แบบจำลองการพังทลายของอาคารด้วยแรงระเบิดเพื่อประโยชน์ในการรื้อถอนอาคาร

Model of building implosion for the purpose of building demolition

ชยานนท์ เจริญรัตน์ ชาคริต แสงจันทร์ เมธา ทัพซ้าย ศักดินะ ไทยลา วรานนท์ คงสง และ พงศกร พรมสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง จ.กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: pongsakon.p@rumail.ru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการพังทลายของอาคารจากแบบจำลองที่กำหนดขึ้นในกระบวนการศึกษา และหาแบบจำลองที่เหมาะสมในการนำเสนอรูปแบบการพังทลายที่จะนำไปใช้เพื่อพัฒนารูปแบบการรื้อถอนอาคารด้วยแรงระเบิด โดยการสร้างแบบจำลองอาคารที่มีขนาดอัตราส่วน 1 ต่อ 10 ของขนาดอาคารจริง และทำการตั้งสมมุติฐานการพังทลายของอาคารด้วยการกำหนดขอบเขตการพังทลายจากแบบจำลองอาคารจำนวน 25 รูปแบบ พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของทิศทางการพังทลายของอาคารที่เกิดขึ้นและนำผลที่ได้มากำหนดชุดทดสอบด้วยการให้แรงกระทำตรงบริเวณที่กำหนดให้เกิดการวิบัติของอาคาร เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาสร้างแบบจำลองจำนวน 3 รูปแบบ และใช้แรงระเบิดกระทำต่อจุดที่กำหนดในแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์ทิศทางการพังทลายของอาคารตามขอบเขตที่กำหนดและพิจารณาเปรียบเทียบขนาดของอาคารต่อขนาดของวัตถุประเบิดที่ใช้ในการทดสอบ จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่มีการกำหนดจุดให้พังทลายจากแรงระเบิดบริเวณกึ่งกลางเสาทุกต้นมีทิศทางการพังทลายของอาคารเป็นไปตามที่ตั้งสมมุติฐานไว้ โดยการพังทลายอยู่ในขอบเขตที่กำหนด รูปแบบการพังทลายดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาการกำหนดจุดพังทลายของอาคารด้วยการใช้แรงระเบิดสำหรับรื้อถอนอาคารในอนาคต

คำสำคัญ: แรงระเบิด, การรื้อถอนอาคาร, การพังทลายของอาคาร

Abstract

The purpose of this study was to analyze the collapse pattern of the building from the established model. The process of studying and finding a suitable collapse pattern of the building that can be used to develop a building demolition with blast force. By creating a building model with a ratio of 1:10 of the actual building size and hypothesizing the collapse pattern of the building by determining the extent of the collapse from 25 building models. Along with collecting data on the direction of the building collapse and using the results to determine the test set by applying force to the points that are determined to cause the building failure. In order to bring the analysis results to create 3 models and apply the blast force to the specified points in the model to analyze the direction of the building collapse within the specified limits. And to compare the size of the building against the size of the explosives used in the test. From the study results, it was found that the collapse point of the model at the center of every column had the collapse direction of the building as hypothesized. The Collapse direction was down within the specified limits. Collapse patterns are suitable for the development of building implosion for future demolition.

Keyword: blast force, building demolition, building implosion

1. คำนำ

อาคารเก่าและทิ้งร้างของประเทศไทยในปัจจุบันเริ่มมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นซึ่งสามารถพบเห็นการรื้อถอนและปรับปรุงอาคารในหลายพื้นที่ [1] ทั้งนี้เนื่องมากจากทั้งปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคมที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานอาคารเก่าที่มีพบความไม่สะดวกและเหมาะสมต่อลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคาร [2] ประกอบกับอาคารบางประเภทที่มีอายุการใช้งานค่อนข้างสูงและไม่เคยได้รับการดูแลหรือบำรุงรักษาอาคารอย่างสม่ำเสมอก็ยากที่จะทำการดัดแปลงหรือปรับปรุงอาคารได้ โดยส่วนใหญ่ก็จะต้องทำการรื้อถอนอาคารและก่อสร้างใหม่ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีในการรื้อถอนอาคารก้าวหน้าเป็นอย่างมาก [3] ทั้งนี้การพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ในการรื้อถอนอาคารก็เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินการและปัญหาต่างๆ ที่อาจตามมาในช่วงระยะเวลาการรื้อถอนอาคารยิ่งโดยเฉพาะในพื้นที่ย่านเศรษฐกิจ เขตชุมชนเมืองหรือพื้นที่ที่มีประชากรอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นที่ยากต่อการนำเครื่องจักรเข้าไปดำเนินการรื้อถอนอาคารรวมถึงการสร้างอาคารขึ้นมาใหม่ในพื้นที่ที่มีการรื้อถอน [4] แต่การใช้เทคโนยีการรื้อถอนอาคารบางประเภทก็ยังมีข้อจำกัดในการนำมาใช้งานในประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีข้อจำกัดทั้งทางด้านกฎหมาย สังคม วัฒนธรรมและความปลอดภัยรวมทั้งสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยประกอบในการพิจารณาเลือกวิธีในการรื้อถอนอาคาร [5] การใช้แรงระเบิดในการรื้อถอนอาคารนับว่าเป็นอีกวิธีที่มีความทันสมัยและสามารถทำให้อาคารพังทลายลงมาได้อย่างรวดเร็ว แต่

ยังคงมีข้อจำกัดอย่างมากในการนำมาใช้เป็นวิธีในการรื้อถอนอาคารของประเทศไทย [6] ซึ่งนอกจากจะมีข้อจำกัดในขั้นตอนของการดำเนินการทางด้านกฎหมายและสังคมแล้ว การใช้แรงระเบิดในการรื้อถอนอาคารจะต้องมีความเข้าใจในการใช้หลักการทางวิศวกรรม [7] เข้ามามีส่วนในการกำหนดทิศทางการพังหลายของอาคาร ซึ่งในการกำหนดทิศทางการพังทลายของอาคารนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการกำหนดจุดทำลายอาคารโดยเฉพาะในตำแหน่งที่สำคัญของโครงสร้างรับแรงของอาคาร [8]

กระบวนการศึกษาในครั้งนี้จะได้นำเอาแนวคิดของการใช้แรงระเบิดสำหรับการรื้อถอนอาคาร [9] เข้ามามีส่วนช่วยในการนำเสนอรูปแบบการพังทลายของอาคารโดยการสร้างแบบจำลองอาคารตามขนาดที่กำหนดเพื่อศึกษาด้วยการกำหนดจุดการให้แรงกระทำต่อโครงสร้างอาคารและทำนายทิศทางการพังทลายของอาคารก่อนพิจารณาเลือกรูปแบบที่เหมาะสมมาทำการทดสอบเพื่อกำหนดทิศทางการพังทลายของอาคารด้วยแรงระเบิดและเสนอแนวทางการพัฒนารูปแบบเพื่อการใช้แรงระเบิดในการรื้อถอนอาคารตามขนาดที่กำหนดใช้ในอนาคตต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 แบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการศึกษา

การจัดทำแบบจำลองอาคารที่ใช้ในกระบวนการศึกษาด้วยการพิจารณาเลือกอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 4 ชั้นเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองอาคาร ทั้งนี้เนื่องจากอาคารที่มีลักษณะตามมิติดังกล่าวเป็นอาคารมีลักษณะการใช้งานเอาคารเชิงพาณิชย์ตาลักษณะของอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย ซึ่งมีจำนวนอาคารและปริมาณการใช้งานค่อนข้างแพร่หลายประกอบกับปัจจุบันมีอาคารลักษณะดังกล่าวถูกทิ้งร้างและดัดแปลงลักษณะการใช้อาคารมากยิ่งขึ้น [10] โดยการกำหนดรูปแบบอาคารที่จะใช้ในขั้นตอนการศึกษาด้วยการสร้างแบบจำลองอาคารที่มีรูปแบบและลักษณะอาคารใกล้เคียงกับต้นแบบด้วยการวิเคราะห์ลดสัดส่วนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 4 ชั้น ให้เหลือขนาด 200 x 88 x 120 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ที่เกิดจากการลดขนาดอาคารด้วยสัดส่วน 1 ต่อ 10 เพื่อให้เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นแบบจำลอง [11] ในกระบวนการศึกษาการพังทลายของอาคารตามที่จะกำหนดทิศทางการใช้แรงกระทำกับโครงสร้างอาคารด้วยการกำหนดจุดทดสอบกับตัวอย่างแบบจำลองก่อนการพิจารณาเลือกรูปแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางของการใช้แรงระเบิดในการให้แรงกระทำกับโครงสร้างอาคารต่อไป สำหรับกระบวนการสร้างแบบจำลองจะจำลองลักษณะของอาคารด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและทำการวิเคราะห์ลักษณะของแรงเพื่อหาแนวทางการวิบัติของอาคารและรูปแบบของทิศทางที่เกิดขึ้นในอาคารแบบจำลองตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง โดยเมื่อทราบถึงรูปแบบการเสียหายของอาคารแล้วจะได้นำข้อมูลมาทำการขึ้นแบบจำลองไม้ให้มีขนาดสัดส่วน 1 ใน 10 ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจริงที่เลือกใช้ในกระบวนการศึกษาและกำหนดจุดให้แรงกระทำเพื่อศึกษาทิศทางการพังทลายและรูปแบบการวิบัติของอาคาร โดยในขั้นตอนการให้แรงกระทำกับแบบจำลองจะกำหนดจุดทำลายโครงสร้างที่บริเวณเสาของอาคารในแต่ละชั้นและสร้างปัจจัยกำหนดเหตุการณ์จำนวนทั้งสิ้น 25 เหตุการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ด้วยการให้แรงกระทำที่ตัวโครงสร้างพร้อมกันเพื่อให้เกิดการพังทลายขององค์อาคารและสังเกตุลักษณะการพังทลายของตัวอาคารทีละเหตุการณ์ โดยจะนำผลที่ได้ไปพิจารณาเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมในการทดสอบด้วยการใช้แรงระเบิดกระทำกับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาขั้นถัดไป

ตารางที่ 1 รายละเอียดการกำหนดเหตุการณ์ในการทดสอบ

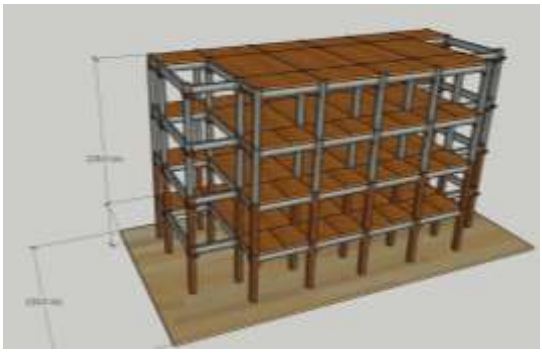
ครั้งที่	เหตุการณ์ทดลอง	เสาที่ทำลาย (ต้น)	ตำแหน่งที่ทำลาย
1	ทำลายทีละ Gridline	3	GL 1
2	ทำลายทีละ Gridline	4	GL 2
3	ทำลายทีละ Gridline	4	GL 3
4	ทำลายทีละ Gridline	4	GL 4
5	ทำลายทีละ Gridline	4	GL 5
6	ทำลายทีละ Gridline	4	GL 6
7	ทำลายทีละ Gridline	3	GL 7
8	ทำลายทีละ Gridline	7	GL A
9	ทำลายทีละ Gridline	7	GL B
10	ทำลายทีละ Gridline	7	GL C
11	ทำลายทีละ Gridline	5	GL D
12	ทำลายทีละ 2 Gridline	7	GL1 + GL2
13	ทำลายทีละ 2 Gridline	8	GL2 + GL3
14	ทำลายทีละ 2 Gridline	8	GL3 + GL4
15	ทำลายทีละ 2 Gridline	8	GL4 + GL5
16	ทำลายทีละ 2 Gridline	8	GL5 - GL6
17	ทำลายทีละ 2 Gridline	7	GL6 - GL7
18	ทำลายทีละ 2 Gridline	14	GL A + GL B
19	ทำลายทีละ 2 Gridline	14	GL B + GL C
20	ทำลายทีละ 2 Gridline	12	GL C + GL D
21	ทำลายครึ่งอาคาร	15	GL1+GL2+GL3+GL4
22	ทำลายครึ่งอาคาร	15	GL4+GL5+GL6+GL7
23	ทำลายเสาทั้งอาคาร	26	ALL
24	ทำลายเฉพาะเสารอบนอก	16	GL1 + GL2 + GL A + GL D
25	ทำลายเฉพาะเสาภายใน	10	ALL - event24
24	ทำลายเฉพาะเสารอบนอก	16	GL1 + GL2 + GL A + GL D
25	ทำลายเฉพาะเสาภายใน	10	ALL - event24

2.2 การทดสอบเพื่อหาทิศทางการพังทลาย

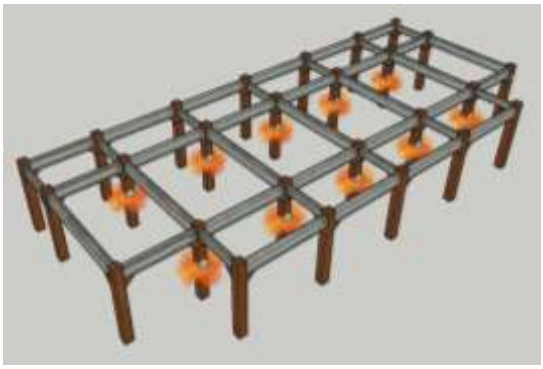
2.2.1 การทดสอบในแบบจำลองเบื้องต้น

สำหรับกระบวนการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการพังทลายในแบบจำลองอาคารเบื้องต้นหลังจากได้ลักษณะและแนวทางการวิบัติของอาคารตัวอย่างจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองอาคารที่มีขนาด 1 ใน 10 ส่วนของขนาดอาคารจริง ด้วยการขึ้นรูปแบบอาคารด้วยวัสดุที่สามารถนำกลับมาประกอบขึ้นใหม่หลังการทดสอบในแต่ละครั้ง ทั้งนี้ด้วยการกำหนดให้มีการกระทำของแรงที่บริเวณ

โครงสร้างในตำแหน่งของเสาอาคาร และลักษณะของอาคารในแบบจำลองเบื้องต้นนั้นเป็นการขึ้นรูปแบบจำลองจากวัสดุด้วยการยึดกันด้วยวัสดุประสานชั่วคราวและใช้ตัวอาคารแบบจำลองซ้อนทับกันโดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักคงที่ของตัวอาคารแบบจำลองและความแข็งแรงของจุดต่อดังแสดงรูปแบบอาคารแบบจำลองในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะแบบจำลองเบื้องต้นในการศึกษา



รูปที่ 2 ตัวอย่างลักษณะเหตุการณ์ที่ใช้กับแบบจำลอง(เหตุการณ์ที่25)

ทั้งนี้โดยการตั้งสมมุติฐานของการวิบัติว่ามีการเตรียมจุดทำลายองค์อาคารไว้ล่วงหน้าก่อนการใช้แรงระเบิดกระทำกับตัวอาคาร และกำหนดจุดกระทำของแรงที่ใช้ในการทำลายอาคารไว้ที่ตำแหน่งเสาของอาคารแบบจำลองในชั้นที่ 1 เป็นแบบจำลองตัวอย่างขั้นต้นดังแสดงในรูปที่ 2 และทำการให้แรงกระทำกับอาคาร เพื่อวัตถุประสงค์ให้ตัวอาคารแบบจำลองพังทลายลงมาตามลักษณะของเหตุการณ์ตามที่ได้กำหนดในกระบวนการศึกษาและบันทึกทิศทางการพังทลายของอาคารและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์พร้อมพิจารณาหาแนวทางการกำหนดจุดให้แรงกระทำด้วยการใช้แรงระเบิดกับตัวอาคารแบบจำลองในลำดับถัดไป

2.2.2 การทดสอบด้วยแรงระเบิด

การกำหนดรูปแบบการให้แรงกระทำกับแบบจำลองตัวอย่างที่ผ่านการวิเคราะห์และพิจารณาด้วยการหาทิศทางการพังทลายจากแบบจำลองเบื้องต้น โดยการสร้างแบบจำลองอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในสัดส่วน 1 ต่อ 10 กับลักษณะอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 4 ชั้น ที่กำหนดในการศึกษา โดยการทดสอบการใช้แรงระเบิดกระทำตามจุดที่กำหนดกับบริเวณเสาของอาคารแบบจำลอง [12] ทั้งนี้จะพิจารณาขนาดของการใช้แรงระเบิดที่จะใช้ในกระบวนการทดสอบการพังทลายของแบบจำลองอาคารด้วยแรงระเบิด โดยมีลักษณะของรายละเอียดการคำนวณอัตราการใช้น้ำหนักวัตถุระเบิดเทียบกับขนาดชิ้นส่วนของโครงสร้างได้ความหนาแน่นของวัตถุระเบิด [8] ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคำนวณอัตราการใช้น้ำหนักวัตถุระเบิด

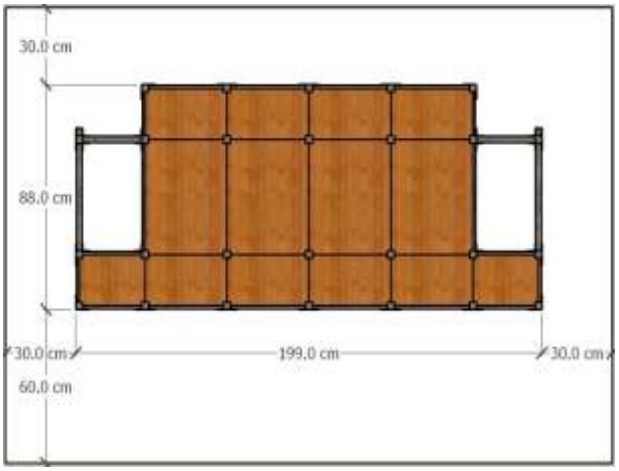
รายละเอียด	ค่าการวิเคราะห์
Enclosed Outside Diameter	28.0 mm
Enclosed Thickness	1.50 mm.
Enclosed inside Diameter	25.0 mm.
Inside Sphere Volume	8,180.00 mm^2
Half Sphere Volume	4,090.50 mm^2
Convert	1,000 mm^3 (1 ml.)
Mass of Flash Powder	3 gram
Density of Explosive	0.73 gram/ml

โดยการคำนวณอัตราการใช้น้ำหนักของวัตถุระเบิดที่ใช้ในกระบวนการศึกษาเป็นการคำนวณอัตราการใช้น้ำหนักที่เกิดจากการวิเคราะห์ผลของการทดสอบชิ้นส่วนตามขนาดของแบบจำลองอาคารที่กำหนดใช้ในกระบวนการศึกษา เพื่อที่จะได้นำระเบิดตามขนาดที่ได้จากการคำนวณไปติดตั้ง เพื่อให้เกิดแรงกระทำกับอาคารตามแบบจำลองในลักษณะเหตุการณ์ตามที่กำหนดไว้ ทั้งนี้จะได้นำผลที่ได้จากกระบวนการพิจารณาในแบบจำลองเบื้องต้นแล้วทั้งหมด 25 เหตุการณ์ มากำหนดรูปแบบของจำนวนเหตุการณ์ในการทดสอบ การพังทลายด้วยแรงระเบิดของอาคารแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ลดอัตราส่วน 1 ต่อ 10 ของขนาดอาคารจริง ทั้งโดยการทดสอบจะได้ออกแบบการทดลองด้วยการจุดระเบิดด้วยชนวนไฟฟ้า [13] ทั้งนี้เพื่อให้วัตถุระเบิดที่ติดตั้งไว้ที่อาคารแบบจำลองเกิดการระเบิดพร้อมกันตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในกระบวนการศึกษา

2.3 การวิเคราะห์รูปแบบการพังทลาย

การวิเคราะห์รูปแบบการพังทลายของอาคารแบบจำลองโดยการตั้งสมมุติฐานการพังทลายของแบบจำลองอาคารตามขั้นตอนการให้แรงระเบิดกระทำกับตัวอาคารแบบจำลองที่เมื่อพังทลายแล้วจะต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ในกระบวนการศึกษา ทั้งนี้เพื่อจำลองสถานการณ์ถึงระยะร่นของอาคารตามที่กำหนดที่จะไม่ส่งผลกระทบอื่นกับบริเวณข้างเคียงตามข้อกำหนดในกระบวนการทดสอบ [14] ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยผลของการวิเคราะห์ทิศทางการพังทลายที่ได้จะพิจารณาจากลักษณะการพังทลายของอาคารจำลองต้นแบบที่นำมาใช้ในการประเมินทิศทางการพังทลายเบื้องต้นของอาคารแบบจำลองและด้วยการศึกษาจุดให้แรงกระทำเพื่อให้เกิดการวิบัติของอาคารตามที่กำหนดในเหตุการณ์ทั้ง 25 เหตุการณ์ ประกอบกับการวิเคราะห์ลักษณะการพังด้วยการกำหนดเหตุการณ์ที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการกำหนดลักษณะการให้แรงกระทำในแบบจำลองอาคารคอนกรีตเสริม

เหล็กที่ขนาดสัดส่วน 1 ใน 10 ของขนาดอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจริงที่กำหนดไว้ให้เป็นอาคารต้นแบบในกระบวนการศึกษา



รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่ของการพังทลาย

ทั้งนี้รูปแบบทิศทางการพังทลายต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจำนวนจุดการให้แรงงกระทำ ขนาดของแรงระเบิดที่ใช้ในการทำลายอาคารแบบจำลอง และข้อมูลระยะการล้มพังของอาคารจะได้ถูกนำเสนอในรูปแบบตารางเปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษารูปแบบและทิศทางการใช้แรงระเบิดในการพังทลายของอาคารในอนาคตต่อไป

3. ผลการดำเนินการศึกษา

3.1 ทิศทางการพังของอาคารแบบจำลอง

จากการทดสอบการพังทลายของแบบจำลองอาคารตัวอย่างที่กำหนดในรูปแบบเหตุการณ์ด้วยการให้แรงกระทำตรงจุดของโครงสร้างบริเวณตำแหน่งเสาของอาคารตามที่กำหนดจำนวนทั้งหมด 25 เหตุการณ์ พบว่าทิศทางการพังทลายของอาคารจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่กำหนดให้เป็นจุดทำลายอาคาร โดยลักษณะการพังทลายของแบบจำลองอาคารที่มีการกำหนดจุดทำลายบริเวณโครงสร้างของเสาของอาคารจำลอง ลักษณะการพังทลายของอาคารจะล้มและทรุดเอียงลงไปด้านข้างของบริเวณตำแหน่งที่ให้แรงกระทำ ซึ่งมีผลของลักษณะการพังทลายดังแสดงในตารางที่ 3 ในเหตุการณ์ที่ 1, 7, 8 และ 11 สำหรับในเหตุการณ์ที่ 1 ในการทดสอบด้วยการทำลายเสาในตำแหน่งที่กำหนดแถวแรก ซึ่งอยู่ด้านซ้ายของอาคาร อาคารพบว่าอาคารจะพังทลายลงมาทางด้านซ้ายของอาคารเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ตรงกันข้ามกับเหตุการณ์ทดลองที่ 7 ที่กำหนดให้มีการทำลายเสาในแถวที่ 7 ที่อยู่ตำแหน่งด้านขวาของอาคารอาคาร พบว่าอาคารแบบจำลองจะมีลักษะการยุบตัวลงในทิศทางด้านขวาของอาคารจำลอง โดยมีลักษณะคล้ายคลึงเช่นเดียวกันกับการวิบัติของอาคารเนื่องจากฐานรากมีการทรุดตัวเนื่องจากเมื่อเสาซึ่งเป็นจุดรองรับถูกทำลายทำให้อาคารเกิดการสูญเสียเสถียรภาพเป็นผลให้อาคารทรุดตัวและพังลงมา [15] สำหรับการให้แรงกระทำที่บริเวณกึ่งกลางของเสาด้านในอาคารแบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการศึกษา พบว่าลักษณะการพังทลายของอาคารจะมีรูปแบบยุบตัวเข้าสู่ด้านในของตัวอาคารแบบจำลอง

ตารางที่ 3 ผลของการทดลองในแบบจำลองขั้นต้น

เหตุการณ์ทดลองที่	ระยะของการตกวัดจากขอบแบบจำลอง (เซนติเมตร)				ความสมบูรณ์ของการพัง
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	ด้านหน้า	ด้านหลัง	
1	78	0	14	0	บางส่วน
2	44	0	18	28	บางส่วน
3	12	0	18	11	บางส่วน
4	0	0	23	25	บางส่วน
5	0	5	24	32	บางส่วน
6	0	4	21	26	บางส่วน
7	0	60	34	32	บางส่วน
8	0	0	0	84	บางส่วน
9	5	11	0	0	บางส่วน
10	7	5	0	0	บางส่วน
11	0	0	42	0	บางส่วน
12	64	0	22	23	บางส่วน
13	19	0	33	33	บางส่วน
14	0	0	21	32	บางส่วน
15	0	0	64	55	บางส่วน
16	0	23	85	90	บางส่วน
17	0	102	38	39	บางส่วน
18	0	0	0	86	บางส่วน
19	38	45	0	104	บางส่วน
20	19	24	116	0	บางส่วน
21	78	0	79	87	บางส่วน
22	0	107	45	78	บางส่วน
23	39	38	46	42	ทั้งหมด
24	22	38	0	29	บางส่วน
25	45	53	53	48	บางส่วน

ทั้งนี้เนื่องจากเสาบริเวณกลางของอาคารเกิดความเสียหายจนเป็นเหตุทำให้อาคารแบบจำลองเกิดการทรุดตัวลงในแนวดิ่งและไม่เกิดการเหวี่ยงหรือการเอียงเนื่องจากเสาที่ถูกกำหนดให้แรงกระทำเพื่อการทำลายอยู่บริเวณกลางอาคารที่ตรงข้ามกับการทำลายเสาบริเวณขอบของอาคาร ทั้งนี้ดังสรุปข้อมูลการพังทลายในตารางที่ 3 และรูปแบบการพังทลายในเหตุการณ์ที่ 23 ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยรูปแบบเหตุการณ์ที่ได้จากการทดลองจะนำไปใช้ในการพิจารณาการกำหนดจุดให้แรงกระทำในโครงสร้างอาคารแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็ก และทำการเลือกเหตุการณ์การทดลองที่เหมาะสมในการพิจารณาการพังทลายของอาคารแบบจำลองด้วยแรงระเบิดในขั้นตอนถัดไป

รูปที่ 4 ขอบเขตพื้นที่ของการพังทลาย

3.2 ผลการพิจารณารูปแบบจำลอง

จากผลการทดสอบการพังทลายของแบบจำลองอาคารเบื้องต้นในกระบวนการศึกษาจะได้กำหนดจำนวนเหตุการณ์ที่จะดำเนินการทดสอบโดยการพิจารณาการพังทหลาย ความเสียหายและทิศทางการล้มของตัวอาคารแบบจำลองเบื้องต้นจึงเลือกเหตุการณ์ที่ทำการทดลองการพังทลายของอาคารด้วยการจำลองเหตุการณ์ ทั้งสิ้น 1 เหตุการณ์ โดยจะได้แบ่งเหตุการณ์ดังกล่าวออกเป็น 3 เหตุการณ์ย่อย ทั้งนี้ด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในอาคารแบบจำลองเบื้องต้นมาทั้งหมด 25 เหตุการณ์ทดลอง มาวิเคราะห์ประกอบการพิจารณาการกำหนดเหตุการณ์ย่อย โดยผลปรากฏว่าการทดลองโดยที่ทำลายเสาทุกต้น (เหตุการณ์ทดลองที่ 23) ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดกล่าวคือ แบบจำลองขั้นต้นพังทลายโดยสมบูรณ์และชิ้นส่วนอยู่ในระยะที่ต้องการ จึงได้ทำการกำหนดรูปแบบการทดสอบดังนี้ 1.ทำลายเสาทุกต้นเพียงชั้นที่1 เพียงชั้นเดียว 2.ทำลายเสาทุกต้นของชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 และ3.ทำลายเสาทุกต้นของอาคารจำลองทุกชั้น โดยทั้งหมดจะกระทำการทดสอบซ้ำด้วยการให้แรงกระทำในตำแหน่งที่กำหนดในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นรูปแบบจุดการทำลายที่จะให้กระทำในอาคารแบบจำลอง

ตารางที่ 4 รายละเอียดการกำหนดเหตุการณ์ในการทดสอบ

เหตุการณ์ทดลองที่	เสาที่ทำลาย (ต้น)	ตำแหน่งที่ทำลาย	จำนวนชั้นที่ทำลาย
1	26	ทุกแนว	ชั้น 1
2	52	ทุกแนว	ชั้น1 และ ชั้น 3
3	104	ทุกแนว	ชั้น 1,2,3และ4

ทั้งนี้จุดในการให้แรงกระทำโดยที่กำหนดไว้จะทำการติดตั้งวัตถุระเบิดในตำแหน่งแกนเสาของอาคารแบบจำลอง ด้วยการเตรียมช่องเปิดสำหรับการบรรจุวัตถุระเบิดตามขนาดกำหนดและให้มีการจุดระเบิดในลักษะพร้อมกันในทุกตำแหน่งที่กำหนด เช่น ในเหตุการณ์ที่ 1 จะได้ทำการกำหนดจุดให้แรงระเบิดที่บริเวณชั้นที่ 1 ทุกแนวจำนวน 26 ต้น โดยให้ขนาดของวัตถุระเบิดตามที่ได้คำนวณไว้ติดตั้งในตำแหน่งที่กำหนดในเหตุการณ์ที่จะทำการทดสอบ

3.3 ผลการทดสอบการพังทลายด้วยแรงระเบิด

ในกระบวนการทดสอบการให้แรงระเบิดกับตัวอาคารจะต้องมีการคำนวณการใช้ขนาดวัตถุระเบิดตามขนาดสัดส่วนของอาคารแบบจำลอง ทั้งนี้ในกระบวนการศึกษาจะได้กำหนดให้มีการนำวัตถุระเบิดมาทำการติดตั้งกับชิ้นส่วนองค์อาคารและทดสอบการพังของชิ้นส่วนองค์อาคารดังกล่าวก่อนทำการนำผลที่ได้ไปคำนวณขนาดน้ำหนักของวัตถุระเบิดดังแสดงในตารางที่ 2 โดยการผลการคำนวณที่ได้จะเป็นอัตราส่วนและขนาดของการใช้วัตถุระเบิดในการทำลายอาคารแบบจำลอง ทั้งนี้ผลของการทดสอบในการคำนวณหาขนาดของวัตุระเบิดที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5 และมีลักษณะความเสียหายดังแสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 5 เหตุการณ์และปริมาณระเบิด

เหตุการณ์ทดลอง	ปริมาณดินระเบิด		ความเสียหายของเสาจำลองขนาดหน้าตัด 3x3 ซม.
	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร : ปริมาตรของบรรจุภัณฑ์	
1-1	0.84	1/8	ไม่มีความเสียหาย
1-2	0.84	1/8	ไม่มีความเสียหาย
1-3	0.84	1/8	ไม่มีความเสียหาย
2-1	1.67	1/4	เสียหายบางส่วน
2-2	1.67	1/4	เสียหายบางส่วน
2-3	1.67	1/4	เสียหายบางส่วน
3-1	3.34	1/2	เสาขาดออกจากกัน
3-2	3.34	1/2	เสาขาดออกจากกัน
3-3	3.34	1/2	เสาขาดออกจากกัน

ก.ไม่มีความเสียหาย ข.เสียหายบางส่วน ค.เสาขาดออกจากกัน

รูปที่ 5 ลัษณะความเสียหายที่ได้จากการทดสอบชิ้นส่วน

โดยจากการทดสอบการใช้แรงระเบิดที่ได้จะได้นำสัดส่วนน้ำหนักดังกล่าวมากำหนดการใช้ด้วยการใช้ขนาดน้ำหนักดินระเบิดที่ 3.34 กรัม และทำการติดตั้งในตำแหน่งที่กำหนดในตารางที่ 4 ตามที่ได้ทำการเลือกรูปแบบการพังทายของอาคารแบบจำลองไว้ในเหตุการณ์และได้พิจารณาจากลักษณะการพังของแบบจำลองอาคารในเบื้องต้นพร้อมกับการวิเคราะห์ตำแหน่งในการติดตั้งวัตถุระเบิดเพื่อดำเนินการทดสอบการพังทลายของอาคาร ซึ่งในกระบวนการทดสอบการพังทลายของอาคารคอนกรีตเสริม

เหล็กขนาด 4 ชั้นตามแบบจำลองอาคารในสัดส่วน 1 ต่อ 10 ของแบบจำลองจริงดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งในกระบวนการศึกษาจะได้แบ่งเหตุการณ์ทดลองเพิ่มเติมจากเหตุการณ์ทดลองในแบบจำลองอาคารเบื้องต้น เพิ่มเติมเป็นอีก 3 เหตุการณ์ย่อย โดยในแต่ละเหตุการณ์ย่อยของการดำเนินการศึกษาจะได้ทำการทดสอบซ้ำ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประเมินลักษณะการพังทลายของแบบจำลองดังแสดงจุดที่ทำลายในตารางที่ 4 โดยเมื่อพิจารณาเหตุการณ์ย่อยทั้ง 3 เหตุการณ์ตามที่กำหนดไว้ในกระบวนการทดสอบแล้ว พบว่ามีเพียงจำนวนเหตุการณ์เดียวจากจำนวนการทดสอบทั้ง 3 เหตุการณ์ ที่มีการพังทลายของอาคารแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพังทลายทั้งอาคารโดยเมื่อวัดระยะการพังทลายของตัวอาคารแบบจำลองแล้ว พบว่ามีระยะการล้มและพังของอาคารแบบจำลองเป็นไปตามขอบเขตที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดการพังทลายและทิศทาง

เหตุการณ์ทดลองที่	ระยะของการตกวัดจากขอบแบบจำลอง (เซนติเมตร)				ความสมบูรณ์ของการพัง
	ด้านซ้าย	ด้านขวา	ด้านหน้า	ด้านหลัง	
1-1	45	24	52	0	บางส่วน
1-2	44	26	50	5	บางส่วน
1-3	40	30	49	15	บางส่วน
2-1	30	35	41	36	บางส่วน
2-2	29	34	45	25	บางส่วน
2-3	32	29	44	30	บางส่วน
3-1	28	32	34	25	ทั้งหมด
3-2	29	28	30	29	ทั้งหมด
3-3	17	35	30	18	ทั้งหมด

โดยเมื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาพิจารณาพร้อมทำการวิเคราะห์ร่วมกับการกำหนดขอบเขตของการพังทลายของตัวอาคารแบบจำลอง เพื่อพิจารณาระยะร่นหรือแนวระยะที่จะต้องทำการเว้นระยะห่างของแต่ละอาคารตามข้อกฎหมายกำหนด[14] ด้วยการเตรียมพื้นที่และลักษณะการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 6 สำหรับการทำลายแบบจำลองอาคารตัวอย่าง

รูปที่ 6 การเตรียมระเบิดแบบจำลองอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

เมื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาใช้ในการพิจารณาร่วมกับการทดสอบการพังทลายของอาคารแบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการศึกษา โดยชิ้นส่วนขององค์อาคารแบบจำลองมีการพังทลายจะต้องอยู่ในขอบเขตระยะร่นของอาคารตามที่กฎหมายกำหนด โดยในการทดลองกับแบบจำลองเพิ่มเติมที่เป็นการทำลายเสาทุกเสาแบบชั้นเว้นชั้น (ทำลายเสาชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3) ผลการทดสอบที่ได้ในการศึกษา พบว่าแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบทำลายเสาชั้นที่1 และชั้นที่3 อาคารทำลายลงมาไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยแบบจำลองอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นที่ 2 และชั้นที่ 4 ยังอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างสมบูรณ์และมีเศษชิ้นส่วนองค์อาคารหลุดออกมาจากพื้นที่ที่กำหนดและมีลักษณะความเสียหายต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 7 การพังทลายหลังระเบิด แบบจำลองอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

ทั้งนี้ในการทดลองในแบบจำลองโดยใช้วิธีการทำลายเสาอาคารจำลองคอนกรีตเสริมเหล็กต้นและทุกชั้นให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจกล่าวคืออาคารจำลองพังลงมาอย่างสมบูรณ์และไม่มีชิ้นส่วนของอาคารจำลองหลุดออกนอกขอบเขตที่ได้กำหนดทั้งนี้ในการทดลองในแบบจำลองในแบบจำลองโดยใช้วิธีการทำลายเสาอาคารจำลองทุกต้นและทุกชั้นให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจกล่าวคืออาคารจำลองพังลงมาอย่างสมบูรณ์และไม่มีชิ้นส่วนของอาคารจำลองหลุดออออกนอกขอยเขตที่กำหนดไว้

4. สรุป

1) ทิศทางการพังของอาคารจำลองขั้นต้นจากการทดลองทั้ง 25 เหตุการณ์ พบว่ามีเพียงเหตุการณ์ทดลองที่ 23 เหตุการณ์เดียวที่อาคารแบบจำลองพังลทายลงมาโดยสมบูรณ์กล่าวคือไม่มีชิ้นส่วนหรือองค์อาคารใดยังคงตั้งอยู่และชิ้นส่วนของอาคารยังคงอยู่ในขอตเขตที่กำหนด ทั้งนี้การทดลองในเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นการทดลองโดยการทำลายเสาอาคารจำลองชั้นที่ 1 โดยทำลายเสาทุกต้นและได้นำเหตุการณ์ทดลองที่ 23 มาพิจาณาเพื่อเป็นการกำหนดรูปแบบการทำลายองค์อาคารแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ในกระบวนการศึกษา

2) การพังทลายของอาคารแบบจำลองที่สร้างในแบบจำลองอาคารเบื้องต้นจากผลการทดลองที่พบว่าการทดลองโดยที่ทำลายเสาทุกต้น ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดและองค์อาคารแบบจำลองมีการพังทายแบบสมบูรณ์

แบบโดยเฉพาะชิ้นส่วนหล่นพังอยู่ในขอบเขตที่กำหนดจึงได้กำหนดเหตุการณ์ที่จะใช้ในกระบวนการศึกษาการพังทลายของอาคารแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็กไว้เป็น 3 เหตุการณ์ย่อย โดยการทำลายเสาทุกต้นเพียงชั้นที่1 เพียงชั้นเดียว การทำลายเสาทุกต้นของชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 และการทำลายเสาทุกต้นของอาคารจำลองทุกชั้น และทำการทดสอบซ้ำในทั้ง 3 เหตุการณ์ย่อย

3) ผลการทดลองการใช้ระเบิดตามขนาดที่คำนวณไว้กับแบบจำลองคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทำการทดลองเช่นเดียวกันกับแบบจำลองเบื้องต้นด้วยการทำลายเสาอาคารทุกต้นที่ชั้นล่างสุดของแบบจำลองอาคาร พบว่าแบบจำลองอาคารพังทลายแบบไม่สมบูรณ์คงเหลือชั้น 2, 3 และ 4 ยังอยู่ในสภาพเดิม โดยเมื่อทำการทดลองซ้ำกับแบบจำลองอาคารเพิ่มเติมด้วยการทำลายเสาทุกเสาแบบชั้นเว้นชั้นพบว่าอาคารแบบจำลองมีลักษณะการพังทลายใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่เลือกในแบบจำลองอาคารเบื้องต้นแต่ยังชิ้นส่วนขององค์อาคารจำลองพังลงมานอกขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ แต่เมื่อทำการทดลองในแบบจำลองโดยใช้วิธีการทำลายเสาอาคารแบบจำลองทุกต้นและทุกชั้น พบว่าอาคารแบบจำลองพังทลายลงมาอย่างสมบูรณ์แบบและอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ในการตั้งสมมุติฐานเบื้องต้นทั้งนี้การล้มพังของอาคารแบบจำลองในลักษณะดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบกับบริเวณข้างเคียงและเป็นลักษณะที่เหมาะสมแก่การนำไปวิเคราะห์ทิศทางในการรื้อถอนอาคารด้วยแรงระเบิดในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสุนทรี เจริญรัตน์ ประธานกรรมการบริหาร บริษัท อิเลคทริคัล แอนด์ คอมมิวนิเคชั่น โปรเวิร์ค จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการจัดสร้างแบบจำลองอาคารในการทำวิจัย แขวงการทางหนองไม้แดง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองการทำลายอาคารด้วยระเบิด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สำหรับสถานที่ในการวิเคราะห์ผลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ทีมข่าวเฉพาะกิจไทยรัฐ (2562). ตึกพักอาศัยร้าง 29 แห่งร้างในเขต กทม. *สกู๊ปไทยรัฐออนไลน์*. กุมภาพันธ์.

[2] กันยพัชร์ ธนกุลวุฒิโรจน์ (2554). *ผลกระทบด้านเศรษฐกิจต่อผู้เช่าจากการรื้อถอนอาคารในชุมชนสวนหลวงเพื่อการพัฒนาตามการวางผังแม่บทจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] ศุภธิดา รัสพันธ์ (2565). 5 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร. *คอนเทนต์ครีเอเตอร์ 7D Book.&Digital*. เมษายน.

[4] มหาดไทย ชัยเกษม (2549). *การรื้อถอนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้แรงงานคนเป็นหลักในประเทศไทย:ปัญหาและแนวทางปฏิบัติ*. วิทยานิพนธ์วิศกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ธัชชัย จันทร์รัชกูล (2550). *การศึกษาแนวทางในการจัดการวัสดุที่เกิดจาการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย*.วิทยานิพนธ์วิศกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ทวียศ ศรีเกตุ (2559). รื้อถอนอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. *สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร*, พฤษภาคม, หน้า 4-6.

[7] Code of Practice for DEMOLITION OF BUILDING (2004). *Building Department*. Taiwan. pp. 15-17.

[8] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2559).*คู่มือการคำนวณแรงระเบิดและผลกระทบจากแรงระเบิดที่ต่อโครงสร้าง*. กรมโยธาธิการและผังเมือง หน้า 5-1.

[9] Daigo Isobe and Range Jiang (2022). *Explosive demolition planning of building structure using key element index*. Division of Engineering Mechanics and Energy, University of Tsukuba.

[10] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์ (2563). สถิตตึกร้างสร้างไม่เสร็จเสี่ยงอันตรายทั่งกรุงเทพ. *สกู๊ปข่าวอสังหาริมทรัพย์*. สิงหาคม.

[11] วิโรจน์ บุญญภิญโญ. (2563). *การศึกษาแรงลมโดยวิธีทดสอบแบบจำลองอุโมงค์ลมโครงการอาคาร*.สำนักงานศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[12] Kazunori Fujikake and Peerasak Aemlaor. (2013). Damage of reinforced concrete columns under demolition blasting. *Engineering Structures*. Volume 55, pp. 116-125.

[13] ร้อยเอกชาติวัฒน์ สิริพราหมณกุล และ จ.ส.อ.สมชาย นาคสุวรรณ (2560). *คู่มือการป้องกันเกี่ยวกับวัตถุต้องสงสัยสำหรับประชาชน . กรรมสรรพาวุธ*. หน่วยทำลายล้างวัตถุระเบิดอโณทัย. กรมสรรพาวุธทหารบก. หน้า 11-19.

[14] กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (2543). เล่มที่ 117 ตอนที่ 75 ก *ราชกิจจานุเบกษา*. กระทรวงมหาดไทย. หน้าที่ 17

[15] ทีมข่าวออนไลน์7HD (2566). อาคารทรุดตัว ย่านพระราม9. *ข่าวออนไลน์7HD*. กุมพาพันธ์.