออกภายในอาคารในระดับชั้นทางปล่อยออก โดยทางหนีไฟเหล่านั้น จะต้องรองรับความสามารถในการหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งด้วย

6.4.5.4 สำหรับทางปล่อยออกภายในอาคารที่ยอมให้มีได้ จะต้องเป็นเส้นทางที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง และออกไปสู่ภายนอกอาคาร และทางนั้นจะต้องมองเห็นและสังเกตได้โดยง่ายจากจุดที่ปล่อยออกจากทางหนีไฟและระดับชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้นจะต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

6.4.5.5 ต้องทำเครื่องหมายในทางปล่อยออกที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน รวมถึงบันไดก็ต้องทำเครื่องหมายที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน

6.4.6 แสงสว่างในเส้นทางหนีไฟ (Illumination of Means of Egress) และไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting)

6.4.6.1 การส่องสว่างในเส้นทางหนีไฟจะต้องครอบคลุมถึงเส้นทางหนีไฟทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟและทางปล่อยออกโดยประกอบด้วยบันได ทางเดินระหว่างที่นั่ง ทางเดินร่วม ทางลาดชัน บันไดเลื่อน และทางผ่านทางหนีไฟ

6.4.6.2 การส่องสว่างในเส้นทางไฟต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างช่วงเวลาที่ใช้อาคารต้องใช้งานเส้นทางหนีไฟ สามารถส่องสว่างได้ไม่น้อยกว่า 90 นาที

6.4.6.3 ระดับความสว่างต่ำสุดของบันไดที่ไม่ใช่บันไดที่จะก่อสร้างใหม่ ต้องไม่น้อยกว่า 10.8 ลักซ์ (1 ft-candle)

6.4.6.4 การส่องสว่างฉุกเฉินต้องให้แสงสว่างได้ในช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงครึ่ง ในสถานการณ์ที่เกิดความผิดปกติของระบบแสงสว่างที่ใช้งานตามปกติ โดยอุปกรณ์ให้แสงสว่างฉุกเฉินนั้น เริ่มต้นต้องมีระดับความสว่างเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 10.8 ลักซ์ (1 ft-candle) และต้องมีระดับความสว่างไม่น้อยกว่า 1.1 ลักซ์ (0.1 ft-candle) ที่ตำแหน่งใดๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพและเมื่อเวลาในการส่องสว่างผ่านไป 1 ชั่วโมงครึ่งแล้ว ยินยอมให้ระดับความสว่างเฉลี่ยลดลงจนเหลือค่าไม่น้อยกว่า 6.5 ลักซ์ (0.6 ft-candle) ที่ตำแหน่งใดๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพ โดยต้องรักษาอัตราส่วนระหว่างระดับความสว่างสูงสุดและต่ำสุดที่ตำแหน่งใดๆ ไว้ในอัตราส่วนไม่เกิน 40 ต่อ 1

6.4.7 ป้ายสัญลักษณ์ในเส้นทางหนีไฟ (Sign in Means of Egress)

6.4.7.1 ในบันไดหนีไฟ (Sign in Stairway)

ก. บันไดที่รองรับจำนวนชั้นในอาคารตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป ต้องจัดเตรียมป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดนั้น ติดอยู่ในแต่ละชานพักบันได โดยระบุถึงระดับชั้นปลายทางของด้านบน และด้านล่างของส่วนปิดล้อมนั้น รายละเอียดต่างๆ ของบันไดนั้น พร้อมทั้งทิศทางไปสู่ทางปล่อยออก และต้องติดตั้งให้ป้ายสัญลักษณ์อยู่สูงจากพื้นของชานพักบันได 1525 มิลลิเมตร ในตำแหน่งที่เห็นได้ทั้งในขณะที่เปิดหรือปิดประตู

ข. ต้องเขียนสัญลักษณ์ลงบนฝาผนัง หรือติดเป็นป้ายสัญลักษณ์ลงบนผนังอย่างแน่นหนา

ค. ถ้าบันไดมีทางเข้าสู่คาดฟ้าต้องมีข้อความที่เขียนว่า " มีทางเข้าสู่คาดฟ้า" หรือถ้าไม่มีทางเข้าสู่คาดฟ้าต้องมีข้อความที่เขียนว่า " ไม่มีทางเข้าสู่คาดฟ้า" อยู่ที่ตำแหน่งได้ตัวอักษรบรรยายรายละเอียดของบันได โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)

ง. ตัวเลขระบุระดับชั้นต้องอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 125 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ส่วนในชั้นลอยต้องมีตัวอักษร "M" หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมนำหน้าเลขระดับชั้นและในชั้นใต้ดินต้องมีตัวอักษร "B" หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมนำหน้าเลขระดับชั้น

จ. ตัวอักษรที่ระบุถึงปลายทางของด้านบนและด้านล่างของบันได ต้องอยู่ด้านล่างสุดของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)

6.4.7.2 ในเส้นทางหนีไฟอื่น (Sign in other Means of Egress)

ก. ทางหนีไฟต้องทำเครื่องหมายโดยใช้ป้ายสัญลักษณ์ที่ได้รับการรับรองที่สามารถมองเห็นได้โดยง่ายและชัดเจนติดอยู่ในทิศทางของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ยกเว้นแต่ว่าเป็นประตูทางออกสู่ภายนอกอาคารที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใจได้อย่างทันทีว่าเป็นทางหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคาร โดยหากมีการเปลี่ยนทิศทางต้องมีลูกศรกำกับทิศทาง

ข. ป้ายสัญลักษณ์ที่จะติดตั้งในช่องทางเดินเข้าทางออกหนีไฟต้องติดตั้งให้อยู่ห่างกันในระยะที่มองเห็นได้ในระยะ 30 เมตร (100 ฟุต)

ค. ป้ายสัญลักษณ์มีตัวอักษรที่อ่านง่ายและชัดเจน โดยมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว)

ง. เครื่องหมายอพยพหนีไฟต้องติดตั้งสูงกว่าส่วนบนสุดของช่องเปิดที่ต้องการติดตั้งเครื่องหมายนั้นโดยไม่เกิน 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)

การศึกษาข้อมูลและวิธีการคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations ลักษณะการวิเคราะห์แบบละเอียด (More Detailed Analysis)

การประเมินผลทางด้านการออกแบบทางวิศวกรรมที่เกี่ยวกับการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟออกจากอาคารนั้นจำเป็นต้องใช้การเปรียบเทียบระหว่างการคาดการณ์สภาวะที่เกิดไฟและการคาดการณ์การอพยพที่เสมือนจริง ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาวิศวกรรมความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยได้พัฒนาวิธีการคำนวณเพื่อคาดการณ์การเกิดอัคคีภัย มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์ว่าจะตอบสนองอย่างไรเมื่อมีอัคคีภัยเกิดขึ้น ซึ่งการศึกษาดังกล่าวมีความก้าวหน้าในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นสำหรับการวิเคราะห์และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานการเจริญเติบโตของไฟ การแพร่กระจายของไฟและผลที่เกิดขึ้นของมัน

โดยปกติแล้วการออกแบบอาคารที่มีการใช้วัสดุและนวัตกรรมใหม่ๆ มักจะไม่ได้ได้รับการยอมรับเหตุเพราะมีความกังวลในเรื่องความปลอดภัย ทั้งๆ ที่การออกแบบดังกล่าวมีความสร้างสรรค์และมีต้นทุนที่สูงขึ้น แต่ถ้าวิศวกรผู้ออกแบบสามารถพิสูจน์ได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารอย่างแน่นอน เช่น สามารถพิสูจน์ได้ว่าในกรณีเกิดเพลิงไหม้ “เวลาที่เคลื่อนย้ายคนไปสู่สถานที่ปลอดภัยน้อยกว่าเวลาที่เกิดอัคคีภัยแล้วมีผลกระทบร้ายแรงกับผู้ใช้อาคาร” เป็นต้น ก็จะทำให้เกิดความเชื่อมั่นต่อเจ้าของโครงการมากขึ้น

เวลาที่ใช้ในการหลบหนี > เวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการหลบหนี

Time available to escape > Time need to escape

1. องค์ประกอบของเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ

โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละคนคือการนับเวลาที่เกิดอัคคีภัย (Ignition of the fire) ไปจนถึงเวลาที่ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารหรืออพยพไปสู่สถานที่ที่ปลอดภัยได้ ซึ่งเวลาทั้งหมดสามารถวิเคราะห์แยกเป็นองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

- ก. เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ (Time to notification)
- ข. เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time)
- ค. เวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพ (Pre-evacuation activity time)

ง. เวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือเคลื่อนย้าย (Travel or movement time)

สามองค์ประกอบแรกรวมกันเรียกว่า “เวลาล่าช้า” (Delay time) หรือ “เวลาก่อนการเคลื่อนย้าย” (Premovement time)

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการอพยพ} &= \text{เวลาล่าช้า} + \text{เวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือเคลื่อนย้าย} \\ &= \text{เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้} + \text{เวลาที่ใช้ในการ} \\ &\quad \text{ตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้} + \text{เวลาที่ใช้ในการเตรียมการ} \\ &\quad \text{อพยพ} + \text{เวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือเคลื่อนย้าย} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Evacuation time} &= \text{Delay time} + \text{Travel time} \\ &= \text{Time to notification} + \text{Reaction time} + \text{Preevacuation activity} \\ &\quad \text{time} + \text{Travel time} \end{aligned} \quad (4)$$

สิ่งที่สำคัญมากที่ต้องคำนึงถึงสำหรับวิศวกรคือ ต้องไม่ประเมินเวลาล่าช้า (Delay time) ต่ำเกินไปซึ่งมันจะมีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพโดยรวม (Evacuation time) จากกรณีศึกษาของการฝึกอพยพหนีไฟของอพาร์ทเมนต์ โดยค่าเฉลี่ยแล้ว เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) มีค่าน้อยกว่า 25 % ของเวลาที่ใช้ในการอพยพ (Evacuation time) แต่กรณีในการอพยพหนีไฟของอาคารสำนักงาน เราพบว่าเวลาล่าช้า (Delay time) มีค่าน้อยมาก แต่เวลาส่วนใหญ่จะใช้เวลาไปกับเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) ดังนั้นการคัดเลือก, การประเมินหรือการคำนวณเวลาล่าช้า (Delay time) จะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อผลที่จะได้รับ

1.1 เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ (Time to notification)

ในการประเมินการออกแบบทางวิศวกรรม เวลาที่ใช้ในการอพยพ (Evacuation time) จะเริ่มพิจารณาตั้งแต่เกิดการจุดติดไฟ (Ignition Occur), เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ (Time to notification) คือเวลาตั้งแต่เกิดการจุดติดไฟจนกระทั่งอุปกรณ์เริ่มสัญญาณ (Initiate devices) จับสัญญาณได้หรือเวลาตั้งแต่เกิดการจุดติดไฟจนกระทั่งผู้คนเริ่มรู้สึกว่ามีเหตุเพลิงไหม้ด้วยตนเอง ตัวชี้บ่งว่าเกิดเพลิงไหม้ที่ผู้ใช้อาคารสามารถรับรู้ได้เช่น การมองเห็นหรือได้กลิ่นควัน สัมผัสความ

ร้อน การมองเห็นเปลวเพลิง เสียงกระจกแตกหรือเสียงจากสัญญาณบอกเหตุจากเครื่องจับควัน เครื่องจับความร้อนหรือจากระบบหัวกระจายน้ำอัตโนมัติ เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ (Time to notification) สามารถสร้างรูปแบบขึ้นมาได้หรือสามารถประเมินได้จากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ

1.2 เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time)

เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time) คือเวลาที่ผู้ใช้อาคารรับรู้หรือได้ยินสัญญาณบอกเหตุหรือได้เห็นเพลิงไหม้จนกระทั่งตัดสินใจอพยพหนีไฟ ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าใครคนหนึ่งนอนหลับอยู่ เมื่อมีสัญญาณเตือนจากเครื่องตรวจจับควัน เขาจะต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งในการตื่นขึ้นมาแล้วต้องระบุว่าเสียงนั้นเป็นเสียงสัญญาณเตือนจากเครื่องตรวจจับควันและตัดสินใจอพยพหนี ปัจจุบันยังไม่มีโมเดลใดเป็นที่ยอมรับสำหรับการหาค่าเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time) เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาลำโพงได้ข้อมูลจากการสังเกตหรือจากวิจารณ์ของผู้เชี่ยวชาญ เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time) ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น บุคคลนั้นหลับหรือตื่นอยู่ ความสามารถในการได้ยิน ระดับสติสัมปชัญญะ อายุ และอื่นๆ

1.3 เวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพ (Prevacuation activity time)

เวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพ (Prevacuation activity time) คือ เวลาที่ใช้กับกิจกรรมหนึ่ง ๆ โดยการคำนวณเวลาจะเริ่มตั้งแต่ผู้ใช้อาคารกำลังเตรียมตัวหนีหรือกำลังเตรียมตัวหาที่พักพิง กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่มีความแตกต่างกันระหว่างผู้ใช้อาคารแต่ละประเภท การคำนวณเวลาในส่วนนี้เราจะเริ่มต้นตั้งแต่ผู้ใช้อาคารตัดสินใจอพยพหนีไฟจนกระทั่งเริ่มการอพยพจริง ตัวอย่างของกิจกรรมดังกล่าวเช่น ผู้ใช้อาคารประเภทโรงแรมก่อนที่จะอพยพเขาทั้งหลายจะใช้เวลาเก็บกระเป๋า ก่อน, ผู้ใช้อาคารประเภทสำนักงานจะใช้เวลาปิดอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานหรือจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ทำค้างอยู่, สำหรับผู้ใช้อาคารประเภทอุตสาหกรรม อาจจะต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งเพื่อการหยุดการผลิตตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เราสามารถลดขั้นตอนหรือตัดทอนออกบางส่วนได้โดยการให้การฝึกอบรม ปัจจุบันนี้ก็ยังไม่มีโมเดลใดเป็นที่ยอมรับสำหรับการหาค่าเวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพ (Prevacuation activity time) เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาลำโพงได้ข้อมูลจากการสังเกตหรือจากวิจารณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

1.4 เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time)

เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) เป็นองค์ประกอบตัวสุดท้ายของการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ การคำนวณเวลาเราจะเริ่มตั้งแต่เริ่มเคลื่อนที่หนีจนกระทั่งไปสู่ที่ปลอดภัย เทคนิคของการคำนวณหรือการประเมินเวลามีหลากหลายมากมายให้เลือกใช้ วิธีการคำนวณอย่างเรียบง่ายสามารถหาได้จาก FPEtool ซึ่งได้มาจาก National Institute for Standards and Technology (NIST) ซึ่งสามารถคำนวณด้วยมือ (By Hand Calculation Method) ดังจะกล่าวต่อไปนี้

2. วิธีการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Calculation Methods for Travel Time)

ก. การคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) สำหรับบุคคลหนึ่ง ๆ ในทิศทางแนวตรง สามารถคำนวณดังสมการ

$$\text{เวลาที่ใช้ในการเดินทางสำหรับหนึ่งคน} = \text{ระยะทางที่ต้องเดินทาง} / \text{ความเร็วในการเดิน} \quad (5)$$

ข. การคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) สำหรับฝูงชนจะมีความซับซ้อนมากกว่า ซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษพื้นฐาน 3 ประการที่เราต้องพิจารณาคือ

1. ความหนาแน่น (Density)

2. ความเร็ว (Speed)

3. อัตราการไหล (Flow)

ค. ความหนาแน่น (Density) ของฝูงชนหนึ่ง ๆ นิยามได้ด้วย จำนวนคนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น 2 คน / ตร.ม. นอกจากนี้เรายังสามารถแสดงความหนาแน่นแบบ พื้นที่ต่อคนหนึ่งคน เช่น 0.5 ตร.ม. / คน

ง. ความเร็ว (Speed) คือ อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้อาคาร ปกติแล้วใช้หน่วย เมตร / วินาที

จ. อัตราการไหล (Flow) คือ อัตราการไหลเคลื่อนของจำนวนคนกลุ่มหนึ่งที่ผ่านจุดๆ หนึ่งต่อเวลา เช่น ที่จุดผ่านประตู (Doorway) มีอัตราการไหล 2 คน / วินาที

ฉ. เมื่อนำคุณลักษณะพิเศษทั้ง 3 สามตัวมาพิจารณาร่วมกับความกว้างของทางเดิน (Path width) เราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{อัตราการไหล} = \text{ความเร็ว} \times \text{ความหนาแน่น} \times \text{ความกว้าง} \quad (6)$$

ช. ความเร็ว (Speed) นั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (A Function of density) อธิบายได้ว่า เมื่อมีจำนวนคนมากขึ้น (More people more density) ในพื้นที่หนึ่งๆ ความเร็วในการเคลื่อนที่ก็จะช้าลงจนถึงจุดที่เดินแบบค่อยๆ ไป (Shuffling speed)

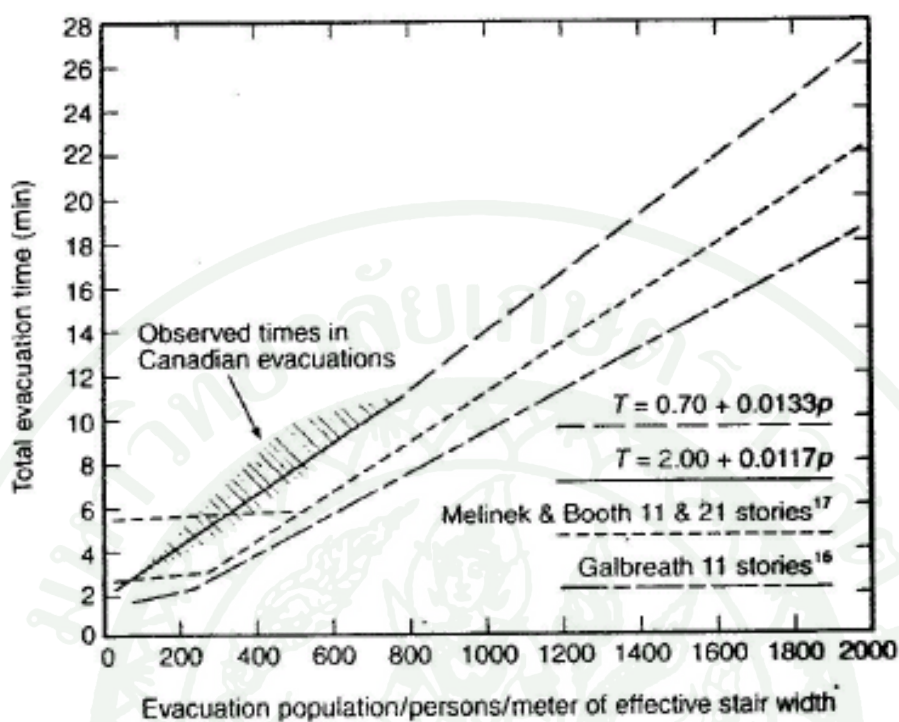
ซ. อัตราการไหล (Flow) และความหนาแน่น (Density) มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างจะซับซ้อน ที่ความหนาแน่นต่ำ อัตราการไหลจะน้อย ลักษณะเหมือนมีจำนวนคนเล็กน้อยในกระแสน้ำการอพยพ (Evacuation stream)

ณ. อัตราการไหลจะต่ำในจุดที่มีความหนาแน่นสูงเพราะมีการเคลื่อนที่ได้ช้า

ญ. อัตราการไหลที่ดีที่สุด (Optimal flow) ที่สามารถนำมาใช้ได้เหมาะสมคือ ประมาณที่ความหนาแน่น 2 คน / ตร.ม.

3. สมการของเวลาที่ใช้ในการอพยพที่ได้มาจากการรวบรวมสถิติ (Empirically Based)

ก. ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบ เวลาสำหรับการอพยพที่มาจากการสังเกตการณ์ (Observed) ของตึกสูงกับสมการการทำนายเวลาในการอพยพรวมของ Paul ข้อมูลพื้นฐานนี้ได้มา จากวัดผลการซ้อมอพยพ 29 ครั้ง โดยใช้กับอาคารสำนักงานเป็นหลักที่มีความสูงตั้งแต่ 8 ถึง 20 ชั้น Paul ได้สังเกตพบว่าเวลาอพยพอยู่ในช่วงประมาณ 10 วินาทีต่อชั้น สำหรับอาคารที่มีคนน้อย จนถึง 20 วินาทีต่อชั้น ในอาคารที่มีคนมาก



ภาพที่ 15 เวลาในการอพยพจากการสังเกตการณ์ (Observation) และจากสมการที่ได้จากการคาดการณ์ (Derivation equation for prediction of total evacuation time) สำหรับอาคารสำนักงานที่มีความสูง 8 ถึง 20 ชั้น

ข. สมการการอพยพที่แสดงในภาพที่ 15 ถูกพัฒนามาจากการเฝ้าสังเกตเวลาที่ใช้ในการอพยพ โดยสมการแรกคือ

$$T = 0.70 + 0.0133p \quad (7)$$

ค. สำหรับสมการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณเวลาอพยพในตึกที่จำนวนคนต่อตารางเมตรของความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันไดเกินกว่า 800 คน (Persons / m² of effective stair width > 800)

T คือ เวลาที่น้อยที่สุด (นาที) ที่ทำการอพยพทางบันไดโดยไม่มีการควบคุม

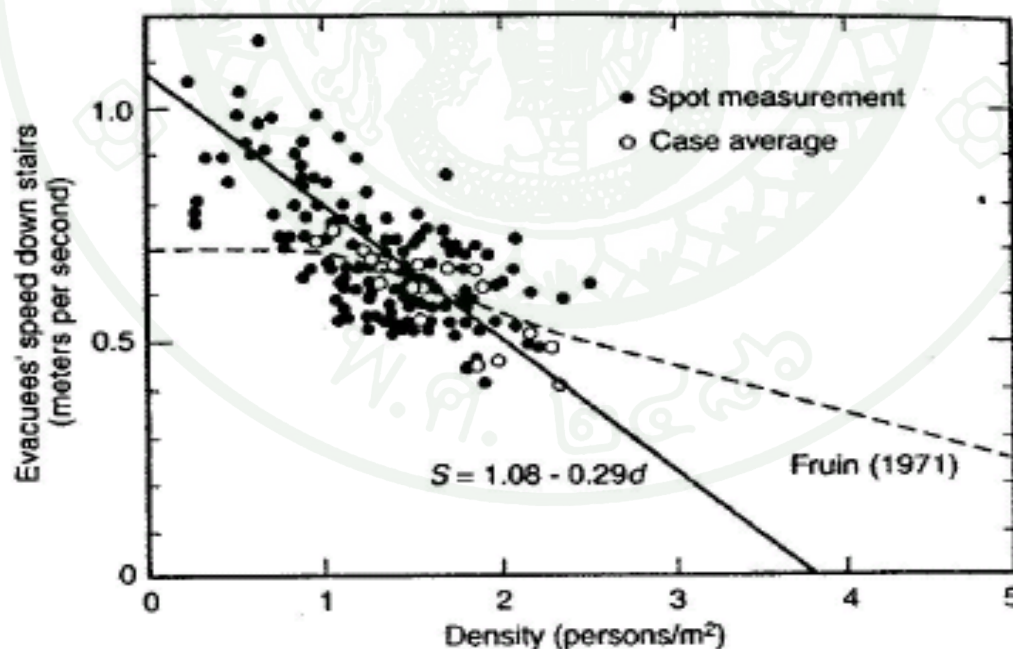
p คือ จำนวนคนที่อพยพจริงต่อเมตรของความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันได ค่าที่ได้จะเป็นเวลา ณ จุดที่อยู่เหนือระดับชั้นที่ปล่อยออก

ง. สมการที่ 2 คือ

$$T = 2.00 + 0.0117p \quad (8)$$

สำหรับสมการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณเวลาอพยพในตึกที่จำนวนคนต่อตารางเมตรของความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันไดน้อยกว่า 800 คน (Persons / m² of effective stair width < 800)

จ. นอกจากนี้ Paul ยังได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการอพยพกับความหนาแน่นบนบันได แบบการอพยพแบบไม่ควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 16 ซึ่งสิ่งที่ต้องระลึกถึงคือการเคลื่อนที่นี้เป็นแบบแนวตั้ง ลักษณะบนลงล่าง (Downward direction)



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นบนบันไดในการอพยพที่ไม่มีการควบคุม

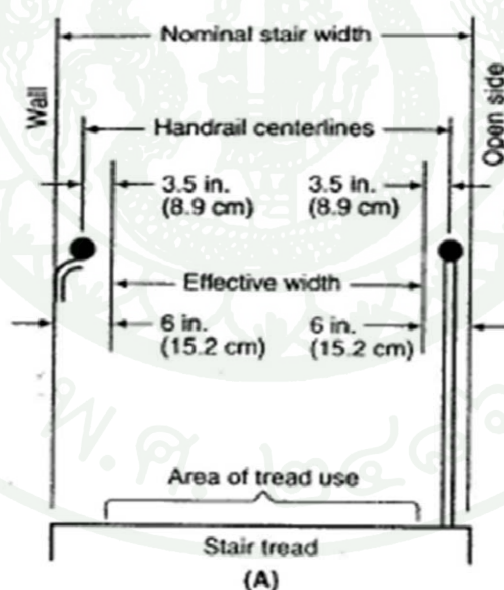
4. การคำนวณอัตราการไหลแบบ Hydraulic Flow Calculations

4.1 ความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective Width-We)

ก. ผู้อพยพหนีไฟที่กำลังเคลื่อนผ่านเส้นทางสู่ทางออกหนีไฟจากอาคารจะรักษา ระยะห่างจากกำแพงและอุปกรณ์สำนักงานอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนผ่าน ที่เรียกว่าชั้น ขอบเขต (Boundary layer clearance) ซึ่งการรักษาระยะห่างนี้มีความจำเป็นในการ โยกและทรงตัว

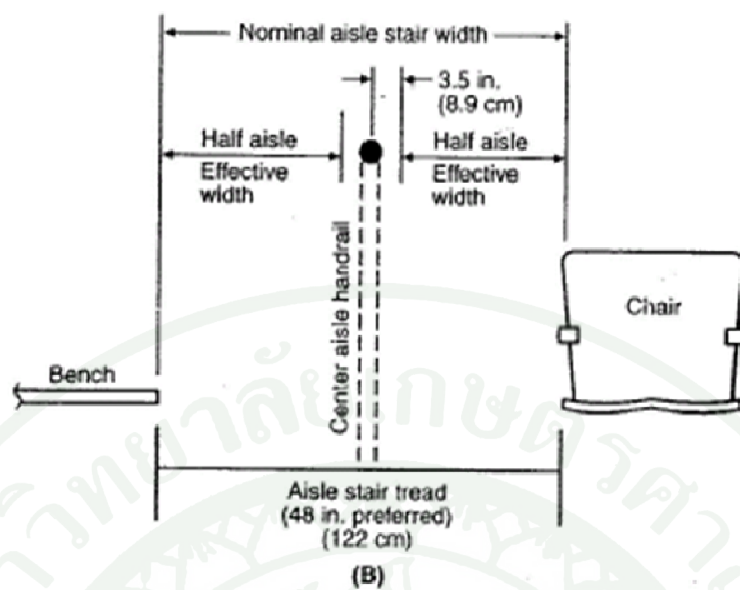
ข. ความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective width) ของเส้นทางหนีไฟจะมีความกว้างน้อยกว่าความกว้างของชั้นขอบเขต (Width of the boundary layer)

ค. ภาพที่ 17 (ก), (ข) และ 18 แสดงถึง ความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective width) และ ชั้นขอบเขต (Boundary layer), ตารางที่ 7 แสดงรายการความกว้างของชั้นขอบเขต (Boundary layer widths)



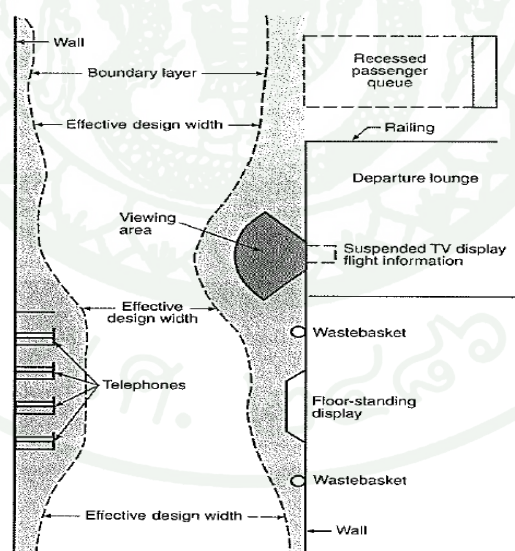
ภาพที่ 17(ก) การวัดความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันไดที่สัมพันธ์กับกำแพง, ราวจับ

ที่มา: Fahy (2003)



ภาพที่ 17(ข) การวัดความกว้างที่ใช้ได้จริงของที่นั่ง

ที่มา: Fahy (2003)



ภาพที่ 18 ความกว้างที่ใช้ได้จริงของช่องทางเดินสาธารณะ

ที่มา: Fahy (2003)

ตารางที่ 7 รายการความกว้างของชั้นขอบเขต (Boundary layer width)

ส่วนประกอบทางออก	ระยะขอบ (Boundary Layer)	
	นิ้ว	เซนติเมตร
ช่องบันได	6	15
ประตู	6	15
ช่องทางเดิน	8	20
สิ่งกีดขวาง	4	10

4.2 ความหนาแน่น (Density-D)

ความหนาแน่น คือการวัดระดับฝูงคนในเส้นทางอพยพหนีไฟ โดยปกติมีหน่วยเป็นจำนวนคนต่อหน่วยของพื้นที่ ในการวิจัยนี้ให้ความหนาแน่นมีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อตารางเมตร (Persons/m²)

4.3 ความเร็วของการอพยพของแต่ละคน (Speed of Exiting Individuals-S)

ก. ความเร็วในการอพยพของกลุ่มขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผู้อพยพ ตามภาพที่

19

ข. ถ้าความหนาแน่นน้อยกว่า 0.05 คนต่อตารางฟุต (0.54 คนต่อตารางเมตร) ผู้อพยพจะไปด้วยความเร็วอิสระที่ไม่ขึ้นกับความเร็วผู้อพยพคนอื่น

ค. ถ้าความหนาแน่นมากกว่า 0.35 คนต่อตารางฟุต (3.8 คนต่อตารางเมตร) จะไม่มีการเคลื่อนที่จนกว่าความหนาแน่นของผู้อพยพจะลดลง

ง. ระหว่างความหนาแน่นที่ 0.05 และ 0.35 คนต่อตารางฟุต (0.54 และ 3.8 คนต่อตารางเมตร) สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นในลักษณะเป็นแบบเส้นตรง ตามสมการคือ

$$S = k - akD \quad (9)$$

S - ความเร็วของการอพยพ มีหน่วยเป็น ฟุตต่อนาที หรือ เมตรต่อวินาที

D - ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อตร.ฟุต หรือ จำนวนคนต่อตร.ม.

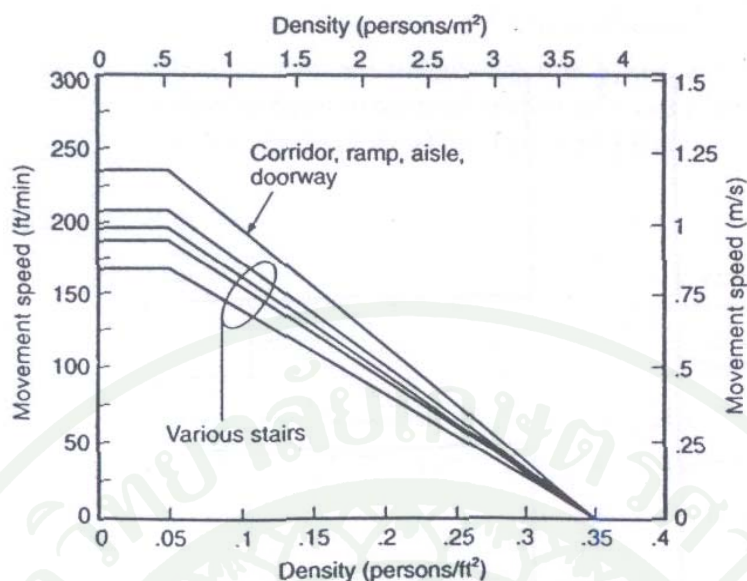
k - ค่าคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยให้

$k = k_1$ และ $a = 2.86$ เมื่อความเร็วที่คำนวณมีหน่วยเป็น ฟุตต่อนาที

$k = k_2$ และ $a = 0.266$ เมื่อความเร็วที่คำนวณมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 8 ค่าคงที่ของความเร็วในการอพยพสำหรับสมการที่ 9

ส่วนประกอบของทางหนีไฟ		K_1	K_2
ช่องทางเดิน ประตู และทางลาด		275	1.40
ลูกตั้ง(ซ.ม.)	ลูกนอน(ซ.ม.)		
190	254	196	1.00
178	279	212	1.08
165	305	229	1.16
165	330	242	1.23



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นของการอพยพ

จ. ความเร็วของการอพยพตามสมการที่ 9 เป็นไปตามแนวของการเคลื่อนที่ แต่สำหรับบันไดความเร็วของการอพยพจะเป็นไปตามขนาดของลูกตั้งและลูกนอน

ฉ. สำหรับตารางที่ 9 ได้ให้ตัวคูณไว้สำหรับแปลงความสูงของบันไดให้เป็นระยะทางตามแนวราบของแนวการเคลื่อนที่ โดยปกติแล้วเมื่อทำการคำนวณแล้ว ผู้คำนวณจะต้องบวกระยะของชานพักบันไดเพิ่มเติมเข้าไปด้วย

ช. ความเร็วสูงสุดของการอพยพจะเกิดขึ้นเมื่อค่าความหนาแน่นของการอพยพมีค่าน้อยกว่า 0.05 คนต่อ ตารางฟุต หรือ 0.54 คนต่อตารางเมตร ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ถือว่าเป็นการอพยพหนีไฟแบบคนๆ เดียว (Individual speed) ความเร็วสูงสุดเหล่านี้แสดงไว้ในตารางที่ 10

ซ. สำหรับข้อมูลที่อยู่นอกเหนือจากตารางที่ 9 เรายังไม่มีข้อมูลที่มากเพียงพอที่จะประเมินหรืออีกนัยหนึ่งคือเรายังไม่มีค่าตัวคูณสำหรับแปลงให้ครอบคลุมในข้อมูลอื่นๆ นอกเหนือจากที่มีอยู่

ตารางที่ 9 ค่าตัวคูณสำหรับแปลง (Conversion Factor) เป็นระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกตั้ง ลูกนอน ขนาดต่างๆ

บันได ลูกตั้ง (นิ้ว (มม))	ลูกนอน (นิ้ว (มม))	ตัวแปลงค่า (Conversion Factor)
7.5(190)	10.0(254)	1.66
7.0(178)	11.0(279)	1.85
6.5(165)	12.0(305)	2.08
6.5(165)	13.0(330)	2.22

ตารางที่ 10 ความเร็วของการอพยพสูงสุด กรณีความหนาแน่นของการอพยพน้อยกว่า 0.54 คนต่อตร.ม.

ส่วนประกอบต่างๆ		ความเร็วตามเส้นทางการอพยพ	
		ฟุต/วินาที	เมตร/วินาที
ช่องทางเดิน ประตู และทางลาด		235	1.19
บันได ลูกตั้ง (นิ้ว (มม))	ลูกนอน (นิ้ว (มม))		
7.5(190)	10.0(254)	167	0.85
7.0(178)	11.0(279)	187	0.95
6.5(165)	12.0(305)	196	1.00
6.5(165)	13.0(330)	207	1.05

4.4 อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ (Specific Flow-Fs)

อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะคือจำนวนของผู้อพยพที่ไหลเคลื่อนผ่านจุดที่เป็นทางออกจุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยความกว้างทางที่ใช้ได้จริง (W_e) ของเส้นทางออกนั้นๆ สมการ คือ

$$F_s = SD \quad (10)$$

F_s - อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อนาทีต่อฟุต หรือ จำนวนคนต่อวินาทีต่อเมตร

D - ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อตารางฟุต หรือ จำนวนคนต่อตารางเมตร

S - ความเร็วของการอพยพ มีหน่วยเป็น ฟุตต่อนาที หรือ เมตรต่อวินาที

F_s จะมีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อนาทีต่อฟุต เมื่อใช้ความหนาแน่น D ในหน่วย จำนวนคนต่อตารางฟุต, ความเร็ว S ในหน่วย ฟุตต่อนาที

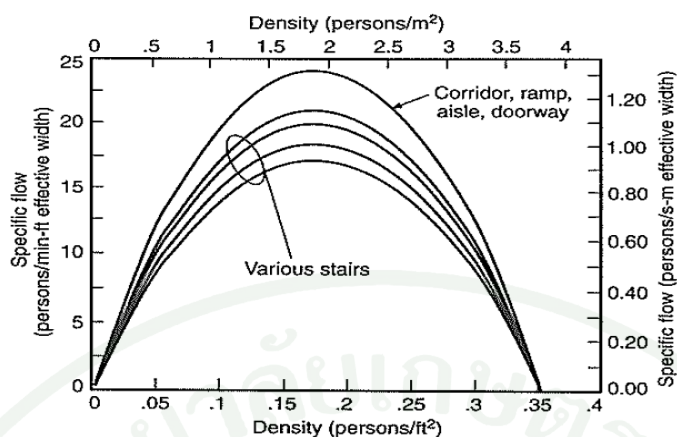
F_s จะมีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อวินาทีต่อเมตร เมื่อใช้ความหนาแน่น D ในหน่วย จำนวนคนต่อตารางเมตร, ความเร็ว S ในหน่วย เมตรต่อวินาที

รวมสมการ 9 และ 10 จะได้

$$F_s = (1 - aD)kD \quad (11)$$

ก. ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะกับความหนาแน่นของการอพยพ

ข. แต่ละแบบของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะที่มีค่ามากที่สุด (Maximum Specific Flow) จะเกิดขึ้นเมื่อความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 0.175 คนต่อตารางฟุต หรือ 1.9 คนต่อตารางเมตร



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะในรูปฟังก์ชันความหนาแน่นของการอพยพ

สำหรับอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด (Maximum Specific Flows) ที่สัมพันธ์กับแต่ละรูปแบบของส่วนประกอบของเส้นทางออก (Exit Route Element) แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด (Maximum Specific Flows-Fsm)

ส่วนประกอบต่าง ๆ		ค่า $k=k_2$	อัตราการไหลเฉพาะสูงสุด F_{sm} (คน/วินาที/เมตร)
ช่องทางเดิน ประตู และทางลาด		1.40	1.32
บันได			
ลูกตั้ง (มม.)	ลูกนอน (มม.)		
190	254	1.00	0.94
178	279	1.08	1.01
165	305	1.16	1.09
165	330	1.23	1.16

4.5 อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Calculated Flow-Fc)

อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Calculated Flow-Fc) คืออัตราการไหลจริงของผู้อพยพที่คาดการณ์ไว้โดยไหลเคลื่อนผ่านจุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะในเส้นทางออก (Exit Route) สมการสำหรับอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้คือ

$$F_c = F_s W_e \quad (12)$$

F_c - อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อนาที หรือ จำนวนคนต่อวินาที

F_s - อัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะ มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อนาทีต่อฟุต หรือ จำนวนคนต่อวินาทีต่อเมตร

W_e - ความกว้างทางที่ใช้ได้จริง มีหน่วยเป็น ฟุต หรือ เมตร

เมื่อรวมสมการ 11 และ 12 เข้าด้วยกันจะได้

$$F_c = (1 - aD)kDW_e \quad (13)$$

F_c จะมีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อนาที เมื่อ $k = k_1$ (จากตารางที่ 8), D จะมีหน่วยเป็น คนต่อตารางฟุต และ W_e มีหน่วยเป็นฟุต

F_c จะมีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อวินาที เมื่อ $k = k_2$ (จากตารางที่ 8), D จะมีหน่วยเป็น คนต่อตารางเมตร และ W_e มีหน่วยเป็นเมตร

4.6 เวลาสำหรับทางผ่าน (Time of Passage-Tp)

เวลาสำหรับทางผ่าน T_p คือ เวลาของกลุ่มผู้อพยพที่ผ่านจุดหนึ่งในเส้นทางออก

$$T_p = P/F_c \quad (14)$$

T_p เวลาสำหรับทางผ่านมีหน่วยเป็น นาที เมื่อให้ F_c มีหน่วยเป็นจำนวนคนต่อ
นาที

T_p เวลาสำหรับทางผ่านมีหน่วยเป็น วินาที เมื่อให้ F_c มีหน่วยเป็นจำนวนคนต่อ
วินาที

P มีหน่วยเป็น จำนวนคน

เมื่อรวมสมการ 13 และ 14 เข้าด้วยกันจะได้

$$T_p = P / (1 - aD) \text{ kDWe} \quad (15)$$

4.7 จุดเปลี่ยนถ่าย (Transition)

จุดเปลี่ยนถ่าย คือจุดใดๆในระบบของทางออกที่มีขนาดของเส้นทางมีการ
เปลี่ยนแปลงหรือมีเส้นทางมาบรรจบรวมกัน ตัวอย่างรูปแบบของจุดเปลี่ยนถ่ายมีดังนี้

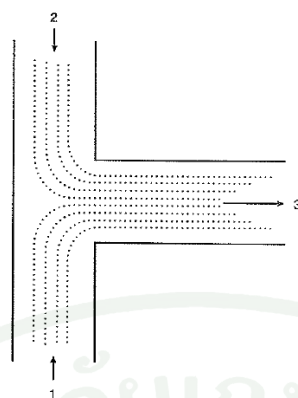
4.7.1 ตำแหน่งจาก Corridor เข้าสู่บันได (Stairway) มีจุดเปลี่ยนถ่ายเกิดขึ้น 2 จุด

ก. จุดที่หนึ่ง คือ จุดที่เกิดการไหลผ่านทางเข้าประตู (Doorway)

ข. จุดที่สอง คือ จุดที่ไหลออกจากทางเข้าประตูผ่านไปสู่บันไดหนีไฟ

4.7.2 จุดที่มีการไหลเคลื่อนสู่ทางออกที่มี 2 กระแสการไหลหรือมากกว่ามา
รวมกัน ตัวอย่างเช่น การบรรจบกันของกระแสไหลเคลื่อนตามภาพที่ 21 กรณีเช่นนี้จะเหมือนกับผู้อยู่
อพยพหนีไฟที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟจากชั้นหนึ่งแล้วมาพบกับผู้อพยพชั้นถัดมาที่กำลังอพยพเข้าสู่
บันไดหนีไฟเช่นเดียวกัน

4.7.3 จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยกว้างขึ้นหรือแคบลงตามภาพที่ 22 ตัวอย่างเช่น
ช่องทางเดิน (Corridor) อาจแคบลงในช่วงสั้นๆ จากสิ่งที่ยื่นเข้า เป็นต้น



ภาพที่ 21 กระแสไหลเคลื่อน 2 กระแสที่มารวมกัน



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนขนาดของทางอพยพ

4.8 กฎที่ใช้กำหนดความหนาแน่นและอัตราการไหลเคลื่อนตามทางผ่านของจุดเปลี่ยนถ่าย

4.8.1 อัตราการไหลเคลื่อนหลังจุดเปลี่ยนถ่ายเป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลเคลื่อนเข้าสู่จุดเปลี่ยนถ่าย หรืออีกนัยหนึ่งคือ อัตราการไหลเคลื่อนบริเวณทางออกเป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลเคลื่อนบริเวณทางเข้า

4.8.2 อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ F_c ตามจุดเปลี่ยนถ่ายจะมีค่าไม่มากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด F_{sm} ในส่วนต่างๆของเส้นทางหนีไฟ ค่า F_c เกิดจาก F_s หรือ F_{sm} คูณด้วยความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e

4.8.3 ในข้อจำกัดของกฎข้อ 2 อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s ของเส้นทางที่ออกจากจุดเปลี่ยนถ่าย พิจารณาโดยสมการได้ดังต่อไปนี้

ก. อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะเข้าหนึ่งกระแสและออกหนึ่งกระแสจากจุดเปลี่ยนถ่าย

$$F_s(\text{out}) = F_s(\text{in}) \cdot W_e(\text{in}) / W_e(\text{out}) \quad (16a)$$

$F_s(\text{out})$ - อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะที่ออกจากจุดเปลี่ยนถ่าย

$F_s(\text{in})$ - อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะที่มาถึงจุดเปลี่ยนถ่าย

$W_e(\text{in})$ - ความกว้างที่ใช้ได้จริงก่อนถึงจุดเปลี่ยนถ่าย

$W_e(\text{out})$ - ความกว้างที่ใช้ได้จริงหลังผ่านจุดเปลี่ยนถ่าย

ข. อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะเข้าสองกระแสและออกจากจุดเปลี่ยนถ่ายหนึ่งกระแส เช่นการรวมตัวกันของผู้อพยพที่กำลังเคลื่อนที่ลงทางบันไดหนีไฟกับผู้อพยพกลุ่มหนึ่งที่กำลังเคลื่อนที่เข้าสู่บันไดหนีไฟที่ชั้นเดียวกัน

$$F_s(\text{out}) = \{ [F_s(\text{in-1}) \cdot W_e(\text{in-1})] + [F_s(\text{in-2}) \cdot W_e(\text{in-2})] \} / W_e(\text{out}) \quad (16b)$$

(in-1) และ (in-2) แสดงถึงอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของ 2 กระแส

ค. อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะมีการรวมกันในแบบเรขาคณิต โดยทั่วไปสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$[F_s(\text{in-1}) \cdot W_e(\text{in-1})] + \dots + [F_s(\text{in-n}) \cdot W_e(\text{in-n})] = [F_s(\text{out-1}) \cdot W_e(\text{out-1})] + \dots + [F_s(\text{out-n}) \cdot W_e(\text{out-n})] \quad (16c)$$

โดยที่ตัวอักษร n ในอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{in-n})$ และ $F_s(\text{out-n})$ บ่งบอกถึงจำนวนกระแสที่เข้าและออกจากจุดเปลี่ยนถ่าย

4.8.4 โดยที่อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ F_c สำหรับเส้นทางที่ออกจากจุดเปลี่ยนถ่าย ดังเช่นที่ได้รับจากสมการในกฎข้อ 3 มีค่ามากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะสูงสุด F_{sm} จะเกิดแถวการรอคอยขึ้นที่ จุดเปลี่ยนถ่ายด้านทางเข้า จำนวนคนที่อยู่ในแถวจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่เท่ากับอัตราไหลเคลื่อนที่เฉพาะที่คำนวณได้ F_c ในเส้นทางที่กำลังมาลบด้วยอัตราไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ F_c ที่กำลังจากไปผ่านจุดเปลี่ยนถ่าย

4.8.5 โดยที่อัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะด้านออกที่คำนวณได้ $F_s(out)$ จะมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะสูงสุด F_{sm} สำหรับเส้นทางนั้น เราไม่มีทางที่จะคำนวณล่วงหน้าได้เลยว่าเส้นทางที่กำลังเข้ามาจะมีการรวมตัวกันอย่างไร อาจมีการแบ่งสรรกันผ่านจุดเปลี่ยนถ่ายเท่าๆกัน หรืออาจให้เส้นทางหนึ่งผ่าน ก่อนอีกเส้นทางหนึ่งก็ได้ สำหรับการคำนวณแบบอนุรักษ์ (Conservative calculations) จะตั้งสมมติฐานว่า เส้นทางหนึ่งจะได้รับสิทธิก่อนอีกเส้นทางหนึ่ง แต่ถ้าทุกเส้นทางมีความสำคัญ มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างชุดรายการคำนวณขึ้นมาเพื่อสร้างขอบเขตเงื่อนไขในแต่ละเส้นทางการเคลื่อนที่ภายใต้เงื่อนไขของความสำคัญในแต่ละเส้นทาง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุษกร (2553) ได้ทำการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101 และได้คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Analogy ของอาคารใหม่ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยทำการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคาร ซึ่งได้แก่ จำนวนผู้ใช้อาคาร จำนวนทางออกหนีไฟ ระยะสัญจร ระยะทางบังคับ และส่วนประกอบต่างๆ ในเส้นทางหนีไฟ อาทิเช่น ประตู บันไดหนีไฟ ป้ายหนีไฟ ไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เป็นต้น รวมทั้งพิจารณาการกันแยกและคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟด้วย เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดประกอบการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ

ผลจากการศึกษาพบว่าขีดความสามารถของบันไดหนีไฟไม่เพียงพอต่อการรองรับจำนวนผู้ใช้อาคารในชั้นที่ 3 และ 4 เนื่องจากชั้นดังกล่าวเป็นห้องบรรยาย และห้องประชุมขนาดใหญ่ ซึ่งจัดเป็นพื้นที่ประเภทชุมนุมคน มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก เมื่อพิจารณาระยะทางสัญจร พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานปรากฏที่ชั้น 4 และจากการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟออกจากอาคาร พบว่าใช้เวลาประมาณ 9 นาที ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะให้มีการเพิ่มทางหนีไฟอีก 1 ทางในชั้นที่ 3 และ 4 เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้งาน รวมถึงการปรับปรุงบันไดในอาคารโดยการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ เพื่อให้สามารถเป็นบันไดหนีไฟที่ถูกต้องตามมาตรฐาน อีกทั้งยังช่วยลดระยะทางสัญจรที่ใช้เคลื่อนที่ไปสู่พื้นที่ที่ปลอดภัยให้ไม่เกินจากมาตรฐานที่กำหนด

เยาวลักษณ์ (2555) ได้ทำการคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ ของอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา โดยวิธี Hydraulic Flow Calculations โดยทำการศึกษาจำนวนผู้ใช้อาคาร ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ และคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ

ผลการศึกษาพบว่าขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟเพียงพอ เวลาในการอพยพหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคาร 16.1 นาที มีจำนวนผู้รอคิวมากที่สุดเกิดขึ้นที่ชั้น 3 เท่ากับ 134 คน จึงทำการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟโดยการทำการย้ายตู้ Fire Hose Cabinet ไปไว้บริเวณอื่น และขยายขนาดประตูหนีไฟ ทำให้ค่า F_c เพิ่มขึ้นจากเดิม ส่งผลให้เวลาอพยพหนีไฟลดลงจากเดิมเป็น 14.9 นาที

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. มาตรฐานด้านความปลอดภัยต่อชีวิต NFPA 101, Life Safety Code Handbook 2006 Edition
2. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd Edition
3. หนังสือรวมกฎหมายก่อสร้าง
4. แบบแปลนของอาคารที่ทำวิจัย
5. คอมพิวเตอร์ Notebook ระบบปฏิบัติการ Windows XP
6. กล้องถ่ายรูปและอุปกรณ์เครื่องใช้สำนักงานต่างๆ

วิธีการ

1. ตรวจสอบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางหนีไฟให้สอดคล้องกับอาคารกรณีศึกษา พร้อมการปฏิบัติให้ถูกต้องตามกฎหมาย
2. ศึกษาข้อกำหนดของมาตรฐานเส้นทางหนีไฟ NFPA 101, Life Safety Code Handbook 2006 Edition เพื่อสรุปรายการข้อกำหนดที่จะทำการวิเคราะห์และปรับปรุงเส้นทางหนีไฟให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น
3. ศึกษาลักษณะกิจกรรมในการใช้พื้นที่ในแต่ละส่วนของอาคาร เพื่อนำมาคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load) และเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ
4. ศึกษาการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations เพื่อคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟและการปรับปรุงระยะเวลาอพยพหนีไฟ
5. สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

ผลและวิจารณ์

ผล

ข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ทำวิจัย

ชื่ออาคาร อาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ตั้งอยู่บริเวณถนนบางนา-ตราด

ลักษณะของอาคาร อาคารสูง 40 ชั้น มีถังเก็บน้ำ, ห้องเครื่องลิฟต์ด้านบนและมีทางหนีไฟทางอากาศ ความสูงของอาคารวัดจากระดับพื้นดินถึงชั้นหนีไฟทางอากาศ 154.5 เมตร มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

กิจการการใช้อาคาร เป็นอาคารสำนักงานให้เช่า มีพื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 58,881 ตารางเมตร

ข้อมูลอาคารและลักษณะการใช้อาคารในแต่ละชั้นมีดังนี้

- ชั้น 1 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,780 ตารางเมตร ประกอบด้วยร้านอาหาร, ร้านหนังสือ, ร้านขายยา, ร้านสะดวกซื้อ 7-11, ร้านเสริมสวย, ห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU) และร้านค้าอื่นๆ
- ชั้น 2 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,400 ตารางเมตร ประกอบด้วยธนาคาร, ร้านอาหาร, ห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU) และห้องควบคุมอาคาร (Control Room)
- ชั้น 3 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,076 ตารางเมตร ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
- ชั้น 4 - 8 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,616 ตารางเมตรต่อชั้น ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)

- ชั้น 9 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,616 ตารางเมตร ประกอบด้วยห้องประชุมสัมมนาและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
 - ชั้น 10 - 30 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,616 ตารางเมตรต่อชั้น ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
 - ชั้น 31 - 33 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,330 ตารางเมตรต่อชั้น ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
 - ชั้น 34 - 35 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 989 ตารางเมตรต่อชั้น ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
 - ชั้น 36 - 40 มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1005 ตารางเมตรต่อชั้น ประกอบด้วยสำนักงานให้เช่าและห้องเครื่องระบบปรับอากาศ Air Handling Unit (AHU)
 - ชั้นถังเก็บน้ำ, ชั้นห้องเครื่องลิฟต์และชั้นดาไฟฟ้าที่เป็นทางหนีไฟทางอากาศ
- ระบบประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัยมีดังนี้
- ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติ (Fire Alarm System)
 - ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติครอบคลุมทุกพื้นที่ (Fully Automatic Sprinkler System)
 - ระบบท่อขึ้นและสายฉีดน้ำดับเพลิงติดตั้งทุกชั้น
 - ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและถังเก็บน้ำสำรองดับเพลิง

บันไดหนีไฟที่มีการปิดล้อมด้วยผนังทนไฟทุกด้านมีจำนวน 3 บันไดดังนี้

1. บันไดหนีไฟหมายเลข FST-1 เป็นบันไดหนีไฟภายในอาคารเชื่อมต่อตั้งแต่ชั้น 2 ถึงชั้น 40 มีขนาดความกว้างของบันได 0.89 เมตร ปิดล้อมด้วยผนังทึบไฟตั้งแต่ชั้น 5 ถึงชั้น 40, ตั้งแต่ชั้น 2 ถึงชั้น 4 มิได้ปิดล้อมด้วยผนังทึบไฟ มีการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติโดยการเปิดโล่ง ประตูกั้นไฟมีขนาด 0.92 เมตร สำหรับชั้น 4 ถึงชั้น 40 เท่านั้น สำหรับชั้น 3 ไม่มีทางเข้าสู่บันไดหนีไฟนี้ จุดปล่อยออก (Exit Discharge) อยู่นอกอาคารบนชั้น 2 สามารถวิ่งผ่าน Ramp ลงสู่ลานโล่งสาธารณะด้านข้างอาคารได้

2. บันไดหนีไฟหมายเลข FST-2 เป็นบันไดหนีไฟภายในอาคารเชื่อมต่อตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 40 มีขนาดความกว้างของบันได 1.40 เมตร ปิดล้อมด้วยผนังทึบไฟตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 40 ประตูกั้นไฟมีขนาด 0.92 เมตร จุดปล่อยออก (Exit Discharge) อยู่ภายในอาคารที่ชั้น 1

3. บันไดหนีไฟหมายเลข FST-3 เป็นบันไดหนีไฟภายในอาคารเชื่อมต่อตั้งแต่ชั้น 2 ถึงชั้น 40 มีขนาดความกว้างของบันได 0.89 เมตร ปิดล้อมด้วยผนังทึบไฟตั้งแต่ชั้น 2 ถึงชั้น 40 ประตูกั้นไฟมีขนาด 0.92 เมตร จุดปล่อยออก (Exit Discharge) อยู่ภายในอาคารที่ชั้น 2

ลักษณะของอาคารเข้าข่ายเป็นอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2533 ดังนั้นอาคารหลังนี้จึงเข้าข่ายที่จะต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 47 ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งบังคับใช้กับอาคารที่สร้างก่อนปี พ.ศ. 2535

ลักษณะของอาคารตามมาตรฐาน NFPA101 เป็นอาคารที่สร้างแล้วเสร็จ (Existing Building) มีการใช้งานอาคารแบบหลายประเภท (Multiple Occupancy) โดยการใช้กิจกรรมหลักของอาคารคือ พื้นที่ครอบครองประเภทธุรกิจและชุมนุมคน

รายละเอียดการทำวิจัยในแต่ละหัวข้อมีดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2006 Edition

3. การคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations

1. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

เนื่องจากอาคารที่ทำการวิจัยเข้าข่ายกฎกระทรวงฉบับที่ 47 ซึ่งมีเรื่องที่จะต้องตรวจสอบเพียง 6 หัวข้อเท่านั้น ผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบให้ครบถ้วนทั้งหมดตามกฎหมายดังนี้

ตารางที่ 12 รายการตรวจสอบตามข้อบังคับของกฎกระทรวงฉบับที่ 47

ข้อบังคับที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายฉบับที่ 47		การตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	
ข้อ 5 (1)	อาคารที่มีความสูงตั้งแต่สี่ชั้นขึ้นไปให้ติดตั้งบันไดหนีไฟที่ไม่ใช่บันไดแนวดิ่งเพิ่มจากบันไดหลักให้เหมาะสมกับพื้นที่ของอาคาร เพื่อให้สามารถลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายในหนึ่งชั่วโมง โดยไม่ถือเป็นการดัดแปลงอาคารแต่ต้องยื่นแบบให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาให้ความเห็นชอบ และบันไดหนีไฟต้องมีลักษณะดังนี้	/			
	ก) บันไดหนีไฟภายในอาคารต้องมีผนังทุกด้านโดยรอบที่ทำด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ				

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อบังคับที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายฉบับที่ 47		การตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	
ข้อ 5 (1)	ข) ช่องประตูสู่นับไดโหนดไฟต้องเป็นบานเปิดทำด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ชนิดที่บังคับให้บานประตูปิดได้เองเพื่อป้องกันควันและเปลวไฟมิให้เข้าสู่บันไดโหนดไฟ และมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 2 เมตร	/			
ข้อ 5 (2)	จัดให้มีการติดตั้งแบบแปลนแผนผังของอาคารแต่ละชั้นแสดงตำแหน่งห้องต่างๆ ทุกห้อง ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ ประตูหรือทางหนีไฟของชั้นนั้นติดไว้ในตำแหน่งที่เห็นชัดเจนที่บริเวณห้องโถงลิฟต์หรือบันไดลิฟต์ทุกแห่งทุกชั้นของอาคาร และที่บริเวณพื้นที่ชั้นล่างของอาคารต้องจัดให้มีแบบแปลนแผนผังของอาคารทุกชั้นเก็บรักษาไว้เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้โดยสะดวก	/			

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อบังคับที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายฉบับที่ 47		การตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	
ข้อ 5 (3)	ติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือตามชนิดและขนาดที่กำหนดไว้ในท้ายกฎกระทรวงนี้อย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับดับเพลิงที่เกิดจากประเภทของวัสดุที่มีในแต่ละชั้น โดยให้มี 1 เครื่องต่อพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร ทุกระยะไม่เกิน 45 เมตร แต่ไม่น้อยกว่าชั้นละ 1 เครื่อง การติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือนี้ ต้องติดตั้งให้ส่วนบนสุดของตัวเครื่องสูงจากระดับ 1.5 เมตร ในที่มองเห็น สามารถอ่านคำแนะนำการใช้ได้และสามารถเข้าใช้สอยได้สะดวก และต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ตลอดเวลา		/		

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อบังคับที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายฉบับที่ 47		การตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	
ข้อ 5 (4)	ติดตั้งระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้ทุกชั้น โดยระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้อย่างน้อยต้องประกอบด้วย				
	ก) อุปกรณ์ส่งสัญญาณเพื่อให้หนีไฟที่สามารถส่งเสียงหรือสัญญาณให้คนที่อยู่ในอาคารได้ยินหรือทราบอย่างทั่วถึง	/			
	ข) อุปกรณ์แจ้งเหตุที่มีทั้งระบบแจ้งเหตุอัตโนมัติและระบบแจ้งเหตุที่ใช้มือเพื่อให้อุปกรณ์ตามข้อ ก) ทำงาน	/			

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อบังคับที่ต้องตรวจสอบตามกฎหมายฉบับที่ 47		การตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ไม่เกี่ยวข้อง	
ข้อ 5 (5)	ติดตั้งระบบไฟส่องสว่างสำรองเพื่อให้มีแสงสว่างสามารถมองเห็นช่องทางเดินได้ขณะเกิดเพลิงไหม้และมีป้ายบอกขึ้นและป้ายบอกทางหนีไฟที่ด้านในและด้านนอกของประตูหนีไฟทุกชั้นด้วยตัวอักษรที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนโดยตัวอักษรต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 เซนติเมตร		/		
ข้อ 5 (6)	ติดตั้งระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าซึ่งประกอบด้วยเสาต่อฟ้า สายต่อฟ้า สายตัวนำ สายนำลงดินและหลักดินที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบ โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน	/			

ผลการตรวจสอบอาคารเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฉบับที่ 47 พ.ศ. 2540

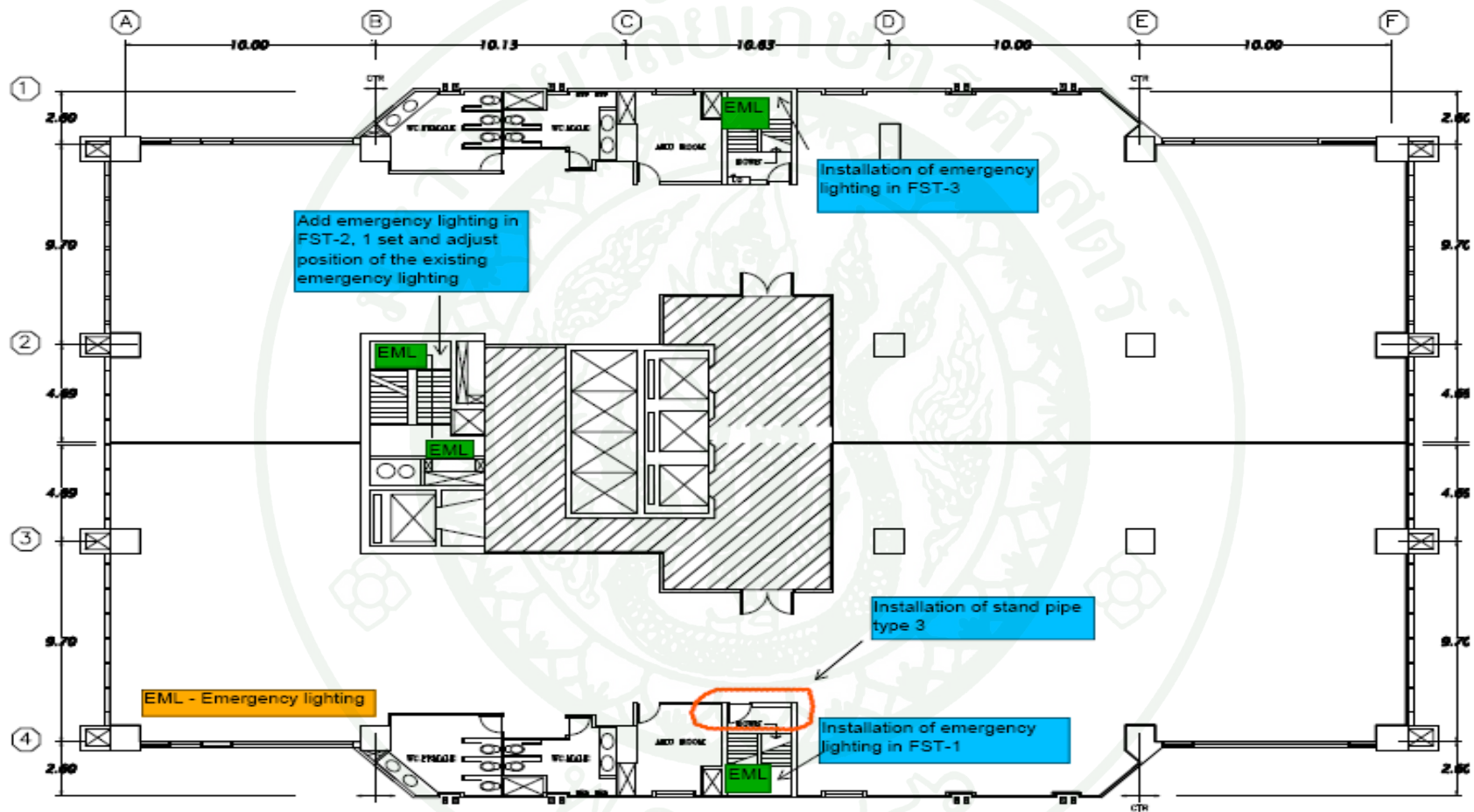
จากการตรวจสอบอาคารตามกฎหมายกฎกระทรวงฉบับที่ 47 โดยการเดินสำรวจตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) พบว่ามีความไม่สอดคล้องตามข้อกำหนดในกฎหมายดังนี้

1. ถังดับเพลิงชนิดมือถือสำหรับชั้น 31 ถึงชั้น 40 มีเพียง 1 ถัง วางอยู่ในตู้ Fire Hose Cabinet เท่านั้น โดยพื้นที่อาคารชั้นดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1,000 ตารางเมตร ยกเว้นชั้น 34 และ 35 เท่านั้น นอกจากนี้สภาพของพื้นที่เช่าบางชั้นมีการกั้นแบ่งให้เช่า ทำให้บางส่วนของพื้นที่เช่าไม่มีถังดับเพลิงวางอยู่
2. ถังดับเพลิงชนิดมือถือสำหรับชั้น 1 ถึงชั้น 30 มี 2 ถัง วางอยู่ในตู้ Fire Hose Cabinet แม้จะถูกต้องตามกฎหมาย แต่เนื่องจากสภาพของพื้นที่เช่าที่มีการกั้นแบ่งให้เช่า ทำให้บางส่วนของพื้นที่เช่าไม่มีถังดับเพลิงวางอยู่
3. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1 และ FST-3 ไม่มีระบบไฟส่องสว่างฉุกเฉินสำรองติดตั้งภายในบันไดหนีไฟทุกชั้น มีแต่หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานจากระบบไฟฟ้าหลักเท่านั้น ถ้าเกิดเพลิงไหม้แล้วระบบไฟฟ้าหลักถูกตัดหรือใช้งานไม่ได้เนื่องจากเหตุใดๆ ก็ตาม บันไดหนีไฟทั้งสองจะไม่สามารถใช้งานได้เลย
4. บันไดหนีไฟ FST-2 การติดตั้งระบบไฟส่องสว่างฉุกเฉินไม่เพียงพอ
5. (เพิ่มเติม) ตู้ Fire Hose Cabinet สำหรับชั้น 31 ถึงชั้น 40 มี 1 ชุด, สำหรับชั้น 1 ถึงชั้น 30 มี 2 ชุด โดยทั้ง 2 ชุด มีท่อยืน (Standpipe) อยู่ในบันไดหนีไฟ FST-2 & 3 ซึ่งจากสภาพสถานที่จริง แม้ไม่มีการกั้นแบ่งพื้นที่เลย ความยาวของสายดับเพลิงก็ไม่ยาวพอที่จะเข้าถึงทุกพื้นที่

การปรับปรุงตามการตรวจสอบของกฎกระทรวงฉบับที่ 47 พ.ศ. 2540

1. สำหรับชั้น 31 ถึงชั้น 40 ควรเพิ่มถึงดับเพลิงให้ถูกต้องสอดคล้องตามกฎหมาย
นอกจากนี้แม้จะวางจำนวนถึงดับเพลิงถูกต้องตามกฎหมายแล้ว ควรคำนึงถึงการกันแบ่งพื้นที่ให้เข้า
เพราะในพื้นที่ที่ถูกกันแบ่งจะไม่มีถึงดับเพลิงวางอยู่เลย ดังนั้นควรเพิ่มถึงดับเพลิงในทุกพื้นที่ที่มี
การกันแบ่งให้เข้าทุกพื้นที่
2. สำหรับชั้น 1 ถึงชั้น 30 แม้จะปฏิบัติถูกต้องตามกฎหมาย แต่ควรคำนึงถึงการกันแบ่ง
พื้นที่ให้เข้าเช่นเดียวกัน ดังนั้นควรเพิ่มถึงดับเพลิงในทุกพื้นที่ที่มีการกันแบ่งให้เข้าทุกพื้นที่
3. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1 และ FST-3 ควรติดตั้งระบบไฟส่องสว่างฉุกเฉินเพิ่มเติม
ทุกชั้น
4. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2 ควรติดตั้งระบบไฟส่องสว่างฉุกเฉินเพิ่มเติมและวาง
ตำแหน่งการติดตั้งใหม่
5. (เพิ่มเติม) ควรติดตั้งท่อขึ้นและสายฉีดน้ำดับเพลิงประเภทที่ 3 ในบันไดหนีไฟ FST-1
ตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 40

แสดงการปรับปรุงตามกฎหมายตามภาพที่ 23



ภาพที่ 23 การติดตั้งระบบไฟฟ้าส่องสว่างฉุกเฉินเพิ่มเติมในบันไดหนีไฟตามกฎหมาย และติดตั้งท่อขึ้นประเภท 3

2. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code 2006 Edition

ในการวิจัยตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code มีเงื่อนไขและข้อกำหนดที่พิจารณาดังนี้

- พิจารณาในเงื่อนไขอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ (Chapter 11 section 11.8 High-Rise Building of NFPA 101 Life Safety Code Handbook) พื้นที่ครอบครองประเภทประกอบธุรกิจที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (Existing Business Occupancies-Chapter 39 of NFPA 101 Life Safety Code Handbook) และพิจารณาตามมาตรฐานเส้นทางหนีไฟ (Chapter 7 Means of Egress)
- พิจารณาในสมมติฐานว่ามีแหล่งต้นเพลิงเพียงแหล่งเดียว (Single Fire Source)
- พิจารณาในเงื่อนไขที่อาคารติดตั้งติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติครอบคลุมทุกพื้นที่ (Fully Automatic Sprinkler System)
- พิจารณาในเงื่อนไขที่อาคารนี้มีผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป

มีรายละเอียดการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟเพื่อความปลอดภัยตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) และการคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load)

2.2 การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

2.3 การพิจารณาการจัดวางเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

2.4 การวิเคราะห์และคำนวณหาระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exit) มีหัวข้อสำหรับการพิจารณาดังนี้

2.4.1 ระยะทางสัญจร (Travel Distance to Exit)

2.4.2 ระยะทางบังคับ (Common Path of Travel)

2.4.3 ระยะทางปลายตัน (Dead Ends)

2.5 การวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

2.6 ส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component) และการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)

2.6.1 ข้อกำหนดและส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Component)

2.6.2 ข้อกำหนดทั่วไปของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Requirements)

2.6.3 จำนวนเส้นทางหนีไฟ (Number of Means of Egress) และการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Arrangement of Means of Egress)

2.6.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability) มีรายละเอียดที่นำมาพิจารณาดังนี้

2.6.4.1 ประตู (Doors)

2.6.4.2 บันได (Stairs)

2.6.4.3 ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)

2.6.4.4 ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (Walking Surfaces in the Means of Egress)

2.6.4.5 ทางปล่อยออก (Discharge from Exits)

2.6.4.6 แสงสว่างในเส้นทางหนีไฟ (Illumination of Means of Egress) และไฟ แสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting)

2.6.4.7 ป้ายสัญลักษณ์ในเส้นทางหนีไฟ (Sign in Means of Egress)



2.1 การวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารและการคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร

ตารางที่ 13 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 1

ลำดับ ที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Restaurant 1	Assembly use	Restaurant (Less concentrated)	140.0	1.4 net	100
2	Restaurant 2	Assembly use	Restaurant (Less concentrated)	27.91	1.4 net	20
3	Restaurant 3	Assembly use	Restaurant (Less concentrated)	65.83	1.4 net	48
4	SE-ED Book	Mercantile use Mercantile use	Sales area on street floor	135.0	2.8	49
5	Drug store	Mercantile use Mercantile use	Sales area on street floor	35.00	2.8	13
6	7-11		Street area on street floor	59.00	2.8	22
7	Beauty Salon		Beauty Salon	63.50	2.8	23
8	Tenant 1	Mercantile use	Sales area on street floor	138.0	2.8	50
9	Tenant 2	Mercantile use	Sales area on street floor	50.00	2.8	18

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
10	Tenant 3	Mercantile use	Sales area on street floor	30	2.8	11
11	Tenant 4	Mercantile use	Sales area on street floor	27	2.8	10
12	Tenant 5	Mercantile use	Sales area on street floor	60	2.8	22
13	Tenant 6	Mercantile use	Sales area on street floor	25	2.8	9
14	AHU	Industrial use	Special-purpose industrial	40	-	-
15	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	883.76	2.8	316
รวม				1780	-	711

ตารางที่ 14 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 2

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Ayudhaya Bank	Business use	Business	319.71	9.3	35
2	Restaurant	Assembly use	Restaurant (Less concentrated)	200	1.4 net	143
3	Kitchen	Assembly use	Kitchen	60	9.3	7
4	Control Room	Business use	Control Room	80	9.3	9
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	26	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	714.29	9.3	77
รวม				1,400	-	271

ตารางที่ 15 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 3

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	500.00	9.3	54
2	Office 2	Business use	Business	273	9.3	30
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	15.05	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	287.95	9.3	31
รวม				1,076	-	115

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 4

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	238.63	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	212.23	9.3	23
3	Office 3	Business use	Business	104.25	9.3	12
4	Office 4	Business use	Business	220.51	9.3	24
5	Office 5	Business use	Business	143.85	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	128.18	9.3	14
7	Office 7	Business use	Business	108.7	9.3	12
8	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
9	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	429.55	9.3	47
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 17 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 5

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 18 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 6

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 19 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 7

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการ ใช้งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 20 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 8

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 21 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 9

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Room A	Assembly use	Meeting (Less concentrated)	99.65	1.4 net	72
2	Room B	Assembly use	Meeting (Less concentrated)	154.44	1.4 net	111
3	Room C	Assembly use	Meeting (Less concentrated)	270.8	1.4 net	194
4	Room D	Assembly use	Meeting (Less concentrated)	440	1.4 net	315
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	621.01	9.3	67
รวม				1,616	-	759

ตารางที่ 22 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 10

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 23 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 11

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 24 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 12

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 25 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 13

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 26 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 14

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 27 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 15

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	211.57	9.3	23
4	Office 4	Business use	Business	143.83	9.3	16
5	Office 5	Business use	Business	143.83	9.3	16
6	Office 6	Business use	Business	211.57	9.3	23
7	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.10	-	-
8	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 28 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 16

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	355.40	9.3	39
4	Office 4	Business use	Business	355.40	9.3	39
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 29 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 17

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	355.40	9.3	39
4	Office 4	Business use	Business	355.40	9.3	39
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 30 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 18

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	355.40	9.3	39
4	Office 4	Business use	Business	355.40	9.3	39
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 31 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 19

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	355.40	9.3	39
4	Office 4	Business use	Business	355.40	9.3	39
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 32 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 20

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	355.40	9.3	39
4	Office 4	Business use	Business	355.40	9.3	39
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	404.31	9.3	44
รวม				1,616	-	174

ตารางที่ 33 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 21

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	598.17	9.3	65
2	Office 2	Business use	Business	598.18	9.3	65
3	Pump Room	Industrial use	Special- purpose industrial	106.4	-	-
4	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
5	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	283.15	9.3	31
รวม				1,616	-	161

ตารางที่ 34 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 22

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	370.12	9.3	40
4	Office 4	Business use	Business	370.11	9.3	40
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	374.88	9.3	41
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 35 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 23

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	1,274.1	9.3	138
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	311.71	9.3	34
รวม				1,616	-	172

ตารางที่ 36 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 24

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	370.12	9.3	40
4	Office 4	Business use	Business	370.11	9.3	40
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	374.88	9.3	41
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 37 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 25

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	637.10	9.3	69
2	Office 2	Business use	Business	637.09	9.3	69
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	311.71	9.3	34
รวม				1,616	-	172

ตารางที่ 38 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 26

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	370.12	9.3	40
4	Office 4	Business use	Business	370.11	9.3	40
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	374.88	9.3	41
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 39 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 27

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	237.51	9.3	26
2	Office 2	Business use	Business	233.28	9.3	26
3	Office 3	Business use	Business	370.12	9.3	40
4	Office 4	Business use	Business	370.11	9.3	40
5	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
6	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	374.88	9.3	41
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 40 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 28

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	679.02	9.3	74
2	Office 2	Business use	Business	679.02	9.3	74
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	227.86	9.3	25
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 41 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 29

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	679.02	9.3	74
2	Office 2	Business use	Business	679.02	9.3	74
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	227.86	9.3	25
รวม				1,616	-	173

ตารางที่ 42 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 30

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	674.26	9.3	73
2	Office 2	Business use	Business	674.26	9.3	73
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	237.38	9.3	26
รวม				1,616	-	172

ตารางที่ 43 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 31

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	545.77	9.3	59
2	Office 2	Business use	Business	542.76	9.3	59
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,330	-	141

ตารางที่ 44 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 32

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	545.77	9.3	59
2	Office 2	Business use	Business	542.76	9.3	59
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,330	-	141

ตารางที่ 45 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 33

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	545.77	9.3	59
2	Office 2	Business use	Business	542.76	9.3	59
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,330	-	141

ตารางที่ 46 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 34

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	จำนวน คน
1	Office 1	Business use	Business	747.53	9.3	81
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				989	-	104

ตารางที่ 47 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 35

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	375.26	9.3	41
2	Office 2	Business use	Business	372.27	9.3	41
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				989	-	105

ตารางที่ 48 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 36

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการ ใช้งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	763.53	9.3	83
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,005	-	106

ตารางที่ 49 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 37

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการ ใช้งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	763.53	9.3	83
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,005	-	106

ตารางที่ 50 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 38

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	763.53	9.3	83
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,005	-	106

ตารางที่ 51 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 39

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Office 1	Business use	Business	763.53	9.3	83
2	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
3	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,005	-	106

ตารางที่ 52 ผลการคำนวณจำนวนผู้ใช้พื้นที่ของอาคาร ชั้นที่ 40

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ประเภทการ ครอบครอง	ลักษณะการใช้ งาน	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าตัว	จำนวน คน
					ประกอบ ผู้ใช้พื้นที่ (ตร.ม./คน)	
1	Meeting Room	Business use	Meeting (Fixed seating)	475.73	-	97
2	Cooling Tower	Industrial use	Special- purpose industrial	287.8	-	-
3	AHU	Industrial use	Special- purpose industrial	30.1	-	-
4	Toilet, Corridor, Stairway & Elevator Area	-	-	211.37	9.3	23
รวม				1,005	-	120

สรุปการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคารและคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคารพบว่าอาคารส่วนใหญ่เป็นประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) และประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) มีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 7,531 คน โดยแบ่งตามแต่ละชั้นดังนี้

ตารางที่ 53 สรุปจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละชั้น

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทางหนีไฟ ที่มี	ประเภทการใช้งานในแต่ละชั้น Occupancy
1	711	3	ชุมนุมคน (Assembly), ค้าขาย (Mercantile)
2	271	4	ชุมนุมคน (Assembly), ธุรกิจ (Business)
3	115	2	ธุรกิจ (Business)
4	174	3	ธุรกิจ (Business)
5	174	3	ธุรกิจ (Business)
6	174	3	ธุรกิจ (Business)
7	174	3	ธุรกิจ (Business)
8	174	3	ธุรกิจ (Business)
9	759	3	ชุมนุมคน (Assembly)
10	174	3	ธุรกิจ (Business)

ตารางที่ 53 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทางหนีไฟ ที่มี	ประเภทการใช้งานในแต่ละชั้น Occupancy
11	174	3	ธุรกิจ (Business)
12	174	3	ธุรกิจ (Business)
13	174	3	ธุรกิจ (Business)
14	174	3	ธุรกิจ (Business)
15	174	3	ธุรกิจ (Business)
16	174	3	ธุรกิจ (Business)
17	174	3	ธุรกิจ (Business)
18	174	3	ธุรกิจ (Business)
19	174	3	ธุรกิจ (Business)
20	174	3	ธุรกิจ (Business)
21	161	3	ธุรกิจ (Business)
22	173	3	ธุรกิจ (Business)
23	172	3	ธุรกิจ (Business)
24	173	3	ธุรกิจ (Business)

ตารางที่ 53 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทางหนีไฟ ที่มี	ประเภทการใช้งานในแต่ละชั้น Occupancy
25	172	3	ธุรกิจ (Business)
26	173	3	ธุรกิจ (Business)
27	173	3	ธุรกิจ (Business)
28	173	3	ธุรกิจ (Business)
29	173	3	ธุรกิจ (Business)
30	172	3	ธุรกิจ (Business)
31	141	3	ธุรกิจ (Business)
32	141	3	ธุรกิจ (Business)
33	141	3	ธุรกิจ (Business)
34	104	3	ธุรกิจ (Business)
35	105	3	ธุรกิจ (Business)
36	106	3	ธุรกิจ (Business)
37	106	3	ธุรกิจ (Business)

ตารางที่ 53 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทางหนีไฟ ที่มี	ประเภทการใช้งานในแต่ละชั้น Occupancy
38	106	3	ธุรกิจ (Business)
39	106	3	ธุรกิจ (Business)
40	120	3	ธุรกิจ (Business)

จากการวิเคราะห์และคำนวณข้างต้น จะนำไปสู่การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

2.2 การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code ระบุให้มีจำนวนเส้นทางหนีไฟไม่น้อยกว่า 2 เส้นทางในแต่ละพื้นที่และจะต้องมีจำนวนเส้นทางหนีไฟอย่างน้อยตามจำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load) ดังนี้

จำนวนผู้ใช้อาคารไม่เกิน 500 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ
อย่างน้อย 2 เส้นทาง

จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 500 คน แต่ไม่เกิน 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ
อย่างน้อย 3 เส้นทาง

จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 1,000 คน ต้องมีเส้นทางหนีไฟ
อย่างน้อย 4 เส้นทาง

การคำนวณขีดความสามารถในการหนีไฟหรือการหาขนาดของเส้นทางหนีไฟให้มีเพียงพอกับจำนวนผู้ใช้อาคาร จะต้องใช้ตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor) ดังตารางที่ 54

ในการคำนวณหาขนาดเส้นทางหนีไฟซึ่งค่าตัวประกอบความสามารถจะมีความแตกต่างกันตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร

ตารางที่ 54 ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)

ประเภทกิจกรรมการใช้ อาคาร	บันได (ความกว้างต่อคน)		ทางราบและทางลาดชัน (ความกว้างต่อคน)	
	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	10	0.4	5	0.2
สถานรักษาพยาบาล (ติดตั้ง หัวกระจายน้ำดับเพลิง)	7.6	0.3	5	0.2
สถานรักษาพยาบาล (ไม่ได้ ติดตั้งหัวกระจายน้ำ ดับเพลิง)	15	0.6	13	0.5
สถานที่ที่มีวัสดุอันตรายสูง	18	0.7	10	0.4
สถานที่อื่น ๆ	7.6	0.3	5	0.2

ที่มา: Cote and Harrington (2006)

การคำนวณหาขีดความสามารถในเส้นทางหนีไฟโดยสมการ

$$\text{ความสามารถของเส้นทางหนีไฟ} = \frac{\text{ความกว้างจริง}}{\text{ค่าตัวประกอบความสามารถ}} \quad (17)$$

เมื่อพิจารณาจากกิจกรรมการใช้อาคารพบว่าอาคารที่ทำการวิจัยเข้าข่ายสถานที่อื่นๆ มีตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor) ดังนี้ บันได (Stairway) เท่ากับ 7.6 มิลลิเมตร / คน, ทางราบและทางลาดชัน (Level Components and Ramps) เท่ากับ 5 มิลลิเมตร / คน แสดงรายการคำนวณได้ดังนี้

ชั้นที่ 1 พบว่ามีประตูทางออกทั้งหมด 3 บาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่หนึ่ง ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่หนึ่ง} \quad 3720 / 5 = 744 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่สอง ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่สอง} \quad 1380 / 5 = 276 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่สาม ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่สาม} \quad 1840 / 5 = 368 \text{ คน}$$

ดังนั้นเส้นทางหนีไฟของชั้น 1 สามารถรองรับคนได้ $744 + 276 + 368 = 1,388$ คน

ชั้นที่ 2 พบว่ามีเส้นทางหนีไฟทั้งหมด 1 เส้นทางและประตูทางออก 3 บาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.25 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.40 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3250 / 5 = 650 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 1400 / 7.6 = 184 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่หนึ่ง ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่หนึ่ง} \quad 1860 / 5 = 372 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่สอง ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่สอง} \quad 1860 / 5 = 372 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางปล่อยออก (Exit Discharge) นอกอาคารทางที่สาม ความสามารถของเส้นทางหนีไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูบานที่สาม} \quad 1670 / 5 = 334 \text{ คน}$$

ดังนั้นเส้นทางหนีไฟของชั้น 2 สามารถรองรับคนได้ $184 + 372 + 372 + 334 = 1,262$ คน

ชั้นที่ 3 พบว่ามีเส้นทางหนีไฟทั้งหมด 2 เส้นทาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.25 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.40 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3250 / 5 = 650 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 1400 / 7.6 = 184 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-3 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.00 เมตร เนื่องจากสภาพของสถานที่จริงไม่มีการปิดกั้นหรือสร้างช่องผ่าน จึงประมาณการขนาดความกว้างให้สอดคล้องกับพื้นที่ของช่องทางผ่านที่นำไปคำนวณระยะเวลาอพยพ, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 0.89 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3000 / 5 = 600 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 890 / 7.6 = 117 \text{ คน}$$

$$\text{ดังนั้นเส้นทางหนีไฟของชั้น 3 สามารถรองรับคนได้} \quad 184 + 117 = 301 \text{ คน}$$

ชั้นที่ 4-40 พบว่ามีเส้นทางหนีไฟทั้งหมด 3 เส้นทาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อมูลชุดที่ 1 สำหรับชั้น 4-8, 10-20, 22, 24, 26, 27

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-1 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 2.26 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 0.89 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 2260 / 5 = 452 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 890 / 7.6 = 117 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.25 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.40 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3250 / 5 = 650 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 1400 / 7.6 = 184 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-3 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 2.26 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 0.89 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 2260 / 5 = 452 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 890 / 7.6 = 117 \text{ คน}$$

ดังนั้นเส้นทางหนีไฟของชั้น 4-8, 10-20, 22, 24, 26, 27 สามารถรองรับคนได้ $117 + 184 + 117 = 418$ คน

ข้อมูลชุดที่ 2 สำหรับชั้น 9, 21, 23, 25, 28-40

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-1 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.00 เมตร เนื่องจากสภาพของสถานที่จริงไม่มีการปิดกั้นหรือสร้างช่องผ่าน จึงประมาณการขนาดความกว้างให้สอดคล้องกับพื้นที่ของช่องทางผ่านที่นำไปคำนวณระยะเวลาอพยพ, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 0.89 เมตร ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3000 / 5 = 600 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 890 / 7.6 = 117 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.25 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 1.40 เมตร
ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3250 / 5 = 650 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 1400 / 7.6 = 184 \text{ คน}$$

ทางหนีไฟที่นำไปสู่บันไดหนีไฟ FST-3 ขนาดความกว้างของช่องผ่านเท่ากับ 3.00 เมตร, ขนาดความกว้างของประตูหนีไฟเท่ากับ 0.92 เมตร, ขนาดความกว้างของบันไดเท่ากับ 0.89 เมตร
ความสามารถของเส้นทางหนีไฟคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถของช่องผ่าน} \quad 3000 / 5 = 600 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 920 / 5 = 184 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ} \quad 890 / 7.6 = 117 \text{ คน}$$

$$\begin{aligned} &\text{ดังนั้นเส้นทางหนีไฟของชั้น 9, 21, 23, 25, 28-40 สามารถรองรับคนได้} \quad 117 + 184 + 117 \\ &= 418 \text{ คน} \end{aligned}$$

จากการคำนวณสามารถแสดงค่าต่างๆ ตามตารางที่ 55

ตารางที่ 55 สรุปจำนวนผู้อพยพในแต่ละชั้น, จำนวนเส้นทางหนีไฟที่ต้องการตามมาตรฐาน, เส้นทางหนีไฟที่มีอยู่จริงและขีดความสามารถในการหนีไฟ

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทาง หนีไฟ ตาม มาตรฐาน	เส้นทางหนี ไฟที่มีอยู่ จริง	เส้นทางหนี ไฟรองรับคน ได้รวมกัน	ข้อสรุป
1	711	3	3	1,388	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
2	271	2	4	1,262	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
3	115	2	2	301	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
4	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
5	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
6	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
7	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
8	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
9	759	3	3	418	ขีดความสามารถของเส้นทาง หนีไฟไม่เพียงพอ
10	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้

ตารางที่ 55 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทาง หนีไฟ ตาม มาตรฐาน	เส้นทางหนี ไฟที่มีอยู่ จริง	เส้นทางหนี ไฟรองรับคน ได้รวมกัน	ข้อสรุป
11	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
12	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
13	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
14	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
15	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
16	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
17	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
18	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
19	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
20	174	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้

ตารางที่ 55 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทาง หนีไฟ ตาม มาตรฐาน	เส้นทางหนี ไฟที่มีอยู่ จริง	เส้นทางหนี ไฟรองรับคน ได้รวมกัน	ข้อสรุป
21	161	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
22	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
23	172	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
24	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
25	172	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
26	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
27	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
28	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
29	173	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
30	172	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้

ตารางที่ 55 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคน	เส้นทาง หนีไฟ ตาม มาตรฐาน	เส้นทางหนี ไฟที่มีอยู่ จริง	เส้นทางหนี ไฟรองรับคน ได้รวมกัน	ข้อสรุป
31	141	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
32	141	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
33	141	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
34	104	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
35	105	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
36	106	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
37	106	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
38	106	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
39	106	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้
40	120	2	3	418	เส้นทางหนีไฟเพียงพอ และ รองรับผู้อพยพในชั้นนี้ได้

ผลการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

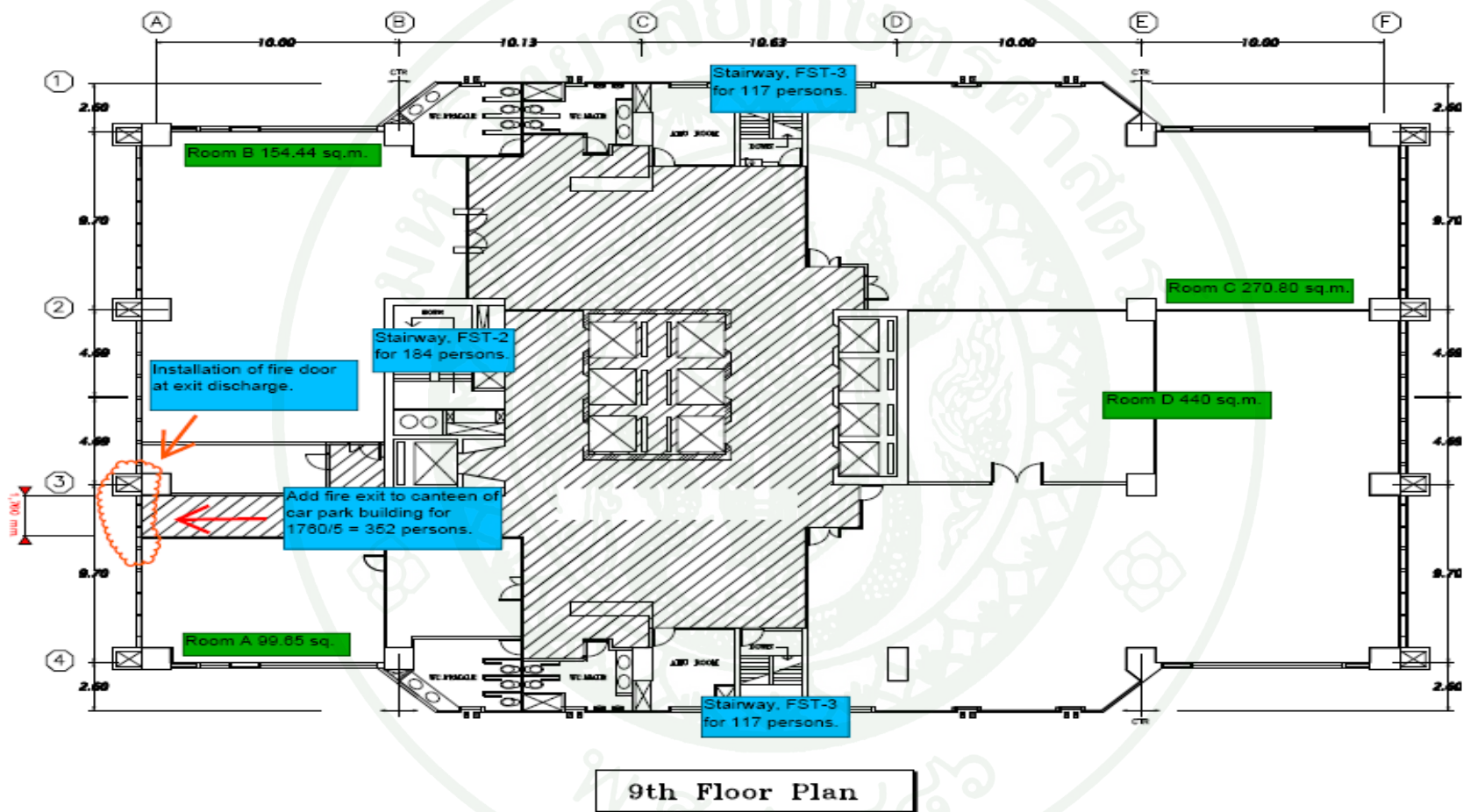
จากการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ พบว่าทุกชั้นของอาคารมีจำนวนเส้นทางหนีไฟเพียงพอและสามารถรองรับผู้อพยพได้ ยกเว้นชั้น 9 มีจำนวนเส้นทางหนีไฟเพียงพอ แต่ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟไม่เพียงพอ เนื่องจากมีผู้ใช้อาคาร 759 คน แต่ขีดความสามารถในการอพยพรองรับจำนวนคนได้ 418 คนเท่านั้น

การปรับปรุงขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

การปรับปรุงขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้น 9 ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทาง โดยความกว้างของเส้นทางหนีไฟใหม่ต้องสามารถรองรับคนได้อีกอย่างน้อย $759 - 418 = 341$ คน จากการเดินสำรวจสถานที่จริงพบว่าชั้น 9 มีการเชื่อมต่อกับอาคารจอดรถ ซึ่งชั้นที่เชื่อมต่อเป็นชั้นที่ 11 ของอาคารจอดรถและเป็นศูนย์อาหาร ผู้วิจัยพบว่าความกว้างของประตูเท่ากับ 1,760 มิลลิเมตร เป็นตัวกำหนดขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟใหม่ โดยสามารถรองรับคนได้เพิ่มเติมอีกดังนี้

$$\text{ความสามารถของประตูหนีไฟ} \quad 1760 / 5 = 352 \text{ คน}$$

ดังนั้นเส้นทางหนีไฟใหม่สามารถรองรับจำนวนคนที่เหลือได้เพียงพอ จึงทำการประยุกต์โดยการเพิ่มป้ายทางหนีไฟใหม่อีก 1 ป้าย และติดตั้งประตูหนีไฟ 1 บาน ที่มีอัตราหนีไฟขั้นต่ำ 2 ชั่วโมงบริเวณทางปล่อยออก (Fire Exit Discharge) โดยแสดงการปรับปรุงตามภาพที่ 24-26



ภาพที่ 24 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้น 9



ภาพที่ 25 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางของชั้น 9



ภาพที่ 26 การเพิ่มเส้นทางหนีไฟอีก 1 เส้นทางของชั้น 9

2.3 ผลการพิจารณาการจัดวางเส้นทางหนีไฟ (Arrangement Means of Egress) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 บริเวณห้องโถงหน้าลิฟต์ ต้องมีทางไปสู่ทางหนีไฟอย่างน้อย 1 เส้นทาง

2.3.2 ทางออกหนีไฟ (Exit) อยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจน ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ (Exit Access) สามารถนำไปสู่ทางออกหนีไฟได้โดยง่าย

2.3.3 พื้นที่ที่มีทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง ทางหนีไฟแต่ละทางต้องอยู่ห่างกัน เพื่อป้องกันกรณีเกิดเพลิงลุกไหม้หรือเหตุฉุกเฉินไปกั้นทางหนีไฟใดๆ สามารถใช้เส้นทางที่เหลือได้

2.3.4 พื้นที่ที่มีทางหนีไฟ 2 ทาง หรือประตูที่เป็นทางไปสู่ทางหนีไฟ 2 ประตู ระยะห่างระหว่างกันต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเส้นทะแยงมุมสูงสุดของพื้นที่ โดยวัดจากขอบประตูทางหนีไฟด้านใกล้กัน

ผลการพิจารณาการจัดวางเส้นทางหนีไฟ

การจัดวางเส้นทางหนีไฟเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน ไม่ต้องมีการปรับปรุง

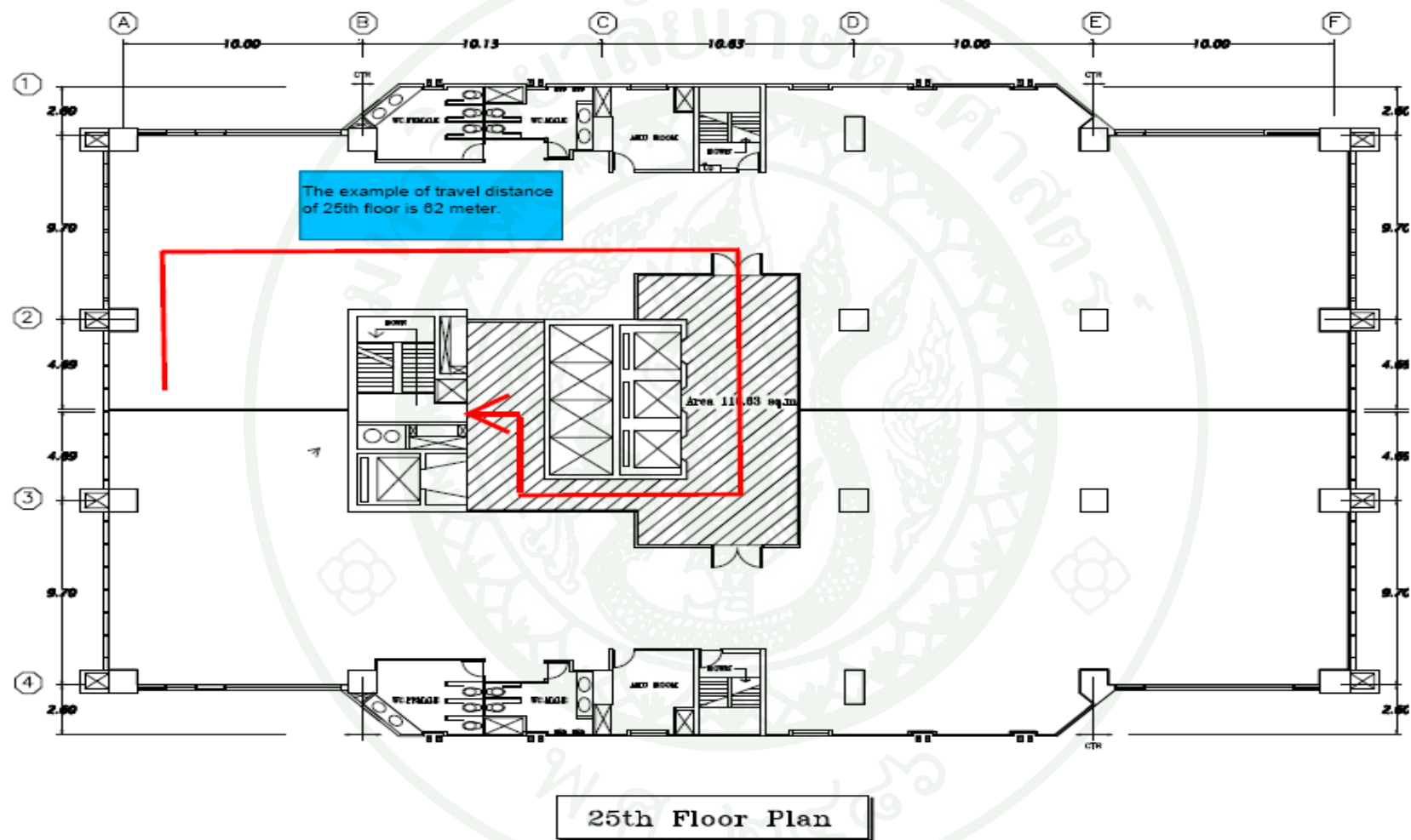
2.4 การวิเคราะห์และคำนวณหาระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)

จากข้อจำกัดในเรื่องของแบบอาคารที่มีการแบ่งพื้นที่และการจัดวางอุปกรณ์สำนักงาน ซึ่งแต่ละสำนักงานมีการจัดสรรและแบ่งพื้นที่กันเองในแต่ละบริษัทที่มาเช่า ทำให้เราไม่สามารถหา ระยะทางบังคับ, ระยะปลายทาง, ระยะทางสัญจรที่แท้จริงได้ แต่ผู้วิจัยได้อนุมานเฉพาะค่าระยะทาง สัญจรเท่านั้นเพื่อประกอบการคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟ โดยการวัดจากจุดไกลสุดในแต่ละ พื้นที่ วัดไปตามแนวผนังห้อง วังเป็นเส้นตรงตามแนวระดับและแนวตั้ง นำไปสู่ประตูหนีไฟของ บันได FST-2 ดังนั้นเราจึงใช้ค่าระยะทางสัญจรตามตารางที่ 56 มาประกอบการวิเคราะห์

ตารางที่ 56 ระยะทางยาวสุดของระยะทางบังคับ ระยะทางต้น และระยะสัญจร

ประเภทกิจการ	ระยะทางบังคับ		ระยะปลายทาง		ระยะทางสัญจร	
	(เมตร)		(เมตร)		(เมตร)	
	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง	ไม่ติดตั้ง	ติดตั้ง
	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง	ระบบหัว กระจายน้ำ ดับเพลิง
ชุมชนคน	6.1	6.1	6.1	6.1	61	76
ธุรกิจ	23	30	15	15	61	91

จากการตรวจสอบและวิเคราะห์แบบ ผู้วิจัยใช้วิธีการอนุมานระยะทางสัญจรให้มีค่า ไกลที่สุดในแต่ละพื้นที่ ทำให้ได้ค่าแสดงตามตารางที่ 57 โดยแสดงค่าระยะทางสัญจรที่ไกลที่สุด ของแต่ละชั้นนั้นเท่านั้น และภาพที่ 27 แสดงตัวอย่างของการวัดระยะสัญจรที่ตำแหน่งไกลสุด



ภาพที่ 27 ตัวอย่างของการวัดระยะสัญจรที่ตำแหน่งไกลสุด

ตารางที่ 57 ระยะทางสัญจรที่ไกลที่สุดของแต่ละชั้น

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตาราง เมตร)	จำนวนคน (คน)	ระยะทางสัญจร (เมตร)
2	Kitchen	60	7	49
3	Office 1	500	54	52
4	Office 1	238.63	26	57
5	Office 3	211.57	23	58
6	Office 3	211.57	23	58
7	Office 3	211.57	23	58
8	Office 3	211.57	23	58
9	Room C	270.8	194	50
	Room D	440	315	50
10	Office 3	211.57	23	58
11	Office 3	211.57	23	58
12	Office 3	211.57	23	58
13	Office 3	211.57	23	58

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตาราง เมตร)	จำนวนคน (คน)	ระยะทางสัญจร (เมตร)
14	Office 3	211.57	23	58
15	Office 3	211.57	23	58
16	Office 3	355.4	39	59
17	Office 3	355.4	39	59
18	Office 3	355.4	39	59
19	Office 3	355.4	39	59
20	Office 3	355.4	39	59
21	Office 1	598.18	65	59
22	Office 3	370.12	40	59
23	Office 1	1274.19	138	62
24	Office 3	370.12	40	59
25	Office 1	637.10	69	62
26	Office 3	370.12	40	59
27	Office 3	370.12	40	59
28	Office 1	679.02	74	51
	Office 2	679.02	74	51
29	Office 1	679.02	74	51
	Office 2	679.02	74	51

ตารางที่ 57 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตาราง เมตร)	จำนวนคน (คน)	ระยะทางสัญจร (เมตร)
30	Office 1	674.26	73	51
	Office 2	674.26	73	51
31	Office 1	542.77	59	44
32	Office 1	542.77	59	44
33	Office 1	542.77	59	44
34	Office 1	747.53	81	31
35	Office 1	372.26	41	31
	Office 2	375.27	41	31
36	Office 1	763.53	83	31
37	Office 1	763.53	83	31
38	Office 1	763.53	83	31
39	Office 1	763.53	83	31
40	Meeting Room	475.73	97	34

ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ระยะทางสัญจร

จากการตรวจสอบระยะทางสัญจรทั้งหมดพบว่าไม่มีพื้นที่ใดมีระยะสัญจรเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการปรับปรุง ระยะสัญจรที่มากที่สุดปรากฏที่ชั้น 23 และ 25 มีค่าเท่ากับ 62 เมตร จะเป็นตัวแทนของระยะสัญจรทั้งหมดที่จะนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ ในขั้นต่อไป

2.5 การวิเคราะห์การกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

การวิเคราะห์การกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

หมายถึงการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟให้ปลอดภัยจากไฟและควัน โดยจะต้องออกแบบให้มีการปิดกั้นพื้นที่ หรือแยกส่วนสำหรับทางหนีไฟด้วยวัสดุที่ทนไฟในการพิจารณากั้นแยกของเส้นทางหนีไฟจะพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

2.5.1 ช่องทางผ่าน (Corridor) ที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟคือช่องทางผ่านที่ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ในกรณีรองรับความจุคนมากกว่า 30 คน ช่องทางผ่านนี้ต้องถูกกั้นแยกออกจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร ด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

2.5.2 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กั้นทางออกหนีไฟให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

2.5.3 ถ้าทางออกหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กั้นทางออกหนีไฟให้แยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการบุผนังทางออกหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีสมบัติทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง โดยรวมถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางออกหนีไฟด้วย

2.5.4 ช่องเปิดต่างๆ ต้องป้องกันด้วยประตูทนไฟ (Fire Door) โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึง หรือสลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดได้อย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติ

2.5.5 ช่องเปิดที่เจาะทะลุส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟนั้น ยินยอมให้เฉพาะประตูที่เปิดจากช่องผ่านหรือพื้นที่ใช้งานเข้าสู่ทางออกหนีไฟ และประตูทางออกจากทางออกหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นตามเงื่อนไข ดังนี้

- ก. ท่อร้อยสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในบ้านใด
- ข. ระบบท่อ และอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบปรับอากาศในบ้านใด
- ค. ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำ ที่จำเป็นต่อการทำความเย็นหรือทำความร้อนในส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟ
- ง. ท่อในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

จ. ท่อในระบบท่อเย็น

ฉ. การเจาะทะลุที่มีอยู่แต่เดิม และต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด

ช. การเจาะทะลุเพื่อเดินสายไฟของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสายไฟนั้นต้องอยู่ในท่อโลหะ และช่องที่เจาะทะลุนั้นต้องทำการป้องกันตามที่กำหนดในมาตรฐานการป้องกันช่องเปิด

2.5.6 ทางออกหนีไฟที่อยู่ติดกัน ต้องไม่มีการเจาะทะลุเชื่อมถึงกัน

2.5.7 การปิดล้อมทางออกหนีไฟต้องอย่างต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออก (Exit Discharge)

2.5.8 ห้ามใช้ส่วนปิดล้อมทางออกเพื่อจุดประสงค์อื่นที่อาจทำให้เกิดการขัดขวางในระหว่างการอพยพหนีไฟ

ผลการวิเคราะห์การกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟ

จากการตรวจสอบสภาพสถานที่จริงได้ผลการตรวจสอบดังนี้

1. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ช่องทางผ่าน (Corridor) ไปสู่ทางออกหนีไฟไม่มี
2. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2 ช่องทางผ่านที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟนี้ไม่ได้ถูกกั้นแยกอย่างสมบูรณ์ด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟ มีการติดตั้งด้วยประตูกระจกสำหรับเปิด-ปิด เพื่อเข้าสู่พื้นที่สำนักงานเท่านั้น โดยประตูกระจกไม่ได้มีคุณสมบัติกันไฟและความร้อนอย่างต่ำ 1 ชั่วโมง ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน
3. ทางออกหนีไฟมีการเชื่อมต่อตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป มีการกั้นแยกทางออกหนีไฟแยกออกมาต่างหาก ผนังทางออกหนีไฟทุกด้านเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กมีคุณสมบัติทนไฟได้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง

4. ประตูหนีไฟเป็นประตูทนไฟ (Fire Door) มีชุดอุปกรณ์ดึงหรือผลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดได้สนิทโดยอัตโนมัติ

5. ไม่มีการเจาะทะลุช่องเปิดผ่านส่วนปิดล้อมนอกเหนือข้อกำหนดตามมาตรฐาน

6. การปิดล้อมทางออกหนีไฟอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดปล่อยออก (Exit Discharge) สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1 เท่านั้น สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2 & 3 จุดปล่อยออกยังอยู่ในอาคาร ทางที่นำไปสู่ประตูปล่อยออกนอกอาคารที่ปลอดภัย ไม่ได้ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ

7. บันไดหนีไฟ FST-3 บริเวณชั้น 2 ที่จุดปล่อยออกภายในอาคาร มีการนำสิ่งของเครื่องใช้ของพนักงานทำความสะอาดมาเก็บไว้ขวางทางการอพยพหนีไฟ

การปรับปรุงการกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟ

1. สำหรับช่องทางผ่าน (Corridor) ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟ FST-2 สามารถกั้นแยกให้สมบูรณ์ด้วยการใช้ประตูและกระจกไฟแทนของเดิมที่ใช้อยู่

2. ควรทำการปิดล้อมทางออกหนีไฟสำหรับบันไดหนีไฟ FST-3 ให้มีความต่อเนื่องจนถึงจุดปล่อยออก (Exit Discharge) โดยการติดตั้งกระจก, ชุดประตูกันไฟและประตูปล่อยออกสู่สาธารณะเพิ่มเติมที่ชั้น 2 ของอาคารตามแบบ ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวทำให้อาคารได้พื้นที่ปิดล้อมอย่างต่อเนื่องสมบูรณ์ 100 % การใช้งานปกติจะเปิดชุดประตูกันไฟค้างไว้สำหรับการสัญจรของคนในอาคาร เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นชุดประตูกันไฟจะปิดเองโดยอัตโนมัติโดยรับสัญญาณจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติ

3. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2 มีจุดปล่อยออกที่ชั้น 1 ที่อยู่ภายในอาคาร ดังนั้นต้องทำการปิดล้อมทางออกหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงจุดปล่อยออก (Exit Discharge)) โดยการติดตั้ง

กระจกและชุดประตูกันไฟเพิ่มเติมตามแบบ ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวทำให้อาคารได้พื้นที่ปิดล้อมอย่างต่อเนื่องสมบูรณ์ 100 % การใช้งานปกติจะเปิดชุดประตูกันไฟทิ้งไว้สำหรับการสัญจรของคนในอาคาร เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นชุดประตูกันไฟจะปิดเองโดยอัตโนมัติโดยรับสัญญาณจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติ

นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงโดยไม่ต้องติดตั้งกระจกและประตูกันไฟเพิ่มเติม โดยการติดตั้งป้ายหนีไฟภายในบันได FST-2 ที่ชั้น 2 โดยป้ายจะต้องชี้ทิศทางการอพยพให้ออกที่ประตูหนีไฟที่ชั้น 2 ให้ชัดเจน ไม่สร้างความสับสนให้ผู้อพยพวิ่งลงไปสู่ชั้น 1 การทำเช่นนี้ทำให้ผู้อพยพใช้พื้นที่ปิดล้อมที่ปรับปรุงสำหรับบันได FST-3 ได้ด้วยเช่นกัน จากการปรับปรุงในลักษณะนี้ ต้องกำหนดขนาดความกว้างของประตูที่จุดปล่อยออก (ดูภาพที่ 29) ดังนี้

จุดควบคุมอัตราการไหลของบันได FST-2 คือ $F_{c_{Door}} = 0.8184$ คน/วินาที

จุดควบคุมอัตราการไหลของบันได FST-3 คือ $F_{c_{Stairway}} = 0.5546$ คน/วินาที

เมื่อผู้อพยพออกมาจากบันไดหนีไฟทั้งสองช่องทางผ่าน (Corridor) ชั้น 2 ที่ทำการปรับปรุงการปิดล้อมแล้ว จะเกิดการผสมรวมกันของผู้อพยพได้เป็น

$$F_{c_{Corridor}} = F_{c_{Door}} + F_{c_{Stairway}} = 0.8184 + 0.5546 = 1.373 \text{ คน/วินาที}$$

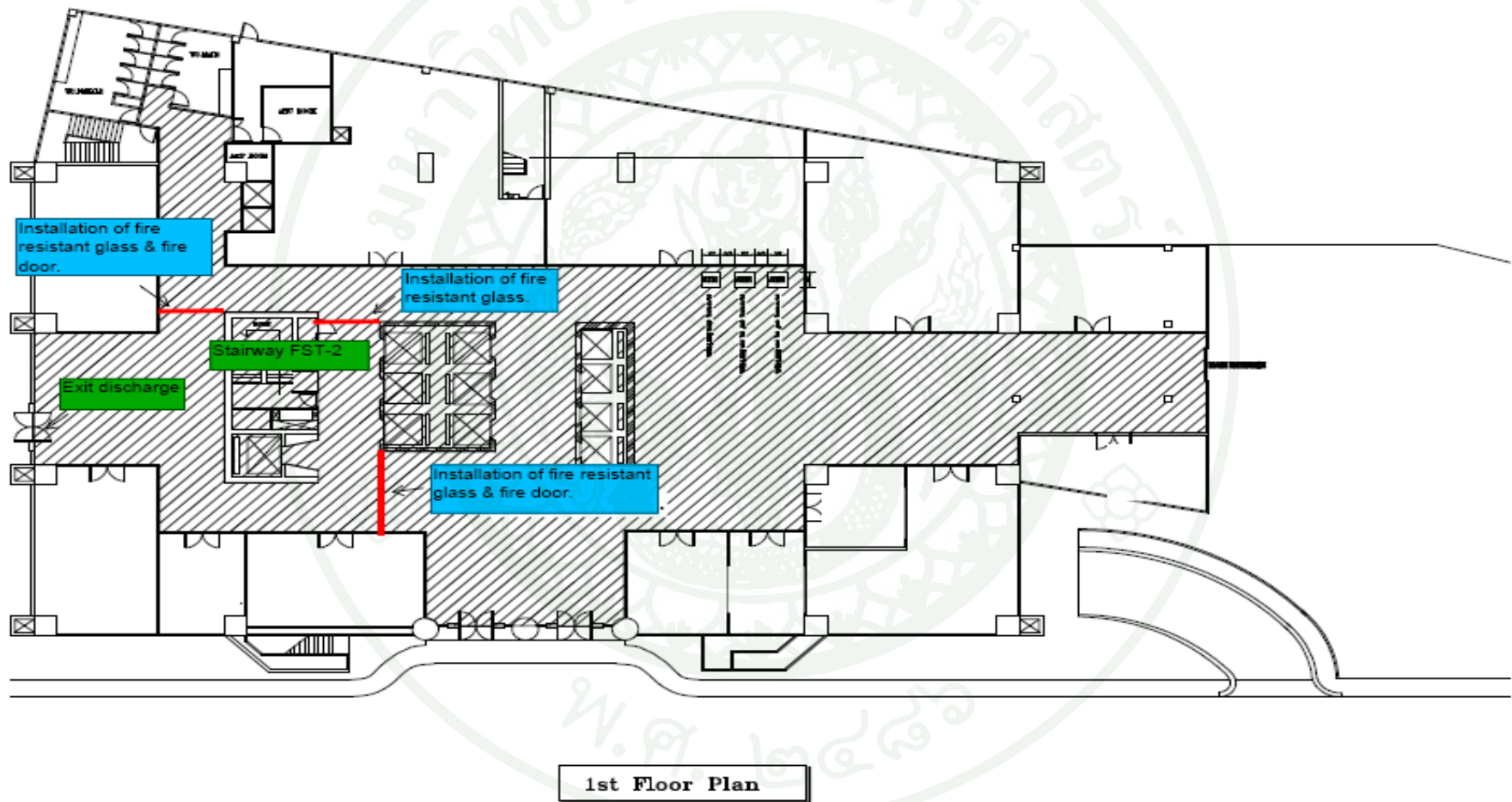
ขนาดความกว้างของประตูพิจารณาจาก $F_{c_{Corridor}} = F_{sm_{Corridor}} \times W_{e_{Corridor}}$

$$1.373 \text{ คน/วินาที} = 1.32 \text{ คน/วินาที/เมตร} \times \text{ของความกว้างสุทธิ} \times W_{e_{Corridor}}$$

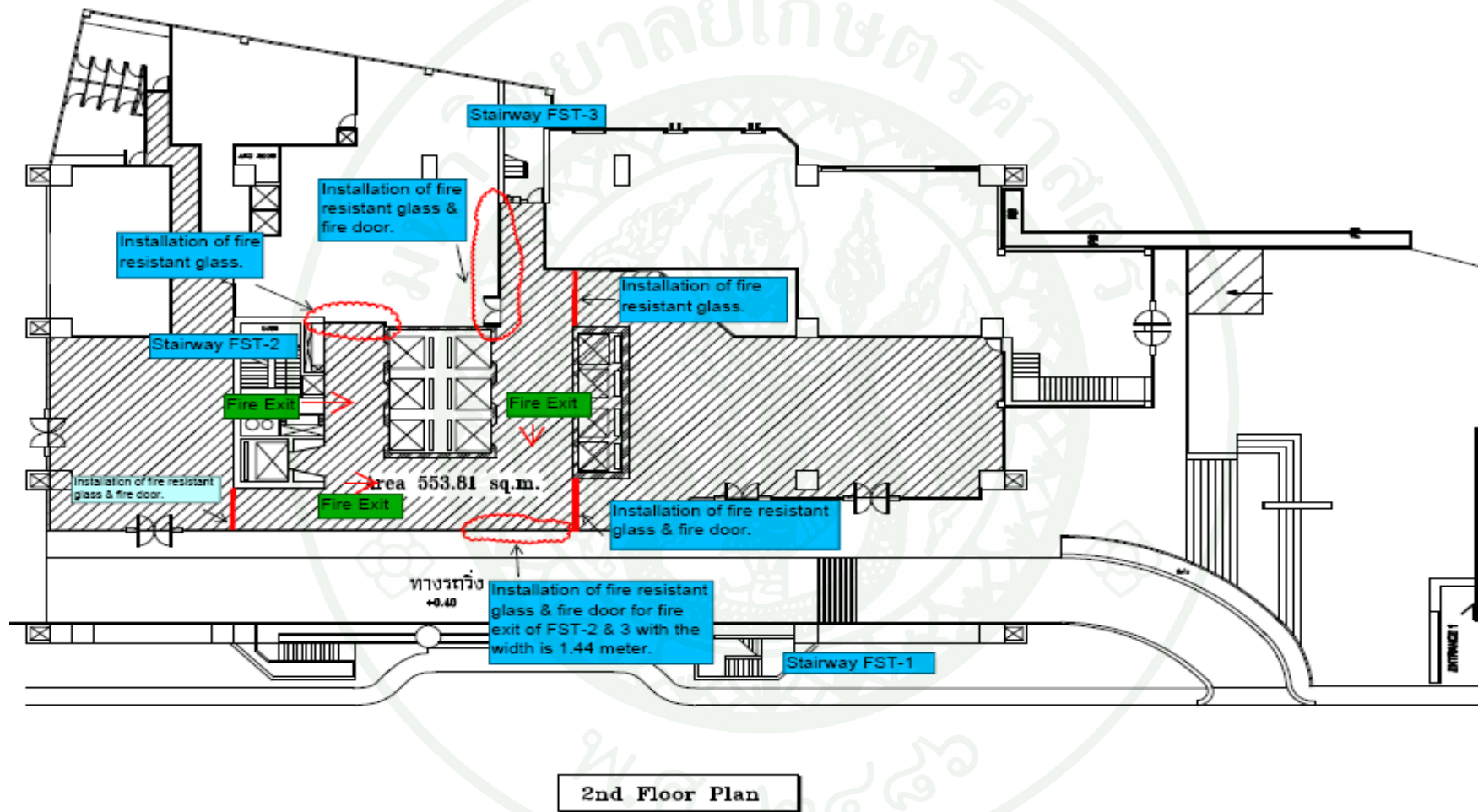
ดังนั้นต้องติดตั้งประตูที่มีความกว้างอย่างน้อย $W_{e_{Corridor}} + (2 \times \text{ระยะขอบ})$

$$(1.373/1.32) + (2 \times 0.2) = 1.44 \text{ เมตร}$$

4. บริหารจัดการไม่ให้มีการวางสิ่งของภายในบันไดหนีไฟ โดยปรับปรุงตามภาพที่ 28-31



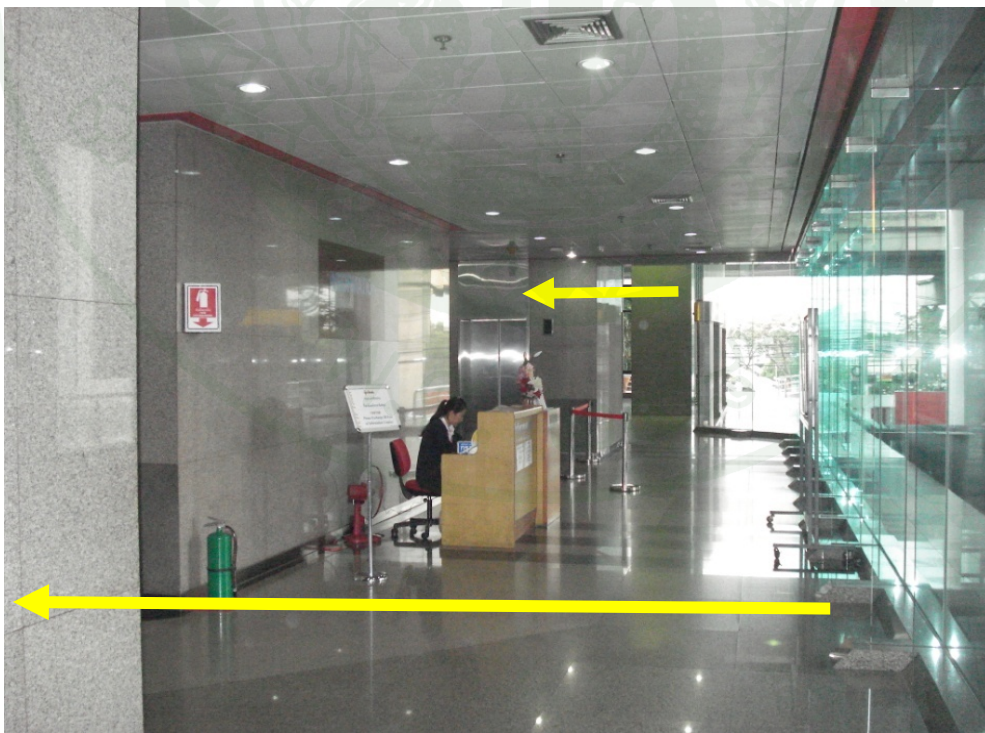
ภาพที่ 28 การปรับปรุงการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออกสู่สาธารณะของบันได FST-2 ชั้น 1



ภาพที่ 29 การปรับปรุงการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออกสู่สาธารณะของบันได FST-3 ชั้น 2



ภาพที่ 30 ตำแหน่งการปรับปรุงการกันแยกของเส้นทางหนีไฟชั้น 2



ภาพที่ 31 ตำแหน่งการปรับปรุงการกันแยกของเส้นทางหนีไฟชั้น 2

2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)

การจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code จะพิจารณาด้วยมาตรฐานที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟบทที่ 7 Means of Egress เป็นหลักและต้องใช้รายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับพื้นที่ครอบครองประเภทประกอบธุรกิจที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว (Existing Business Occupancies) ในบทที่ 39 ร่วมด้วย

2.6.1 การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ

ตารางที่ 58 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (เส้นทางหนีไฟโดยรวม)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	อาคารต้องมีเส้นทางหนีไฟอย่างน้อย 2 เส้นทางเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้อาคารได้รับอันตรายเมื่อเส้นทางหนีไฟทางใดทางหนึ่งถูกปิดกั้นด้วยเปลวไฟหรือควันไฟ	/			
2	ถ้ามีทางออกหนีไฟ 2 ประตู เส้นทางหนีไฟต้องถูกออกแบบไม่ให้ถูกปิดกั้นพร้อมกันทั้งสองทางเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ขึ้น ระยะห่างระหว่างประตูหรือทางหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 1 ใน 2 ของความยาวเส้นทแยงมุมห้อง โดยวัดจากขอบของประตูทั้งสองที่อยู่ใกล้กันมากที่สุด ถ้าอาคารติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติครอบคลุมทุกพื้นที่ให้ระยะห่างลดลงเป็น 1 ใน 3 ได้	/			

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
3	เส้นทางหนีไฟกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 915 มิลลิเมตร (36 นิ้ว) สำหรับอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้วเส้นทางหนีไฟกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 710 มิลลิเมตร (28 นิ้ว)	/			
4	ความสูงในเส้นทางหนีไฟ วัดจากผิวบนสุดของพื้นถึงเพดานต้องไม่น้อยกว่า 2,135 มิลลิเมตร (84 นิ้ว) ในกรณีที่มีคานยื่นลงต่ำกว่าระดับเพดาน ระดับความสูงจากผิวบนสุดของพื้นถึงส่วนล่างสุดของคานจะต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)	/			
5	ต้องรักษาระดับความสูงน้อยสุดจากพื้นถึงเพดานในห้องหรือบริเวณใดๆ ไว้ไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 ของพื้นที่เพดาน และระดับความสูงจากพื้นถึงเพดานของพื้นที่ที่เหลือต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)	/			
6	การตกแต่งผิวผนังและเพดานเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เป็นวัสดุติดไฟง่ายและไม่ลามไฟ	/			

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
7	ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดิน จะต้องยกระดับไม่เกิน 6.3 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 6.3 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ต้องปรับระดับด้วยความลาดเอียง 1 ต่อ 2 แต่ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 13 มิลลิเมตร (1/2) จะถือว่าเป็นการเปลี่ยนระดับ (Changes in Level)			/	
8	ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟจะต้องราบเรียบ ถ้ามีการลาดเอียงในแนวทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 20 ส่วนการลาดเอียงในแนวทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 48	/			
9	ต้องทำการป้องกันการลื่นที่ผิวทางเดิน ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยการป้องกันการลื่นของผิวทางเดินในทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟต้องเป็นแบบเดียวกันตลอดแนวการเดินตามปกติ		/		ไม่ได้มีการติดแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสง

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
10	ทางหนีไฟที่สูงกว่าระดับพื้นเกินกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว) ต้องติดตั้งที่กันตกที่ด้านเปิดของเส้นทางหนีไฟที่อยู่สูงกว่าพื้น			/	
11	เส้นทางหนีไฟต้องต่อเนื่องและต้องรักษาไว้ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางใดในเส้นทาง ในระหว่างที่เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่นๆ		/		จุดปล่อยออกของบันได FST-2 & 3 ปล่อยออกภายในอาคารเกิดความไม่ต่อเนื่องขึ้นที่จะนำผู้อพยพออกสู่จุดสาธารณะที่ปลอดภัย
12	ต้องไม่ทำการประดับตกแต่งเส้นทางหนีไฟด้วยวัสดุใดที่ทำให้เกิดการกีดขวางในทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ, ทางออกหนีไฟ, ทางปล่อยออกหรือทำให้บังการมองเห็นภายในเส้นทางเหล่านั้น	/			

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
13	ห้ามไม่ให้ติดตั้งกระบอกบนประตูปะทุหนีไฟ รวมทั้งห้ามไม่ให้ติดตั้งกระบอกบนทางหนีไฟหรือใกล้กับทางหนีไฟใดที่ทำให้เกิดความสับสนในการใช้เส้นทาง	/			
14	ทางปล่อยออกจะต้องสิ้นสุด และเปิดออกโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือทางปล่อยออกภายนอกอาคาร		/		บันได FST-2 & 3 จุดปล่อยออกอยู่ภายในอาคาร
15	สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง หรือส่วนอื่น ๆ ของทางปล่อยออกจะต้องมีความกว้างและพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารทั้งหมดไปยังทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัย	/			
16	ยินยอมให้ทางหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งเท่านั้น ที่สามารถปล่อยผู้ใช้อาคารออกมาสู่ทางปล่อยออกภายในอาคารในระดับชั้นทางปล่อยออก โดยทางหนีไฟเหล่านั้นจะต้องรองรับความสามารถในการหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งด้วย		/		บันได FST-2 & 3 จุดปล่อยออกอยู่ภายในอาคาร

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
17	สำหรับทางปล่อยออกภายในอาคารที่ขอมให้มีได้ จะต้องเป็นเส้นทางที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวางและออกไปสู่ภายนอกอาคาร และทางนั้นจะต้องมองเห็นและสังเกตได้โดยง่ายจากจุดที่ปล่อยออกจากทางหนีไฟและระดับชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้นจะต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ		/		ทางปล่อยออกของบันได FST-3 เข้าข่ายข้อกำหนดนี้ แต่สำหรับบันได FST-2 ไม่ผ่านข้อกำหนด
18	สำหรับชั้นทางปล่อยออกภายในอาคารทั้งชั้นจะต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติที่ได้มาตรฐาน	/			
19	ต้องทำเครื่องหมายในทางปล่อยออกที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน รวมถึงบันไดก็ต้องทำเครื่องหมายที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน		/		บันได FST-2 & 3 ไม่มีป้ายบอกทางสู่สาธารณะ

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
20	ทางหนีไฟต้องทำเครื่องหมายโดยใช้ป้ายสัญลักษณ์ที่ได้รับการรับรองที่สามารถมองเห็นได้โดยง่ายและชัดเจนติดอยู่ในทิศทางของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ยกเว้นแต่จะเป็นประตูทางออกสู่ภายนอกอาคารที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใจได้อย่างทันทีว่าเป็นทางหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคาร โดยหากมีการเปลี่ยนทิศทางต้องมีลูกศรกำกับทิศทาง	/			
21	ป้ายสัญลักษณ์ที่จะติดตั้งในช่องทางเดินเข้าทางออกหนีไฟต้องติดตั้งให้อยู่ห่างกันในระยะที่มองเห็นได้ในระยะ 30 เมตร (100 ฟุต)		/		ไม่มีป้ายบอกทางในช่องทางเดินเพื่อนำไปสู่บันได FST-2
22	ป้ายสัญลักษณ์มีตัวอักษรที่อ่านง่ายและชัดเจนโดยมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว)	/			
23	เครื่องหมายอพยพหนีไฟต้องติดตั้งสูงกว่าส่วนบนสุดของช่องเปิดที่ต้องการติดตั้งเครื่องหมายนั้น โดยไม่เกิน 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)	/			

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
24	การส่องสว่างในเส้นทางหนีไฟจะต้องครอบคลุมถึงเส้นทางหนีไฟ ทางเข้าสู่ทางออก หนีไฟและทางปล่อยออกโดยประกอบด้วย บันได ทางเดินระหว่างที่นั่ง ทางเดินร่วม ทางลาดชัน บันไดเลื่อน และทางผ่านทางหนีไฟ	/			ถ้าไฟฟ้าดับ ขณะเกิด เพลิงไหม้ สำหรับ บันได FST-2 ไฟแสงสว่าง ฉุกเฉิน สำรองมีไม่ เพียงพอ, สำหรับ บันได FST- 1 & 3 ไม่ได้ มีการติดตั้ง ไฟแสงสว่าง ฉุกเฉิน สำรองเลย
25	การส่องสว่างในเส้นทางหนีไฟต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างช่วงเวลาที่ผู้ใช้อาคารต้องใช้ งานเส้นทางหนีไฟ สามารถส่องสว่างได้ไม่น้อยกว่า 90 นาที	/			เหมือนข้อ 24

ตารางที่ 58 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
26	ระดับความสว่างต่ำสุดของบันไดที่ไม่ใช่บันไดที่จะก่อสร้างใหม่ต้องไม่น้อยกว่า 10.8 ลักซ์ (1 ft-candle)	/			เหมือนข้อ 24
27	การส่องสว่างฉุกเฉินต้องให้แสงสว่างได้ในช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงครึ่ง ในสถานการณ์ที่เกิดความผิดปกติของระบบแสงสว่างที่ใช้งานตามปกติ โดยอุปกรณ์ให้แสงสว่างฉุกเฉินนั้น เริ่มต้นต้องมีระดับความสว่างเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 10.8 ลักซ์ (1 ft-candle) และต้องมีระดับความสว่างไม่น้อยกว่า 1.1 ลักซ์ (0.1 ft-candle) ที่ตำแหน่งใดๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพและเมื่อเวลาในการส่องสว่างผ่านไป 1 ชั่วโมง 30 นาทีแล้ว ยินยอมให้ระดับความสว่างเฉลี่ยลดลงจนเหลือค่าไม่น้อยกว่า 6.5 ลักซ์ (0.6 ft-candle) ที่ตำแหน่งใดๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพ โดยต้องรักษาอัตราส่วนระหว่างระดับความสว่างสูงสุดและต่ำสุดที่ตำแหน่งใดๆ ไว้ในอัตราส่วนไม่เกิน 40 ต่อ 1		/		เหมือนข้อ 24

2.6.2 การวิเคราะห์ประตู (Door)

ตารางที่ 59 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (ประตูหนีไฟ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	ประตูกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มิลลิเมตร (32 นิ้ว)	/			
2	สำหรับประตูแบบบานคู่ อย่างน้อยประตูบานหนึ่งเมื่อเปิดออกจะต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มม. (32 นิ้ว)	/			
3	ในอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ประตูที่ติดตั้งใช้งานแล้วต้องมีขนาดความกว้างของบานประตูไม่น้อยกว่า 710 มิลลิเมตร (28 นิ้ว)	/			
4	ผิวทางเดินทั้งสองด้านของประตูจะต้องมีความต่างระดับกันไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	/			
5	ต้องรักษาความต่างระดับของผิวทางเดินไว้ทั้งสองข้างของประตูที่ระยะไม่น้อยกว่าความกว้างของบานประตูที่กว้างที่สุด	/			
6	ธรณีประตูต้องสูงไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	/			
7	ประตูแบบที่มีบานพับติดอยู่ด้านข้างหรือเป็นชนิดเดือยหมุนที่ให้บริการห้องหรือพื้นที่ที่มีความจุของผู้ใช้อาคารไม่น้อยกว่า 50 คน ต้องเปิดเปิดตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ	/			

ตารางที่ 59 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
8	ในระหว่างที่เปิดประตูใดที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่ทำให้ความกว้างของทางเดินหรือชานพักบันไดลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่ง และประตูเปิดสุด ต้องไม่ยื่นล้ำมากกว่า 180 มิลลิเมตร (7 นิ้ว)	/			
9	แรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูใดในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lbf) เพื่อปลดล็อก ไม่เกิน 133 นิวตัน (30 lbf) เพื่อให้ประตูเริ่มเคลื่อน และไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lbf) เพื่อให้ประตูเปิดได้ตามความต้องการน้อยสุดที่ต้องการ	/			
10	ทุกประตูในส่วนปิดล้อมบันไดที่รองรับมากกว่า 4 ชั้น ต้องสามารถเปิดประตูย้อนกลับจากส่วนปิดล้อมบันไดเข้าสู่ด้านในของอาคารได้ แต่สำหรับอาคารที่ก่อสร้างใช้งานแล้ว ไม่ยินยอมให้ย้อนกลับเข้ามาในอาคาร	/			ดู รายละเอียด ผลการ วิเคราะห์

ตารางที่ 59 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
11	ต้องไม่ติดตั้งอุปกรณ์ล๊อคชนิดใดบนประตูที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหรืออุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหนีไฟ ถ้าอุปกรณ์นั้นไปขัดขวางการใช้งานอย่างอิสระของประตูเพื่อจุดประสงค์ในการอพยพ	/			
12	ประตูหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ผลักเปิดประตู (Fire Exit Hardware) โดยความยาวไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างบานประตู	/			
13	สำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งใช้งานแล้ว กลไกในการปลดล๊อคกลอนต้องติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ต่ำกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว) และไม่สูงกว่า 1220 มิลลิเมตร (48 นิ้ว) เหนือพื้นสำเร็จ	/			
14	ประตูในเส้นทางหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดได้ด้วยตัวเอง (Door Closer)	/			

2.6.3 การวิเคราะห์บันไดหนีไฟ (Stairway)

ตารางที่ 60 ความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ (บันไดหนีไฟ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	บันไดหนีไฟที่เชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กันแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยต้องปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	/			
2	บันไดหนีไฟต้องก่อสร้างด้วยวัสดุถาวร มั่นคง แข็งแรง ขึ้นบันไดและชันบันไดจะต้องแข็งแรงและไม่มีรู	/			
3	บันไดหนีไฟต้องกว้างไม่น้อยกว่า 915 มิลลิเมตร สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้ว		/		บันได FST-1&3 มีความกว้างสุทธิ 890 มิลลิเมตร (ไม่ผ่าน), บันได FST-2 มีความกว้างสุทธิ 1,400 มิลลิเมตร (ผ่าน)

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
4	ความสูงลูกตั่งมากที่สุด 190 มิลลิเมตร		/		บันได FST-2 มีขนาดลูกตั่ง 165 มิลลิเมตร (ผ่าน), บันได FST-1&3 มีขนาดลูกตั่ง 200 มิลลิเมตร (ไม่ผ่าน)
5	ความลึกลูกนอนน้อยที่สุด 255 มิลลิเมตร		/		บันได FST-2 มีขนาดลูกนอน 300 มิลลิเมตร (ผ่าน), บันได FST-1&3 มีขนาดลูกนอน 190 มิลลิเมตร (ไม่ผ่าน)

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
6	ยินยอมให้ความลึกของลูกนอนและความสูงของลูกตั้งในแต่ละชั้นบันไดแตกต่างกันได้ไม่เกิน 4.8 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว)		/		มีความแตกต่างกันมากกว่ามาตรฐานในทุกบันได
7	ยินยอมให้มีความแตกต่างมากที่สุดระหว่างลูกตั้งที่สูงที่สุดกับสูงน้อยที่สุดและระหว่างลูกนอนที่ลึกที่สุดกับลึกน้อยที่สุดไม่เกิน 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)		/		มีความแตกต่างกันมากกว่ามาตรฐานในทุกบันได
8	ความสูงในบันไดหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 2030 มิลลิเมตร	/			
9	ความสูงมากที่สุดระหว่างชานพักบันไดต้องไม่เกิน 3660 มิลลิเมตร	/			
10	บันไดต้องมีชานพักบันไดตรงตำแหน่งที่ประตูเปิด	/			
11	บันไดและชานพักบันไดระหว่างชั้นต้องมีความต่อเนื่องและมีขนาดความกว้างไม่ลดลงตลอดเส้นทาง	/			

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
12	ทุกชานพักบันไดต้องมีขนาดความกว้างในแนวทิศทางหนีไฟ ไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบันได ใช้สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่			/	
13	บันไดซึ่งทอดตรงในทิศทางของการอพยพหนีไฟ ขนาดความยาวชานพักบันไดต้องไม่เกิน 1220 มิลลิเมตร (48 นิ้ว)	/			
14	ชั้นบันไดและชานพักบันไดจะต้องเป็นอิสระจากส่วนอื่นต่างๆ ที่อาจจะกีดขวางผู้ใช้บันได	/			
15	ถ้าชั้นบันไดขั้นสุดท้ายติดกับทางสาธารณะ ทางเดิน หรือถนนที่ลาดเอียง และถูกใช้เป็นชานพักบันไดด้วยแล้ว ยินยอมให้ลูกตั้งในชั้นบันไดขั้นสุดท้ายมีระยะความสูงไม่เกิน 25 มิลลิเมตร ต่อความกว้างของบันได 300 มิลลิเมตร (1 นิ้วต่อ 12 นิ้ว)	/			
16	บันไดและทางลาดชันต้องมีราวบันไดทั้งสองด้าน		/		ทุกบันไดมีราวจับ 1 ด้าน

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
17	ราวบันไดที่ติดตั้งเสร็จแล้ว ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว) และไม่มากกว่า 965 มิลลิเมตร (38 นิ้ว) เหนือพื้นของชั้นบันได โดยวัดในแนวตั้งจากปลายของชั้นบันไดไปยังส่วนที่สูงที่สุดของราวบันได	/			
18	ถ้าราวบันไดมีหน้าตัดเป็นวงกลม ต้องมีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตร (1 1/4 นิ้ว) และไม่เกิน 51 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)		/		บันได FST-2 มีขนาดมากกว่า 2 นิ้ว, บันได FST-1&3 ผ่าน
19	ราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่จะต้องมีระยะห่างจากผนังด้านที่จะติดตั้งไม่น้อยกว่า 57 มิลลิเมตร (2 1/4 นิ้ว)			/	
20	สำหรับราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่ ส่วนปลายของราวบันไดที่จะโค้งเข้าหากำแพง หรือพื้นต้องสั้นที่สุดที่เสาสุดท้ายของราวบันได			/	
21	บันไดด้านเปิดโล่งของอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้วต้องมีราวกันตกยื่นยอมให้มีความสูงสูงไม่น้อยกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว)	/			

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
22	ที่กันตกและราวบันไดต้องยาวต่อเนื่องตลอดความยาวของบันได และสำหรับจุดหักเลี้ยวของบันไดที่จะก่อสร้างใหม่ ราวบันไดด้านในต้องมีความต่อเนื่องระหว่างขั้นบันไคกับชานพักบันได	/			
23	ที่กันตกและราวบันไดต้องไม่มีส่วนยื่นหรืออุปกรณ์ใดที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด รวมทั้งช่องเปิดของที่กันตกด้วยที่ต้องไม่มีส่วนยื่นที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด	/			
24	บันไดที่รองรับจำนวนชั้นในอาคารตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป ต้องจัดเตรียมป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดนั้น ติดอยู่ในแต่ละชานพักบันได โดยระบุถึงระดับชั้นปลายทางของด้านบน และด้านล่างของส่วนปิดล้อมนั้น รายละเอียดต่างๆ ของบันไดนั้น พร้อมทั้งทิศทางไปสู่ทางปล่อยออก และต้องติดตั้งให้ป้ายสัญลักษณ์อยู่สูงจากพื้นของชานพักบันได 1525 มิลลิเมตร ในตำแหน่งที่เห็นได้ทั้งในขณะที่เปิดหรือปิดประตู		/		ไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 60 (ต่อ)

ความต้องการตามมาตรฐาน NFPA 101		ผลการตรวจสอบ			หมายเหตุ
ข้อ	รายละเอียด	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
25	ต้องเขียนสัญลักษณ์ลงบนฝาผนัง หรือติดเป็นป้ายสัญลักษณ์ลงบนผนังอย่างแน่นหนา		/		ไม่ได้ตามมาตรฐาน
26	ถ้าบันไดมีทางเข้าสู่อาคารต้องมีข้อความที่เขียนว่า " มีทางเข้าสู่อาคาร" หรือถ้าไม่มีทางเข้าสู่อาคารต้องมีข้อความที่เขียนว่า " ไม่มีทางเข้าสู่อาคาร" อยู่ที่ตำแหน่งใต้ตัวอักษรบรรยายรายละเอียดของบันได โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)		/		ไม่ได้ตามมาตรฐาน
27	ตัวเลขระดับชั้นต้องอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 125 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ส่วนในชั้นลอยต้องมีตัวอักษร "M" หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมหน้าเลขระดับชั้นและในชั้นใต้ดินต้องมีตัวอักษร "B" หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสมหน้าเลขระดับชั้น		/		ไม่ได้ตามมาตรฐาน
28	ตัวอักษรที่ระบุถึงปลายทางของด้านบนและด้านล่างของบันไดต้องอยู่ด้านล่างสุดของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)		/		ไม่ได้ตามมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ

จากการวิเคราะห์ตามตารางข้างต้น สามารถสรุปรายการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานดังนี้

1. เส้นทางหนีไฟโดยรวม

1.1 ผิวทางเดินในทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ ไม่ได้ติดแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสงที่ให้เห็นได้ชัดเจนเวลาไฟฟ้าดับ

1.2 จุดปล่อยออกของบันได FST-2 & 3 ปล่อยออกภายในอาคาร เกิดความไม่ต่อเนื่องขึ้นที่จะนำผู้อพยพออกสู่จุดสาธารณะที่ปลอดภัย โดยเมื่อปล่อยออกมาที่หน้าประตูแล้วยังอยู่ภายในอาคาร พื้นที่ที่จะวิ่งไปต่อเพื่อออกสู่ทางสาธารณะมิได้ปิดล้อมให้ปลอดภัยจากไฟและควัน

1.3 ทางหนีไฟมี 3 เส้นทางคือ บันไดหนีไฟ FST-1, 2 & 3 โดยบันได FST- 2 & 3 ถูกปล่อยออกภายในอาคาร แสดงว่าทางหนีไฟเกินครึ่งถูกปล่อยออกภายในอาคาร ผิดข้อกำหนดของมาตรฐาน

1.4 ทางปล่อยออกภายในอาคารของบันได FST-3 นำไปสู่เส้นทางที่โล่งและทั้งชั้นของทางปล่อยออกติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ แต่สำหรับทางปล่อยออกของบันได FST-2 ไม่นำไปสู่ทางที่โล่ง มีผู้คนใช้งานหนาแน่นในชั้นปล่อยออก

1.5 บันได FST-2 & 3 ไม่มีป้ายบอกทางสู่สาธารณะอย่างชัดเจน สำหรับบันได FST-1 จุดปล่อยออกสู่ภายนอกอาคารทันที

1.6 ไม่มีป้ายบอกทางหนีไฟในช่องทางเดิน (Corridor) เพื่อนำไปสู่บันได FST-2

1.7 สำหรับแสงสว่างในเส้นทางหนีไฟมีครอบคลุมทุกเส้นทางหนีไฟและเพียงพอต่อเนื่องตลอดเส้นทางหนีไฟ แต่สำหรับไฟแสงสว่างฉุกเฉินสำรองของบันได FST-2 มีไม่เพียงพอสำหรับบันได FST-1 & 3 ไม่มีการติดตั้งแสงสว่างฉุกเฉินสำรองเลย

2. ประตูหนีไฟ (Door)

ได้ตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน แต่สำหรับหัวข้อ 10 ของการวิเคราะห์ประตูที่กล่าวว่า อาคาร 4 ชั้นขึ้นไปต้องสามารถเปิดประตูย้อนกลับได้จากบันไดหนีไฟเข้าสู่ตัวอาคาร แต่สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้วไม่ยินยอมให้เปิดประตูย้อนกลับเข้ามาภายในอาคาร สำหรับบันได FST-2 สามารถเปิดย้อนกลับเข้าสู่อาคารได้ ส่วนบันได FST-1 & 3 ไม่สามารถเปิดย้อนกลับเข้าอาคารได้

3. บันไดหนีไฟ (Stairway)

3.1 บันไดหนีไฟ FST-1&3 มีความกว้างสุทธิ 890 มิลลิเมตร ไม่ผ่านตามมาตรฐานที่ต้องมีความกว้างอย่างน้อย 915 มิลลิเมตร สำหรับอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว

3.2 บันไดหนีไฟ FST-1 & 3 มีขนาดลูกตั้ง 200 มิลลิเมตร ขนาดลูกนอน 190 มิลลิเมตร ไม่ผ่านตามมาตรฐาน ส่งผลให้เกิดความชันและลำบากในการอพยพหนีไฟค่อนข้างมาก

3.3 มีความไม่สม่ำเสมอของความสูงของลูกตั้งและความลึกของลูกนอน มีความแตกต่างกันมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร โดยเฉพาะเกิดกับบันได FST-1 & 3 ค่อนข้างมาก จะส่งผลให้การอพยพเกิดความลำบากและล่าช้าขึ้น

3.4 ทุกบันไดหนีไฟมีราวจับเพียงด้านเดียว

3.5 ราวบันไดของ FST-2 มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน สำหรับบันได FST-1 & 3 ได้ตามมาตรฐาน มีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตร (1 1/4 นิ้ว) และไม่เกิน 51 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)

3.6 ป้ายสัญลักษณ์ที่ระบุชั้นและรายละเอียดอื่นๆ ภายในบันไดหนีไฟไม่ได้ตามมาตรฐาน

การปรับปรุงองค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ

การเสนอการปรับปรุงนี้จะเสนอในส่วนที่สามารถแก้ไขได้จริงตามทางกายภาพเท่านั้น โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 101 ส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน แต่ไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ตามความเป็นจริงจะไม่นำมาเสนอในการปรับปรุงนี้ เช่น ความกว้างของบันไดหนีไฟและขนาดของลูกตั้งลูกนอนของบันได FST-1 & 3 ที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งคงจะเป็นไปไม่ได้ที่จะทุบบันไดทิ้งแล้วสร้างใหม่ เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงมีดังนี้

1. ควรติดตั้งแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสงในบริเวณช่องทางเดินสู่บันไดหนีไฟ FST-2 รวมถึงภายในบันไดหนีไฟของตัวเองด้วย โดยเฉพาะที่ชานพักบันได จากการเดินสำรวจจริงพบว่าเวลาเร่งรีบเดินจะส่งผลให้ลื่นไถลได้เมื่อสวมใส่รองเท้าหุ้มส้น (คัทชู) ทั่วไป

2. ควรทำการปิดล้อมทางออกหนีไฟสำหรับบันไดหนีไฟ FST-3 ให้มีความต่อเนื่องจนถึงจุดปล่อยออก (Exit Discharge) โดยการติดตั้งกระจก, ชุดประตูกันไฟและประตูปล่อยออกสู่สาธารณะเพิ่มเติมที่ชั้น 2 ของอาคารตามแบบที่นำเสนอแนบมา ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวนี้จะทำให้อาคารได้พื้นที่ปิดล้อมกันแยกอย่างต่อเนื่องสมบูรณ์ 100 % การปรับปรุงพื้นที่ปิดล้อมของบันได FST-2 ที่จุดปล่อยออกโดยทางปฏิบัติค่อนข้างจะทำได้ยาก เนื่องจากภายในอาคารที่ชั้น 1 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นประเภทชุมนุมคนและค้าขาย มีผู้ใช้อาคารค่อนข้างคับคั่ง การสร้างพื้นที่ปิดล้อมกันไฟจะไม่สมเหตุผลในทางสภาพความเป็นจริงเลย ดังนั้นควรจะใช้หลักการปรับปรุงโดยการติดตั้งป้ายหนีไฟภายในบันไดหนีไฟ FST-2 โดยป้ายจะต้องชี้ทิศทางการอพยพให้ออกที่ประตูหนีไฟที่ชั้น 2 ให้ชัดเจน ซึ่งจะเป็นการใช้พื้นที่ปิดล้อมกันไฟร่วมกับบันได FST-3 ด้วยเช่นกัน

หลักการนี้เป็นหลักการเดียวกับการปรับปรุงการกันแยกของเส้นทางหนีไฟของหัวข้อ 2.5 ซึ่งกล่าวถึงการวิเคราะห์การกันแยกของเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress) ดังนั้นหลักการการเปิดปิดของชุดประตูที่ติดตั้งใหม่ด้วยระบบอัตโนมัติจะมีหลักการเดียวกัน

การปรับปรุงนี้จะทำให้บันไดหนีไฟทุกตัวมีจุดปล่อยออกนอกอาคารสู่สาธารณะ 100 %

3. ติดตั้งป้ายบอกทางหนีไฟเพื่อบอกทิศทางมุ่งสู่จุดปล่อยออกนอกอาคารสู่สาธารณะที่บริเวณส่วนปิดล้อมกันแยกที่ปรับปรุงไว้สำหรับบันได FST-2 & 3 ให้ชัดเจน ซึ่งการปรับปรุงอยู่ในแบบของหัวข้อ 2.5 การวิเคราะห์การกันแยกของเส้นทางหนีไฟ

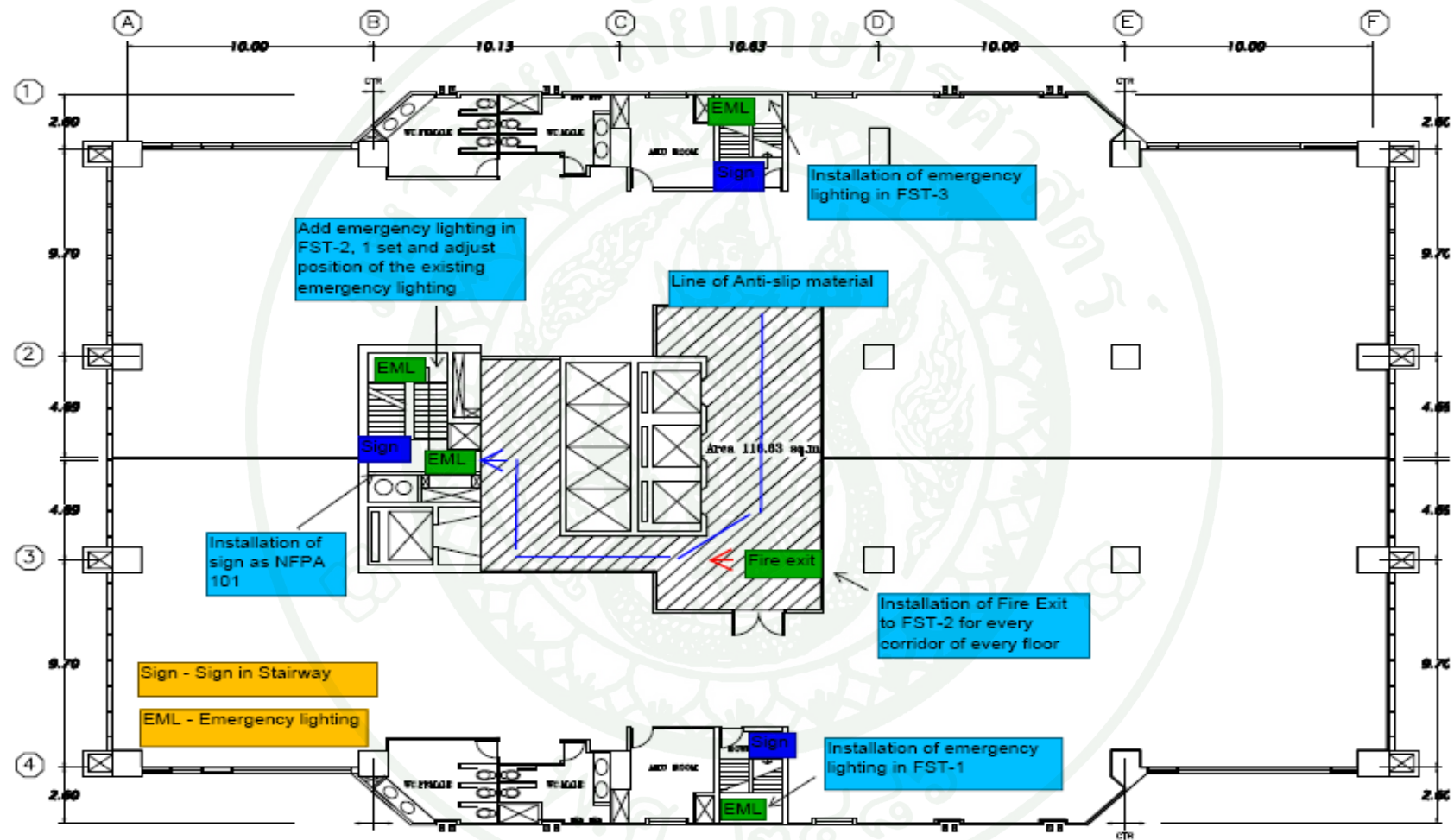
4. ติดตั้งป้ายบอกทางหนีไฟที่บริเวณช่องทางผ่าน (Corridor) ที่นำไปสู่บันได FST-2 ทุกชั้นให้ชัดเจน

5. ติดตั้งไฟแสงสว่างฉุกเฉินสำรองที่บันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ทุกชั้นๆ ละ 1 ชุด ส่วนบันไดหนีไฟ FST-2 ต้องติดตั้งเพิ่มเติม 1 ชุดต่อชั้น และทำการย้ายตำแหน่งของไฟแสงสว่างฉุกเฉินชุดเดิมไปสู่ตำแหน่งใหม่ตามแบบที่นำเสนอแนบมา

6. ติดตั้งราวจับเพิ่มเติมในบันได FST-2 ส่วนบันได FST-1 & 3 ไม่แนะนำให้ติดตั้งเพิ่มเติมเนื่องจากความกว้างของบันไดแคบ มีขนาดความกว้างสุทธิ 890 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้ว

7. ติดตั้งป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดบันไดหนีไฟให้ถูกต้องตามมาตรฐาน

โดยแสดงการปรับปรุงตามภาพที่ 32-36



ภาพที่ 32 การปรับปรุงสำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น



ภาพที่ 33 ราวจับบันไดหนีไฟ FST-2 ที่จะต้องติดตั้งราวจับเพิ่มอีก 1 ด้าน



ภาพที่ 34 แสดงราวจับบันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ที่มี 1 ด้าน แต่ไม่ควรติดตั้งเพิ่ม

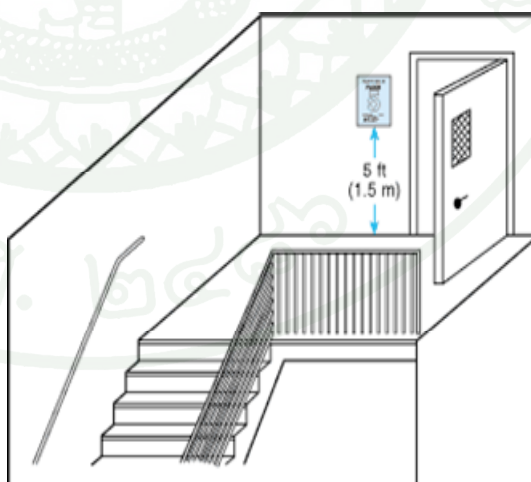


ภาพที่ 35 ป้ายสัญลักษณ์ในบันไดหนีไฟที่ติดตั้งอยู่แล้ว

**NORTH STAIR
FLOOR**

5

SUBBASEMENT TO 24TH FLOOR
NO ROOF ACCESS
DOWN TO FIRST FLOOR
FOR EXIT DISCHARGE



ภาพที่ 36 ป้ายสัญลักษณ์ในบันไดหนีไฟตามมาตรฐาน

3. การคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculation ลักษณะการวิเคราะห์แบบละเอียด (More Detailed Analysis)

โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารแต่ละคนคือการนับเวลาที่เกิดอัคคีภัย (Ignition of the fire) ไปจนถึงเวลาที่ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารหรืออพยพไปสู่สถานที่ที่ปลอดภัยได้ ซึ่งเวลาทั้งหมดสามารถวิเคราะห์แยกเป็นองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

- ก. เวลาที่ใช้ในการรับรู้เหตุเพลิงไหม้ (Time to notification)
- ข. เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อเหตุเพลิงไหม้ (Reaction time)
- ค. เวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพ (Preevacuation activity time)
- ง. เวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือเคลื่อนย้าย (Travel or movement time)

สามองค์ประกอบแรกรวมกันเรียกว่า “เวลาล่าช้า” (Delay time) หรือ “เวลาก่อนการเคลื่อนย้าย” (Premovement time) ซึ่งไม่ควรประเมินเวลาดำเนินไปเพราะจะกระทบต่อเวลาการอพยพโดยรวม แต่เวลาที่จะทำการวิจัยคือ “เวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือเคลื่อนย้าย” (Travel time) ซึ่งเป็นองค์ประกอบตัวสุดท้ายของการคำนวณเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ การคำนวณเวลาจะเริ่มตั้งแต่เริ่มเคลื่อนที่อพยพจนกระทั่งไปสู่จุดปล่อยออกที่ปลอดภัย การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟจะใช้หลักการคำนวณแบบการไหลของฝูงชนตามหลักชลศาสตร์ (Hydraulic Flow Calculation) โดยการวิเคราะห์แบบละเอียด (More Detailed Analysis) ตามคู่มือ The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. การตั้งสมมติฐาน

โดยจากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่อาคารที่รับผิดชอบการซ้อมอพยพหนีไฟได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยคือ พฤติกรรมของผู้ซ้อมอพยพหนีไฟจะใช้บันไดกลางของอาคารคือ บันได FST-2 ในการอพยพ การใช้บันไดกลางนี้จะปรากฏตั้งแต่ชั้นที่ 8-40 ส่วนการใช้บันไดข้างอาคารคือบันได FST-1 & 3 เริ่มปรากฏที่ชั้น 7 ลงมา แต่ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมคือ การที่ผู้ซ้อมอพยพส่วนใหญ่ใช้บันได FST-2 เหตุผลเพราะความเคยชิน แต่ถ้าเกิดเพลิงไหม้ขึ้นมาผู้อพยพจะตื่นตระหนกแย่งกันหนี ทำให้ผู้อพยพต้องใช้บันได FST-1 & 3 ร่วมด้วย และตามมาตรฐานแล้วต้องแบ่งผู้อพยพหนีไฟจำนวนเท่าๆ กันในแต่ละบันได แต่จากขนาดบันไดที่มีขนาดของค่าต่างๆ ไม่

เท่ากัน โดยบันได FST-2 มีขนาดใหญ่กว่าบันได FST -1&3 มาก, สภาพสถานที่จริงและการคำนวณจริงของบริษัทที่รับจ้างงานทางด้านนี้พบว่า จะใช้การแบ่งผู้อพยพให้กับบันไดหลัก 50 % ที่เหลืออีก 2 บันไดจะแบ่งเท่าๆ กัน ดังนั้นการตั้งสมมติฐานคือ

- การอพยพหนีไฟของบันไดหลัก FST-2 จะรองรับผู้อพยพ 50 % ของชั้นนั้นๆ
- การอพยพหนีไฟของบันไดด้านข้างอาคาร FST-1 & 3 จะรองรับผู้อพยพบันไดละ 25 % เท่าๆ กัน
- การอพยพหนีไฟจะเกิดขึ้นพร้อมกันและจะอพยพเริ่มที่ชั้น 40 ก่อน
- การคำนวณระยะเวลาในการอพยพจะไม่ทำการคำนวณที่ชั้น 1 และ 2 เนื่องจากชั้น 1 ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกนอกอาคารไปสู่จุดปลอดภัยได้ทันที เช่นเดียวกันกับชั้น 2 ผู้ใช้อาคารไม่จำเป็นต้องใช้บันไดหนีไฟเพื่อลงสู่ชั้น 1 แต่สามารถอพยพออกนอกอาคารและวิ่งลงผ่าน Ramp ได้ทันที
- การแสดงวิธีการคำนวณและรายละเอียดจะใช้บันได FST-2 เป็นตัวอย่างในการคำนวณ

2. คำนวณหาระยะทางสัญจรเพื่อการอพยพไปยังทางประตุนีไฟสำหรับแต่ละโซนของแต่ละชั้นเพื่อนำมาคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดถึงประตุนีไฟของแต่ละโซน โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

2.1 วัดระยะทางสัญจรเพื่อการอพยพหนีไฟ

2.2 คำนวณหาความหนาแน่นของแต่ละห้องจากสมการ

$$\text{ความหนาแน่น (Density, D)} = \frac{\text{จำนวนคน(คน)}}{\text{พื้นที่ห้องแต่ละห้อง(ตารางเมตร)}} \quad (18)$$

2.3 คำนวณหาความเร็วของการอพยพของแต่ละห้องจากสมการ (9)

$$S = k - akD$$

S - ความเร็วของการอพยพ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

D - ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อตารางเมตร (Person/m²)

k - ค่าคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยให้

$k = k_2 = 1.4$ และ $a = 0.266$ เมื่อการความเร็วที่คำนวณมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

2.4 คำนวณเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดจนถึงประตูหนีไฟ (ทางออก)

$$\text{เวลา (Time)} = \frac{\text{ระยะทางสัญจร}}{\text{ความเร็วของการอพยพ}} \quad (19)$$

ค่าต่างๆ ของแต่ละโซนและแต่ละชั้นแสดงรายละเอียดดังตารางผนวกที่ ก1 , ตารางที่ 61 จะแสดงระยะเวลาที่ใช้อพยพไปสู่ประตูหนีไฟที่มากที่สุดของแต่ละชั้นเพื่อนำมาประกอบการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟรวม ซึ่งเวลาที่มากที่สุดที่เป็นตัวแทนของระยะเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดไปสู่ประตูหนีไฟคือ 45.60 วินาที ของชั้น 23 และชั้น 25

ตารางที่ 61 สรุประยะเวลาที่ใช้อพยพไปสู่ประตุนิไฟฟามากที่สุดของแต่ละชั้น

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	ระยะเวลาที่ใช้อพยพถึงประตุนิไฟฟามาก ที่สุดในแต่ละชั้น
1	-	-
2	Kitchen	36.12
3	Office 1	38.24
4	Office 1	41.93
5	Office 3	42.66
6	Office 3	42.66
7	Office 3	42.66
8	Office 3	42.66
9	Room C & D	44.12
10	Office 3	42.66
11	Office 3	42.66
12	Office 3	42.66
13	Office 3	42.66
14	Office 3	42.66
15	Office 3	42.66
16	Office 3	43.41
17	Office 3	43.41
18	Office 3	43.41
19	Office 3	43.41
20	Office 3	43.41

ตารางที่ 61 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	ระยะเวลาที่ใช้พอยถึงประตุนิไฟที่มากที่สุดในแต่ละชั้น
21	Office 1	43.40
22	Office 3	43.39
23	Office 1	45.60
24	Office 3	43.39
25	Office 1	45.60
26	Office 3	43.39
27	Office 3	43.39
28	Office 1 & 2	37.52
29	Office 1 & 2	37.52
30	Office 1 & 2	37.52
31	Office 1	32.36
32	Office 1	32.36
33	Office 1	32.36
34	Office 1	22.80
35	Office 1 & 2	22.81
36	Office 1	22.80
37	Office 1	22.80
38	Office 1	22.80
39	Office 1	22.80
40	Meeting Room	25.68

สรุป จากผลการคำนวณระยะเวลาที่ใช้อยู่ผ่านไปประตูหนีไฟที่มากที่สุดคือ 45.60 วินาทีหรือ 46 วินาที เป็นค่าที่คำนวณได้ของชั้น 23 และ 25 ค่านี้จะให้เป็นตัวแทนของระยะเวลาที่ใช้อยู่พวยจากจุดไกลสุดไปจนถึงประตูหนีไฟ

3. ประเมินค่าความหนาแน่น D-Density (Person/m²), ความเร็ว S-Speed (m/s), อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Fs-Specific Flow (Person/s/m), ความกว้างที่ใช้ได้จริง We-Effective Width (m), อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Fc-Calculated Flow (Person/s) ของช่องทางผ่าน (Corridor) ของแต่ละชั้น

วิเคราะห์ที่ช่องทางผ่าน (Corridor) มีขั้นตอนดังนี้

3.1 คำนวณหาความหนาแน่นของช่องทางผ่านตามสมการ

$$\text{ความหนาแน่น (Density, } D_{\text{Corridor}}) = \frac{\text{จำนวนคน(คน)}}{\text{พื้นที่ช่องทางผ่าน (ตารางเมตร)}} \quad (20)$$

3.2 คำนวณความเร็วของช่องทางผ่านตามสมการ (9)

$$S_{\text{Corridor}} = k - aD_{\text{Corridor}}$$

S - ความเร็วของการอพยพ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

D - ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น จำนวนคนต่อตารางเมตร (Person/m²)

k - ค่าคงที่ แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยให้

$k = k_2 = 1.4$ และ $a = 0.266$ เมื่อการความเร็วที่คำนวณมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ได้ค่าต่างๆ แสดงตามตารางที่ 62

ตารางที่ 62 จำนวนคนที่อพยพของบันไดหนีไฟ FST-2 (50%), ขนาดพื้นที่ช่องทางผ่าน, ความหนาแน่นและความเร็วบนช่องทางผ่านบนเส้นทางหนีไฟ

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องทางผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
1	0	0	0	0.00	0.00
2	0	0	0	0.00	0.00
3	115	58	33	1.74	0.75
4	174	87	33	2.64	0.42
5	174	87	33	2.64	0.42
6	174	87	33	2.64	0.42
7	174	87	33	2.64	0.42
8	174	87	33	2.64	0.42
9	759	380	132	2.88	0.33
10	174	87	33	2.64	0.42
11	174	87	33	2.64	0.42
12	174	87	33	2.64	0.42
13	174	87	33	2.64	0.42

ตารางที่ 62 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
14	174	87	33	2.64	0.42
15	174	87	33	2.64	0.42
16	174	87	33	2.64	0.42
17	174	87	33	2.64	0.42
18	174	87	33	2.64	0.42
19	174	87	33	2.64	0.42
20	174	87	33	2.64	0.42
21	161	81	33	2.44	0.49
22	173	87	33	2.62	0.42
23	172	86	33	2.61	0.43
24	173	87	33	2.62	0.42
25	172	86	33	2.61	0.43
26	173	87	33	2.62	0.42

ตารางที่ 62 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
27	173	87	33	2.62	0.42
28	173	87	33	2.62	0.42
29	173	87	33	2.62	0.42
30	172	86	33	2.61	0.43
31	141	71	33	2.14	0.60
32	141	71	33	2.14	0.60
33	141	71	33	2.14	0.60
34	104	52	33	1.58	0.81
35	105	53	33	1.59	0.81
36	106	53	33	1.61	0.80
37	106	53	33	1.61	0.80
38	106	53	33	1.61	0.80
39	106	53	33	1.61	0.80
40	120	60	33	1.82	0.72

3.3 คำนวณอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ (Specific Flow – F_s) ของช่องทางผ่านตามสมการ (11)

$$F_{s_{\text{Corridor}}} = (1 - aD_{\text{Corridor}})kD_{\text{Corridor}}$$

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของช่องทางผ่าน $F_{s_{\text{Corridor}}}$ จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_{\text{Corridor}}}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{s_{\text{Corridor}}}$

$F_{s_{\text{Corridor}}} < F_{sm_{\text{Corridor}}}$, ใช้ค่า $F_{s_{\text{Corridor}}}$ ในการคำนวณ

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของช่องทางผ่าน $F_{s_{\text{Corridor}}}$ จากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_{\text{Corridor}}}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{sm_{\text{Corridor}}}$

$F_{s_{\text{Corridor}}} > F_{sm_{\text{Corridor}}}$, ใช้ค่า $F_{sm_{\text{Corridor}}}$ ในการคำนวณ

3.4 คำนวณขนาดความกว้างที่ใช้ได้จริงของช่องทางผ่าน We_{Corridor}

ความกว้างที่ใช้ได้จริง = ความกว้างของช่องทางผ่าน – (2 X ระยะขอบ)

$$We_{\text{Corridor}} = 3.25 - 2 \times 0.2 = 2.85 \text{ เมตร}$$

3.5 คำนวณหาอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Calculated Flow – F_c) ของช่องทางผ่านตามสมการ (12)

$$F_{c_{\text{Corridor}}} = F_{s_{\text{Corridor}}} \times We_{\text{Corridor}}$$

ได้ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 63

ตารางที่ 63 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของช่องทางผ่าน (Corridor) บันไดหนีไฟ FST-2 (50%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	1.31	2.85	1.31	3.7300
4	1.10	2.85	1.10	3.1423
5	1.10	2.85	1.10	3.1423
6	1.10	2.85	1.10	3.1423
7	1.10	2.85	1.10	3.1423
8	1.10	2.85	1.10	3.1423
9	0.95	2.85	0.95	2.6986
10	1.10	2.85	1.10	3.1423

ตารางที่ 63 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
11	1.10	2.85	1.10	3.1423
12	1.10	2.85	1.10	3.1423
13	1.10	2.85	1.10	3.1423
14	1.10	2.85	1.10	3.1423
15	1.10	2.85	1.10	3.1423
16	1.10	2.85	1.10	3.1423
17	1.10	2.85	1.10	3.1423
18	1.10	2.85	1.10	3.1423
19	1.10	2.85	1.10	3.1423
20	1.10	2.85	1.10	3.1423

ตารางที่ 63 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
21	1.20	2.85	1.20	3.4175
22	1.11	2.85	1.11	3.1664
23	1.12	2.85	1.12	3.1900
24	1.11	2.85	1.11	3.1664
25	1.12	2.85	1.12	3.1900
26	1.11	2.85	1.11	3.1664
27	1.11	2.85	1.11	3.1664
28	1.11	2.85	1.11	3.1664
29	1.11	2.85	1.11	3.1664
30	1.12	2.85	1.12	3.1900

ตารางที่ 63 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
31	1.29	2.85	1.29	3.6801
32	1.29	2.85	1.29	3.6801
33	1.29	2.85	1.29	3.6801
34	1.28	2.85	1.28	3.6520
35	1.28	2.85	1.28	3.6615
36	1.29	2.85	1.29	3.6705
37	1.29	2.85	1.29	3.6705
38	1.29	2.85	1.29	3.6705
39	1.29	2.85	1.29	3.6705
40	1.31	2.85	1.31	3.7460

4. ประเมินผลกระทบอัตราการไหลของประตูของบันไดหนีไฟบนเส้นทางหนีไฟ

วิเคราะห์ที่ประตูหนีไฟ (Door) มีขั้นตอนดังนี้

4.1 คำนวณอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของประตูของ Fs_{Door} ตามสมการ (16a)

$$Fs(out)_{Door} = Fs(in)_{Corridor} \cdot We(in)_{Corridor} / We(out)_{Door}$$

ขนาดความกว้างที่ใช้ได้จริงของประตู We_{Door} สามารถคำนวณได้ดังนี้

ความกว้างที่ใช้ได้จริง = ความกว้างของประตู - (2 X ระยะขอบ)

$$We_{Door} = 0.92 - (2 \times 0.15) = 0.62 \text{ เมตร}$$

$Fs(in)_{Corridor}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของช่องทางผ่านที่เคลื่อนมาสู่ประตูหนีไฟ

$Fs(out)_{Door}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของประตูที่เคลื่อนออกจากประตูหนีไฟ

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของประตู Fs_{Door} จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด Fsm_{Door} (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า Fs_{Door}

$$Fs_{Door} < Fsm_{Door} , \text{ ใช้ค่า } Fs_{Door} \text{ ในการคำนวณ}$$

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของช่องทางผ่าน Fs_{Door} จากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด Fsm_{Door} (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า Fsm_{Door}

$$Fs_{Door} > Fsm_{Door} , \text{ ใช้ค่า } Fsm_{Door} \text{ ในการคำนวณ}$$

4.2 จำนวนอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Calculated Flow – Fc) ของประตูตามสมการ (12)

$$F_{c_{Door}} = F_{s_{Door}} \times W_{e_{Door}}$$

ได้ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 64



ตารางที่ 64 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของประตู (Door) บันไดหนีไฟ FST-2 (50%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	6.02	0.62	1.32	0.8184
4	5.07	0.62	1.32	0.8184
5	5.07	0.62	1.32	0.8184
6	5.07	0.62	1.32	0.8184
7	5.07	0.62	1.32	0.8184
8	5.07	0.62	1.32	0.8184
9	4.35	0.62	1.32	0.8184
10	5.07	0.62	1.32	0.8184

ตารางที่ 64 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
11	5.07	0.62	1.32	0.8184
12	5.07	0.62	1.32	0.8184
13	5.07	0.62	1.32	0.8184
14	5.07	0.62	1.32	0.8184
15	5.07	0.62	1.32	0.8184
16	5.07	0.62	1.32	0.8184
17	5.07	0.62	1.32	0.8184
18	5.07	0.62	1.32	0.8184
19	5.07	0.62	1.32	0.8184
20	5.07	0.62	1.32	0.8184

ตารางที่ 64 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
21	5.51	0.62	1.32	0.8184
22	5.11	0.62	1.32	0.8184
23	5.15	0.62	1.32	0.8184
24	5.11	0.62	1.32	0.8184
25	5.15	0.62	1.32	0.8184
26	5.11	0.62	1.32	0.8184
27	5.11	0.62	1.32	0.8184
28	5.11	0.62	1.32	0.8184
29	5.11	0.62	1.32	0.8184
30	5.15	0.62	1.32	0.8184

ตารางที่ 64 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
31	5.94	0.62	1.32	0.8184
32	5.94	0.62	1.32	0.8184
33	5.94	0.62	1.32	0.8184
34	5.89	0.62	1.32	0.8184
35	5.91	0.62	1.32	0.8184
36	5.92	0.62	1.32	0.8184
37	5.92	0.62	1.32	0.8184
38	5.92	0.62	1.32	0.8184
39	5.92	0.62	1.32	0.8184
40	6.04	0.62	1.32	0.8184

ตารางที่ 65 อัตราการสะสมการรอคิวที่เกิดขึ้นที่จุดเปลี่ยนถ่ายของบันได FST-2 (ช่องทางผ่านสู่ประตูหนีไฟ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	3.7300	0.8184	2.9116
4	3.1423	0.8184	2.3239
5	3.1423	0.8184	2.3239
6	3.1423	0.8184	2.3239
7	3.1423	0.8184	2.3239
8	3.1423	0.8184	2.3239
9	2.6986	0.8184	1.8802
10	3.1423	0.8184	2.3239

ตารางที่ 65 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
11	3.1423	0.8184	2.3239
12	3.1423	0.8184	2.3239
13	3.1423	0.8184	2.3239
14	3.1423	0.8184	2.3239
15	3.1423	0.8184	2.3239
16	3.1423	0.8184	2.3239
17	3.1423	0.8184	2.3239
18	3.1423	0.8184	2.3239
19	3.1423	0.8184	2.3239
20	3.1423	0.8184	2.3239

ตารางที่ 65 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
21	3.4175	0.8184	2.5991
22	3.1664	0.8184	2.3480
23	3.1900	0.8184	2.3716
24	3.1664	0.8184	2.3480
25	3.1900	0.8184	2.3716
26	3.1664	0.8184	2.3480
27	3.1664	0.8184	2.3480
28	3.1664	0.8184	2.3480
29	3.1664	0.8184	2.3480
30	3.1900	0.8184	2.3716

ตารางที่ 65 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
31	3.6801	0.8184	2.8617
32	3.6801	0.8184	2.8617
33	3.6801	0.8184	2.8617
34	3.6520	0.8184	2.8336
35	3.6615	0.8184	2.8431
36	3.6705	0.8184	2.8521
37	3.6705	0.8184	2.8521
38	3.6705	0.8184	2.8521
39	3.6705	0.8184	2.8521
40	3.7460	0.8184	2.9276

จากการคำนวณพบว่าการรอกวในการอพยพเข้าสู่ประตูของบันไดหนีไฟทุกชั้น ซึ่งเป็นจุดคอขวด ที่ต้องถูกนำมาพิจารณา

5. ประเมินผลกระทบอัตราการไหลของบันไดหนีไฟบนเส้นทางหนีไฟ

การคำนวณระยะเวลาในการอพยพในบันไดหนีไฟจะไม่ทำการคำนวณที่ชั้น 1 และ 2 เนื่องจากชั้น 1 ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกนอกอาคารไปสู่จุดปลอดภัยได้ทันที เช่นเดียวกันกับชั้น 2 ผู้ใช้อาคารไม่จำเป็นต้องใช้บันไดหนีไฟเพื่อลงสู่ชั้น 1 แต่สามารถอพยพออกนอกอาคารและวิ่งลงผ่าน Ramp ได้ทันที

วิเคราะห์ที่บันไดหนีไฟ (Stairway) ของชั้น 40 ลงสู่ชั้น 39 ในเบื้องต้นก่อน

5.1 คำนวณอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟของ $F_{s, \text{Stairway}}$ สำหรับชั้นที่ 40 ลงมาสู่ชั้นที่ 39 ตามสมการ (16a)

$$F_{s(\text{out})_{\text{Stairway}}} = F_{s(\text{in})_{\text{Door}}} W_{e(\text{in})_{\text{Door}}} / W_{e(\text{out})_{\text{Stairway}}}$$

ขนาดความกว้างที่ใช้ได้จริงของบันไดหนีไฟ $W_{e, \text{Stairway}}$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ความกว้างที่ใช้ได้จริง = ความกว้างของประตู - (2 X ระยะขอบ)

$$W_{e, \text{Door}} = 1.4 - (2 \times 0.15) = 1.1 \text{ เมตร}$$

$F_{s(\text{in})_{\text{Door}}}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของประตูหนีไฟที่เคลื่อนมาสู่บันไดหนีไฟ

$F_{s(\text{out})_{\text{Stairway}}}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟที่เคลื่อนออก

บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดของลูกตั้ง 165 มม., ลูกนอน 300 มม. ดังนั้นค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_Stairway}$ มีค่าเท่ากับ 1.09 คน/วินาที/เมตรของความกว้างสุทธิ

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟ $F_{s_Stairway}$ จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_Stairway}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{s_Stairway}$

$$F_{s_Stairway} < F_{sm_Stairway} , \text{ ใช้ค่า } F_{s_Stairway} \text{ ในการคำนวณ}$$

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟ $F_{s_Stairway}$ จากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_Stairway}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{sm_Stairway}$

$$F_{s_Stairway} > F_{sm_Stairway} , \text{ ใช้ค่า } F_{sm_Stairway} \text{ ในการคำนวณ}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } F_{s(out)_Stairway} &= F_{s(in)_Door} \cdot W_{e(in)_Door} / W_{e(out)_Stairway} \\ &= (1.32 \times 0.62) / 1.1 \\ &= 0.744 \text{ คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ} \end{aligned}$$

5.2 คำนวณความหนาแน่นในบันไดหนีไฟ จากการแปลงสมการดังนี้

จากสมการ (11) $F_{s_Stairway} = (1 - aD_{Stairway})kD_{Stairway}$ สำหรับการอพยพจากชั้น 40 ลงสู่ชั้น 39

$$\begin{aligned} F_{s_Stairway} &= kD_{Stairway} - akD_{Stairway}^2 \\ akD_{Stairway}^2 - kD_{Stairway} + F_{s_Stairway} &= 0 \\ AD_{Stairway}^2 + BD_{Stairway} + C &= 0 \end{aligned}$$

โดยที่ $A = ak$, $B = -k$, $C = F_{s_Stairway}$, $a = 0.266$, $k = 1.16$ (จากตารางที่ 8)

$$\text{ดังนั้น } D_{Stairway} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

เลือก D คำน้อยเพื่อนำไปคำนวณหาความเร็วในขั้นตอนต่อไป

$$D_{\text{Stairway}} = \frac{-(-1.16) - \sqrt{((-1.16)^2 - 4(0.266 \cdot 1.16 \cdot 0.744))}}{2(0.266 \cdot 1.16)}$$

$$D_{\text{Stairway}} = 0.8204 \text{ คน/ตารางเมตร}$$

5.3 คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ในบันไดหนีไฟตามสมการ (9)

$$\begin{aligned} S_{\text{Stairway}} &= k - akD_{\text{Stairway}} \quad \text{สำหรับการอพยพจากชั้น 40 ลงสู่ชั้น 39} \\ &= 1.16 - (0.266 \times 1.16 \times 0.8204) \\ &= 0.9069 \text{ เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

5.4 คำนวณระยะทางการเคลื่อนที่จากชั้น 40 ลงสู่ชั้น 39 โดยพิจารณาค่า Conversion Factor เท่ากับ 2.08 จากข้อมูลบันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดของลูกตั่ง 165 มิลลิเมตร, ลูกนอน 300 มิลลิเมตร มาประกอบการคำนวณตามสมการ

$$\text{ระยะทางทั้งหมด} = (\text{ความสูงระหว่างชั้น} \times \text{Conversion Factor}) + \text{ระยะชันพักทั้งหมด}$$

$$(4 \times 2.08) + 1.84 + (2 \times 1.55) = 13.26 \text{ เมตร}$$

5.5 คำนวณเวลาสำหรับการเคลื่อนที่จากชั้น 40 ลงสู่ชั้น 39 ตามสมการ (19)

$$\begin{aligned} \text{Time}_{40 \text{ to } 39} &= \frac{\text{ระยะทางทั้งหมด}}{S_{\text{Stairway}}} \\ &= 13.26 / 0.9069 = 14.622 \text{ วินาที ประมาณ 15 วินาที} \end{aligned}$$

5.6 คำนวณอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะที่คำนวณได้ (Calculated Flow – Fc) ของบันไดหนีไฟตามสมการ (12)

$$F_{c_{\text{Stairway}}} = F_{s_{\text{Stairway}}} \times W_{e_{\text{Stairway}}} \\ = 0.744 \times 1.1 = 0.8184 \text{ คน/วินาที}$$

5.7 จำนวนจำนวนผู้อพยพที่อพยพเข้าไปอยู่ในบันไดหนีไฟ FST-2 ตามเวลาที่คำนวณได้ตามขั้นตอนที่ 5 คือ $\text{Time}_{40 \text{ to } 39}$ ตามสมการ

$$\text{หลังจากเวลาผ่านไป } \text{Time}_{40 \text{ to } 39} \text{ มีคนเข้าไปอยู่ในบันได} = F_{c_{\text{Stairway}}} \times \text{Time}_{40 \text{ to } 39}$$

หลังจากเวลาผ่านไป 15 วินาที (14.622 วินาที) จะมีคนเข้าไปในบันได

$$0.8184 \times 14.622 = 11.97 \text{ คน} = 12 \text{ คน}$$

5.8 จำนวนตามขั้นตอนที่ 5.1 – 5.7 สำหรับทุกชั้นที่เหลือ เนื่องจากความสูงของชั้นไม่เท่ากันทั้งหมด แต่สามารถจำแนกได้ดังนี้

ชั้น 1, 2, 35 – 40 มีเพดานสูง 4.0 เมตร, ชั้นที่เหลือมีเพดานสูง 3.5 เมตร

อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_{s_{\text{Stairway}}}$, ความหนาแน่น D_{Stairway} , ความเร็วในการเคลื่อนที่ S_{Stairway} ในแต่ละชั้นมีค่าเท่ากัน มีเพียงความสูงของชั้นที่แตกต่างกันตามข้อมูลข้างต้น ทำให้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของผู้อพยพแตกต่างกันคือ ชั้นที่มีความสูงของเพดาน 3.5 เมตร จะมีระยะเวลาการเคลื่อนที่ลงสู่ชั้นที่ต่ำกว่าเท่ากับ 13.4752 วินาที แต่เมื่อคำนวณจำนวนคนที่อพยพเข้าไปอยู่ในบันไดจะมีค่าดังนี้

หลังจากเวลาผ่านไป 14 วินาที (13.4752 วินาที) จะมีคนเข้าไปในบันได

$$0.8184 \times 13.4752 = 11.03 \text{ คน} = 12 \text{ คน}$$

ดังนั้นจึงสรุปว่าเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 14 วินาที จะมีคนอพยพเข้าไปอยู่ในบันไดหนีไฟต่อชั้นเท่ากับ 12 คน และเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณผู้วิจัยจะใช้ค่าตัวเลข 14 วินาที เป็นตัวแทนของระยะเวลาในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งไปสู่อีกชั้นหนึ่ง ได้ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 66

ตารางที่ 66 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, ความหนาแน่น, ความเร็ว, ระยะทางการเคลื่อนที่, เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, จำนวนคนที่อพยพเข้าไปในบันไดหนีไฟ (Stairway) ของบันไดหนีไฟ FST-2 (50%)

ชั้นที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตราการไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-2) or Fsm = 1.09	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนี ไฟ Conversion Factor = 2.08	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคน ที่จะไปอยู่ ในบันได หนีไฟใน แต่ละชั้น ของตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Fl. 3 to Fl. 2	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 3 to Fl. 2	14.6220	Fl. 3 to Fl. 2	0.8184	12
4	Fl. 4 to Fl. 3	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 4 to Fl. 3	13.4752	Fl. 4 to Fl. 3	0.8184	12
5	Fl. 5 to Fl. 4	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 5 to Fl. 4	13.4752	Fl. 5 to Fl. 4	0.8184	12
6	Fl. 6 to Fl. 5	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 6 to Fl. 5	13.4752	Fl. 6 to Fl. 5	0.8184	12

ตารางที่ 66 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-2) or Fsm = 1.09	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนีไฟ Conversion Factor = 2.08	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคน ที่จะไปอยู่ ในบันได หนีไฟใน แต่ละชั้น ของตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
7	Fl. 7 to Fl. 6	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 7 to Fl. 6	13.4752	Fl. 7 to Fl. 6	0.8184	12
8	Fl. 8 to Fl. 7	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 8 to Fl. 7	13.4752	Fl. 8 to Fl. 7	0.8184	12
9	Fl. 9 to Fl. 8	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 9 to Fl. 8	13.4752	Fl. 9 to Fl. 8	0.8184	12
10	Fl. 10 to Fl. 9	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 10 to Fl. 9	13.4752	Fl. 10 to Fl. 9	0.8184	12
11	Fl. 11 to Fl. 10	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 11 to Fl. 10	13.4752	Fl. 11 to Fl. 10	0.8184	12
12	Fl. 12 to Fl. 11	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 12 to Fl. 11	13.4752	Fl. 12 to Fl. 11	0.8184	12
13	Fl. 13 to Fl. 12	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 13 to Fl. 12	13.4752	Fl. 13 to Fl. 12	0.8184	12
14	Fl. 14 to Fl. 13	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 14 to Fl. 13	13.4752	Fl. 14 to Fl. 13	0.8184	12
15	Fl. 15 to Fl. 14	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 15 to Fl. 14	13.4752	Fl. 15 to Fl. 14	0.8184	12

ตารางที่ 66 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density)	ความเร็ว (Speed)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนี ไฟ	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)	จำนวนคน ที่จะไปอยู่ ในบันได หนีไฟใน แต่ละชั้น ของตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.	
	(คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)		Fs(Stairway, FST-2) or Fsm = 1.09	(คน/ตาราง เมตร)	(เมตร/วินาที)	Conversion Factor = 2.08	Time Floor to Floor (วินาที)		(คน/วินาที)		
16	Fl. 16 to Fl. 15	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 16 to Fl. 15	13.4752	Fl. 16 to Fl. 15	0.8184	12
17	Fl. 17 to Fl. 16	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 17 to Fl. 16	13.4752	Fl. 17 to Fl. 16	0.8184	12
18	Fl. 18 to Fl. 17	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 18 to Fl. 17	13.4752	Fl. 18 to Fl. 17	0.8184	12
19	Fl. 19 to Fl. 18	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 19 to Fl. 18	13.4752	Fl. 19 to Fl. 18	0.8184	12
20	Fl. 20 to Fl. 19	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 20 to Fl. 19	13.4752	Fl. 20 to Fl. 19	0.8184	12
21	Fl. 21 to Fl. 20	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 21 to Fl. 20	13.4752	Fl. 21 to Fl. 20	0.8184	12
22	Fl. 22 to Fl. 21	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 22 to Fl. 21	13.4752	Fl. 22 to Fl. 21	0.8184	12
23	Fl. 23 to Fl. 22	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 23 to Fl. 22	13.4752	Fl. 23 to Fl. 22	0.8184	12
24	Fl. 24 to Fl. 23	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 24 to Fl. 23	13.4752	Fl. 24 to Fl. 23	0.8184	12

ตารางที่ 66 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density)	ความเร็ว (Speed)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนี ไฟ	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)	จำนวนคน ที่จะไปอยู่ ในบันได หนีไฟใน แต่ละชั้น ของตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.	
	(คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)		Fs(Stairway, FST-2) or Fsm = 1.09	(คน/ตาราง เมตร)	(เมตร/วินาที)	Conversion Factor = 2.08	Time Floor to Floor (วินาที)		(คน/วินาที)		
25	Fl. 25 to Fl. 24	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 25 to Fl. 24	13.4752	Fl. 25 to Fl. 24	0.8184	12
26	Fl. 26 to Fl. 25	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 26 to Fl. 25	13.4752	Fl. 26 to Fl. 25	0.8184	12
27	Fl. 27 to Fl. 26	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 27 to Fl. 26	13.4752	Fl. 27 to Fl. 26	0.8184	12
28	Fl. 28 to Fl. 27	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 28 to Fl. 27	13.4752	Fl. 28 to Fl. 27	0.8184	12
29	Fl. 29 to Fl. 28	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 29 to Fl. 28	13.4752	Fl. 29 to Fl. 28	0.8184	12
30	Fl. 30 to Fl. 29	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 30 to Fl. 29	13.4752	Fl. 30 to Fl. 29	0.8184	12
31	Fl. 31 to Fl. 30	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 31 to Fl. 30	13.4752	Fl. 31 to Fl. 30	0.8184	12
32	Fl. 32 to Fl. 31	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 32 to Fl. 31	13.4752	Fl. 32 to Fl. 31	0.8184	12
33	Fl. 33 to Fl. 32	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 33 to Fl. 32	13.4752	Fl. 33 to Fl. 32	0.8184	12

ตารางที่ 66 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-2) or Fsm = 1.09	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนี ไฟ Conversion Factor = 2.08	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		จำนวนคน ที่จะไปอยู่ ในบันได หนีไฟใน แต่ละชั้น ของตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
	(คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)						(คน/วินาที)				
34	Fl. 34 to Fl. 33	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 34 to Fl. 33	13.4752	Fl. 34 to Fl. 33	0.8184	12
35	Fl. 35 to Fl. 34	0.744	0.744	0.8204	0.9069	12.2200	Fl. 35 to Fl. 34	13.4752	Fl. 35 to Fl. 34	0.8184	12
36	Fl. 36 to Fl. 35	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 36 to Fl. 35	14.6220	Fl. 36 to Fl. 35	0.8184	12
37	Fl. 37 to Fl. 36	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 37 to Fl. 36	14.6220	Fl. 37 to Fl. 36	0.8184	12
38	Fl. 38 to Fl. 37	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 38 to Fl. 37	14.6220	Fl. 38 to Fl. 37	0.8184	12
39	Fl. 39 to Fl. 38	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 39 to Fl. 38	14.6220	Fl. 39 to Fl. 38	0.8184	12
40	Fl. 40 to Fl. 39	0.744	0.744	0.8204	0.9069	13.2600	Fl. 40 to Fl. 39	14.6220	Fl. 40 to Fl. 39	0.8184	12

6. ประเมินผลกระทบการผสมรวมกันของอัตราการไหลของบันไดหนีไฟกับอัตราการไหลของประตูหนีไฟบนเส้นทางหนีไฟ

การประเมินการผสมรวมกันของอัตราการไหลในบันไดหนีไฟของชั้นสูงกว่ากับอัตราการไหลที่เข้ามาของประตูหนีไฟของชั้นต่ำกว่าเพื่อจะได้อัตราการไหลใหม่ในบันไดหนีไฟของชั้นที่ต่ำกว่า ค่าดังกล่าวจะเป็นตัวเลขที่ถูกนำมาพิจารณาว่าจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเคลื่อนที่หรือไม่ ซึ่งจะมีผลต่อเวลาในการอพยพ

วิเคราะห์ที่บันไดหนีไฟ (Stairway) ของชั้น 39 ลงสู่ชั้น 38

6.1 คำนวณอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟของ $F_{s, \text{Stairway}}$ สำหรับชั้นที่ 39 ลงมาสู่ชั้นที่ 38 ตามสมการ (16b)

$$F_{s(\text{out})_{\text{Stairway } 39}} = \frac{((F_{s(\text{in})_{\text{Door } 39}} We(\text{in})_{\text{Door } 39}) + (F_{s(\text{in})_{\text{Stairway } 40}} We(\text{in})_{\text{Stairway } 40}))}{We(\text{out})_{\text{Stairway } 39}}$$

$F_{s(\text{in})_{\text{Door}}}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของประตูหนีไฟที่เคลื่อนมาสู่บันไดหนีไฟของชั้นต่ำกว่า

$F_{s(\text{in})_{\text{Stairway}}}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟของชั้นสูงกว่าลงมาสู่ชั้นที่ต่ำกว่า

$F_{s(\text{out})_{\text{Stairway}}}$ คือ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟของชั้นที่ต่ำกว่าเคลื่อนที่ออก

บันไดหนีไฟ FST-2 ขนาดของลูกตั้ง 165 มิลลิเมตร, ลูกนอน 300 มิลลิเมตร ดังนั้นค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm, \text{Stairway}}$ มีค่าเท่ากับ 1.09 คน/วินาที/เมตรของความกว้างสุทธิ

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟ $F_{s_{\text{Stairway}}}$ จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_{\text{Stairway}}}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{s_{\text{Stairway}}}$

$F_{s_{\text{Stairway}}} < F_{sm_{\text{Stairway}}}$, ใช้ค่า $F_{s_{\text{Stairway}}}$ ในการคำนวณ

- โดยถ้าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะของบันไดหนีไฟ $F_{s_{\text{Stairway}}}$ จากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะสูงสุด $F_{sm_{\text{Stairway}}}$ (Maximum Specific Flow) ให้ใช้ค่า $F_{sm_{\text{Stairway}}}$

$F_{s_{\text{Stairway}}} > F_{sm_{\text{Stairway}}}$, ใช้ค่า $F_{sm_{\text{Stairway}}}$ ในการคำนวณ

$$\begin{aligned} F_{s(\text{out})_{\text{Stairway } 39}} &= \frac{((F_{s(\text{in})_{\text{Door } 39}} \cdot W_{e(\text{in})_{\text{Door } 39}}) + (F_{s(\text{in})_{\text{Stairway } 40}} \cdot W_{e(\text{in})_{\text{Stairway } 40}}))}{W_{e(\text{out})_{\text{Stairway } 39}}} \\ &= ((1.32 \times 0.62) + (0.744 \times 1.1)) / 1.1 \\ &= 1.4880 \text{ คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ} \end{aligned}$$

ดังนั้น $F_{s(\text{out})_{\text{Stairway } 39}} = F_{sm_{\text{Stairway}}} = 1.09 \text{ คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ}$

6.2 จำนวนอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Calculated Flow – F_c) ของบันไดหนีไฟตามสมการ (12)

$$\begin{aligned} F_{c_{\text{Stairway } 39 \text{ to } 38}} &= F_{s_{\text{Stairway } 39 \text{ to } 38}} \times W_{e_{\text{Stairway } 39 \text{ to } 38}} \\ &= 1.09 \times 1.1 = 1.199 \text{ คน/วินาที} \end{aligned}$$

จากข้อมูล $F_{c_{\text{Door } 39}} = 0.8184 \text{ คน/วินาที}$ ดังนั้นจุดที่พิจารณาจุดคอขวดคือ $F_{c_{\text{Door } 39}}$ จะเป็นจุดที่จะต้องนำมาคำนวณระยะเวลาอพยพของชั้น 39 ลงสู่ชั้น 38

6.3 ทำซ้ำในขั้นตอน 6.1 และ 6.2 ตามข้างต้นเพื่อคำนวณหา $F_{c_{\text{Stairway}}}$ ของแต่ละชั้น

6.4 นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับ $F_{c_{\text{Door}}}$ แบบขั้นต่อขั้น เพื่อพิจารณาจุดคอดขาด ซึ่งจุดดังกล่าวจะเป็นความคุมอัตราการไหลที่แท้จริง ได้ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 67



ตารางที่ 67 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของบันได
หนีไฟ (Stairway) FST-2 (50%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-2) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-2) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-2) or $F_{sm} = 1.09$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-2) (คน/วินาที)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	1.8340	1.1	1.09	1.1990
4	1.8340	1.1	1.09	1.1990
5	1.8340	1.1	1.09	1.1990
6	1.8340	1.1	1.09	1.1990
7	1.8340	1.1	1.09	1.1990
8	1.8340	1.1	1.09	1.1990
9	1.8340	1.1	1.09	1.1990
10	1.8340	1.1	1.09	1.1990

ตารางที่ 67 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-2) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-2) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-2) or $F_{sm} = 1.09$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-2) (คน/วินาที)
11	1.8340	1.1	1.09	1.1990
12	1.8340	1.1	1.09	1.1990
13	1.8340	1.1	1.09	1.1990
14	1.8340	1.1	1.09	1.1990
15	1.8340	1.1	1.09	1.1990
16	1.8340	1.1	1.09	1.1990
17	1.8340	1.1	1.09	1.1990
18	1.8340	1.1	1.09	1.1990
19	1.8340	1.1	1.09	1.1990
20	1.8340	1.1	1.09	1.1990

ตารางที่ 67 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-2) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-2) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-2) or $F_{sm} = 1.09$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-2) (คน/วินาที)
21	1.8340	1.1	1.09	1.1990
22	1.8340	1.1	1.09	1.1990
23	1.8340	1.1	1.09	1.1990
24	1.8340	1.1	1.09	1.1990
25	1.8340	1.1	1.09	1.1990
26	1.8340	1.1	1.09	1.1990
27	1.8340	1.1	1.09	1.1990
28	1.8340	1.1	1.09	1.1990
29	1.8340	1.1	1.09	1.1990
30	1.8340	1.1	1.09	1.1990

ตารางที่ 67 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-2) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-2) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-2) or $F_{sm} = 1.09$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-2) (คน/วินาที)
31	1.8340	1.1	1.09	1.1990
32	1.8340	1.1	1.09	1.1990
33	1.8340	1.1	1.09	1.1990
34	1.8340	1.1	1.09	1.1990
35	1.8340	1.1	1.09	1.1990
36	1.8340	1.1	1.09	1.1990
37	1.8340	1.1	1.09	1.1990
38	1.8340	1.1	1.09	1.1990
39	1.4880	1.1	1.09	1.1990
40	0.7440	1.1	0.7440	0.8184

ตารางที่ 68 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Fc) ของประตูหนีไฟ (Door) และบันไดหนีไฟ (Stairway, FST-2)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST2) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมาพิจารณาในการ คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
1	-	-		-
2	-	-		-
3	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
4	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
5	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
6	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
7	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
8	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
9	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
10	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184

ตารางที่ 68 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST2) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมาพิจารณาในการ คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
11	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
12	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
13	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
14	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
15	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
16	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
17	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
18	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
19	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
20	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184

ตารางที่ 68 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST2) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมาพิจารณาในการ คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
21	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
22	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
23	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
24	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
25	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
26	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
27	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
28	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
29	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
30	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184

ตารางที่ 68 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST2) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมาพิจารณาในการ คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
31	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
32	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
33	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
34	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
35	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
36	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
37	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
38	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
39	0.8184	1.1990	Fc (Door)	0.8184
40	0.8184	0.8184	Fc (Door) or Fc (Stairway)	0.8184

7. การติดตามอัตราการไหลบนเส้นทางหนีไฟ (Track Egress Flow)

- การคำนวณตั้งอยู่สมมติฐานว่าทุกคนเริ่มอพยพหนีไฟที่เวลา 0 วินาที
- ตัวแทนของเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดของชั้นไปจนถึงประตูหนีไฟคือ 46

วินาที

- ณ เวลาที่ 46 วินาที อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ที่นำมาใช้ที่ประตูบันไดหนีไฟทุกชั้น คือ $F_{c_{Door}} = 0.8184$ คน/วินาที และใช้เวลา 14 วินาที ในการเคลื่อนที่ลงจากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง
- ณ เวลาที่ $46 + 14 = 60$ วินาที จะมีคน 456 คน อยู่ในบันไดหนีไฟและจะมีคนที่คอยอยู่ที่ประตูหนีไฟแต่ละชั้นตามตารางที่ 69
- ลำดับถัดไปจะให้ความสำคัญของการอพยพโดยการเรียงลำดับจากชั้นบนสุดก่อน โดยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งเอาไว้คือ การอพยพจะเริ่มจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นต่ำสุด
- จำนวนคนที่เหลือในชั้นที่ 40 เท่ากับ 48 คน กำลังคอยที่ประตูทางเข้าของประตูหนีไฟของชั้น 40 มีค่า $F_{c_{Door\ 40}} = 0.8184$ คน/วินาที
- อัตราการไหลที่เข้าสู่บันไดเท่ากับ $F_c = 0.8184$ คน/วินาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลที่ออกจากประตูหนีไฟ ($F_{c_{Door}}$) และมีค่าเท่ากันทุกชั้น เนื่องจากอัตราการไหลนี้จะเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงตามตารางที่ 68
- ดังนั้นจำนวนคนทั้งหมด 48 คน จะเข้าสู่บันไดหนีไฟโดยใช้เวลา

$$\begin{aligned}
 Time_{40\ to\ 39} &= \text{จำนวนคน} / F_c \text{ ที่นำมาใช้} \\
 &= 48 / 0.8184 \\
 &= 58.65 \text{ วินาที}
 \end{aligned}$$

- ณ เวลา $60 + 58.65 = 118.65$ วินาที ผู้อพยพชั้น 40 อพยพออกมาทั้งหมด

- ณ เวลา $188.65 + 14 = 202.65$ วินาที ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 40 มาอยู่ที่ชั้น

39

- ทำซ้ำในขั้นตอนเดิมคือ คำนวณเวลาสำหรับแต่ละชั้นของจำนวนคนที่เหลือในแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟบวกกับเวลาที่ของผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้นนั้นลงสู่ชั้นถัดลงมาคือ 14 วินาที ซึ่งจะแสดงค่าดังตารางที่ 69

- คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของผู้อพยพคนสุดท้ายโดยมาขึ้นอยู่หน้าประตูหนีไฟที่ชั้น 2 เท่ากับ 4,043.86 วินาที แต่จุดนี้ยังมีจุดปล่อยออก ต้องคำนวณระยะเวลาเพิ่มเติมโดยใช้หลักการการประเมินผลกระทบอัตราการไหลจากประตูหนีไฟมาสู่ช่องทางผ่านของชั้น 2 ซึ่งมีขั้นตอนการหาละเอียดพอสมควร แต่จากรูปภาพที่ 19 แสดงค่าความเร็วสูงสุดในการอพยพมีค่าเท่ากับ 1.19 เมตร/วินาที ซึ่งความเร็วที่คำนวณได้จะมีค่าไม่เกินค่าดังกล่าวแน่นอน และจากสภาพหน้างานจริงระยะทางที่เคลื่อนที่จากประตูหนีไฟถึงจุดปล่อยออกมีระยะทางประมาณเพียงแค่ 36 เมตรเท่านั้น ซึ่งไม่ได้กระทบกับเวลามากนัก

- คำนวณเวลาที่เคลื่อนที่จากประตูหนีไฟชั้น 2 สู่จุดปล่อยออก

$$\begin{aligned}\text{เวลาอพยพ} &= \text{ระยะทาง/ความเร็ว} \\ &= 36 / 1.19 \\ &= 30.25 \text{ วินาที}\end{aligned}$$

- ระยะเวลาในการอพยพหนีไฟไปสู่จุดปล่อยออกที่ปลอดภัยเท่ากับ

$$\begin{aligned}4,043.86 + 30.25 &= 4,074.11 \text{ วินาที} \\ &= 67.90 \text{ นาที}\end{aligned}$$

ได้ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 69

ตารางที่ 69 การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-2

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่อาคารบันไดหนีไฟ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
40	60	12	48	58.65		118.65	ผู้อพยพชั้น 40 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	132.65	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 40 มาอยู่ที่ชั้น 39
39	53	12	41	50.10		182.75	ผู้อพยพชั้น 39 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	196.75	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 39 มาอยู่ที่ชั้น 38
38	53	12	41	50.10		246.85	ผู้อพยพชั้น 38 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	260.85	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 38 มาอยู่ที่ชั้น 37
37	53	12	41	50.10		310.94	ผู้อพยพชั้น 37 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	324.94	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 37 มาอยู่ที่ชั้น 36
36	53	12	41	50.10		375.04	ผู้อพยพชั้น 36 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	389.04	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 36 มาอยู่ที่ชั้น 35
35	53	12	41	50.10		439.14	ผู้อพยพชั้น 35 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	453.14	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 35 มาอยู่ที่ชั้น 34

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
34	52	12	40	48.88		502.02	ผู้อพยพชั้น 34 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	516.02	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 34 มาอยู่ที่ชั้น 33
33	71	12	59	72.09		588.11	ผู้อพยพชั้น 33 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	602.11	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 33 มาอยู่ที่ชั้น 32
32	71	12	59	72.09		674.20	ผู้อพยพชั้น 32 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	688.20	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 32 มาอยู่ที่ชั้น 31
31	71	12	59	72.09		760.29	ผู้อพยพชั้น 31 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	774.29	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 31 มาอยู่ที่ชั้น 30
30	86	12	74	90.42		864.71	ผู้อพยพชั้น 30 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	878.71	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 30 มาอยู่ที่ชั้น 29
29	87	12	75	91.64		970.35	ผู้อพยพชั้น 29 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	984.35	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 29 มาอยู่ที่ชั้น 28

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing, time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
28	87	12	75	91.64		1,076.00	ผู้อพยพชั้น 28 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,090.00	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 28 มาอยู่ที่ชั้น 27
27	87	12	75	91.64		1,181.64	ผู้อพยพชั้น 27 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,195.64	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 27 มาอยู่ที่ชั้น 26
26	87	12	75	91.64		1,287.28	ผู้อพยพชั้น 26 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,301.28	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 26 มาอยู่ที่ชั้น 25
25	86	12	74	90.42		1,391.70	ผู้อพยพชั้น 25 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,405.70	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 25 มาอยู่ที่ชั้น 24
24	87	12	75	91.64		1,497.34	ผู้อพยพชั้น 24 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,511.34	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 24 มาอยู่ที่ชั้น 23
23	86	12	74	90.42		1,601.76	ผู้อพยพชั้น 23 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,615.76	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 23 มาอยู่ที่ชั้น 22

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่อุบัติเหตุ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
22	87	12	75	91.64		1,707.41	ผู้อพยพชั้น 22 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,721.41	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 22 มาอยู่ที่ชั้น 21
21	81	12	69	84.31		1,805.72	ผู้อพยพชั้น 21 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,819.72	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 21 มาอยู่ที่ชั้น 20
20	87	12	75	91.64		1,911.36	ผู้อพยพชั้น 20 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	1,925.36	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 20 มาอยู่ที่ชั้น 19
19	87	12	75	91.64		2,017.00	ผู้อพยพชั้น 19 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,031.00	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 19 มาอยู่ที่ชั้น 18
18	87	12	75	91.64		2,122.64	ผู้อพยพชั้น 18 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,136.64	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 18 มาอยู่ที่ชั้น 17
17	87	12	75	91.64		2,228.29	ผู้อพยพชั้น 17 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,242.29	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 17 มาอยู่ที่ชั้น 16

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
16	87	12	75	91.64		2,333.93	ผู้อพยพชั้น 16 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,347.93	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 16 มาอยู่ที่ชั้น 15
15	87	12	75	91.64		2,439.57	ผู้อพยพชั้น 15 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,453.57	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 15 มาอยู่ที่ชั้น 14
14	87	12	75	91.64		2,545.21	ผู้อพยพชั้น 14 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,559.21	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 14 มาอยู่ที่ชั้น 13
13	87	12	75	91.64		2,650.85	ผู้อพยพชั้น 13 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,664.85	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 13 มาอยู่ที่ชั้น 12
12	87	12	75	91.64		2,756.50	ผู้อพยพชั้น 12 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,770.50	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 12 มาอยู่ที่ชั้น 11
11	87	12	75	91.64		2,862.14	ผู้อพยพชั้น 11 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,876.14	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 11 มาอยู่ที่ชั้น 10

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่อาคารในชั้น FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
10	87	12	75	91.64		2,967.78	ผู้อพยพชั้น 10 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	2,981.78	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 10 มาอยู่ที่ชั้น 9
9	380	12	368	449.66		3,431.44	ผู้อพยพชั้น 9 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,445.44	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 9 มาอยู่ที่ชั้น 8
8	87	12	75	91.64		3,537.08	ผู้อพยพชั้น 8 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,551.08	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 8 มาอยู่ที่ชั้น 7
7	87	12	75	91.64		3,642.72	ผู้อพยพชั้น 7 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,656.72	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 7 มาอยู่ที่ชั้น 6
6	87	12	75	91.64		3,748.37	ผู้อพยพชั้น 6 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,762.37	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 6 มาอยู่ที่ชั้น 5
5	87	12	75	91.64		3,854.01	ผู้อพยพชั้น 5 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,868.01	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 5 มาอยู่ที่ชั้น 4

ตารางที่ 69 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-2 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 14 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-2	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
4	87	12	75	91.64		3,959.65	ผู้อพยพชั้น 4 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	3,973.65	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 4 มาอยู่ที่ชั้น 3
3	58	12	46	56.21		4,029.86	ผู้อพยพชั้น 3 อพยพออกมาทั้งหมด
					14	4,043.86	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 3 มาอยู่ที่ชั้น 2
2	ระยะเวลาที่เคลื่อนที่จากประตูหนีไฟชั้น 2 สู่จุดปล่อยออก (30.25 วินาที)			30.25		4,074.11	ผู้อพยพชั้น 2 คนสุดท้ายวิ่งผ่านช่องทางผ่านมาสู่ประตูจุดปล่อยออกที่ปลอดภัย
			Total	3,542.11	532.00	4,074.11	

ผลการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันได FST-2

การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟใช้เวลาเท่ากับ 4,074.11 วินาที หรือ 67.90 นาที จากมาตรฐาน NFPA 101 มีข้อกำหนดว่า “บันไดหนีไฟที่เชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ต้องกั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยต้องปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง” ซึ่งบันไดหนีไฟอาคารกรณีศึกษา มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟผ่านตามมาตรฐาน ดังนั้น ระยะเวลาอพยพหนีไฟที่คำนวณได้ถือว่าผ่านมาตรฐาน NFPA 101 ที่สามารถลำเลียงผู้คนออกมาอย่างปลอดภัย

ถ้าพิจารณาตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจสอบเกี่ยวกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ อาคารกรณีศึกษาที่ทำการตรวจสอบจะผ่านข้อกำหนดทุกข้อ แต่จะมีข้อกำหนดข้อ 22 ที่กำหนดว่า “ระบบบันไดหนีไฟต้องแสดงการคำนวณให้เห็นว่าสามารถใช้ลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง” ซึ่งจากการคำนวณระยะเวลาอพยพถือว่าไม่ผ่านตามกฎหมาย แต่ผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงระยะเวลาอพยพหนีไฟให้เป็นตัวอย่างกรณีศึกษา

การปรับปรุงเวลาของการอพยพหนีไฟ

จากการสำรวจสภาพสถานที่จริงพบว่าสามารถลดเวลาอพยพหนีไฟได้ดังนี้

1. จากข้อมูลของผู้ใช้อาคารชั้น 9 มีจำนวน 380 คน ที่ใช้บันไดหนีไฟ FST-2 ซึ่งเป็นจุดที่ใช้เวลามาก เราสามารถแบ่งคนครึ่งหนึ่งให้ไปลงบันไดของอาคารจอดรถที่เชื่อมต่อกับอาคารหลักที่ชั้น 9 ได้ โดยปรับปรุงให้เป็นเส้นทางหนีไฟเพิ่มเติมอีก 1 เส้นทาง (ตามที่ได้ปรับปรุงในหัวข้อ 2.2 การคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ) ดังนั้นจะเหลือคน 190 คน ของชั้น 9 ที่จะใช้บันไดหนีไฟ FST-2 จากการคำนวณจะได้เวลาใหม่เท่ากับ 3,841.95 วินาที

เวลาอพยพลดลง $4,074.11 - 3,841.95 = 232.16$ วินาที หรือสามารถหาเวลาที่ลดลงได้จากสมการ

$$\begin{aligned}\text{เวลาที่ลดลง} &= \text{จำนวนคนที่ลดลง} / F_c(\text{Door}) \\ &= 190 / 0.8184 = 232.16 \text{ วินาที}\end{aligned}$$

2. เนื่องจากจุดคานขดอยู่ที่ประตู ถ้าทำการขยายความกว้างของประตูจะทำให้ค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (F_c) มีค่ามากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้เวลาการอพยพลดลง แต่การขยายความกว้างของประตูจะสามารถทำได้สูงสุดในระดับที่ทำให้เกิดค่า F_c เท่ากับบันไดเท่านั้นคือเท่ากับ 1.199 คน/วินาที ถ้าขยายความกว้างของประตูมากเกินไป ค่า F_c มากกว่า 1.199 คน/วินาที จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจุดคานขดไปอยู่ที่บันไดแทน แต่การขยายความกว้างทุกประตูไม่เป็นผลดีต่อเจ้าของอาคาร เนื่องจากจะเกิดค่าใช้จ่ายมากเกินไป ดังนั้นเพื่อให้สมเหตุผลจะทำการขยายความกว้างของประตูของชั้น 9 เท่านั้น เพราะเป็นชั้นที่มีผู้อพยพลงสู่บันไดนี้มากที่สุด

$$F_{c_{Door}} = F_{s_{Door}} W_{e_{Door}}$$

$$1.199 = 1.32 \times W_{e_{Door}}$$

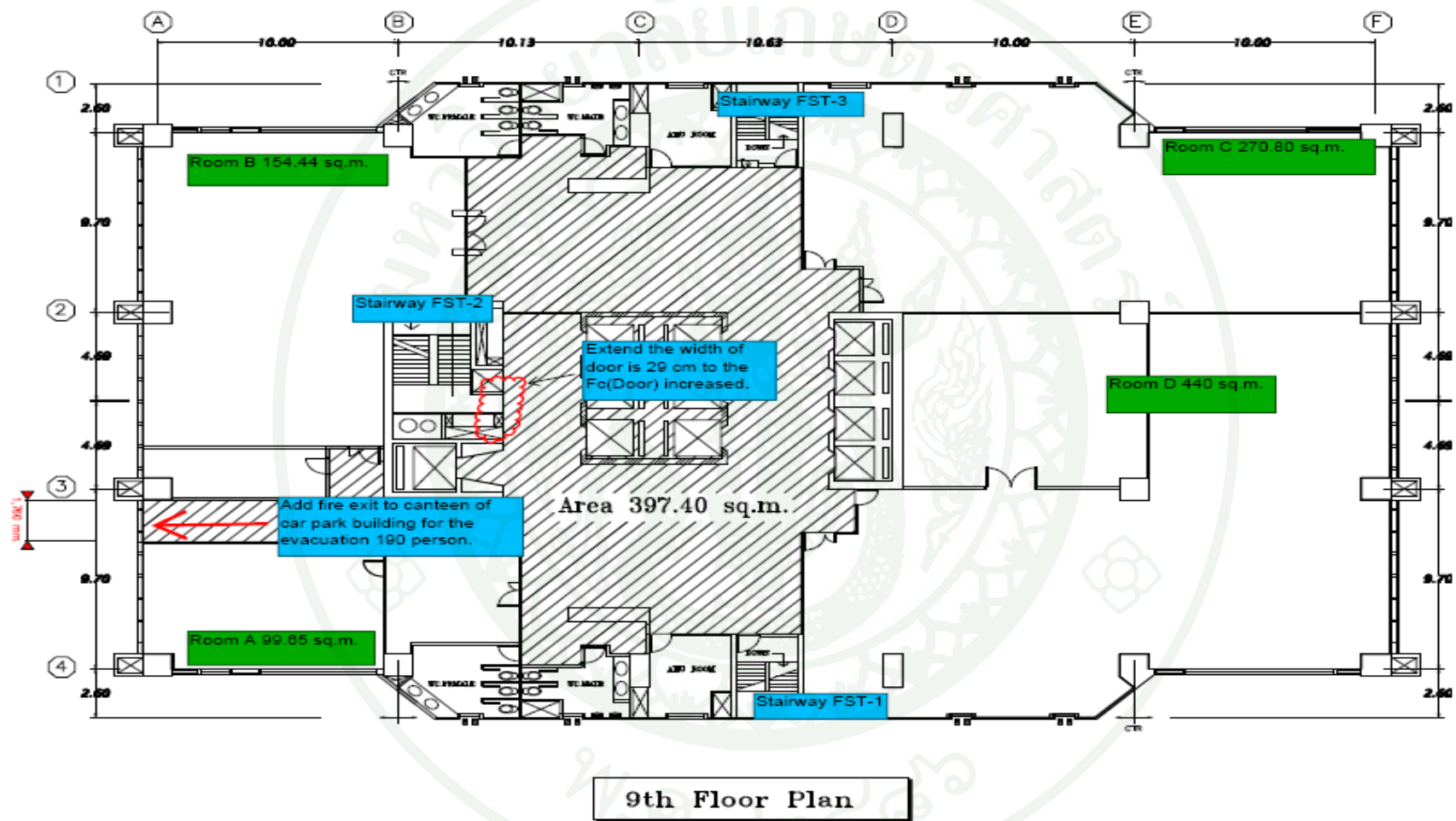
$$W_{e_{Door}} = 0.9083$$

ดังนั้นต้องใช้ประตูกว้าง Clear width = $0.9083 + (2 \times 0.15) = 1.2083 = 1.21$ เมตร โดยการขยายความกว้างของประตูเพิ่มอีก $1.21 - 0.92 = 0.29$ เมตร = 29 เซนติเมตร

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ลดลง} &= (\text{จำนวนคนที่เหลือทั้งหมดเข้าสู่บันไดหนีไฟชั้น 9 / } F_{c_{Door}} \text{ เดิม}) - \\ &\quad (\text{จำนวนคนที่เหลือทั้งหมด เข้าสู่บันไดหนีไฟชั้น 9 / } F_{c_{Door}} \text{ ใหม่}) \\ &= (178 / 0.8184) - (178 / 1.199) = 69.04 \text{ วินาที} \end{aligned}$$

3. การปรับปรุงการปิดล้อมทางหนีไฟของชั้น 2 โดยการติดตั้งกระจก, ประตูกันไฟและประตูปล่อยออกสู่สาธารณะเพิ่มเติม (ตามที่ได้ปรับปรุงในหัวข้อ 2.5 การวิเคราะห์การกั้นแยกของเส้นทางหนีไฟ) ทำให้ระยะทางอพยพลดลงส่งผลให้เวลาลดลงอีก 15.12 วินาที

4. เวลารวมที่ปรับลดลงได้ $232.16 + 69.04 + 15.12 = 316.32$ วินาที ได้เวลาอพยพใหม่ เท่ากับ $4,074.11 - 316.32 = 3,757.79$ วินาที = 62.63 นาที โดยแสดงการปรับปรุงตามภาพที่ 37-39



ภาพที่ 37 แสดงตำแหน่งการขยายความกว้างของประตูหนีไฟของบันได FST-2 และการแบ่งจำนวนผู้อพยพหนีไฟของชั้น 9



ภาพที่ 38 แสดงตำแหน่งประตูที่จะขยายของบันไดหนีไฟชั้น 9



ภาพที่ 39 แสดงตำแหน่งประตูที่จะขยายของบันไดหนีไฟชั้น 9

ผลการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันได FST-1 & 3

คำนวณระยะเวลาอพยพของบันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ตามหลักการเช่นเดียวกับบันไดหนีไฟ FST-2 ผลการคำนวณและรายละเอียดมีดังนี้

1. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1

- ใช้จำนวนผู้อพยพ 25 %
- ขนาดลูกตั้ง 200 มิลลิเมตร, ขนาดลูกนอน 190 มิลลิเมตร จากค่าดังกล่าวไม่สามารถหาค่าที่ตรงตามตารางได้ ผู้วิจัยจึงใช้ค่าที่ต่ำที่สุดในตารางได้ค่าต่างๆ ดังนี้ ค่า $k = 1.00$, $F_{sm} = 0.94$ คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ, Conversion factor = 1.66
- จุดคอขวดหรือจุดควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงที่นำมาพิจารณาอยู่ที่บันไดหนีไฟ
 $F_c = F_{c_{\text{Stairway}}} = 0.5546$ คน/วินาที
- คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟได้เท่ากับ 2,973.71 วินาที = 49.56 นาที
- เวลาที่คำนวณได้เมื่อเทียบกับบันได FST-2 พบว่ามีค่าค่อนข้างมากเกิดจากขนาดความกว้างของบันไดหนีไฟที่แตกต่างกันและขนาดลูกตั้งลูกนอนที่มีค่าต่ำกว่าส่งผลให้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของเวลามีค่าลดลง (ค่า F_{sm} และ k)
- การปรับปรุงเวลาในการอพยพทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากจุดคอขวดอยู่ที่บันได

2. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-3

- ใช้จำนวนผู้อพยพ 25 %
- ขนาดลูกตั้ง 200 มิลลิเมตร, ขนาดลูกนอน 190 มิลลิเมตร จากค่าดังกล่าวไม่สามารถหาค่าที่ตรงตามตารางได้ ผู้วิจัยจึงใช้ค่าที่ต่ำที่สุดในตารางได้ค่าต่างๆ ดังนี้ ค่า $k = 1.00$, $F_{sm} = 0.94$ คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ, Conversion factor = 1.66
- จุดคอขวดหรือจุดควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงที่นำมาพิจารณาอยู่ที่บันไดหนีไฟ
 $F_c = F_{c_{\text{Stairway}}} = 0.5546$ คน/วินาที
- คำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟได้เท่ากับ 3,083.32 วินาที = 51.39 นาที

- เวลาที่คำนวณได้เมื่อเทียบกับบันได FST-2 พบว่ามีค่าค่อนข้างมากเกิดจากขนาดความกว้างของบันไดหนีไฟที่แตกต่างกันและขนาดลูกตั้งลูกนอนที่มีค่าต่ำกว่าส่งผลให้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของเวลาอพยพมีค่าลดลง (ค่า F_{sm} และ k ต่ำลง)
- การปรับปรุงเวลาในการอพยพทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากจุดคกขวดอยู่ที่บันได

การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-1 แสดงไว้ในภาคผนวก ก สำหรับการคำนวณของบันไดหนีไฟ FST-3 ไม่ทำการแสดงรายการคำนวณเนื่องจากหลักการจะเหมือนกับบันได FST-1 ทุกประการ

วิจารณ์

จากการตรวจสอบและวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐานสากล National Fire Protection Association (NFPA 101) ซึ่งมาตรฐานนี้ครอบคลุมส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟ ตั้งแต่ ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ, ทางออกหนีไฟ และทางปล่อยออก โดยเน้นความปลอดภัยให้เกิดแก่ผู้อพยพหนีไฟตั้งแต่ต้นทางอพยพจนถึงจุดปล่อยออกสู่สาธารณะ จากการตรวจสอบและวิเคราะห์อาคารที่ทำการวิจัยพบว่ามีจุดบกพร่องที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน ซึ่งการปรับปรุงมีส่วนที่สามารถปฏิบัติได้ และไม่สามารถปฏิบัติได้ เช่น การติดตั้งแถบกันลื่นบริเวณช่องทางผ่านสู่บันไดหนีไฟ, การเพิ่มจำนวนป้ายบอกทางหนีไฟ, เพิ่มเส้นทางหนีไฟโดยประยุกต์เส้นทางภายในอาคารที่มีอยู่, การกันแยกปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องที่ชั้น 2 ของบันได FST-2&3, การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินเพิ่มเติมในทุกบันไดหนีไฟ เป็นต้น ที่กล่าวมาทั้งหมดคือการปรับปรุงที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งเมื่อปรับปรุงแล้วจะทำให้ขีดความสามารถและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟเพิ่มขึ้น ส่วนการปรับปรุงที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ เช่น ขนาดของลูกตั้ง, ลูกนอน และขนาดความกว้างสุทธิของบันได FST-1&3 ที่ไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลให้การอพยพหนีไฟไม่สะดวก โอกาสหกล้มภายในบันไดสามารถเกิดขึ้นได้ และยังทำให้ระยะเวลาการอพยพเพิ่มขึ้นอีกด้วย

จากการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟในทุบบันไดโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations บันไดหนีไฟ FST-2 เป็นบันไดหลักสำหรับรองรับการอพยพ พบว่าปัจจัยที่สามารถปรับปรุงระยะเวลาในการอพยพหนีไฟให้ลดลง ได้แก่ การเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 9 อีก 1 เส้นทาง เพื่อแบ่งผู้อพยพส่วนหนึ่งไปสู่เส้นทางใหม่ ทำให้จำนวนผู้อพยพลงสู่บันได FST-2 ลดลง, การขยายความกว้างของประตูหนีไฟ และการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออกที่ปลอดภัย ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมานั้นสามารถปฏิบัติได้จริง ส่วนบันไดหนีไฟ FST-1&3 พบว่าไม่สามารถลดระยะเวลาอพยพหนีไฟได้เลย เนื่องจากจุดคอขวดที่กำหนดอัตราการไหลที่แท้จริงอยู่ที่บันไดทั้งหมด

จากการตรวจสอบ, วิเคราะห์ และคำนวณ พบว่าจำนวนเส้นทางหนีไฟ, ขนาดความกว้างของประตูและบันได และขนาดลูกตั้งลูกนอนของบันไดและอื่นๆ เป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดขีดความสามารถ, ความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ และรวมถึงระยะเวลาในการอพยพหนีไฟด้วยเช่นกัน ซึ่งแสดงว่ามาตรฐานและวิธีการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อสังคมในแง่ของการตรวจสอบและออกแบบอาคารให้มีเส้นทางหนีไฟที่มีความปลอดภัยอย่างสูงสุดต่อผู้ที่มาใช้อาคารนั้น

วิศวกรและสถาปนิกผู้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบเส้นทางหนีไฟให้กับอาคารควรตระหนักถึงความปลอดภัยต่อชีวิตของผู้ใช้อาคาร โดยการออกแบบโครงการต่างๆ ควรจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานให้ถูกต้องมากกว่าปฏิบัติให้ถูกต้องตามมาตรฐานขั้นต่ำตามกฎหมายเท่านั้น นอกจากนี้ในการออกแบบเส้นทางหนีไฟหรือระบบที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางด้านอัคคีภัย ควรมีวิศวกรป้องกันอัคคีภัย หรือผู้ที่มีความรู้ด้านงานวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยร่วมการออกแบบและให้คำปรึกษาด้วยเช่นกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมอย่างสูงสุดในแง่ของความปลอดภัย



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การตรวจสอบอาคารตามกฎหมายเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฉบับที่ 47 พ.ศ. 2540 ได้ผลพบว่ามีความไม่สอดคล้องที่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ถังดับเพลิงชนิดมือถือที่จะต้องติดตั้งในแต่ละชั้นตามกฎหมาย โดยให้มีถังดับเพลิง 1 เครื่องต่อพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร ทุกกระชั้นไม่เกิน 45 เมตร แต่ไม่น้อยกว่าชั้นละ 1 เครื่องพบว่า บางชั้นปฏิบัติถูกต้องตามกฎหมาย บางชั้นก็ปฏิบัติไม่ถูกต้องตามกฎหมาย แต่ทุกชั้นเมื่อมีการแบ่งกันพื้นที่ให้เช่า ทำให้พื้นที่บางส่วนและหลายส่วนไม่มีถังดับเพลิงติดตั้งอยู่เลย
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินสำรองไม่ได้มีการติดตั้งไว้เลยในบันไดหนีไฟ FST-1&3 ส่วนในบันไดหนีไฟ FST-2 ตำแหน่งที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินไม่เหมาะสม และไม่เพียงพอ
3. (เพิ่มเติม) ระบบท่อขึ้นและสายฉีดน้ำดับเพลิงประเภท 3 มีเพียง 2 บันได คือ บันได FST-2&3 เท่านั้น บันได FST-1 ไม่มี ซึ่งเมื่อแบ่งกันพื้นที่ให้เช่าจะทำให้พื้นที่บางส่วนและหลายส่วนไม่สามารถนำสายฉีดน้ำดับเพลิงเข้าไปใช้ดับเพลิงได้เลย

การตรวจสอบ, วิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะกิจกรรมการใช้อาคารหลักเป็นประเภทธุรกิจ มีประเภทชุมนุมคนและค้าขาย แทรกอยู่เล็กน้อย จำนวนผู้ใช้อาคารมากที่สุดปรากฏที่ชั้น 9 มีจำนวน 759 คน
2. จำนวนเส้นทางหนีไฟและขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้นเพียงพอ แต่ที่ชั้น 9 พบว่าขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟไม่เพียงพอ โดยมีจำนวนผู้ใช้อาคาร 759 คน แต่ขีดความสามารถในการรองรับผู้อพยพมีเพียง 418 คน
3. การจัดวางเส้นทางหนีไฟเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

4. การคำนวณและวิเคราะห์ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพ สามารถอนุมานได้เฉพาะค่าระยะทางสัญจรเท่านั้น ซึ่งพบว่าไม่มีพื้นที่ใดที่มีค่าระยะสัญจรเกินมาตรฐาน

5. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1&3 ช่องทางผ่าน (Corridor) ที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟไม่มีครบทุกชั้น การประเมินพื้นที่ช่องทางผ่านเพื่อการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟใช้การประเมินจากสถานที่จริง โดยประมาณการค่าที่เป็นตัวแทนของทุกชั้น

6. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2 ช่องทางผ่านที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟไม่ได้ถูกกั้นแยกอย่างสมบูรณ์ด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟ เป็นเพียงประตูกระจกสำหรับเปิด-ปิด เพื่อเข้าออกสำนักงานเท่านั้น

7. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-2&3 ทางปล่อยออกยังอยู่ในอาคาร ไม่ต่อเนื่องไปสู่จุดปลอดภัยสาธารณะที่แท้จริง ทางที่นำไปสู่ประตูปล่อยออกนอกอาคารไม่ได้ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟอย่างต่อเนื่อง

8. ผิวทางเดินในช่องทางผ่านที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-2 มีความลื่นเกิดขึ้นเวลาเร่งรีบเดิน

9. จำนวนเส้นทางหนีไฟมี 3 เส้นทาง แต่ถูกปล่อยออกภายในอาคาร 2 เส้นทาง แสดงว่าเส้นทางหนีไฟมากกว่าครึ่งหนึ่งถูกปล่อยภายในอาคาร ผิดมาตรฐาน

10. ไม่มีป้ายบอกทางหนีไฟในช่องทางเดินที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟของบันได FST-2

11. สำหรับแสงสว่างในเส้นทางหนีไฟมีครอบคลุมทุกเส้นทางหนีไฟและเพียงพอต่อเนื่องตลอดเส้นทางหนีไฟ แต่สำหรับไฟแสงสว่างฉุกเฉินสำรองของบันได FST-2 มีไม่เพียงพอ สำหรับบันได FST-1 & 3 ไม่มีการติดตั้งแสงสว่างฉุกเฉินสำรองเลย

12. ตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน อาคาร 4 ชั้นขึ้นไปต้องสามารถเปิดประตูย้อนกลับได้จากบันไดหนีไฟเข้าสู่ตัวอาคาร แต่สำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้วไม่ยินยอมให้เปิดประตูย้อนกลับเข้ามาภายในอาคาร สำหรับบันได FST-2 สามารถเปิดย้อนกลับเข้าสู่อาคารได้ ส่วนบันได FST-1 & 3 ไม่สามารถเปิดย้อนกลับเข้าอาคารได้

13. สำหรับบันไดหนีไฟ FST-1&3 มีขนาดความกว้างของบันไดและขนาดลูกตั้ง, ลูกนอนของบันไดต่ำกว่ามาตรฐาน ส่งผลให้การเคลื่อนที่อพยพหนีไฟทำได้ไม่ค่อยคล่องตัว

14. มีความไม่สม่ำเสมอของความสูงของลูกตั้งและความลึกของลูกนอน มีความแตกต่างกันมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร โดยเฉพาะเกิดกับบันได FST-1 & 3 ก่อนข้างมาก จะส่งผลให้การอพยพเกิดความลำบากและล่าช้าขึ้น

15. ทุกบันไดหนีไฟมีราวจับเพียงด้านเดียว

16. ราวบันไดของ FST-2 มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน สำหรับบันได FST-1 & 3 ได้ตามมาตรฐาน มีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตร (1 1/4 นิ้ว) และไม่เกิน 51 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)

17. ป้ายสัญลักษณ์ที่ระบุชั้นและรายละเอียดอื่นๆ ภายในบันไดหนีไฟไม่ได้ตามมาตรฐาน

การตรวจสอบ, วิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟโดยวิธี Hydraulic Flow Calculations สามารถสรุปได้ดังนี้

1. บันไดหนีไฟ FST-2

1.1 ระยะเวลาสำหรับการอพยพหนีไฟเท่ากับ 4,074.11 หรือ 67.90 วินาที

1.2 จุดคอขวดที่ควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงอยู่ที่ประตูหนีไฟ ซึ่งมีค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ $F_c = F_c(\text{Door}) = 0.8184$ คน/วินาที

1.3 สามารถปรับปรุงระยะเวลาอพยพหนีไฟให้ลดลง โดยการเพิ่มจำนวนเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 9 เพื่อแบ่งจำนวนคนครึ่งหนึ่งไปสู่เส้นทางหนีไฟใหม่, ขยายขนาดความกว้างของประตูหนีไฟของชั้น 9 เพื่อเพิ่มค่า $F_c(\text{Door})$ ให้เท่ากับ $F_c(\text{Stairway})$ มีค่า $F_c = 1.199$ คน/วินาที และโดยการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 2 ให้มีความต่อเนื่องจนถึงทางปล่อยออก

1.4 การลดระยะเวลาอพยพหนีไฟ จุดสำคัญอยู่ที่การเพิ่มค่า $F_c(\text{Door})$ ให้เท่ากับ $F_c(\text{Stairway})$ ในทุกชั้นของการอพยพ ความหมายคือการเพิ่มขนาดความกว้างของประตูหนีไฟของแต่ละชั้นอีก 29 เซนติเมตรต่อประตูต่อชั้น นั่นเอง

2. บันไดหนีไฟ FST-1 & 3

2.1 ระยะเวลาสำหรับการอพยพหนีไฟของบันได FST-1 เท่ากับ 2973.71 วินาที หรือ 49.56 นาที

2.2 ระยะเวลาสำหรับการอพยพหนีไฟของบันได FST-3 เท่ากับ 3,083.32 วินาที หรือ 51.39 นาที

2.3 จุดกอดขวดยที่ควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงอยู่ที่บันไดหนีไฟ ซึ่งมีค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ $F_c = F_c(\text{Stairway}) = 0.5546$ คน/วินาที เท่ากันทั้งสองบันได

2.4 เวลาอพยพที่คำนวณได้ของบันไดทั้งสองมีค่าค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับบันได FST-2 ในแง่การใช้จำนวนผู้อพยพเพียงครั้งหนึ่ง สาเหตุเพราะขนาดความกว้างและลูกตั้งลูกนอนของบันไดหนีไฟของบันได FST-1 & 3 ที่ต่างจากบันได FST-2 ทำให้ตัวแปรที่มีผลต่อการลดลงของเวลาอพยพมีค่าลดลง (ค่า F_{sm} และ k ต่ำลง)

2.5 การปรับปรุงระยะเวลาการอพยพหนีไฟทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากจุดควบคุมอัตราการไหลที่แท้จริงอยู่ที่บันไดหนีไฟ (Stairway) โอกาสที่จะเพิ่มความกว้างของบันไดไม่มีทางเป็นไปได้เลย

ข้อเสนอแนะ

จากการที่ทำการวิจัยอาคารตามข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐาน รวมถึงการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟตามหลักวิชาการ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรพิจารณาการเพิ่มถึงดับเพลิงชนิดมือถือให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ที่มีการแบ่งกันให้เช่า พร้อมทั้งมีการฝึกอบรมการใช้ถึงดับเพลิงให้กับพนักงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่นั้นๆ
2. ต้องติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินสำรองในบันไดหนีไฟ FST-1 & 3 ให้ถูกต้องตามกฎหมาย
3. ควรติดตั้งท่อเย็นและสายฉีดน้ำดับเพลิงประเภท 3 เพิ่มเติม ในบันไดหนีไฟ FST-1 เพราะถ้าเกิดเพลิงไหม้ในบริเวณโซนที่ไกลจากสายฉีดน้ำดับเพลิงของบันได FST-2 โอกาสที่จะดับไฟด้วยสายฉีดน้ำดับเพลิงจะไม่สามารถทำได้เลย ต้องอาศัยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติเท่านั้น
4. การปรับปรุงการกันแยกและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟให้เกิดความปลอดภัยตามมาตรฐานนั้น เจ้าของอาคารควรพิจารณาตามความเหมาะสมของงบประมาณที่มีอยู่
5. สามารถนำตัวเลขผู้ซ้อมอพยพหนีไฟจริงตามที่กลุ่มเจ้าหน้าที่อาคารได้เก็บข้อมูลไว้ในแต่ละปี นำมาคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟเปรียบเทียบกับระยะเวลาอพยพหนีไฟจริง แล้วทำการวิเคราะห์ตัวเลขที่ได้ จะทำให้สามารถประเมินสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ เช่น เวลาที่แตกต่างกันมาจากสาเหตุอะไร เป็นต้น ซึ่งเป็นการต่อยอดความรู้ของพฤติกรรมผู้อพยพได้
6. การออกแบบอาคารใหม่ควรปฏิบัติตามมาตรฐานให้เคร่งครัดและมีความรู้จริงในการออกแบบเส้นทางหนีไฟ เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟได้เต็มที่ เช่น ความกว้างของประตูหนีไฟและบันไดหนีไฟ, ขนาดลูกตั่งลูกนอนไม่ควรต่ำกว่ามาตรฐาน, จำนวนเส้นทางหนีไฟที่เพียงพอ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลสูงมากต่อขีดความสามารถและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ รวมถึงมีผลกระทบโดยตรงต่อระยะเวลาอพยพหนีไฟด้วยเช่นกัน

7. สามารถนำหลักวิธีการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟนี้ไปประยุกต์ใช้กับอาคารอื่นๆ
ได้ทุกอาคาร โดยเฉพาะใช้กับอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. 2522. กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522. กรุงเทพมหานคร

กระทรวงมหาดไทย. 2522. กฎกระทรวงฉบับที่ 47 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522. กรุงเทพมหานคร

กระทรวงมหาดไทย. 2522. กฎกระทรวงฉบับที่ 50 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522. กรุงเทพมหานคร

บุษกร แสนสุข. 2553. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี
HYDRAULIC ANALOGY อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เขวาลักษณ์ ขวสร้อย. 2555. การคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการวิจัยทาง
วิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ron Cote and Gregory E. Harrington. 2006. **Life Safety Code Handbook**. 10th ed. National Fire
Protection Association, Quincy, Massachusetts.

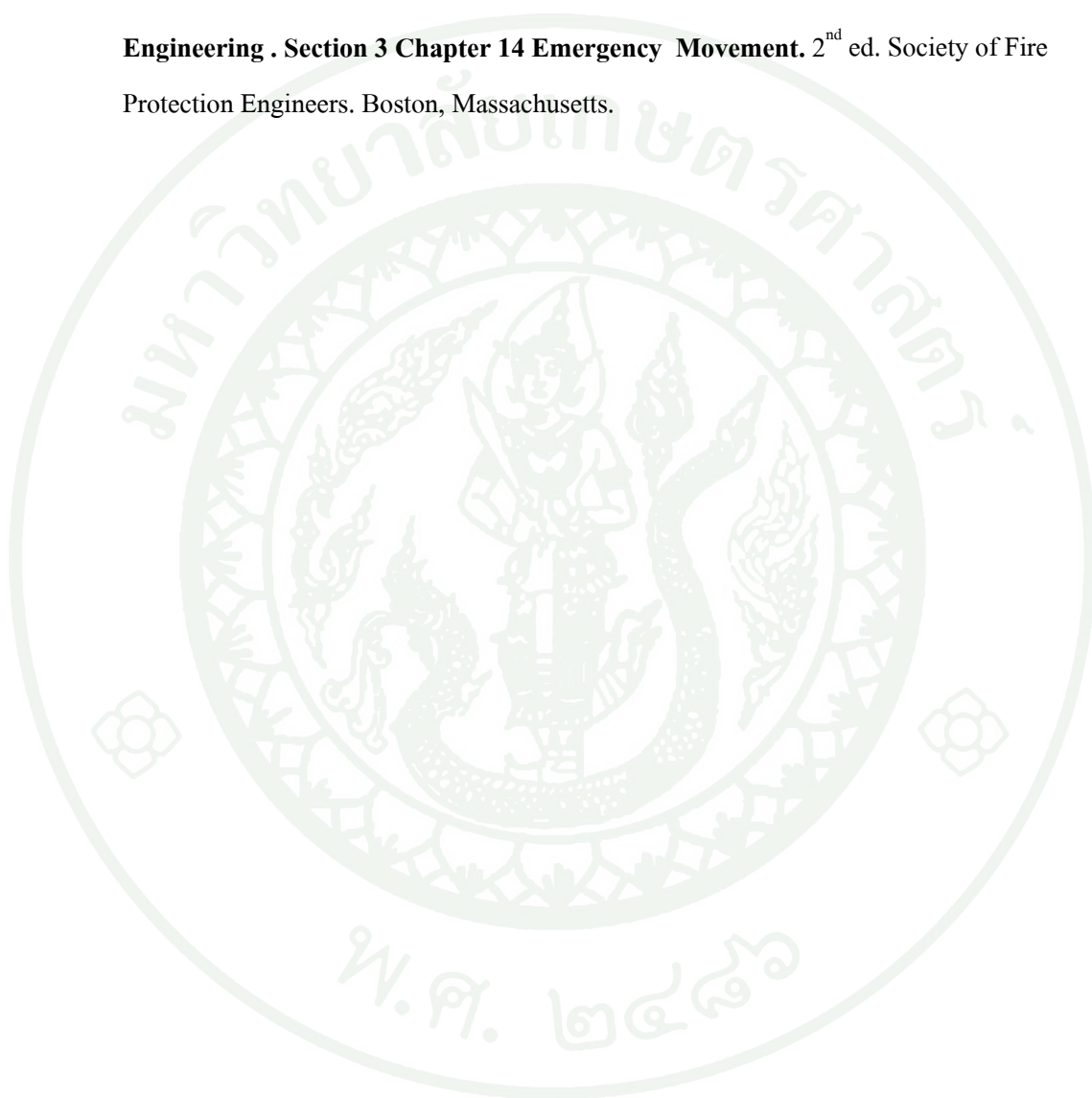
John L. Bryan. 2003. **Fire Protection Handbook. Section 4 Chapter 1 Human Behavior and
Fire**. 19th ed. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Rita F. Fahy. 2003. **Fire Protection Handbook. Section 4 Chapter 2 Calculation Methods for
Egress Prediction** . 19th ed. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Jame K. Lathrop. 2003. **Fire Protection Handbook. Section 4 Chapter 3 Concepts of Egress
Design** . 19th ed. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Jake Pauls. 1995. **SFPE Hand book of Fire Protection Engineering . Section 3 Chapter 13 Movement of People.** 2nd ed. Society of Fire Protection Engineers. Boston, Massachusetts.

Harold E. Bud Nelson and Hamish A. MacLennan. 1995. **SFPE Hand book of Fire Protection Engineering . Section 3 Chapter 14 Emergency Movement.** 2nd ed. Society of Fire Protection Engineers. Boston, Massachusetts.







ภาคผนวก ก

รายการคำนวณแสดงระยะสัญญาและระยะเวลาจากจุดไกลสุดถึงประตุนีไฟของแต่ละพื้นที่
รายการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันได FST-1

ตารางผนวกที่ ก1 ระยะเวลาที่ใช้อพยพจากจุดไกลสุดถึงประตูหนีไฟของแต่ละพื้นที่

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
2	Ayudhaya Bank	319.71	35	0.109	1.359	48	35.31
	Restaurant	200	143	0.715	1.134	39	34.40
	Kitchen	60	7	0.117	1.357	49	36.12
	Control Room	80	9	0.113	1.358	24	17.67
3	Office 1	500	54	0.108	1.360	52	38.24
	Office 2	273	30	0.110	1.359	27	19.87
4	Office 1	238.63	26	0.109	1.359	57	41.93
	Office 2	212.23	23	0.108	1.360	24	17.65
	Office 3	104.25	12	0.115	1.357	31	22.84
	Office 4	220.51	24	0.109	1.359	34	25.01
	Office 5	143.85	16	0.111	1.359	33	24.29
	Office 6	128.18	14	0.109	1.359	26	19.13
	Office 7	108.7	12	0.110	1.359	17	12.51

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
5	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04
6	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
7	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04
8	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
9	Room A	99.65	72	0.723	1.131	29	25.64
	Room B	154.44	111	0.719	1.132	37	32.68
	Room C	270.8	194	0.716	1.133	50	44.12
	Room D	440	315	0.716	1.133	50	44.12
10	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อยู่ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
11	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04
12	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อยพพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
13	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04
14	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อยู่ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
15	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	211.57	23	0.109	1.360	58	42.66
	Office 4	143.83	16	0.111	1.359	56	41.22
	Office 5	143.83	16	0.111	1.359	47	34.60
	Office 6	211.57	23	0.109	1.360	49	36.04
16	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	355.4	39	0.110	1.359	59	43.41
	Office 4	355.4	39	0.110	1.359	51	37.52
17	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	355.4	39	0.110	1.359	59	43.41
	Office 4	355.4	39	0.110	1.359	51	37.52

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อยู่ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
18	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	355.4	39	0.110	1.359	59	43.41
	Office 4	355.4	39	0.110	1.359	51	37.52
19	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	355.4	39	0.110	1.359	59	43.41
	Office 4	355.4	39	0.110	1.359	51	37.52
20	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	355.4	39	0.110	1.359	59	43.41
	Office 4	355.4	39	0.110	1.359	51	37.52
21	Office 1	598.18	65	0.109	1.360	59	43.40
	Office 2	598.17	65	0.109	1.360	50	36.78

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
22	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	370.12	40	0.108	1.360	59	43.39
	Office 4	370.11	40	0.108	1.360	51	37.51
23	Office 1	1274.19	138	0.108	1.360	62	45.60
24	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	370.12	40	0.108	1.360	59	43.39
	Office 4	370.11	40	0.108	1.360	51	37.51
25	Office 1	637.10	69	0.108	1.360	62	45.60
	Office 2	637.09	69	0.108	1.360	52	38.24

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อยู่ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
26	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	370.12	40	0.108	1.360	59	43.39
	Office 4	370.11	40	0.108	1.360	51	37.51
27	Office 1	237.51	26	0.109	1.359	57	41.94
	Office 2	233.28	26	0.111	1.358	49	36.07
	Office 3	370.12	40	0.108	1.360	59	43.39
	Office 4	370.11	40	0.108	1.360	51	37.51
28	Office 1	679.02	74	0.109	1.359	51	37.52
	Office 2	679.02	74	0.109	1.359	51	37.52
29	Office 1	679.02	74	0.109	1.359	51	37.52
	Office 2	679.02	74	0.109	1.359	51	37.52

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
30	Office 1	674.26	73	0.108	1.360	51	37.51
	Office 2	674.26	73	0.108	1.360	51	37.51
31	Office 1	542.77	59	0.109	1.360	44	32.36
	Office 2	545.76	59	0.108	1.360	39	28.68
32	Office 1	542.77	59	0.109	1.360	44	32.36
	Office 2	545.76	59	0.108	1.360	39	28.68
33	Office 1	542.77	59	0.109	1.360	44	32.36
	Office 2	545.76	59	0.108	1.360	39	28.68
34	Office 1	747.53	81	0.108	1.360	31	22.80
35	Office 1	372.26	41	0.110	1.359	31	22.81
	Office 2	375.27	41	0.109	1.359	31	22.81

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อสถานที่	พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)	จำนวนคน (คน)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed (เมตร/วินาที)	ระยะทางสัญจร (เมตร)	เวลาที่ใช้อพยพ จนถึงประตูหนีไฟ (วินาที)
36	Office 1	763.53	83	0.109	1.360	31	22.80
37	Office 1	763.53	83	0.109	1.360	31	22.80
38	Office 1	763.53	83	0.109	1.360	31	22.80
39	Office 1	763.53	83	0.109	1.360	31	22.80
40	Meeting Room	475.73	97	0.204	1.324	34	25.68

ตารางผนวกที่ ก2 จำนวนคนที่อพยพของบันไดหนีไฟ FST-1 (25%), ขนาดพื้นที่ช่องทางผ่าน, ความหนาแน่นและความเร็วบนช่องทางผ่านบนเส้นทางหนีไฟ

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องทางผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
1	0	0	0	0.00	0.00
2	0	0	0	0.00	0.00
3	0	0	0	0.00	0.00
4	174	44	35	1.24	0.94
5	174	44	35	1.24	0.94
6	174	44	35	1.24	0.94
7	174	44	35	1.24	0.94
8	174	44	35	1.24	0.94
9	759	190	132	1.44	0.86
10	174	44	35	1.24	0.94
11	174	44	35	1.24	0.94
12	174	44	35	1.24	0.94
13	174	44	35	1.24	0.94

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
14	174	44	35	1.24	0.94
15	174	44	35	1.24	0.94
16	174	44	35	1.24	0.94
17	174	44	35	1.24	0.94
18	174	44	35	1.24	0.94
19	174	44	35	1.24	0.94
20	174	44	35	1.24	0.94
21	161	40	35	1.15	0.97
22	173	43	35	1.24	0.94
23	172	43	35	1.23	0.94
24	173	43	35	1.24	0.94
25	172	43	35	1.23	0.94
26	173	43	35	1.24	0.94

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ชั้นที่	จำนวนคนทั้งหมด (คน)	จำนวนคนต่อบันไดหนีไฟ (คน)	พื้นที่ช่องผ่าน Corridor Area (ตารางเมตร)	ความหนาแน่น Density (คน/ตารางเมตร)	ความเร็ว Speed(Corridor) (เมตร/วินาที)
27	173	43	35	1.24	0.94
28	173	43	35	1.24	0.94
29	173	43	35	1.24	0.94
30	172	43	35	1.23	0.94
31	141	35	35	1.01	1.02
32	141	35	35	1.01	1.02
33	141	35	35	1.01	1.02
34	104	26	35	0.74	1.12
35	105	26	35	0.75	1.12
36	106	27	35	0.76	1.12
37	106	27	35	0.76	1.12
38	106	27	35	0.76	1.12
39	106	27	35	0.76	1.12
40	120	30	35	0.86	1.08

ตารางผนวกที่ ก3 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของ
ช่องทางผ่าน (Corridor) บันไดหนีไฟ FST-1 (25%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
1				
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	1.16	1.86	1.16	2.1664
5	1.16	1.86	1.16	2.1664
6	1.16	1.86	1.16	2.1664
7	1.16	1.86	1.16	2.1664
8	1.16	1.86	1.16	2.1664
9	1.24	2.6	1.24	3.2317
10	1.16	1.86	1.16	2.1664

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
11	1.16	1.86	1.16	2.1664
12	1.16	1.86	1.16	2.1664
13	1.16	1.86	1.16	2.1664
14	1.16	1.86	1.16	2.1664
15	1.16	1.86	1.16	2.1664
16	1.16	1.86	1.16	2.1664
17	1.16	1.86	1.16	2.1664
18	1.16	1.86	1.16	2.1664
19	1.16	1.86	1.16	2.1664
20	1.16	1.86	1.16	2.1664

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
21	1.12	2.6	1.12	2.9055
22	1.16	1.86	1.16	2.1601
23	1.16	2.6	1.16	3.0106
24	1.16	1.86	1.16	2.1601
25	1.16	2.6	1.16	3.0106
26	1.16	1.86	1.16	2.1601
27	1.16	1.86	1.16	2.1601
28	1.16	2.6	1.16	3.0195
29	1.16	2.6	1.16	3.0195
30	1.16	2.6	1.16	3.0106

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Corridor})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Corridor})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Corridor})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Corridor})$ (คน/วินาที)
31	1.03	2.6	1.03	2.6839
32	1.03	2.6	1.03	2.6839
33	1.03	2.6	1.03	2.6839
34	0.83	2.6	0.83	2.1697
35	0.84	2.6	0.84	2.1854
36	0.85	2.6	0.85	2.2009
37	0.85	2.6	0.85	2.2009
38	0.85	2.6	0.85	2.2009
39	0.85	2.6	0.85	2.2009
40	0.93	2.6	0.93	2.4086

ตารางผนวกที่ ก4 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ของ ประตู (Door) บันไดหนีไฟ FST-1 (25%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	3.49	0.62	1.32	0.8184
5	3.49	0.62	1.32	0.8184
6	3.49	0.62	1.32	0.8184
7	3.49	0.62	1.32	0.8184
8	3.49	0.62	1.32	0.8184
9	5.21	0.62	1.32	0.8184
10	3.49	0.62	1.32	0.8184

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
11	3.49	0.62	1.32	0.8184
12	3.49	0.62	1.32	0.8184
13	3.49	0.62	1.32	0.8184
14	3.49	0.62	1.32	0.8184
15	3.49	0.62	1.32	0.8184
16	3.49	0.62	1.32	0.8184
17	3.49	0.62	1.32	0.8184
18	3.49	0.62	1.32	0.8184
19	3.49	0.62	1.32	0.8184
20	3.49	0.62	1.32	0.8184

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
21	4.69	0.62	1.32	0.8184
22	3.48	0.62	1.32	0.8184
23	4.86	0.62	1.32	0.8184
24	3.48	0.62	1.32	0.8184
25	4.86	0.62	1.32	0.8184
26	3.48	0.62	1.32	0.8184
27	3.48	0.62	1.32	0.8184
28	4.87	0.62	1.32	0.8184
29	4.87	0.62	1.32	0.8184
30	4.86	0.62	1.32	0.8184

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, $F_s(\text{Door})$ (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง $W_e(\text{Door})$ (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ $F_s(\text{Door})$ or $F_{sm} = 1.32$	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, $F_c(\text{Door})$ (คน/วินาที)
31	4.33	0.62	1.32	0.8184
32	4.33	0.62	1.32	0.8184
33	4.33	0.62	1.32	0.8184
34	3.50	0.62	1.32	0.8184
35	3.52	0.62	1.32	0.8184
36	3.55	0.62	1.32	0.8184
37	3.55	0.62	1.32	0.8184
38	3.55	0.62	1.32	0.8184
39	3.55	0.62	1.32	0.8184
40	3.88	0.62	1.32	0.8184

ตารางผนวกที่ ก5 อัตราการสะสมการรอคิวที่เกิดขึ้นที่จุดเปลี่ยนถ่ายของบันได FST-1 (ช่องทางผ่านสู่ประตูหนีไฟ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	2.1664	0.8184	1.3480
5	2.1664	0.8184	1.3480
6	2.1664	0.8184	1.3480
7	2.1664	0.8184	1.3480
8	2.1664	0.8184	1.3480
9	3.2317	0.8184	2.4133
10	2.1664	0.8184	1.3480

ตารางผนวกที่ ก5 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
11	2.1664	0.8184	1.3480
12	2.1664	0.8184	1.3480
13	2.1664	0.8184	1.3480
14	2.1664	0.8184	1.3480
15	2.1664	0.8184	1.3480
16	2.1664	0.8184	1.3480
17	2.1664	0.8184	1.3480
18	2.1664	0.8184	1.3480
19	2.1664	0.8184	1.3480
20	2.1664	0.8184	1.3480

ตารางผนวกที่ ก5 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
21	2.9055	0.8184	2.0871
22	2.1601	0.8184	1.3417
23	3.0106	0.8184	2.1922
24	2.1601	0.8184	1.3417
25	3.0106	0.8184	2.1922
26	2.1601	0.8184	1.3417
27	2.1601	0.8184	1.3417
28	3.0195	0.8184	2.2011
29	3.0195	0.8184	2.2011
30	3.0106	0.8184	2.1922

ตารางผนวกที่ ก5 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Corridor) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการรอคิวที่เกิดขึ้น ที่จุดเปลี่ยนถ่าย (คน/วินาที)
31	2.6839	0.8184	1.8655
32	2.6839	0.8184	1.8655
33	2.6839	0.8184	1.8655
34	2.1697	0.8184	1.3513
35	2.1854	0.8184	1.3670
36	2.2009	0.8184	1.3825
37	2.2009	0.8184	1.3825
38	2.2009	0.8184	1.3825
39	2.2009	0.8184	1.3825
40	2.4086	0.8184	1.5902

ตารางผนวกที่ 6 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, ความหนาแน่น, ความเร็ว, ระยะทางการเคลื่อนที่, เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น, จำนวนคนที่อพยพเข้าไปในบันไดหนีไฟ (Stairway) ของบันไดหนีไฟ FST-1 (25%)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวม กับชั้นอื่น(Merger) (คน/วินาที/เมตร ของ ความกว้างสุทธิ)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหลเคลื่อน เฉพาะ Fs(Stairway, FST-1) or Fsm = 0.94	ความ หนาแน่นค่า ต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อ ปรับค่าแล้ว ในบันได หนีไฟ Conversion Factor = 1.66	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้น อื่น(Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคน ที่ไปอยู่ใน บันไดหนี ไฟในแต่ละ ชั้นของ ตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
1	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-		-	-	11.1400	Fl. 3 to Fl. 2	21.6311	-	-	-
4	Fl. 4 to Fl. 3	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3100	Fl. 4 to Fl. 3	20.0195	Fl. 4 to Fl. 3	0.5546	12
5	Fl. 5 to Fl. 4	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	18.5100	Fl. 5 to Fl. 4	35.9418	Fl. 5 to Fl. 4	0.5546	20
6	Fl. 6 to Fl. 5	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	8.7500	Fl. 6 to Fl. 5	16.9903	Fl. 6 to Fl. 5	0.5546	10

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger) (คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-1) or Fsm = 0.94	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อ ปรับค่าแล้ว ในบันได หนีไฟ Conversion Factor = 1.16	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้น อื่น(Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคนที่ ไปอยู่ใน บันไดหนี ไฟในแต่ละ ชั้นของ ตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
7	Fl. 7 to Fl. 6	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 7 to Fl. 6	18.5437	Fl. 7 to Fl. 6	0.5546	11
8	Fl. 8 to Fl. 7	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 8 to Fl. 7	18.5437	Fl. 8 to Fl. 7	0.5546	11
9	Fl. 9 to Fl. 8	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 9 to Fl. 8	18.5437	Fl. 9 to Fl. 8	0.5546	11
10	Fl. 10 to Fl. 9	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 10 to Fl. 9	18.5437	Fl. 10 to Fl. 9	0.5546	11
11	Fl. 11 to Fl. 10	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 11 to Fl. 10	18.5437	Fl. 11 to Fl. 10	0.5546	11
12	Fl. 12 to Fl. 11	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 12 to Fl. 11	18.5437	Fl. 12 to Fl. 11	0.5546	11
13	Fl. 13 to Fl. 12	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 13 to Fl. 12	18.5437	Fl. 13 to Fl. 12	0.5546	11
14	Fl. 14 to Fl. 13	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 14 to Fl. 13	18.5437	Fl. 14 to Fl. 13	0.5546	11
15	Fl. 15 to Fl. 14	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 15 to Fl. 14	18.5437	Fl. 15 to Fl. 14	0.5546	11

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-1) or Fsm = 0.94	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อ ปรับค่าแล้ว ในบันได หนีไฟ Conversion Factor = 1.16	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้น อื่น(Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคน ที่ไปอยู่ใน บันไดหนี ไฟในแต่ละ ชั้นของ ตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
	(คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)										
16	Fl. 16 to Fl. 15	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 16 to Fl. 15	18.5437	Fl. 16 to Fl. 15	0.5546	11
17	Fl. 17 to Fl. 16	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 17 to Fl. 16	18.5437	Fl. 17 to Fl. 16	0.5546	11
18	Fl. 18 to Fl. 17	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 18 to Fl. 17	18.5437	Fl. 18 to Fl. 17	0.5546	11
19	Fl. 19 to Fl. 18	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 19 to Fl. 18	18.5437	Fl. 19 to Fl. 18	0.5546	11
20	Fl. 20 to Fl. 19	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 20 to Fl. 19	18.5437	Fl. 20 to Fl. 19	0.5546	11
21	Fl. 21 to Fl. 20	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 21 to Fl. 20	18.5437	Fl. 21 to Fl. 20	0.5546	11
22	Fl. 22 to Fl. 21	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 22 to Fl. 21	18.5437	Fl. 22 to Fl. 21	0.5546	11
23	Fl. 23 to Fl. 22	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 23 to Fl. 22	18.5437	Fl. 23 to Fl. 22	0.5546	11
24	Fl. 24 to Fl. 23	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 24 to Fl. 23	18.5437	Fl. 24 to Fl. 23	0.5546	11

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-1) or Fsm = 0.94	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อปรับ ค่าแล้วใน บันไดหนี ไฟ Conversion Factor = 1.16	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		จำนวนคน ที่ไปอยู่ใน บันไดหนี ไฟในแต่ละ ชั้นของ ตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
	(คน/วินาที/เมตร ของความ กว้างสุทธิ)						Time Floor to Floor (วินาที)		(คน/วินาที)		
25	Fl. 25 to Fl. 24	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 25 to Fl. 24	18.5437	Fl. 25 to Fl. 24	0.5546	11
26	Fl. 26 to Fl. 25	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 26 to Fl. 25	18.5437	Fl. 26 to Fl. 25	0.5546	11
27	Fl. 27 to Fl. 26	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 27 to Fl. 26	18.5437	Fl. 27 to Fl. 26	0.5546	11
28	Fl. 28 to Fl. 27	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 28 to Fl. 27	18.5437	Fl. 28 to Fl. 27	0.5546	11
29	Fl. 29 to Fl. 28	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 29 to Fl. 28	18.5437	Fl. 29 to Fl. 28	0.5546	11
30	Fl. 30 to Fl. 29	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 30 to Fl. 29	18.5437	Fl. 30 to Fl. 29	0.5546	11
31	Fl. 31 to Fl. 30	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 31 to Fl. 30	18.5437	Fl. 31 to Fl. 30	0.5546	11
32	Fl. 32 to Fl. 31	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 32 to Fl. 31	18.5437	Fl. 32 to Fl. 31	0.5546	11
33	Fl. 33 to Fl. 32	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 33 to Fl. 32	18.5437	Fl. 33 to Fl. 32	0.5546	11

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ชั้น ที่	Fs Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้นอื่น (Merger)		ค่าที่นำมาใช้ สำหรับอัตรา การไหล เคลื่อนเฉพาะ Fs(Stairway, FST-1) or Fsm = 0.94	ความ หนาแน่น ค่าต่ำ (Minimum Density) (คน/ตาราง เมตร)	ความเร็ว (Speed) (เมตร/วินาที)	ระยะทาง รวมเมื่อ ปรับค่าแล้ว ในบันได หนีไฟ Conversion Factor = 1.16	เวลาที่เคลื่อนที่จากชั้นหนึ่ง ไปสู่อีกชั้นหนึ่ง Time Floor to Floor (วินาที)		Fc Stairway Floor to Floor ก่อนการผสมรวมกับชั้น อื่น(Merger) (คน/วินาที)		จำนวนคนที่ ไปอยู่ใน บันไดหนี ไฟในแต่ละ ชั้นของ ตนเอง หลังจาก ผ่าน Time Fl. To Fl.
34	Fl. 34 to Fl. 33	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 34 to Fl. 33	18.5437	Fl. 34 to Fl. 33	0.5546	11
35	Fl. 35 to Fl. 34	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	9.5500	Fl. 35 to Fl. 34	18.5437	Fl. 35 to Fl. 34	0.5546	11
36	Fl. 36 to Fl. 35	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3800	Fl. 36 to Fl. 35	20.1554	Fl. 36 to Fl. 35	0.5546	12
37	Fl. 37 to Fl. 36	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3800	Fl. 37 to Fl. 36	20.1554	Fl. 37 to Fl. 36	0.5546	12
38	Fl. 38 to Fl. 37	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3800	Fl. 38 to Fl. 37	20.1554	Fl. 38 to Fl. 37	0.5546	12
39	Fl. 39 to Fl. 38	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3800	Fl. 39 to Fl. 38	20.1554	Fl. 39 to Fl. 38	0.5546	12
40	Fl. 40 to Fl. 39	1.3871	0.940	1.8252	0.5150	10.3800	Fl. 40 to Fl. 39	20.1554	Fl. 40 to Fl. 39	0.5546	12

ตารางผนวกที่ ก7 ค่าอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, ความกว้างที่ใช้ได้จริง, ค่าที่นำมาใช้ของอัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ, อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ ของ
บันไดหนีไฟ (Stairway) FST-1 (25%)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-1) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-1) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-1) or $F_{sm} =$ 0.94	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-1) (คน/วินาที)
1				
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	2.3271	0.59	0.94	0.5546
5	2.3271	0.59	0.94	0.5546
6	2.3271	0.59	0.94	0.5546
7	2.3271	0.59	0.94	0.5546
8	2.3271	0.59	0.94	0.5546
9	2.3271	0.59	0.94	0.5546
10	2.3271	0.59	0.94	0.5546

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-1) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-1) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-1) or $F_{sm} =$ 0.94	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-1) (คน/วินาที)
11	2.3271	0.59	0.94	0.5546
12	2.3271	0.59	0.94	0.5546
13	2.3271	0.59	0.94	0.5546
14	2.3271	0.59	0.94	0.5546
15	2.3271	0.59	0.94	0.5546
16	2.3271	0.59	0.94	0.5546
17	2.3271	0.59	0.94	0.5546
18	2.3271	0.59	0.94	0.5546
19	2.3271	0.59	0.94	0.5546
20	2.3271	0.59	0.94	0.5546

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-1) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-1) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-1) or $F_{sm} =$ 0.94	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-1) (คน/วินาที)
21	2.3271	0.59	0.94	0.5546
22	2.3271	0.59	0.94	0.5546
23	2.3271	0.59	0.94	0.5546
24	2.3271	0.59	0.94	0.5546
25	2.3271	0.59	0.94	0.5546
26	2.3271	0.59	0.94	0.5546
27	2.3271	0.59	0.94	0.5546
28	2.3271	0.59	0.94	0.5546
29	2.3271	0.59	0.94	0.5546
30	2.3271	0.59	0.94	0.5546

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ Specific Flow, F_s (Stairway, FST-1) (คน/วินาที/เมตร ของความกว้างสุทธิ)	ความกว้างที่ใช้ได้จริง W_e (Stairway, FST-1) (เมตร)	ค่าที่นำมาใช้สำหรับ อัตราการไหลเคลื่อนเฉพาะ F_s (Stairway, FST-1) or $F_{sm} =$ 0.94	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, F_c (Stairway, FST-1) (คน/วินาที)
31	2.3271	0.59	0.94	0.5546
32	2.3271	0.59	0.94	0.5546
33	2.3271	0.59	0.94	0.5546
34	2.3271	0.59	0.94	0.5546
35	2.3271	0.59	0.94	0.5546
36	2.3271	0.59	0.94	0.5546
37	2.3271	0.59	0.94	0.5546
38	2.3271	0.59	0.94	0.5546
39	2.3271	0.59	0.94	0.5546
40	1.3871	0.59	0.94	0.5546

ตารางผนวกที่ ก8 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ (Fc) ของประตูหนีไฟ (Door) และบันไดหนีไฟ (Stairway, FST-1)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST-1) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมา พิจารณาในการคำนวณ ระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
5	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
6	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
7	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
8	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
9	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
10	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST1) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมา พิจารณาในการคำนวณ ระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
11	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
12	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
13	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
14	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
15	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
16	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
17	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
18	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
19	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
20	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST1) (คน/วินาที)	จุดคอขวดที่ถูกนำมา พิจารณาในการคำนวณ ระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
21	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
22	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
23	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
24	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
25	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
26	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
27	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
28	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
29	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
30	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

ชั้นที่	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Door) (คน/วินาที)	อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้ Calculated Flow, Fc(Stairway-FST1) (คน/วินาที)	จุดกอบขวคที่ถูกนำมา พิจารณาในการคำนวณ ระยะเวลาอพยพหนีไฟ	ค่า Fc ที่นำมาใช้ (คน/วินาที)
31	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
32	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
33	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
34	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
35	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
36	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
37	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
38	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
39	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546
40	0.8184	0.5546	Fc (Stairway)	0.5546

ตารางผนวกที่ ๑๑ การคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟของบันไดหนีไฟ FST-1

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
40	30	12	18	32.46		99.46	ผู้อพยพชั้น 40 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	120.46	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 40 มาอยู่ที่ชั้น 39
39	27	12	15	27.05		147.50	ผู้อพยพชั้น 39 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	168.50	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 39 มาอยู่ที่ชั้น 38
38	27	12	15	27.05		195.55	ผู้อพยพชั้น 38 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	216.55	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 38 มาอยู่ที่ชั้น 37
37	27	12	15	27.05		243.60	ผู้อพยพชั้น 37 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	264.60	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 37 มาอยู่ที่ชั้น 36
36	27	12	15	27.05		291.64	ผู้อพยพชั้น 36 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	312.64	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 36 มาอยู่ที่ชั้น 35
35	26	11	15	27.05		339.69	ผู้อพยพชั้น 35 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	358.69	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 35 มาอยู่ที่ชั้น 34

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
34	26	11	15	27.05		385.73	ผู้อพยพชั้น 34 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	404.73	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 34 มาอยู่ที่ชั้น 33
33	35	11	24	43.27		448.01	ผู้อพยพชั้น 33 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	467.01	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 33 มาอยู่ที่ชั้น 32
32	35	11	24	43.27		510.28	ผู้อพยพชั้น 32 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	529.28	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 32 มาอยู่ที่ชั้น 31
31	35	11	24	43.27		572.56	ผู้อพยพชั้น 31 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	591.56	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 31 มาอยู่ที่ชั้น 30
30	43	11	32	57.70		649.26	ผู้อพยพชั้น 30 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	668.26	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 30 มาอยู่ที่ชั้น 29
29	43	11	32	57.70		725.96	ผู้อพยพชั้น 29 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	744.96	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 29 มาอยู่ที่ชั้น 28

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่อุโมงค์บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
28	43	11	32	57.70		802.66	ผู้อพยพชั้น 28 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	821.66	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 28 มาอยู่ที่ชั้น 27
27	43	11	32	57.70		879.36	ผู้อพยพชั้น 27 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	898.36	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 27 มาอยู่ที่ชั้น 26
26	43	11	32	57.70		956.05	ผู้อพยพชั้น 26 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	975.05	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 26 มาอยู่ที่ชั้น 25
25	43	11	32	57.70		1,032.75	ผู้อพยพชั้น 25 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,051.75	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 25 มาอยู่ที่ชั้น 24
24	43	11	32	57.70		1,109.45	ผู้อพยพชั้น 24 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,128.45	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 24 มาอยู่ที่ชั้น 23
23	43	11	32	57.70		1,186.15	ผู้อพยพชั้น 23 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,205.15	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 23 มาอยู่ที่ชั้น 22

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
22	43	11	32	57.70		1,262.85	ผู้อพยพชั้น 22 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,281.85	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 22 มาอยู่ที่ชั้น 21
21	40	11	29	52.29		1,334.14	ผู้อพยพชั้น 21 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,353.14	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 21 มาอยู่ที่ชั้น 20
20	44	11	33	59.50		1,412.64	ผู้อพยพชั้น 20 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,431.64	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 20 มาอยู่ที่ชั้น 19
19	44	11	33	59.50		1,491.15	ผู้อพยพชั้น 19 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,510.15	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 19 มาอยู่ที่ชั้น 18
18	44	11	33	59.50		1,569.65	ผู้อพยพชั้น 18 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,588.65	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 18 มาอยู่ที่ชั้น 17
17	44	11	33	59.50		1,648.15	ผู้อพยพชั้น 17 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,667.15	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 17 มาอยู่ที่ชั้น 16

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
16	44	11	33	59.50		1,726.65	ผู้อพยพชั้น 16 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,745.65	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 16 มาอยู่ที่ชั้น 15
15	44	11	33	59.50		1,805.16	ผู้อพยพชั้น 15 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,824.16	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 15 มาอยู่ที่ชั้น 14
14	44	11	33	59.50		1,883.66	ผู้อพยพชั้น 14 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,902.66	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 14 มาอยู่ที่ชั้น 13
13	44	11	33	59.50		1,962.16	ผู้อพยพชั้น 13 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	1,981.16	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 13 มาอยู่ที่ชั้น 12
12	44	11	33	59.50		2,040.66	ผู้อพยพชั้น 12 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,059.66	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 12 มาอยู่ที่ชั้น 11
11	44	11	33	59.50		2,119.16	ผู้อพยพชั้น 11 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,138.16	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 11 มาอยู่ที่ชั้น 10

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

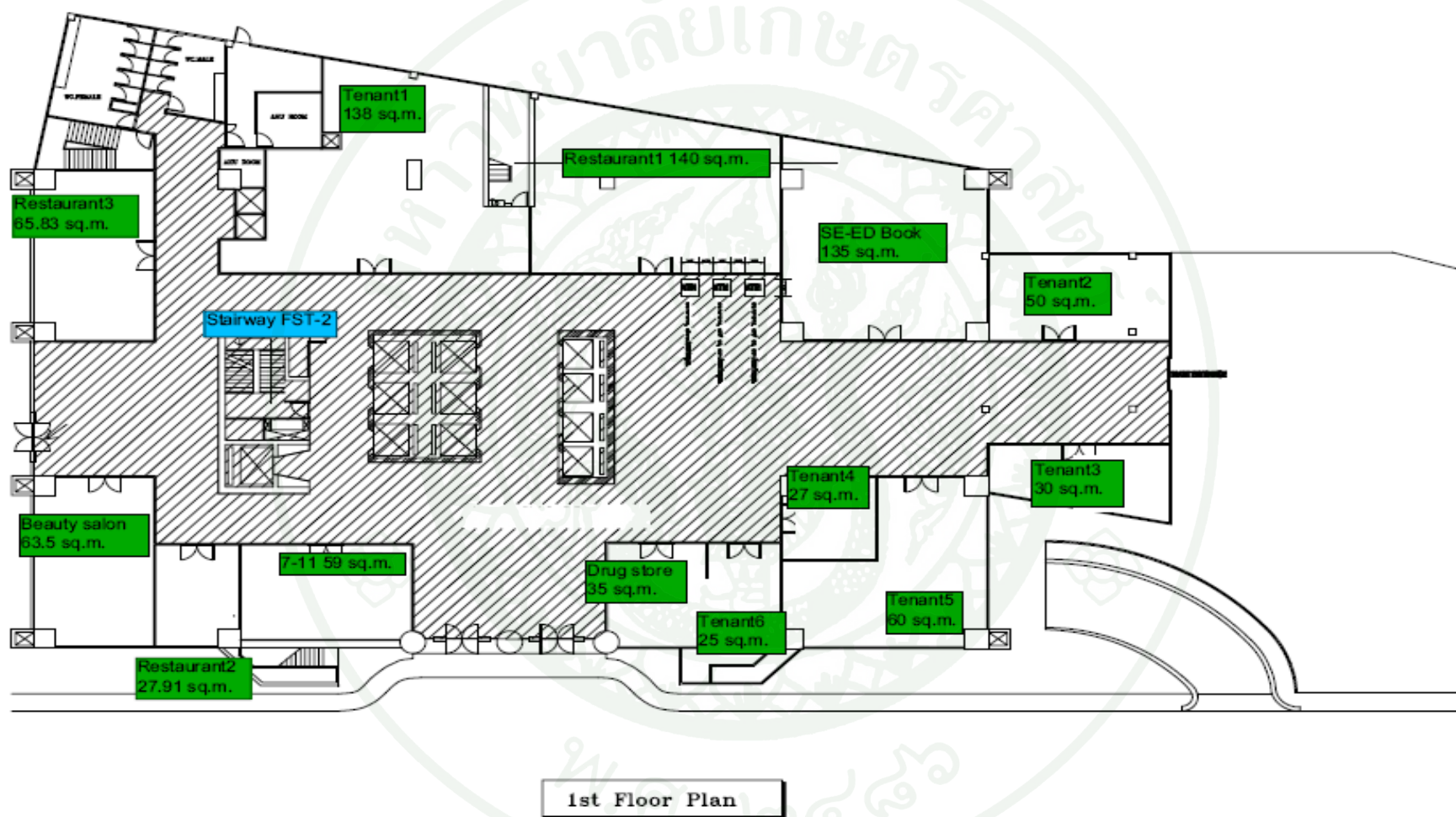
ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
10	44	11	33	59.50		2,197.67	ผู้อพยพชั้น 10 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,216.67	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 10 มาอยู่ที่ชั้น 9
9	190	11	179	322.76		2,539.42	ผู้อพยพชั้น 9 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,558.42	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 9 มาอยู่ที่ชั้น 8
8	44	11	33	59.50		2,617.92	ผู้อพยพชั้น 8 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,636.92	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 8 มาอยู่ที่ชั้น 7
7	44	11	33	59.50		2,696.43	ผู้อพยพชั้น 7 อพยพออกมาทั้งหมด
					19	2,715.43	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 7 มาอยู่ที่ชั้น 6
6	44	10	34	61.31		2,776.73	ผู้อพยพชั้น 6 อพยพออกมาทั้งหมด
					17	2,793.73	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 6 มาอยู่ที่ชั้น 5
5	44	20	24	43.27		2,837.01	ผู้อพยพชั้น 5 อพยพออกมาทั้งหมด
					36	2,873.01	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 5 มาอยู่ที่ชั้น 4

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

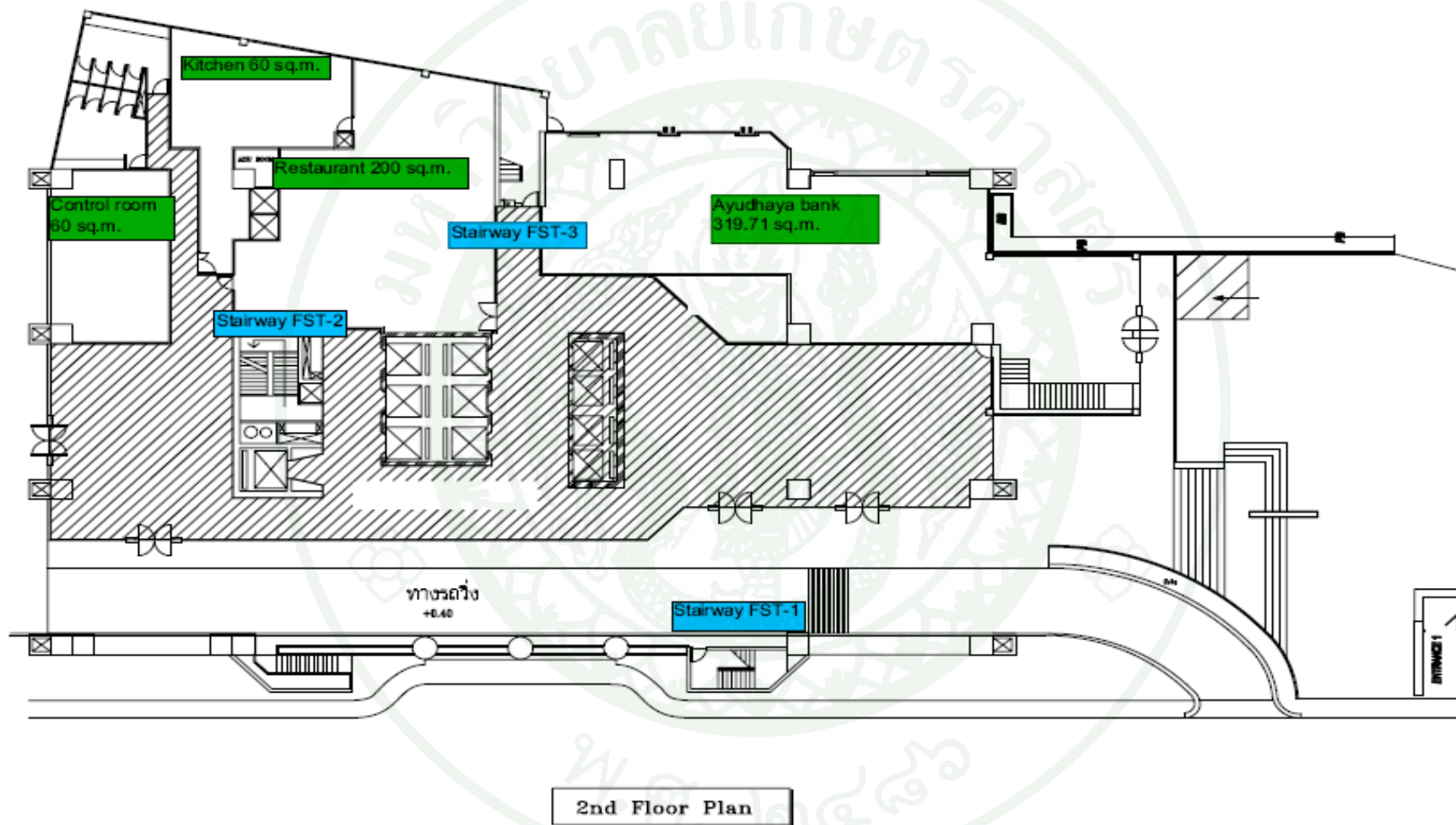
ชั้น	จำนวนคนทั้งหมดที่อพยพเข้าสู่บันไดหนีไฟ FST-1 (คน)	จำนวนคนที่ไปอยู่ในบันไดหนีไฟในแต่ละชั้นของตนเองหลังจากผ่านไป 21 และ 19 วินาที	จำนวนคนที่กำลังคอยที่ทางเข้าประตูหนีไฟ FST-1	จำนวนคนทั้งหมดของแต่ละชั้นเข้าสู่บันไดหนีไฟใช้เวลา (Queuing time, วินาที)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง (วินาที)	ณ เวลาที่ (วินาที)	รายละเอียด
4	44	12	32	57.70		2,930.71	ผู้อพยพชั้น 4 อพยพออกมาทั้งหมด
					21	2,951.71	ผู้อพยพคนสุดท้ายของชั้น 4 มาอยู่ที่ชั้น 3
3	ระยะเวลาที่เคลื่อนที่จากชั้น 3 ลงสู่ชั้น 2			-	22	2,973.71	ผู้อพยพชั้น 3 คนสุดท้ายอพยพลงมาถึงชั้น 2 ที่จุดปล่อยออกที่ปลอดภัย
Total				2,221.71	752.00	2,973.71	



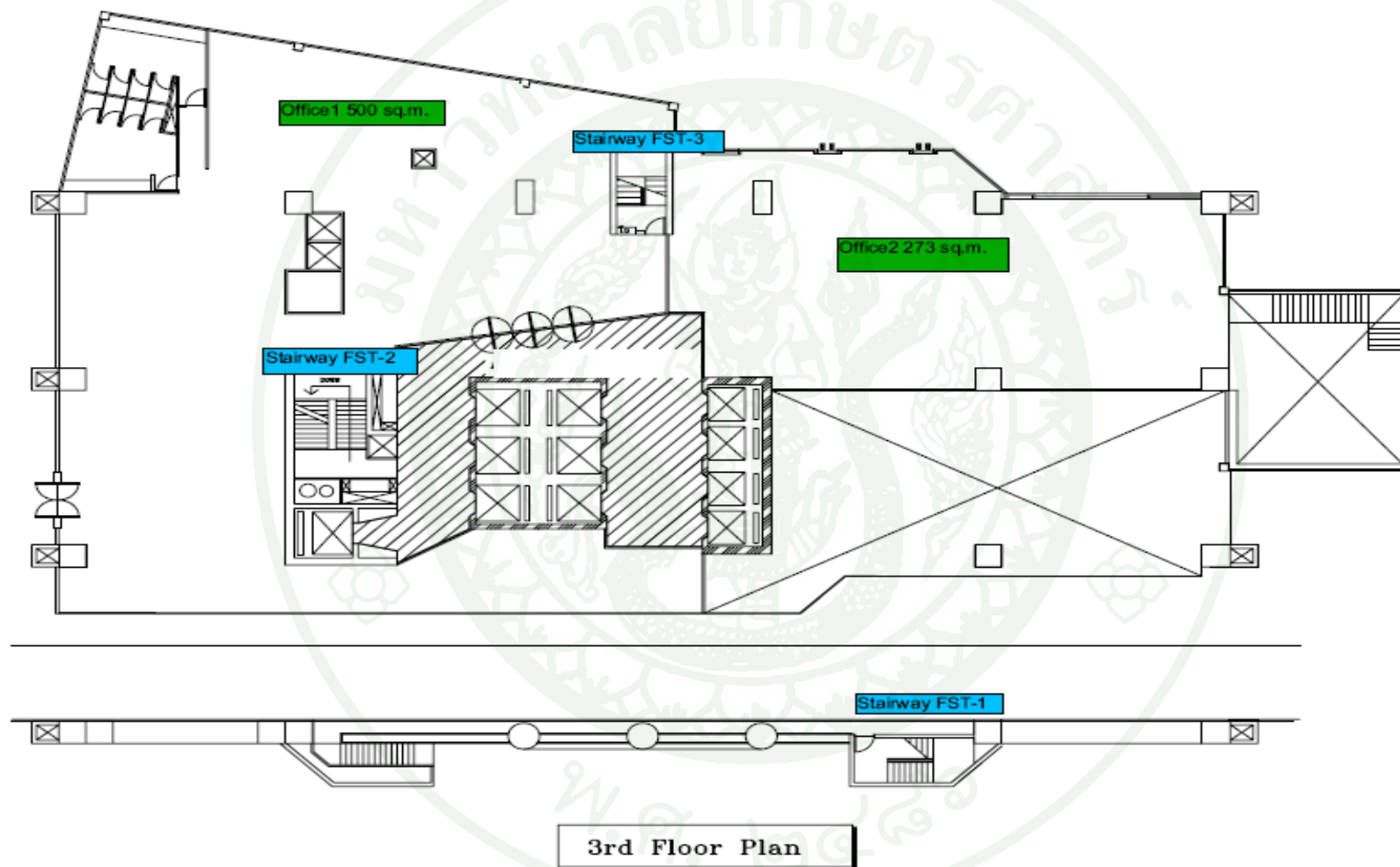
ภาคผนวก ข
แบบอาคารที่ทำการศึกษา



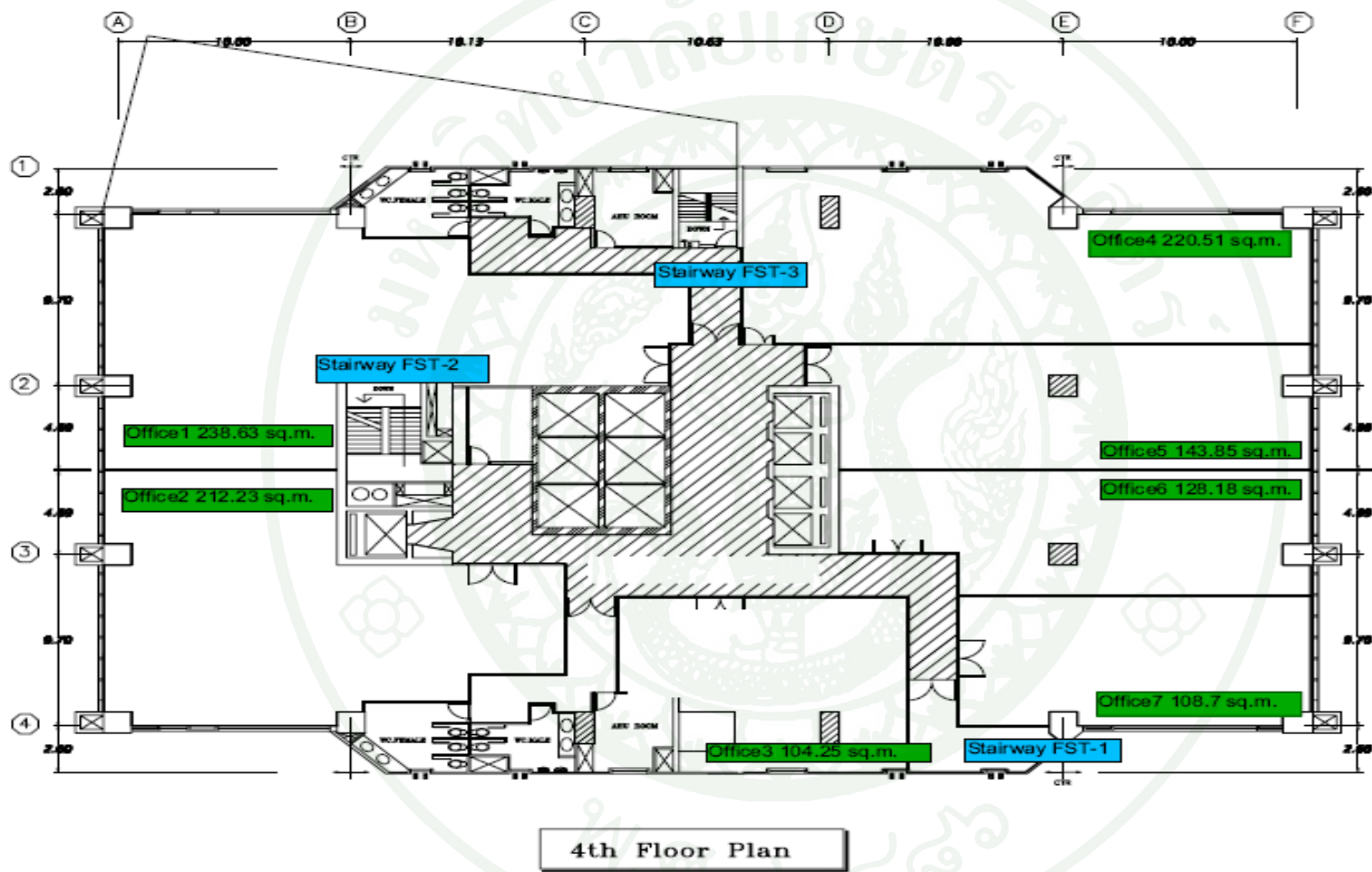
ภาพผนวกที่ ข1 แบบแปลนอาคารชั้น 1



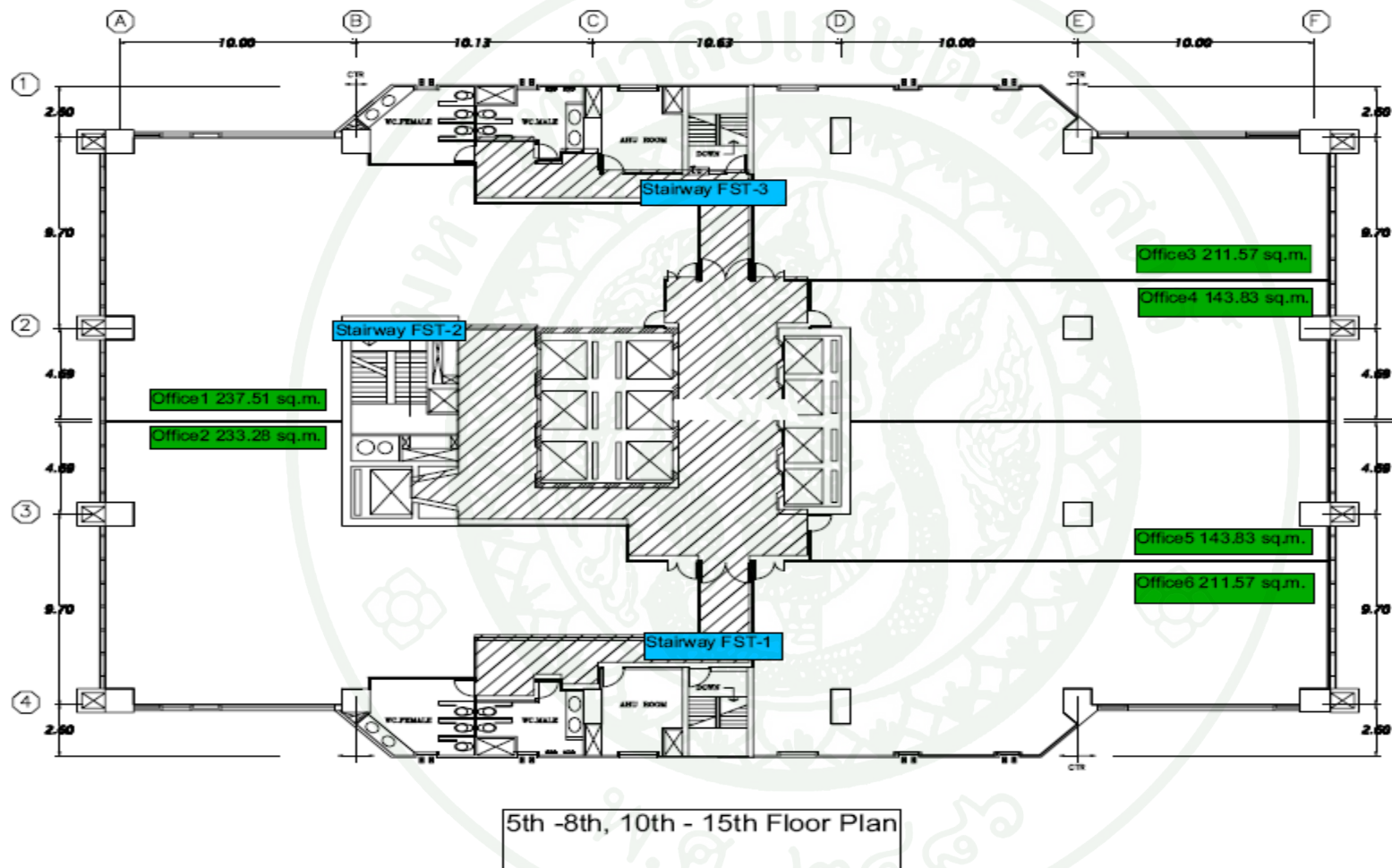
ภาพผนวกที่ ข2 แบบแปลนอาคารชั้น 2



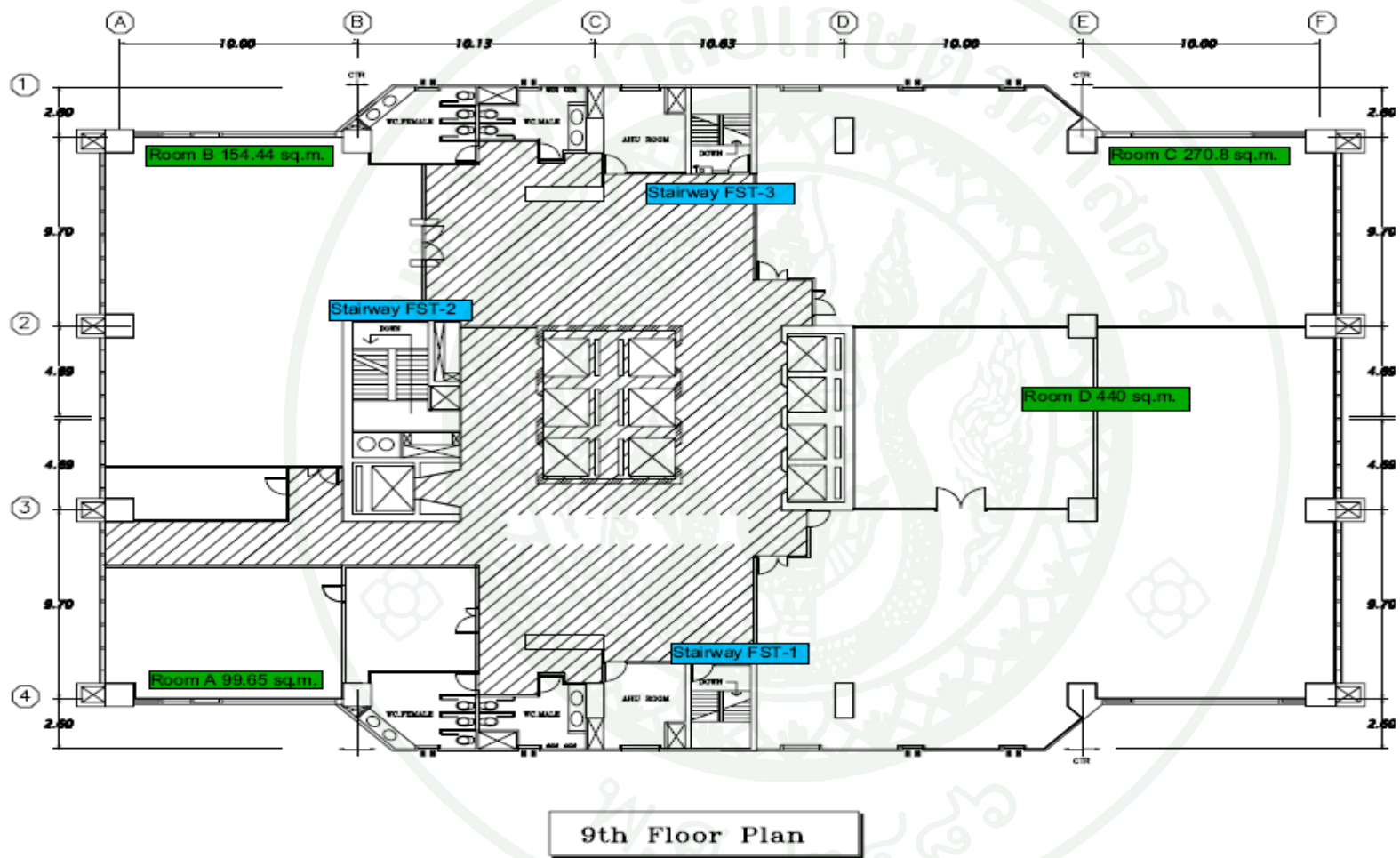
ภาพผนวกที่ ข3 แบบแปลนอาคารชั้น 3



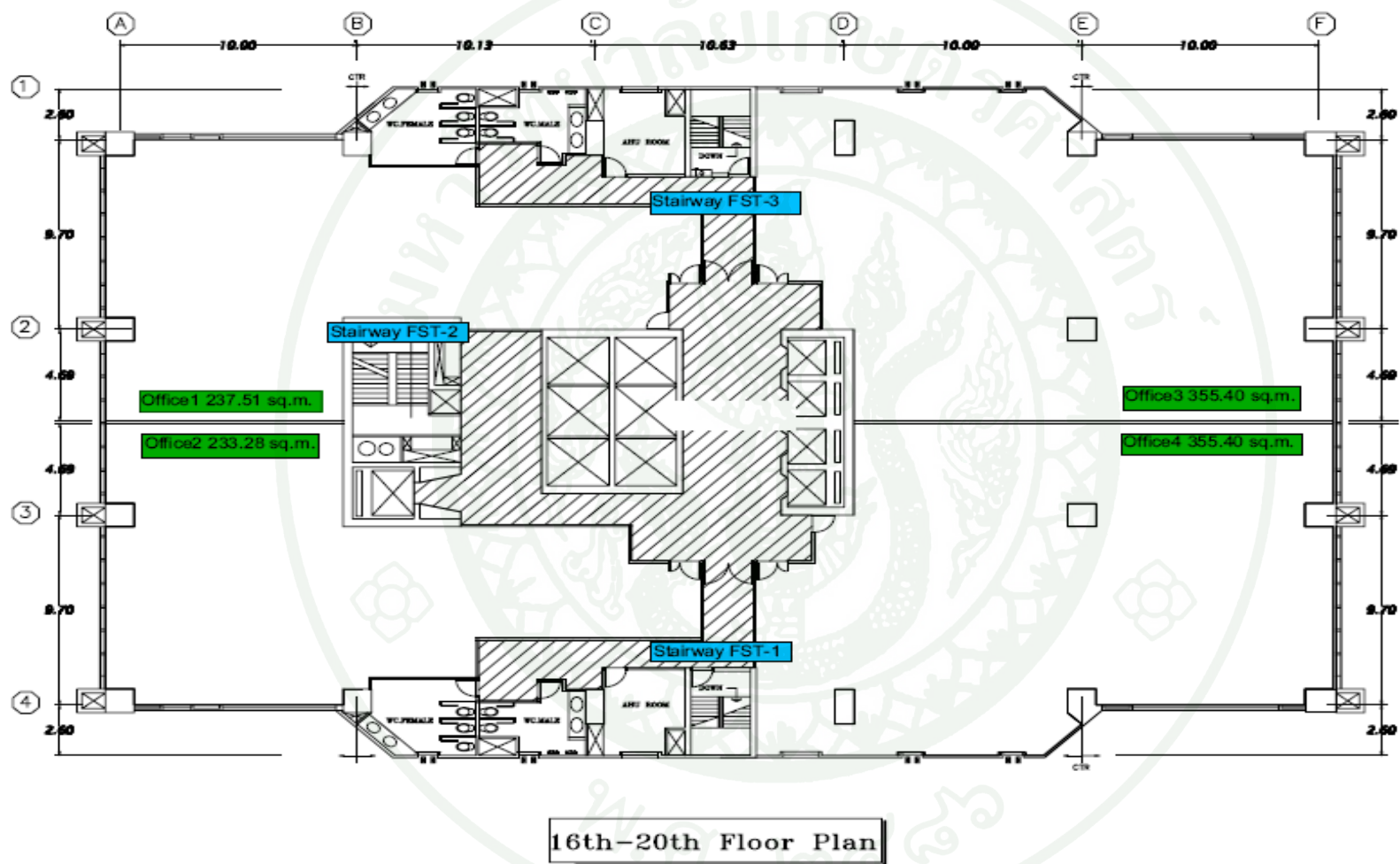
ภาพผนวกที่ ข4 แบบแปลนอาคารชั้น 4



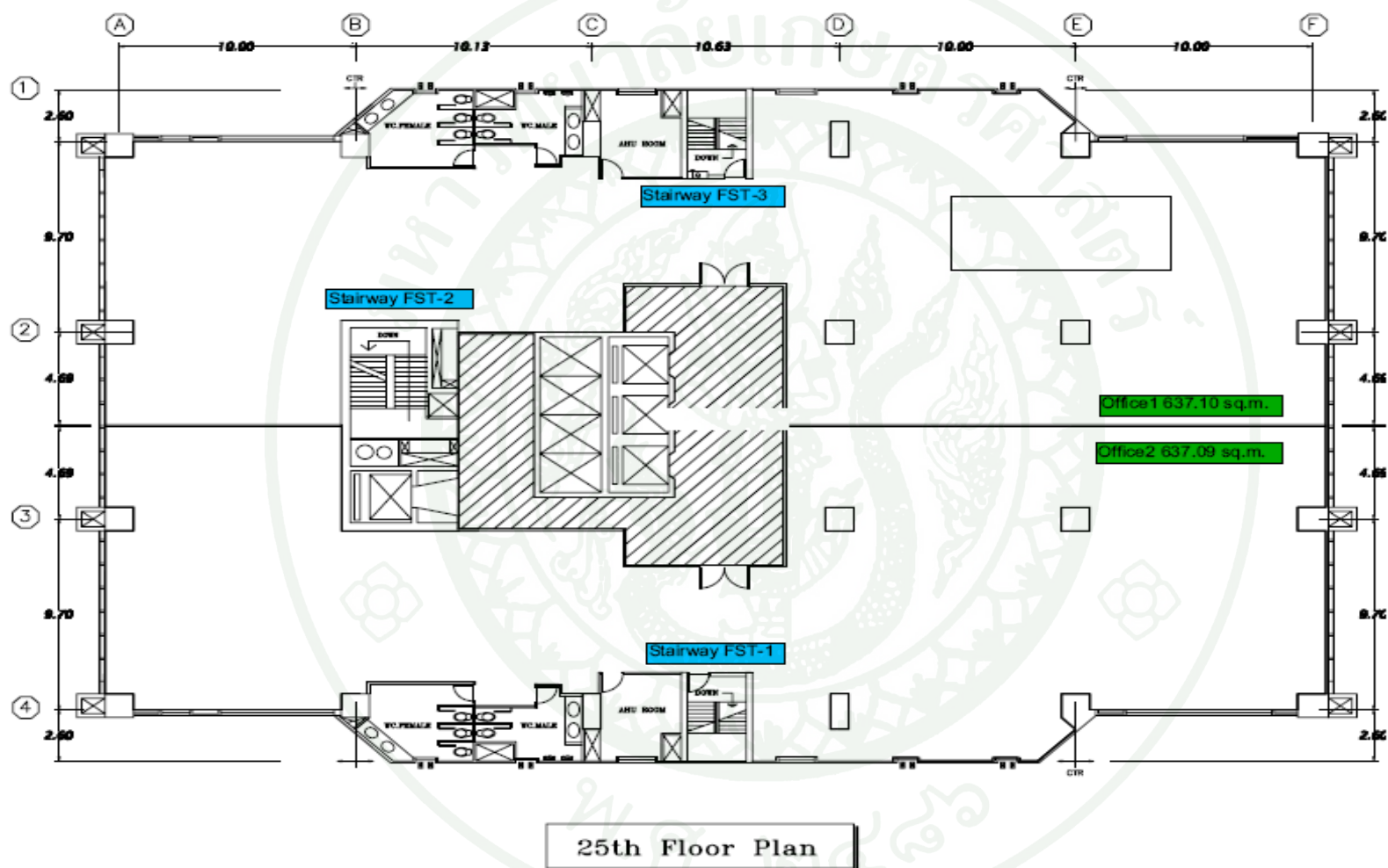
ภาพผนวกที่ ข5 แบบแปลนอาคารชั้น 5-8, 10-15



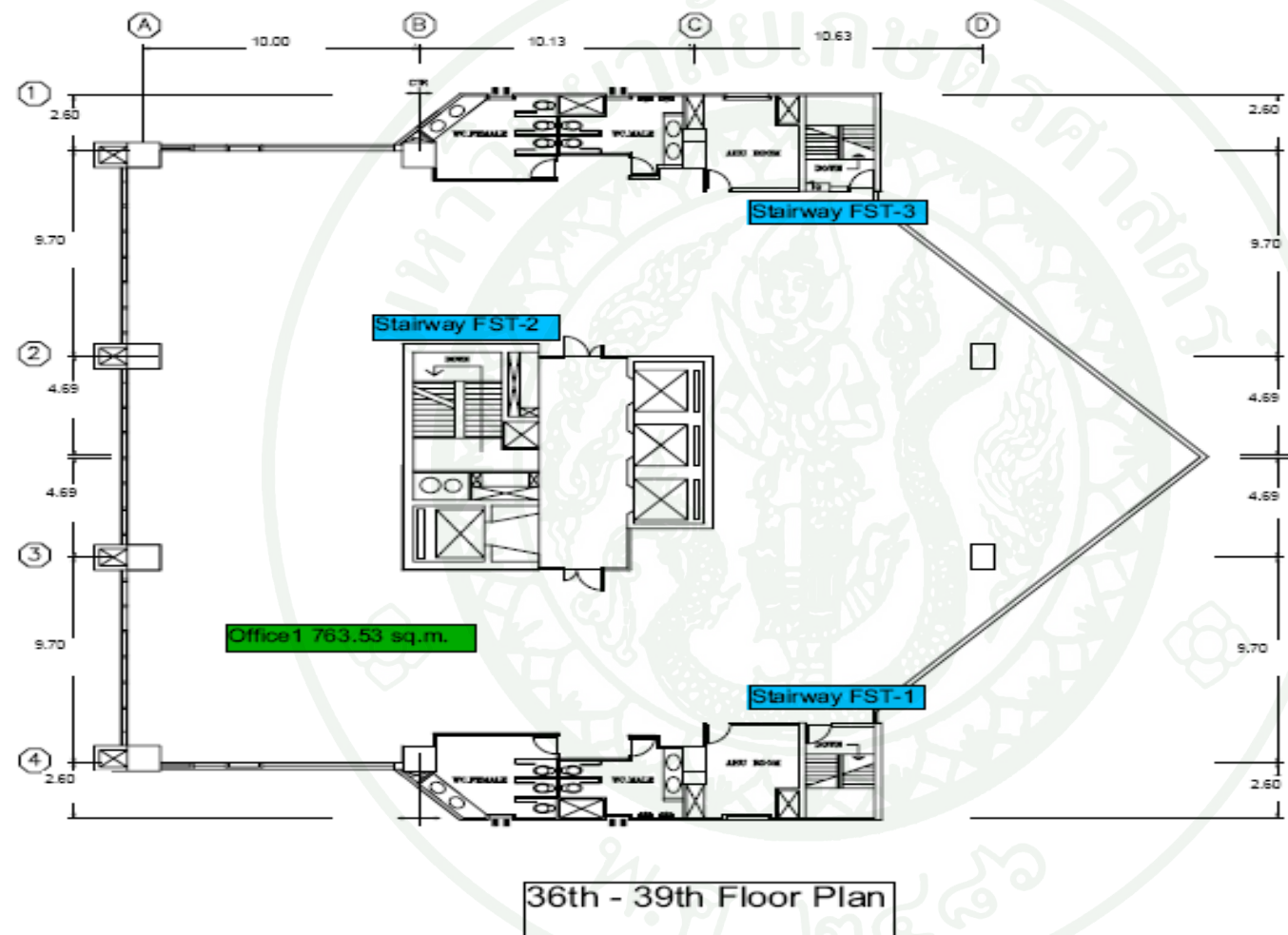
ภาพผนวกที่ ข6 แบบแปลนอาคารชั้น 9



ภาพผนวกที่ ข7 แบบแปลนอาคารชั้น 16-20



ภาพผนวกที่ ข8 แบบแปลนอาคารชั้น 25



ภาพผนวกที่ ข9 แบบแปลนอาคารชั้น 36-39

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายธนายุทธ สิริรัตนนท์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 สิงหาคม 2515
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา โรงเรียนวัดสุทธิวราราม (2534) วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2538)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรออกแบบระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ทาคาชิโฮ ไฟร์ ซิเคียวริตี้ แอนด์ เซอร์วิสเชส (ประเทศไทย) จำกัด