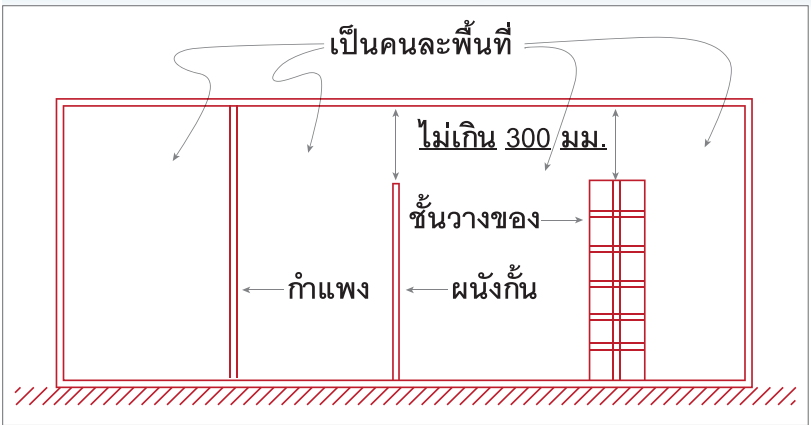




ขอเล่าเท่าที่รู้

# เรียนรู้ข้อกำหนดระยะต่างๆ (heat detector) ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

**ควรต้องเริ่มต้นกันอย่างไรดีนะ...** เป็นคำถามแรกที่ต้องตั้งป้อมจิกตอบครานี้ ขอเป็นการย่อนคำถามครั้งแรกที่ต่อจิกตอบครานี้ คำถามว่า ช่องชิดเพดานระยะ: 300 มิลลิเมตรมาได้อย่างไร ทำไมความร้อนถึงจิกผ่านไปได้เพียวพอที่จิกทำให้ heat detector ทำงานแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในเวลา heat detector ทดสอบมาให้สามารถทำได้ โดยครั้งแรกคิดว่า เป็นช่องทางที่เกี่ยวข้อ ฤกษ์สัมพันธ์กับปริมาณควันด้วย ภายหลังค้นคว้ามากขึ้นจึงได้ทราบว่า ไม่เกี่ยวข้ออะไรกับคุณลักษณะของควัน (บทความนี้ขอบอกแค่เพียวว่า ช่องนี้ที่ไปที่ไปมีเกี่ยวข้อใดๆ กับควันเลย แต่ขอยังไม่อธิบายให้มากความไปในบทความนี้) เมื่อทราบว่า ช่องนี้เกี่ยวข้อเพียวจากความร้อนเท่านั้น ก่อนใดๆ จิกเกิดขึ้นของความสนใจของผู้เขียนๆ ได้รับแรงบันดาลใจครั้งแรกที่ทำให้มาเรียนรู้เรื่องนี้คือ รูปในหนังสือของอาจารย์สือชัย ทอนิล ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า หากผนังกันห้องไม่มีช่องว่างเหนือผนังน้อยกว่า 300 มิลลิเมตร จิกทำให้ห้องนั้นแยกออกจากกัน ผลลัพธ์ก็คือ แต่ละห้องที่แยกกันจิกต้องติดตัว heat detector อย่างน้อยห้องละ 1 ตัว



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่กันด้วยกำแพง ผนังกันหรือชั้นวางของ ถือเป็นคนละพื้นที่กัน (ขอขอบคุณภาพประกอบมาจากหนังสือการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของ อาจารย์สือชัย ทอนิล)

### แบบจำลองแรก...

เริ่มมาเมื่อประมาณ พ.ศ. 2561 ได้มีโอกาสกลับมาทำหน้าที่เป็นกรรมการร่างมาตรฐานแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ที่ทางคณะนี้ได้ดำเนินมาอย่างยาวนาน พอได้รับเกียรติมาร่วมก็เห็นว่า แนวทางที่ใช้อยู่ของ วสท. ยังไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน NFPA 72 : 2016 จึงเสนอต่อที่ปรึกษา แลกกรรมการท่านอื่นๆ ว่ามีความเห็นอย่างไร ท่านไม่ขัดข้องที่จิกพิจารณา หากเป็นหลักการที่ดี พัฒนาทำให้การออกแบบ แลติดตั้งมีแนวทางที่ชัดเจน มีความเข้าใจที่เท่าที่ไปได้มากขึ้น ผมแลท่านอื่นๆ ได้

ร่วมกันศึกษา แลนำมาเสนอ จนที่สุดตกผลึกมาเป็นเล่มมาตรฐานฉบับที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ มาตรฐาน วสท. 021002-19 มกราคม 2562 ผลจากการศึกษาจึงทำให้เกิดความเข้าใจการเคลื่อนตัวของความร้อนที่จิกลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงทำมุม 11 องศา ทำให้เราได้เรียนรู้ว่า ความร้อนเมื่อเคลื่อนจิวไปอยู่ที่ฝ้าเพดานจิกขยายออกไปจากแนวตั้งเท่ากับ 0.2 เท่าของขนาดความสูง (มาจาก ขนาดความสูง คูณด้วย ค่า tan 11 องศา ได้ค่าประมาณ 0.194 เท่าของความสูง) ต่อมาเมื่อได้ตั้งเลขแรกออกมาข้างต้น ผู้เขียนพยายามอธิบายการติดตั้ง heat detector สำหรับ

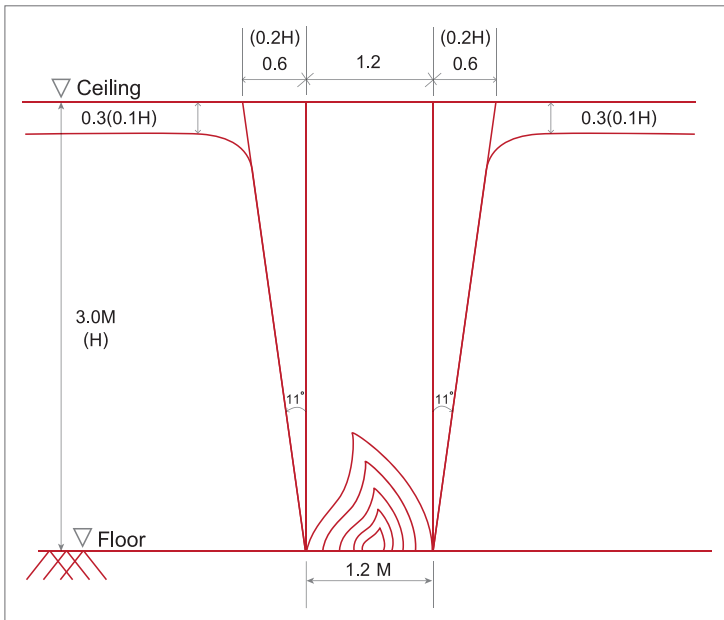
ฝ้าเพดานที่มีตง (ตงคือโครงสร้างรองรับการปูพื้น) ฤคาน (คานคือโครงสร้างถ้ายทอดน้ำหนักของพื้นมาที่เสา) มีตัวเลขแรกที่อ้างอิงคือ 2.4 เมตร ผู้เขียนจึงได้เสนอแบบจำลองมาว่า หากจิกอธิบายขนาดของช่องระหว่างตง ฤคานละก็ ให้จินตนาการว่า มีขนาดกองไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 เมตร ก็จิกสามารถนำมาอธิบายได้ในข้อหลักๆ จึงเกิดแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 2 ที่สามารถตามมาตรฐาน วสท. หัวข้อ 5.2.6 (1) ถึง (4) เว้นไว้ก่อนสำหรับ หัวข้อ 5.2.6 (5) ซึ่งตอนนั้นผู้เขียนก็ยังมีได้ติดใจอะไรมากนัก เพราะยังไม่มีท่านใดทักว่า การใช้งานนี้มีปัญหาที่ยังอธิบายใน (5) ยังไม่ได้ จนเมื่อไม่นานมานี้ ที่มีวิกฤตโควิด-19 เกิดปรากฏการณ์การจัดงานสัมมนาผ่านโปรแกรมการ



ประชุมทางไกลที่เรียกว่า zoom จึงมีการหยิบยกเรื่องนี้มาพูด จนในการบรรยายครั้งนั้นผมพยายามหาคำตอบอีกครั้ง ขณะที่ผู้เข้าร่วมสัมมนาบางส่วนเริ่มติดตามได้ทันว่า แบบจำลองนี้ยังไม่สมบูรณ์ จึงเป็นอีกครั้งหนึ่งที่จุดประกายมายังผู้เขียนให้พยายามหาคำตอบอีกครั้ง ...ต้องขอขอบคุณแรงบันดาลใจอีกครั้ง เกิดไฟที่ต้องการหาคำตอบ จนที่สุดคิดว่าพบแบบจำลองที่ว่ามันแล้ว จักยอมรับได้มากน้อยอย่างไร ผู้เขียนจักขอค่อยๆ ไล่เรียงลำดับให้ตั้งแต่ต้นจนสุดท้ายเป็นแบบจำลองที่จักเสนอ ขอเชิญติดตามกัน

การขยายตัวในแนวดิ่ง ก็คือเท่ากับ 0.1h เทียบเท่ากับ 0.3 เมตร โดยยังไม่ต้องสนใจที่ในแบบจำลองที่เขียนไว้ว่า heat detector ตัวที่อยู่เหนือจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ ที่เล่ามาสามารถแสดงรายละเอียดไว้ที่รูปที่ 3

เมื่อเข้าใจผ่านรูปที่ 3 มาได้แล้วที่นี้อาจให้กลับไปย้อนอ่านงานเขียนอีกชิ้นหนึ่งที่เคยตีพิมพ์เมื่อฉบับที่ 3 ลำดับที่ 21 เดือนพฤศจิกายน 2557 (2014)-มกราคม 2558 (2015) แต่เพื่อความสะดวกไม่ต้องไปค้นหาให้เสียเวลาในการศึกษา ทางกองบรรณาธิการ TEMCA Mag. ได้นำบทความนี้กลับมาตีพิมพ์ซ้ำอีกครั้งหนึ่งในฉบับนี้เพื่อความต่อเนื่องในเรื่องนี้

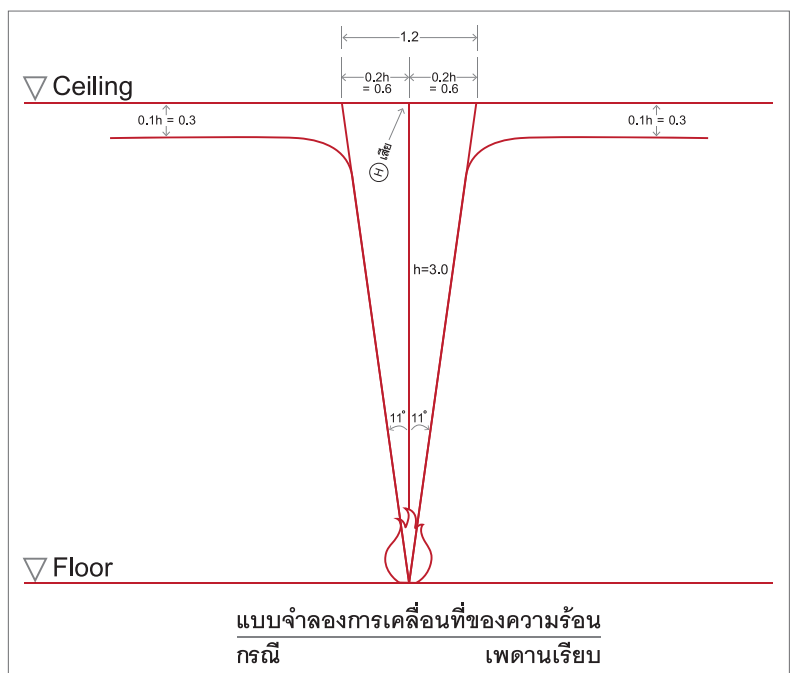


รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองเพื่อการอ้างอิงการออกแบบติดตั้งในฝ้าเพดานราบแบบระแนงแลรีย (แนวคิดดั้งเดิม)

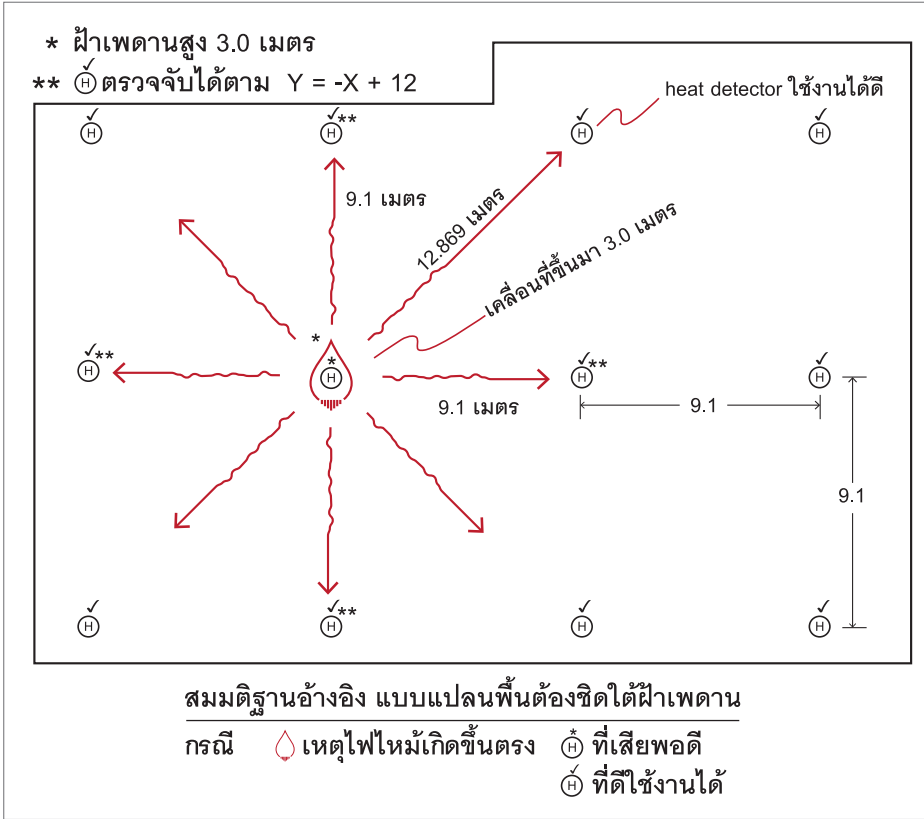
### ปูพื้นแบบจำลองเบื้องต้น ตาม NFPA 72 : 2019

ก่อนจักพูดบอกว่าแบบจำลองที่ว่ามันเป็นอย่างไร ขอปูพื้นความเข้าใจในแบบจำลองเบื้องต้นกันก่อน ในแบบจำลองที่ผู้เขียนเคยเสนอไว้ในรูปที่ 2 ยังคงสามารถนำมาใช้ได้ต่อไปคือขนาดความสูงของห้อง 3.0 เมตรในที่นี้เราใช้สัญลักษณ์ 'h' แทน (h = 3.0) แลจากในตอนที่แล้วได้ปูพื้นไปแล้วว่า ความร้อนที่เคลื่อนที่ขึ้นทางด้านบนจักทำมุม 11 องศา ใช้ประกอบกับแบบจำลองที่เลือกกำหนดขนาดความสูงไว้เท่ากับ 3.0 เมตร ทำให้ความร้อนลอยขึ้นไปฝ้าเพดานขยายออกไปเท่ากับ  $\tan 11 \times$  ความสูง นี่คือนขนาดของด้านตรงข้ามมุม 11 องศา ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.194 \times$  ความสูง ฤประมาณในแบบจำลองคือ  $0.2 \times h$  ฤเท่ากับ 0.6 เมตร เมื่อ h = 3.0 เมื่อพิจารณาโดยรอบจักได้การขยายวงออกไปเท่ากับ  $0.4h$  ฤเท่ากับ 1.2 เมตร คุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งของความร้อนคือ เมื่อกระทบฝ้าเพดานแล้วจักขยายออกไปทางด้านข้างด้วยความหนาเท่ากับครึ่งหนึ่งของ

เรื่องนี้ เมื่อท่านผู้อ่านแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากงานเขียนนั้นคือผลการวิเคราะห์การติดตั้ง heat detector ที่ความสูงห้องต่างๆ มาจนได้สมการเส้นตรงรวบยอดมาเป็น  $Y = -X + 12$  มีความหมายว่า ที่ความสูงต่างๆ ความร้อนจักเคลื่อนที่เท่ากับค่าตัวแปรตาม Y โดยมีค่าความชัน ฤอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างความสูงของห้องกับระยะห่างของการติดตั้ง heat detector ที่แปรผกผันกัน มาจากค่าความชันที่เป็นลบ แลเมื่อสร้างแบบจำลองหลายๆ แบบแล้วพบว่า เหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดคือ การเกิดเหตุที่ใต้ heat detector ที่เสีย ฤ ระยะห่างทางการขจัดระหว่างตำแหน่งเพลิงไหม้กับ heat detector เท่ากับศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 ความร้อนเคลื่อนตัวจากฐานเพลิงไหม้ขึ้นมาถึงฝ้าเพดานระยะ 3.0 เมตร แลเคลื่อนที่ตามแนวระดับทุกทิศทุกทาง แต่ระยะที่ไกลที่สุดคือ 9.1 เมตร โดยภาพรวมๆ รวมระยะทางได้ 12 เมตร



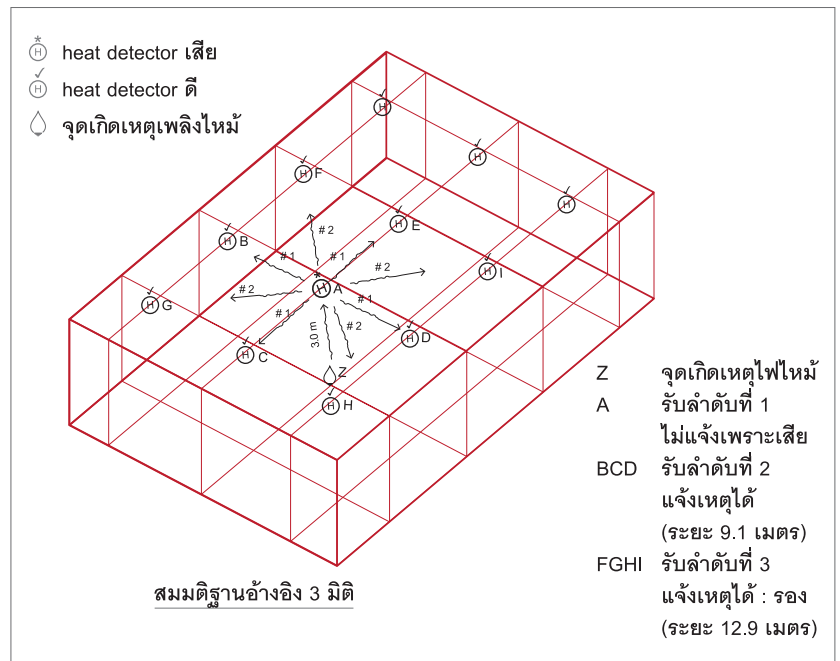
รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองเพื่อการอ้างอิงการออกแบบติดตั้งในฝ้าเพดานราบแบบระแนงแลรีย (พัฒนามาจากรูปที่ 2)



รูปที่ 4 แสดงแผนผังพร้อมการเคลื่อนตัวของความร้อนที่เกิดเหตุ ณ ใต้ heat detector ที่เสีย (แนวคิดที่แย่สุด)

เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจจึงได้นำเสนอในรูปแบบมิติดังแสดงในรูปที่ 5 เริ่มต้นด้วยจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นที่จุด z ความร้อนลอยสูงขึ้นในแนวตั้งด้วยระยะ 3.0 เมตรมาที่จุด A โดยที่แบบจำลองนี้กำหนดให้ heat detector ตัวนี้เสีย จึงยังไม่มีกระแสเหตุไปแจ้งควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ดังนั้น ความร้อนจึงยังต้องเคลื่อนที่ต่อไปในแนวระดับในทุกทิศทาง ด้วยระยะทางที่สั้นที่สุดคือ 9.1 เมตรคือที่จุด B C D และ E แล้วแต่ว่า heat detector ตัวใดจักทำหน้าที่ตรวจจับ ผลการทำงานนี้จักใช้เวลาไม่เกินตามมาตรฐานกำหนดคือภายใน 120 วินาที แต่สำหรับการเคลื่อนที่ต่อไปในแนวระดับต่อเนื่องไป ด้วยระยะทางที่สั้นที่สุดคือ 12.9 เมตรคือที่จุด F G H และ I แล้วแต่ว่า heat detector ตัวใดจักทำหน้าที่ตรวจจับ ผลการทำงานนี้จักใช้เวลาไม่เกินตามมาตรฐานกำหนดคือมากกว่า 120 วินาที ซึ่งยอมรับไม่ได้

จากการเรียนรู้ตามแบบจำลองนี้ทำให้เกิดความรู้ใหม่ว่า ในการตรวจสอบสมรรถนะของ heat detector นอกจากจักคำนึงถึงปริมาณการเสียของ heat detector ที่ต้องเปลี่ยนแล้ว ในขณะที่เดียวกันเมื่อ



รูปที่ 5 แสดงภาพสามมิติพร้อมการเคลื่อนตัวของความร้อนที่เกิดเหตุ ณ ใต้ heat detector ที่เสีย (แนวคิดที่แย่สุด)

พบว่า heat detector เสียแล้วจักต้องพิจารณาต่อไปว่า จักต้องมีให้ heat detector ที่เสียนั้นติดตั้งในตำแหน่งที่ติดกัน โดยพิจารณาในทั้งแนวแกน X แลแนวแกน Y แล เพื่อเพิ่มควมมีสมรรถนะของระบบในระหว่างที่รอเปลี่ยนตัวใหม่ อาจมีปัญหานี้เนื่องจากความไม่แน่นอนในการเสียเพิ่ม จึงเสนอให้การเว้นมีตัวคืออย่างน้อย 2 ตัว (ถ้าเลือกได้)

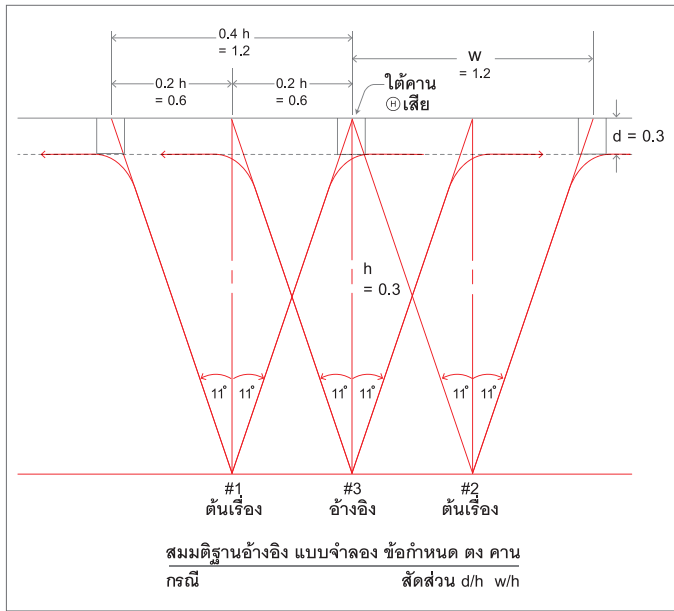


เมื่อท่านผู้อ่าน อ่านมาถึงจุดนี้อย่างเข้าใจ (หากยังมีอะไรงงๆ ลองย้อนกลับไปอ่านซ้ำ) หากพอได้ก็แนะนำให้เดินหน้า ตอนนี้นำมาถึงพระเอกของงานเขียนนี้ที่จักนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ที่จักนำไปสู่การวิเคราะห์ที่ใช้งานตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ วสท. หัวข้อ 5.2.6 (1) (2) (3) (4) และ (5) แล้วละครับ ให้ดูรูปที่ 6 ประกอบ เป็นการแสดงแบบจำลองที่เป็นห้องสูง (h) เท่ากับ 3.0 เมตรเหมือนเดิม จัดให้มีคานที่ฝ้าเพดานมีความลึก (d) เท่ากับ 0.3 เมตร คานแต่ละคานห่างกันที่กึ่งกลางคาน (w) เท่ากับ 1.2 เมตร จากรูปที่ 6 หากเกิดเพลิงไหม้ที่จุดต้นเรื่อง (#1 และ #2) ความร้อนจักสามารถไหลผ่านไปได้ประหนึ่งเพดานเรียบแนวระดับที่เดียว แต่เหตุการณ์นี้บังคับให้เกิดไม่ได้ ดังนั้นในแบบจำลองนี้จึงกำหนดให้เกิดเหตุการณ์นำจักทำให้เกิดเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุด แลครอบคลุมเหตุเพลิงไหม้ทั้งสิ้นได้คือ การเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ได้คานคือการเกิดเพลิงไหม้ที่จุดต้นเรื่อง (#3) หมายความว่าเกิดโอกาสที่จักต้องติดตั้ง heat detector ทั้งที่เพดาน แลได้คานด้วยเงื่อนไขต่างๆ ตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ วสท. หัวข้อ 5.2.6 (1) (2) (3) (4) และ (5) ดังนี้

**5.2.6 (1)** ขนาดของ d น้อยกว่า 0.1 ให้ติดตั้ง heat detector ที่เพดาน แลเพดาน ระยะไม่เกินระยะที่ติดตั้งสำหรับเพดานราบ (1 s)

**5.2.6 (2)** ขนาดของ d มากกว่า 0.1 ฤ ขนาดของ w น้อยกว่า 1.0 ให้ติดตั้ง heat detector ที่ใต้คาน ระยะไม่เกิน ครึ่งหนึ่งของระยะที่ติดตั้งสำหรับเพดานราบ (0.5 s)

**5.2.6 (3)** ขนาดของ d มากกว่า 0.1 ฤ ขนาดของ w มากกว่า 1.0 ให้ติดตั้ง heat detector ที่ใต้คาน แลเพดาน ระยะไม่เกิน สองส่วนสามของระยะที่ติดตั้งสำหรับเพดานราบ (2/3 s)



รูปที่ 6 แสดงแบบจำลองเพื่อการอ้างอิการออกแบบติดตั้งในฝ้าเพดานที่มีคานหรือคาน (ที่กึ่งกลาง คาน ใต้คาน หรือคาน : #3)

**5.2.6 (4)** ขนาดของ d น้อยกว่า 0.3 แล ขนาดของ w น้อยกว่า 2.4 ให้ติดตั้ง heat detector ที่ใต้คาน ระยะไม่เกินระยะที่ติดตั้งสำหรับเพดานราบ (1 s)

ก่อนที่จักพิจารณาหัวข้อ 5.2.6 (5) ขอนำแบบจำลองมาพิจารณา ดังนี้ ในแบบจำลองเมื่อพิจารณาที่การเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่จุด #3 จักเห็นว่า ค่า  $d/h = 0.3 / 3.0 = 0.1$  แลค่า  $w/h = 1.2/3.0 = 0.4$  จักเห็นได้ว่าสามารถนำค่าไปอ้างอิงในการตัดสินใจได้ว่า จักติดตั้ง heat detector ที่ตำแหน่งใด

**5.2.6 (5)** ขนาดของ d มากกว่า 0.3 แล ขนาดของ w มากกว่า 2.4 ให้ติดตั้ง heat detector ระยะไม่เกินระยะที่ติดตั้งสำหรับเพดานราบ (1 s) ในตำแหน่งที่กำหนดดังนี้

**5.2.6 (5) ก.** ถ้า  $d/h$  มากกว่า 0.1 แล  $w/h$  มากกว่า 0.4 นั้นแสดงว่า คานลึกมากกว่า 0.3 เมตรตามแบบจำลองทำให้ความร้อนข้ามผ่านไปได้ อีกทั้งระยะ w ที่มากกว่า 1.2 เมตรตามแบบจำลองทำให้ความร้อนที่เกิดจากตำแหน่งเพลิงไหม้ใดๆ จักต้องมาที่เพดานทั้งสิ้น ดังนั้นมาตรฐานจึงกำหนดให้ติดตั้ง heat detector ที่เพดานระหว่างคาน

**5.2.6 (5) ข.** ถ้า  $d/h$  น้อยกว่า 0.1 แล  $w/h$  น้อยกว่า 0.4 นั้นแสดงว่า คานลึกน้อยกว่า 0.3 เมตรตามแบบจำลองทำให้ความร้อนข้ามผ่านไปได้ อีกทั้งระยะ w ที่น้อยกว่า 1.2 เมตรตามแบบจำลองทำให้ความร้อนที่เกิดจากตำแหน่งเพลิงไหม้ใดๆ จักต้องมาที่คานทั้งสิ้น ดังนั้นมาตรฐานจึงกำหนดให้ติดตั้ง heat detector ที่ใต้คานแต่ละคาน

การวิเคราะห์ที่ได้เรียบเรียงมา หวังว่าจักนำความเข้าสู่ความเข้าใจสำหรับท่านที่สนใจที่ต้องการจักเข้าใจ หากพบว่าแบบจำลองนี้มีข้อบกพร่องในการนำไปใช้งาน ขอได้ประสานงานมาที่กองบรรณาธิการ TEMCA Magazine ของสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย ได้ทันที ผมยินดีทบทวน ฤปกป้องในความที่ได้สร้างผลงานนี้ขึ้นมาด้วยหวังยิ่งว่า ท่านผู้อ่านจักได้นำแนวทางของแบบจำลองนี้ไปใช้งานโดยตรง ฤแม้แต่ว่า หากอาจสามารถสร้างแรงบันดาลใจให้เกิดงานทำนองนี้มากขึ้น เพื่อการวิวัฒนาการสร้างสรรค์งานให้จำเริญพัฒนานำไปสู่ความก้าวหน้าเรื่องหนึ่งขึ้นมาโดดเด่นเป็นประโยชน์ต่อประชาชนคนไทยได้ ก็จักเป็นคุณูปการต่อแวดวงคนทำงานได้จักจักตียง

สุดท้ายขอขอบคุณทุกท่านที่สนใจครับ...

ส่วนตัวผู้เขียน



**นายสุวิทย์ ศรีสุข** วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ

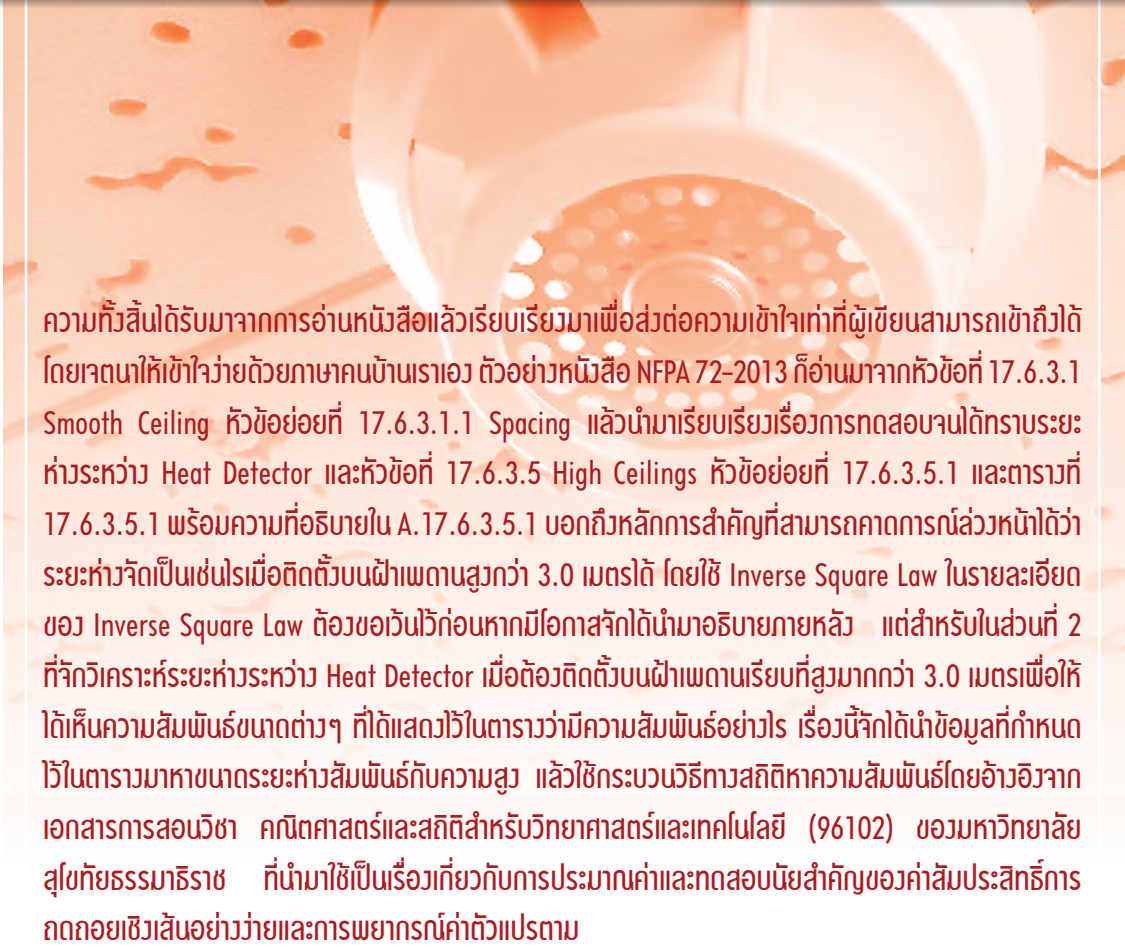
การศึกษา

- ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
- ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน ประสมภรณ์
- ทำงานกว่า 31 ปี ใช้งานด้านไฟฟ้ากำลัง



# เล่าเท่าที่รู้...

## เรื่องการทดสอบจนได้ทราบระยะห่างระหว่าง Heat Detector และการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่าง Heat Detector เมื่อต้องติดตั้งบนฝ้าเพดานเรียบที่สูงมากกว่า 3.0 เมตร



ความกังวลนี้ได้รับมาจากการอ่านหนังสือแล้วเรียบเรียงมาเพื่อส่วนต่อความเข้าใจเท่าที่ผู้เขียนสามารถเข้าถึงได้ โดยยกเอาคำอธิบายด้วยภาษาคนบ้านเราเอง ตัวอย่างหนังสือ NFPA 72-2013 ก็อ่านมาจากหัวข้อที่ 17.6.3.1 Smooth Ceiling หัวข้อย่อยที่ 17.6.3.1.1 Spacing แล้วนำมาเรียบเรียงเรื่องการทดสอบจนได้ทราบระยะห่างระหว่าง Heat Detector และหัวข้อที่ 17.6.3.5 High Ceilings หัวข้อย่อยที่ 17.6.3.5.1 และตารางที่ 17.6.3.5.1 พร้อมความที่อธิบายใน A.17.6.3.5.1 บอกถึงหลักการสำคัญที่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่า ระยะห่างจัดเป็นเช่นไรเมื่อติดตั้งบนฝ้าเพดานสูงกว่า 3.0 เมตรได้ โดยใช้ Inverse Square Law ในรายละเอียดของ Inverse Square Law ต้องขอวันไว้ก่อนหากมีโอกาสจักได้นำมาอธิบายภายหลัง แต่สำหรับในส่วนที่ 2 ที่จักวิเคราะห์ระยะห่างระหว่าง Heat Detector เมื่อต้องติดตั้งบนฝ้าเพดานเรียบที่สูงมากกว่า 3.0 เมตรเพื่อให้ได้เห็นความสัมพันธ์ขนาดต่างๆ ที่ได้แสดงไว้ในตารางว่ามีความสัมพันธ์อย่างไร เรื่องนี้จักได้นำข้อมูลที่กำหนดไว้ในตารางมาหาขนาดระยะห่างสัมพันธ์กับความสูง แล้วใช้กระบวนการวิธีทางสถิติหาความสัมพันธ์โดยอ้างอิงจากเอกสารการสอนวิชา คณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (96102) ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมสารราช ที่นำมาใช้เป็นเรื่องเกี่ยวกับการประมาณค่าและทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและการพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม

ขอเล่าเรื่องแรกก่อนเรื่อง "การทดสอบจนได้ทราบระยะห่างระหว่าง Heat Detector" เริ่มด้วยการทำความเข้าใจกับห้องที่ใช้ทดสอบเพื่อกำหนดระยะห่างระหว่าง Heat Detector อย่างนี้ครับ ในการหาระยะห่างระหว่าง Heat Detector สามารถหาได้จากการตอบสนองของ Heat Detector ที่สัมพันธ์กับกองเพลิงทดสอบเทียบกับการตอบสนองการทำงานของหัว Sprinkler อ้างอิง พูดให้เข้าใจง่ายๆ คือ ระยะห่างระหว่าง Heat Detector จักใช้เป็นผลการทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ ได้แจ้งเหตุเพลิงไหม้ก่อนหัว Sprinkler แตกนั่นเอง สำหรับหัว Sprinkler ที่ใช้อ้างอิงทดสอบจักใช้ขนาด 160 องศาฟาเรนไฮต์ (71.1 องศาเซลเซียส) ต่อไปเราจักทำความเข้าใจกับห้องที่ใช้ทดสอบเพลิง ห้องทดสอบเพลิงนี้มีเพดานสูง 15 ฟุต 9 นิ้วหรือ 4.8 เมตรวัดสูงจากพื้นห้อง และที่สำคัญห้องนี้ต้องไม่มีการไหลหรือการหมุนเวียนของอากาศ กองเพลิงที่ใช้ในการทดสอบจักให้มีที่กึ่งกลางของจัตุรัสห้อง (จัตุรัสห้อง หมายถึง การ

จัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละหน้าที่ ใช้ที่แต่ละมุมของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เรียงซ้อนกันตามระยะที่กำหนด) เริ่มจากหัว Sprinkler ทดสอบให้ติดตั้งที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 ฟุต คูณ 10 ฟุต (3.1 เมตร x 3.1 เมตร) โดยให้เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งสองเส้นตัดกันเหนือกองเพลิง ในการจัดตำแหน่งกึ่งกลางกองเพลิงนี้จักเป็นรัศมีของวงกลมที่มีมุมทั้งสี่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่บนส่วนของวงกลม (อย่างไรขอให้วาดรูปดูจักเข้าใจยิ่งขึ้น...เป็นกำลังใจให้พยายามเข้าใจนะครับ) ซึ่งหลักการนี้จักใช้กับการติดตั้ง Heat Detector เพื่อการทดสอบ การติดตั้ง Heat Detector ติดตั้งก็ติดตั้งเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เรียงซ้อนกันโดยที่มีกองเพลิงอยู่เป็นศูนย์กลาง ขนาดของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพิ่มตามขนาดของ Listed Space ของ Heat Detector ตามที่ต้องการทดสอบดังจักได้แสดงระยะต่างๆ เป็นรูปอีกครั่ง เพิ่มเติมรายละเอียด



ของกองเพลิงซึ่งอยู่ที่จุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ตำแหน่งนี้กองเพลิงจกยกสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 3.0 ฟุต (0.9 เมตร) โดยที่จกมีภาคเชื้อเพลิงหลายภาคได้ เชื้อเพลิงเป็น Ethanol/Methanol ด้วยส่วนผสมที่จกให้พลังงานความร้อนออกมาประมาณ 1138 Btu/sec (1200 kW) ความสูงของกองเพลิงและขนาดพื้นที่ของกองเพลิงสามารถปรับได้เพื่อ การได้ผลลัพธ์ของกราฟที่สัมพันธ์กันระหว่างเวลาและอุณหภูมิมายังหัว Sprinkler ที่เป็นผลการทดสอบที่ใช้อ้างอิงซึ่งต้องให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุม สำหรับการทดสอบ โดยที่พลังงานความร้อนที่ปรับนี้จะต้องทำให้การตอบสนองการทำงาน (หัว Sprinkler แดก) ภายในเวลา 2 นาที +/-10 วินาที ภายในเวลานี้ก่อน Sprinkler แดก หากมี Heat Detector ที่มี Listed Space ที่มากที่สุดส่งสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ก็จักถือว่า Heat Detector รุ่นนั้นๆ มีขนาดของ Listed Space ค่าดังกล่าวและใช้แสดงในผลิตภัณฑ์ได้

ด้วยวิธีการข้างต้นในการวัดสมรรถนะของ Heat Detector ได้ว่า Heat Detector ตอบสนองการทำงานสัมพันธ์กับระยะทางการติดตั้ง ระยะต่างๆ สามารถตอบสนองได้ก่อนที่ Sprinkler จักทำงานซึ่งในเวลา 2 นาที +/-10 วินาที เช่น Heat Detector ที่ติดตั้งที่ 50 ฟุต x 50 ฟุต (15.2 เมตร x 15.2 เมตร) จักมี Listed Spacing (S) เท่ากับ 15 เมตร เมื่อ Heat Detector ตอบสนองก่อนที่ Sprinkler ตอบสนองที่กองเพลิงเดียวกัน ผมมีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ หากดูรูปประกอบการติดตั้ง Heat Detector ทุกๆ ระยะของ Listed Spacing ที่ทดสอบ เมื่อนำขนาดของ 70% ของแต่ละ Listed Spacing ใช้จุดศูนย์กลางที่ตำแหน่งของ Heat Detector การรัศมีที่ว่า (0.7S) จักได้ส่วนโค้งของวงกลมตัดที่กองเพลิงพอดี ต่อไปดูรูปที่ 1 ประกอบการทดสอบ

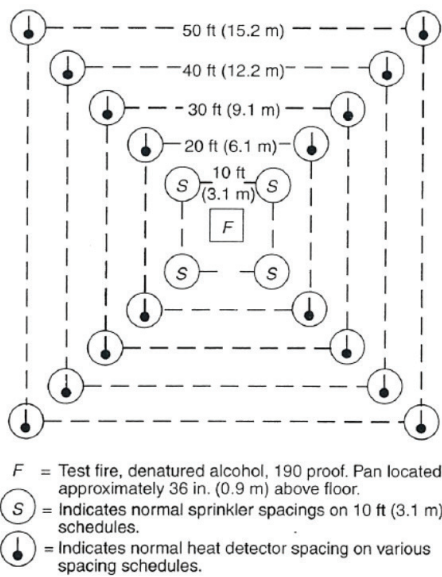


FIGURE A.17.6.3.1.1(c) Fire Test Layout.

รูปที่ 1 แสดงถึง Heat Detector เพื่อทดสอบ ตาม NFPA72-2013

เรื่องที่สองที่จกเล่าคือเรื่อง การวิเคราะห์ระยะห่างระหว่าง Heat Detector เมื่อต้องติดตั้งบนฝ้าเพดานเรียบที่สูงมากกว่า 3.0 เมตร จุดเริ่มต้นของเรื่องนี้คือ ตารางที่ 17.6.3.5.1 ดังแสดงในรูปที่ 2

TABLE 17.6.3.5.1 Heat Detector Spacing Reduction Based on Ceiling Height

Ceiling Height Above		Up to and Including		Multiply Listed Spacing by
ft	m	ft	m	
0	0	10	3.0	1.00
10	3.0	12	3.7	0.91
12	3.7	14	4.3	0.84
14	4.3	16	4.9	0.77
16	4.9	18	5.5	0.71
18	5.5	20	6.1	0.64
20	6.1	22	6.7	0.58
22	6.7	24	7.3	0.52
24	7.3	26	7.9	0.46
26	7.9	28	8.5	0.40
28	8.5	30	9.1	0.34

รูปที่ 2 แสดงตารางที่ 17.6.3.5.1 ตาม NFPA72-2013

จากรูปที่ 2 นำมาคำนวณหาขนาดระยะห่างของ Heat Detector สัมพันธ์กับความสูงเป็นรูปที่ 3

ระดับความสูง	ตัวคูณลดระยะห่าง	จุดกึ่งกลางค่าความสูง	ระยะห่างที่คำนวณ
0.0-3.0	1.00	1.5	9.144
3.0-3.7	0.91	3.4	8.32
3.7-4.3	0.84	4.0	7.68
4.3-4.9	0.77	4.6	7.04
4.9-5.5	0.71	5.2	6.49
5.5-6.1	0.64	5.8	5.85
6.1-6.7	0.58	6.4	5.30
6.7-7.3	0.52	7.0	4.75
7.3-7.9	0.46	7.6	4.20
7.9-8.5	0.40	8.2	3.66
8.5-9.1	0.34	8.8	3.93

รูปที่ 3 แสดงผลลัพธ์ของขนาดระยะห่างตามตัวคูณในตารางรูปที่ 2



จากวิธีการคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติที่เราจักเริ่มด้วยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ก่อนอื่นต้องขอฟื้นความรู้เดิมสักเล็กน้อยเริ่มตั้งแต่ สมการเส้นตรงมีรูปทั่วไปว่า  $Y = (b_1)X + (b_0)$  โดยที่ค่า  $b_1$  คือค่าความชันของเส้นตรง และค่า  $b_0$  คือค่า  $Y$  เมื่อ  $X$  เท่ากับศูนย์หรือจุดตัดบนแกน  $X$  นั่นเอง และการสร้างสมการถดถอยคือการสร้างสมการที่เป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ตัวแปรอิสระคือตัวแปรที่มีโอกาสเป็นไปได้โดยที่สมการยังหาค่าได้) กับตัวแปรตาม (ตัวแปรตามคือตัวแปรที่เกิดขึ้นด้วยความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ) ใน

การคำนวณค่า  $b_1$  และ  $b_0$  จักขออนุญาตไม่แสดงลำดับที่มาจนเป็นสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ผู้สนใจสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสืออ้างอิงของ มจร. ข้างต้นที่หน้า 455-460 ในที่นี้จักนำสูตรมาคำนวณดังนี้

$$b_1 = \frac{\{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)\}}{\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}$$

$$b_0 = \frac{\{(\sum y) (\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)\}}{\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}$$

จากรูปที่ 3 นำมาเพิ่มการคำนวณเพื่อหาค่า  $b_0$  และ  $b_1$  ดังแสดงในรูปที่ 4

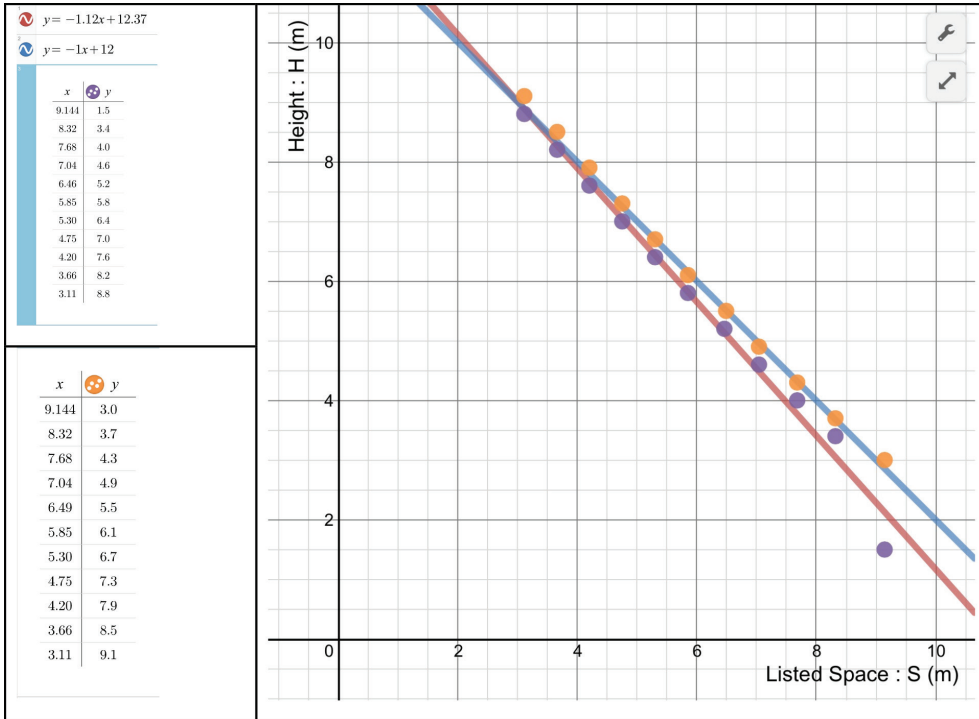
ระดับความสูง	ตัวคูณลดระยะห่าง	จุดกึ่งกลางค่าความสูง	ระยะห่างที่คำนวณ	Listed Space(x)	Height (y)	xy	x <sup>2</sup>
0.0-3.0	1.00	1.5	9.144	9.144	1.5	13.72	83.61
3.0-3.7	0.91	3.4	8.32	8.32	3.4	27.88	69.24
3.7-4.3	0.84	4.0	7.68	7.68	4.0	30.72	59.00
4.3-4.9	0.77	4.6	7.04	7.04	4.6	32.39	49.57
4.9-5.5	0.71	5.2	6.49	6.49	5.2	33.76	42.15
5.5-6.1	0.64	5.8	5.85	5.85	5.8	33.94	34.25
6.1-6.7	0.58	6.4	5.30	5.30	6.4	33.94	28.13
6.7-7.3	0.52	7.0	4.75	4.75	7.0	33.28	22.61
7.3-7.9	0.46	7.6	4.20	4.20	7.6	31.97	17.69
7.9-8.5	0.40	8.2	3.66	3.66	8.2	29.99	13.38
8.5-9.1	0.34	8.8	3.93	3.11	8.8	27.36	9.66
$\Sigma$				65.56	62.45	328.95	429.29

รูปที่ 4 แสดงการคำนวณหาค่า  $b_0$  และ  $b_1$

จากสูตรคำนวณข้างต้นเมื่อจำนวนข้อมูล (n) เท่ากับ 11 จักได้ค่า  $b_1$  เท่ากับ -1.12 และค่า  $b_0$  เท่ากับ 12.37 ได้สมการเส้นตรงเป็นดังนี้

$$Y = -1.12x + 12.37$$

ต่อไปนี้จะลองนำสมการเส้นตรง และข้อมูลที่เป็นค่า  $x, y$  ไปพล็อตกราฟจักได้ผลเป็นรูปที่ 5 ดังนี้



รูปที่ 5 แสดงกราฟสมการเส้นตรงที่ความสัมพันธ์ต่างๆ

จากสมการถดถอยที่คำนวณมาได้ ( $Y = -1.12x + 12.37$ ) เมื่อนำมาพล็อตกราฟฟังก์ชันได้เป็นกราฟเส้นเส้นตรงสีแดงเล็ดหลวม พร้อมกันนี้ นำข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมาพล็อตจุดเป็นจุดสีม่วงจึงสังเกตเห็นว่า กราฟเส้นตรงที่ได้ฟังก์ชันเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสิ้นนี้ แต่โดยที่การใช้งานเป็นการใช้งานเพื่อความปลอดภัยจึงมีกระบวนการตัดสินใจเพื่อใช้ในลักษณะที่ค่าที่ได้ต้องไม่ต่ำกว่าระยะปลอดภัยตามความหมายของตารางอ้างอิงจาก NFPA72-2013 จึงต้องคำนึงถึงความสูงที่ติดตั้งแต่ระดับยังคงครอบคลุมระยะ listed space ที่มาตรฐานกำหนด โดยที่ได้นำค่ามาพล็อตด้วยค่าในตารางตาม NFPA72-2013 จึงได้จุดต่างๆ เป็นสีส้ม (ดังแสดงในกราฟ) โดยที่ต้องการสมการถดถอยเช่นเดียวกัน แต่ต้องไม่มีค่าใดบนเส้นตรงที่ให้ค่า listed space มากกว่าในตาราง NFPA ที่กำหนดจึงได้สมการมาเป็น  $y = -1x + 12$  เมื่อนำสมการมาพล็อตกราฟได้กราฟสีฟ้า ต่อจ้กลงมาพุดถึงสมการ  $y = -1x + 12$  ให้พิจารณากฎที่มีโอกาสเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่เลวร้ายที่สุดคือ หากค่าตัวแปรอิสระ  $x$  มีค่าเท่ากับศูนย์ จักได้ค่าตัวแปรตาม  $y$  จักมีค่าเท่ากับ 12 นั่นจักอธิบายว่า ได้เกิดเพลิงไหม้ที่ตำแหน่งของ Heat Detector พอดี ดังนั้นในการใช้เวลาทำงานของ Heat Detector เพื่อตอบสนองการทำงานแจ้งเหตุ ด้วยเหตุการณ์สมมติที่  $x$  มีค่าเท่ากับศูนย์จักให้อธิบายว่า Heat Detector ที่ตำแหน่งที่เกิดเพลิงไหม้ข้างใต้พอดินั้น ชำรุดเสียหายไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงต้องอ้างอิงระยะทางเท่ากับ 12 เมตรที่ทุกระดับความสูงของ Heat Detector ตัวถัดไปให้ทำงานแทน บนสมมติฐานนี้ตั้งไว้ว่า Heat Detector ตัวติดๆ กันจัก

มีโอกาสเสียได้ไม่เกิน 1 ตัวหากมีไม่เกินสามตัว หรือไม่เกิน 20% กรณีที่มีการตั้งมากกว่า 5 ตัวขึ้นไป ด้วยองค์ความรู้นี้ (ที่อาจต้องรวบรวมเอกสารยืนยันการตั้งสมมติฐานจนครบถ้วนแล้ว) เราจักเข้าใจว่า หากมี Heat Detector ตัวติดกันไม่สามารถทำงานได้ต้องแน่ใจว่ายังมีตัวในแวดล้อมรอบตัวที่เสียนั้นยังสามารถทำงานทดแทนได้ แต่ความเข้าใจนี้มีไขนัยยอมให้มีการจงใจยอมรับความชำรุดของ Heat Detector แต่ในการใช้งานจริงเมื่อมีการทดสอบหรือตรวจสอบพบความเสียหายกับ Heat detector แล้วจักได้มีแนวคิดหรือคำแนะนำรองรับการใช้งานที่ยังคงปลอดภัย ไม่จำกัดแคบเกิน จักได้มองในมุมมองของวิศวกร เช่น การ

ตรวจ heat detector 10 ตัวพบว่า มีเสีย 2 ก็ต้องแก้ไข แต่เบื้องต้นต้องจัดการไม่ให้ตัวที่เสีย 2 ตัวนั้นอยู่ติดกัน

จากที่เล่ามาทั้งสามเรื่องที่เป็นการทดสอบจนได้ทราบระยะห่างระหว่าง Heat Detector การที่ต้องลดระยะการติดตั้งเมื่อต้องติดตั้งบนฝ้าเพดานเรียบที่สูงมากกว่า 3.0 เมตร และการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่าง Heat Detector เมื่อต้องติดตั้งบนฝ้าเพดานเรียบที่สูงมากกว่า 3.0 เมตร หวังว่าอาจจักเป็นแนวทางที่ทำให้เข้าใจการประยุกต์นำไปใช้งานได้อย่างสมประโยชน์ หากมีโอกาสขอเชิญท่านผู้อ่านทุกท่านร่วมวิภาควิจารณ์แนวคิดอย่างกว้างขวางเพื่อการใช้งานเพราะของทั้งสิ้นเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้นจักได้ใช้งานอย่างคุ้มค่าสมประโยชน์ที่ลงทุนต่อไป... 🙏

ส่วนตัวผู้เขียน



**นายสุวิทย์ ศรีสุข**

วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ

การศึกษา   ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน  
ประสบการณ์   ทำงานกว่า 29 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง