



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี Hydraulic Analogy
อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Analogy
for the New Mechanical Engineering Building, Kasetsart University

นามผู้วิจัย นางสาวบุษกร แสนสุข

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์อภิชิต แจ่มบำรุง, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์สุรัช รดาการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี Hydraulic Analogy
อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Analogy for the
New Mechanical Engineering Building, Kasetsart University

โดย

นางสาวนุชกร แสนสุข

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2553

บุญกร แสนสุข 2553: การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี Hydraulic Analogy อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิชาวิศวกรรม
ป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. 165 หน้า

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟภายในอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นอาคารสูง 6 ชั้นโดยวิธี Hydraulic Analogy อ้างอิงตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคารของประเทศไทยและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code Edition 2006 งานวิจัยได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการหนีไฟประกอบด้วย จำนวนผู้ใช้อาคาร จำนวนทางหนีไฟ ระยะสัญจร ระยะทางบังคับ ความกว้างขององค์ประกอบต่างๆ ในเส้นทางหนีไฟ และส่วนกันแยกท่อนไฟของอาคาร

ผลการศึกษาพบว่า การอพยพหนีไฟภายในอาคารใช้เวลาประมาณ 9 นาที ถ้าการอพยพหนีไฟภายในอาคารเป็นไปตามเส้นทางที่แนะนำในงานวิจัยนี้ ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบเส้นทางหนีไฟให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมากขึ้น

Busakorn Saensookh 2010: Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Analogy for the New Mechanical Engineering Building, Kasetsart University. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Nathasak Boonmee, Ph.D. 165 pages.

This research performs means of egress analysis and calculates an evacuation time for the new 6-story Mechanical Engineering Building, Kasetsart University by hydraulic analogy method. The analysis follows the building control act B.E. 2522 of Thailand and the NFPA 101 Life Safety Code Edition 2006. The study considers major factors that effect building fire evacuation including: occupant load, number of exits, travel distance, common path of travel, effective widths of means of egress components, and building fire compartment.

The study found that the building evacuation time is approximately 9 minutes if use the appropriated egress routes suggesting in this research. The results from this study can use as a database to improve the building fire egress system.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย รดาการ ประธานโครงการ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่ผลักดันให้มีหลักสูตรวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ดีทำให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสในการศึกษาและพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย และสามารถนำวิชาความรู้ไปใช้ในการทำงานได้เป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐศักดิ์ บุญมี ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.อภิชาติ แจ่มบำรุง กรรมการวิชาเอก ที่ให้คำแนะนำ ให้แนวคิด และหลักการในการทำวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง ให้สามารถนำวิชาที่ได้รับ การศึกษามาใช้เป็นประโยชน์กับอาคารเรียนในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยรุ่น 1 ทุกคนเป็นเพื่อนที่ดี ช่วยเหลือและให้กำลังใจกันตลอดมาทั้งในเวลาเรียนและในชีวิตการทำงาน

ความสำเร็จในการศึกษาของข้าพเจ้าในครั้งนี้ ขอมอบเป็นความภูมิใจให้กับคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ที่มีพระคุณอย่างสูง ผู้ที่คอยเฝ้าดูการเจริญเติบโตในชีวิตและการทำงานของลูก ให้ความรัก ความหวังดี คอยให้กำลังใจ คอยส่งเสริม ช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอให้ความสำเร็จครั้งนี้ส่งผลให้คุณพ่อ คุณแม่ของลูกมีความสุขที่แข็งแรง สมบูรณ์ตลอดไป

บุษกร แสนสุข

กุมภาพันธ์ 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	9
อุปกรณ์และวิธีการ	53
อุปกรณ์	53
วิธีการ	53
ผลการวิเคราะห์	82
สรุปและข้อเสนอแนะ	152
สรุป	152
ข้อเสนอแนะ	153
ข้อเสนอแนะ	153
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	156
ภาคผนวก	158
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	160

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟ	13
2	แสดงระยะห่างระหว่างคนกับผนัง	21
3	ค่าตัวประกอบความเร็ว (k)	25
4	แสดงขนาดของลูกตั่ง ลูกนอนและมุมเอียงของบันได	45
5	สรุปข้อบังคับที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟ	48
6	ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร	49
7	ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร	58
8	ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารที่ใช้ในการทำวิจัย	69
9	แสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร ตามมาตรฐาน	72
10	ตัวประกอบความสามารถ(Capacity Factor)	74
11	จำนวนเส้นทางหนีไฟ (Number of Means of Egress)	80
12	ความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Exit Stair Capacity)	81
13	ความสามารถในการรองรับคนของบันไดความสามารถของบันได (Stair Capacity)	83
14	ความสามารถในการรองรับคนของประตูหนีไฟ (Exit Door Capacity)	84
15	ค่าจำกัดของเส้นทางเดิน ทางบังคับร่วม ทางปลายตัน และระยะสัญจร	85
16	ตารางแสดงความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ	86
17	รายละเอียดความต้องการตามมาตรฐานของประตู	92
18	รายละเอียดความต้องการตามมาตรฐานของบันไดหนีไฟ	97
19	รายละเอียดชนิดบันไดหนีไฟ	99
20	รายละเอียดบันไดหนีไฟ	108
21	จำนวนผู้ใช้อาคาร	109
22	ผลการคำนวณระยะเวลาอพยพในแต่ละชั้น	113
23	ระยะเวลา Tta ของ Stair 1	117
24	ระยะเวลา Tta ของ Stair 2	119
25	ระยะเวลา Tta ของ Stair 4-5-6	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path – ST-1	121
27	ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path – ST-7	124
28	ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path – ST-2	125
29	ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path – ST-4-5-6	126
30	ระยะเวลา T_{c1} Along –ST-1	127
31	ระยะเวลา T_{c1} Along –ST-2	130
32	ระยะเวลา T_{c1} Along –ST-4-5-6	131
33	ระยะเวลา T_{c2} Exit Door –ST-1	132
34	ระยะเวลา T_{c2} Exit Door –ST-2	133
35	ระยะเวลา T_{c2} Exit Door –ST-4-5-6	133
36	ระยะเวลา T_o ST-1 Constraint Flow Point at Exit Door 1st Floor	134
37	ระยะเวลา T_o ST-2 Constraint Flow Point at Exit Discharge 1st Floor	135
38	ระยะเวลา T_o ST-4-5-6 Constraint Flow Point at Stair ST-5 ,3rd Floor	135
39	สรุปผลการคำนวณระยะเวลาในแต่ละชั้น	135
40	Constraint Flow Point บันได ST-1	147
41	Constraint Flow Point บันได ST-2	148
42	Constraint Flow Point บันได ST-4-5-6	149

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์สมการ Nonlinear regressive analysis และ linear regressive analysis	24
2	ความกว้างสุทธิของบันได และทางเดินระหว่างเก้าอี้	26
3	ความกว้างสุทธิบริเวณทางเดินในอาคาร	26
4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะกับความหนาแน่น	28
5	รูปทรงบันได	29
6	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางสัญจรที่แสดงในแบบ	29
7	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางบังคับร่วมที่แสดงในแบบ	30
8	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางปลายตันที่แสดงในแบบ	33
9	แสดงทิศทางการผลักเปิดประตู	34
10	แสดงรายละเอียดบันไดและราวจับ	38
11	แสดงความสัมพันธ์ nonlinear regressive analysis และ linear regressive Analysis	42
12	ความกว้างสุทธิของบันได และทางเดินระหว่างเก้าอี้	44
13	ความกว้างสุทธิบริเวณทางเดินในอาคาร	45
14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะกับ ความหนาแน่น	47
15	รูปทรงบันได	49
16	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางสัญจรที่แสดงในแบบ	87
17	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางบังคับร่วมที่แสดงในแบบ	88
18	แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางปลายตันที่แสดงในแบบ	89
19	ตำแหน่งทางเดินที่ชั้น 3 ที่มีวงเมฆโดยรอบมีระยะทางปลาย ตันเกินค่ามาตรฐาน	90
20	แสดงการจัดเส้นทางหนีไฟ	112
21	รูปทรงบันได	122

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี Hydraulic Analogy อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation by Using Hydraulic Analogy for the New Mechanical Engineering Building, Kasetsart University

คำนำ

การจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress) ที่ได้มาตรฐานตั้งแต่ขั้นแรกในการออกแบบและก่อสร้างอาคารใดๆถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมเพื่อความปลอดภัยจากอัคคีภัยสำหรับผู้อยู่อาศัย หรือผู้ใช้อาคารนั้นๆ โดยเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยต้องสามารถลำเลียงผู้คนให้อพยพออกจากอาคารได้อย่างต่อเนื่อง เส้นทางหนีไฟต้องไม่ลดขนาดลงตามระยะทางอพยพ ไม่สลับซับซ้อน มีการปิดล้อมเพื่อป้องกันไฟและควัน เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัย (Point of Safety) ได้ทันก่อนที่จะเกิดเหตุเพลิงไหม้ลุกลามจนถึงขั้นเป็นอันตรายต่อชีวิต

จากการศึกษาเหตุการณ์เพลิงไหม้ในอดีตของประเทศไทยหลายเหตุการณ์ที่มีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก ส่วนใหญ่เกิดจากกรณีเส้นทางหนีไฟบกพร่อง ไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคารและอยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมใช้งาน เช่น อาคารเพลิงไหม้โรงแรมจอมเทียน พัทยา เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ.2540 มีผู้เสียชีวิต 91 ราย โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตจำนวนมาก เนื่องมาจาก ทางหนีไฟไม่ได้มาตรฐาน บันไดหนีไฟถูกกีดขวางด้วยวัสดุอุปกรณ์ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการอพยพ รวมทั้งมีรายงานว่ามีการปิดล็อกประตูทางออกจากบันไดดังกล่าวด้วย และช่องบันไดกลางอาคารไม่ได้ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ มีสภาพเป็นช่องเปิดโล่งตลอดตามความสูงอาคาร ทำให้ไฟและควันไฟแพร่กระจายสู่ชั้นถัดไปจนลุกลามทั่วทั้งอาคารอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถหนีไฟได้ และอีกหนึ่งเหตุการณ์ที่สร้างความสะเทือนใจไปทั่วโลก เพราะมียอดผู้เสียชีวิตสูงสุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก ซึ่งสูงถึง 188 ราย นั่นก็คือเหตุการณ์เพลิงไหม้ โรงงานเคเคเคอร์ นครปฐม ซึ่งเป็นโรงงานผลิตตุ๊กตา เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2536 โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตจำนวนมากก็เกิดจากความบกพร่องของระบบทางหนีไฟเช่นกัน โดยทางหนีไฟไม่เพียงพอต่อจำนวนของผู้ใช้อาคาร และทางหนีไฟไม่ได้มาตรฐาน ถูกกีดขวางด้วยวัสดุอุปกรณ์ เป็นอุปสรรคต่อการอพยพ

ประตูหนีไฟถูกล็อก ไม่มีการปิดล้อมป้องกันไฟลามในแนวดิ่ง ซึ่งถ้าหากมีการจัดเตรียมและดูแลทางหนีไฟให้เพียงพอเหมาะสมกับผู้ใช้อาคารแล้วก็จะทำให้สามารถลดการบาดเจ็บและความสูญเสียชีวิตจากเหตุอัคคีภัยได้อย่างมาก

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย(Fire and Life Safety) เกี่ยวกับการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress) เพื่อการอพยพหนีไฟในอาคารคณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาบางเขน ซึ่งทำการออกแบบก่อสร้างอาคารเรียนแห่งใหม่ จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาและวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและทำการคำนวณระยะเวลาในการอพยพออกจากอาคารสู่ที่ปลอดภัยโดยอาศัยหลักวิชาการที่ได้รับการยอมรับ ทั้งนี้ ผู้ทำงานวิจัยฉบับนี้จะวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟโดยเทียบเคียงกับกฎหมายและมาตรฐานสากล NFPA 101, Life safety Code Edition 2006 ของ National Fire Protection Association ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้กำหนดให้เส้นทางหนีไฟประกอบกันเป็น 3 ส่วน คือ “ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ” (Exit Access) ทางออกหนีไฟ (Exit) และ ทางปล่อยออก (Exit Discharge) สำหรับการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคารไปสู่ที่ปลอดภัยจะใช้หลักทฤษฎีในการคำนวณแบบ Hydraulic Analogy ตามมาตรฐานสากล NFPA บทที่ 8 Evacuation of Occupants ใน Fire Protection Handbook, Eighteenth Edition ซึ่งจะกล่าวถึงการคำนวณหาระยะเวลาในการอพยพจริงจากจุดใดๆ เคลื่อนที่ผ่านเส้นทางหนีไฟไปจนถึงจุดปลอดภัย (Point of Safety) หรือภายนอกอาคาร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แบบก่อสร้างอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในด้านการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ เพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย
2. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลในการออกแบบก่อสร้างและจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟของอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สอดคล้องและเป็นไปตามมาตรฐานสากล NFPA ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลของนิสิต นักศึกษารุ่นต่อไป
3. เพื่อสร้างความมั่นใจถึงระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัยของอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้กับผู้ใช้อาคารและเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในฐานะที่เป็นสถานศึกษาชั้นนำด้านการป้องกันอัคคีภัย

นิยามศัพท์

กิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) หมายถึง การแบ่งประเภทของการใช้สอยอาคารตามลักษณะของผู้ใช้อาคารและความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร รวมไปถึงกิจกรรมที่ดำเนินในพื้นที่นั้นๆ

1. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) เป็นสถานที่ชุมนุมคน มีผู้ใช้อาคารหนาแน่น ผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยสถานที่ เช่น สถานที่สำหรับการปฐกษาหารือ ห้องประชุมห้องอบรม สถานที่สำหรับจัดงานพิธีการต่างๆ การบวงสรวง สถานที่เพื่อความบันเทิง เพื่อการรับประทานอาหาร การดื่ม ภัตตาคาร การร่อเดินทาง หรือในลักษณะอื่นที่ใกล้เคียง โดยที่มีจำนวนผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป หรือ เป็นอาคารเพื่อความบันเทิงแบบพิเศษโดยที่ไม่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้อาคาร
2. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทสถานศึกษา (Educational Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการศึกษาเล่าเรียนจนถึงระดับมัธยมปลายโดยมีผู้ใช้อาคารอย่างน้อย 6 คน มีเวลาทำการอย่างน้อยวันละ 4 ชั่วโมงหรืออย่างน้อย สัปดาห์ละ 12 ชั่วโมง

3. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน (Day Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการรับเลี้ยงดูเด็กเล็กจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป โดยมีเวลาทำการน้อยกว่า 24 ชั่วโมงต่อวัน

4. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทรักษาพยาบาล (Health Care) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการรักษาพยาบาลผู้ป่วยจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ซึ่งผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เนื่องจาก สูงอายุ พิจารทางด้านร่างกาย หรือสภาพจิตไม่ปกติ

5. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทรักษาพยาบาลผู้ป่วยนอก(Ambulatory Health Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ได้จัดเตรียมอุปกรณ์ที่สามารถรองรับผู้ป่วยนอกเพื่อการรักษาพยาบาลในภาวะฉุกเฉิน ตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป

6. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทกักขังและลงโทษ (Detention and Correctional Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อกักขังและลงโทษนักโทษตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป

7. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทที่อยู่อาศัย (Residential Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยหลับนอน ผู้ใช้อาคารอยู่ในภาวะหลับใหล ซึ่งจะประกอบด้วยผู้คนทุกวัย ตั้งแต่วัยเด็ก จนถึงวัยผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เมื่อเกิดสภาวะฉุกเฉิน

8. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทที่อยู่อาศัยและให้การดูแล (Residential Board and Care Occupancy) เป็นสถานที่อยู่อาศัยและให้การดูแลบุคคลที่มาอยู่ร่วมกัน โดยไม่ได้เกี่ยวข้องกันทางสายเลือด ตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป เช่น สถานสงเคราะห์ต่างๆ

9. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทค้าขาย (Mercantile Occupancy)เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อแสดงหรือขายสินค้า

10. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทประกอบธุรกิจ (Business Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการทำบัญชี เป็นสำนักงาน เป็นสถานที่ที่เกี่ยวกับการเก็บรักษาข้อมูล หรือการติดต่อทางธุรกิจ โดยสถานที่นั้นไม่เกี่ยวข้องกับการค้าขาย และเป็นสถานที่สำหรับการศึกษาในระดับวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ที่มีห้องเรียนบรรจุได้น้อยกว่า 50 คน

11. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทกิจการโรงงาน (Industrial Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อดำเนินการผลิต การประกอบ การรวม การบรรจุ การตกแต่งหรือการซ่อมแซมสินค้า

12. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทจัดเก็บสินค้า (Storage Occupancy) เป็นสถานที่ที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อจัดเก็บสินค้า ผลิตผล รถยนต์ หรือผลิตผลจากสัตว์

13. กิจกรรมการใช้อาคารแบบหลายประเภท (Multiple Occupancy) หมายถึง อาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่มีกิจกรรมการใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ประเภท

14. กิจกรรมการใช้อาคารแบบผสม (Mixed Occupancy) หมายถึง พื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้อาคารแบบหลายประเภทผสมเข้าด้วยกัน

15. กิจกรรมการใช้อาคารแบบกั้นแยก (Separated Occupancy) หมายถึง พื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้อาคารแบบหลายประเภทที่แต่ละพื้นที่ถูกกั้นแยกออกจากกันด้วยชุดอุปกรณ์ทึบไฟ

“ความจุของผู้ใช้อาคารหรือ จำนวนคน (Occupant Load)” หมายถึง จำนวนของคนทั้งหมดที่อาจจะใช้งานอาคารหรือส่วนของอาคารในเวลาใด ๆ

“ช่องทางเดิน” (Corridor) หมายความว่า ทางเข้าสู่ทางหนีไฟที่มีส่วนปิดล้อม และเป็นส่วนของเส้นทางหนีไฟที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟ

“ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ” (Exit Access) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของระบบเส้นทางหนีไฟที่เชื่อมต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างไปสู่ทางออกหนีไฟ

“ทางบังคับร่วม” (Common Path of Travel) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ที่ซึ่งผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเดินทางนี้ก่อนที่จะถึงทางแยกซึ่งเป็นทางแยกที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟสองทาง ทางที่ร่วมกันนี้เป็นทางบังคับร่วม โดยทางบังคับร่วมนี้รวมอยู่ในระยะเดินทางไปถึงทางออกหนีไฟที่มีการจำกัดระยะทาง

“ทางปลายตัน” (Dead Ends Corridor) หมายความว่า เป็นเส้นทางในทางเดินที่มีปลายตัน ถ้ามีการหลงเข้าไปในเส้นทางนี้จะทำให้เสียเวลาในการย้อนกลับ ต้องมีการควบคุมไม่ให้มีระยะทางปลายตันในเส้นทางหนีไฟ

“ทางปล่อยออก” (Exit Discharge) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของระบบเส้นทางหนีไฟ ระหว่างจุดสิ้นสุดของทางออกหนีไฟและทางสาธารณะ

“ทางผ่านหนีไฟ” (Exit Passageway) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของทางออกหนีไฟ ซึ่งกั้นแยกจากพื้นที่ภายในอื่นๆของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างโดยการก่อสร้างแบบทนไฟและการป้องกันช่องเปิด และเป็นทางออกหนีไฟแนวราบเพื่อไปยังทางปล่อยออกหรือทางสาธารณะ

“ทางลาด” (Ramp) หมายความว่า พื้นผิวทางเดินที่มีความลาดชันมากกว่า 1 หน่วยแนวตั้ง ต่อ 20 หน่วยแนวราบ (5 เปอร์เซ็นต์ ความลาดชัน)

“ทางสาธารณะ” (Public Way) หมายความว่า ถนน ตรอกหรือส่วนของพื้นที่ดินที่เปิดโล่งนอกอาคารที่นำไปสู่ถนน ที่มีการทำสัญญาหรือตกลงให้ใช้หรือมีการใช้อย่างถาวรเพื่อการสาธารณะและต้องมีความกว้างสุทธิและความสูงสุทธิปราศจากสิ่งกีดขวางไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

“ทางออกหนีไฟ” (Exit) หมายความว่า เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟที่มีการกั้นแยกจากพื้นที่ภายในอื่นๆของอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง โดยการก่อสร้างแบบทนไฟและการป้องกันช่องเปิดตามที่กำหนดไว้เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางหนีไฟระหว่างทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟและทางปล่อยออก ทางออกหนีไฟประกอบด้วย ประตูออกสู่ภายนอกอาคารที่ระดับพื้นดิน พื้นที่ส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟ ทางผ่านหนีไฟ บันไดออกสู่ภายนอกอาคาร ทางลาดออกสู่ภายนอกอาคารและทางออกหนีไฟแนวราบ

“ทางออกหนีไฟแนวราบ” (Exit, Horizontal) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของทางออกหนีไฟ จากอาคารหนึ่งไปยังพื้นที่อื่นที่อยู่ในอีกอาคารหนึ่งในระดับทางเดินที่เท่ากัน หรือเป็นส่วนของทางออกหนีไฟที่ผ่านหรืออ้อมกำแพงหรือผนังเพื่อไปยังอีกพื้นที่หนึ่งที่ระดับเท่ากันภายในอาคารเดียวกัน ที่ซึ่งมีความปลอดภัยจากไฟและควันไฟของพื้นที่ที่เกิดอัคคีภัยและพื้นที่ที่ต่อเนื่องกัน

“พื้นที่ชั้นทั้งหมด” (Floor Area, Gross) หมายความว่า พื้นที่ชั้นที่อยู่ภายในขอบเขตของผนังรอบนอกอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ช่องท่อและลาน ซึ่งไม่ต้องหักพื้นที่ของช่องทางเดิน ช่องบันได ตู้ฝ้าผนัง ความหนาของผนังภายนอก เสาหรือที่คล้ายคลึงกัน พื้นที่ชั้นของอาคารหรือส่วนใดๆ ที่ไม่มีผนังภายนอกอาคารล้อมรอบ แต่อยู่ภายในโครงสร้างหลังคาหรือใต้พื้นชั้นบน เหนือขึ้นไป ทั้งนี้พื้นที่ชั้นทั้งหมดจะไม่รวมช่องท่อที่ไม่มีช่องเปิดหรือลานภายในอาคาร

“พื้นที่ชั้นสุทธิ” (Floor Area, Net) หมายความว่า พื้นที่ชั้นที่ใช้สอยจริงโดยไม่รวมพื้นที่ที่ไม่ใช้งาน เช่น ช่องทางเดิน ช่องบันได ห้อง น้ำ ห้องเครื่องและ ตู้ฝ้าผนัง เป็นต้น

“ระดับทางปล่อยออก” (Exit Discharge, Level of) หมายความว่า ระดับพื้นแนวราบที่จุดสิ้นสุดของทางออกหนีไฟและเริ่มต้นทางปล่อยออก

“ราวจับ” (Handrail) หมายความว่า ราวในแนวราบหรือลาดเอียงเพื่อการจับยึดด้วยมือสำหรับนำทางหรือพยุงร่างกาย

“ส่วนปิดล้อมทางออกหนีไฟ” (Exit Enclosure) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของทางออกหนีไฟ ซึ่งแยกจากพื้นที่ภายในอื่นๆของอาคารหรือโครงสร้างโดยการก่อสร้างแบบทนไฟและการป้องกันช่องเปิด และเป็นทางหนีไฟแนวตั้งหรือในทิศทางแนวราบเพื่อนำไปสู่ทางปล่อยออกหรือทางสาธารณะ

“เส้นทางเดิน” (Aisles) หมายความว่า ส่วนของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟที่จัดให้เป็นส่วนของเส้นทางหนีไฟ เช่นทางเดินในโรงมหรสพ ระหว่างโต๊ะในร้านอาหาร เป็นต้น

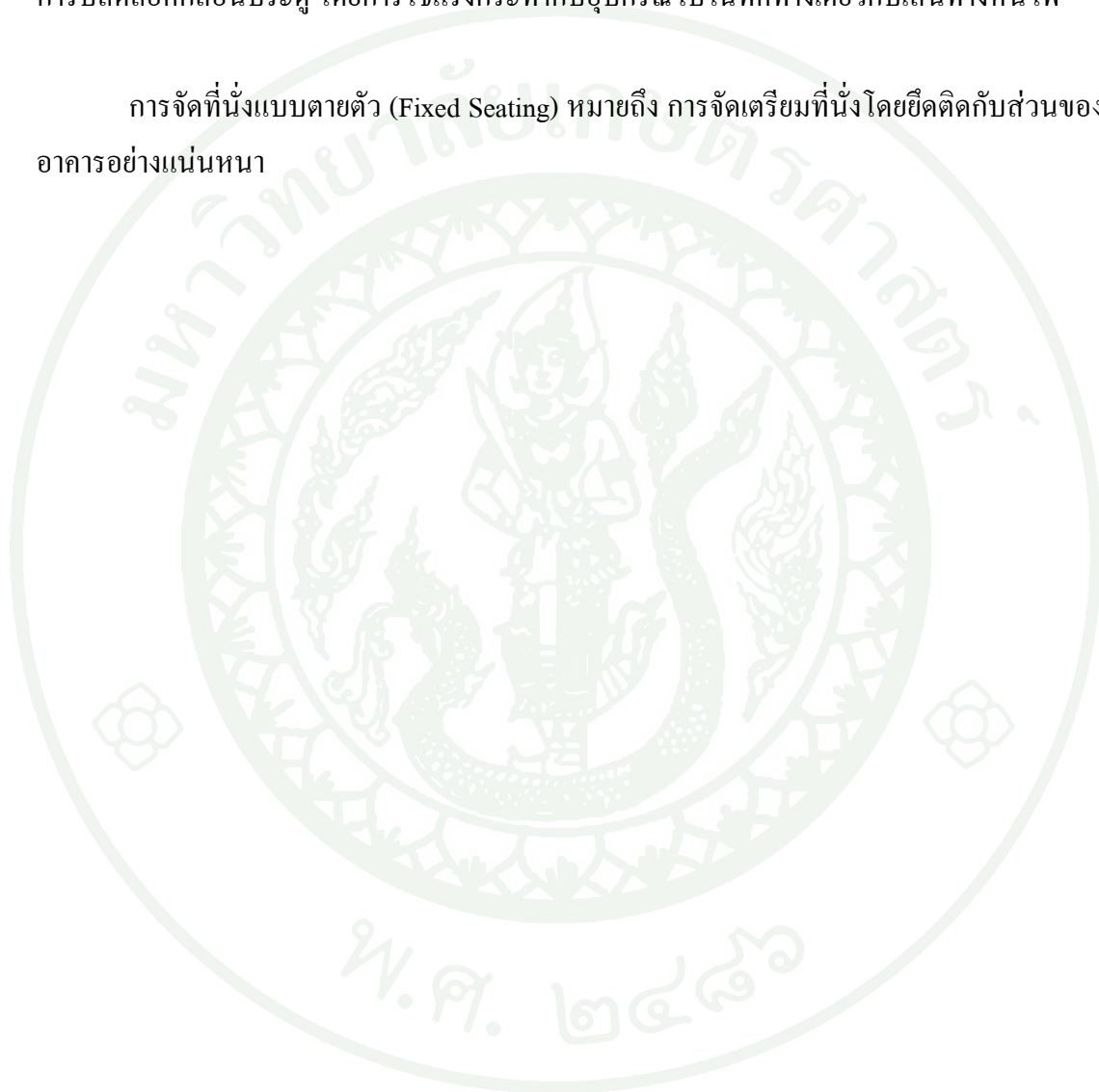
“เส้นทางหนีไฟ” (Means of Egress) หมายความว่า ทางที่ต่อเนื่องและไม่มีสิ่งกีดขวางของทางหนีไฟในแนวตั้งและแนวราบจากพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารหรือโครงสร้างเพื่อออกไปสู่ทางสาธารณะ เส้นทางหนีไฟประกอบด้วย 3 คือ ทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ทางออกหนีไฟ และทางปล่อยออก

“เส้นทางหนีไฟสำหรับผู้พิการ” (Accessible Means of Egress) หมายความว่า ทางต่อเนื่องโดยไม่มีสิ่งกีดขวางของเส้นทางหนีไฟจากจุดที่ผู้พิการเข้าถึงได้ในอาคารหรือสถานที่ออกไปสู่ทางสาธารณะ

“อุปกรณ์ช่วยเปิดประตูกันไฟ” (Fire Exit Hardware) หมายความว่า อุปกรณ์ช่วยเปิดประตูฉุกเฉินที่ได้รับการรับรองการทดสอบสำหรับใช้กับประตูกันไฟ

“อุปกรณ์ช่วยเปิดประตูฉุกเฉิน” (Panic Hardware) หมายความว่า อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับการปลดล็อกกลอนประตู โดยการใช้แรงกระทำกับอุปกรณ์ไปในทิศทางเดียวกับเส้นทางหนีไฟ

การจัดที่นั่งแบบตายตัว (Fixed Seating) หมายถึง การจัดเตรียมที่นั่งโดยยึดติดกับส่วนของอาคารอย่างแน่นหนา



การตรวจเอกสาร

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาข้อมูลภายในประเทศไทยในประเด็นที่เกี่ยวกับข้อมูลการเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่สำคัญ และ ข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคารของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ เพื่อเป็นข้อมูลอธิบายถึงสาเหตุที่ต้องนำมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code มาใช้เป็นเกณฑ์ในการวิจัยในเรื่องการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟในอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาถึงความสูญเสียจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ในประเทศไทย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอดีตของประเทศไทย จะทำการศึกษาข้อมูลการเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่โรงงานเคเดอร์ จังหวัดนครปฐมและโรงแรมรอยัลจอมเทียน จังหวัดชลบุรี เพื่อศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าทั้งสองกรณีเกิดการเสียชีวิตเนื่องจากเส้นทางหนีไฟไม่ปลอดภัย บันไดหนีไฟไม่เพียงพอ บันไดหนีไฟไม่มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ และพบว่าขาดการดูแลให้บันไดหนีไฟมีสภาพที่ปลอดภัย ไม่มีการตรวจสอบและควบคุม จึงทำให้มีการเก็บสิ่งของกีดขวางในเส้นทางหนีไฟและบันไดหนีไฟมีการปิดล็อกด้วยกุญแจ ดังรายละเอียดที่แสดงในรายการข้างล่างนี้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้ทำการศึกษาจากเอกสารทำผนวกของมาตรฐานป้องกันอัคคีภัยของ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) และข้อมูลการศึกษากรณีการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในบทที่ 2 การวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันในแผนแม่บทพัฒนาความปลอดภัยด้านอัคคีภัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2549-2559 โดยมีรายละเอียดที่ได้จากการศึกษา ดังนี้

ศึกษาเหตุการณ์เพลิงไหม้

กรณีที่ 1 เพลิงไหม้โรงงานผลิตตุ๊กตา โรงงานเคเดอร์ จังหวัดนครปฐม

ลักษณะอาคาร	เป็นอาคารสูง 4 ชั้น
กิจกรรมการใช้อาคาร	เป็นโรงงานผลิตตุ๊กตา มีอาคารที่ปลูกสร้างเชื่อมต่อเนื่องถึงกัน 3 หลัง
วันที่เกิดเหตุ	วันที่ 10 พฤษภาคม 2536 เวลาประมาณ 16.00 น.

สถานที่เกิดเหตุเกิดที่	อาคาร 1 ชั้น 1 ทางด้านทิศใต้ เป็นอาคารบรรจุ และจัดเก็บ ผลิตภัณฑ์ โรงงาน บริษัท เคเคอร์ อินดัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด และ บริษัท ไทยจิ๋ว อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
สาเหตุเริ่มต้น	ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าเป็นไฟฟ้าลัดวงจร หรือท่อกันบูหรื หรือการวางเพลิง
ความเสียหาย	จำนวนผู้เสียชีวิต 188 ราย เป็นคนงานในอาคาร 1 ซึ่งเป็น อาคารต้นเพลิง ไม่มีรายงานการเสียชีวิตในอาคารหลัง

อื่นๆ รวมทั้งอาคาร 2 และอาคาร 3 นอกจากนี้พบว่าอาคารเสียหาย 4 หลังมีสภาพโครงสร้าง
พังทลายจากอาคารวิบัติ

สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์รุนแรง และมีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก

1. ความบกพร่องของระบบทางหนีไฟ ทางออก ทางหนีไฟไม่เพียงพอต่อจำนวนของผู้ใช้
อาคาร และทางหนีไฟไม่ได้มาตรฐาน ถูกกีดขวางด้วยวัสดุอุปกรณ์ เป็นอุปสรรคต่อการอพยพ
ประตูด่านไฟฉุกเฉิน
2. ความบกพร่องของระบบป้องกันอัคคีภัย คือ ไม่ได้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
อัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System) และขาดการดูแลรักษาระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
3. ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) อาคาร 1 ไม่ทำงาน เนื่องจากขาดการ
ตรวจสอบ บำรุงรักษาอุปกรณ์
4. ความบกพร่องในการบริหารจัดการเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้อาคาร ขาดการควบคุม
เกี่ยวกับปริมาณและการจัดเก็บวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีการเก็บปริมาณมาก อีกทั้งเก็บใกล้แหล่ง
ที่มีความเสี่ยงอัคคีภัย เช่น ตู้ไฟฟ้า เป็นต้น จึงทำให้เกิดการลุกลามไปอย่างรวดเร็ว
5. ปัญหาการออกแบบอาคารที่ไม่มีการกั้นแยกหรือการแบ่งส่วนพื้นที่ และโครงสร้าง
เหล็กไม่มีระบบป้องกันไฟ ขาดการป้องกันช่องเปิดพื้นแนวดิ่ง (Vertical Opening Protection)
ไฟจึงลุกลามไปพื้นที่อื่นได้อย่างรวดเร็ว

6. ขาดความพร้อมในการจัดทำแผนฉุกเฉิน(Emergency Plan)การป้องกันและการซ่อม
อพยพหนีไฟ

7. พนักงานขาดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยขณะเกิดเหตุมี
การแจ้งให้ชะลอการหนีไฟ ทำให้การอพยพหนีไฟล่าช้า

กรณีที่ 2 เหตุการณ์ไฟไหม้โรงแรม รอยัล จอมเทียน พัทยา อ.บางละมุง จ. ชลบุรี

ลักษณะอาคาร	เป็นอาคารสูง 16 ชั้น
กิจกรรมการใช้อาคาร	เป็นโรงแรม ขนาด 400 ห้อง
วันที่เกิดเหตุ	วันที่ 11กรกฎาคม 2540
	เวลาประมาณ 9.30 น.
สถานที่เกิดเหตุ	จากห้องครัว ชั้นล่างของอาคารโรงแรม
สาเหตุเริ่มต้น	เกิดจากอุบัติเหตุถังแก๊สที่ใช้อุ่นอาหารเข้าในคอฟฟี่ช้อปล้ม ทำให้แก๊สรั่วไหล และสะสมปริมาณ มาก ไปกระทบปลั๊กไฟจาก การประกอบอาหารในห้องครัว เกิดการลุกไหม้อย่างฉับพลัน และระเบิด เพลิงลุกลามอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพื้นโรงแรมส่วน ใหญ่เป็นวัสดุที่ติดไฟได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นพรม ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ไม้ ประกอบกับที่ตั้งอาคารอยู่ติดกับทะเล จึงมีลม พัดแรง ทำให้ไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว
ความเสียหาย	- เสียชีวิต 91 ราย - อาคารเสียหายเกือบทั้งหมด

สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์รุนแรง และมีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก

1. ความบกพร่องของระบบทางหนีไฟ ทางหนีไฟไม่ได้มาตรฐานอาคารสูงเพราะเป็น
บันไดเวียน และถูกกีดขวางด้วยวัสดุอุปกรณ์ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการอพยพ รวมทั้งมีรายงานว่า
มีการปิดล็อกประตูทางออกจากบันไดดังกล่าวด้วย และประตูหนีไฟที่เปิดออกชั้นคาดฟ้าแล้ว
ไม่สามารถกลับเข้าสู่ช่องบันไดหนีไฟได้ ทำให้ต้องรอการช่วยเหลือทางอากาศเพียงทางเดียว

2. ความบกพร่องของระบบป้องกันอัคคีภัย ไม่ได้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System) เนื่องจากการก่อสร้างอาคารดำเนินการก่อนจะมีการประกาศใช้กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ซึ่งกำหนดเกี่ยวกับมาตรการเพื่อความปลอดภัยในอาคารสูง ในหมวดที่ 2 ว่าด้วยการระบายอากาศระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ สำหรับอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ จึงทำให้โรงแรมรอยัลจอมเทียนไม่ได้รับการออกแบบอาคารที่ได้มาตรฐาน คือไม่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ และไม่มีลิฟต์สำหรับพนักงานดับเพลิง

3. ช่องบันไดกลางอาคารไม่ได้ถูกปิดล้อมทำให้ไฟและควันไฟแพร่กระจายสู่ชั้นถัดไปจนลุกลามทั่วทั้งอาคารอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้คนไม่สามารถหนีไฟได้ทันเวลา

4. ความบกพร่องของอุปกรณ์ ขาดการตรวจสอบ บำรุงรักษาระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จึงทำให้อุปกรณ์ส่งสัญญาณแจ้งเตือนภัยไม่ทำงานขณะเกิดเหตุ จึงเป็นเหตุให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก เพราะหนีไม่ทัน

5. พนักงานและเจ้าหน้าที่ของโรงแรมขาดความรู้ความชำนาญในการระงับเหตุ ขาดการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน ไม่มีบุคลากรที่จะระงับเหตุเบื้องต้นได้ ขาดผู้บัญชาการเหตุฉุกเฉิน จึงทำให้เพลิงสามารถลุกลามต่อเนื่องไปยังพื้นที่ส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างรวดเร็ว

ผลการศึกษากฎหมายควบคุมอาคารของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ

จากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของต่างประเทศพบว่า หลายๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ออสเตรเลีย สิงคโปร์ มีการนำมาตรฐานสากล NFPA 101, *Life Safety Code* เป็นแนวทางในการจัดทำมาตรฐานในด้านการออกแบบและจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานก่อสร้างอาคารของประเทศ (Building Code) ที่มีการบังคับใช้และตรวจสอบการใช้อย่างเคร่งครัด แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้บรรจุเรื่องนี้ในกฎหมาย มีเพียงการนำมาตรฐาน NFPA101, *Life Safety Code* มาเรียบเรียงเพื่อกำหนดเป็นแนวทางในเรื่องมาตรฐานทางหนีไฟให้กับผู้ออกแบบ ซึ่งบรรจุอยู่ในมาตรฐานป้องกันอัคคีภัยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ฉบับปี 2551 เท่านั้น แต่ยังไม่ผลบังคับใช้ตามกฎหมาย จึงไม่ได้มีการนำมาใช้อย่างเป็นทางการแพร่หลายนัก ดังนั้นจึงพบว่าการออกแบบและจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟสำหรับอาคารที่ก่อสร้าง

ใหม่ของประเทศไทยนั้นจึงอ้างอิงและปฏิบัติตามกฎหมายเป็นสำคัญ ซึ่งข้อกำหนดในกฎหมายพระราชบัญญัติควบคุมอาคารจะเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำไว้เท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมอาคารในทุกกิจกรรมการใช้หรือครอบคลุมความถี่ที่แตกต่างกันไป โดยกฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องคือพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และยังมีกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น พระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรมและพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน เป็นต้น แต่กฎหมายที่เกี่ยวข้องเรื่องทางหนีไฟยังเป็นปัญหาย่อยมาก เนื่องจากกฎหมายไม่ได้สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะของอาคารและพฤติกรรมในการใช้อาคาร และรายละเอียดของกฎหมายแต่ละฉบับยังซ้ำซ้อน และมีข้อกำหนดที่ขัดแย้งกัน เช่น ขนาดประตูหนีไฟ ขนาดบันไดหนีไฟ ความสูงทางหนีไฟ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางหนีไฟ

หัวข้อ	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 55	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 33 (แก้ไข)	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 47 (อาคารเก่า)	พรบ. โรงงาน ฉบับที่ 2 (2535)	ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร 2544
ประตูหนีไฟ	อาคารขนาดเล็ก และทั่วไป	อาคารสูงและใหญ่ พิเศษ	อาคาร ≥ 4 ชั้น	อาคาร โรงงาน	-
กว้าง	สุทธิ ≥ 80 ซม.	≥ 90 ซม.	≥ 80 ซม.	≥ 110 ซม. (ถ้า > 50 คน ให้เพิ่ม 2 ซม. ต่อคน)	สุทธิ ≥ 80 ซม.
สูง	≥ 1.90 ม.	≥ 1.90 ม.	≥ 2.00 ม.	≥ 2.00 ม.	≥ 1.90 ม.
ทางออกหรือ บันได	บันได	บันได	ช่องทางออกสุดท้าย	-	บันได
บันได					
- กว้าง	≥ 80 ซม.	≥ 90 ซม.	≥ 110 ซม. ถ้า > 50 คน = 110 + 60 ซม. หรือเพิ่มช่องทาง ≥ 1 ทาง		กว้าง ≥ 90 ซม.
			รอบสิ่งของ, เครื่องจักร ≥ 80 ซม.		ไม่เกิน ≥ 1.50 ม.
- ลูกตั้ง	≤ 20 ซม.	≤ 20 ซม.	-		≤ 20 ซม.
- ลูกนอน	≥ 22 ซม.	≥ 22 ซม.	-		≥ 22 ซม.
ชนพัก	≥ 90 ซม.	≥ 90 ซม.	$\geq$ บันได		$\geq$ บันได
ราวจับ	-	≥ 1 ด้าน	-		≥ 1 ด้าน สูง 90 ซม.

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 55	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 33 (แก้ไข)	พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 47 (อาคารเก่า)	พรบ. โรงงาน ฉบับที่ 2 (2535)	ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร 2544
ระยะห่าง บันได	≤ 60 เมตร	≤ 60 เมตร	-		≤ 60 เมตร ทางตัน $\leq$ 10 ม.
ระยะห่าง ช่วงชานพัก	≤ 3 เมตร	-	-		≤ 3 เมตร

จากข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดในกฎหมายยังมีบางข้อที่ขัดแย้งกัน เช่น ขนาดความกว้างประตูหนีไฟที่ไม่ตรงกัน และไม่ได้มีแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะอาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การออกแบบเส้นทางหนีไฟในประเทศไทยไม่ได้เหมาะสมเพียงพอ นัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำมาตรฐานสากล NFPA ของ National Fire Protection Association ประเทศสหรัฐอเมริกา ในเรื่อง ความปลอดภัยต่อชีวิต อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA101, Life Safety Code Edition (2006) มาใช้ในการวิเคราะห์แบบแปลนเพื่อการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัย และ นำทฤษฎีที่ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมการอพยพหนีไฟ มาใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพจากจุดใดๆไปยังจุดที่ปลอดภัย โดยวิธีการแบบ Hydraulic Analogy ซึ่งจากการศึกษามาตรฐานจะอธิบายเนื้อหาพอสังเขปเพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำงานวิจัย

ผลการศึกษามาตรฐาน NFPA101, Life Safety Code และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

จากผลการตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับกฎหมายควบคุมอาคาร พบว่าข้อกำหนดในกฎหมายหลายฉบับที่เกี่ยวข้องในเรื่องการออกแบบทางหนีไฟมีรายละเอียดที่ขัดแย้งกัน จึงเป็นเหตุให้มีการหลีกเลี่ยงการปฏิบัติตามกฎหมาย หรือเจตนาที่ไม่ปฏิบัติตามกฎหมายเนื่องจากเกิดความสับสนและยุ่งยากต่อการปฏิบัติ และจากกรณีการเสียชีวิตจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ทั้ง 2 กรณีที่ได้ทำการศึกษา ก็พบว่าล้วนเป็นข้อบกพร่องของทางหนีไฟทั้งสิ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำมาตรฐาน NFPA (National Fire Protection Association) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในเรื่อง ความปลอดภัยต่อชีวิตโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA101, Life Safety Code Edition (2006) มาใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบเส้นทางหนีไฟ และ นำทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาถึงพฤติกรรมของการอพยพหนีไฟมาใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพจากจุดใดๆ ไปยังจุดที่ปลอดภัย โดยวิธีการแบบ Hydraulic Analogy จะอธิบายเนื้อหาพอสังเขป โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ โดยใช้มาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code Edition (2006) และสรุปผลการวิเคราะห์มาตรฐานเพื่อนำมาใช้กับอาคารต้นแบบที่ทำการวิจัย

2. การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณระยะเวลาในการอพยพ โดยวิธีการแบบ Hydraulic Analogy

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ มาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code, Edition 2006

มาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code เป็นมาตรฐานของสมาคมป้องกันอัคคีภัย (National Fire Protection Association) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในเรื่อง ความปลอดภัยอัคคีภัย เป็นแนวทางในการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายและนำไปใช้ในการออกแบบอาคารที่สำคัญๆ ทั่วโลก โดยมาตรฐานนี้ได้มีการกำหนดประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) โดยพิจารณาจากลักษณะอาคาร ลักษณะของผู้ใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร เพื่อจำแนกตามลักษณะความเสี่ยงและจัดทำมาตรฐานเส้นทางหนีไฟให้เหมาะสมกับแต่ละประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) มาตรฐานนี้มีเป้าหมายให้สามารถจัดเตรียมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย ภายใต้เหตุการณ์ไฟไหม้และเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อปกป้องผู้ใช้อาคารที่ไม่ได้อยู่ใกล้ชิดกับแหล่งต้นเพลิง และเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้แหล่งต้นเพลิง และให้มีการอพยพผู้คนในกรณีฉุกเฉินไปยังที่ปลอดภัยอย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของมาตรฐานนี้คือจะต้องออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างของอาคาร เพื่อสามารถปกป้องผู้ใช้อาคารตลอดระยะเวลาในการอพยพออกไปนอกอาคาร โดยโครงสร้างของอาคารจะต้องมีความมั่นคงในระหว่างที่ผู้ใช้อาคารอพยพออกไปนอกอาคาร และต้องติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยให้ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพเพียงพอ โดยต้องมีการออกแบบที่ได้มาตรฐานและมีการตรวจสอบ คู่มือรักษาให้ระบบมีการทำงานที่เชื่อถือได้ ในการแบ่งประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร(Classification of Occupancy) และอันตรายของวัสดุในอาคาร (Hazard of Contents) ตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็นดังนี้

1. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) เป็นสถานที่ชุมนุมคน มีผู้ใช้อาคารหนาแน่น ผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยสถานที่ เช่น สถานที่สำหรับการรับประทานอาหารหรือห้องประชุมห้องอบรม สถานที่สำหรับจัดงานพิธีการต่างๆ การบวงสรวง สถานที่เพื่อความบันเทิงเพื่อการรับประทานอาหาร การดื่ม ภัตตาคาร การร่อนเดินทาง หรือในลักษณะอื่นที่ใกล้เคียง โดยที่มีจำนวนผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป หรือ เป็นอาคารเพื่อความบันเทิงแบบพิเศษโดยที่ไม่คำนึงถึงจำนวนจำนวนผู้ใช้อาคาร
2. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทสถานศึกษา (Educational Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการศึกษาเล่าเรียนจนถึงระดับมัธยมศึกษาโดยมีจำนวนผู้ใช้อาคารอย่างน้อย 6 คน มีเวลาทำการอย่างน้อยวันละ 4 ชั่วโมงหรืออย่างน้อยสัปดาห์ละ 12 ชั่วโมง
3. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน (Day Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการรับเลี้ยงดูเด็กเล็กจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป โดยมีเวลาทำการน้อยกว่า 24 ชั่วโมงต่อวัน
4. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทรักษาพยาบาล (Health Care) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการรักษาพยาบาลผู้ป่วยจำนวนตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ซึ่งผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เนื่องจาก สูงอายุ พิจารทางด้านร่างกาย หรือสภาพจิตไม่ปกติ
5. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทรักษาพยาบาลผู้ป่วยนอก(Ambulatory Health Care Occupancy) เป็นสถานที่ที่ได้จัดเตรียมอุปกรณ์ที่สามารถรองรับผู้ป่วยนอกเพื่อการรักษาพยาบาลในภาวะฉุกเฉิน ตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป

6. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทกักขังและลงโทษ (Detention and Correctional Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อกักขังและลงโทษนักโทษตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป

7. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทที่อยู่อาศัย (Residential Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่ออยู่อาศัยหลับนอน ผู้ใช้อาคารอยู่ในภาวะหลับไหล ซึ่งจะประกอบด้วยผู้คนทุกวัย ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เมื่อเกิดสภาวะฉุกเฉิน

8. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทที่อยู่อาศัยและให้การดูแล (Residential Board and Care Occupancy) เป็นสถานที่อยู่อาศัยและให้การดูแลบุคคลที่มาอยู่ร่วมกัน โดยไม่ได้เกี่ยวข้องกันทางสายเลือด ตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป เช่น สถานสงเคราะห์ต่างๆ

9. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทค้าขาย (Mercantile Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อแสดงหรือขายสินค้า

10. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทประกอบธุรกิจ (Business Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อการทำบัญชี เป็นสำนักงาน เป็นสถานที่ที่เกี่ยวกับการเก็บรักษาข้อมูล หรือการติดต่อทางธุรกิจ โดยสถานที่นั้นไม่เกี่ยวข้องกับการค้าขาย และเป็นสถานที่สำหรับการศึกษาในระดับวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ที่มีห้องเรียนบรรจุได้น้อยกว่า 50 คน

11. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทกิจการโรงงาน (Industrial Occupancy) เป็นสถานที่ที่ใช้เพื่อดำเนินการผลิต การประกอบ การรวม การบรรจุ การตกแต่ง หรือการซ่อมแซมสินค้า

12. กิจกรรมการใช้อาคารประเภทจัดเก็บสินค้า (Storage Occupancy) เป็นสถานที่ที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อจัดเก็บสินค้า ผลิตผล รถยนต์ หรือผลิตผลจากสัตว์

ในแต่ละกิจกรรมการใช้อาคารนั้น ยังต้องจัดแบ่งประเภทตามระดับอันตรายของวัสดุในอาคาร(Hazard of Contents) ประกอบด้วย ประเภทวัสดุอันตรายต่ำ วัสดุอันตรายปานกลาง หรือ วัสดุอันตรายสูง ซึ่งมีรายละเอียดในการจำแนกประเภทได้ดังนี้

1. วัสดุอันตรายต่ำ (Low Hazard Contents) คือ วัสดุที่สามารถถูกติดไฟได้น้อย และไฟที่เกิดขึ้นไม่ลุกลามไปยังบริเวณอื่น

2. วัสดุอันตรายปานกลาง (Ordinary Hazard Contents) คือ วัสดุที่เมื่อติดไฟแล้วจะมีความเร็วในการเผาไหม้ปานกลางหรือเกิดควันไฟในปริมาณมาก

3. วัสดุอันตรายสูง (High Hazard Contents) คือ วัสดุที่เมื่อติดไฟแล้วจะเกิดการเผาไหม้รุนแรงอย่างรวดเร็วหรืออาจจะเกิดการระเบิดขึ้นได้ เช่น คลังน้ำมันเชื้อเพลิง สถานที่ผลิตแก๊สหุงต้ม เป็นต้น

สรุปผลการวิเคราะห์มาตรฐานเพื่อนำมาใช้กับอาคารต้นแบบที่ทำการวิจัย

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่จะทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยในเรื่องเส้นทางหนีไฟและระยะเวลาในการอพยพออกจากอาคาร สามารถวิเคราะห์และพิจารณาประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็นประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) และวัสดุภายในอาคารมีอันตรายในระดับปานกลาง (Ordinary Hazard Contents) เนื่องจากพื้นที่ใช้สอยถูกใช้เป็นห้องเรียนในระดับมหาวิทยาลัยและเป็นห้องพักอาจารย์ มีวัสดุตกแต่งอาคารและเฟอร์นิเจอร์ทำจากไม้ ที่สามารถถูกติดไฟได้เป็นอย่างดี สำหรับห้องหรือพื้นที่ใดๆ ที่มีจำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 50 คน จะพิจารณาเป็นประเภทกิจกรรมการใช้อาคารแบบชุมนุมคน (Assembly Occupancy) เนื่องจากมีจำนวนคนหนาแน่น ดังนั้นต้องออกแบบเส้นทางหนีไฟให้เพียงพอและเหมาะสมต่อไป

ในการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code จะพิจารณาตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางหนีไฟในบทที่ 7 Means of Egress เป็นหลัก และต้องใช้รายละเอียดปลีกย่อยในบทที่เกี่ยวข้องกับแต่ละประเภทกิจกรรมการใช้อาคารโดยตรงอีก เช่น บทที่ 38 เป็นข้อกำหนดสำหรับอาคารประเภทธุรกิจที่ก่อสร้างใหม่ (New Business Occupancies) และ บทที่ 12 เป็นอาคารชุมนุมคนที่ก่อสร้างใหม่ (New Assembly Occupancies)

สำหรับประเด็นที่จะใช้ในการพิจารณาเพื่อการจัดเตรียมและออกแบบเส้นทางหนีไฟ มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ประเภทกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ (Classification of Occupancy)
2. การวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร (Number of Occupant Load)
3. การวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)
4. การวิเคราะห์ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)
 - 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) หมายถึง การจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยจากไฟและควัน โดยจะต้องออกแบบให้มีการปิดกั้นพื้นที่ หรือแยกส่วนพื้นที่หนีไฟด้วยวัสดุที่ทนไฟและควันได้ เช่น การปิดล้อมบันไดหนีไฟด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงสำหรับอาคารที่เชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป เป็นต้น
6. การวิเคราะห์องค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)
 - 6.1 ประตู (Doors)
 - 6.2 บันได (Stairs)

6.3 ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)

6.4 ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (Walking Surfaces in the Means of Egress)

6.5 การเปลี่ยนระดับในเส้นทางหนีไฟ (Changes in Level in Means of Egress) และ ราวกันตก (Guards)

6.6 ทางปล่อยออก (Discharge from Exits)

6.7 แสงสว่างในเส้นทางหนีไฟ (Illumination of Means of Egress) และแสงสว่าง ฉุกเฉิน (Emergency Lighting)

6.8 การทำเครื่องหมายในเส้นทางหนีไฟ (Marking of Means of Egress)

ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดเนื้อหาในมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code พอสังเขปดังนี้

แนวทางการวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร (Number of Occupant Load)

ในการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่เพียงพอเหมาะสม จะต้องจัดให้เหมาะสมกับลักษณะของ
ผู้ใช้อาคาร พฤติกรรมและจำนวนของผู้ใช้อาคาร เนื่องจากสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็ว
ในการเคลื่อนที่ของคน เช่น พื้นที่ใดๆที่มีผู้ใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นผู้ที่ช่วยเหลือตนเองไม่ได้
ผู้ป่วย ผู้พิการ เด็ก และผู้สูงอายุย่อมเคลื่อนที่ช้ากว่าผู้ที่มีสภาพร่างกายปกติ และพื้นที่ใดๆ ที่มีผู้ใช้อาคาร
หนาแน่น เป็นผู้ที่ไม่คุ้นเคยสถานที่ เป็นสถานที่ที่ชุมนุมคนก็จะทำให้มีผลต่อความเร็วในการ
เคลื่อนที่ของคนด้วยเช่นกัน ต้องใช้ระยะเวลาในการอพยพมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัย
ต่อชีวิตขณะเกิดเหตุฉุกเฉินใดๆในอาคาร

ดังนั้นจำนวนคนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์และจัดเตรียมขนาดช่องทาง
ออกให้เหมาะสมและเพียงพอผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนไปถึงจุดปลอดภัยหรือภายนอก
อาคารเกณฑ์ในการวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคารจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของอาคาร (Area) และ
ค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) โดยค่าประกอบความจุของผู้ใช้

อาคารจะเป็นค่าที่ระบุถึงความต้องการพื้นที่หน่วยเป็นตารางเมตรหรือตารางฟุตต่อคน ซึ่งจะแสดงไว้ในตารางที่ 2

$$\text{จำนวนคน} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ความจุผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}} \quad (1)$$

หมายเหตุ ผลที่ได้จากการคำนวณต้องนำมาเปรียบเทียบกับจำนวนคนที่จะมีอยู่จริงในพื้นที่นั้นๆ เช่น ถ้าระบุว่าจำนวนคนที่จะมีอยู่จริงมากกว่าผลการคำนวณ จะต้องนำค่าที่มากกว่าไปใช้งาน เพราะจะต้องจัดเตรียมขนาดเส้นทางหนีไฟให้เพียงพอกับจำนวนคนที่มีอยู่จริง

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร

การใช้งาน	ตารางเมตร (ต่อคน) ¹	ตารางฟุต (ต่อคน) ¹
ประเภทชุมนุมชน		
คนหนาแน่น ไม่จัดที่นั่งแบบยึดติด	0.65 สุทธิ	7 สุทธิ
คนไม่หนาแน่น ไม่จัดที่นั่งแบบยึดติด	1.4 สุทธิ	15 สุทธิ
จัดที่นั่งเป็นเก้าอี้นั่งยาว	1 คน / ความยาว 455 มม.	1 คน / ความยาว 18 นิ้ว
จัดที่นั่งแบบยึดติด	จำนวนของที่นั่งแบบยึดติด	จำนวนของที่นั่งแบบยึดติด
บริเวณรอยต่อ	ดู 12.1.7.2 และ 13.1.7.2	ดู 12.1.7.2 และ 13.1.7.2
ห้องครัว	9.3	100
พื้นที่เก็บหนังสือในห้องสมุด	9.3	100
พื้นที่อ่านหนังสือในห้องสมุด	4.6 สุทธิ	50 สุทธิ
สระว่ายน้ำ	4.6 (ผิวน้ำ)	50 (ผิวน้ำ)
ห้องแต่งตัวของสระว่ายน้ำ	2.8	30
ห้องออกกำลังกายที่มีอุปกรณ์	4.6	50
ห้องออกกำลังกายที่ไม่มีอุปกรณ์	1.4	15
เวที	1.4 สุทธิ	15 สุทธิ
เวทีเดินแบบและห้องแสดงภาพ	9.3 สุทธิ	100 สุทธิ
คาสีโนและพื้นที่เล่นเกมสล็อตที่คล้ายคลึง	1	11
ลานสเก็ต	4.6	50

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การใช้งาน	ตารางเมตร (ต่อคน) ¹	ตารางฟุต (ต่อคน) ¹
ประเภทสถานศึกษา		
ห้องเรียน	1.9 สุตติ	20 สุตติ
โรงงาน ห้องทดลอง ห้องทำงาน	4.6 สุตติ	50 สุตติ
ประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน	3.3 สุตติ	35 สุตติ
ประเภทรักษาพยาบาล		
ส่วนรักษาคอนไจ	22.3	240
ส่วนพักอาศัย	11.1	120
ประเภทกักขังและลงโทษ	11.1	120
ประเภทที่อยู่อาศัย		
โรงแรมและหอพัก	18.6	200
อาคารห้องชุด	18.6	200
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแลขนาดใหญ่	18.6	200
ประเภทกิจการโรงงาน		
โรงงานแบบธรรมดาและแบบอันตรายสูง	9.3	100
โรงงานเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ	ไม่ใช่	ไม่ใช่
ประเภทประกอบธุรกิจ	9.3	100
ประเภทจัดเก็บสินค้า (ยกเว้นห้องเก็บของ ในร้านค้า)	ไม่ใช่	ไม่ใช่
ประเภทค้าขาย		
พื้นที่ค้าขายบนชั้นถนน ^{2,3}	2.8	30
พื้นที่ค้าขายบนชั้นถนนตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ³	3.7	40
พื้นที่ค้าขายบนชั้นที่ต่ำกว่าชั้นถนน ³	2.8	30
พื้นที่ค้าขายบนชั้นที่สูงกว่าชั้นถนน ³	5.6	60
ชั้นหรือส่วนของชั้นที่ใช้เป็นสำนักงาน	ดูประเภทประกอบธุรกิจ	ดูประเภทประกอบธุรกิจ
ชั้นหรือส่วนของชั้นที่ใช้สำหรับจัดเก็บรับ ของ และส่งของ และไม่ได้เปิดสู่ที่สาธารณะ	27.9	300

ตารางที่ 2 (ต่อ)

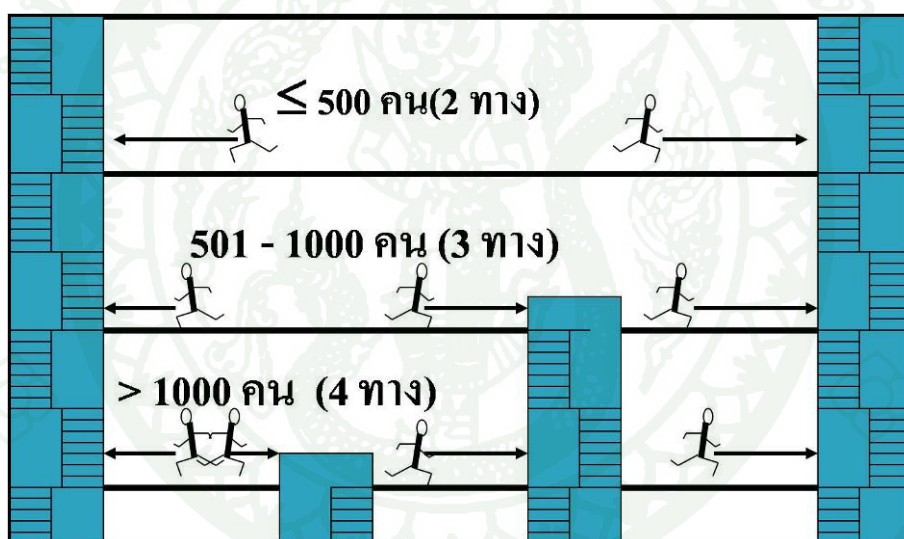
หมายเหตุ ไม่ใช่ หมายความว่าใช้จำนวนผู้ใช้อาคารที่มากที่สุดที่จะมีได้

- ¹ ทุกค่าจะแสดงถึงพื้นที่ทั้งหมด ยกเว้นแต่ว่าเป็นพื้นที่สุทธิ จะมีค่าว่าสุทธิต่อท้าย
- ² จุดประสงค์เพื่อสำหรับการหาความจุของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ครอบครองประเภทค้าขาย เนื่องจากว่ามีถนนที่มีระดับต่างกันหลายระดับที่แต่ละด้านของอาคาร อาจจะมีสองชั้น หรือมากกว่าที่สามารถเข้ามาจากถนนได้โดยตรง (ยกเว้นแต่ว่าเป็นถนนในตรอกหรือถนนอื่นที่คล้ายคลึง) ยินยอมให้พิจารณาทุกชั้นเป็นชั้นถนนได้ โดยมีค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารต่อ 1 คน เท่ากับ 3.7 ตารางเมตร (40 ตารางฟุต) ของพื้นที่สุทธิที่ใช้ค้าขาย
- ³ จุดประสงค์เพื่อสำหรับการหาความจุของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ครอบครองประเภทค้าขาย ในกรณีที่ไม่มีชั้นถนน แต่สามารถเข้าได้โดยตรงจากบันไดหรือบันไดเลื่อน ยินยอมให้พิจารณาชั้นทางเข้าสู่พื้นที่ครอบครองประเภทค้าขายเป็นชั้นถนนได้
- ⁴ สำหรับลานขายอาหารหรือพื้นที่ที่ใช้สำหรับชุมนุมชนชนิดอื่นที่อยู่ในโรงทางเดิน โดยที่ไม่รวมส่วนพื้นที่ให้เข้าทั้งหมดของอาคาร โรงทางเดิน ความจุของผู้ใช้อาคาร จำนวนจากตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารตามที่ระบุในตารางนี้โดยส่วนที่เหลือของพื้นที่โรงทางเดินไม่ต้องพิจารณาให้มีผู้ใช้อาคาร
- ⁵ ส่วนของโรงทางเดินที่ถูกพิจารณาว่าเป็นทางเดินและไม่ได้ถูกใช้เป็นพื้นที่ให้เข้าทั้งหมดไม่ต้องคำนวณหาความจุของผู้ใช้อาคารตามที่ระบุในตารางนี้ อย่างไรก็ตามต้องมีเส้นทางหนีไฟจากทางเดินในโรงทางเดิน โดยสามารถคำนวณความจุของผู้ใช้อาคารด้วยการหารพื้นที่ให้เข้าทั้งหมดของอาคาร โรงทางเดิน (ไม่นับรวมพื้นที่เก็บสินค้า) ด้วยค่าตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมและต่ำที่สุด แต่ละพื้นที่ให้เข้าต้องมีเส้นทางหนีไฟไปยังภายนอกอาคารหรือไปยังโรงทางเดิน โดยคำนวณหาความจุของผู้ใช้อาคารจากตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมตามที่ระบุในตารางนี้และแต่ละพื้นที่เก็บสินค้าต้องมีเส้นทางหนีไฟที่เป็นอิสระจากโรงทางเดิน

แนวทางการวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

จากมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code ระบุให้จำนวนเส้นทางหนีไฟต้องมีไม่น้อยกว่า 2 ทาง และเมื่อพิจารณาตามจำนวนผู้ใช้อาคารแล้วจะต้องจัดเตรียมจำนวนเส้นทางหนีไฟออกจากพื้นที่ใด ให้เหมาะสมกับจำนวนคน ดังนี้

- | | |
|---|-----------------------|
| - จำนวนผู้ใช้อาคารไม่เกิน 500 คน | ต้องมีอย่างน้อย 2 ทาง |
| - จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 500 คน ไม่เกิน 1,000 คน | ต้องมีอย่างน้อย 3 ทาง |
| - จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 1,000 คน | ต้องมีอย่างน้อย 4 ทาง |



ภาพที่ 1 แสดงจำนวนเส้นทางหนีไฟ

ที่มา: มาตรฐาน NFPA

สำหรับขนาดเส้นทางไฟฟ้า จะต้องมีการจัดเตรียมให้มีขนาดเพียงพอกับจำนวนผู้ใช้อาคาร โดยใช้ตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor) ตามตารางที่ 3 ในการคำนวณหาขนาดเส้นทางไฟฟ้าในแนวราบและทางลาดชัน และขนาดความกว้างบันไดไฟฟ้า ซึ่งตัวประกอบความสามารถทางไฟฟ้าจะแตกต่างตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)

ประเภทกิจกรรมการใช้ อาคาร	บันได		ทางราบและทางลาดชัน	
	(ความกว้างต่อคน)		(ความกว้างต่อคน)	
	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	10	0.4	5	0.2
รักษาพยาบาล (ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	7.6	0.3	5	0.2
รักษาพยาบาล (ไม่ได้ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	15	0.6	13	0.5
มีวัสดุอันตรายสูง	18	0.7	10	0.4
อื่น ๆ	7.6	0.3	5	0.2

สมการคำนวณขนาดความสามารถในเส้นทางหนีไฟ

(2)
$$\text{ความสามารถในเส้นทางหนีไฟ} = \text{จำนวนคน (คน)} \times \text{ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)}$$

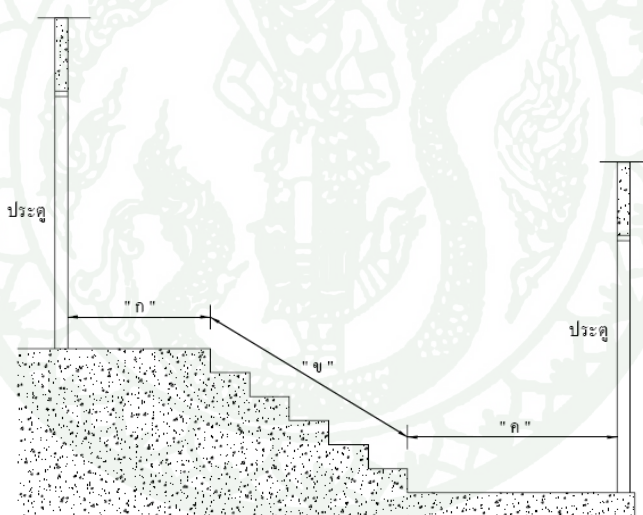
การวิเคราะห์ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)

ระยะทางในการเคลื่อนที่ของคนออกจากจุดใดๆ ในพื้นที่จะต้องมีการพิจารณาเลือก ระยะทางที่สั้นที่สุด เพื่อให้สามารถไปถึงจุดปลอดภัยได้อย่างรวดเร็ว ตามมาตรฐาน NFPA101, Life Safety Code จะจำกัดระยะทางการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 3 ส่วน แยกตามประเภทกิจกรรม การใช้อาคารและอาคารที่มีการป้องกันด้วยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System) อธิบายพอสังเขป ดังนี้

1. “ระยะทางสัญจร (Travel Distance)” ตามคำนิยามในท้ายผนวก จะเป็นระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดใดๆ ในอาคารหรือในพื้นที่ไปยังจุดปลอดภัยหรือจุดที่มีการป้องกันด้วยการก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟ ซึ่งจะต้องไม่เกินค่ามาตรฐาน จุดปลอดภัย (Point of Safety) ในที่นี้หมายถึงจุดที่มีการปิดล้อมป้องกันอันตรายจากไฟได้ด้วยการก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟ เช่น ประตูทนไฟ (Exit Door) หรือออกนอกอาคารที่จุดปล่อยออก (Exit Discharge)

การวัดระยะสัญจร

- การวัดระยะสัญจร ให้วัดที่ระดับพื้นตรงกลางทาง โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงตรงกลางประตูทางหนีไฟ หรือจุดปลอดภัยที่อยู่ใกล้ที่สุด กรณีเป็นบันได การวัดระยะสัญจรให้วัดบนสันของจุกบันได



ภาพที่ 2 แสดงการวัดระยะสัญจรของบันได

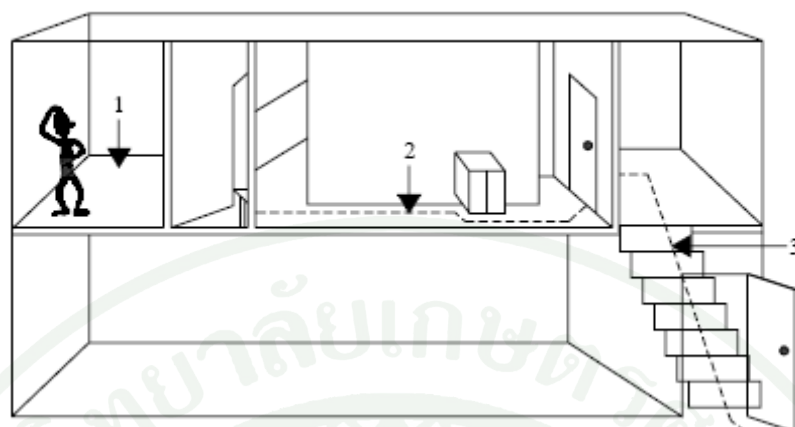
ที่มา: หนังสือมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย E.I. T.Standard Z3002-51)

- กรณีที่เส้นทางไปสู่ทางหนีไฟมีบันไดหรือทางลาดเอียงแบบเปิดโล่ง การวัดระยะสัญจรต้องรวมระยะทางของบันไดหรือทางลาดเอียงจนถึงประตูทางออกภายนอกอาคาร หรือประตูทางหนีไฟ เข้ากับระยะทางจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงจุดเริ่มต้นของบันได หรือทางลาดเอียง

- กรณีบันไดภายนอกอาคารแบบเปิดโล่งไม่มีผนังทนไฟกันแยก และไม่มีการป้องกันช่องเปิดในระยะ 3 เมตรวัดตามแนวระดับ การวัดระยะสัญญาณต้องรวมระยะทางของบันไดจนถึงระดับชั้นพื้นดิน เข้ากับระยะทางจากตำแหน่งที่ไกลที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงจุดเริ่มต้นของบันไดหรือทางลาดเอียง

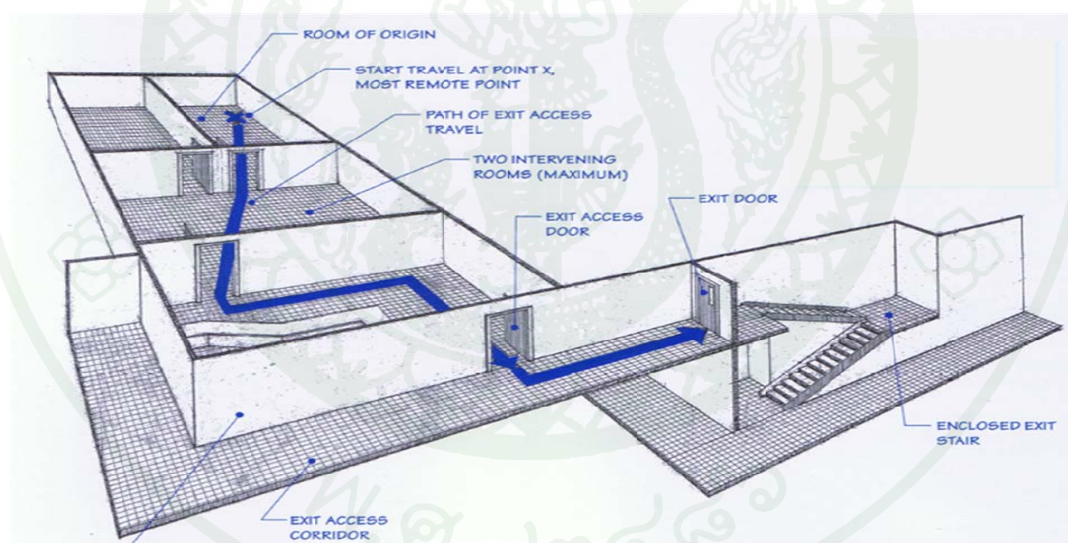
- การวัดระยะสัญญาณจากจุดใดๆ ถึงทางหนีไฟ จะประกอบด้วย

- 1) จากจุดเริ่มต้นภายในพื้นที่หรือห้องใดๆ ของอาคารที่ไกลที่สุด
- 2) หลังออกจากพื้นที่หรือห้องใดๆ วัดระยะไปตามแนวเส้นทางเดินที่จะนำไปสู่ทางหนีไฟ ทั้งนี้หากมีอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางใดๆ จะต้องวัดระยะโดยอ้อมหลบสิ่งกีดขวางนั้นๆ ไปบนเส้นทางเดิน
- 3) ในกรณีที่บันไดหรือทางลาดเอียงใดๆ ที่ไม่มีการปิดล้อมเพื่อป้องกันควันและไฟ หรือการปิดล้อมไม่สมบูรณ์ ระยะทางภายในเส้นทางเดินส่วนนี้จะถูกรวมเป็นระยะสัญญาณด้วย ดังที่แสดงตัวอย่างในภาพที่ 3
- 4) จุดสิ้นสุดจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่เข้าสู่ทางหนีไฟหรือพื้นที่ปลอดภัย หรือที่สาธารณะระดับพื้นดิน



ภาพที่ 3 แสดงการวัดระยะสำหรับบันไดที่เปิดโล่งไม่มีการปิดล้อมป้องกันควันไฟ

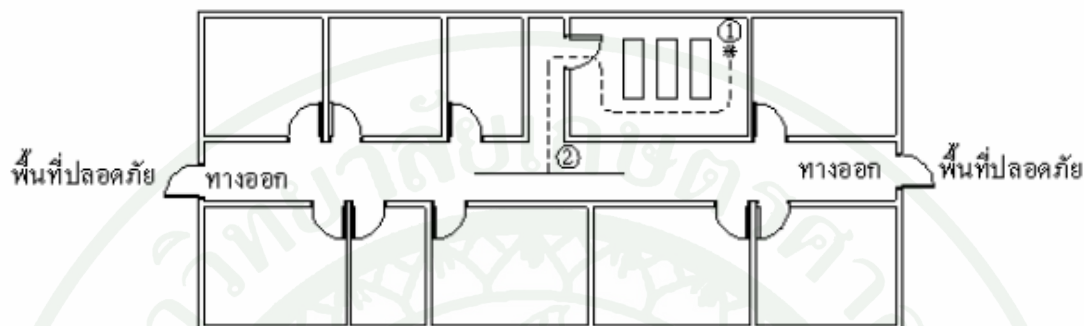
ที่มา: มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย E.I.T.Standard 3002-51



ภาพที่ 4 แสดงการวัดระยะสำหรับรวม

ที่มา: มาตรฐาน NFPA

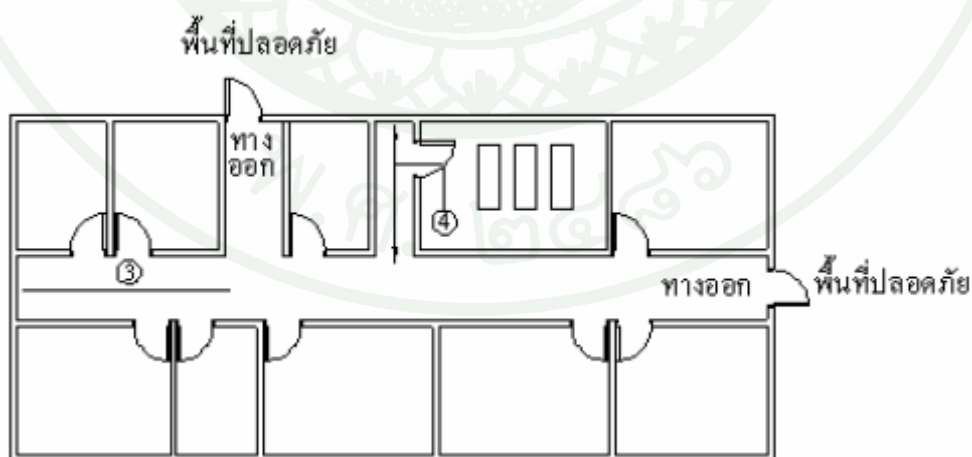
2. “ทางบังคับร่วม” (Common Path of Travel) หมายความว่า ส่วนหนึ่งของทางเข้าสู่ทางออกหนีไฟ ที่ซึ่งผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเดินผ่านทางนี้ก่อนที่จะถึงทางแยกซึ่งเป็นทางแยกที่นำไปสู่ทางออกหนีไฟสองทาง ซึ่งจะเป็นจุดที่มีทางเลือกในการหนีไฟไม่ถูกบังคับให้ไปในเส้นทางเดียว



ภาพที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ทางบังคับร่วม ระยะจากหมายเลข ① จนถึงหมายเลข ② ตามภาพ

ที่มา: มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย E.I.T.Standard 3002-51

3. “ทางปลายตัน” (Dead Ends Corridor) หมายความว่า เป็นเส้นทางในทางเดินที่มีปลายตัน ถ้ามีการหลงเข้าไปในเส้นทางนี้จะทำให้เสียเวลาในการย้อนกลับ ต้องมีการควบคุมไม่ให้มีระยะทางปลายตันในเส้นทางหนีไฟ



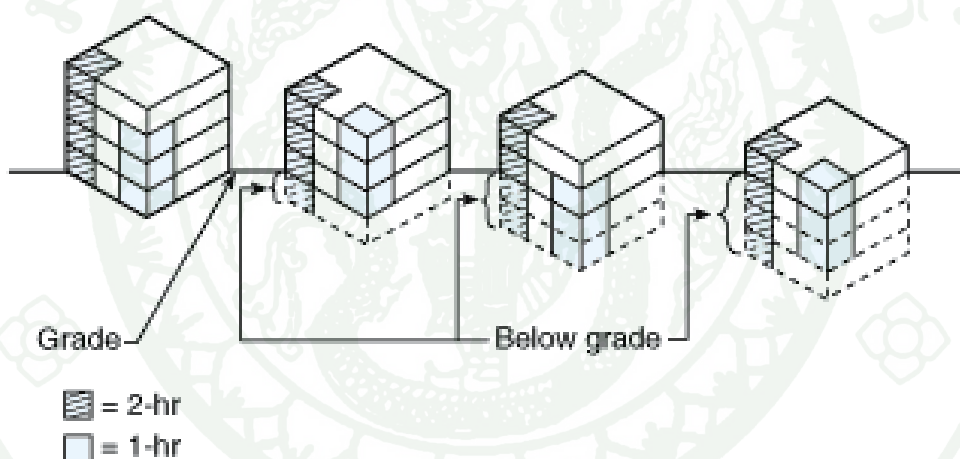
ภาพที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ทางปลายตัน ตามระยะหมายเลข ③และหมายเลข ④

ที่มา: มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย E.I.T.Standard 3002-51

การวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

หมายถึงการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยจากไฟและควัน โดยจะต้องออกแบบให้มีการปิดกั้นพื้นที่ หรือแยกส่วนพื้นที่หนีไฟด้วยวัสดุที่ทนไฟและควันได้ ดังนี้

- 1) ถ้าทางหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง
- 2) ถ้าทางหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ซึ่งรวมถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางหนีไฟด้วย



ภาพที่ 7 แสดงการกั้นแยกบันไดด้วยผนังทนไฟตามข้อ (1)และ(2)

ที่มา: มาตรฐาน NFPA

- 3) ช่องเปิดต่าง ๆ ต้องป้องกันด้วยประตูทนไฟ (Fire Doors) โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ดึงหรือสลักบานประตูให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งปิดอย่างสนิทได้เองโดยอัตโนมัติด้วย

4) ช่องเปิดที่เจาะทะลุส่วนปิดล้อมทางหนีไฟนั้น ยินยอมให้เฉพาะประตูที่เปิดจากช่องผ่านหรือพื้นที่ใช้งานเข้าสู่ทางหนีไฟ และประตูทางออกจากทางหนีไฟเท่านั้น ยกเว้นแต่ว่าเป็นไปตามเงื่อนไข ดังนี้

- 4.1) ท่อร้อยสายไฟที่จำเป็นต้องใช้ในบ้านใด
- 4.2) ระบบท่อและอุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบอัดอากาศในบ้านใด
- 4.3) ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำที่จำเป็นต่อการทำความเย็นหรือทำความร้อนในส่วนปิดล้อมทางหนีไฟ
- 4.4) ท่อในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง
- 4.5) ท่อในระบบท่ออื่น
- 4.6) การเจาะทะลุที่มีอยู่แต่เดิม และต้องทำการป้องกัน
- 4.7) การเจาะทะลุเพื่อเดินสายไฟของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสายไฟนั้นต้องอยู่ในท่อโลหะและช่องที่เจาะทะลุนั้นต้องทำการป้องกันตามที่ระบุในมาตรฐานนี้
- 5) ทางหนีไฟที่อยู่ติดกัน ต้องไม่มีการเจาะทะลุเชื่อมถึงกัน
- 6) การปิดล้อมทางหนีไฟต้องทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงทางปล่อยออก
- 7) ห้ามใช้ส่วนปิดล้อมทางหนีไฟเพื่อจุดประสงค์อื่นที่อาจจะทำให้เกิดการกีดขวางในระหว่างการอพยพหนีไฟ

การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ
(Means of Egress Reliability)

- เส้นทางหนีไฟต้องต่อเนื่องและต้องรักษาไว้ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางใดในเส้นทาง ในระหว่างที่เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่น

- ต้องไม่ทำการประดับตกแต่งเส้นทางหนีไฟด้วยวัสดุใดที่ทำให้เกิดการกีดขวางในทางหนีไฟ ทางเข้าทางหนีไฟ ทางปล่อยออก หรือทำให้บดบังการมองเห็นภายในเส้นทางเหล่านั้น

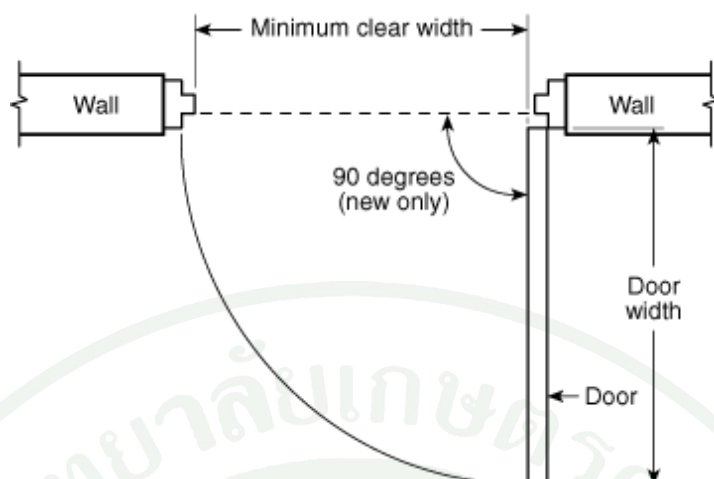
- ต้องไม่มีราว ผนัง หรือประตูใดมากั้นแบ่งเส้นทางหนีไฟให้กลายเป็นส่วนประกอบในห้องส่วนบุคคล ห้องชุด หรือบริเวณอยู่อาศัยอื่น และถ้าพบว่าในเส้นทางหนีไฟมีเฟอร์นิเจอร์หรือวัตถุอื่นที่สามารถยกเคลื่อนที่ได้ ต้องทำการเคลื่อนย้ายวัตถุเหล่านั้นออกให้พ้นทาง หรือต้องกำหนดให้ติดตั้งราวหรือผนังถาวรมาปกป้องเส้นทางหนีไฟจากวัตถุที่ถูกล้ำเข้ามา

- ห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนประตูทางหนีไฟ รวมทั้งห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนทางหนีไฟหรือใกล้กับทางหนีไฟใดที่ทำให้เกิดความสับสน

สำหรับรายละเอียดในส่วนประกอบในเส้นทางหนีไฟต้องจัดเตรียมให้เป็นไปตามมาตรฐาน มี ดังนี้

1. ประตู (Doors)

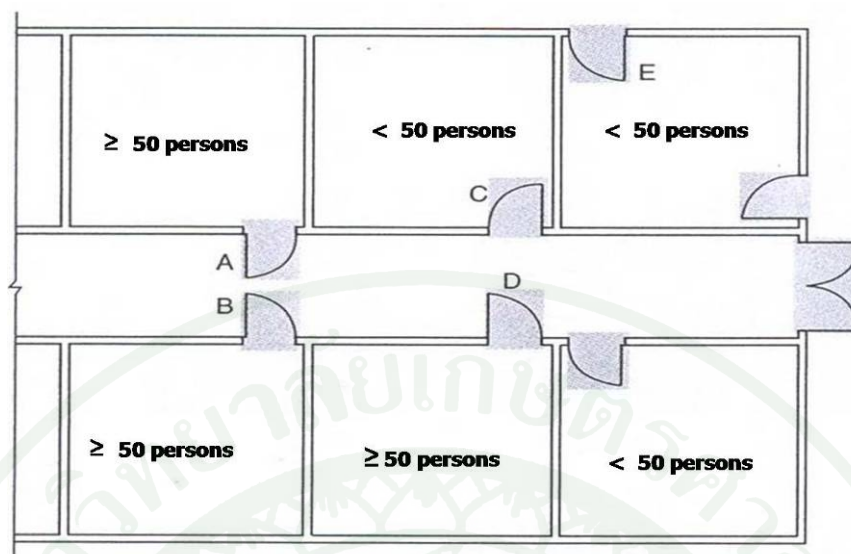
- ประตูกว้างสุทธิ(Minimum clear width)ไม่น้อยกว่า 810 มิลลิเมตร (32 นิ้ว)
- ประตูต้องเปิดกว้างไม่น้อยกว่า 90 องศา



ภาพที่ 8 การเปิดประตูทางหนีไฟ

ที่มา: มาตรฐาน NFPA

- สำหรับประตูแบบบานคู่ อย่างน้อยประตูบานหนึ่งเมื่อเปิดออกจะต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มิลลิเมตร (32 นิ้ว)
- ผิวทางเดินทั้งสองด้านของประตูจะต้องมีความต่างระดับกันไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)
- ต้องรักษาความต่างระดับของผิวทางเดินไว้ทั้งสองข้างของประตูที่ระยะไม่น้อยกว่าความกว้างของบานประตูที่กว้างที่สุด
- ธรณีประตูต้องสูงไม่เกิน 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)
- ประตูแบบที่มีบานพับติดอยู่ด้านข้างหรือเป็นชนิดเดือยหมุนที่ให้บริการห้องหรือพื้นที่ที่มีความจุของผู้ใช้อาคารไม่น้อยกว่า 50 คน ต้องเปิดไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ



ภาพที่ 9 แสดงทิศทางการผลักเปิดประตู

ที่มา: มาตรฐาน NFPA

- เมื่อเปิดประตูใดที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่ทำให้ความกว้างของทางเดินหรือชานพักบันไดลดลงมาก กว่าครึ่งหนึ่ง และประตูเปิด สุดต้องไม่ยื่นล้ำมากกว่า 180 มิลลิเมตร (7 นิ้ว)
- แรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูใดในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lbf) เพื่อปลดล็อก ไม่เกิน 133 นิวตัน (30 lbf) เพื่อให้ประตูเริ่มเคลื่อนที่ และไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lbf) เพื่อให้ประตูเปิดได้ตามความกว้างน้อยสุดที่ต้องการ
- อาคารสูงตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ต้องสามารถเปิดประตูย้อนกลับจากบันไดเข้าสู่ด้านในของอาคารได้
- ต้องไม่ติดตั้งอุปกรณ์ล็อกชนิดใดบนประตูที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหรืออุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูทนไฟ ถ้าอุปกรณ์นั้นไปขัดขวางการใช้งานอย่างอิสระของประตู เพื่อจุดประสงค์ในการอพยพ
- ประตูทนไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ผลักเปิดประตู (Fire Exit Hardware) โดยยาวไม่น้อยกว่า ครึ่งหนึ่งของความกว้างบานประตู

- ระดับติดตั้งอุปกรณ์ผลักเปิดอยู่ระยะความสูงระหว่าง 865 มิลลิเมตร ถึง 1220 มิลลิเมตร (34 นิ้วถึง 48 นิ้ว) เหนือพื้น

- ประตูในเส้นทางหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเอง (Door Closer)

- ประตูใดที่โดยปกติต้องการให้ปิดอยู่ตลอดเวลาแล้ว และไม่เป็นการปลอดภัยที่จะเปิดในเวลาใด ๆ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเองหรืออุปกรณ์ทำให้ประตูปิดโดยอัตโนมัติ

2. บันได (Stairs)

- บันไดหนีไฟที่สูงมากกว่า 3 ชั้นขึ้นไปต้องปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

- ผนังส่วนด้านนอกอาคารที่ติดกับบันไดที่ทำมุกกันน้อย กว่า 180 องศาแล้ว ต้องทำการป้องกันส่วนของอาคารนั้นด้วยผนังที่มีอัตราการทนไฟเช่นเดียวกับส่วนปิดล้อมบันไดในระยะ 3,050 มิลลิเมตร (120 นิ้ว) ในแนวระดับ รวมทั้งต้องทำการป้องกันช่องเปิดต่างๆ

- บันไดหนีไฟต้องก่อสร้างด้วยวัสดุถาวร มั่นคงแข็งแรง ขึ้นบันไดและชันพักบันไดจะต้องแข็งแรงและไม่มีรู

- บันไดหนีไฟต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1,120 มิลลิเมตร

- ความสูงลูกตั้งต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร และไม่เกิน 180 มิลลิเมตร ความลึกลูกนอนต้องไม่น้อยกว่า 28 มิลลิเมตร

- ความสูงในบันไดหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร

- บันไดต้องมีชันพักบันไดตรงตำแหน่งที่ประตูเปิด

- บันไดและชานพักบันไดระหว่างชั้นต้องมีความต่อเนื่อง และมีขนาดความกว้างไม่ลดลงตลอดเส้นทาง
- ทุกชานพักบันไดต้องมีขนาดความกว้างในแนวทิศทางการหนีไฟ ไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบันได
- ราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่ในบันไดต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 865 มิลลิเมตร (34 นิ้ว) และไม่มากกว่า 965 มิลลิเมตร (38 นิ้ว) เหนือพื้นของชั้นบันได โดยวัดในแนวตั้งจากปลายของชั้นบันไดไปยังส่วนที่สูงที่สุดของราวบันได
- ระยะห่างระหว่างราวบันไดกับส่วนใดของที่กั้นตงต้องไม่น้อยกว่า 965 มิลลิเมตร (38 นิ้ว) และไม่มากกว่า 1,065 มิลลิเมตร (42 นิ้ว) เหนือพื้นของชั้นบันได โดยวัดในแนวตั้งจากปลายของชั้นบันไดไปยังส่วนที่สูงที่สุดของราวบันได
- ราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่จะต้องมีระยะห่างจากผนังด้านที่จะติดตั้งไม่น้อยกว่า 57 มิลลิเมตร (2 ¼ นิ้ว)
- ความสูงของราวบันไดที่ติดตั้งเพิ่มเติม นั้น อาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าราวบันไดหลักทั้งสองข้างได้
- ราวบันไดต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งดังนี้
 - 1) ถ้าราวบันไดมีหน้าตัดเป็นวงกลม ต้องมีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตร (1 ¼ นิ้ว) และไม่เกิน 51 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)
 - 2) ถ้าหน้าตัดของราวบันไดไม่ได้เป็นวงกลม ความยาวของเส้นรอบวงของหน้าตัดของราวบันไดต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 160 มิลลิเมตร (6 ¼ นิ้ว) โดยเส้นทแยงมุมที่ยาวที่สุดต้องไม่เกิน 57 มิลลิเมตร (2 ¼ นิ้ว) และมุมของราวบันไดต้องโค้งมนเพื่อให้จับได้สะดวก โดยมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

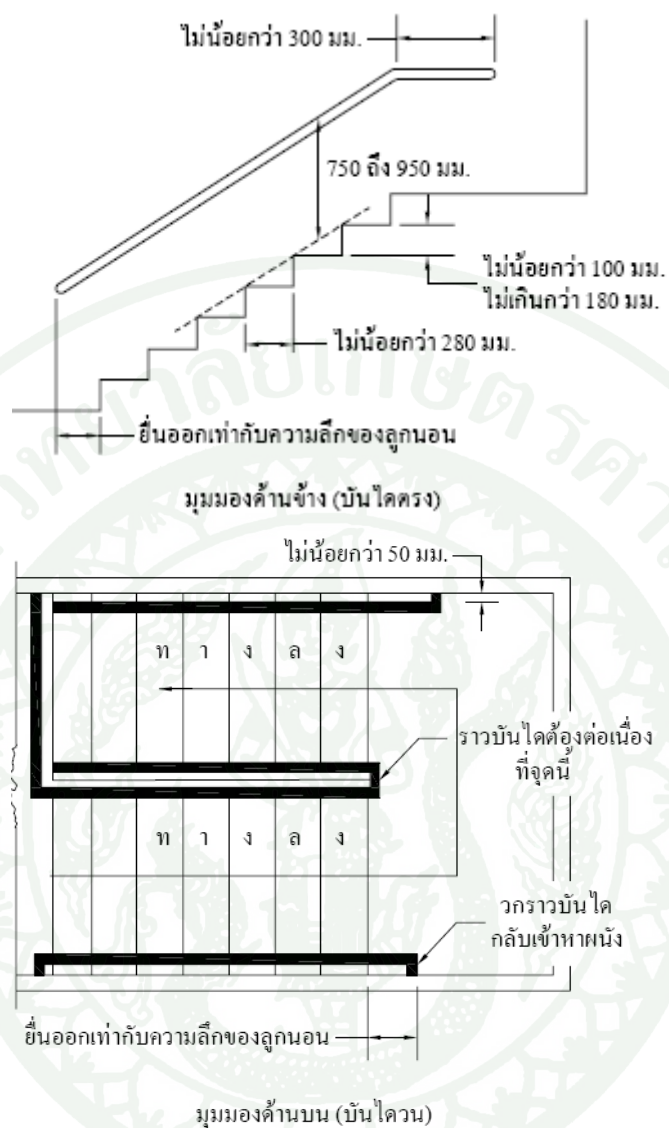
3) สำหรับราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่ ผู้ใช้อาคารจะต้องจับราวบันไดได้อย่างสะดวก และต่อเนื่องตลอดความยาวของราวบันได

4) ราวบันไดที่ติดกับพื้นผิวส่วนล่างของราวบันไดต้องไม่ทำให้ผู้ใช้อาคารจับราวบันไดอย่างลำบากขึ้น และต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้

- ชี้นันไคต้องไม่ยื่นออกมาจากราวบันไดในแนวระดับเป็นระยะเกินกว่า 38 มิลลิเมตร ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) จากด้านล่างของราวบันได และถ้าราวบันไดมีขนาดเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นทุก 13 มิลลิเมตร ($1/2$ นิ้ว) จาก 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ต้องลดช่องว่างในแนวตั้งลงทุก 3.2 มิลลิเมตร ($1/8$ นิ้ว) จาก 38 มิลลิเมตร ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว)

- ขอบของราวบันไดต้องมีรัศมีไม่น้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว)

5) สำหรับราวบันไดที่จะติดตั้งใหม่ที่ไม่ต่อเนื่องระหว่างขั้นบันได ต้องขยายในแนวระดับ โดยให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 305 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) และลาดเอียงอย่างต่อเนื่องตามระยะความลึกของลูกนอน จากขั้นบันไดขั้นบนสุดมายังขั้นล่างสุด ยกเว้นในที่ที่กักอาศัย



ภาพที่ 10 แสดงรายละเอียดบันไดและราวจับ

ที่มา: มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย E.I.T.Standard 3002-51

3. ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)

- สำหรับอาคารที่จะก่อสร้างใหม่ ระยะความสูงของเส้นทางหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 2,285 มิลลิเมตร (90 นิ้ว) โดยวัดตามแนวตั้งจากระดับผิวบนสุดของพื้น (Finished Floor) ในกรณีที่มีคานหรืออุปกรณ์ใดติดยื่นลงมาจากเพดาน ระยะความสูงต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว)

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

- ระดับความสูงในบันไดต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มิลลิเมตร (80 นิ้ว) โดยวัดในแนวตั้งจากระดับของขั้นบันไดที่ยื่นออกมามากที่สุด

4. ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (Walking Surfaces in the Means of Egress)

- ผิวทางเดินบนเส้นทางหนีไฟต้องราบเรียบ กรณีระดับผิวต่างกันเกิน 6 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 13 มิลลิเมตร ต้องปรับระดับด้วยความลาดเอียง 1 ต่อ 2

- กรณีต่างระดับมากกว่า 13 มม. การเปลี่ยนระดับในเส้นทางหนีไฟ (Changes in Level in Means of Egress) และราวกันตก (Guards)

- ต้องทำการป้องกันการลื่นที่ผิวทางเดิน ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยการป้องกันการลื่นของผิวทางเดินในทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟต้องเป็นแบบเดียวกันตลอดแนวการเดินตามปกติ

- ต้องติดตั้งที่กันตกที่ด้านเปิดของเส้นทางหนีไฟที่อยู่สูงกว่าพื้นเกินกว่า 760 มิลลิเมตร (30 นิ้ว)

- ที่กันตกต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 1,065 มิลลิเมตร (42 นิ้ว)

- ที่กันตก ต้องมีราวตรงกลางรูปทรงต่างๆ เช่น หน้าตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ที่สามารถกันไม่ให้มีผู้ใดพลัดตกลงไปได้ โดยราวตรงกลางต้องติดตั้งให้มีความสูงไม่เกิน 865 มิลลิเมตร (34 นิ้ว)

5. ทางปล่อยออก (Discharge from Exits)

- ทางปล่อยออกทางหนีไฟจะต้องสิ้นสุด และเปิดออกโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือทางปล่อยออกภายนอกอาคาร

- สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง หรือส่วนอื่นๆ ของทางปล่อยออกจะต้องมีความกว้าง และพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารทั้งหมดไปยังทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัยให้ทางหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งเท่านั้น ที่สามารถปล่อยผู้ใช้อาคารออกมาสู่ทางปล่อยออกภายในอาคารในระดับชั้นทางปล่อยออก โดยทางหนีไฟเหล่านั้นจะต้องรองรับความสามารถในการหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งด้วย

- สำหรับทางปล่อยออกภายในอาคารที่ยอมให้มีได้ จะต้องเป็นเส้นทางที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง และออกไปสู่ภายนอกอาคาร และทางนั้นจะต้องมองเห็นและสังเกตได้โดยง่ายจากจุดที่ปล่อยออกจากทางหนีไฟและระดับชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้นจะต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

- ต้องทำเครื่องหมายในทางปล่อยออกที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน รวมทั้งบันไดก็ต้องทำเครื่องหมายที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจนด้วย

- ทางหนีไฟต้องทำเครื่องหมายโดยใช้ป้ายสัญลักษณ์ที่ได้รับการรับรองที่สามารถมองเห็นได้โดยง่ายและชัดเจนติดอยู่ในทิศทางของทางเข้าทางหนีไฟ ยกเว้นแต่ว่าเป็นประตูทางออกหลักสู่ภายนอกอาคารที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใจได้อย่างทันทีว่าเป็นทางหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคาร โดยหากมีการเปลี่ยนทิศทางต้องมีลูกศรกำกับทิศทาง

ผลการศึกษาแนวทางและวิธีการคำนวณระยะเวลาในการอพยพ

อ้างอิงจากหนังสือ John H. Klote and James A. Mike, Principle of Smoke Management, Chapter 4 Evacuation Analysis, page 51 กล่าวว่าไว้ว่าทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลาในการอพยพออกจากอาคาร มี 3 วิธี ดังนี้

1. Empirical Correlations เป็นการสร้างสมการความสัมพันธ์จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองซ้อมอพยพในอาคารสูงจำนวน 50 ครั้ง ในอาคารสูงระหว่าง 8 ถึง 15 ชั้น โดยได้ความสัมพันธ์ 2 สมการ เป็นสมการ Nonlinear regressive analysis และ Linear regressive analysis ทั้ง 2 สมการ จะคล้ายกันดังแสดงในภาพที่ 1

สมการ Nonlinear regressive analysis

$$T = 0.68 + C_1 (P/w)^{0.73} \quad (3)$$

สมการ Linear regressive analysis

$$T = 2.0 + C_2 (P/w) \quad (4)$$

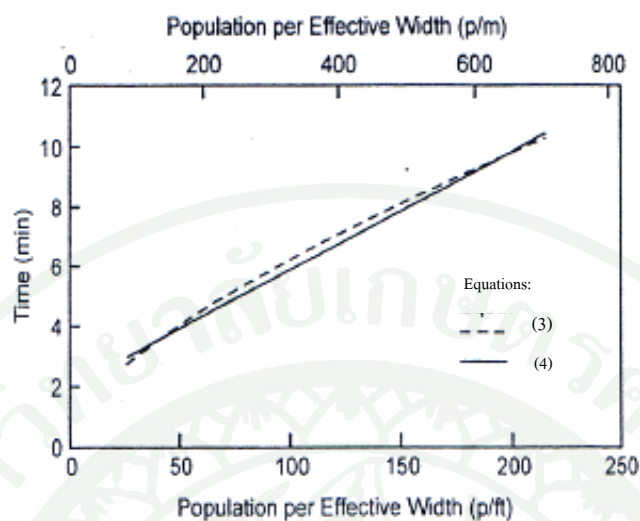
T = เวลาในการอพยพ (นาที)

P = จำนวนคนที่ใช้บันได (คน)

w = ความกว้างที่ใช้ในการหนีจริงของบันได (เมตร)

C_1 = ค่าคงที่, 0.081

C_2 = ค่าคงที่, 0.012



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ nonlinear regressive analysis และ linear regressive analysis

ที่มา: John and James (n.d.)

สมการทั้ง 2 เป็นสมการอย่างง่าย มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือจำนวนคนและขนาดความกว้างของบันได โดยไม่พิจารณาความกว้างของช่องประตู และขนาดช่องทางหนีไฟในแนวราบ ดังนั้นวิธีนี้จะเหมาะกับการประเมินเบื้องต้นเท่านั้นใช้ได้กับอาคารที่มีการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ไม่มีสิ่งกีดขวาง ทางหนีไฟไม่มีการลดขนาด เส้นทางหนีไฟไม่สลับซับซ้อน

2. Hydraulic Analogy เป็นการจำลองแบบการเคลื่อนที่ของคน โดยตั้งสมมติฐานการเคลื่อนที่ของคนเปรียบเสมือนการเคลื่อนที่ของของไหล ที่จะไม่มีการไหลวน ย้อนกลับไปมาจะเป็นการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดปล่อยออกอย่างต่อเนื่อง ในการทำวิจัยได้เลือกวิธีที่ 2 นี้ในการคำนวณระยะเวลาการอพยพ ซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไป

3. การประยุกต์ใช้ตามหลักการ Hydraulic Analogy แต่ได้พัฒนาการวิเคราะห์ที่ละเอียดมากขึ้น โดยได้มีการนำปัจจัยที่มีผลต่อการอพยพและพฤติกรรมการอพยพของคนมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย วิธีการนี้จะมีรายละเอียดมากขึ้น สลับซับซ้อน ต้องใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณ

การวิเคราะห์แนวทางในการคำนวณระยะเวลาในการอพยพ โดยวิธีการแบบ Hydraulic Analogy

การวิเคราะห์ระยะเวลาในการอพยพ ตามวิธี Hydraulic Analogy จะตั้งสมมติฐานว่า คนเดินทางไปตามเส้นทางหนึ่งจนถึงปลายทางที่เป็นจุดปลอดภัย (Point of Safety) หรือ ภายนอกอาคาร โดยไม่คำนึงถึงการเดินวน หรือหลงทาง

วิธีการวิเคราะห์นี้จำเป็นต้องรู้ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ (Velocity, meter/second) อัตราการเคลื่อนที่ (Flow rate, person/second) และการเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific Flow, person-meter) ที่ผ่านทางเดินในแนวราบ บันได ประตู ทางลาดเอียง ช่องผ่านต่างๆ เป็นต้น

V : ความเร็วในการเคลื่อนที่ (Velocity, meter/second) (หน่วย เมตร/วินาที) เป็นอัตราการเร็วของการเคลื่อนที่ไปตามทางเดินในอาคาร แนวลาดชันและบันได

F_C : อัตราการเคลื่อนที่ (Flow Rate, person/second) (หน่วย คน/วินาที) เป็นจำนวนของคน ที่ผ่านช่องทางใดๆ ได้ในหนึ่งวินาที เช่นผ่านประตู ผ่านบันได ผ่านเส้นทางเดินในอาคาร, $F_C = F_S w$

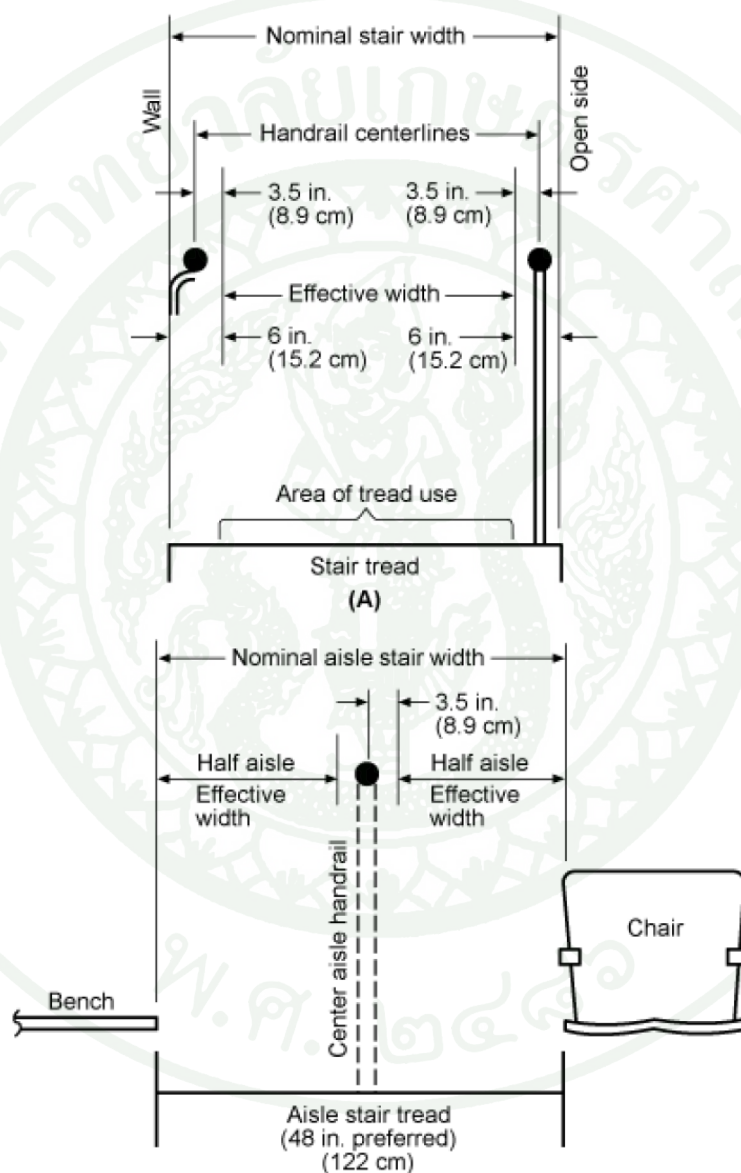
F_S : การเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific Flow, person/second-meter) (หน่วย คน/วินาที-เมตร) เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของคนต่อหน่วยความกว้างสุทธิของเส้นทางหนีไฟ, $F_S = F_C / w$

ขั้นตอนในการวิเคราะห์เพื่อคำนวณระยะเวลาในการอพยพ

อธิบายเพื่อเป็นแนวทางดังนี้

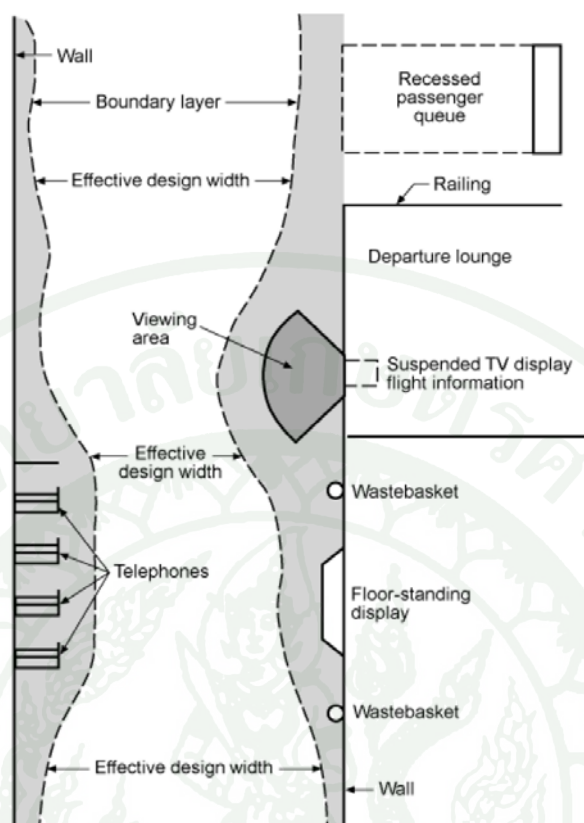
1. ตรวจสอบแบบแปลนเพื่อวิเคราะห์และกำหนดรายละเอียดของเส้นทางหนีไฟ
2. วิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร เพื่อคำนวณหาจำนวนคนในอาคาร
3. ตรวจสอบแบบแปลนเพื่อพิจารณาระยะทางสัญจรที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้ใช้อาคาร และกำหนดเส้นทางอพยพหนีไฟ เพื่อเป็นการกระจายจำนวนคนไปตามแต่ละเส้นทางในอาคาร ให้เหมาะสมตามสภาพความเป็นจริง โดยพิจารณาจากระยะทางสัญจร (Travel Distance) จากพื้นที่ใดๆ ไปถึงจุดปลอดภัยต้องไม่เกินค่ามาตรฐาน

4. ตรวจสอบแบบแปลนเพื่อทราบขนาดความกว้างของบันได ความกว้างประตู ความกว้างของเส้นทางหนีไฟ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระยะความกว้างช่องทางหนีไฟสุทธิ (Effective Width, w) หน่วย(เมตร) ระยะนี้จะเป็นระยะที่หักลบสิ่งกีดขวางในทางหนีไฟ และระยะที่เตรียมไว้สำหรับเป็นระยะห่างระหว่างคนกับผนังเมื่อผ่านช่องทางต่างๆ ดังภาพ ที่ 12, 13 และตารางที่ 4



ภาพที่ 12 ความกว้างสุทธิของบันได และทางเดินระหว่างเก้าอี้

ที่มา: John and James (n.d.)



ภาพที่ 13 ความกว้างสุทธิบริเวณทางเดินในอาคาร

ที่มา: หนังสือ Principle of Smoke Management, Chapter 4 Evacuation Analysis

ตารางที่ 4 แสดงระยะห่างระหว่างคนกับผนัง (มิลลิเมตร)

เส้นทางหนีไฟ	ค่าระยะห่าง
เก้าอี้โรงภาพยนตร์ หรือ อัฒจันทร์	0
บันได ประตู่	150
ผนังช่องทางเดิน และ ทางลาดเอียง	200
สิ่งกีดขวางตามทาง	100
ราวจับ	89

5. หาอัตราความหนาแน่นของคนในการเคลื่อนที่ (Density, D) หน่วย (คน/ตารางเมตร) (person/m²)

$$D = P/A \quad (5)$$

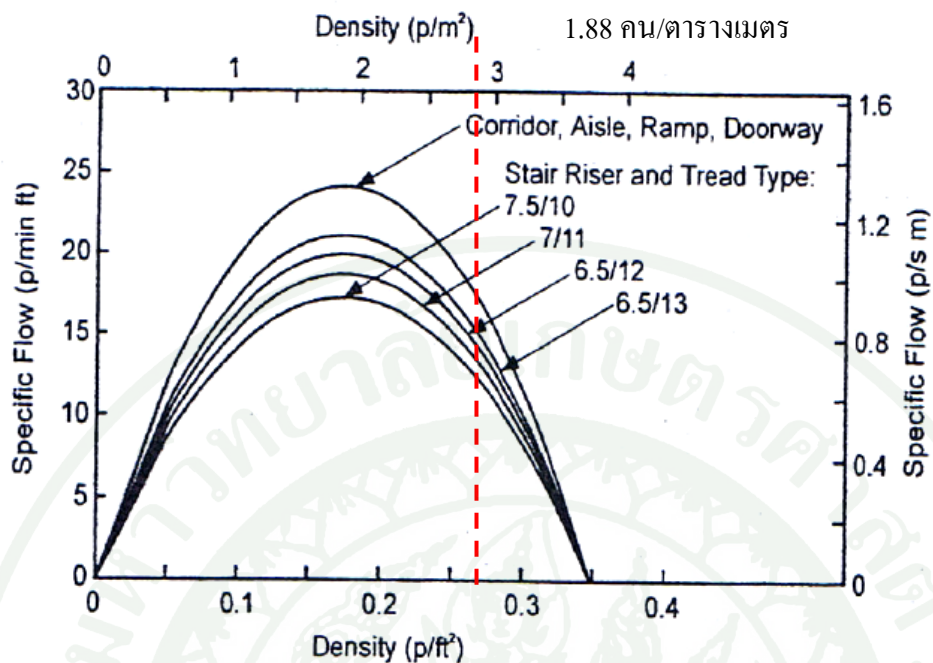
P = จำนวนคนในพื้นที่ที่จะอพยพ (คน)

A = ขนาดพื้นที่ของกลุ่มคนที่อพยพ (ตารางเมตร)

โดยทั่วไปอัตราความหนาแน่นในการเคลื่อนที่ของคนจะมีค่าประมาณ 1.0 -2.0 คนต่อตารางเมตร และจากสมการที่ 9 สำหรับการคำนวณหาค่าการเคลื่อนที่จำเพาะ, F_s โดยมีหน่วยเป็นจำนวนคนต่อเวลาต่อความกว้างสุทธิ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความหนาแน่นของคนกับความเร็วการเคลื่อนที่ และเมื่อวิเคราะห์จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะกับความหนาแน่นตามกราฟที่แสดงในภาพที่ 14 พบว่าความหนาแน่นที่ทำให้ค่าการเคลื่อนที่จำเพาะ (F_s) สูงสุดจะเท่ากับ 1.88 คน/ตารางเมตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นสูงสุด, D_{max}

$$\begin{aligned} \text{หรือจากสมการความหนาแน่นสูงสุด } D_{max} &= 1/(2a) \\ &= 1/(2*0.266 \text{ ตารางเมตร/คน}) \\ &= 1.88 \text{ คน/ตารางเมตร} \end{aligned} \quad (6)$$

ดังนั้น ในการคำนวณระยะเวลาในการอพยพจะเลือกอัตราความหนาแน่น 1.88 คน/ตารางเมตร



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะกับความหนาแน่น

ที่มา: John and James (n.d.)

6. หาความเร็วในการเคลื่อนที่ (Velocity, v) หน่วย เมตร/วินาที (meter/second) สมการที่นำมาใช้ในการคำนวณมีดังนี้

กรณีความหนาแน่น (D) มากกว่า 0.55 คน/ตารางเมตร

$$v = k - akD \quad (7)$$

กรณีความหนาแน่น (D) น้อย 0.55 คน/ตารางเมตร

$$v = 0.85k \quad (8)$$

v	=	ความเร็วการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)
a	=	ค่าคงที่, 0.266 (ตารางเมตร/คน)
D	=	ความหนาแน่นของคนในการเคลื่อนที่ (คน/ตารางเมตร)
k	=	ตัวประกอบความเร็ว (เมตร/วินาที) ตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 5 ค่าตัวประกอบความเร็ว (k) (m/s), เมตร/วินาที

ลักษณะเส้นทางหนีไฟ	k
ทางระดับ ทางลาดเอียง ประตู	1.40
บันได (ลูกตั้ง/ ลูกนอน-มิลลิเมตร)	
190/255	1.00
178/280	1.08
165/300	1.16
165/330	1.23

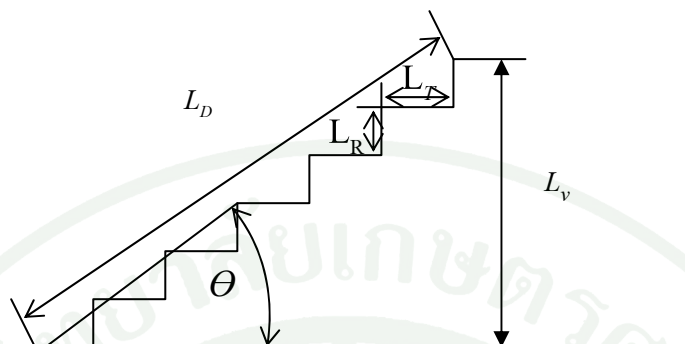
7. หาค่าการเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific Flow, F_s) หน่วย (คน/ วินาที-เมตร)

$$F_s = Dv \quad (\text{คน/ วินาที-เมตร}) \quad (9)$$

8. หาอัตราการเคลื่อนที่ของคน (Flow Rate, F_c) หน่วย (คน/ วินาที) จะคำนวณหาค่าอัตราการเคลื่อนที่ของคนแต่ละส่วนของเส้นทางหนีไฟ และพิจารณาว่าส่วนใดมีค่าการเคลื่อนที่ต่ำสุด (Constraint Flow Point) ซึ่งส่วนนั้นจะมีผลต่อเวลาของการอพยพออกจากอาคาร ซึ่งจะเท่ากับผลคูณระหว่างค่าการเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific Flow, F_s) กับความกว้างที่ใช้ในการหนีไฟจริงของทางนั้น (Effective Width, w) โดยจุดที่แคบที่สุดจะเป็นจุดที่มีการเคลื่อนที่ช้าที่สุด จะมีอัตราการเคลื่อนที่น้อยที่สุด

$$F_c = F_s w \quad (\text{คน/ วินาที}) \quad (10)$$

9. หาระยะทางในแนวลาดเอียง เช่น บันได ทางลาดชัน ต้องวัดความยาวตามเส้นทแยงมุม



ภาพที่ 15 รูปทรงบันได

$$L_D = L_v / \sin \theta \quad (\text{เมตร}) \quad (11)$$

L_D = ระยะทางวัดตามแนวเส้นทแยงมุมของบันได, (เมตร)

L_v = ระยะในแนวดิ่ง, (เมตร)

θ = มุมเอียงของบันได ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงขนาดของลูกตั้ง ลูกนอนและมุมเอียงของบันได

ลูกตั้ง/ลูกนอน	ลูกตั้ง, L_R		ลูกนอน, L_T		บันได	
	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	มุม, θ	Sin, θ
7.5/10	7.5	190	10	254	36.9	0.600
7/11	7.0	177	11	279	32.5	0.537
6.5/12	6.5	165	12	305	28.4	0.476
6.5/13	6.5	165	13	330	26.6	0.447

10. หาระยะเวลาในการอพยพ (Evacuation Time)

$$T_m = T_a + T_c + T_o \quad (12)$$

T_m = เวลาที่ใช้ในการอพยพ หน่วย (วินาที)

T_a = เวลาการเคลื่อนตัว (Travel Time) ของคนแรกไปถึงจุดจำกัดขีดความสามารถการไหลผ่าน(Constraint Flow Point) หรือเวลาที่น้อยที่สุดของใครคนหนึ่งจะเคลื่อนตัวไปถึงจุด Constraint Flow Point, (นาที)

T_c = เวลาในการรอคิว ซึ่งเป็นเวลาที่คนทั้งหมดผ่านประตูหรือช่องทางที่ทำให้มีอัตราเคลื่อนที่ต่ำสุด (Constraint Flow Point)

T_o = เวลาที่คนแรกเดินทางจากจุดที่มีการจำกัดอัตราการไหล(Constraint Flow Point) ไปยังจุดปลอดภัย หรือภายนอกอาคาร

จากสมการ (12) ได้มีการวิเคราะห์ถึงการประยุกต์ใช้งานในอาคารสูงในประเทศไทย ซึ่งอาจมีเส้นทางสลับซับซ้อน และมีเส้นทางหนีไฟที่แคบแตกต่างกันเช่น ประตูแคบกว่าบันไดหรือบางเส้นทางบันไดอาจแคบกว่าประตู หรือเส้นทางหนีไฟนั้นๆมีการลดขนาดลง แม้แต่บางกรณีบางอาคารที่เป็นอาคารที่มีทางออกกว้างมากแต่อาจจะมีระยะทางสัญจรจากจุดไกลสุดจนกว่าจะถึงทางออกยาวมาก จนบางครั้งระยะเวลาการเคลื่อนที่ออกจากจุดไกลสุดของคนหนึ่งคนอาจมากกว่าระยะเวลาการรอคิวผ่านช่องทางหนีไฟ

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้ปรับสมการให้ละเอียดมากขึ้น เพื่อทำการตรวจสอบระยะเวลาในแต่ละส่วนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพื่อเลือกค่าระยะเวลาที่สูงสุดมาใช้งาน โดยได้เพิ่มการคำนวณหาระยะเวลารอคิวในการเคลื่อนผ่านช่องบันไดที่แคบที่สุดหรือจุดที่มีความเร็วการเคลื่อนที่ผ่านต่ำสุดหรือเรียกว่า Constraint Flow Point (T_{c1}) และระยะเวลารอคิวในการเคลื่อนผ่านช่องประตูจุดปล่อยออก (T_{c2}) และได้ทำการคำนวณระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนหนึ่งคนไปตามระยะทางสัญจรจากจุดใดๆในอาคารไปจนถึงจุดปล่อยออก (T_{td}) ซึ่งได้มาจากระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนไปตามระยะทางสัญจรที่มากที่สุดในช่วง (T_{td1}) รวมกับระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดผ่านไปตามบันไดไปจนถึงจุดปล่อยออก (Exit Discharge) (T_{td2})

สรุปสมการที่จะใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาการอพยพได้ดังนี้

$$T_m = T_{ta(min)} + T_C(max) + T_{td} + T_o \quad (13)$$

- T_m = เวลาที่ใช้ในการอพยพ หน่วย (วินาที)
- $T_{ta(min)}$ = เวลาการเคลื่อนตัว(Travel Time)ของคนแรกที่ยังจุดจำกัดขีดความสามารถการไหลผ่าน(Constraint Flow Point) หรือเวลาที่น้อยที่สุดของใครคนหนึ่ง จะเคลื่อนตัวไปถึงจุด Constraint Flow Point, (นาทีก)
- $T_C(max)$ = คือเวลารอคอยของคนทั้งหมดทยอยผ่าน ณ จุด Constraint Flow ใดๆ ที่มีค่ามากที่สุด, (นาทีก) ซึ่งจะต้องพิจารณาอย่างน้อย 2 จุด ในแต่ละเส้นทางหนีไฟ ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นจุด ในที่นี้จะประกอบด้วย T_{C1} , T_{C2} โดยในการคำนวณจะเลือกค่าที่สูงกว่าใน 2 ค่ามาใช้ในการคำนวณเป็นค่า $T_C(max)$
- T_{C1} = ระยะเวลาการรอคิวในการเคลื่อนผ่านช่องบันไดที่แคบที่สุดหรือจุดที่มีความเร็วการเคลื่อนที่ผ่านต่ำสุดหรือเรียกว่า Constraint Flow Point
- T_{C2} = ระยะเวลาการรอคิวในการเคลื่อนผ่านช่องประตูหรือช่องทางจุดปล่อยออก
- T_{td} = ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนหนึ่งคนไปตามระยะทางสัญจรจากจุดใดๆในชั้นของอาคารไปตามบันไดหนีไฟจนถึงจุดปล่อยออก ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับระยะเวลาการรอคิวผ่านบันได (T_{C1}) หรือผ่านจุดปล่อยออก (T_{C2}) หากระยะเวลาในทางสัญจรมากกว่าจะนำไปหักลบจากระยะเวลาการรอคิว แล้วนำมาบวกรวมในระยะเวลาการอพยพ

$$T_{td} = T_{td1} + T_{td2} \quad (14)$$

- T_{td1} = ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนไปตามระยะทางสัญจรที่มากที่สุดภายในชั้น
- T_{td2} = ระยะเวลาการเคลื่อนที่ที่สูงที่สุดผ่านไปตามบันไดไปจนถึงจุดปล่อยออก
- T_o = คือเวลาการเคลื่อนตัว (Travel Time) ของคนใดๆจากจุดจำกัดการไหลผ่าน (Constraint Flow Point) และ/หรือ จุดที่ออกจากประตูบันไดหนีไฟ (Exit Discharge) ไปถึงภายนอกอาคาร สำหรับในกรณีที่ยังบันไดหนีไฟ อยู่ภายในอาคาร, (นาทีก)

หมายเหตุ

1. Constraint Flow Point คือ

ตำแหน่งประตูหรือบันไดที่ปล่อยคนออกจากภายในบันไดหนีไฟ(Exit Discharge)ที่ขึ้น
พื้นดิน

2. ตำแหน่งใดๆภายในบันไดหนีไฟที่แคบที่สุดหรือมีความกว้างน้อยกว่าตำแหน่ง Exit Discharge

- เวลา T_{td} หรือระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคนตามระยะทางสัญจร หากน้อยกว่า
ระยะเวลาการรอคิวผ่านจุด Constrain Flow ในบันได (T_{c1}) หรือระยะเวลาการรอคิวผ่านจุดปล่อย
ออก (T_{c2}) จะไม่นำระยะเวลานี้มาใช้ เนื่องจากจะเป็นระยะเวลาที่เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่ถ้ามากกว่า
จะนำค่าแตกต่างมาบวกเพิ่ม

- ค่า $T_c(max)$ หมายถึงค่าที่ได้จากการเลือกระยะเวลารอคิวที่มากที่สุดมาใช้ โดยเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการรอคิวผ่านจุด Constrain Flow ในบันได (T_{c1}) และระยะเวลาการรอคิว
ผ่านจุดปล่อยออก (T_{c2})

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ประกอบไปด้วยเอกสารทางด้านวิชาการ และเครื่องมือดังแสดงในรายการต่อไปนี้

1. ข้อมูลจากแผ่นซีดีมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code* ฉบับปี 2006
2. มาตรฐานด้านความปลอดภัยต่อชีวิต NFPA101, *Life Safety Code* ฉบับปี 2006
3. แบบแปลนอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เครื่องคอมพิวเตอร์
4. ไม้บรรทัดและอุปกรณ์เครื่องเขียน

วิธีการ

วิธีการในการทำการวิจัยในครั้งนี้ สามารถจำแนกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการตรวจสอบเอกสาร และข้อมูลการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในประเทศไทย โดยจะศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกฎหมายของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับทางหนีไฟและค้นหาข้อมูลการเกิดเหตุเพลิงไหม้โรงแรมจอมเทียนพัทยาและ โรงงานเคเดอร์ จังหวัดนครปฐม เพื่อนำไปสู่วัตถุประสงค์และเป้าหมายในการทำการวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบเอกสารและศึกษามาตรฐานด้านความปลอดภัยต่อชีวิต, NFPA 101, *Life Safety Code*, ฉบับปี 2006 เพื่อสรุปถึงรายการข้อกำหนดที่ต้องทำการวิเคราะห์เรื่องเส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามรายการข้อกำหนดที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนที่ 2 ด้วยการตรวจสอบแบบแปลนอาคารเทียบกับมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code*

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ระยะเวลาในการอพยพออกนอกอาคารไปสู่จุดปลอดภัยตามวิธีแบบ Hydraulic Analogy

ขั้นตอนที่ 5 ทำการสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและผลการคำนวณ

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟจากแบบแปลนอาคารเทียบกับกฎหมายและมาตรฐาน

ในขั้นตอนการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟโดยการตรวจสอบแบบแปลนอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เทียบกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางหนีไฟและมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code, Edition 2006* โดยในเบื้องต้นจะเริ่มด้วยการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปของอาคาร เพื่อจะนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์ถึงความต้องการตามกฎหมาย และวิเคราะห์ตามมาตรฐาน โดยจะวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคาร ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพ รวมไปถึงองค์ประกอบอื่นๆในเส้นทางหนีไฟตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ โดยผลของการศึกษาและผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลทั่วไปของอาคารจากการศึกษาแบบแปลนอาคาร

ชื่ออาคาร	อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถานที่ตั้ง	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
ลักษณะอาคาร	เป็นอาคารสูง 6 ชั้น และมีชั้นลอยบนพื้นชั้นดาดฟ้า ความสูงอาคารวัดจากระดับพื้นดินถึงยอดหลังคาชั้นลอยที่ใช้ เป็นพื้นที่ออกกำลังกาย มีความสูง 24.65 เมตร

ลักษณะโครงสร้างอาคาร

- โครงสร้างหลัก เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
พื้นอาคารเป็นพื้นคอนกรีตขัดมัน พื้นปูด้วยกระเบื้อง ปูด้วยพรม
หลังคาเป็นเหล็กแผ่น (Metal Sheet) ด้านในบุด้วยฉนวน
กันความร้อนและดูดซับเสียงหนา 1 นิ้ว
- ผนังอาคาร ผนังภายนอกอาคารประกอบด้วย ผนังก่ออิฐมวลเบา, ผนังก่ออิฐ
ธรรมดา, ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป
ผนังภายในอาคาร ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐมวลเบา, ผนังก่ออิฐ,
ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป, ผนังไม้อัด, ผนังตะแกรงเหล็กโปร่ง,
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่
- กิจกรรมการใช้อาคาร เป็นอาคารเรียนและปฏิบัติการขนาดพื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ
10,000 ตารางเมตร

รายละเอียดลักษณะการใช้อาคารในแต่ละชั้น และขนาดพื้นที่ใช้สอย มีดังนี้

- ชั้น 1 มีขนาดพื้นที่ 1,800 ตารางเมตร เป็นอาคารจอครถ เป็นพื้นที่ทำกิจกรรมนักศึกษา
พื้นที่โครงการพัฒนายานยนต์ ห้องเรียนและปฏิบัติการและห้องเครื่องงานระบบเครื่องกลและ
ระบบไฟฟ้า
- ชั้น 2 มีขนาดพื้นที่ 1,800 ตารางเมตร เป็นห้องเรียนและปฏิบัติการและสำนักงาน
ภาควิชา
- ชั้น 3 มีขนาดพื้นที่ 1,800 ตารางเมตร เป็นห้องเรียนและปฏิบัติการ ห้องงานวิจัย
ห้องบรรยายและห้องพักอาจารย์ช่างและห้องสมุด
- ชั้น 4 มีขนาดพื้นที่ 1,800 ตารางเมตร เป็นห้องพักอาจารย์ และห้องสัมมนาที่มีเวที
(Auditorium)
- ชั้น 5 มีขนาดพื้นที่ 1,800 ตารางเมตร เป็นห้องพักอาจารย์ และห้องงานวิจัยและบริการ
วิชาการ

- ชั้นคาเฟ่และชั้นลอย เป็นห้องออกกำลังกายและห้องเครื่องลิฟต์และ ถังเก็บน้ำคาเฟ่

ระบบความปลอดภัยในอาคาร

- ติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)
- ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติครอบคลุมทุกพื้นที่ (Fully Automatic Sprinkler System)
- ติดตั้งระบบดับเพลิงด้วยสายฉีดทุกชั้น มีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและถังเก็บน้ำสำรองดับเพลิง
- มีบันไดหนีไฟหลักที่มีการป้องกันควันไฟจำนวน 2 บันได ประกอบด้วย
 - 1) บันไดหมายเลข ST1 ตำแหน่ง GL.4/D-E เป็นบันไดภายในอาคาร เชื่อมต่อจากชั้น 1 ถึงชั้นลอยบนชั้นคาเฟ่ มีขนาดความกว้างบันได 1.25 เมตร ปิดล้อมด้วยผนังทนไฟ มีประตูขนาด 0.90 เมตร จุดปล่อยออกอยู่ในอาคารชั้น 1 ห่างจากประตูสู่ภายนอกอาคาร 6 เมตร
 - 2) บันไดหมายเลข ST2 ตำแหน่ง GL.8-9/F เป็นบันไดภายนอกอาคาร บันไดเชื่อมต่อจากชั้น 1 ถึงชั้น 5 ผนังด้านที่ติดกับอาคารเป็นผนังก่ออิฐจากชั้น 5 ถึงชั้น 2 แต่ชั้น 1 ไม่มีผนังก่ออิฐปิดด้านที่บันไดที่พาดผ่านกับพื้นที่ทำกิจกรรมนิสิตชั้น 1 บันไดกว้าง 0.90 เมตร ประตูกว้าง 0.90 เมตร จุดปล่อยออกนอกอาคารโดยตรง
- บันไดอาคารที่ไม่ได้มีการป้องกัน ซึ่งใช้เป็นบันไดขึ้นลงระหว่างชั้น แต่ใช้เป็นเส้นทางหนีไฟด้วย มีจำนวน 6 บันได ดังนี้
 - 1) บันไดหมายเลข ST3 ตำแหน่ง GL.8-9/C-D เป็นบันไดที่เชื่อมต่อจากภายนอกอาคารชั้น 1 ขึ้นไปที่ชั้น 2 บันไดมีความกว้าง 2.90 เมตร

2) บันไดหมายเลข ST4 ตำแหน่ง GL. 3/E-F เป็นบันไดที่เชื่อมต่อจากภายนอกอาคาร
ชั้น 1 ขึ้นไปที่ชั้น 2 บันไดมีความกว้าง 2.30 เมตร

3) บันไดหมายเลข ST5 ตำแหน่ง GL. 3/D-C เป็นบันไดที่เชื่อมต่อจากชั้น 2 ขึ้นไปที่
ชั้น 3 บันไดมีความกว้าง 1.80 เมตร

4) บันไดหมายเลข ST6 ตำแหน่ง GL. 3/A-B เป็นบันไดที่เชื่อมต่อจากชั้น 3 ขึ้นไปที่
ชั้น 4 บันไดมีความกว้าง 1.60 เมตร

5) บันไดหมายเลข ST7 ตำแหน่ง GL. 5'/A-B เป็นบันไดสำหรับขึ้นลงชั้นลอย ที่เป็น
สถานที่ออกกําลังกายของเจ้าหน้าที่ในอาคาร บันไดมีความกว้าง 1.20 เมตร

6) บันไดหมายเลข STx ตำแหน่ง GL. 5/D-E เป็นบันไดสำหรับขึ้นลงชั้นลอย ที่เป็น
สถานที่ออกกําลังกายของเจ้าหน้าที่ในอาคาร บันไดมีความกว้าง 0.90 เมตร

เกณฑ์กฎหมายและมาตรฐานในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์จะใช้เกณฑ์การพิจารณาดังต่อไปนี้

1. พระราชบัญญัติควบคุมอาคารกฎ กระทรวงฉบับที่ 33 บังคับใช้เมื่อ พ.ศ. 2535,
กฎกระทรวงฉบับที่ 50 บังคับใช้เมื่อ พ.ศ. 2540
2. เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ คือ มาตรฐานความปลอดภัยอัคคีภัย ปี ค.ศ.
2006 (NFPA 101, Life Safety Code, Edition 2006)

- จะพิจารณาในเงื่อนไขอาคารที่ก่อสร้างใหม่ (New Building)
- จะพิจารณาในสมมติฐานว่ามีแหล่งต้นเพลิงเพียงแหล่งเดียว (Single Fire Source)
- จะพิจารณาในเงื่อนไขที่อาคารติดตั้งติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ
ครอบคลุมทุกพื้นที่ (Fully Automatic Sprinkler System)
- จะพิจารณาในเงื่อนไขที่อาคารนี้มีผู้ใช้อาคารตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟอ้างอิงตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร

จากข้อมูลทั่วไปอาคารมีความสูงถึงยอดหลังคา 24.65 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันประมาณ 10,000 ตารางเมตร และอาคารได้มีการก่อสร้างภายหลังปี พ.ศ. 2535 ดังนั้นอาคารหลังนี้จึงเข้าข่ายที่จะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 33 บังคับใช้สำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันในชั้นเดียวหรือรวมกันทุกชั้นตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งตามนิยามของกฎหมายอาคารหลังนี้จะถือว่าเป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ และต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 50 บังคับใช้ปี พ.ศ.2540 ซึ่งเป็นฉบับแก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวงฉบับที่ 33(2535)

สรุปผลการตรวจสอบแบบแปลนอาคารเพื่อพิจารณาถึงการปฏิบัติตามข้อบังคับในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร มีดังนี้

ตารางที่ 7 สรุปข้อบังคับที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟ ในกฎกระทรวงฉบับที่ 33 และ ฉบับที่ 50

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 8 ฉบับ 33(2535)	พื้นอาคารส่วนที่ต่ำกว่าระดับถนนหน้าอาคาร ตั้งแต่ชั้นที่ ๓ ลงไปหรือต่ำกว่าระดับถนนหน้า อาคารตั้งแต่ 7 เมตรลงไป ต้องจัดให้มีระบบ ลิฟต์ตามหมวด 6 และต้องจัดให้มีบันไดหนีไฟ ที่มีระบบแสงสว่างและระบบอัดลมที่มีความดัน ขณะใช้งานไม่น้อยกว่า 3.86 เมกะปาสกาลมาตร ทำงานอยู่ตลอดเวลา บันไดหนีไฟทุกด้าน ต้องเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นที่พักภัยในกรณีฉุกเฉินได้ บันไดหนีไฟนี้ต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60 เมตร โดยวัดตามแนวทางเดิน			✓	อาคาร ไม่มีชั้น ใต้ดิน

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 8 ทวิ ฉบับ 50(2540)	อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องจัดให้มีผนังหรือประตูที่ทำด้วยวัสดุทนไฟที่สามารถปิดกั้นมิให้เปลวไฟหรือควันเมื่อเกิดเพลิงไหม้เข้าไปในบริเวณบันไดที่มีใช้บันไดหนีไฟของอาคาร ทั้งนี้ ผนังหรือประตูดังกล่าวต้องสามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง		✓		บันไดบริเวณ ST-4-5-6 ไม่มีการปิดล้อมป้องกันควันไฟและใช้เป็นบันไดหนีไฟด้วย
ข้อ 8 ตร ฉบับ 50(2540)	ทุกแห่งของแต่ละชั้นนั้นในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน และที่บริเวณพื้นชั้นล่างของอาคารต้องจัดให้มีแผนผังอาคารของทุกชั้นเก็บรักษาไว้เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้โดยสะดวก แผนผังของอาคารแต่ละชั้นให้ประกอบด้วย (1) ตำแหน่งของห้องทุกห้องของชั้นนั้น (2) ตำแหน่งที่ติดตั้งตู้สายฉีดน้ำดับเพลิงหรือหัวต่อสายฉีดน้ำดับเพลิง และอุปกรณ์ดับเพลิงอื่น ๆ ของชั้นนั้น (3) ตำแหน่งประตูหรือทางหนีไฟของชั้นนั้น (4) ตำแหน่งลิฟต์ดับเพลิงของชั้นนั้น		✓		อาคารยังไม่จัดทำเนื่องจากยังไม่เปิดใช้งาน

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 10 ทวิ ฉบับ 50(2540)	อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีโถง ภายในอาคารเป็นช่องเปิดทะลุพื้นของอาคาร ตั้งแต่สองชั้นขึ้นไปและไม่มีผนังปิดล้อม ต้อง จัดให้มีระบบควบคุมการแพร่กระจายของควันที่ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดเพลิง ไหม้ ทั้งนี้ เพื่อระบายควันออกสู่ภายนอกอาคาร ได้อย่างรวดเร็ว			✓	ไม่มีโถง เปิดโล่ง 2 ชั้น
ข้อ 14 ฉบับ 33(2535)	อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษต้องมีระบบ จ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินแยก เป็นอิสระจากระบบอื่น และสามารถทำงานได้ โดยอัตโนมัติเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าปกติหยุดทำงาน แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับกรณี ฉุกเฉิน ตามวรรคหนึ่ง ต้องสามารถจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าได้ เพียงพอตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (1) จ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงสำหรับเครื่องหมายแสดงทางฉุกเฉิน ทางเดิน ห้องโถง บันได และระบบสัญญาณเตือน เพลิงไหม้	✓			ไม่มี เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้า สำรอง ฉุกเฉิน แต่มีไฟ แสงสว่าง ฉุกเฉิน แบบใช้ พลังงาน ไฟฟ้าจาก แบตเตอรี่ เมื่อไฟฟ้า หลักดับ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 22 ฉบับ 33(2535)	อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงสุดหรือ ลาดฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ในที่ที่ บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถ มาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก แต่ละบันไดหนีไฟ ต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60 เมตร เมื่อวัดตาม แนวทางเดิน	✓			มีบันได หนีไฟที่ ปิดล้อม 2 บันได คือ บันได ST-1,2
ข้อ 22 ฉบับ 33(2535)	ระบบบันไดหนีไฟตามวรรคหนึ่งต้องแสดงการ คำนวณให้เห็นว่าสามารถใช้ลำเลียงบุคคล ทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง	✓			อ้างอิงจาก การ คำนวณ ระยะเวลา ไม่เกิน 1 ชั่วโมง
ข้อ 23 ฉบับ 33(2535)	บันไดหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟและไม่ผุ กร่อน เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น มีความ กว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ลูกนอนกว้างไม่ น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีชนพัก กว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และมีราวบันไดอย่างน้อยหนึ่งด้าน ห้ามสร้างบันไดหนีไฟเป็นแบบบันไดเวียน	✓			

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 24 33(2535)	บันไดหนีไฟและชานพักส่วนที่อยู่ภายนอกอาคารต้องมีผนังด้านที่บันไดพาดผ่านเป็นผนังกันไฟ		✓		บันได ST-2 เป็นบันไดนอกอาคารแต่ที่ชั้น 1 ไม่มีผนังกันแยกด้วยผนังทนไฟจากพื้นที่ใช้สอย
ข้อ 25 ฉบับ 33(2535)	บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคาร ต้องมีอากาศถ่ายเทจากภายนอกอาคารได้ แต่ละชั้นต้องมีช่องระบายอากาศที่มีพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่า 1.4 ตารางเมตร เปิดสู่ภายนอกอาคารได้หรือมีระบบอัดลมภายในช่องบันไดหนีไฟที่มีความดันลมขณะใช้งานไม่น้อยกว่า 3.86 เมกะปาสกาลเมตร ที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดเพลิงไหม้	✓			บันได ST-1 มีช่องเปิดแต่ละชั้นมีน้อยกว่า 1.4 ตารางเมตร

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 25 ฉบับ 50(2540)	บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคาร ต้องมีอากาศ ถ่ายเทจากภายนอกอาคารได้ แต่ละชั้นต้องมีช่อง ระบายอากาศที่มีพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่า 1.4 ตารางเมตร เปิดสู่ภายนอกอาคารได้ หรือมี ระบบอัดลมภายในช่องบันไดหนีไฟที่มีความ ดันลมขณะใช้งานไม่น้อยกว่า 38.6 ปาสกาล มาตรฐาน ที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดเพลิงไหม้ และบันไดหนีไฟที่ลงสู่พื้นของอาคารนั้นต้องอยู่ ในตำแหน่งที่สามารถออกสู่ภายนอกได้ โดยสะดวก	✓			บันได ST-1 มี ช่องเปิด แต่ละชั้น มีน้อยกว่า 1.4 ตาราง เมตร
ข้อ 26 ฉบับ 33(2535)	บันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคารต้องมีผนังกันไฟ โดยรอบ ยกเว้นช่องระบายอากาศและต้องมีแสง สว่างจากระบบไฟฟ้าฉุกเฉินให้มองเห็นช่องทาง ได้ขณะเพลิงไหม้ และมีป้ายบอกชั้นและป้ายบอก ทางหนีไฟที่ด้านในและด้านนอกของประตูหนีไฟ ทุกชั้นด้วยตัวอักษรที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยตัวอักษรต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 เซนติเมตร		✓		บันได ST- 1 มีผนัง ทนไฟ โดยรอบ และมีไฟ แสงสว่าง ฉุกเฉินใน บันไดหนี ไฟ ยังไม่มี ป้ายบอก ชั้นที่ บันได

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 27 ฉบับ 33(2535)	ประตูหนีไฟต้องทำ ด้วยวัสดุทนไฟ เป็นบานเปิด ชนิดผลักออกสู่ภายนอกพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ชนิด ที่บังคับให้บานประตูปิดได้เอง มีความกว้างสุทธิ ไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร และต้องสามารถเปิดออกได้โดยสะดวก ตลอดเวลา ประตูหรือทางออกสู่บันไดหนีไฟต้อง ไม่มีขั้นหรือธรณีประตูหรือขอบกั้น	✓			บันได ST-2 ต้อง ทำบันได เชื่อมต่อ จากชั้น 1 ลงสู่ระดับ พื้นดิน เนื่องจาก พื้นต่าง ระดับ ประมาณ 1.30 เมตร
ข้อ 28 ฉบับ 33(2535)	อาคารสูงต้องจัดให้มีช่องทางเฉพาะสำหรับ บุคคลภายนอกเข้าไปบรรเทาสาธารณภัยที่เกิด ในอาคารได้ทุกชั้น ช่องทางเฉพาะนี้จะเป็นลิฟต์ ดับเพลิงหรือช่องบันไดหนีไฟก็ได้ และทุกชั้น ต้องจัดให้มีห้องว่างที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 6.00 ตารางเมตร ติดต่อกับช่องทางนี้ และเป็นบริเวณ ที่ปลอดจากเปลวไฟและควันเช่นเดียวกับช่อง บันไดหนีไฟและเป็นที่ตั้งของตู้หัวฉีดน้ำ ดับเพลิงประจำ ชั้นของอาคาร		(ก) ✓		ไม่มีการ จัดเตรียม พื้นที่ตาม ข้อกำหนด ดนี้

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ		ผลการตรวจสอบการปฏิบัติ ตามกฎหมาย			หมายเหตุ
ข้อ	เนื้อหา	ถูกต้อง	ไม่ ถูกต้อง	ไม่ เกี่ยวข้อง	
ข้อ 29 ฉบับ 50(2540)	อาคารสูงต้องมีคานฟ้าและมีพื้นที่บนคานฟ้า ขนาดกว้าง ยาว ด้านละไม่น้อยกว่า 10.00 เมตร เป็นที่โล่งและว่างเพื่อใช้เป็นทางหนีไฟทาง อากาศได้ และต้องจัดให้มีทางหนีไฟบนชั้น คานฟ้าที่จะนำไปสู่บันไดหนีไฟได้สะดวกทุก บันได รวมทั้งจัดให้มีอุปกรณ์เครื่องช่วยในการ หนีไฟจากอาคารลงสู่พื้นดินได้โดยปลอดภัย ด้วย”		(ข) ✓		ไม่มีการ จัดเตรียม พื้นที่ตาม ข้อกำหนด นี้

ผลการตรวจสอบแบบแปลนเทียบกับข้อบังคับในกฎกระทรวง

ฉบับที่ 30 พ.ศ. 2535 และ ฉบับที่ 50 พ.ศ. 2540

จากตารางที่ 7 แสดงผลการปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องในเรื่องเส้นทางหนีไฟ พบว่า อาคารหลังนี้เป็นอาคารสูงและเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ มีประเด็นที่ไม่สอดคล้องตามข้อกำหนดในกฎหมายฉบับที่ 33 และ 50 ดังนี้

1. บันไดหนีไฟ ST-2 ที่เป็นบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร ที่ชั้น 1 ไม่ได้มีการปิดกั้นผนังด้านที่พาดผ่านกับบันไดหนีไฟด้วยผนังทนไฟ
2. บันได ST-4,5,6 เป็นบันไดเชื่อมต่อระหว่างชั้นในอาคารและใช้เป็นเส้นทางหนีไฟสำหรับผู้ใช้อาคารบริเวณ Auditorium ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยผนังทนไฟ
3. ไม่มีช่องทางเฉพาะสำหรับบุคคลภายนอกเข้าไปบรรเทาสาธารณภัยที่เกิดในอาคารได้ ทุกชั้น ช่องทางเฉพาะนี้จะเป็นลิฟต์ดับเพลิงหรือช่องบันไดหนีไฟก็ได้ และทุกชั้นต้องจัดให้มีห้องว่างที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 6 ตารางเมตร ติดต่อกับช่องทางนี้ และเป็นบริเวณที่ปลอดภัยจากเปลวไฟและควันเช่นเดียวกับช่องบันไดหนีไฟและเป็นที่ตั้งของตู้หัวฉีดน้ำดับเพลิงประจำ ชั้นของอาคาร
4. ไม่มีแผนผังแสดงเส้นทางหนีไฟและแสดงอุปกรณ์ดับเพลิงในแต่ละพื้นที่
5. ไม่มีป้ายบอกชั้นที่บันไดหนีไฟ ทั้งด้านนอกและด้านในบันไดและป้ายทางออกยังไม่ครอบคลุมทุกเส้นทางหนีไฟ

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

ในการวิเคราะห์แบบแปลนอาคารจะวิเคราะห์ตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัย ดังรายการต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ประเภทกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ (Classification of Occupancy)
2. การวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร (Number of Occupant Load)
3. การวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)
4. การวิเคราะห์ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)
 - 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. การวิเคราะห์องค์ประกอบในเส้นทางหนีไฟและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)
 - 6.1 เส้นทางหนีไฟ (Means of Egress)
 - ความกว้างทางหนีไฟ (Egress Width)

- ระดับความสูงในเส้นทางหนีไฟ (Headroom)
- การจัดระยะห่างระหว่างทางหนีไฟ
- ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟ (Walking Surfaces in the Means of Egress)
- การเปลี่ยนระดับในเส้นทางหนีไฟ (Changes in Level in Means of Egress) และราวกันตก (Guards)
- ทางปล่อยออก
- การทำเครื่องหมายในเส้นทางหนีไฟ (Marking of Means of Egress)
- แสงสว่างในเส้นทางหนีไฟ (Illumination of Means of Egress) และแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Lighting)

6.2 ประตู (Doors)

6.3 บันได (Stairs)

การวิเคราะห์ประเภทกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ (Classification of Occupancy)

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และจากการตรวจสอบแบบแปลนอาคารดังกล่าวในภาคผนวก ข. สามารถที่จะวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) ตามลักษณะการใช้สอยอาคารในแต่ละชั้นได้ โดยพบว่าพื้นที่ในอาคารส่วนเป็นห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และเป็นพื้นที่สำนักงานของอาจารย์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ตามมาตรฐานแล้วสามารถจำแนกได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) แต่ก็มีบางชั้นที่มีการใช้พื้นที่เป็น Auditorium เป็นห้องสัมมนา ห้องบรรยาย ห้องสมุด ซึ่งในลักษณะการใช้อาคารแบบนี้จะถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีคนหนาแน่น จะถือเป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) สำหรับในชั้นใดๆก็ตามที่มีกิจกรรมการใช้

อาคารที่แตกต่างกัน จะถือว่าเป็นแบบผสม (Mixed Occupancy) ซึ่งจะพบได้ในชั้น 3 และชั้น 4 ซึ่งในข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้อาคารแบบผสมนี้จะต้องมีการกันแยกพื้นที่ด้วยผนังทึบในส่วนที่เชื่อมต่อกัน และมีการจัดเตรียมรายละเอียดของเส้นทางหนีไฟตามข้อกำหนดของกิจกรรมการใช้อาคารที่มีข้อกำหนดเข้มงวดที่สุด โดยรายละเอียดผลการวิเคราะห์เป็นไปตามตารางที่แสดงกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code*
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง	(Classification of Occupancy)
1	101	ห้องเครื่องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย (Hazardous Location)
	102	ห้องเก็บของ	เก็บของ (Storage Occupancy)
			ห้องเครื่องงานระบบเครื่องกล
	103	ห้องเครื่องสูบน้ำดับเพลิง	(Mechanical Room)
	104	ห้องเรียนและปฏิบัติการ (อุโมงค์น้ำ)	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		ห้องเรียนและปฏิบัติการ (Injection Pump)	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	105		
	106	ห้องเรียนและปฏิบัติการ (Sun Test)	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	107	ห้องเก็บของ	เก็บของ (Storage Occupancy)
	108	โครงการพัฒนายานยนต์	ธุรกิจ (Business Occupancy)
2	109-110	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		พื้นที่ทำกิจกรรมนันทนาการ	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	201	สำนักงาน และ ห้องอาจารย์	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	202	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	203	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	204-205	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	206	ห้องเครื่องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย (Hazardous Location)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง	(Classification of Occupancy)
	207	ห้องพัสดุ	เก็บของ (Storage Occupancy)
		ห้องหัวหน้าภาค	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		ห้องรองหัวหน้าภาค 2 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
3	301	ห้องสมุด	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	302	ห้องพักครูช่วง 1	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	303	ห้องพักครูช่วง 2	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	304	ห้องพักครูช่วง 3	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	305	ห้องงานวิจัย 1	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	306	ห้องงานวิจัย 2	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	307	ห้องงานวิจัย 3	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	308	ห้องงานวิจัย 4	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	309	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	310	ห้องปฏิบัติการเขียนแบบ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	311	ห้องบรรยาย 1	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	312	ห้องบรรยาย 2	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	313	ห้องบรรยาย 3	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	314-315	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
4	401	ห้องพักอาจารย์ 14 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	402	ห้องพักอาจารย์ 13 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	403	ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	404	Auditorium	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
		Stage	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	405-407	ห้องน้ำ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	408	ห้องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย (Hazardous Location)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง	(Classification of Occupancy)
5	409	ห้อง Pantry	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	501	ห้องพักอาจารย์ จำนวน 11 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		Common Room	ธุรกิจ (Business Occupancy)
		ห้องเก็บของ	เก็บของ (Storage Occupancy)
	502	ห้องพักอาจารย์ จำนวน 13 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	503	ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
	504	ห้องงานวิจัยและบริการวิชาการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	505-507	ห้องน้ำ	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	508	ห้องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย (Hazardous Location)
	509	ห้อง Pantry	ธุรกิจ (Business Occupancy)
	510	ห้อง Control Auditorium	ธุรกิจ (Business Occupancy)
คาดฟ้า		ห้องออกกำลังกายพร้อมอุปกรณ์	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)
ชั้นลอย		ห้องออกกำลังกายพร้อมอุปกรณ์	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าประเภทกิจกรรมการใช้อาคารส่วนใหญ่จะเป็นประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) และประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) สำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารหนาแน่น โดยจากผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคารจะทำให้สามารถวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคารได้จากการใช้ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) หรือค่าความต้องการพื้นที่ต่อคนมาใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวนคนในแต่ละพื้นที่ได้ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร (Number of Occupant Load)

จากตารางสรุปการจัดประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร และตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร (Capacity Factor) ในตารางที่ 2

จากผลวิเคราะห์ สามารถสรุปตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคารที่จะใช้ในการคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารตามตารางที่ 8 และคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารตามสมการที่ (1)

$$\text{สมการที่ (1) จำนวนคน} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ความจุผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}}$$

ตารางที่ 9 ผลวิเคราะห์ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)

กิจกรรมการใช้อาคาร	ตารางเมตร (ต่อคน)	ตารางฟุต (ต่อคน)
ประเภทชุมนุมชน		
คนหนาแน่น ไม่จัดที่นั่งแบบยึดติด	0.65 สุตริ	7 สุตริ
คนไม่หนาแน่น ไม่จัดที่นั่งแบบยึดติด	1.4 สุตริ	15 สุตริ
จัดที่นั่งเป็นเก้าอี้ยาว	1 คน / ความยาว 455 มม.	1 คน / ความยาว 18 นิ้ว
จัดที่นั่งแบบแบบยึดติด	จำนวนของที่นั่งแบบยึดติด	จำนวนของที่นั่งแบบยึดติด
พื้นที่เก็บหนังสือในห้องสมุด	9.3	100
พื้นที่อ่านหนังสือในห้องสมุด	4.6 สุตริ	50 สุตริ
เวที	1.4 สุตริ	15 สุตริ
เวทีเดินแบบและห้องแสดงภาพ	9.3 สุตริ	100 สุตริ
ห้องออกกำลังกายที่มีอุปกรณ์	4.6	50
ประเภทประกอบธุรกิจ ห้องพัก	9.3	100
สำนักงาน		

ตารางที่ 9 (ต่อ)

หมายเหตุ คำว่าสุทธิ (Net) หมายถึงพื้นที่สุทธิ (Net Floor Area) เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายในเส้นรอบอาคารข้างในผนังด้านนอก โดยหักลบพื้นที่ของทางเดินผ่านหน้าห้องโถงบันได ห้องขนาดเล็ก ความหนาของผนัง เสา ที่อยู่ในอาคาร หรือสิ่งอื่นใด

ถ้าไม่มีคำว่าสุทธิ (Net) จะหมายถึงพื้นที่ทั้งหมด (Gross Floor Area) เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายในเส้นรอบอาคารข้างในผนังด้านนอก โดยที่ไม่ได้หักลบพื้นที่ของทางเดินผ่านหน้าห้องโถงบันได ห้องขนาดเล็ก ความหนาของผนัง เสา ที่อยู่ในอาคาร หรือสิ่งอื่นใด

ผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร

จากการตรวจสอบแบบเพื่อหาขนาดพื้นที่ในอาคารและใช้ตัวประกอบความจุของผู้ใช้อาคารในตารางที่ 9 ทำให้สามารถวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคารในชั้นต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code Edition 2006*

โครงการ : อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy)	ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	ค่าความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (หน่วย: คน)		
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง				คำนวณ	Fixed Seat	จำนวนจริง
1	101	ห้องเครื่องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย	30	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	102	ห้องเก็บของ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	23	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	103	ห้อง Fire Pump	ห้องเครื่องงานระบบเครื่องกล	48	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	104	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	34	9.3	4	NA.	4
	105	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	4
	106	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	4
	107	ห้องเก็บของ	เก็บของ (Storage Occupancy)	66	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	108	โครงการพัฒนายานยนต์	อุตสาหกรรม (Industrial Occupancy)	500	9.3	54	NA.	54

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy)	ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	ค่าความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (หน่วย: คน)		
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง				คำนวณ	Fixed Seat	จำนวนจริง
	109-110	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	42	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
		พื้นที่ทำกิจกรรมนิสิต	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	630	1.4	450	NA.	450
จำนวนคนในชั้น 1								516
2	201	สำนักงาน และ ห้องอาจารย์	ธุรกิจ (Business Occupancy)	300	9.3	32	NA.	32
	202	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	290	9.3	31	NA.	31
	203	ห้องเรียนและปฏิบัติการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	195	9.3	21	NA.	21
	204-205	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	33	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	206	ห้องเครื่องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย(Hazardous Location)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	207	ห้องพัสดุ	เก็บของ (Storage Occupancy)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
		ห้องหัวหน้าภาค	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	1
		ห้องรองหัวหน้าภาค 2 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	2
		ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	18	1.4	13	NA.	13
จำนวนคนในชั้น 2								100
3	301	ห้องสมุด	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	64	4.6	14	NA.	14
	302	ห้องพักครูช่วง 1	ธุรกิจ (Business Occupancy)	60	9.3	6	NA.	6
	303	ห้องพักครูช่วง 2	ธุรกิจ (Business Occupancy)	60	9.3	6	NA.	6

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy)	ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	ค่าความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (หน่วย: คน)		
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง				คำนวณ	Fixed Seat	จำนวนจริง
	304	ห้องพักครูช่าง 3	ธุรกิจ (Business Occupancy)	49	9.3	5	NA.	5
	305	ห้องงานวิจัย 1	ธุรกิจ (Business Occupancy)	48	9.3	5	NA.	5
	306	ห้องงานวิจัย 2	ธุรกิจ (Business Occupancy)	39	9.3	4	NA.	4
	307	ห้องงานวิจัย 3	ธุรกิจ (Business Occupancy)	39	9.3	4	NA.	4
	308	ห้องงานวิจัย 4	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	4
	309	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	ธุรกิจ (Business Occupancy)	67	9.3	7	NA.	7
	310	ห้องปฏิบัติการเขียนแบบ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	67	9.3	7	NA.	7
	311	ห้องบรรยาย 1	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	115	1.4	82	NA.	82
	312	ห้องบรรยาย 2	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	60	1.4	43	NA.	43
	313	ห้องบรรยาย 3	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	51	1.4	36	NA.	36
	314-315	ห้องน้ำชาย-หญิง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	33	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
		Common Area	ธุรกิจ (Business Occupancy)	121	9.3	13	NA.	13
จำนวนคนในชั้น 3								236
4	401	ห้องพักอาจารย์ 14 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	295	9.3	32	14	14
	402	ห้องพักอาจารย์ 13 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	273	9.3	29	14	14
	403	ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	72	1.4	51	NA.	51

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy)	ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	ค่าความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (หน่วย: คน)		
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง				คำนวณ	Fixed Seat	จำนวนจริง
	404	Auditorium	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	165	0.65	254	NA.	254
		Stage	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	58	1.4	41	NA.	41
	405-407	ห้องน้ำ	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	33	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	408	ห้องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย(Hazardous Location)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	409	ห้อง Pantry	ธุรกิจ (Business Occupancy)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
จำนวนคนในชั้น 4								374
5	501	ห้องพักอาจารย์ จำนวน 11 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	235	9.3	25	11	11
		Common Room	ธุรกิจ (Business Occupancy)	36	9.3	4	NA.	4
		ห้องเก็บของ	เก็บของ (Storage Occupancy)	24	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	502	ห้องพักอาจารย์ จำนวน 13 ห้อง	ธุรกิจ (Business Occupancy)	273	9.3	29	13	13
	503	ห้องประชุม	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	38	1.4	27	NA.	27
	504	ห้องงานวิจัยและบริการวิชาการ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	130	9.3	14	NA.	14
	505-507	ห้องน้ำ	ธุรกิจ (Business Occupancy)	33	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	508	ห้องไฟฟ้า	พื้นที่เสี่ยงอันตราย(Hazardous Location)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
	509	ห้อง Pantry	ธุรกิจ (Business Occupancy)	12	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.

ตารางที่ 10 (ต่อ)

สถานที่			ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy)	ขนาดพื้นที่ (ตรม.)	ค่าความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)	จำนวนผู้ใช้อาคาร (หน่วย: คน)		
ชั้น	เลขห้อง	ชื่อห้อง				คำนวณ	Fixed Seat	จำนวนจริง
	510	ห้อง Control Auditorium	ธุรกิจ (Business Occupancy)	18	ไม่มีคนอยู่ประจำ	NA.	NA.	NA.
จำนวนคนในชั้น 5								69
คาดฟ้า		Exercise rooms with equipment	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	284	4.6	62	25	25
,ชั้นลอย		Exercise rooms with equipment	ชุมนุมคน (Assembly Occupancy)	240	4.6	52	25	25
จำนวนคนในชั้น 6 หรือชั้นลอย								50
จำนวนผู้ใช้อาคารรวมทั้งหมด						1446		1345

จากข้อมูลในตารางที่ 10 แสดงผลวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code Edition (2006) พบว่าจำนวนผู้ใช้อาคารที่จะเลือกใช้ในการจัดเตรียมขนาดเส้นทางหนีไฟ (Egress Capacity) จะเป็นช่องในตารางสุดท้ายที่ระบุว่าเป็นจำนวนจริง ซึ่งจำนวนนี้ได้มาจากการวิเคราะห์หาความเหมาะสม โดยใช้ผลจากการคำนวณและผลที่ได้จากการสอบถามข้อมูลที่ระบุจำนวนที่นั่ง (Fixed Seat) เช่น ในส่วนที่เป็นห้องพักอาจารย์ ได้มีการระบุให้มีผู้ใช้อาคารห้องละ 1 คน และชั้นลอยที่เป็นพื้นที่สำหรับออกกำลังกายระบุว่ามีจำนวนผู้ใช้งานสูงสุดไม่เกิน 50 คนตลอดเวลา ข้อมูลนี้จะนำมาเปรียบเทียบกันและทำการเลือกค่าที่เหมาะสมมาสรุปรวมในตารางจำนวนจริง เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ขนาดเส้นทางหนีไฟในขั้นตอนต่อไป

สรุปจำนวนผู้ใช้อาคารรวมทั้งสิ้นมีจำนวน 1,345 คน โดยจะพบว่าในชั้น 1 จะเป็นพื้นที่ชุมนุมคน เป็นสถานที่ทำกิจกรรมนักศึกษาจะมีผู้ใช้อาคารจำนวนมากถึง 516 คน และที่ชั้น 4 เป็นห้องสัมมนาหรือห้องที่มีเวทีการแสดง (Auditorium) ก็เป็นพื้นที่ชุมนุมคนที่มีจำนวนสูงถึง 374 คน ห้องหรือพื้นที่ที่กล่าวมานี้ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนคนหนาแน่น มีกิจกรรมการใช้อาคารเป็นแบบชุมนุมคน (Assembly Occupancy) ซึ่งข้อกำหนดในมาตรฐานจะถือว่ากิจกรรมแบบนี้มีความเสี่ยงในการหนีไฟยาก จำเป็นต้องเคร่งครัดในการจัดเตรียมขนาดเส้นทางหนีไฟให้มีช่องทางที่กว้างมากพอสำหรับระบายคนออกและจัดให้มีระยะทางในการอพยพที่สั้น เพื่อจะสามารถอพยพจากอาคารได้อย่างรวดเร็ว ไม่เกิดการแออัด ได้รับความเจ็บขณะที่อพยพ

สำหรับพื้นที่ใดๆ เช่น พื้นที่ห้องไฟฟ้า ห้องเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ห้องเครื่องต่างๆ ห้องน้ำ ห้อง Pantry เป็นต้น เป็นพื้นที่ที่ไม่มีผู้ใช้อาคารอยู่ประจำ ซึ่งผู้ใช้อาคารเข้าออกในพื้นที่เหล่านั้นจะเป็นคนกลุ่มเดียวกันกับผู้ที่ใช้อาคารที่อยู่ประจำในห้องต่างๆ ที่ได้พิจารณาไปแล้ว จึงไม่นำพื้นที่เหล่านั้นมาวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคารอีก

จำนวนผู้ใช้อาคารที่ได้จากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ จะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไปที่จะทำการวิเคราะห์หาจำนวนเส้นทางหนีไฟในแต่ละพื้นที่ (Number of Means of Egress) และขนาดเส้นทางหนีไฟ (Egress Capacity) เพื่อให้เพียงพอ เหมาะสม และปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคารต่อไป

การวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress)

จากมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code* ระบุให้จำนวนเส้นทางหนีไฟต้องมีไม่น้อยกว่า 2 ทาง และเมื่อพิจารณาตามจำนวนผู้ใช้อาคารแล้วจะต้องจัดเตรียมจำนวนเส้นทางหนีไฟออกจากพื้นที่ใด ให้เหมาะสมกับจำนวนคน ดังนี้

จำนวนผู้ใช้อาคารไม่เกิน 500 คน	ต้องมีอย่างน้อย 2 ทาง
จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 500 คน ไม่เกิน 1,000 คน	ต้องมีอย่างน้อย 3 ทาง
จำนวนผู้ใช้อาคารมากกว่า 1,000 คน	ต้องมีอย่างน้อย 4 ทาง

สำหรับขนาดเส้นทางหนีไฟ จะต้องมีการจัดเตรียมให้มีขนาดเพียงพอกับจำนวนผู้ใช้อาคาร โดยใช้ตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor) ตามตารางที่ 11 ในการคำนวณหาขนาดเส้นทางหนีไฟในแนวราบและทางลาดชัน และขนาดความกว้างบันไดหนีไฟ ซึ่งตัวประกอบความสามารถทางหนีไฟจะแตกต่างกันตามประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร

ตารางที่ 11 ตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factor)

ประเภทกิจกรรมการใช้อาคาร	บันได (ความกว้างต่อคน)		ทางราบและทางลาดชัน (ความกว้างต่อคน)	
	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	10	0.4	5	0.2
รักษาพยาบาล (ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	7.6	0.3	5	0.2
รักษาพยาบาล (ไม่ได้ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	15	0.6	13	0.5
มีวัสดุอันตรายสูง	18	0.7	10	0.4
อาคารอื่น ๆ	7.6	0.3	5	0.2

สมการคำนวณขนาดความสามารถในเส้นทางหนีไฟ

$$\text{ความสามารถในเส้นทางหนีไฟ} = \text{จำนวนคน (คน)} \times \text{ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)} \quad (14)$$

อาคารใหม่หลังนี้ จะเป็นกลุ่มอาคารอื่นๆตามที่ระบุในตารางที่ 11 ตัวประกอบความสามารถ เนื่องจากไม่ใช่พื้นที่เสี่ยงอันตรายสูง ดังนั้นจะต้องจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟตามตัวประกอบ (Capacity Factor) 5 มิลลิเมตรต่อคนสำหรับช่องทางในแนวนราบและทางลาดชัน และขนาดความกว้าง 7.6 มิลลิเมตรต่อคนสำหรับบันได โดยสามารถวิเคราะห์ขนาดความสามารถในเส้นทางหนีไฟได้ดังที่แสดงในตารางที่ 12

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในทางหนีไฟ (Exit Capacity)

ตารางที่ 12 ผลวิเคราะห์จำนวนเส้นทางหนีไฟ (Number of Means of Egress)

ชั้น	จำนวนคนอพยพ แต่ละชั้น	จำนวนทางหนีไฟ ตามมาตรฐาน	จำนวนเส้นทางหนีไฟ ตามแบบ	ผลพิจารณาจำนวน ทางหนีไฟ
ชั้น ลอย	50	2	3	เพียงพอ
5	123	2	2	เพียงพอ
4	374	2	3	เพียงพอ
3	384	2	3	เพียงพอ
2	100	2	3	เพียงพอ
1	516	3	4	เพียงพอ

ผลการวิเคราะห์

การจัดเตรียมจำนวนเส้นทางหนีไฟในแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับจำนวนคนที่อพยพในแต่ละชั้นตามผลที่วิเคราะห์ตามตารางที่ 12 พบว่าจำนวนเส้นทางหนีไฟเพียงพอในการอพยพคนออกจากชั้นใดๆ และเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ใดๆ แล้ว พบว่าจำนวนเส้นทางหนีไฟได้จัดเตรียมไว้ในแบบแปลนมีไม่น้อยกว่า 2 ทาง ซึ่งเพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ที่มีไม่เกิน 500 คน

พิจารณาความสามารถของบันได (Stair Capacity)

จากแบบแปลนอาคารดังแสดงในภาคผนวก ข. พบว่าบันไดที่ใช้ในการรองรับคนออกจากแต่ละชั้นของอาคารได้จัดเตรียมทั้งบันไดที่มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟ (Exit Stair) ตามมาตรฐาน ประกอบด้วยบันได ST-1 และ ST-2 และบันไดที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นที่ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ประกอบด้วยบันได ST-4, ST-5, ST-6, ST-7, ST-x

ดังนั้นในชั้นตอนนี้จึงแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของบันไดหนีไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟ (Exit Stair) ตามมาตรฐาน ประกอบด้วยบันได ST-1 และ ST-2

กรณีที่ 2 พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของทุกบันได รวมไปถึงบันไดที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นที่ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ประกอบด้วยบันได ST-1, ST-2, ST-4, ST-5, ST-6, ST-7, ST-X

กรณีที่ 1

พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของบันไดหนีไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟ (Exit Stair) ตามมาตรฐาน ประกอบด้วยบันได ST-1 และ ST-2

ตารางที่ 13 ความสามารถของบันไดหนีไฟ (Exit Stair Capacity)

ชั้น	จำนวนคน อพยพแต่ละชั้น	ความกว้างบันได(มิลลิเมตร)		ตัวประกอบ รวมความ กว้าง	ความสามารถ (มม./คน)	ความสามา รถบันได (คน)	ผล วิเคราะห์
		ST- 1	ST- 2				
ชั้นลอย	50	1,250		1,250	7.6	164	เพียงพอ
5	123	1,250	900	2,150	7.6	283	เพียงพอ
4	374	1,250	900	2,150	7.6	283	ไม่เพียงพอ
3	384	1,250	900	2,150	7.6	283	ไม่เพียงพอ
2	100	1,250	900	2,150	7.6	283	เพียงพอ

หมายเหตุ พิจารณาเฉพาะบันไดที่มีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟซึ่งปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ

ผลการวิเคราะห์

การจัดเตรียมขนาดบันไดหนีไฟที่จะรองรับคนในแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับจำนวนคนที่อพยพในแต่ละชั้น ตามผลที่วิเคราะห์ตามตารางข้างต้น พบว่าขนาดความสามารถของบันไดหนีไฟไม่เพียงพอต่อการรองรับคนที่ชั้น 3 และ 4 เนื่องจากการอพยพคนจากห้อง Auditorium ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมนุมคน มีจำนวนคนจำนวนมาก ตามมาตรฐานต้องจัดเตรียมบันไดที่มีการป้องกันด้วยวัสดุทนไฟสำหรับการรองรับคนจากทุกชั้น เพื่อความปลอดภัย แต่จากแบบใช้บันไดหมายเลข ST-6, ST-5, ST-4 ที่ไม่ได้ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟเพื่อรองรับคนกลุ่มนี้

กรณีที่ 2

พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของบันไดที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นที่ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ประกอบด้วยบันได ST-1, ST-2, ST-4, ST-5, ST-6, ST-7, ST-x

ตารางที่ 14 ความสามารถในการรองรับคนของบันไดความสามารถของบันได (Stair Capacity)

ชั้น	จำนวน คนแต่ละชั้น	ความกว้างบันได(มิลลิเมตร)								ตัวประกอบ ความสามารถ (มม./คน)	ความสามารถ บันได (คน)	ผลวิเคราะห์
		ST- 1	ST- 2	ST- 4	ST- 5	ST-6	ST-7	ST-X	รวมความ กว้าง			
ชั้นลอย	50	1,250					1,200	700	3,150	7.6	414	เพียงพอ
5	123	1,250	900						2,150	7.6	283	เพียงพอ
4	374	1,250	900			1,600			3,750	7.6	493	เพียงพอ
3	384	1,250	900		1,800				3,950	7.6	520	เพียงพอ
2	100	1,250	900	2,300					4,450	7.6	586	เพียงพอ

หมายเหตุ พิจารณารวมทุกบันไดทั้งที่ปิดล้อมและไม่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ

ผลการวิเคราะห์

การจัดเตรียมขนาดบันไดหนีไฟที่จะรองรับคนในแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับจำนวนคนที่อพยพในแต่ละชั้น ตามผลที่วิเคราะห์ตามตารางที่ 14 พบว่าขนาดความสามารถของบันไดหากใช้ทุกบันไดเพื่อการอพยพหนีไฟจะทำได้ความสามารถในการรองรับคนของบันไดเพียงพอต่อการรองรับคนในทุกชั้นจากข้อมูลที่ได้รับจึงสรุปแนวทางในการกำหนดเส้นทางหนีไฟในอาคารให้เป็นไปตามกรณีที่ 2 โดยให้การอพยพออกจากอาคารใช้บันได ST-1, ST-2, ST-4, ST-5 และ ST-6

พิจารณาความสามารถของประตูหนีไฟ (Exit Door Capacity)

ประตูหนีไฟ หมายถึงประตูที่มีการป้องกันด้วยวัสดุทนไฟ ดังนั้นประตูที่ตรงกับนิยามตามมาตรฐานจะมีประตูของบันไดหนีไฟ ST-1 และ ST-2 เท่านั้น ซึ่งจะได้ผลในการวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับคนของประตูหนีไฟตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 15 ผลวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับคนของประตูหนีไฟ (Exit Door Capacity)

ชั้น	จำนวนคนแต่ละชั้น	ความกว้างประตู(เมตร)				ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)	ความสามารถประตู (คน)	ผลวิเคราะห์
		ประตู ST-1	ประตู ST-2	ทางออกชั้น1	รวมความกว้าง			
ชั้นลอย	50	900			900	5	180	เพียงพอ
5	123	900	900		1,800	5	360	เพียงพอ
4	374	900	900		1,800	5	360	ไม่เพียงพอ
3	384	900	900		1,800	5	360	ไม่เพียงพอ
2	100	900	900		1,800	5	360	เพียงพอ
1	516		900	10,250	11,150	5	2,230	เพียงพอ

หมายเหตุ พิจารณาเฉพาะบันไดที่มีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟซึ่งปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ

ผลการวิเคราะห์

การจัดเตรียมขนาดประตูหนีไฟที่จะรองรับคนในแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับจำนวนคนที่อพยพในแต่ละชั้น ตามผลที่วิเคราะห์ตามตารางข้างต้น พบว่าขนาดความสามารถของประตูหนีไฟสำหรับบันไดหนีไฟที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ST-1, ST-2 มีความสามารถไม่เพียงพอต่อการรองรับคนในทุกชั้น

การวิเคราะห์ระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร (Measurement of Travel Distance to Exits)

ผลการวิเคราะห์เลือกใช้ค่าจำกัดระยะทางที่จะใช้ในอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร พบว่ามีกิจกรรมการใช้อาคาร 3 ประเภท ประกอบด้วยประเภทธุรกิจ ประเภทชุมนุมคนและประเภทอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเลือกค่าจำกัดระยะทางสำหรับอาคารที่ก่อสร้างใหม่(New) และเป็นอาคารที่ติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler System) มาใช้ในการวิเคราะห์ ดังที่แสดงในตารางที่ 16 ค่าจำกัดของเส้นทางเดิน ทางบังคับร่วม ทางปลายตัน และระยะสัญจร

ตารางที่ 16 ค่าจำกัดของเส้นทางเดิน ทางบังคับร่วม ทางปลายตัน และระยะสัญจร (เมตร)

กิจกรรมการใช้อาคาร (Occupancy Classification)	ทางบังคับ ร่วม (Common Path Limit)	ทางปลาย ตัน (Dead- End Limit)	ทางสัญจร (Travel Distance Limit)
ประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy)			
- จำนวนคนไม่เกิน 50 คน	23	6.1	76
- จำนวนคนมากกว่า 50 คน	6.1	6.1	76
ประเภทธุรกิจ (Business Occupancy)	30	15	91
ประเภทอุตสาหกรรม (Industrial Occupancy)			
- แบบทั่วไป(General)	30	15	76

สำหรับอาคารติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยหัวกระจายน้ำดับเพลิง(Automatic Sprinkler System)

การวิเคราะห์ระยะทางสัญจร (Travel Distance)

การวิเคราะห์ระยะทางสัญจร(Travel Distance) ตามมาตรฐาน NFPA101, *Life Safety Code* จะแสดงในตารางแสดงระยะจำกัดของระยะทาง (Maximum Limit Distance) ตามตารางที่ 16 ตามแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข. จะแสดงอักษรย่อ TD หมายถึง Travel Distance และตัวเลขด้านหน้าจะเป็นตัวเลขที่วัดได้จริงจากแบบ ส่วนตัวเลขด้านหลังจะเป็นระยะทางจำกัดตามมาตรฐาน ดังที่แสดงในสัญลักษณ์นี้



ภาพที่ 16 แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางสัญจรที่แสดงในแบบ

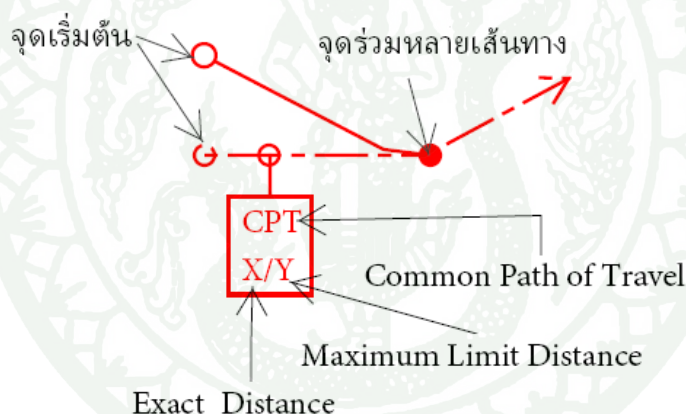
สรุปผลการวิเคราะห์จากแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข. พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีระยะสัญจรไม่เกินค่ามาตรฐาน

แต่ก็มีบางพื้นที่ ที่พบว่าระยะสัญจรเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งได้แก่ ระยะทางที่อพยพจากพื้นที่ในชั้น 4 ไปยังจุดปล่อยออกนอกอาคารที่ชั้นพื้นดิน มีระยะสัญจร 97 เมตร ซึ่งตามมาตรฐานแล้วระยะสัญจรในพื้นที่ชุมนุมคนต้องไม่เกิน 76 เมตร แต่สาเหตุที่ทำให้ระยะทางเกินค่ามาตรฐานเนื่องจากบันไดหนีไฟที่รองรับคนส่วนนี้ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ จึงไม่มีจุดปลอดภัยในพื้นที่ ดังนั้นระยะทางนี้จะวัดตั้งแต่การเคลื่อนที่จากห้อง Auditorium ลงบันได ST- 6 ไปยังนอก

อาคาร โดยผ่านบันได ST-5 และ ST-4 ตามลำดับ ซึ่งถ้าหากมีการปิดล้อมเส้นทางหนีไฟด้วยวัสดุทนไฟจะทำให้ระยะสัญจรไม่เกินค่ามาตรฐาน นั่นหมายความว่าผู้ใช้อาคารได้รับความปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคารด้วย

การวิเคราะห์ระยะทางบังคับร่วม (Common Path of Travel)

การวิเคราะห์ระยะทางบังคับร่วม(Common Path of Travel) ตามมาตรฐาน NFPA101, *Life Safety Code* จะแสดงในตารางแสดงระยะจำกัดของระยะทาง (Maximum Limit Distance) ตามตารางที่ 16 ตามแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข. จะแสดงอักษรย่อ CPT หมายถึง Common Path of Travel และตัวเลขด้านหน้าจะเป็นตัวเลขที่วัดได้จริงจากแบบ ส่วนตัวเลขด้านหลังจะเป็นระยะทางจำกัดตามมาตรฐาน ดังที่แสดงในสัญลักษณ์นี้



ภาพที่ 17 แสดงสัญลักษณ์ผลการวิเคราะห์ระยะทางบังคับร่วมที่แสดงในแบบ

ผลการวิเคราะห์จากแบบแปลนในแต่ละชั้นพบว่าระยะทางบังคับร่วมในพื้นที่ที่เป็นกิจกรรมชุมนุมคนมีค่าระยะทางอพยพเกินค่ามาตรฐาน ทำให้ระยะทางหนีไฟไม่ปลอดภัย อ้างอิงตามแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข มีดังนี้

1. ชั้นลอย (Mezzanine Floor) ซึ่งเป็นพื้นที่ออกกำลังกาย จำนวน 2 ห้อง เป็นประเภทกิจกรรมการใช้อาคารแบบชุมนุมคน (Assembly Occupancy) มีผู้ใช้อาคารจำนวน 25 คน เมื่ออ้างอิงตามมาตรฐานระยะทางบังคับร่วม (Common Path of Travel) ในพื้นที่ชุมนุมคนที่มีผู้ใช้อาคารไม่เกิน 50 คนจะต้องมีระยะทางบังคับร่วมไม่เกิน 23 เมตร แต่จากแบบแปลนอาคาร ทำการวัด

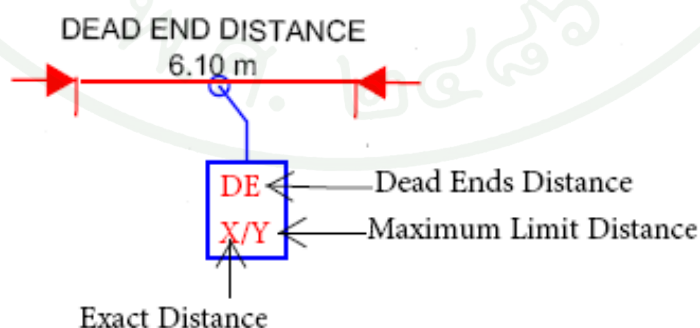
ระยะทางได้ 26 เมตรและ 32 เมตร ซึ่งผลวิเคราะห์พบว่าระยะทางเกินค่ามาตรฐาน และเส้นทางหนีไฟออกจากพื้นที่ Zone G1.6-9/A-C มีเพียง 1 ทางเท่านั้น ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารในพื้นที่ชั้นลอยเพราะไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ

2. ชั้น 3 บริเวณห้องบรรยายระยะทางบังคับร่วมเกินค่ามาตรฐาน โดยในห้องบรรยาย 1 เป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน(Assembly Occupancy) มีจำนวนผู้ใช้อาคาร 82 คน ระยะทางบังคับร่วม(Common Path of Travel) ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 6.1 เมตร แต่จากแบบวัดระยะทางได้ 25 เมตร ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารเพราะไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ

3. ชั้น 3 บริเวณห้องบรรยายระยะทางบังคับร่วมเกินค่ามาตรฐาน โดยในห้องบรรยาย 2 เป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน(Assembly Occupancy) มีจำนวนผู้ใช้อาคาร 43 คน ระยะทางบังคับร่วม(Common Path of Travel) ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 23 เมตร แต่จากแบบวัดระยะทางได้ 30 เมตร ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารเพราะไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ

ระยะทางปลายตัน (Dead Ends Corridor)

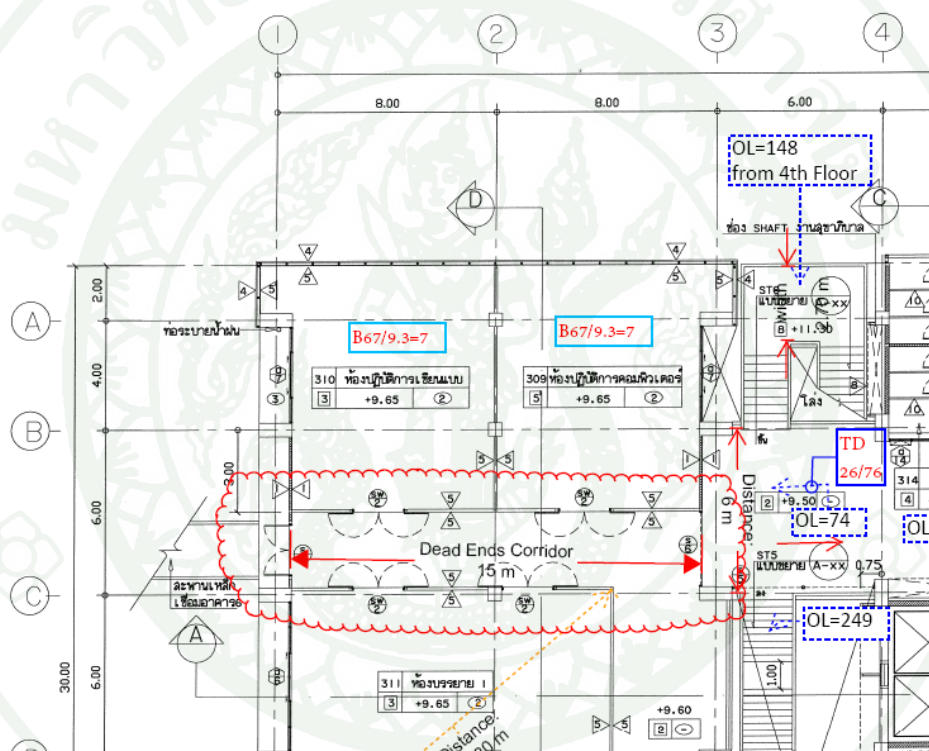
การวิเคราะห์ระยะทางปลายตัน (Dead Ends Corridor) ตามมาตรฐาน NFPA101, *Life Safety Code* จะแสดงในตารางแสดงระยะจำกัดของระยะทาง (Maximum Limit Distance) ตามตารางที่ 16 ตามแบบจะแสดงอักษรย่อ DE หมายถึง Dead Ends Corridor และตัวเลขด้านหน้าจะเป็นตัวเลขที่วัดได้จริงจากแบบ ส่วนตัวเลขด้านหลังจะเป็นระยะทางจำกัดตามมาตรฐาน ดังที่แสดงในสัญลักษณ์นี้



ภาพที่ 18 แสดงสัญลักษณ์ผลการวัดระยะทางปลายตันที่แสดงในแบบ

ในเส้นทางหนีไฟต้องไม่มีทางปลายตัน เพื่อป้องกันคนหลงเข้าไป ซึ่งจะทำให้เสียเวลา
ย้อนกลับ ไม่ปลอดภัย ดังนั้นในการออกแบบต้องจัดเตรียมไม่ให้มีระยะทางปลายตันเกินค่า
มาตรฐาน ซึ่งจะพิจารณาตามตารางที่ 16

จากการตรวจแบบอาคารนี้จะพบว่า มีทางปลายตันในเส้นทางหนีไฟที่ชั้น 3 บริเวณทางเดินหน้าห้อง
ประชุมมีระยะทาง 15 เมตรดังแสดงในภาพที่ 19 ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 6.1 เมตรถ้าเป็นพื้นที่
ชุมนุมคน



ภาพที่ 19 ตำแหน่งทางเดินที่ชั้น 3 ที่มีวงเมฆโคจรรอบมีระยะทางปลายตันเกินค่ามาตรฐาน

การวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

การวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress) หมายถึงการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยจากไฟและควัน โดยจะต้องออกแบบให้มีการปิดกั้นพื้นที่ หรือแยกส่วนพื้นที่หนีไฟด้วยวัสดุที่ทนไฟ เช่น การปิดล้อมบันไดหนีไฟด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงสำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 3 ชั้น และต้องปิดล้อมป้องกันด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง สำหรับอาคารสูงตั้งแต่ 4 ชั้น ขึ้นไป ในการพิจารณาการกั้นแยกเส้นทางหนีไฟจะพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

1. การกั้นแยกด้วยผนังทนไฟสำหรับบันไดหนีไฟ

ตามมาตรฐานกำหนดให้ทางหนีไฟต้องถูกกั้นแยกออกจากส่วนอื่นของอาคาร ดังนี้

1.1 ทางหนีไฟเชื่อมต่อกันไม่เกิน 3 ชั้น ให้กั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคาร โดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

1.2 ทางหนีไฟเชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ให้กั้นแยกทางหนีไฟออกจากส่วนอื่นของอาคารโดยการปิดล้อมทางหนีไฟทุกด้านด้วยวัสดุที่มีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง รวมทั้งส่วนประกอบของโครงสร้างที่รองรับทางหนีไฟด้วย

ผลการวิเคราะห์

อาคารมีบันไดที่ได้ทำการปิดล้อมสมบูรณ์ตามมาตรฐานเฉพาะบันได ST-1 สำหรับบันได ST-2 เกือบจะสมบูรณ์เพราะมีผนังทนไฟต่อเนื่องจากชั้น 5 ถึงชั้น 2 แต่ชั้น 1 ปลอยลงสู่พื้นที่ที่ทำกิจกรรมโดยไม่มีผนังกั้นแยก ส่วนบันได ST-6 ที่รับคนจากชั้น 4 เชื่อมต่อลงบันได ST-5 ที่ชั้น 3 และบันได ST-4 ที่ชั้น 2 ทั้ง 3 บันไดนี้ไม่ได้มีการปิดล้อมป้องกันส่วนใดๆ ด้วยวัสดุทนไฟ

2. การกั้นแยกพื้นที่ด้วยผนังทนไฟ (Separation of Occupancies) มาตรฐานกำหนดให้มีการกั้นแยกด้วยวัสดุทนไฟสำหรับผนังที่เชื่อมต่อกันระหว่างประเภทกิจกรรมการใช้อาคารที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์

บริเวณห้อง Auditorium ชั้น 4 และห้องประชุมชั้น 4 GL.5-6/B'-D' เป็นพื้นที่ชุมนุมคน (Assembly Occupancy) จะต้องกันแยกออกจากพื้นที่กิจกรรมการใช้อาคารแบบธุรกิจด้วยผนังทนไฟ ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงสำหรับพื้นที่ที่ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System)

การวิเคราะห์องค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ (Means of Egress Reliability)

1. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ

จากมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code* บทที่ 7 จะสรุปความต้องการตามมาตรฐานในหัวข้อที่เกี่ยวกับเส้นทางหนีไฟ และผลการวิเคราะห์ตามตาราง

ตารางที่ 17 ตารางแสดงความต้องการตามมาตรฐานเรื่องความน่าเชื่อถือของทางหนีไฟ

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	ทุกอาคารหรือทุกพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคาร ต้องมีเส้นทางหนีไฟอย่างน้อย 2 ทาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้อาคารได้รับอันตรายเมื่อเส้นทางหนีไฟทางใดทางหนึ่งถูกปิดกั้นด้วยเปลวไฟหรือควันไฟ	✓			
2	เส้นทางหนีไฟทั้งสองทางนั้นต้องถูกออกแบบไม่ให้ถูกปิดกั้นพร้อมกันทั้งสองทางเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ขึ้น ระยะห่างระหว่างประตูหรือทางหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 1 ใน 2 ของความยาวเส้นทแยงมุมห้องหรือพื้นที่ถ้าอาคารติดตั้งระบบ Sprinkler ครอบคลุมทุกพื้นที่และเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA13 ให้ระยะห่างลดลงเป็น 1 ใน 3 ได้		✓		ห้องบรรยาย 1 ชั้น 3 ระยะห่างประตูน้อยกว่าที่กำหนด

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
3	เส้นทางหนีไฟกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 915 มม.	√			
4	ความสูงในเส้นทางหนีไฟ วัดจากผิวบนสุดของพื้นถึงเพดานต้องไม่น้อยกว่า 2,285 มม. ในกรณีที่มีคานยื่นลงมากกว่าระดับเพดานระดับความสูงจากผิวบนสุดของพื้นถึงส่วนล่างสุดของคานจะต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มม.	√			
5	ต้องรักษาระดับความสูงน้อยสุดจากพื้นถึงเพดานในห้องหรือบริเวณใด ๆ ไว้ไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 ของพื้นที่เพดาน และระดับความสูงจากพื้นถึงเพดานของพื้นที่ที่เหลือต้องไม่น้อยกว่า 2,030 มม.			√	ไม่มีส่วนยื่นต่ำกว่าเพดาน
6	การตกแต่งผิวผนังและเพดานเส้นทางหนีไฟต้องไม่เป็นวัสดุติดไฟง่ายและไม่ลามไฟ	√			
7	ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดิน จะต้องยกระดับไม่เกิน 6.3 มม. (1/4 นิ้ว) ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 6.3 มม. (1/4 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 13 มม. (1/2 นิ้ว) ต้องปรับระดับด้วยความลาดเอียง 1 ต่อ 2 แต่ถ้ามีการยกระดับผิวทางเดินมากกว่า 13 มม. (1/2 นิ้ว) จะถือว่าเป็นการเปลี่ยนระดับ (Changes in Level)	√			
8	ผิวทางเดินในเส้นทางหนีไฟจะต้องราบเรียบ ถ้ามีการลาดเอียงในแนวทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 20 ส่วนการลาดเอียงในแนวทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเดินต้องลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 48	√			
9	ต้องทำการป้องกันการลื่นที่ผิวทางเดิน ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยการป้องกันการลื่นของผิวทางเดินในท่ทุกส่วนประกอบของเส้นทางหนีไฟต้องเป็นแบบเดียวกันตลอดแนวการเดินทางตามปกติ		√		ยังไม่ติดแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสง
10	ทางหนีไฟที่สูงกว่าระดับพื้นมากกว่า 760 มม. (30 นิ้ว) ต้องติดตั้งที่กั้นตก ที่ด้านเปิดของเส้นทางหนีไฟที่อยู่สูงกว่าพื้น	√			

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
11	เส้นทางหนีไฟต้องต่อเนื่องและต้องรักษาไว้ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางใดในเส้นทาง ในระหว่างที่เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่น	✓			
12	ห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนประตูทางหนีไฟ รวมทั้งห้ามไม่ให้ติดตั้งกระจกบนทางหนีไฟหรือใกล้กับทางหนีไฟใดที่ทำให้เกิดความสับสนในการใช้เส้นทาง	✓			
13	ทางปล่อยออกจากทางหนีไฟจะต้องสั้นสุด และเปิดออกโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือทางปล่อยออกภายนอกอาคาร		✓		บันได ST-1,ST-2 ปล่อยในอาคารชั้น 1
14	สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง หรือส่วนอื่น ๆ ของทางปล่อยออกจะต้องมีความกว้างและพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด และต้องสามารถเคลื่อนย้ายผู้ใช้อาคารทั้งหมดไปยังทางสาธารณะได้อย่างปลอดภัย	✓			
15	ยินยอมให้ทางหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งเท่านั้น ที่สามารถปล่อยผู้ใช้อาคารออกมาสู่ทางปล่อยออกภายในอาคารในระดับชั้นทางปล่อย ออก โดยทางหนีไฟเหล่านั้นจะต้องรองรับความสามารถในการหนีไฟไม่เกินครึ่งหนึ่งด้วย		✓		ควรแก้ไขให้บันได ST-1 ซึ่งใหญ่กว่าปล่อยนอกอาคารโดย
16	สำหรับทางปล่อยออกภายในอาคารที่ยอมให้มีได้ จะต้องเป็นเส้นทางที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง และออกไปสู่ภายนอกอาคาร และทางนั้นจะต้องมองเห็นและสังเกตได้โดยง่ายจากจุดที่ปล่อยออกจากทางหนีไฟและระดับชั้นทางปล่อยออกทั้งชั้นจะต้องติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ	✓			บันได ST-1 ST-2 ปล่อยในอาคารชั้น 1 ไม่มีสิ่งกีดขวาง
17	ต้องทำเครื่องหมายในทางปล่อยออกที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจน รวมทั้งบันไดก็ต้องทำเครื่องหมายที่สามารถแสดงถึงเส้นทางสู่ทางสาธารณะอย่างชัดเจนด้วย		✓		ป้ายบอกทางยังไม่ติดตั้ง

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
18	ทางหนีไฟต้องทำเครื่องหมายโดยใช้ป้ายสัญลักษณ์ที่ได้รับการรับรองที่สามารถมองเห็นได้โดยง่ายและชัดเจน ติดอยู่ในทิศทางของทางเข้าทางหนีไฟ ยกเว้นแต่ว่าเป็นประตูทางออกหลักสู่ภายนอกอาคารที่ผู้ใช้อาคารสามารถเข้าใจได้อย่างทันทีว่าเป็นทางหนีไฟออกสู่ภายนอกอาคาร โดยหากมีการเปลี่ยนทิศทางต้องมีลูกศรกำกับทิศทาง		✓		ป้ายบอกทางยังไม่ครบทุกจุดที่เป็นทางออกหนีไฟ
19	ป้ายสัญลักษณ์ที่จะติดตั้งในช่องทางเดินเข้าทางหนีไฟต้องติดตั้งให้อยู่ห่างกันในระยะที่มองเห็นได้ในระยะ 30 เมตร (100 ฟุต)		✓		ป้ายบอกทางยังไม่ครบทุกพื้นที่
20	ป้ายสัญลักษณ์มีตัวอักษรที่อ่านง่ายและชัดเจน โดยมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 150 มม. (6 นิ้ว)	✓			
21	เครื่องหมายอพยพหนีไฟต้องติดตั้งสูงจากส่วนบนสุดของช่องเปิดที่ต้องการติดตั้งเครื่องหมายนั้นไม่เกิน 2,030 มม. (80 นิ้ว)	✓			
22	ป้ายสัญลักษณ์แบบส่องสว่างจากภายนอกต้องมีระดับความสว่างไม่น้อยกว่า 54 ลักซ์ (5 ft-candle) วัดที่ผิวของป้ายสัญลักษณ์ และต้องมีอัตราส่วนความผิดเพี้ยน (contrast ration) ไม่น้อยกว่า 0.5			✓	ไม่มี
23	การส่องสว่างในเส้นทางหนีไฟจะต้องครอบคลุมถึงเส้นทางหนีไฟ ทางเข้าทางหนีไฟและทางปล่อยออกบันได ทางเดินระหว่างที่นั่ง ทางเดินร่วม ทางลาดชัน บันไดเลื่อน และทางผ่านทางหนีไฟ	✓			
23	การส่องสว่างในเส้นทางหนีไฟต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในระหว่าง ช่วงเวลาที่ผู้ใช้อาคารต้องใช้งานเส้นทางหนีไฟ สามารถส่องสว่างได้ไม่น้อยกว่า 90 นาที	✓			

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
24	ระดับแสงสว่างในเส้นทางหนีไฟในสภาวะปกติ ระดับแสงสว่างต้องไม่น้อยกว่า 108 ลักซ์ (10 ft-candle) วัดที่ผิวทางเดิน	✓			
25	ในพื้นที่ครอบครองประเภทชุมชนนั้น ระดับแสงสว่างที่พื้นในทางเข้าทางหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 2.2 ลักซ์ (0.2 ft-candle) ในระหว่างที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ	✓			
26	สำหรับกรณีไฟแสงสว่างฉุกเฉินระดับความสว่างเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 10.8 ลักซ์ (1 ft-candle) และต้องมีระดับความสว่างไม่น้อยกว่า 1.1 ลักซ์ (0.1 ft-candle) ที่ตำแหน่งใด ๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพและเมื่อเวลาในการส่องสว่างผ่านไป 1 ชั่วโมงครึ่งแล้ว ยินยอมให้ระดับความสว่างเฉลี่ยลดลงจนเหลือค่าไม่น้อยกว่า 6.5 ลักซ์ (0.6 ft-candle) และต้องมีระดับความสว่างไม่น้อยกว่า 6.5 ลักซ์ (0.6 ft-candle) ที่ตำแหน่งใด ๆ วัดที่ผิวทางเดินในเส้นทางอพยพ โดยต้องรักษาอัตราส่วนระหว่างระดับความสว่างสูงสุดและต่ำสุดที่ตำแหน่งใด ๆ ไว้ในอัตราส่วนไม่เกิน 40 ต่อ 1	✓			

2. ประตู (Doors)

จากมาตรฐาน NFPA 101, *Life Safety Code* ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 รายละเอียดความต้องการตามมาตรฐานของประตู

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	ประตูกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มม. (32 นิ้ว)	✓			
2	สำหรับประตูแบบบานคู่ อย่างน้อยประตูบานหนึ่งเมื่อเปิดออกจะต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 810 มม. (32 นิ้ว)	✓			
3	ผิวทางเดินทั้งสองด้านของประตูจะ ต้องมีความต่างระดับกันไม่เกิน 13 มม. (1/2 นิ้ว)	✓			
4	ต้องรักษาความต่างระดับของผิวทางเดินไว้ทั้งสองข้างของประตูที่ระยะไม่น้อยกว่าความกว้างของบานประตูที่กว้างที่สุด	✓			
5	ธรณีประตูต้องสูงไม่เกิน 13 มม. (1/2 นิ้ว)	✓			
6	ประตูแบบที่มีบานพับติดอยู่ด้านข้างหรือเป็นชนิดเดือยหมุนที่ให้บริการห้องหรือพื้นที่ที่มีความจุของผู้ใช้อาคารไม่น้อยกว่า 50 คน ต้องเปิดไปตามทิศทางของการอพยพหนีไฟ		✓		ประตูห้อง Auditorium และห้องประชุมชั้น 4
7	เมื่อเปิดประตูใดที่อยู่ในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่ทำให้ความกว้างของทางเดินหรือชานพักบันไดลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่ง และประตูเปิดสุด ต้องไม่ยื่นล้ำมากกว่า 180 มม. (7 นิ้ว)	✓			
8	แรงที่ต้องใช้ในการเปิดประตูใดในเส้นทางหนีไฟ ต้องไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lb) เพื่อปลดล็อก ไม่เกิน 133 นิวตัน (30 lb) เพื่อทำให้ประตูเริ่มเคลื่อนที่ และไม่เกิน 67 นิวตัน (15 lb) เพื่อให้ประตูเปิดได้ตามความกว้างน้อยสุดที่ต้องการ	✓			

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
9	อาคารสูงตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ต้องสามารถเปิดประตูย้อนกลับจากบันไดเข้าสู่ด้านในของอาคารได้	✓			
10	ต้องไม่ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใดบนประตูที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูหรืออุปกรณ์ควบคุมกลอนประตูทนไฟ ถ้าอุปกรณ์นั้นไปขัดขวางการใช้งานอย่างอิสระของประตูเพื่อจุดประสงค์ในการอพยพ	✓			
11	ประตูทนไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์หลักเปิดประตู(Fire Exit Hardware) โดยยาวไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างบานประตู		✓		
12	ระดับติดตั้งอุปกรณ์หลักเปิดอยู่ระยะความสูงระหว่าง 865 มม. ถึง 1220 มม. (34 นิ้วถึง 48 นิ้ว) เหนือพื้น		✓		
13	ประตูในเส้นทางหนีไฟต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเอง(Door Closer)	✓			
14	ประตูใดที่โดยปกติต้องการให้ปิดอยู่ตลอดเวลาแล้ว และไม่เป็นการปลอดภัยที่จะเปิดในเวลาใด ๆ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำให้ประตูปิดด้วยตัวเองหรืออุปกรณ์ทำให้ประตูปิดโดยอัตโนมัติ			✓	ไม่มีประตูเปิดค้าง

3. บันไดหนีไฟ (Stair)

จากมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 19

ตารางที่ 19 รายละเอียดความต้องการตามมาตรฐานของบันไดหนีไฟ

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
1	บันไดหนีไฟที่สูงมากกว่า 3 ชั้นขึ้นไปต้องปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง		✓		บันได ST-1 เป็นไปตามมาตรฐาน แต่ ST-2,ST-4,ST-5,ST-6,ST-7 ไม่ปิดล้อมป้องกันตลอดเส้นทางหนีไฟ
2	ผนังส่วนด้านนอกอาคารที่ติดกับบันไดที่ทำมุกกันน้อยกว่า 180 องศาแล้ว ต้องทำการป้องกันส่วนของอาคารนั้นด้วยผนังที่มีอัตราการทนไฟเช่นเดียวกับส่วนปิด ล้อมบันไดในระยะ 3050 มม.(120 นิ้ว) ในแนวระดับ รวมทั้งต้องทำการป้องกันช่องเปิดต่าง ๆ		✓		บันได ST-1 เป็นไปตามมาตรฐาน แต่ ST-2,ST-4,ST-5,ST-6,ST-7 ไม่ปิดล้อมป้องกันตลอดเส้นทางหนีไฟ
3	บันไดหนีไฟต้องก่อสร้างด้วยวัสดุถาวร มั่นคงแข็งแรง ชั้นบันไดและชานพักบันไดจะต้องแข็งแรงและไม่มีรู	✓			
4	บันไดหนีไฟต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1,120 มม.		✓		บันได ST-2 กว้าง 900 มิลลิเมตร
5	ความสูงลูกตั้งต้องไม่น้อยกว่า 100 มม. และไม่เกิน 180 มม.		✓		บันได ST-1,ST-7 สูง 200 มม.

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
6	ความลึกลูกนอนต้องไม่น้อยกว่า 28 มม.		✓		บันได ST-1,ST-2,ST-4,ST-5,ST-7 ลึก 250 มม.
7	ยินยอมให้ความลึกของลูกนอนและความสูงของลูกตั้งในแต่ละชั้นบันไดแตกต่างกันได้ไม่เกิน 4.8 มม.		✓		ทุกบันไดแตกต่างกันมากกว่ามาตรฐาน ไม่สม่ำเสมอ
8	ยินยอมให้มีการแตกต่างมากที่สุดระหว่างลูกตั้งที่สูงที่สุดกับสูงน้อยที่สุดและระหว่างลูกนอนที่ลึกที่สุดกับลึกน้อยที่สุดไม่เกิน 9.5 มม.		✓		ทุกบันไดแตกต่างกันมากกว่ามาตรฐาน ไม่สม่ำเสมอ
9	ความสูงในบันไดหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 2030 มม.	✓			
10	ความสูงมากที่สุดระหว่างชานพักต้องไม่เกิน 3660 มม.	✓			
11	บันไดต้องมีชานพักบันไดตรงตำแหน่งที่ประตูเปิด	✓			
12	บันไดและชานพักบันไดระหว่างชั้นต้องมีความต่อเนื่องและมีขนาดความกว้างไม่ลดลงตลอดเส้นทาง	✓			
13	ทุกชานพักบันไดต้องมีขนาดความกว้างในแนวทิศทางการหนีไฟ ไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบันได	✓			
14	ชานพักบันไดไม่ต้องมีขนาดความยาวเกิน 1220 มม. ในทิศทางการหนีไฟ ถ้าเป็นบันไดแบบตรง	✓			บันได ST-2 ยาว 1000 มม.
15	ชั้นบันไดและชานพักบันไดจะต้องเป็นอิสระจากส่วนอื่นต่าง ๆ ที่อาจจะกีดขวางผู้ใช้บันได	✓			

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
16	ถ้าชั้นบันไดชั้นสุดท้ายติดกับทางสาธารณะ ทางเดิน หรือ ถนนที่ลาดเอียง และถูกใช้เป็นชานพักบันไดด้วยแล้ว ยินยอมให้ลูกตั้งในชั้นบันไดชั้นสุดท้ายมีระะความสูง ไม่เกิน 25 มม. ต่อความกว้างของบันได 300 มม. (1 นิ้วต่อ 12 นิ้ว)		✓		จุดปล่อยออก บันได ST-2 สูงกว่าพื้นดิน ประมาณ 1.50 เมตร ไม่มี ชั้นบันไดลงสู่ พื้นดิน
17	บันไดและทางลาดชันต้องมีราวบันไดทั้งสองด้าน		✓		บันไดมีราวจับ 1 ด้าน
18	ราวบันได ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 865 มม. (34 นิ้ว) และ ไม่มากกว่า 965 มม. (38 นิ้ว) เหนือพื้นของชั้น บันได โดยวัดในแนวตั้งจากปลายของชั้นบันไดไปยัง ส่วนที่สูง ที่สุดของราวบันได	✓			
19	ราวบันไดมีหน้าตัดเป็นวงกลม ต้องมีรัศมีรอบนอก ไม่น้อยกว่า 32 มม.(1 ¼ นิ้ว) และ ไม่เกิน 51 มม. (2 นิ้ว)		✓		ขนาดมากกว่า 2 นิ้ว
20	ราวบันไดจะต้องมีระยะห่างจากผนังด้านที่จะติดตั้ง ไม่น้อยกว่า 57 มม. (2 ¼ นิ้ว)	✓			
21	ส่วนปลายของราวบันไดที่จะ โกงเข้าหากำแพง หรือพื้น ต้องสิ้นสุดที่เสาสุดท้ายของราวบันได				
22	บันไดด้านเปิดโล่งต้องมีราวกันตกสูงไม่น้อยกว่า 1065 มม. (42 นิ้ว)	✓			
23	ที่กันตกต้องมีซี่กันตก ระยะห่างระหว่างซี่ต้องไม่มากกว่า รูปทรงวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. (4 นิ้ว) ที่สามารถกันไม่ให้มีผู้ใดผลักตกลงไปได้ โดยราวตรง กลางต้องติดตั้งให้มีความสูงไม่เกิน 865 มม.(34 นิ้ว)	✓			
24	ที่กันตกและราวบันไดต้องยาวต่อเนื่องตลอดความยาวของ บันได และสำหรับจุดหักเลี้ยวของบันได ราวบันไดด้าน ในต้องมีความต่อเนื่องระหว่างชั้นบันไดกับชานพักบันได	✓			

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
25	ที่กันตกและราวบันไดต้องไม่มีส่วนยื่นหรืออุปกรณ์ใดที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด รวมทั้งช่องเปิดของที่กันตกด้วยที่ต้องไม่มีส่วนยื่นที่อาจจะเกี่ยวทำให้เสื้อผ้าของผู้ใช้อาคารขาด	✓			
26	บันไดที่รองรับจำนวนชั้นในอาคารตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป ต้องจัดเตรียมป้ายสัญลักษณ์ภายในบันไดนั้น ติดอยู่ในแต่ละชานพักบันได โดยระบุถึงระดับชั้น ปลายทางของ ด้านบน และด้านล่าง รายละเอียดต่าง ๆ ของบันไดนั้น พร้อมทั้งทิศทางไปสู่ทางปล่อยออก และต้องติดตั้งให้ป้ายสัญลักษณ์อยู่สูงจากพื้นของชานพักบันได 1525 มม. ในตำแหน่งที่เห็นได้ทั้งในขณะที่เปิดหรือปิดประตู		✓		ยังไม่ติดตั้ง
27	บันไดภายนอกอาคารที่สูงมากกว่า 3 ชั้นต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่บดบังการมองเห็นภายนอกอาคาร เพื่อไม่ให้ผู้ใช้งานที่กลัวความสูงหวาดกลัว โดยอุปกรณ์นั้นต้องสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1220 มม. (48 นิ้ว)	✓			
28	ต้องเขียนสัญลักษณ์ลงบนผนัง หรือติดเป็นป้ายสัญลักษณ์ลงบนผนังอย่างแน่นหนา		✓		ยังไม่ติดตั้ง
29	ถ้าบันไดมีทางเข้าสู่ดาดฟ้าต้องมีข้อความที่เขียนว่า “มีทางเข้าสู่ดาดฟ้า” หรือถ้าไม่มีทางเข้าสู่ดาดฟ้าต้องมีข้อความที่เขียนว่า “ไม่มีทางเข้าสู่ดาดฟ้า” อยู่ที่ตำแหน่งได้ตัวอักษรบรรทัดรายละเอียดของบันได โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)		✓		ยังไม่ติดตั้ง
30	ตัวเลขระดับชั้นต้องอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษร ไม่น้อยกว่า 125 มม. (5 นิ้ว ส่วนในชั้นลอยต้องมีตัวอักษร “M” หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสม นำหน้าเลขระดับชั้น และในชั้นใต้ดินต้องมีตัวอักษร “B” หรือตัวอักษรอื่นที่เหมาะสม นำหน้าเลขระดับชั้น		✓		ยังไม่ติดตั้ง

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ลำดับ	ความต้องการตามมาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์			หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่เกี่ยวข้อง	
31	ตัวอักษรที่ระบุถึงปลายทางของด้านบนและด้านล่างของบันไดต้องอยู่ด้านล่างสุดของป้ายสัญลักษณ์ โดยมีขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 25 มม.(1 นิ้ว)		✓	✓	ยังไม่ติดตั้ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ

จากตารางสรุปผลการวิเคราะห์ สามารถสรุปรายการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ได้ดังนี้

1. ห้องบรรยาย 1 ชั้น 3 ระยะห่างประตูน้อยกว่าที่กำหนด โดยระยะห่างระหว่างประตูหรือทางหนีไฟต้องไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวเส้นทางแยงมุมห้องหรือพื้นที่ ถ้าอาคารติดระบบ Sprinkler ครอบคลุมทุกพื้นที่และเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA13
2. ทางหนีไฟที่เป็นทางลาดชันยังไม่ติดแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสงที่ให้เห็นชัดเจน ป้องกันการสะดุด
3. ป้ายบอกทางหนีไฟยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่และไม่ติดป้ายบอกรายละเอียดบันไดในบันไดหนีไฟ
4. ทิศทางการผลักเปิดประตูไม่เปิดไปในทางหนีไฟ สำหรับประตูที่รองรับคนตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป ได้แก่ ประตูห้อง Auditorium ชั้น 4 และ ประตูห้องประชุมชั้น 4
5. มีทางเดิน 15 เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน ที่หน้าทางเดินห้องบรรยาย 1 ชั้น 3
6. บันไดหนีไฟที่เชื่อมต่อกันตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ต้องปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง โดยบันได ST-1 เป็นไปตามมาตรฐาน แต่ ST-2,ST-4,ST-5,ST-6,ST-7 ไม่ปิดล้อม ป้องกันตลอดเส้นทางหนีไฟ

7. บันไดหนีไฟ ST-2 กว้างน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด โดยมาตรฐานกำหนดให้บันไดหนีไฟต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1,120 มม.

8. บันไดมีราวจับเพียง 1 ด้าน และทางลาดชันไม่มีราวจับ ตามมาตรฐานต้องมีราวจับ 2 ด้าน

9. ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ผลักเปิดประตู (Fire Exit Hardware) ที่ประตูหนีไฟ

10. ราวบันไดมีหน้าตัดเป็นวงกลม มีรัศมีรอบนอก 3 นิ้ว ซึ่งมากกว่ามาตรฐานกำหนด โดยตามมาตรฐานต้องมีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มม. (1 ¼ นิ้ว) และไม่เกิน 51 มม. (2 นิ้ว)

11. ลูกตั้งของบันไดหนีไฟ ST-1 และ ST-7 สูง 200 มม. ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานกำหนดต้องไม่เกิน 180 มม.

12. ขั้นบันไดมีความสูงของลูกตั้งและความลึกของลูกนอนไม่สม่ำเสมอ โดยแต่ละขั้นแตกต่างกันมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่แตกต่างกัน 1-2 เซนติเมตร มีโอกาสทำให้เกิดเสียการทรงตัวพลัดหกล้มได้ ต้องมีการเตือนผู้ใช้อาคารและฝึกซ้อมการอพยพให้เกิดความคุ้นเคย

13. จุดปล่อยออก บันได ST-2 สูงกว่าพื้นดินประมาณ 1.30 เมตร ไม่มีขั้นบันไดลงสู่พื้นดิน

14. บันไดหนีไฟ ST-1 เป็นบันไดหนีไฟที่มีการปิดล้อมป้องกันควันไฟ ควรปล่อยออกนอกอาคารโดยตรงเนื่องจากมีขนาดที่รองรับผู้ใช้อาคารมากกว่า บันได ST-2

15. อาคารยังไม่ติดตั้งป้ายบอกทางออกที่จุดปล่อยออกและยังไม่กำหนดจุดรวมพล

การวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาอพยพ โดยวิธี Hydraulic Analogy

ในการคำนวณเวลาการอพยพในอาคารจะต้องใช้ข้อมูลเฉพาะของอาคารนั้นๆ และข้อมูลทั่วไปตามหลักสมมติฐานของมาตรฐานสากล

ข้อมูลเฉพาะของอาคารที่จะต้องใช้ในการคำนวณเวลาการอพยพในอาคาร ได้แก่

- สภาพทางกายภาพของอาคาร คือ ขนาดพื้นที่ ความสูง และลักษณะประเภทการใช้อาคาร ข้อมูลนี้เพื่อใช้ในการหาจำนวนคนสูงสุดในอาคาร(Maximum Occupant Load)

- รายละเอียดของระบบทางหนีไฟ คือ เส้นทางการอพยพจากพื้นที่ใดๆจนถึงภายนอกอาคาร จำนวน ระยะทาง และขนาดความกว้างของเส้นทางหนีไฟ ข้อมูลนี้เพื่อใช้ในการคำนวณหาขีดความสามารถในการรองรับการอพยพคนในแต่ละพื้นที่

- ระบบความปลอดภัยและระบบการแจ้งเหตุเพื่อการอพยพของอาคาร เพื่อประกอบการวางสมมติฐานในการคำนวณ

นอกเหนือจากข้อมูลเฉพาะของอาคารดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังต้องอาศัยข้อมูลทั่วไปตามหลักสมมติฐานตามมาตรฐานสากล กล่าวคือการคำนวณเวลาการอพยพนี้จะอยู่บนเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ผู้คนที่ใช้อาคารจะไม่มีแบ่งแยกสภาพกายภาพของคน เช่น เพศ วัย หรือคนที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้

- ในสถานการณ์ของการอพยพจะต้องไม่มีปัจจัยเรื่องความตื่นตระหนก (panic) เข้ามาเกี่ยวข้อง

- การกระจายตัวของคนในอาคารมีลักษณะสม่ำเสมอเท่าเทียมกันทุกจุดในพื้นที่ของการใช้งานในแต่ละประเภทนั้นๆ

- การอพยพของแต่ละคนจะใช้เส้นทางตามสภาพพื้นที่นั้นๆ กล่าวคือใช้เส้นทางหนีไฟ และบันไดหนีไฟที่อยู่ใกล้ตัวที่สุด โดยไม่มีปัจจัยในเรื่องของสภาพทางหนีไฟเข้ามาเกี่ยวข้องและไม่มีการอพยพข้ามพื้นที่กัน

- การคำนวณเวลาการอพยพจะอยู่บนเงื่อนไขว่าทุกคนในทุกพื้นที่ได้เคลื่อนตัวเข้าสู่เส้นทางอพยพและเคลื่อนตัวไปเรื่อยๆ โดยไม่มีการหยุดชะงักกเว้นการหยุดรอคิวเพื่อทยอยเคลื่อนตัวผ่านไปตามเส้นทางหนีไฟนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือการคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟนี้จะครอบคลุมเวลาตั้งแต่เมื่อทุกคนในอาคารได้รับสัญญาณให้อพยพ (Building General Alarm) จนถึงเวลาที่คนสุดท้ายในเส้นทางนั้นเคลื่อนตัวถึงจุดปล่อยออกภายนอกอาคารเท่านั้น

ปัจจัยในการคำนวณเวลาการอพยพในอาคาร

มีปัจจัยที่จะต้องพิจารณาและวิเคราะห์ 2 ปัจจัยหลัก คือ

1. ปัจจัยเรื่องเวลาการเคลื่อนตัวไปตามเส้นทางหนีไฟ (Travel Time) เป็นค่าเวลาที่คนใช้ในการอพยพไปตามระยะทางของเส้นทางหนีไฟ (Travel Distance) ด้วยความเร็ว (Velocity) ที่ได้จาก การคำนวณตามสภาพแวดล้อมนั้น โดยไม่มีการพิจารณาถึงจำนวนคนแต่อย่างใด

สมการการหาเวลาการเคลื่อนตัว (Travel Time) คือ

$$\text{Travel Time (sec)} = \text{Travel Distance (m)} / \text{Velocity (m/sec)} \quad (15)$$

2. ปัจจัยเรื่องเวลาคิวของคนทั้งหมดทยอยผ่าน ณ จุดใดๆ (Queue Time) เป็นเวลาที่คนทั้งหมดในเส้นทางนั้นจะเคลื่อนตัวผ่าน ณ จุดใดๆ ที่เราพิจารณาจนครบทุกคน โดยไม่มีการพิจารณาถึงระยะทางความยาวของเส้นทางหนีไฟแต่อย่างใด

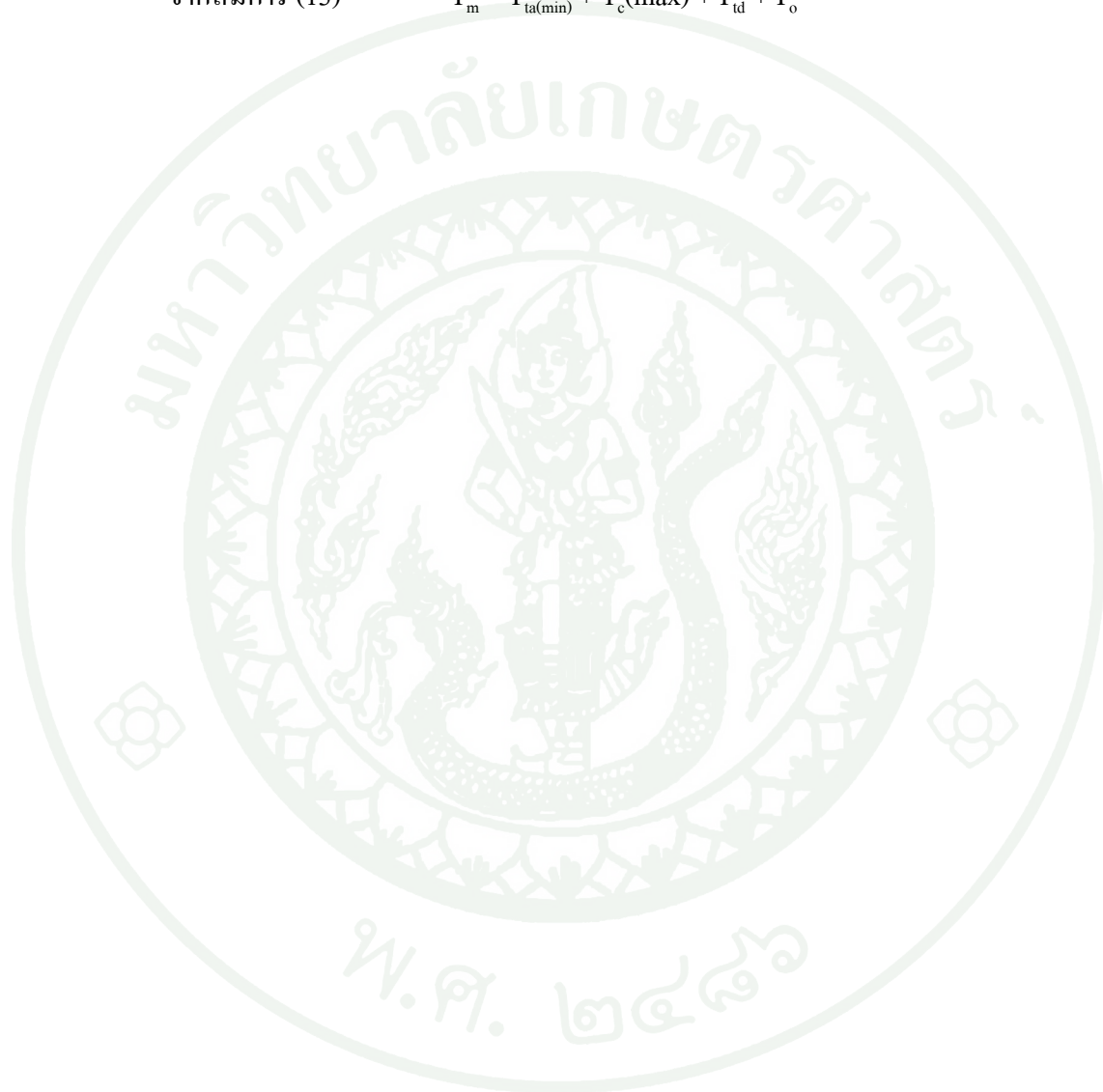
จุดที่เราจะพิจารณาเรื่องเวลาคิวในเส้นทางหนีไฟใดๆ คือจุดที่เป็นตัวจำกัดขีดความสามารถของการไหลผ่านของคน (Constraint Flow Point) ซึ่งจะเป็นจุดที่มีความกว้างน้อยที่สุด

สมการการหาเวลาคิวของคนทั้งหมด (Queue Time) คือ

$$\text{Queue Time (sec)} = \text{Occupant Load (persons)} / \text{Exit Flow Rate (persons/sec)} \quad (16)$$

3. คำนวณเวลาของการอพยพในอาคาร (Calculated Evacuation Time, T_m)

จากสมการ (13)
$$T_m = T_{ta(\min)} + T_c(\max) + T_{td} + T_o$$



การคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟ

ในการคำนวณระยะเวลาการอพยพจะอธิบายในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. สรุปข้อมูลของเส้นทางหนีไฟ รายละเอียดบันไดหนีไฟ โดยมีรายละเอียดขนาด, ระยะทางดังแสดงในแบบภาคผนวก ข.

ตารางที่ 20 รายละเอียดชนิดบันไดหนีไฟ

Type	1	2	3	4	5	6
Riser Height (mm.)	165	180	178	180	190	200
Tread Depth (mm.)	330	290	280	250	255	250
Stair Slope(@degree)	26.57	31.82	32.44	35.75	37.97	38.66
Sin. @degree	0.447	0.527	0.536	0.584	0.615	0.625
Velocity Factor (k)	1.23	1.10	1.08	1.03	1.00	0.98

จากตารางจะใช้ชนิดบันไดตามมาตรฐาน ในกรณีที่บันไดตามแบบไม่ตรงกับชนิดใดๆต้องคำนวณหารายละเอียดต่างๆจากความสัมพันธ์ของขนาดความสูงลูกตั้ง(Riser Height) และความลึกของลูกนอน (Tread Depth (mm.)) และขนาดมุมความชันของบันได ซึ่งจะทำให้ทราบถึงค่า Velocity factor (K) ที่นำมาใช้ในการคำนวณในขั้นตอนต่อไป

ชนิดบันไดที่มีในอาคารที่ทำการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยชนิดที่ 2, 4 และ 6 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในตารางหน้าถัดไป

- บันได ST-6 เป็นบันไดชนิดที่ 2
- บันได ST-2 , ST-4 และบันได ST-5 เป็นบันไดชนิดที่ 4
- บันได ST-1 และบันได ST-7 เป็นบันไดชนิดที่ 6

ตารางที่ 21 แสดงรายละเอียดบันได (Information of Building Stairs)

Stair "ST-1"		Stair "ST-2 "		Stair "ST-4 "		Stair "ST-5 "		Stair "ST-6 "		Stair "ST-7 "	
Riser Height (m.)	0.20	Riser Height (m.)	0.18	Riser Height (m.)	0.18	Riser Height (m.)	0.18	Riser Height (m.)	0.18	Riser Height (m.)	0.20
Tread Depth (m.)	0.25	Tread Depth (m.)	0.25	Tread Depth (m.)	0.25	Tread Depth (m.)	0.25	Tread Depth (m.)	0.29	Tread Depth (m.)	0.25
Stair Slope (degree)	38.66	Stair Slope (degree)	35.75	Stair Slope (degree)	35.75	Stair Slope (degree)	35.75	Stair Slope (degree)	31.82	Stair Slope (degree)	38.66
Type	6	Type	4	Type	4	Type	4	Type	2	Type	6
Door In Width (m.)	0.90	Door In Width (m.)	0.90	Door In Width (m.)	-	Door In Width (m.)	-	Door In Width (m.)	-	Door In Width (m.)	900
Door Out Width (m.)	0.90	Door Out Width (m.)	0.90	Door Out Width (m.)	-	Door Out Width (m.)	-	Door Out Width (m.)	-	Door Out Width (m.)	-

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Stair "ST-1"		Stair "ST-2 "		Stair "ST-4 "		Stair "ST-5 "		Stair "ST-6 "		Stair "ST-7 "	
Minimum Stair Width (m.)		Minimum Stair Width (m.)		Minimum Stair Width (m.)		Minimum Stair Width (m.)		Minimum Stair Width (m.)		Minimum Stair Width (m.)	
Deck Fl. - 1Fl.	1.25	5Fl. - 1Fl.	0.90	2Fl. - 1Fl.	2.30	3Fl. - 2Fl.	1.80	4Fl. - 3Fl.	1.60	Deck Fl. - 5Fl.	1.20
1Fl. Discharge Stair	3.40			1Fl. Discharge Stair	4.80						
Landing Width (m.)	1.75	Landing Width (m.)	1	Landing Width (m.)	1.5	Landing Width (m.)	1	Landing Width (m.)	2.7	Landing Width (m.)	1.23
		Distance on Landing (m.)	7.5	Landing Width (m.)	2	Landing Width (m.)	2.75	Landing Width (m.)	6		
Effective Width (m.)		Effective Width (m.)		Effective Width (m.)		Effective Width (m.)		Effective Width (m.)		Effective Width (m.)	
Deck Fl. - 1Fl.	0.95	5Fl. - 1Fl.	0.60	2Fl. - 1Fl.	2.00	3Fl. - 2Fl.	1.50	4Fl. - 3Fl.	1.30	Deck Fl. - 5Fl.	0.90

ตารางที่ 21 (ต่อ)

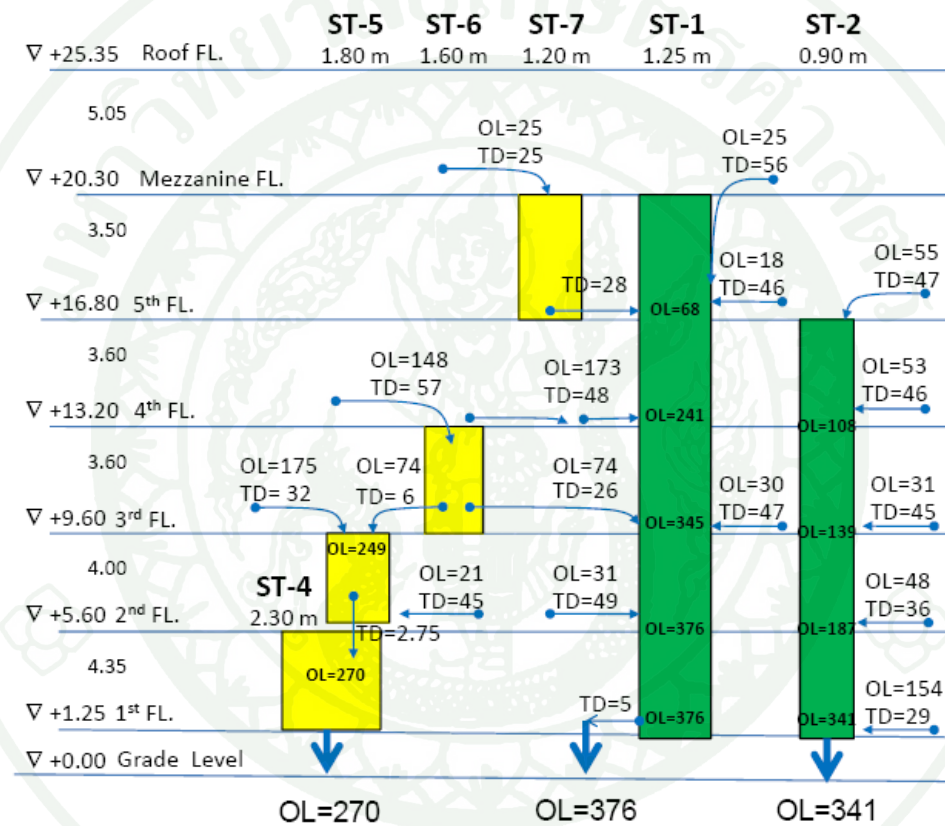
Stair "ST-1"		Stair "ST-2 "		Stair "ST-4 "		Stair "ST-5 "		Stair "ST-6 "		Stair "ST-7 "	
				1Fl. Discharge Stair	4.50						
Fl. To Fl. Height (m.)	3.80	Fl. To Fl. Height (m.)	3.80	Fl. To Fl. Height (m.)	4.35	Fl. To Fl. Height (m.)	4.00	Fl. To Fl. Height (m.)	3.60	Fl. To Fl. Height (m.)	3.50
Fl.toFl. Travel Distance (m.)	67.23	Fl.toFl. Travel Distance (m.)	59.12	Fl.toFl. Travel Distance (m.)	10.95	Fl.toFl. Travel Distance (m.)	10.60	Fl.toFl. Travel Distance (m.)	18.23	Fl.toFl. Travel Distance (m.)	6.83

2. สรุปข้อมูลจำนวนผู้ใช้อาคารและแบ่งจำนวนคนกระจายตามแต่ละบันได

จำนวนคนในอาคารแยกแต่ละชั้นและระยะทางการเคลื่อนตัวเข้าถึงบันไดหนีไฟแต่ละชั้น

จากแบบแปลนอาคารจะสร้างสมมติฐานการเคลื่อนที่ออกจากอาคารของคนแบ่งเป็น 3 เส้นทาง

- เส้นทางที่ 1 ผ่านทางบันไดหนีไฟ ST-1
- เส้นทางที่ 2 ผ่านทางบันไดหนีไฟ ST-2
- เส้นทางที่ 3 ผ่านทางบันไดหนีไฟ ST-6 ชั้น 4 ต่อเนื่องลงบันได ST-5 ที่ชั้น 3 และต่อบันได ST-4 ที่ชั้น 2 ปล่อยคนออกที่ชั้น 1 ต่อไป



ภาพที่ 20 แสดงการจัดเส้นทางหนีไฟ

จากสมมติฐานการแบ่งเส้นทางหนีไฟ สามารถสรุปจำนวนคนที่ผ่านในแต่ละเส้นทางดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 22 จำนวนผู้ใช้อาคาร (Building Occupants Load)

Floor	Occupancy Type	Floor Occupants Load	Accumulated Occupants Load (Downward evac.)	Stair"ST- 1"		Stair"ST- 2"		Stair"ST- 4-5-6"	
				Accumulated Occupants Load (Downward evac.)	Maximum Travel Distance	Accumulated Occupants Load (Downward evac.)	Maximum Travel Distance	Accumulated Occupants Load (Downward evac.)	Maximum Travel Distance
				(persons)	(m.)	(persons)	(m.)	(persons)	(m.)
DECK	ASSEMBLY	50	50	-	-	-	-	-	-
5	BUSINESS	69	119	68	46	55	47	-	-
4	ASSEMBLY	374	493	241	48	108	46	148	57
3	BUSINESS	236	729	345	47	139	45	249	32
2	BUSINESS	100	829	376	49	187	36	270	45
1	INDUSTRIAL and ASSEMBLY	516	1345	376	-	341	29	270	-
	Total	1,345							

- จากตารางสามารถสรุปจำนวนผู้ใช้อาคารที่จะอพยพไปตามเส้นทางหนีไฟทั้ง 3 เส้นทาง รวมไปถึงระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดไกลสุดไปถึงจุดปลอดภัยในแต่ละชั้น

- จากข้อมูลนี้จะนำไปสู่ขั้นตอนการคำนวณหาระยะเวลาในการเคลื่อนที่ออกจากอาคารในแต่ละชั้น และระยะเวลาการเคลื่อนที่ผ่านบันไดต่อไป

3. การคำนวณหาเวลาการเคลื่อนตัวในเส้นทางหนีไฟ

ในขั้นตอนนี้จะคำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ออกในแต่ละชั้น

3.1 คำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้น (Travel Time (Ttd1) & Queue Time on Each Floor)

- Travel Time (Ttd₁) เป็นระยะเวลาการเคลื่อนที่ในจากจุดไกลสุดไปถึงประตูหนีไฟ ซึ่งเป็นระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนที่อยู่ไกลสุดในชั้นหาได้จากผลหารของระยะทางกับความเร็ว

สมการหาเวลาการเคลื่อนตัว (Travel Time) คือ

จากสมการ (15)

$$\text{Travel Time (sec)} = \text{Travel Distance (m)} / \text{Velocity (m/sec)}$$

- Queue Time (T_c) เป็นระยะเวลาในการรอคิวเพื่อเคลื่อนที่ผ่านช่องทางหนีไฟของคนทั้งหมดในชั้น หาได้จากผลหารของจำนวนคนในชั้น กับอัตราการเคลื่อนที่ผ่านช่องทางหนีไฟ

สมการการหาเวลาคิวของคนทั้งหมด (Queue Time) คือ

จากสมการ (16)
$$\text{Queue Time (sec)} = \text{Occupant Load (persons)} / \text{Exit Flow Rate (persons/sec)}$$

- Exit Flow Rate (F_c) เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของจำนวนคนผ่านประตูหรือช่องทางในหนึ่งวินาที

จากสมการ (10) สมการการหาอัตราเคลื่อนที่ (Exit Flow Rate (F_c)) คือ

$$\text{Exit Flow Rate } (F_c) \text{ (persons/sec)} = \text{Specific Flow } (F_s) \text{ (persons/sec.-m.)} \times \text{Total Effective Door Width } (w) \text{ (m.)}$$

- Specific Flow (F_s) การเคลื่อนที่จำเพาะเป็นอัตราการเคลื่อนที่ของคนที่ต่อหน่วยความกว้างสุทธิของเส้นทางหนีไฟ

จากสมการ (9) สมการหาการเคลื่อนที่จำเพาะ คือ

$$\text{Specific Flow } (F_s) \text{ (persons/sec.-m.)} = \text{Density } (D) \text{ (person/sq.m.)} \times \text{Velocity } (v) \text{ (m./sec.)}$$

- Velocity (v) เป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ไปตามทางเดินในอาคาร แนวลาดชันและบันได

จากสมการ (7) สมการการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ คือ

$$\text{Velocity (v) (m./sec.)} = \text{Velocity Factor(K) - 0.266 (persons/sq.m.)} \times \text{Velocity Factor(K) x Density (D) (person/sq.m.)}$$

หมายเหตุ จากข้อมูลที่ได้รับจะทำการคำนวณโดยใช้สูตรในโปรแกรมไมโครซอฟต์ เอกเซล ในทุกขั้นตอนการคำนวณเพื่อความสะดวกในการป้อนข้อมูล
เนื่องจากต้องมีข้อมูลในการใช้งานจำนวนมาก

ตารางที่ 23 ผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแต่ละชั้น ซึ่งเลือกระยะเวลาที่มากที่สุดระหว่าง Travel Time (T_{td}) กับ Queue Time (T_c)

Floor	Floor Occupants Load(P)	Max. Travel Distance (T_d)	Selected Density (D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T_{td})	Total Effective Door Width(w)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(F_c)	Queue Time (T_c)	Maximum Floor Evacuation Time	
	(persons)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)	(m.)	(persons/sec-m)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)	(min)
DECK	25	25	1.88	0.98	0.490	51.0	0.60	0.921	0.553	45.2	51.0	0.9
	25	30	1.88	0.98	0.490	61.2	0.60	0.921	0.553	45.2	61.2	1.0
จากชั้นลอยลงไปสู่ชั้น 5 ไปลง ST-1		45	1.88	0.98	0.490	91.9					91.9	1.5
5	123	47	1.88	0.98	0.490	95.9	1.20	0.921	1.105	111.3	111.3	1.9
4	374	57	1.88	1.10	0.550	103.7	2.50	1.034	2.585	144.7	144.7	2.4
3	384	47	1.88	0.98	0.490	95.9	2.70	0.921	2.487	154.4	154.4	2.6
2	100	49	1.88	0.98	0.490	100.0	3.20	0.921	2.947	33.9	100.0	1.7
1	516	59	1.88	0.98	0.490	120.4	9.95	0.921	9.164	56.3	120.4	2.0

สรุปผลการคำนวณ

1) เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้พบว่าระยะเวลาออกจากชั้นที่นานที่สุดจะเป็นเวลาที่คนมารอคิวผ่านทางออกในแต่ละชั้นเพื่อเข้าสู่บันไดหนีไฟ แต่ในบางชั้นที่มีจำนวนคนน้อยมาก หรือมีขนาดช่องทางออกจากชั้นกว้างมากๆ เช่นที่ ชั้นลอย, ชั้น 2 และ ชั้น 1 จะพบว่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคน จากจุดไกลสุด หรือ T_{td} จะมากกว่าระยะเวลาการรอคิวผ่านช่องทางออกจากชั้น (T_c)

2) สรุป Travel Time(T_{td_i}) ของแต่ละเส้นทางเป็นดังนี้

- เส้นทางหนีไฟ ST-1 จะเลือกกระยะทางที่ไกลสุดซึ่งเป็นระยะทางจากชั้นลอยเพื่อลงบันได ST-1 ที่ชั้น 5 ซึ่ง $T_{td_1} = 91.9$ วินาที
- เส้นทางหนีไฟ ST-2 จะเลือกกระยะทางสูงสุดเข้าที่บันไดที่ชั้น 5 $T_{td_1} = 95.9$ วินาที
- เส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6 จะเลือกกระยะทางสูงสุดเข้าที่บันไดที่ชั้น 4 $T_{td_1} = 103.7$ วินาที

3.2 คำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนแรกผ่านจุดที่จำกัดอัตราการไหล (Constraint Flow)(T_{ta}) ของแต่ละบันไดและระยะเวลาการรอคิวผ่านจุดจำกัดอัตราการไหล

ตารางที่ 24 ระยะเวลา T_{ta} ของ Stair 1

Floor	Occupant Load	Min. Travel Distance to Constraint point	Selected Density (D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Total Effective Door Width(w)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate (Fc)	Queue Time	Travel Time (T _{ta})
	(person)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(m.)	(persons/sec.-m.)	(person s/sec.)	(sec.)	(sec.)
Exit Door at 4FL	173	26	1.88	1.40	0.700	0.60	1.316	0.789	219.1	37.1
Stair at 1FL.	376	25	1.88	0.98	0.490	0.95	0.921	0.875	429.7	51.0
Exit Door at 1 FL	376	41	1.88	1.40	0.700	0.60	1.316	0.789	476.3	58.2
Exit Discharge	180	5	1.88	1.40	0.700	0.60	1.316	0.789	228.0	7.14

Maximum Queue Time at Exit Door 1st FL. is the Constraint Flow Point 476.3 sec

ตารางที่ 25 ระยะเวลา T_{ta} ของ Stair 2

Floor	Floor Occupants Load(P)	Min. Travel Distance to Constraint point	Selected Density (D)	Velocity Factor	Velocity(v)	Total Effective Door Width(w)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(Fc)	Queue Time	Travel Time (T _{ta})
	(person)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(m.)	(persons/sec.-m.)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)
Exit Door at 4FL	53	10	1.88	1.40	0.700	0.60	1.316	0.789	67.1	14.3
Stair at 1FL.	187	5	1.88	1.03	0.515	0.60	0.968	0.581	322.0	9.7
Exit Discharge	341	14	1.88	1.40	0.700	0.60	1.316	0.789	431.9	20.0

Maximum Queue Time at Exit Discharge is the Constraint Flow Point

431.9 sec

ตารางที่ 26 ระยะเวลา Tta ของ Stair 4-5-6

Floor	Floor Occupants Load(P)	Min. Travel Distance to Constraint point	Selected Density (D)	Velocity Factor	Velocity(v)	Total Effective Door Width(w)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(Fc)	Queue Time	Travel Time (T _{ta})
	(person)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(m.)	(persons/sec.-m.)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)
Stair at 4 FL.	148	13	1.88	1.10	0.550	1.30	1.034	1.344	110.1	23.6
Stair at 3 FL.	249	5	1.88	1.03	0.515	1.50	0.968	1.452	171.5	9.7

Maximum Queue Time at stair 3FL. is the Constraint Flow Point

171.5 sec

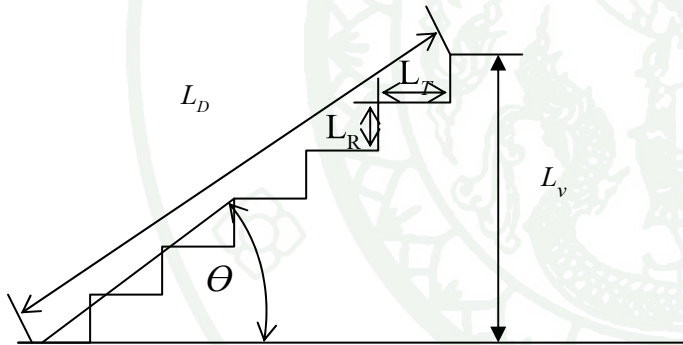
สรุประยะเวลาคนแรกไปถึงจุด Constraint Flow (Tta) และระยะเวลารอคิวในแต่ละชั้น

1. เส้นทางหนีไฟ ST-1 จุด Constraint Flow คือ Exit Door ชั้น 1 ระยะเวลา Tta = 58.2 วินาที, ระยะเวลารอคิว = 476.3 วินาที
2. เส้นทางหนีไฟ ST-12 จุด Constraint Flow คือ Exit Discharge ระยะเวลา Tta = 20.0 วินาที, ระยะเวลารอคิว = 431.9 วินาที
3. เส้นทางหนีไฟ ST 4-5-6 จุด Constraint Flow คือ บันไดชั้น 3 ระยะเวลา Tta = 9.7 วินาที, ระยะเวลารอคิว = 171.5 วินาที

3.3 เวลาการเคลื่อนตัวในบันไดหนีไฟสูงสุด (T_{td_2})

คำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ภายในบันได ซึ่งจะต้องคำนวณหาระยะทาง(T_d) ในบันได เพื่อใช้ในการคำนวณระยะเวลา Travel Time (T_{td_2}) ของแต่ละบันได

วิธีหาระยะทางในบันได (Floor to Floor Travel Distance, (m)) ต้องวัดความยาวตามเส้นทแยงมุม หาระยะทางได้จากสมการ (11)



ภาพที่ 21 รูปทรงบันได

จากสมการ (11)

$$L_D \text{ (เมตร)} = L_r / \sin \Theta$$

L_D = ระยะทางวัดตามแนวเส้นทะแยงมุมของบันได, (เมตร)

L_r = ระยะในแนวดิ่ง, (เมตร)

Θ = มุมเอียงของบันไดขึ้นอยู่กับชนิดของบันได ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 27 ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path - Stair " 1 "

Floor	Fl.toFl. Height	No. of stories	Landing Width	Stair Type	Fl.toFl. Travel Distance	Selected Density	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T _{td2})
	(m.)		(m.)		(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
Deck to 5	3.50	1	1.75	5	12.60	1.88	0.98	0.49	25.72
5 to 4	3.60	1	1.75	5	12.76	1.88	0.98	0.49	26.04
4 to 3	3.60	1	1.75	5	12.76	1.88	0.98	0.49	26.04
3 to 2	4.00	1	1.75	5	13.40	1.88	0.98	0.49	27.35
2 to 1	4.35	1	1.75	5	15.71	1.88	0.98	0.49	32.07
						67.23	Total Stair Travel Time (sec.)		59.42
									(min.) 1.0

ตารางที่ 28 ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path - Stair "7"

Floor	Fl.toFl. Height	No. of stories	Landing Width	Stair Type	Fl.toFl. Travel Distance	Selected Density(D)	Velocity Factor(v)	Velocity (v)	Travel Time (T_{td2})
	(m.)		(m.)		(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
Mezz to 5	3.50	1	1.23	5	8.06	1.88	0.98	0.49	16.45
Total Stair Travel Time (sec.)									16.45
									(min.) 0.3

ตารางที่ 29 ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path - " 2 "

Floor	Fl.toFl. Height	No. of stories	Landing Width	Stair Type	Fl.toFl. Travel Distance	Selected Density(D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T _{td2})
	(m.)		(m.)		(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
5 to 4	3.60	1	1.00	5	15.66	1.88	1.03	0.52	30.36
4 to 3	3.60	1	1.00	5	15.66	1.88	1.03	0.51	30.42
3 to 2	4.00	1	1.00	5	16.35	1.88	1.03	0.51	31.75
2 to 1	4.35	1	1.00	5	11.45	1.88	1.03	0.51	22.23
					59.13	Total Stair Travel Time (sec.)			53.99
						(min.)			0.9

ตารางที่ 30 ระยะเวลา T_{td2} ของ Exit Path - Stair “4-5-6 ”

	Floor	Fl.toFl. Height	No. of stories	Landing Width	Stair Type	Fl.toFl. Travel Distance	Selected Density	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T_{td2})
		(m.)		(m.)		(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
ST 6	4 to 3	3.60	1	2.70	3	18.23	1.88	1.10	0.55	33.15
ST 5	3 to 2	4.00	1	3.75	5	10.60	1.88	1.03	0.51	20.58
ST 4	2 to 1	4.35	1	3.50	5	10.95	1.88	1.03	0.51	21.26
						39.78	Total Stair Travel Time (sec.)			41.85
									(min.)	0.7

ผลการคำนวณระยะเวลาการเคลื่อนที่ในบันไดหนีไฟ แต่ละบันได(Ttd_2) และระยะเวลาการเคลื่อนที่ทั้งหมดจากจุดไกลสุดในชั้นจนถึงจุดปล่อยออก Total Travel Time (Ttd) ได้ดังนี้

- | | | |
|-------------|-----------------|--------|
| 1. ST-1 | $Ttd_2 = 59.42$ | วินาที |
| 2. ST-7 | $Ttd_2 = 16.45$ | วินาที |
| 3. ST-2 | $Ttd_2 = 53.99$ | วินาที |
| 4. ST-4-5-6 | $Ttd_2 = 41.85$ | วินาที |

ระยะเวลาการเคลื่อนตัวจากกระยะทางไกลสุดในชั้นขึ้นไปตามบันไดจนถึงจุดปล่อยออก (Total Travel Time (Ttd))

คำนวณหา Ttd ได้จากสมการ $Ttd = Ttd_1 + Ttd_2$

โดย Ttd_1 ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3.1

โดย Ttd_2 ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3.3

ดังนั้น T_{id} แต่ละเส้นทางหนีไฟ เป็นดังนี้

1. ระยะเวลาจากชั้นลอยอพยพไปบันได ST-1 = $T_{id1}(ST-1) + T_{id2}(ST-1) + T_{id2}(ST-7) = 91.9 + 59.42 + 16.45 = 167.77$ วินาที
2. ระยะเวลาจากชั้น 5 อพยพไปบันได ST-2 = $T_{id1}(ST-1) + T_{id2}(ST-2) = 95.9 + 53.99 = 149.89$ วินาที
3. ระยะเวลาจากชั้น 4 อพยพไปบันได ST-4-5-6 = $T_{id1}(ST-4-5-6) + T_{id2}(ST-4-5-6) = 103.7 + 41.85 = 145.55$ วินาที

3.4 ระยะเวลารอคิวของการทยอยผ่านบันไดหนีไฟไปจนถึงชั้นปล่อยออกของบันได (T_c) ผลการคำนวณจะแสดงระยะเวลารอคิวในการเคลื่อนผ่านบันไดในแต่ละชั้น ซึ่งจะเลือกระยะเวลาที่มากที่สุดเป็นระยะเวลาการเคลื่อนผ่านเส้นทางหนีไฟนั้นๆ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางการคำนวณแต่ละบันได ดังนี้

ตารางที่ 31 ระยะเวลา T_{c1} Along Stair " 1 "

Floor	Accumulated Occupants Load (Downward Evac.)	Effective Width	Velocity Factor	Selected Density	Velocity(v)	Specific Flow	Flow Rate	Queue Time (T_{c1})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq. m.)	(m./sec.)	(person/sec. -m.)	(person/sec.)	(sec.)
Mezz-5	0	0.95	0.98	1.88	0.490	0.921	0.875	0.0
5-4	68	0.95	0.98	1.88	0.490	0.921	0.875	77.7
4-3	241	0.95	0.98	1.88	0.490	0.921	0.875	275.4
3-2	345	0.95	0.98	1.88	0.490	0.921	0.875	394.3
2-1	376	0.95	1.03	1.88	0.515	0.968	0.920	408.9

Maximum Queue Time after Leave from Stair " 1 " at 2nd-1st Fl. (sec.)

408.9

ตารางที่ 32 ระยะเวลา T_{c1} Along Stair " 2 "

Floor	Accumulated Occupants Load (Downward Evac.)	Effective Width	Velocity Factor	Selected Density	Velocity(v)	Specific Flow	Flow Rate	Queue Time (T_{c1})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq.m.)	(m./sec.)	(person/sec.-m.)	(person/sec.)	(sec.)
5-4	55	0.60	1.03	1.88	0.515	0.968	0.581	94.7
4-3	108	0.60	1.03	1.88	0.515	0.968	0.581	185.9
3-2	139	0.60	1.03	1.88	0.515	0.968	0.581	239.3
2-1	187	0.60	1.03	1.88	0.515	0.968	0.581	322.0

Maximum Queue Time after Leave from Stair " 2 " at 2nd-1st Fl. (sec.)

322.0

ตารางที่ 33 ระยะเวลา T_{c1} Along Stair " 4-5-6 "

Floor	Accumulated Occupants Load (Downward Evac.)	Effective Width	Velocity Factor	Selected Density	Velocity(v)	Specific Flow	Flow Rate	Queue Time (T_{c1})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq.m.)	(m./sec.)	(person/sec.-m.)	(person/sec.)	(sec.)
4-3	148	1.30	1.10	1.88	0.550	1.034	1.344	110.1
3-2	249	1.50	1.03	1.88	0.515	0.968	1.452	171.5
2-1	270	2.00	1.03	1.88	0.515	0.968	1.936	139.5
1-Grade	270	4.50	1.03	1.88	0.515	0.968	4.356	62.0

Maximum Queue Time after Leave from Stair " 5 " at 3-2 Fl. (sec.)

171.5

เวลาการรอคิวเคลื่อนตัวผ่านบันไดหนีไฟ (T_{c1}) ที่มีค่ามากที่สุดในแต่ละเส้นทางหนีไฟ ตามตารางข้างบน เป็นดังนี้

1. เส้นทางหนีไฟ ST-1 $T_{c1} = 408.9$ วินาที
2. เส้นทางหนีไฟ ST-2 $T_{c1} = 322.0$ วินาที
3. เส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6 $T_{c1} = 171.5$ วินาที

3.5 หาระยะเวลาคิวของการทยอยผ่านช่องทางออกแนวราบที่แคบที่สุดหรือจุดปล่อยออก (T_{c2})

ตารางที่ 34 ระยะเวลา T_{c2} "Exit Door - Stair " 1 "

Stair No.	Total Occupants Load	Effective Width(w)	Velocity Factor	Density (D)	Velocity(v)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(Fc)	Queue Time (T_{c2})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq.m.)	(m./sec.)	(person/sec.-m.)	(person/sec.)	(sec.)
1	376	0.60	1.4	1.88	0.700	1.316	0.789	476.3
							(min.)	7.9

ตารางที่ 35 ระยะเวลา T_{c2} "Exit Discharge Door - Stair " 2 "

Stair No.	Total Occupants Load	Effective Width(w)	Velocity Factor	Density (D)	Velocity(v)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(Fc)	Queue Time (T_{c2})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq.m.)	(m./sec.)	(person/sec.-m.)	(person/sec.)	(sec.)
2	341	0.60	1.4	1.88	0.700	1.316	0.789	431.9
							(min.)	7.2

ตารางที่ 36 ระยะเวลา T_{c2} Along Stair " 4-5-6"

Stair No.	Total Occupants Load	Effective Width(w)	Velocity Factor	Density (D)	Velocity(v)	Specific Flow(Fs)	Flow Rate(Fc)	Queue Time (T_{c2})
	(person)	(m.)	(k)	(person/sq.m.)	(m./sec.)	(person/sec.-m.)	(person/sec.)	(sec.)
4-5-6	270	2.00	1.03	1.88	0.515	0.968	1.936	139.5
							(min.)	2.3

สรุปเวลาการรอคิวเคลื่อนตัวประตู (T_{c2}) แต่ละเส้นทางหนีไฟ เป็นดังนี้

1. เส้นทางหนีไฟ ST-1 $T_{c2} = 476.3$ วินาที
2. เส้นทางหนีไฟ ST-2 $T_{c2} = 431.9$ วินาที
3. เส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6 $T_{c2} = 139.5$ วินาที

3.6 การคำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนตัว (Travel Time) ของคนใดๆจากจุดจำกัดการไหลผ่าน (Constraint Flow Point) และ/หรือ จุดที่ออกจากประตูปันไดหนีไฟ (Exit Discharge) ไปถึงภายนอกอาคาร สำหรับในกรณีที่บ้านไดหนีไฟอยู่ภายในอาคาร, (นาที) (T_o)

ตารางที่ 37 ระยะเวลา T_o Stair " 1" Constraint Flow Point at Exit Door 1st Floor

Floor	Occupants Load	Max. Travel Distance	Density (D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T_o)
	(persons)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
1	376	6	1.88	1.4	0.700	8.6

ตารางที่ 38 ระยะเวลา T_o Stair " 2" Constraint Flow Point at Exit Discharge 1st Floor

Floor	Occupants Load	Max. Travel Distance	Density (D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T_o)
	(persons)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
1	341	0	1.88	1.4	0.700	0.0

ตารางที่ 39 ระยะเวลา T_o Stair " 4-5-6" Constraint Flow Point at Stair"ST-5" 3rd Floor

Floor	Occupants Load	Max. Travel Distance	Density (D)	Velocity Factor	Velocity (v)	Travel Time (T_o)
	(persons)	(m.)	(person/sq.m.)	(k)	(m./sec.)	(sec.)
1	249	22	1.88	1.4	0.700	30.8

สรุปเวลาการเคลื่อนตัวของคนคนหนึ่งจากจุด Constrain Flow ไปยังจุดปล่อยออก (T_o)
แต่ละบันได เป็นดังนี้

1. ST-1 $T_o = 8.6$ วินาที
2. ST-2 $T_o = 0.0$ วินาที เนื่องจากบันได ST-2 ปล่อยออกนอกอาคารโดยตรง
3. ST-4-5-6 $T_o = 30.8$ วินาที

4. การคำนวณหาระยะเวลาทั้งหมดในแต่ละเส้นทางหนีไฟ

จากสมการ (13)
$$T_m = T_{ta(min)} + T_C(max) + T_{td} + T_o$$

4.1 ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-1

$$\begin{aligned}
 T_{ta(min)} &= 58.2 \text{ วินาที} \\
 T_C(max) &= 476.3 \text{ วินาที} \quad (\text{เลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง } T_{C1} \text{ และ } T_{C2}) \\
 &\text{เพราะ } T_{C2} > T_{C1} \\
 T_{C1} &= 408.9 \text{ วินาที} \\
 T_{C2} &= 476.3 \text{ วินาที} \\
 T_{td} &= 167.77 \text{ วินาที} \quad (T_{td} < T_{C1} \text{ หรือ } T_{C2} \text{ จะไม่นำมาใช้ในการ} \\
 &\quad \text{คำนวณเพราะเป็นระยะเวลาเดียวกัน } \therefore T_{td} = 0) \\
 T_o &= 8.6 \text{ วินาที} \\
 T_m &= 58.2 + 476.3 + 0.0 + 8.6 = 543.1 \text{ วินาที} = 9.05 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-1 ใช้เวลาทั้งหมด
543.1 วินาที หรือ 9 นาที

4.2 ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-2

$$\begin{aligned}
 T_{ta \text{ (min)}} &= 20.0 \text{ วินาที} \\
 T_C \text{ (max)} &= 431.9 \text{ วินาที} \quad (\text{เลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง } T_{C1} \text{ และ } T_{C2}) \\
 &\text{เพราะ } T_{C2} > T_{C1} \\
 T_{C1} &= 322.0 \text{ วินาที} \\
 T_{C2} &= 431.9 \text{ วินาที} \\
 T_{td} &= 149.89 \text{ วินาที} \quad (T_{td} < T_{C1} \text{ หรือ } T_{C2} \text{ จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณ} \\
 &\quad \text{เพราะเป็นระยะเวลาเดียวกัน } \therefore T_{td} = 0) \\
 T_o &= 0.0 \text{ วินาที} \\
 T_m &= 20.0 + 431.9 + 0.0 + 0.0 = 451.9 \text{ วินาที} = 7.53 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

ผลคำนวณระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-2 ใช้เวลาทั้งหมด 451.9 วินาที หรือ 7 นาที 32 วินาที

4.3 ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6

$$\begin{aligned}
 T_{ta \text{ (min)}} &= 9.7 \text{ วินาที} \\
 T_C \text{ (max)} &= 171.5 \text{ วินาที} \quad (\text{เลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง } T_{C1} \text{ และ } T_{C2}) \\
 &\text{เพราะ } T_{C1} > T_{C2} \\
 T_{C1} &= 171.5 \text{ วินาที} \\
 T_{C2} &= 139.5 \text{ วินาที} \\
 T_{td} &= 145.55 \text{ วินาที} \quad (T_{td} < T_{C1} \text{ หรือ } T_{C2} \text{ จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณ} \\
 &\quad \text{เพราะเป็นระยะเวลาเดียวกัน } \therefore T_{td} = 0) \\
 T_o &= 30.8 \text{ วินาที} \\
 T_m &= 9.7 + 171.5 + 0.0 + 30.8 = 212 \text{ วินาที} = 3.53 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

ผลคำนวณระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6 ใช้เวลาทั้งหมด 212 วินาที หรือ 3 นาที 32 วินาที

สรุปผลการคำนวณระยะเวลาอพยพสูงสุดของอาคารใหม่ คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เวลา 543.1 วินาที หรือ 9 นาที

ผลการวิเคราะห์

จากการศึกษากฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเส้นทางหนีไฟ เพื่อทำการวิจัยในเรื่องการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยใช้วิธี Hydraulic Analogy สำหรับวิจัยอาคารที่ก่อสร้างใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยในการทำวิจัยได้แยกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟจากแบบแปลนอาคารเทียบกับกฎหมายและมาตรฐาน
2. การวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาอพยพ โดยวิธี Hydraulic Analogy

ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความไม่สอดคล้องของแบบกับกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยอยู่หลายประการ และทราบถึงระยะเวลาในการอพยพคนออกจากอาคารตามเส้นทางหนีไฟ เพื่อจะได้นำข้อมูลนี้ไปใช้ในการบริหารความปลอดภัยในอาคารให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและเป็นไปตามมาตรฐาน เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารตลอดเวลาต่อไป

ผลการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟเทียบกับกฎหมาย

จากข้อมูลทั่วไปอาคารมีความสูงถึงยอดหลังคา 24.65 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันประมาณ 10,000 ตารางเมตร และอาคารได้มีการก่อสร้างภายหลังปี พ.ศ. 2535 ดังนั้นอาคารหลังนี้จึงเข้าข่ายที่จะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 33 บังคับใช้สำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตร และมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันในชั้นเดียวหรือรวมกันทุกชั้นตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งตามนิยามของกฎหมายอาคารหลังนี้จะถือว่าเป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ และต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 50 ที่บังคับใช้ปี พ.ศ.2540 ซึ่งเป็นฉบับแก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 33(2535)

สรุปผลการตรวจสอบแบบแปลนอาคาร พบว่ามีสิ่งที่ไม่เป็นไปตามกฎหมาย ดังนี้

1. บันไดหนีไฟไม่ได้ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ เช่น บันไดหนีไฟ ST-2 ที่เป็นบันไดหนีไฟภายนอกอาคาร แต่ปล่อยคนลงภายในอาคารที่ชั้น 1 โดยไม่ได้มีการปิดกั้นผนังอาคารด้านที่พาดผ่านกับบันไดหนีไฟด้วยผนังทนไฟ และ บันได ST-4,5,6 เป็นบันไดเชื่อมต่อระหว่างชั้นในอาคารและใช้เป็นเส้นทางหนีไฟ สำหรับผู้ใช้อาคารบริเวณ Auditorium ชั้น 4 และห้องบรรยาย ชั้น 3
2. ไม่มีช่องทางเฉพาะสำหรับบุคคลภายนอกเข้าไปบรรเทาสาธารณภัยที่เกิดในอาคารได้ทุกชั้น ช่องทางเฉพาะนี้จะเป็นลิฟต์ดับเพลิงหรือช่องบันไดหนีไฟก็ได้ และทุกชั้นต้องจัดให้มีห้องว่างที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 6.00 ตารางเมตร ติดต่อกับช่องทางนี้ และเป็นบริเวณที่ปลอดภัยจากเปลวไฟและควันเช่นเดียวกับช่องบันไดหนีไฟและเป็นที่ตั้งของตู้หัวฉีดน้ำดับเพลิงประจำ ชั้นของอาคาร
3. ไม่มีแผนผังแสดงเส้นทางหนีไฟและแสดงอุปกรณ์ดับเพลิงในแต่ละพื้นที่
4. ไม่มีป้ายบอกชั้นที่บันไดหนีไฟ ทั้งด้านนอกและด้านในบันไดและป้ายทางออกยังไม่ครอบคลุมทุกเส้นทางหนีไฟ
5. ผลการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟเทียบกับมาตรฐาน NFPA101, Life Safety Code

5.1 การวิเคราะห์ประเภทกิจกรรมการใช้อาคารในแต่ละพื้นที่

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปอาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และจากการตรวจสอบแบบแปลนอาคารดังกล่าวแบบแปลนแนบ ภาคผนวก ง. สามารถที่จะวิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร (Classification of Occupancy) ตามลักษณะการใช้สอยอาคารในแต่ละชั้นได้ โดยพบว่าพื้นที่ในอาคารส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และเป็นพื้นที่สำนักงานของอาจารย์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ตามมาตรฐานแล้วสามารถจำแนกได้ว่า พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) แต่ก็มีบางชั้นที่มีการใช้พื้นที่เป็น Auditorium เป็นห้องสัมมนา ห้องบรรยาย ห้องสมุด ซึ่งในลักษณะการใช้อาคารแบบนี้จะถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีคนหนาแน่น และเป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) สำหรับในชั้นใดๆก็ตามที่มีกิจกรรมการใช้อาคารที่แตกต่างกัน จะถือว่าเป็นแบบผสม (Mixed Occupancy)

ซึ่งจะพบได้ในชั้น 3 และชั้น 4 ซึ่งในข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้อาคารแบบผสมนี้ จะต้องมีการกันแยกพื้นที่ด้วยผนังทนไฟในส่วนที่เชื่อมต่อกัน และมีการจัดเตรียมรายละเอียดของเส้นทางหนีไฟตามข้อกำหนดของกิจกรรมการใช้อาคารที่มีข้อกำหนดเข้มงวดที่สุด

5.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร

จากตารางที่ 10 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละห้องซึ่งเป็นผลวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code Edition 2006 พบว่ามีจำนวนผู้ใช้อาคารรวมทั้งสิ้นมีจำนวน 1,345 คน โดยจะพบว่าในชั้น 1 จะเป็นพื้นที่ชุมนุมคน เป็นสถานที่ทำกิจกรรม นักศึกษาจะมีผู้ใช้อาคารจำนวนมากถึง 516 คน และที่ชั้น 4 เป็นห้องสัมมนาหรือห้องที่มีเวทีการแสดง (Auditorium) มีจำนวนผู้ใช้อาคาร 374 คน ห้องหรือพื้นที่ที่กล่าวมานี้ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนคนหนาแน่น มีกิจกรรมการใช้อาคารเป็นแบบชุมนุมคน (Assembly Occupancy) ซึ่งข้อกำหนดในมาตรฐานจะถือว่ากิจกรรมแบบนี้มีความเสี่ยงในการหนีไฟยาก จำเป็นต้องเคร่งครัดในการจัดเตรียมจำนวนเส้นทางหนีไฟให้มีไม่น้อยกว่า 2 ทาง และขนาดเส้นทางหนีไฟต้องมีความกว้างมากพอสำหรับระบายคนออกและจัดให้มีระยะทางในการอพยพที่สั้น เพื่อจะสามารถอพยพจากอาคารได้อย่างรวดเร็ว ไม่เกิดการแออัด ได้รับบาดเจ็บขณะที่อพยพสำหรับพื้นที่ใดๆ เช่น พื้นที่ห้องไฟฟ้า ห้องเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ห้องเครื่องต่างๆ ห้องน้ำ ห้อง Pantry เป็นต้น เป็นพื้นที่ที่ไม่มีผู้ใช้อาคารอยู่ประจำ ซึ่งผู้ใช้อาคารเข้าออกในพื้นที่เหล่านั้นจะเป็นคนกลุ่มเดียวกันกับผู้ใช้อาคารที่อยู่ประจำในห้องต่างๆ ที่ได้พิจารณาไปแล้ว จึงไม่นำพื้นที่เหล่านั้นมาวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคาร

5.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

จากการพิจารณาจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่เพื่อพิจารณาถึงจำนวนเส้นทางหนีไฟและการจัดระยะห่างระหว่างเส้นทางหนีไฟ และขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟสรุปได้ดังนี้

จำนวนเส้นทางหนีไฟ

การจัดเตรียมจำนวนเส้นทางหนีไฟในแต่ละชั้นเมื่อเทียบกับจำนวนคนที่อพยพในชั้น 2-5 และชั้นคาเฟ่ที่มีผู้ใช้อาคารในแต่ละชั้นไม่ถึง 500 คน พบว่ามีจำนวนเส้นทางหนีไฟ 2 ทาง ซึ่งเพียงพอกับจำนวนคน และในชั้น 1 มีผู้ใช้อาคาร 516 คน ตามแบบแปลนจัดให้มีทางหนีไฟไม่น้อยกว่า 3 ทาง ซึ่งก็เพียงพอต่อการรองรับกับจำนวนผู้อพยพเช่นกัน

การจัดระยะห่างระหว่างทางหนีไฟ

ส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐาน แต่ก็พบพื้นที่ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน 1 แห่ง คือ ห้องบรรยาย 1 ชั้น 3 มีระยะห่างระหว่างประตูทั้ง 2 น้อยกว่ามาตรฐาน ซึ่งตามมาตรฐานต้องจัดเส้นทางหนีไฟให้ห่างกันไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของระยะเส้นทแยงมุมห้องสำหรับพื้นที่ที่ติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler System) ซึ่งห้องนี้จะต้องจัดให้ห่างกันไม่น้อยกว่า 5 เมตร และต้องจัดระยะให้ห่างกันมากพอที่จะทำให้ระยะทางบังคับร่วม (Common Path of Travel) น้อยกว่า 6.1 เมตร ด้วย เพื่อให้ผู้ใช้อาคารมีทางเลือกในการหนีไฟ สามารถออกจากห้องได้อย่างรวดเร็ว ไม่เบียดเสียด แออัด ซึ่งจะปลอดภัยยิ่งขึ้นสำหรับพื้นที่ที่เป็นกิจกรรมชุมนุมคน

พิจารณาความสามารถของบันได (Stair Capacity)

อาคารได้จัดเตรียมบันไดหนีไฟสำหรับอพยพคนออกจากอาคารไว้ 6 บันได แบ่งเป็น 3 เส้นทางหลัก ดังนี้

1. เส้นทางที่ 1 เป็นเส้นทางหนีไฟบันได ST-1

- เส้นทางนี้รับผู้ใช้อาคารมาจากชั้นลอยซึ่งใช้เป็นพื้นที่ออกกำลังกาย ผ่านทางบันได ST-7 และบันได ST-X โดยบันไดทั้ง 2 นี้เป็นบันไดจากชั้นลอยใช้เป็นทางเชื่อมต่อไปสู่บันไดหนีไฟ ST-1 ที่ชั้น 5 และปล่อยออกในอาคารที่ชั้น 1

- บันได ST-1 เป็นเพียงบันไดเดี่ยวที่มีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟ เพราะมีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง มีขนาดความกว้างของบันไดไม่น้อยกว่า 1.12 เมตรตามมาตรฐาน

2. เส้นทางที่ 2 เป็นเส้นทางหนีไฟ ST-2

- บันได ST-2 เป็นบันไดหนีไฟนอกอาคาร รับผู้ใช้อาคารจากชั้น 5 ออกจากอาคารที่ชั้น 1 แต่บันได ST-2 ที่ชั้น 1 ไม่ได้ปิดล้อมป้องกันด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงตลอดเส้นทาง กั้นแยกเฉพาะที่ชั้น 2 ถึงชั้น 5 เท่านั้น ส่วนที่ชั้น 1 เปิดโล่งเข้าสู่พื้นที่ทำกิจกรรมนักศึกษา และบันได ST-2 มีขนาดความกว้าง 0.9 เมตร ไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งมาตรฐานกำหนดขั้นต่ำต้องไม่น้อยกว่า 1.12 เมตร

3. เส้นทางที่ 3 เป็นเส้นทางที่อพยพผ่านบันได ST-4-5-6

เส้นทางนี้รับคนมาจากพื้นที่ Auditorium ชั้น 4 โดยผ่านมาทางบันได ST-6 ลงมาต่อบันได ST-5 ที่ชั้น 3 และต่อบันได ST-4 ที่ชั้น 2 บันได ST-4-5-6 ไม่มีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟ เนื่องจากไม่ได้มีการปิดล้อมป้องกันไฟด้วยวัสดุทนไฟไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงตามที่กฎหมายและมาตรฐานกำหนด

สรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถของบันไดหนีไฟซึ่งได้ทำการวิเคราะห์แยกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของบันไดหนีไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นบันไดหนีไฟประกอบด้วยบันได ST-1 และ ST-2

สรุปผลการวิเคราะห์

การจัดเตรียมขนาดบันไดหนีไฟที่จะรองรับคนในแต่ละชั้นหากใช้เพียง 2 บันได พบว่าความสามารถของบันไดหนีไฟไม่เพียงพอต่อการรองรับคนที่ชั้น 3 และ 4 เนื่องจากการอพยพคนจากห้อง Auditorium ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมนุมคน และมีจำนวนคนมากกว่าที่ความสามารถของบันไดจะรองรับได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานกำหนด

กรณีที่ 2 พิจารณาความสามารถในการรองรับคนของทุกบันได รวมไปถึงบันไดที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นที่ไม่ได้มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ประกอบด้วยบันได ST-1,ST-2,ST-4,ST-5,ST-6,ST-7,ST-x

สรุปผลการวิเคราะห์

หากใช้ทุกบันไดให้เป็นบันไดหนีไฟ พบว่าขนาดบันไดมีความสามารถเพียงพอต่อการรองรับผู้ใช้อาคารทุกชั้น

- ดังนั้นในการจัดเส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพในการหนีไฟออกจากอาคารจะพิจารณาตามกรณีที่ 2 คือใช้ทั้ง 3 เส้นทางผ่านทั้งบันได ST-1,ST-2,ST-4 ST-5 และ ST-6

พิจารณาความสามารถของประตูหนีไฟ (Exit Door Capacity)

บันไดที่มีประตูหนีไฟที่ได้มาตรฐานการทนไฟ มีเพียง 2 บันได คือ ST-1 และ ST-2 หากพิจารณาความสามารถในการรองรับผู้ใช้อาคารของประตูหนีไฟทั้ง 2 จากการเปรียบเทียบขนาดความสามารถของประตูกับจำนวนคนที่อพยพในแต่ละชั้น พบว่าขนาดความสามารถของประตูหนีไฟไม่เพียงพอต่อการรองรับคนในทุกชั้น โดยชั้นที่ไม่เพียงพอได้แก่ชั้น 3 และ 4 ซึ่งมีผู้ใช้อาคารจำนวนมาก

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยควรจัดทำบันไดที่มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟทั้งบันได ST-6 บันได ST-5 และบันได ST-4

4. ผลการวิเคราะห์การจัดเตรียมระยะทางที่ปลอดภัยในการอพยพออกจากอาคาร

ผลการวิเคราะห์ระยะทางสัญจร (Travel Distance to Exits)

จากการตรวจสอบแบบแปลนพบว่าระยะสัญจรมีระยะทางเกินมาตรฐานที่ชั้น 4 ซึ่งมีระยะสัญจร 97 เมตร ตามมาตรฐานของระยะสัญจรในพื้นที่ชุมนุมคนไม่ให้เกิน 76 เมตร กรณีที่ระยะสัญจรมีเกินค่ามาตรฐานเนื่องจาก เส้นทางนี้ไม่มีการปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ดังนั้นระยะสัญจร

จึงต้องวัดระยะจากห้อง Auditorium ลงบันได ST- 6 ต่อเนื่องลงไปถึงชั้นพื้นดิน โดยผ่านบันได ST-5 และ ST-4 ตามลำดับ ไปถึงจุดปลอดภัยที่ชั้นพื้นดิน

การแก้ไขระยะสัญจรให้เป็นไปตามมาตรฐานนั้นจะต้องมีการกันแยกพื้นที่ด้วยวัสดุทนไฟ เช่น ปิดล้อมบันไดหนีไฟ เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์ระยะทางบังคับร่วม (Common Path of Travel)

ผลการวิเคราะห์จากแบบแปลนในแต่ละชั้นพบว่าระยะทางบังคับร่วมในพื้นที่ที่เป็นกิจกรรมชุมนุมคนเกินค่ามาตรฐาน ระยะทางหนีไฟไม่ปลอดภัย มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชั้นลอย (Mezzanine Floor) ซึ่งเป็นพื้นที่ทำกิจกรรมออกกำลังกาย เป็นประเภทกิจกรรมการใช้อาคารชุมนุมคน (Assembly Occupancy) มีผู้ใช้อาคารจำนวน 25 คน ดังนั้นระยะทางบังคับร่วม (Common Path Of Travel) ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 23 เมตร แต่จากแบบวัดระยะทางได้ 26 เมตรและ 32 เมตร ตามแบบ ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน และทางหนีไฟ Zone G1.6-9/A-C มีจำนวน 1 ทางเท่านั้น ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารในพื้นที่ชั้นลอยที่ไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ
- 2) ชั้น 3 บริเวณห้องบรรยายระยะทางบังคับร่วมเกินค่ามาตรฐาน โดยในห้องบรรยาย 1 เป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) มีจำนวนผู้ใช้อาคาร 82 คน ระยะทางบังคับร่วม (Common Path Of Travel) ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 6.1 เมตร แต่จากแบบวัดระยะทางได้ 25 เมตร ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารที่ไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ
- 3) ชั้น 3 บริเวณห้องบรรยายระยะทางบังคับร่วมเกินค่ามาตรฐาน โดยในห้องบรรยาย 2 เป็นกิจกรรมการใช้อาคารประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) มีจำนวนผู้ใช้อาคาร 43 คน ระยะทางบังคับร่วม (Common Path Of Travel) ตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 23 เมตร แต่จากแบบวัดระยะทางได้ 30 เมตร ซึ่งจะไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคารที่ไม่มีทางเลือกในการหนีไฟ

ผลการวิเคราะห์ระยะทางปลายตัน (Dead Ends Corridor)

จากการตรวจแบบอาคารนี้จะพบว่ามีการปลายตันที่ชั้น 3 บริเวณทางเดินหน้าห้องบรรยาย 1 ซึ่งมีระยะทางปลายตัน 15 เมตร ซึ่งตามมาตรฐานต้องไม่เกิน 6.1 เมตร สำหรับพื้นที่ชุมนุมคน

5. ผลการวิเคราะห์การกั้นแยกเส้นทางหนีไฟ (Separation of Means of Egress)

การกั้นแยกด้วยผนังทนไฟสำหรับบันไดหนีไฟ

จากการตรวจสอบแบบพบว่าอาคารนี้มีบันไดที่ได้ทำการปิดล้อมเฉพาะบันได ST-1 โดยบันได ST-2 มีผนังทนไฟที่ชั้น 5 ถึงชั้น 2 เท่านั้น แต่ชั้น 1 ปล่อยลงสู่พื้นที่ที่ทำการกิจกรรมโดยไม่มีผนังกั้นแยก ส่วนบันได ST-6 ที่รับคนจากชั้น 4 เชื่อมต่อบันได ST-5 ที่ชั้น 3 และบันได ST-4 ที่ชั้น 2 บันไดทั้ง 3 นี้ไม่ได้มีการปิดล้อมป้องกันส่วนใดๆ ด้วยวัสดุทนไฟ การกั้นแยกด้วยผนังทนไฟ (Separation of Occupancies) ที่สำหรับผนังที่เชื่อมต่อกันในประเภทกิจกรรมการใช้อาคารที่ต่างกัน

สรุปผลการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ที่ต้องมีการกั้นแยกด้วยผนังทนไฟ มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) บริเวณห้อง Auditorium ชั้น 4 เป็นพื้นที่ชุมนุมคน (Assembly Occupancy) จะต้องกั้นแยกจากพื้นที่กิจกรรมการใช้อาคารแบบธุรกิจด้วยผนังทนไฟ ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงสำหรับพื้นที่ที่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System)
- 2) บริเวณห้องประชุมชั้น 4 GL.5-6/B'-D' เป็นพื้นที่ชุมนุมคน (Assembly Occupancy) จะต้องกั้นแยกจากพื้นที่กิจกรรมการใช้อาคารแบบธุรกิจ ด้วยผนังทนไฟ ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงสำหรับพื้นที่ที่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler System)

6. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและความน่าเชื่อถือของเส้นทางหนีไฟ

ผลการวิเคราะห์ สามารถสรุปรายการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ได้ดังนี้

- 1) ทางหนีไฟที่เป็นทางลาดชันยังไม่มีราวจับและไม่ติดแถบกันลื่นและสีสะท้อนแสง ที่ให้เห็นชัดเจนป้องกันการสะดุด
- 2) ป้ายบอกทางหนีไฟยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ และยังไม่ติดป้ายบอกรายละเอียด บันไดในบันไดหนีไฟ
- 3) ทิศทางการผลักเปิดประตูไม่เปิดไปในทางหนีไฟ สำหรับประตูที่รองรับคนตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป ได้แก่ ประตูห้อง Auditorium ชั้น 4 และ ประตูห้องประชุมชั้น 4
- 4) บันไดหนีไฟ ST-2 กว้างน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด โดยมาตรฐานกำหนดให้บันได หนีไฟต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1,120 มม.
- 5) ไม่มีบาร์หลักประตูฉุกเฉินที่ประตูหนีไฟ
- 6) บันไดมีราวจับเพียง 1 ด้าน และทางลาดชันไม่มีราวจับ ตามมาตรฐานต้องมีราวจับ 2 ด้าน
- 7) ราวบันไดมีหน้าตัดเป็นวงกลม มีรัศมีรอบนอก 3 นิ้ว ซึ่งมากกว่ามาตรฐานกำหนด โดยตามมาตรฐานต้องมีรัศมีรอบนอกไม่น้อยกว่า 32 มม.(1 ¼ นิ้ว) และไม่เกิน 51 มม. (2 นิ้ว)
- 8) ลูกตั้งบันไดหนีไฟ ST-1 และ ST-7 สูง 200 มม. ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานต้องไม่เกิน 180 มม.
- 9) ขันบันไดมีความสูงของลูกตั้งและความลึกของลูกนอนไม่สม่ำเสมอ โดยแต่ละขั้น แตกต่างมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่แตกต่างกัน 1- 2 เซนติเมตร มีโอกาสทำให้เกิดเสียการทรง ตัวพลัดหกล้มได้ ต้องมีการเตือนผู้ใช้อาคารและฝึกซ้อมการอพยพให้เกิดความคุ้นเคย
- 10) จุดปล่อยออก บันได ST-2 สูงกว่าพื้นดินประมาณ 1.50 เมตร ไม่มีขั้นบันไดลงสู่พื้นดิน

11) บันไดหนีไฟ ST-1 เป็นบันไดหนีไฟที่มีการปิดล้อมป้องกันควันไฟ ควรปล่อยออกนอกอาคารโดยตรงเนื่องจากมีขนาดที่รองรับผู้ใช้อาคารมากกว่าบันได ST-2

12) อาคารยังไม่ติดตั้งป้ายบอกทางออกที่จุดปล่อยออกและยังไม่กำหนดจุดรวมพล

7. ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาอพยพ โดยวิธี Hydraulic Analogy อาคารใหม่
วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแต่ละชั้น

ตารางที่ 40 ผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแต่ละชั้น ซึ่งเลือกระยะเวลาที่มากที่สุดระหว่าง
Travel Time (T_{td}) กับ Queue Time (T_c)

Floor	Floor Occupants Load(P)	Max. Travel Distance (Td)	Travel Time (T_{td})	Queue Time (T_c)	Maximum Floor Evacuation Time	
					(sec.)	(min.)
	(persons)	(m.)	(sec.)	(sec.)	(sec.)	(min.)
DECK	25	25	51.0	45.2	51.0	0.9
	25	30	61.2	45.2	61.2	1.0
จากชั้นลอยลงไปสู่ชั้น 5 ไปลง ST-1		45	91.9		91.9	1.5
5	123	47	95.9	111.3	111.3	1.9
4	374	57	103.7	144.7	144.7	2.4
3	384	47	95.9	154.4	154.4	2.6
2	100	49	100.0	33.9	100.0	1.7
1	516	59	120.4	56.3	120.4	2.0

สรุปผลการคำนวณ

- ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบระยะเวลาการอพยพในแต่ละชั้น เมื่อวิเคราะห์ส่วนใหญ่เวลาที่นานที่สุดของแต่ละชั้นจะเป็นเวลาที่คนมารอคิวผ่านทางผ่านในแต่ละชั้นเพื่อเข้าสู่บันไดหนีไฟ แต่ในกรณีที่มีจำนวนคนน้อยมาก หรือมีทางออกจากชั้นกว้างมากๆ เช่นที่ ชั้นลอย ชั้น 2 และชั้น 1 จะพบว่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคนจากจุดไกลสุด หรือ T_{id} จะสูงกว่าระยะเวลาการรอคิว (T_c)

- จากตารางแสดงผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพออกแต่ละชั้นไม่เกิน 3 นาที ถือว่าการจัดเส้นทางหนีไฟในแต่ละชั้นเหมาะสมและระยะอพยพอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

การคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาจุดที่จำกัดอัตราการไหล (Constraint Flow Point)

- หาระยะเวลาการรอคิวที่มากที่สุดในแต่ละบันไดเพื่อกำหนดจุด Constrain Flow Point
- คำนวณหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนแรกผ่านจุดที่จำกัดอัตราการไหล (Constraint Flow Point) (T_{ta}) ของแต่ละบันไดและระยะเวลาการรอคิวผ่านจุดจำกัดอัตราการไหล

ตารางที่ 41 Constraint Flow Point บันได ST-1

Floor	Occupant Load	Min. Travel Distance to Constraint point	Flow Rate(F_c)	Queue Time (T_c)	Travel Time (T_{ta})
	(person)	(m.)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)
Exit Door at 4FL	173	26	0.789	219.1	37.1
Stair at 1FL.	376	25	0.875	429.7	51.0
Exit Door at 1 FL	376	41	0.789	476.3	58.2
Exit Discharge	180	5	0.789	228.0	7.14

สรุปผลการวิเคราะห์

1. บันได ST-1 มีระยะเวลาการรอคิวมากที่สุดที่ทางออกจากประตูของบันไดหนีไฟ ST-1 ชั้น 1 ดังนั้นจุดนี้จึงเป็น Constraint Flow Point

ตารางที่ 42 Constraint Flow Point บันได ST-2

Floor	Floor Occupants Load(P)	Min. Travel Distance to Constraint point	Flow Rate(Fc)	Queue Time (Tc)	Travel Time (T _{ta})
	(person)	(m.)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)
Exit Door at 4FL	53	10	0.789	67.1	14.3
Stair at 1FL.	187	5	0.581	322.0	9.7
Exit Discharge	341	14	0.789	431.9	20.0

สรุปผลการวิเคราะห์

1. บันได ST-2 มีระยะเวลาการรอคิวมากที่สุดที่ทางออกจากประตูของบันไดหนีไฟ ST-2 ที่ประตูปล่อยออก (Exit Discharge) ชั้น ดังนั้นจุดนี้จึงเป็น Constraint Flow Point

2. ประตูปล่อยออก (Exit Discharge) บันได ST-2 ใช้งานร่วมกับผู้ใช้อาคารในชั้น 1 จึงเป็นจุดที่แคบทำให้มีระยะเวลาอพยพออกจากอาคารมากขึ้นเพราะต้องรอคิวผ่านประตูนี้

ตารางที่ 42 (ต่อ)

Floor	Floor Occupants Load(P)	Min. Travel Distance to Constraint point	Flow Rate(Fc)	Queue Time (T _c)	Travel Time (T _{ta})
	(person)	(m.)	(persons/sec.)	(sec.)	(sec.)
Stair at 4 FL.	148	13	1.344	110.1	23.6
Stair at 3 FL.	249	5	1.452	171.5	9.7

สรุปผลการวิเคราะห์

1. บันได ST-4-5-6 มีระยะเวลาการรอคิวมากที่สุดที่บันไดหนีไฟชั้น 3 เพราะมีจำนวนคนมากผ่านจุดนี้ ดังนั้นจุดนี้จึงเป็น Constraint Flow Point

ผลการคำนวณหาระยะเวลาทั้งหมดในแต่ละเส้นทางหนีไฟ

- จากผลการคำนวณพบว่าระยะเวลาการเคลื่อนที่ผ่านทางหนีไฟไปตามบันไดลงไปจุดปล่อยออกนอกอาคาร (Total Travel Time, Ttd) จะน้อยกว่าระยะเวลาที่เกิดการรอคิวออกแต่ละบันได ดังนั้นจึงไม่นำระยะเวลานี้มาใช้ในการคำนวณ ($Ttd < T_{c1}$ หรือ T_{c2} จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณเพราะเป็นระยะเวลาเดียวกัน $\therefore Ttd = 0$)

- ระยะเวลาการเคลื่อนที่ผ่านช่องทางต่างๆ ของคนในอาคาร (Queue Time) จะพิจารณาเลือกระยะเวลาที่มากที่สุด ($T_c (max)$) ในเส้นทางหนีไฟเดียวกัน โดยต้องเลือกระหว่างระยะเวลารอคิวผ่านบันได (T_{c1}) และระยะเวลาก่อนประตู (T_{c2})

เพราะฉะนั้นผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแต่ละเส้นทางหนีไฟเป็นดังนี้

1. ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-1

ระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-1 ใช้เวลาทั้งหมด 543.1 วินาที หรือ 9 นาที

2. ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-2

ระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-2 ใช้เวลาทั้งหมด 451.9 วินาที หรือ 7 นาที 32 วินาที

3. ระยะเวลาอพยพในเส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6

ระยะเวลาในการอพยพตามเส้นทางหนีไฟ ST-4-5-6 ใช้เวลาทั้งหมด 212 วินาที หรือ 3 นาที 32 วินาที

สรุป ระยะเวลาอพยพสูงสุดของอาคารใหม่ คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เวลา 543.1 วินาที หรือ 9 นาที

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการวิจัย พบว่าอาคารหลังนี้แบ่งพื้นที่ใช้สอยอาคารออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งจะมีการใช้งานอาคารเป็นสำนักงานของอาจารย์ ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นกิจกรรมการใช้อาคารแบบประเภทธุรกิจ (Business Occupancy) และส่วนที่สองใช้งานอาคารเป็นห้องบรรยาย และห้องประชุมใหญ่ (Auditorium) เป็นกิจกรรมการใช้อาคารแบบประเภทชุมนุมคน (Assembly Occupancy) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารหนาแน่นโดยเฉพาะที่ชั้น 3 และชั้น 4

จากการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟของอาคาร พบว่าบันไดหนีไฟในบริเวณพื้นที่ส่วนที่หนึ่ง ซึ่งเป็นสำนักงานอาจารย์ ห้องปฏิบัติการ ที่เป็นประเภทธุรกิจ มีบันไดหนีไฟที่รองรับการอพยพออกจากอาคารได้ 2 ทาง คือบันได ST-1 และ บันได ST-2 ซึ่งมีความสามารถในการรองรับคนได้เพียงพอ บันไดหนีไฟมีคุณสมบัติในการป้องกันไฟ และมีระยะทางการเคลื่อนที่เข้าสู่บันไดอยู่ในระยะที่ปลอดภัย ไม่เกินค่ามาตรฐาน ถือว่าพื้นที่ส่วนนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการอพยพออกจากอาคาร

สำหรับพื้นที่ส่วนที่สอง บริเวณห้องบรรยายและห้องประชุมใหญ่ (Auditorium) ซึ่งเป็นพื้นที่ เป็นประเภทชุมนุมคน มีผู้ใช้อาคารจำนวนมาก ผู้ใช้อาคารไม่คุ้นเคยสถานที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่าเส้นทางหนีไฟอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากมีทางหนีไฟเพียงทางเดียว ตำแหน่งบันไดหนีไฟไม่ได้กระจายรองรับด้านริมอาคาร ต้องอพยพจากด้านริมสุดของอาคาร เพื่อมาออกทางด้านบันได ST-6 สำหรับชั้น 4 และ ST-5 สำหรับชั้น 3 และเชื่อมต่อไปลงที่บันได ST-2 ที่ชั้น 2 โดยที่บันไดทั้ง 3 ไม่ได้ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ และเมื่อพิจารณาจากระยะทางการเคลื่อนที่ของคนเข้าสู่จุดปลอดภัยพบว่าระยะเกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นควรต้องมีการพิจารณาปรับปรุงการกั้นแยกพื้นที่หรือการปิดล้อมบันไดหนีไฟด้วยวัสดุทนไฟ เพื่อลดระยะทางบังคับและระยะสัญจรไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน

ในการจัดเส้นทางหนีไฟสำหรับอาคารนี้เพื่อการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟ ผู้ทำการวิจัยได้มีการกระจายผู้ใช้อาคารให้สามารถออกไปตามทางหนีไฟต่างๆ ได้อย่างน้อย 2 ทาง เพื่อไม่ให้ผู้ใช้อาคารไปลงบันไดที่ไม่ปลอดภัย และเป็นการลดระยะเวลาการรอคิวผ่านพื้นที่ที่ไม่ปลอดภัย

ด้วย จึงทำให้ผลการคำนวณระยะเวลาหนีไฟที่คำนวณได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย โดยการอพยพออกจากชั้นไม่เกิน 2 นาที และการอพยพออกจากอาคารเฉลี่ย 2 นาทีต่อชั้น หรือเวลารวมการอพยพออกจากอาคารประมาณ 9 นาที

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้อาคารมีระบบเส้นทางหนีไฟให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐาน จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. ควรเพิ่มบันไดหนีไฟเพื่อรองรับผู้ใช้อาคารบริเวณ GL.1-3/A-F จากชั้น 2-3-4 โดยอาจเป็นบันไดหนีไฟนอกอาคารได้ เพื่อเป็นการเพิ่มเส้นทางหนีไฟในพื้นที่ชุมนุมคนในชั้น 3 และ 4 ให้มี 2 ทาง เพิ่มทางเลือกในการหนีไฟ เป็นการลดระยะทางบังคับในชั้น 3-4 และแก้ปัญหาทางตันในชั้น 3 ทำให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น
2. ปรับปรุงบันไดหนีไฟในอาคาร บันได ST-6 ให้ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ และทำการป้องกันทางหนีไฟในด้านที่ติดกับอาคารสำหรับบันได ST-5, ST-4 ให้มีผนังทนไฟตามมาตรฐาน
3. เพิ่มป้ายทางหนีไฟให้สามารถมองเห็นทางหนีไฟไม่น้อยกว่า 2 ทาง
4. จัดทำแผนผังทางหนีไฟตามเส้นทางหนีไฟที่ได้ทำการวิเคราะห์ในแบบแปลนภาคผนวก ข. ดัดแปลงให้เห็นชัดเจน
5. จัดทำแผนฉุกเฉินอัคคีภัยและจัดให้มีการซ้อมแผนอพยพหนีไฟตามเส้นทางหนีไฟ 3 เส้นทางตามที่แสดงในแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข.
6. ระยะเวลาการอพยพหนีไฟออกจากอาคารที่ได้จากการคำนวณ 9 นาที อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ใช้อาคารอพยพไปตามเส้นทางหนีไฟทั้ง 3 เส้นทางได้อย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยเส้นทางหนีไฟที่ไปลงบันได ST-1 เส้นทางหนีไฟที่ไปลงบันได ST-2 และเส้นทางหนีไฟที่เคลื่อนที่ไปตามบันได ST-6, ST-5 และ ST-4 ไปจนถึงจุดปล่อยออกนอกอาคารดังที่แสดงในแบบแปลนอาคารในภาคผนวก ข. และผู้อพยพต้องได้รับการฝึกซ้อมอย่างถูกต้อง

7. ควรนำผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟมาใช้ในการจัดทำแผนฉุกเฉินอัคคีภัย และการซ้อมแผนประจำปี โดยในการซ้อมแต่ละครั้งควรมีการบันทึกระยะเวลาการอพยพเพื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ได้จากการคำนวณ โดยระยะเวลาในการซ้อมจะเริ่มต้นนับจากมีการเริ่มเคลื่อนที่ของคน ซึ่งผลที่ได้ไม่ควรจะมากกว่าระยะเวลาที่ได้จากการคำนวณ

ดังนั้น เพื่อให้อาคารหลังนี้มีความปลอดภัยในการอพยพหนีไฟ ทางผู้ดูแลอาคารควรจะต้องมีการปรับปรุงตามข้อมูลที่สรุปอยู่ในผลการวิเคราะห์ในการวิจัยนี้ และต้องจัดให้มีการบริหารด้านความปลอดภัยอัคคีภัย มีแผนฉุกเฉินอัคคีภัย มีการตรวจสอบอาคารเป็นประจำทุกปี เพื่อให้ระบบความปลอดภัยในอาคารพร้อมใช้งานตลอดเวลาและจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉินอัคคีภัยเป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำการคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟในอาคารที่มีเส้นทางหนีไฟสลับซับซ้อนและไม่ต่อเนื่อง ผู้ทำการคำนวณต้องตั้งสมมติฐานในการเคลื่อนที่ออกจากอาคารไปตามเส้นทางหนีไฟให้ชัดเจน ต้องจัดให้มีการกระจายตัวอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอของผู้ใช้อาคารในแต่ละชั้น เพื่อจะทราบถึงจำนวนคนที่ผ่านในแต่ละพื้นที่ ผ่านแต่ละบันได จึงจะสามารถคำนวณระยะเวลาการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง ใกล้เคียงกับเวลาการใช้งานจริง

ในการคำนวณวิธีนี้จะต้องตรวจสอบแบบและเก็บข้อมูลอย่างละเอียด จะต้องกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ของคนจากจุดไกลสุดในพื้นที่ไปยังจุดปลอดภัยในชั้นหรือบันไดหนีไฟ (Travel Distance) ซึ่งระยะนี้จะต้องเลือกเส้นทางที่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน แล้วนำค่าของระยะทางที่ยาวที่สุดในชั้นนั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของคนในชั้น (Travel Time on Floor)

ในการคำนวณระยะเวลาดังกล่าวต้องทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดทั้งระยะเวลาการเคลื่อนที่ในแนวราบ ระยะเวลาการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (Travel Time) ระยะเวลาการเคลื่อนที่ผ่านช่องทางหรือประตู หรือบันได (Queue Time) ที่จะทำให้เกิดระยะเวลาการรอคิวขึ้น จะต้องทำการวิเคราะห์ระยะเวลาทุกจุด ทุกชั้นเพื่อจะได้เลือกใช้ระยะเวลาที่มากที่สุดในแต่ละเส้นทางหนีไฟมาใช้งาน ต้องระมัดระวังในเรื่องการนำระยะเวลาที่คาบเกี่ยวหรือเวลาที่ซ้ำซ้อนกันที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันมาใช้งาน เนื่องจากจะทำให้ระยะเวลาการอพยพมากเกินไป หากเป็นอาคารที่สูงมาก ๆ การคำนวณโดยรวมระยะเวลาที่ซ้ำซ้อนกันนี้ จะทำให้เวลาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน

วิธีการคำนวณโดยวิธีนี้เป็นการคำนวณโดยคน มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้ ผู้ที่ทำการคำนวณด้วยวิธีนี้ต้องเป็นผู้ที่มีความละเอียดถี่ถ้วน รอบคอบ แม่นยำ กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสมมติฐานเกี่ยวกับเส้นทางการอพยพ จะต้องมีการปรับค่าตัวแปรต่างๆ ให้สัมพันธ์กัน และผู้ที่ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการอพยพควรมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องมาตรฐานในการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟและพฤติกรรมการอพยพของคน รวมไปถึงการจัดการแผนฉุกเฉิน เพื่อที่จะได้ตั้งสมมติฐานและกำหนดเส้นทางหนีไฟได้อย่างเหมาะสมกับการใช้อาคารจริง

ในปัจจุบันมีการนำโปรแกรมการคำนวณระยะเวลาอพยพมาใช้แล้ว เช่น โปรแกรม EXODUS สามารถใช้สำหรับการจำลองการอพยพในเส้นทางหนีไฟ วิเคราะห์การไหลเวียนของคนในอาคาร ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อตอบสนองในการออกแบบอาคารตามมาตรฐานความปลอดภัยอัคคีภัย เพื่อที่จะให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบอาคารได้โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์จริง ซึ่งโปรแกรมนี้อาจจะสามารถแสดงการเคลื่อนที่ของคนได้อย่างชัดเจน สามารถเห็นปัญหา ทดลองแก้ไขในโปรแกรม เพื่อให้ได้แบบอาคารที่มีความปลอดภัยก่อนที่จะต้องก่อสร้างจริง ซึ่งทำให้การออกแบบอาคารเป็นไปตามมาตรฐานและปลอดภัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. 2534. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยใน
สถานประกอบการ พ.ศ. 2534. กรุงเทพมหานคร.

คณะกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. 2550ก. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. สมาคม
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ศ.ท.), กรุงเทพมหานคร.

_____. 2550ข. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระ
บรมราชูปถัมภ์ (ว.ศ.ท.), กรุงเทพมหานคร.

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. 2522ก. กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535. กรุงเทพมหานคร

_____. 2522ข. กฎกระทรวงฉบับที่ 39 พ.ศ. 2537. กรุงเทพมหานคร

_____. 2522ค. กฎกระทรวงฉบับที่ 47 พ.ศ. 2540. กรุงเทพมหานคร

_____. 2522ง. กฎกระทรวงฉบับที่ 50 พ.ศ. 2540. กรุงเทพมหานคร

_____. 2522จ. กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543. กรุงเทพมหานคร

_____. 2522ฉ. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544. กรุงเทพมหานคร

พระราชบัญญัติโรงงาน. 2535. กฎกระทรวงฉบับที่ 2 พ.ศ. 2535. กรุงเทพมหานคร

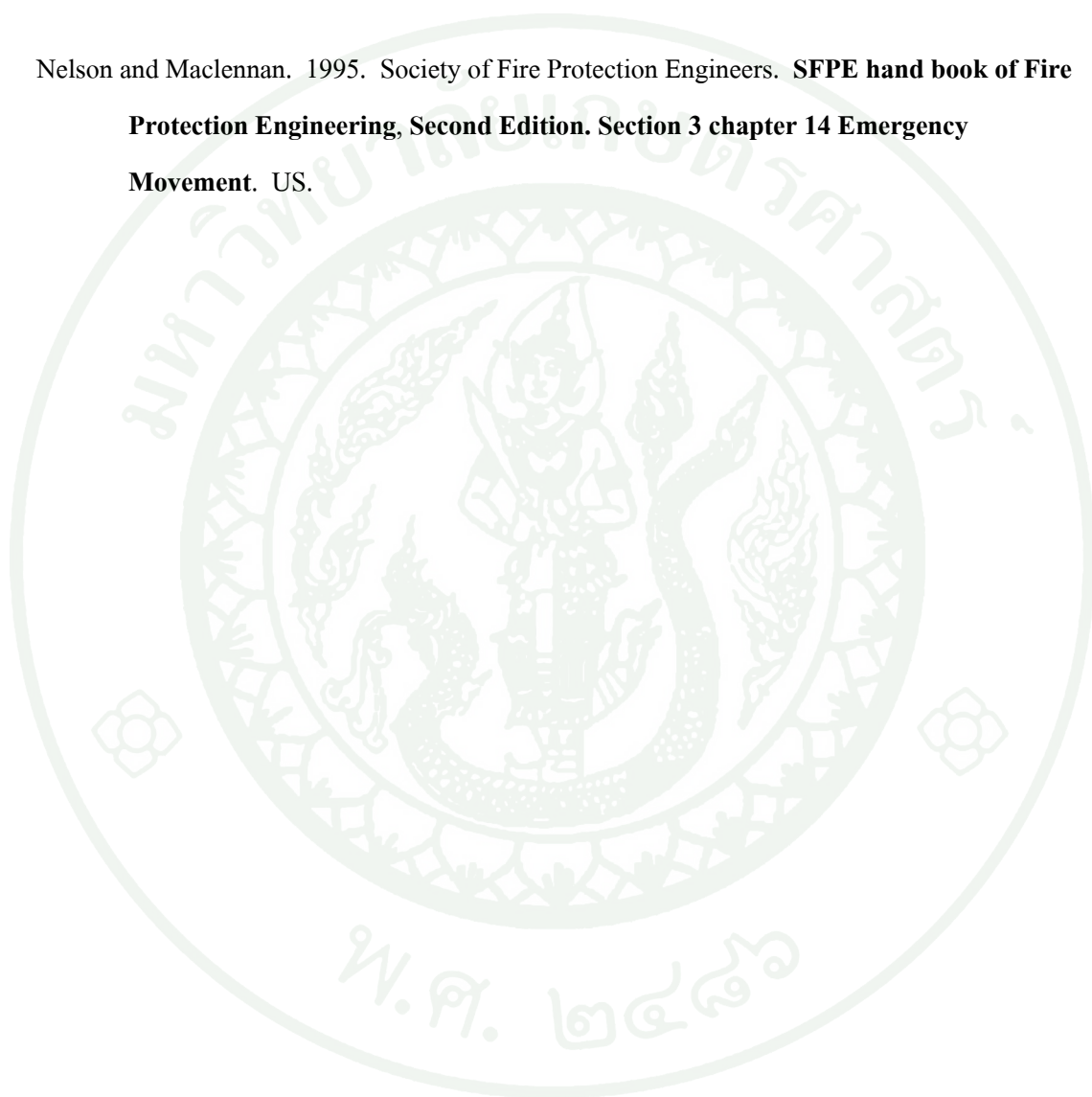
James, G. n.d. Quintiere. **Principles of Fire Behavior**. US.

John, H. Klote and James A. Mike. n.d. **Principle of Smoke Management, Chapter 4**
Evacuation Analysis, US.

National Fire Protection Association. n.d. **NFPA, Fire Protection Handbook 18th Edition, Evacuation of Occupants**, US.

_____. 2006. **NFPA101, Life Safety Code, Edition 2006**, US.

Nelson and MacLennan. 1995. Society of Fire Protection Engineers. **SFPE hand book of Fire Protection Engineering, Second Edition. Section 3 chapter 14 Emergency Movement**. US.





แบบแปลนแสดงการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ

ประกอบด้วยรายการต่อไปนี้

1. แบบแปลนอาคารชั้นใต้ดิน ถึงชั้นดาดฟ้าและชั้นลอย
2. แบบแสดงรูปด้านอาคาร
3. แบบแปลนแสดงภาพตัดอาคาร
4. แบบแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ
 - แสดงกิจกรรมการใช้อาคาร
 - แสดงจำนวนผู้ใช้อาคาร
 - แสดงของเส้นทางหนีไฟ
 - แสดงระยะทางหนีไฟ
 - แสดงเส้นทางหนีไฟที่ปลอดภัยซึ่งจัดทำตามผลเส้นทางหนีไฟที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลาอพยพออกจากอาคาร

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาว บุษกร แสนสุข
 เกิดวันที่ 26 ตุลาคม 2513
 สถานที่เกิด จังหวัดขอนแก่น
 ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรที่ปรึกษาด้านการป้องกันอัคคีภัย และผู้ตรวจสอบอาคาร
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ

ประสบการณ์ในงานด้านวิศวกรรมงานระบบเครื่องกล และวิศวกรรม

ความปลอดภัยอัคคีภัยและความปลอดภัยในการทำงาน 16 ปี

1. วิศวกรที่ปรึกษาความปลอดภัยฯ บี.เอส.-เอส.ดี เป็นที่ปรึกษาและบริหารทีมงานเพื่อให้บริการ ดังนี้

- เป็นที่ปรึกษางานด้านวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย (Fire and Life Safety)
- ตรวจสอบอาคาร และตรวจสอบระบบความปลอดภัยในอาคารทั่วไปและความปลอดภัยในการทำงาน
- บำรุงรักษางานระบบป้องกันอัคคีภัยในอาคารและทดสอบสมรรถนะระบบ
- เป็นวิทยากรบรรยายให้ความรู้ด้านวิชาการความปลอดภัยอัคคีภัยและความปลอดภัยในการทำงานให้กับหน่วยงานราชการ เอกชน และผู้สนใจทั่วไป

2. ปี 2548-2551 เป็นกรรมการบริหารและเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย (Fire Safety Specialists) บริษัท ฟิวชั่นไฟร์ เซฟตี้ จำกัด หน้าที่รับผิดชอบ

- เป็นที่ปรึกษาเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยอัคคีภัย (Fire and Life Safety)
- เป็นวิทยากรบรรยายพิเศษด้านความปลอดภัยอัคคีภัยให้กับหน่วยงานเอกชน
- เป็นวิทยากรบรรยายหลักสูตรผู้ตรวจสอบอาคาร หมวดการ

ป้องกันอัคคีภัย

3. ปี 2542-2547 ประสบการณ์ 6 ปีในตำแหน่งนักวิชาการอาวุโสด้านวิศวกรรมความปลอดภัย (Senior Safety Engineer) สำนักความปลอดภัย เครือเจริญโภคภัณฑ์ ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาในการบริหารความปลอดภัยและความเสี่ยง ตรวจสอบความปลอดภัยและประเมินความเสี่ยงในสถานประกอบการ รวมถึงการจัดทำมาตรฐานทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัย ให้กับเครือเจริญโภคภัณฑ์
4. ปี 2536-2541 ประสบการณ์ 6 ปี ในตำแหน่งวิศวกรเครื่องกลด้านการบริหารและควบคุมงานก่อสร้าง บริษัท โปรเจคแพลนนิ่ง เซอร์วิส จำกัด (PPS)
 - อาคาร Jewelry Trade Center Plaza, Office and Hotel Building ถนน สีลม
 - โรงพยาบาลนครธน (Nakornthon Hospital) ถนนพระราม 2 จำนวน 500 เตียง
 - อาคารศูนย์ฝึกอบรม และ ศูนย์คอมพิวเตอร์ ธนาคารกรุงเทพ สำนักงานใหญ่แห่งที่ 2 ถนนพระราม 3 (Computer and Training Center)

ผลงานด้านงานวิชาการ

1. ปี 2551-ปัจจุบัน เป็นคณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)
2. ปี 2550-ปัจจุบัน เลขานุการและกรรมการวิชาการ คณะอนุกรรมการความปลอดภัยอาคาร สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
3. ปี 2548-2549 เป็นคณะอนุกรรมการความปลอดภัยด้านอัคคีภัย สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
4. ปี 2550-2551 เป็นคณะกรรมการจัดทำคู่มือเทคนิคการตรวจสอบอาคารเพื่อความปลอดภัย ให้กับสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
5. ปี 2549-ปัจจุบัน เป็นวิทยากรบรรยายหลักสูตร ผู้ตรวจสอบอาคาร

ตามกฎหมายตรวจสอบอาคารให้กับสมาคมวิศวกรรมาสถานแห่งประเทศไทยและสมาคมปรับอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2552 ประมาณ 32 รุ่น ในหัวข้อเรื่อง การตรวจสอบเส้นทางหนีไฟ เครื่องหมาย ป้ายทางออกฉุกเฉิน การตรวจสอบระบบควบคุมการแพร่กระจายควันไฟ การตรวจสอบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

6. ปี2549-ปัจจุบัน เป็นวิทยากรบรรยายหลักสูตร ผู้ตรวจสอบอาคารตามกฎหมายตรวจสอบอาคารให้กับคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในหัวข้อเรื่อง การตรวจสอบเส้นทางหนีไฟ เครื่องหมาย ป้ายทางออกฉุกเฉิน การตรวจสอบระบบควบคุมการแพร่กระจายควันไฟ การตรวจสอบระบบดับเพลิง ประมาณ 6 รุ่น
7. ปี2549-ปัจจุบัน เป็นวิทยากรบรรยายหลักสูตร ผู้ตรวจสอบอาคารตามกฎหมายตรวจสอบอาคารให้กับมหาวิทยาลัย มหิดล ศาลายา ในหัวข้อเรื่อง การตรวจสอบเส้นทางหนีไฟ เครื่องหมาย ป้ายทางออกฉุกเฉิน การตรวจสอบระบบควบคุมการแพร่กระจายควันไฟ การตรวจสอบระบบดับเพลิง ประมาณ 2 รุ่น
8. ปี2548-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์พิเศษบรรยายเกี่ยวกับการออกแบบทางหนีไฟให้กับนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
9. เป็นวิทยากรบรรยายพิเศษด้านความปลอดภัยอัคคีภัย การจัดทำแผนฉุกเฉิน ให้กับหน่วยงานเอกชน เช่น บริษัท โรช (ประเทศไทย) จำกัด อาคาร รสทาวเวอร์ , ฝ่ายบริหารอาคารในเครือ TCC Group
10. ปี 2550-2551 เป็นคณะกรรมการจัดทำคู่มือเทคนิคการตรวจสอบอาคารเพื่อความปลอดภัย ให้กับสมาคมวิศวกรรมาสถานแห่งประเทศไทย และเป็นผู้เขียนในภาคที่ 7 “เทคนิคการตรวจสอบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย” ประกอบด้วยเรื่อง

- 1.1. การตรวจสอบเส้นทางหนีไฟ
- 1.2. การตรวจสอบป้ายหรือเครื่องหมายแสดงทางหนีไฟ
- 1.3. การตรวจสอบการควบคุมการแพร่กระจายของควันไฟ
- 1.4. การตรวจสอบระบบไฟสำรองฉุกเฉิน
- 1.5. การตรวจสอบลิฟต์ดับเพลิง
- 1.6. การตรวจสอบระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (เรื่องนี้เขียนร่วมกับคุณจุลดิษฐ์ จายนียโยธิน)
11. เป็นคณะกรรมการเขียนแผนแม่บทพัฒนาความปลอดภัยอัคคีภัยแห่งชาติ (Master Plan of National Fire Safety Development) ฉบับปี พ.ศ. 2549-2559 ให้กับกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (เขียนในนามบริษัท พีวชั่น คอนซัลแทนต์ จำกัด)
12. ปี 2550-2551 เป็นคณะกรรมการจัดทำร่างประมวลข้อบังคับอาคาร (Building Code) ของกรมโยธาธิการ ในโครงการที่ 4 เกี่ยวกับการทดสอบวัสดุป้องกันอัคคีภัยและมาตรฐานการทดสอบวัสดุป้องกันอัคคีภัย
13. ปี 2552 เป็นที่ปรึกษาในการตรวจสอบร่างประมวลข้อบังคับอาคาร (Building Code) ของกรมโยธาธิการ ในโครงการที่ 1 เกี่ยวกับเรื่อง เส้นทางหนีไฟ (Means of Egress) และมาตรฐานการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ

ผลงานด้านวิศวกรรมความปลอดภัยอัคคีภัย

- (1) Life Safety Review for Fixed Guide-Way Terminal Evacuation โครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส ส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท
- (2) Fire and Life Safety Consultant for Seagate Technology (Thailand) Co., Ltd. โรงงานเทพารักษ์ และ โรงงานโคราช
- (3) Fire and Life Safety Design Review โครงการ Wireless Hotel ถนนวิฑู
- (4) Fire and Life Safety Consultant for Western Digital (Thailand) Co., Ltd. นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

- (5)วิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟ
อาคาร ซี.พี.ทาวเวอร์ 1 ถนนสีลม
- (6)วิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและคำนวณระยะเวลาในการอพยพหนีไฟ
อาคาร ซี.พี.ทาวเวอร์ 2 ถนนรัชดาภิเษก
- (7)ที่ปรึกษางาน Fire and Life Safety โครงการ Phulay bay A Ritz
Carlton Reserves จังหวัดกระบี่

ผลงานด้านตรวจสอบอาคาร

ตรวจสอบใหญ่ ปี 2550(ตรวจในนามนิติบุคคล บริษัท ฟิวชั่น ไฟร์
เซฟตี้ จำกัด)

- (1) อาคารศูนย์การค้าเซ็นทรัล เวิลด์
- (2) อาคารศูนย์การค้าเซ็นทรัล บางนา
- (3) อาคารโรงงาน ซีเกท เทพารักษ์ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
- (4) อาคารโรงงาน ซีเกท โคราซ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
- (5) อาคารโรงงาน เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด โรงงานนวนคร นิคมอุตสาหกรรมนวนคร
- (6) อาคารโรงงาน เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด โรงงาน 3 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน
- (7) อาคารโรงงาน เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด โรงงาน 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน
- (8) โรงพยาบาลกรุงเทพ
- (9) โรงพยาบาลจุฬาฯ
- (10) อาคารศูนย์กีฬา ราชกรีฑาสโมสร
- (11) อาคารสนามม้า ราชกรีฑาสโมสร
- (12) ธนาคารกสิกรไทย สำนักงานสาขาช้างคลาน จังหวัดเชียงใหม่

ตรวจสอบประจำปี 2551

- (1) โรงงานมิตซูบิชิ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด โรงงานศรีราชา
จังหวัดชลบุรี
- (2) อาคารท่าเรือแหลมฉบัง ครุฑเข็นเตอร์
- (3) บริษัทไทยชินกง อินดัสตรี จำกัด นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
จังหวัด ระยอง
- (4) บริษัท อุเบะไนลอน (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัด ระยอง
- (5) บริษัท ไทยอินเนอเรทเซอร์วิส จำกัด จังหวัด ระยอง
- (6) บริษัท คาโปรแลคค์มไทย จำกัด (มหาชน) จังหวัด ระยอง
- (7) ธนาคารกสิกรไทย สำนักงานสาขาช้างคลาน จังหวัดเชียงใหม่

ตรวจสอบประจำปี 2552

- (8) อาคารวรรณสรณ์ ถนนพญาไท

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

-