การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อประเมินความเสี่ยงโครงสร้างอาคารอนุรักษ์

Application of the BIM to Assess the Risk of conserved Buildings

คชานน ขวัญพฤกษ์[1,*] และ ไพจิตร ผาวัน[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: warisara.le@spu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงโครงสร้างอาคารอนุรักษ์ โดยอาศัยกระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารช่วยในการวิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างอาคาร งานวิจัยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้วยการทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตของ เสา คาน และพื้น จากนั้นทำการสำรวจขนาดหน้าตัด เสา คาน พื้น และขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น แล้วนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยโปรแกรมจำลองสารสนเทศอาคาร (Software BIM) ผู้วิจัยได้กำหนดค่ากำลังดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม คือ 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต คือ 150 160 170 180 190 200 210 220 240 และ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ลงในโปรแกรมจำลองสารสนเทศอาคาร พบว่า อาคารมีความเสี่ยงสูง เนื่องจากความน่าจะเป็นที่องค์อาคาร (เสา) จะเสียหาย มีค่าเท่ากับ 0.0984 ที่กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 150 160 และ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อาคารมีความเสี่ยงปานกลาง เนื่องจากความน่าจะเป็นที่องค์อาคาร (พื้น) จะเสียหาย มีค่าเท่ากับ 0.1633 ที่กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 150 160 และ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอาคารมีความเสี่ยงต่ำ เนื่องจากความน่าจะเป็นที่องค์อาคาร (คาน) จะเสียหาย มีค่าเท่ากับ 0.0727 ที่กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 150 160 และ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารความเสี่ยงของอาคารได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, อาคารอนุรักษ์, การประเมินความเสี่ยง

Abstract

The purpose of this research is to assess the risk of conservation building structures. By using the building information modeling process, it helps to analyze the components of the building structure. Research begins with data collections by testing the compressive strength of concrete of columns, beams and slab. Then surveyed the cross-sectional dimensions of columns, beams, slabs, width, length and height of a 4-storey reinforced concrete building. And then developed into a 3D model with BIM software (Software BIM). The researcher has determined the tensile strength of the reinforcing steel is 2,400 kg/cm2 for the compressive strength of concrete is 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 240 and 300 kg/cm2 into the BIM software. It was found that high risk building, because that the probability of the building (column) will be damaged is equal to 0.0984 at the compressive strength of concrete 150, 160 and 170 kg/cm^2. Medium risk building, because that the probability of the building (slab) will be damaged is equal to 0.1633 at the compressive strength of concrete 150, 160 and 170 kg/cm^2. Low risk building, because that the probability of the building (beam) will be damaged is equal to 0.0727 at the compressive strength of concrete 150, 160 and 170 kg/cm^2. It shows that the building information modeling process can be well applied in building risk management.

Keywords: Building Information Modeling, Conserved Buildings, Risk Assessment

1. คำนำ

อาคารอนุรักษ์ส่วนใหญ่ค่อนข้างมีอายุและไม่ได้รับการบำรุงรักษา จึงเกิดการเสื่อมสภาพของโครงสร้างอาคารเช่น ฐานราก เสา พื้น และคาน นอกจากจะเกิดความเสี่ยงต่อบริเวณโดยรอบแล้วยังเป็นการสูญเสียมรดกทางสถาปัตยกรรมอีกด้วย มรดกทางสถาปัตยกรรมหมายถึง มรดกทางวัฒนธรรมอันเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น มีคุณค่าทางวัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศิลปะ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถประเมินค่าได้ [1] การนำเอาอาคารเหล่านี้มาบำรุงรักษาเพื่อนำกลับมาใช้ นอกจากจะประหยัดทรัพยากรแล้วยังเป็นการรักษาเอกลักษณ์บริเวณนั้นและสามารถเป็นจุดท่องเที่ยวได้อีกด้วย [2] ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอาคารอนุรักษ์และชุมชมหลายแห่งได้รับการบำรุงรักษา จนกลายเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่รู้จัก เช่น

ชุมชนคลองอัมพวา ชุมชนตลาดสามชุก ย่านเมืองเก่าภูเก็ต ย่านวัดเกตุการาม และย่านถนนพระอาทิตย์ บางลำพู และชุมชนย่านกุฎีจีน [3] การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม หมายถึง การนำเสนอให้นักท่องเที่ยวได้เห็นถึงศิลปะ วัฒนธรรม ความเป็นอยู่ เอกลักษณ์ของคนในชุมชน และยังรวมถึงอาคารอนุรักษ์ โบราณสถาน ศาสนสถาน ซึ่งเป็นที่เคารพนับถือในชุมชน [4]

ในขณะที่อาคารยังไม่มีการดูแลบำรุงรักษา อาคารคอนกรีตเหล่านี้อาจจะมีปัญหาการเสื่อมสภาพเนื่องจากความคงทนของคอนกรีตได้ [5] อาคารและอายุการใช้งานโครงสร้างลดลงตามจำนวนปีที่เพิ่มขึ้นของอาคาร ดังนั้นอาคารเหล่านี้ควรจะต้องมีการบำรุงรักษาก่อนนำอาคารกลับมาใช้หรือเปิดให้ผู้คนมาเข้าเยี่ยมชม ซึ่งต้นทุนการบำรุงรักษาเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการตัดสินใจว่าจะนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่ หรือถ้าดัดแปลงเพื่อเปลี่ยนการใช้งานของอาคารเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ

ในการศึกษานี้ เป็นการประเมินความเสี่ยงของโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น เฉพาะฐานราก เสา คาน และ พื้น โดยการวิเคราะห์ด้วยการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต 150 160 170 180 190 200 210 220 240 และ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อหามูลค่าการตอบสนองความเสี่ยงจากการที่ค่ากำลังอัดประลัยคอนกรีตลดลง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองสารสนเทศ

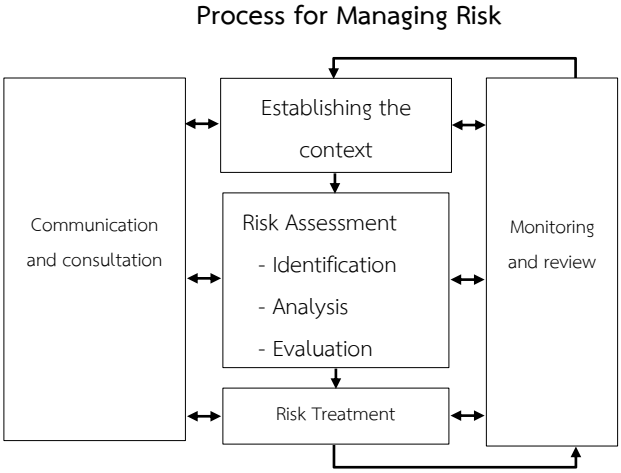
แบบจำลองสารสนเทศ (Building Information Modeling, BIM) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงกระบวนการการทำงานในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charles M. Eastman ตีพิมพ์ในวารสาร “Building Description System” จนเมื่อปี ค.ศ. 1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า “Building Information Modeling” ที่นำเสนอโดย Robert Aish [6] โดยแนวคิด BIM เริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การก่อสร้าง การดำเนินการ และการรื้อถอนเมื่อหมดอายุการใช้งาน [7] ซึ่งในระหว่างแต่ละกระบวนการ จะมีการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) ควบคู่กับข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information) สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลของหลายๆ ฝ่ายที่มีการทำงานร่วมกัน เช่น วิศวกร สถาปนิก ผู้ออกแบบ เจ้าของอาคาร และผู้รับจ้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อ ใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการก่อสร้าง เพิ่มคุณภาพของงานก่อสร้าง และสามารถจัดการสารสนเทศตลอดวงจรชีวิตของอาคาร กระบวนการทำงานภายใต้ BIM เป็นการทำงานผ่านซอฟท์แวร์ ซึ่งมีให้เลือกใช้หลากหลายผลิตภัณฑ์ เช่น Autodesk Revit, Tekla Structure, ArchiCAD, SketchUp และ Vectorworks เป็นต้น โดยสามารถทำได้ทั้งแบบจำลอง 3 มิติ และแบบจำลอง 4 มิติ เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองอาคาร BIM ในปัจจุบันได้มีผู้ให้คำนิยามแนวคิด BIM ไว้มากมาย แต่ส่วนใหญ่แล้วตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกันคือการจำลองอาคารในรูปแบบดิจิตอลและใช้ข้อมูลสารสนเทศร่วมกันหลายฝ่าย [8]

2.2 กระบวนการจัดการความเสี่ยง

กระบวนการจัดการความเสี่ยงเป็นกระบวนการที่จัดทำขึ้นมาอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุม ป้องกัน ลดความเสียหายหรือผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เพื่อเตรียมวิธีป้องกันหรือแก้ไข และเพิ่มโอกาสที่จะดำเนินการให้ประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น ดังขั้นตอนต่อไปนี้

2.2.1 การประเมินความเสี่ยง [9]

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) จะต้องทำการระบุความเสี่ยง (Risk Identification) โดยทำการกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการตามหลักจากนั้นทำการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) และจะต้องทำการประเมินผลของความเสี่ยง (Risk Evaluation) อีกครั้งเมื่อประเมินความเสี่ยงเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการตอบสนองความเสี่ยง (Risk Treatment) ซึ่งต้องมีการสื่อสาร (Communication) และการติดตาม (Monitoring) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการจัดการความเสี่ยง

2.2.2 ความเสี่ยง [10]

ความเสี่ยง (Risk: R) จะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นไปได้และผลกระทบของความเสี่ยง ดังสมการที่ 1

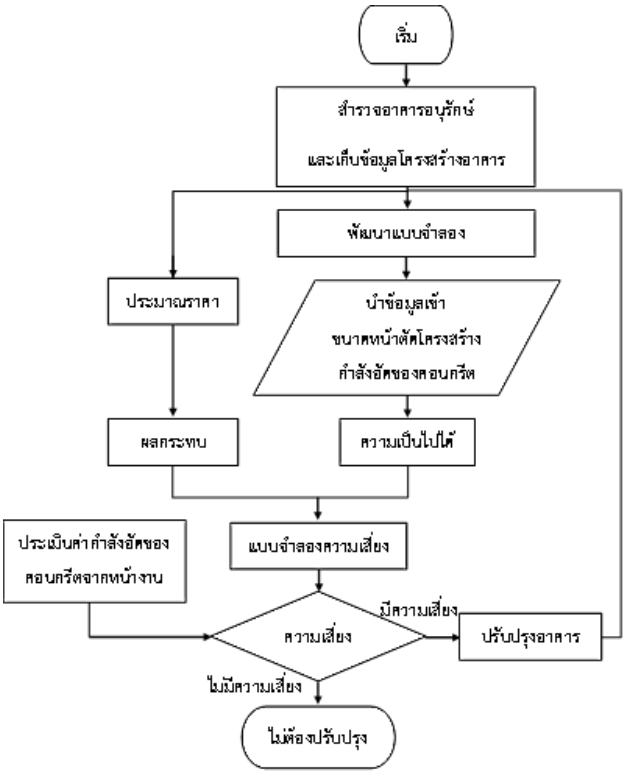
$$R = PxI \qquad (1)$$

ความเป็นไปได้ (Probability: *P*) ที่จะเกิดปัจจัยเสี่ยงโดยพิจารณาในรูปแบบของความถี่การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

ผลกระทบ (Impact: *I*) ระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงและมูลค่าความเสียหายจากปัจจัยเสี่ยงที่โครงการหรือองค์กรจะได้รับ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

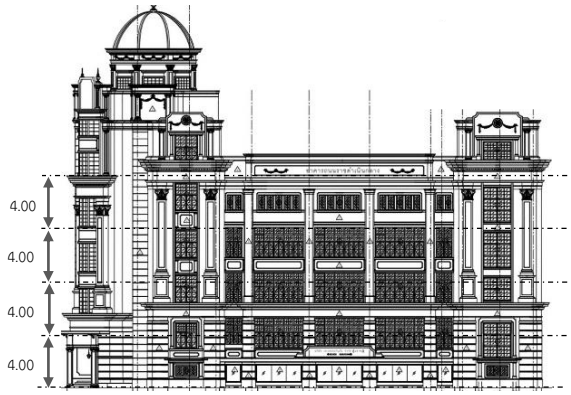
กรอบงาน (Framework) การประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์ ในหัวข้อนี้จะเน้นที่การพัฒนาแบบจำลอง ดังรูปที่ 2



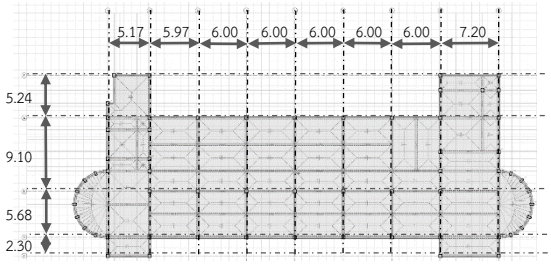
รูปที่ 2 กรอบงานการประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์

3.1 ศึกษารูปแบบและโครงสร้างอาคาร

การศึกษานี้ได้คัดเลือกอาคารอนุรักษ์ สูง 4 ชั้น ลักษณะดังรูปที่ 3 และ 4 ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ ถนนราชดำเนินกลาง แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีการจราจรหนาแน่น มีโอกาศสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีความเข้มข้นเฉลี่ย 600 ถึง 650 ppm ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำปฏิกิริยากับเนื้อคอนกรีต ทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง ส่งผลให้ฟิล์มที่เคลือบอยู่ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต (Passivity Film) ถูกทำลายทำให้คอนกรีตไม่สามารถป้องกันสนิมได้ ความเสียหายนี้เรียกว่าคาร์บอเนชั่น (Carbonation) ส่งผลให้ความเป็นด่างของคอนกรีตลดลง เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาคาร์บอเนชั่น ส่งผลเสียต่อความคงทนของคอนกรีต [9]



รูปที่ 3 กรอบงานการประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์



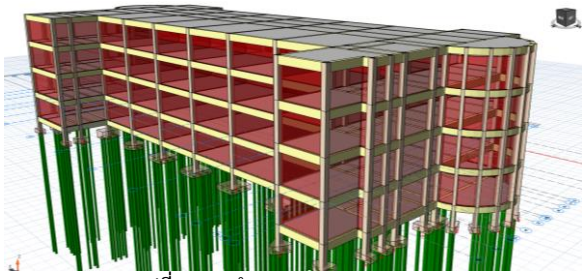
รูปที่ 4 กรอบงานการประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลหน้างานจริง โดยเก็บข้อมูลตามแบบแปลน เพื่อนำเข้าข้อมูล (Input) หน้าตัดของโครงสร้าง เสา คาน พื้น และ ฐานราก ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ดังรูปที่ 5 และ 6 สำหรับค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตจะได้จากการเจาะ (Coring) คอนกรีตเสา คาน และพื้น เพื่อนำข้อมูลกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้ ใส่ในโปรแกรมจำลองสารสนเทศอาคาร (Software BIM) เพื่อพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบจะใช้ตามมาตรฐาน ACI318-14 ใช้น้ำหนักจรที่ 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กำหนดค่ากำลังดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม คือ 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตคือ 150 160 170 180 190 200 210 220 240 และ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งแบบจำลองจะเป็นไปตามรูปที่ 7 และข้อมูลที่ได้จากการจำลองเป็นไปตามตารางที่ 1

รูปที่ 5 กรอบงานการประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์

รูปที่ 6 กรอบงานการประเมินความเสี่ยงอาคารอนุรักษ์



รูปที่ 7 แบบจำลองสารสนเทนเทศอาคาร

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปริมาณองค์อาคารอนุรักษ์ 4 ชั้น

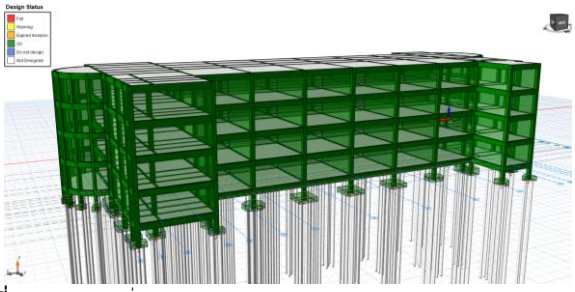
องค์อาคาร	จำนวน (ชิ้น)	ปริมาณ	หน่วย
คาน	550	2,480	เมตร
เสา	305	1,037	เมตร
พื้น	245	4,290	ตารางเมตร
ฐานราก	61	61	ฐาน

3.3 การประมาณค่าความเป็นไปได้จากแบบจำลอง

การประมาณความเป็นไปได้ (Probability) คืออัตราส่วนของจำนวนชิ้นส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Prota Structure 2022) ต่อจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตไว้ที่ 150 160 170 180 190 200 210 220 240 และ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีต 210 220 240 และ 300 ksc.

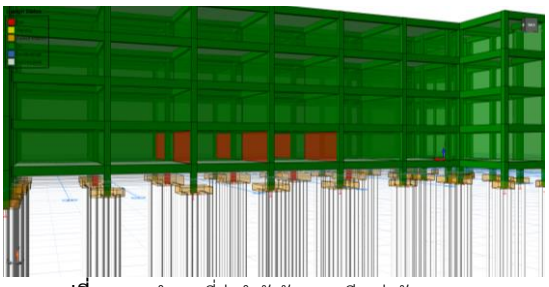
ในขั้นตอนนี้ได้นำเข้าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 210 220 240 และ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่าไม่มีชิ้นส่วนที่เสียหายดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 210 220 240 และ 300 ksc.

3.3.2 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.

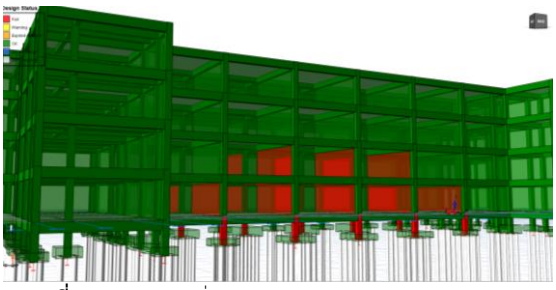
ในขั้นตอนนี้ได้นำเข้าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีชิ้นส่วนของคานเสียหาย 6 ชิ้น จากทั้งหมด 550 ชิ้น ชิ้นส่วนของเสาเสียหาย 5 ชิ้นจากทั้งหมด 305 ชิ้น และชิ้นส่วนของพื้นเสียหาย 8 ชิ้น จากทั้งหมด 245 ชิ้น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 200 ksc.

3.3.3 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีต 190 ksc.

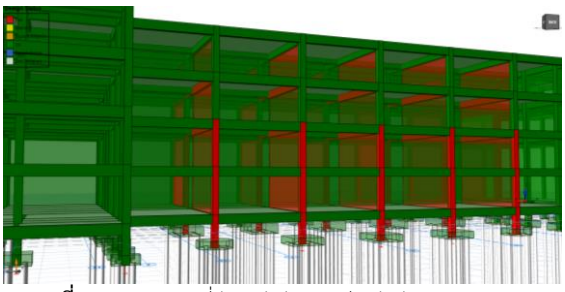
ในขั้นตอนนี้ได้นำเข้าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 190 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีชิ้นส่วนของคานเสียหาย 16 ชิ้น จากทั้งหมด 550 ชิ้น ชิ้นส่วนของเสาเสียหาย 13 ชิ้นจากทั้งหมด 305 ชิ้น และชิ้นส่วนของพื้นเสียหาย 15 ชิ้น จากทั้งหมด 245 ชิ้น ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 190 ksc.

3.3.4 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีต 180 ksc.

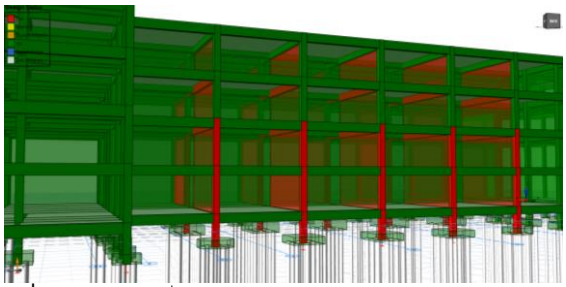
ในขั้นตอนนี้ได้นำเข้าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีชิ้นส่วนของคานเสียหาย 28 ชิ้น จากทั้งหมด 550 ชิ้น ชิ้นส่วนของเสาเสียหาย 16 ชิ้นจากทั้งหมด 305 ชิ้น และชิ้นส่วนของพื้นเสียหาย 19 ชิ้น จากทั้งหมด 245 ชิ้น ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 180 ksc.

3.3.5 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีต 150 160 และ 170 ksc.

ในขั้นตอนนี้ได้นำเข้าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 150 160 และ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีชิ้นส่วนของคานเสียหาย 40 ชิ้น จากทั้งหมด 550 ชิ้น ชิ้นส่วนของเสาเสียหาย 30 ชิ้นจากทั้งหมด 305 ชิ้น และชิ้นส่วนของพื้นเสียหาย 40 ชิ้น จากทั้งหมด 245 ชิ้น ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แบบจำลองที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตเท่ากับ 150 160 และ 170 ksc.

จากข้อมูลพัฒนาแบบจำลอง 5 ชุดข้อมูล โดยการแปรเปลี่ยนค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตตั้งแต่ 150 ถึง 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหาย

องค์อาคาร	ค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจากจำนวนทั้งหมด							
	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
คาน	40/550	40/550	40/550	28/550	16/550	6/550	-	-
เสา	30/305	30/305	30/305	16/305	13/305	5/305	-	-
พื้น	40/245	40/245	40/245	19/245	15/245	8/245	-	-
ฐานราก	-	-	-	-	-	-	-	-

จากข้อมูลตารางที่ 2 นำชิ้นส่วนที่มีความเสียหายมาหารด้วยจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดจะได้ค่าความเป็นไปได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าความเป็นไปได้ที่เกิดความเสียหายขององค์อาคาร

องค์อาคาร	ค่าความเป็นไปได้ (P)							
	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
คาน	0.0727	0.0727	0.0727	0.0509	0.0291	0.0109	-	-
เสา	0.0984	0.0984	0.0984	0.0525	0.0426	0.0164	-	-
พื้น	0.1633	0.1633	0.1633	0.0776	0.0612	0.0327	-	-
ฐานราก	-	-	-	-	-	-	-	-

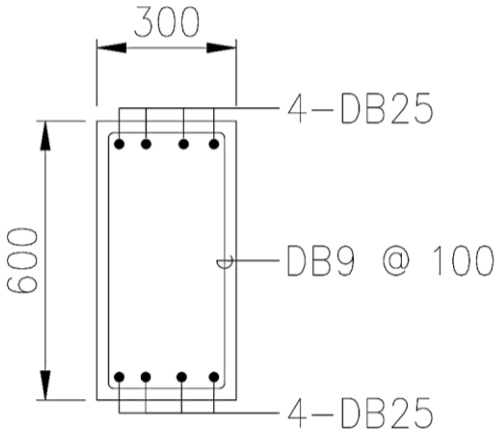
3.4 ผลกระทบที่เกิดจากความเสียขององค์อาคาร

ผลกระทบ (Impact) คือ ระดับความรุนแรงที่เกิดจากความเสียหายขององค์อาคาร (คาน) จากค่ากำลังอัดของคอนกรีตต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้ จึงต้องทำการประเมินราคาค่าก่อสร้างขององค์อาคาร (คาน) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประมาณราคาคาน (บาทต่อเมตร)

ประเภท	รายละเอียด	จำนวน		ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคารวม
งานโครงสร้าง	คอนกรีต	0.18	ลบ.ม.	441.00	90.00	531.00
	ไม้แบบ	1.20	ตร.ม.	240.00	180.00	420.00
	เหล็กเสริม Ø 9 มม.	12.00	กก.	295.75	82.81	378.56
	เหล็กเสริม Ø 25 มม.	39.00	กก.	1040.58	308.32	1348.90
ผิวผนัง	ผนังก่ออิฐบล็อก	3.40	ตร.ม.	510.00	272.00	782.00
	ฉาบปูนเรียบ	6.80	ตร.ม.	748.00	748.00	1496.00
	เสาเอ็นคานเอ็น	1.00	ม.	50.00	50.00	100.00
	ฉาบโครงสร้าง	1.50	ตร.ม.	165.00	165.00	330.00
	นั่งร้าน	3.00	ตร.ม.	75.00	75.00	150.00
	จับเซี้ยม	4.00	ม.	100.00	100.00	200.00
งานสี	ทาสี	8.00	ตร.ม.	520.00	440.00	960.00
Etc.	แผงกันฝุ่น	3.40	ตร.ม.	340.00	272.00	612.00
	ค่ารื้อถอน ขนทิ้ง	3.40	ตร.ม.	340.00	374.00	714.00
ค่าดำเนินการ 30%						2,421.65
VAT 7%						734.57
รวมเป็นเงิน						11,228.37

จากซอฟต์แวร์บิม โดย Prota Structure 2022 วิเคราะห์และคำนวณโครงสร้างขององค์อาคาร (คาน) จะให้ค่าจุดวิบัติขององค์อาคารมาพร้อมทั้งแสดง แบบรายละเอียดดังรูปที่ 13 ซึ่งมีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ลึก 60 เซนติเมตร ใช้เหล็กเสริมบนและล่างรวม 8 เส้น ขนาด DB25 และใช้เหล็กปลอกขนาด RB9 ระยะห่าง 10 เซนติเมตร



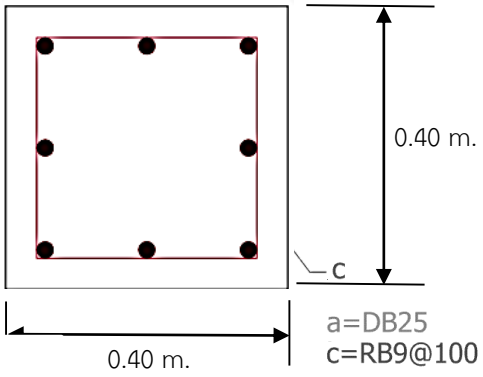
รูปที่ 13 แบบขยายคานที่ได้จาก Prota Structure 2022

ระดับความรุนแรงที่เกิดจากความเสียหายขององค์อาคาร (เสา) จากค่ากำลังอัดของคอนกรีตต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้ จึงต้องทำการประเมินราคาค่าก่อสร้างขององค์อาคาร (เสา) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การประมาณราคาเสา (บาทต่อเมตร)

ประเภท	รายละเอียด	จำนวน		ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคารวม
งานโครงสร้าง	คอนกรีต	0.25	ลบ.ม.	612.50	125.00	737.50
	ไม้แบบ	2.00	ตร.ม.	400.00	300.00	700.00
	เหล็กเสริม Ø 9 มม.	8.53	กก.	213.25	59.71	272.96
	เหล็กเสริม Ø 25 มม.	80.93	กก.	2185.11	647.44	2832.55
ผิวผนัง	ฉาบโครงสร้าง	2.00	ตร.ม.	220.00	220.00	440.00
	จับเซี้ยม	4.00	.ม.	100.00	100.00	200.00
งานสี	ทาสี	2.00	ตร.ม.	182.00	154.00	336.00
Etc.	แผงกันฝุ่น	3.4	ตร.ม.	340.00	272.00	612.00
	ค่ารื้อถอน ขนทิ้ง	3.4	ตร.ม.	340.00	374.00	714.00
ค่าดำเนินการ 30%						2,061.48
VAT 7%						625.32
รวมเป็นเงิน						9,558.41

จากซอฟต์แวร์บิม โดย Prota Structure 2022 วิเคราะห์และคำนวณโครงสร้างขององค์อาคาร (เสา) จะให้ค่าจุดวิบัติขององค์อาคารมาพร้อมทั้งแสดง แบบรายละเอียดดังรูปที่ 14 ซึ่งมีความกว้าง 40 เซนติเมตร และความยาว 40 เซนติเมตร ใช้เหล็กเสริม 8 เส้น ขนาด DB25 และใช้เหล็กปลอกขนาด RB9 ระยะห่าง 10 เซนติเมตร



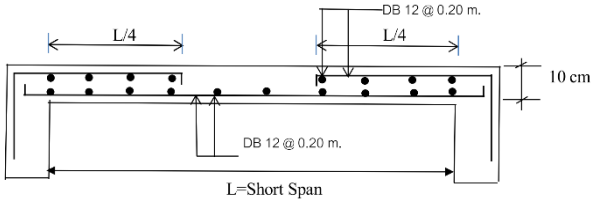
รูปที่ 14 แบบขยายเสาที่ได้จาก Prota Structure 2022

ระดับความรุนแรงที่เกิดจากความเสียหายขององค์อาคาร (พื้น) จากค่ากำลังอัดของคอนกรีตต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้ จึงต้องทำการประเมินราคาค่าก่อสร้างขององค์อาคาร (พื้น) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางแสดงการถอดปริมาณของพื้น (บาทต่อตารางเมตร)

ประเภท	รายละเอียด	จำนวน		ค่าวัสดุ	ค่าแรง	ราคารวม
งานโครงสร้าง	คอนกรีต	0.10	ลบ.ม.	245.00	50.00	295.00
	ไม้แบบ	1.00	ตร.ม.	200.00	150.00	350.00
	เหล็กเสริม Ø 12 มม.	19.71	กก.	492.75	137.97	630.72
งานพื้นและฝ้า	ฝ้ายิปซั่มฉาบเรียบ	1.00	ตร.ม.	300.00	-	300.00
	กระเบื้องยาง	1.00	ตร.ม.	350.00	150.00	500.00
	ปูนทรายปรับระดับ	1.00	ตร.ม.	80.00	50.00	130.00
	ปูนกาว, ยาแนว	1.00	ตร.ม.	80.00	-	80.00
Etc.	แผงกันฝุ่น	1.00	ตร.ม.	100.00	80.00	180.00
	ค่ารื้อถอน ขนทิ้ง	1.00	ตร.ม.	100.00	110.00	210.00
ค่าดำเนินการ 30%						815.32
VAT 7%						247.31
รวมเป็นเงิน						3,780.35

จากซอฟต์แวร์บิม โดย Prota Structure 2022 วิเคราะห์และคำนวณโครงสร้างขององค์อาคาร (พื้น) จะให้ค่าจุดวิบัติขององค์อาคารมาพร้อมทั้งแสดง แบบรายละเอียดดังรูปที่ 15 ซึ่งพื้นมีความหนา 10 เซนติเมตร ใช้เหล็กเสริมบนและล่างขนาด DB12 ระยะห่าง 10 เซนติเมตร



รูปที่ 15 แบบขยายพื้นที่ได้จาก Prota Structure 2022

3.5 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) จะเป็นการนำค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบหน้างานอาคารอนุรักษ์ พิจารณาร่วมกับแบบจำลอง เช่น หากค่ากำลังอัดของคานเท่ากับ 170 ksc. จะได้ค่าความเป็นไปได้เท่ากับ 0.0727 แล้วผลกระทบเท่ากับ 11,228 บาท จะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 816.27 บาทต่อเมตร ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 มูลค่าความเสี่ยงของคานที่ความยาว 1 เมตร

Beam	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
Prob	0.0727	0.0727	0.0727	0.0509	0.0291	0.0109	-	-
Impact	11,228	11,228	11,228	11,228	11,228	11,228	-	-
Risk	816.27	816.27	816.27	571.50	326.73	122.38	-	-

การประเมินความเสี่ยงของเสา จะพิจารณาคล้ายกันกับคาน เช่น หากค่ากำลังอัดของเสาเท่ากับ 170 ksc. จะได้ค่าความเป็นไปได้เท่ากับ 0.0984 แล้วผลกระทบเท่ากับ 9,558 บาท จะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 940.50 บาทต่อเมตร ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 มูลค่าความเสี่ยงของเสาที่ความยาว 1 เมตร

Column	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
Prob	0.0984	0.0984	0.0984	0.0525	0.0426	0.0164	-	-
Impact	9,558	9,558	9,558	9,558	9,558	9,558	-	-
Risk	940.50	940.50	940.50	501.79	407.17	156.75	-	-

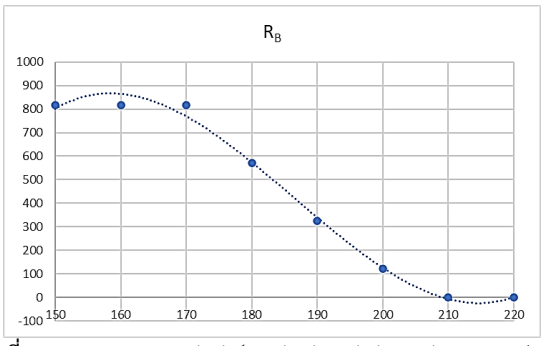
การประเมินความเสี่ยงของพื้น จะพิจารณาเช่นเดียวกันกับคาน และเสา เช่น หากค่ากำลังอัดของพื้นเท่ากับ 170 ksc. จะได้ค่าความเป็นไปได้เท่ากับ 0.1633 แล้วผลกระทบเท่ากับ 3,780 บาท จะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 617.27 บาทต่อตารางเมตร ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 มูลค่าความเสี่ยงของพื้นที่ 1 ตารางเมตร

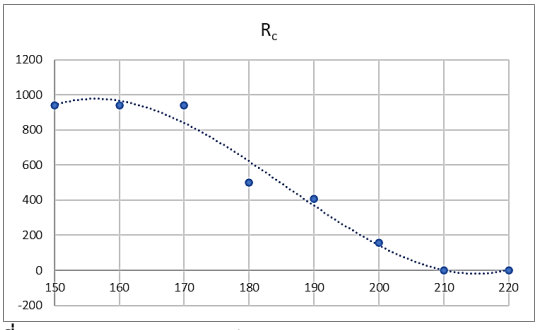
Beam	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
Prob	0.1633	0.1633	0.1633	0.0776	0.0612	0.0327	-	-
Impact	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	-	-
Risk	617.27	617.27	617.27	293.32	231.33	123.60	-	-

4. การวิเคราะห์การประเมินความเสี่ยงอาคาร

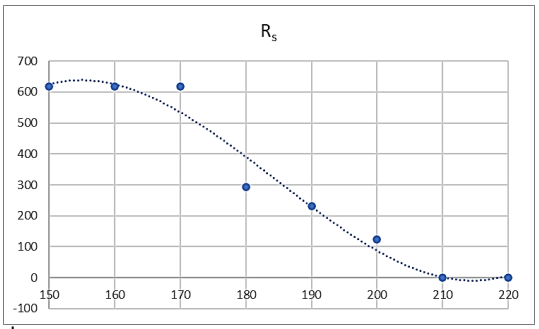
ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้ได้การประเมินความเสี่ยงโครงสร้างอาคาร คาน เสา และ พื้น โดยจำลองให้ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตลดลงส่งผลให้อาคารมีความเสี่ยงเกิดขึ้น ที่คาน เสา และ พื้น จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงโดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตและมูลค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้น แสดงในรูปที่ 16 17 และ 18



รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตกับมูลค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของคาน

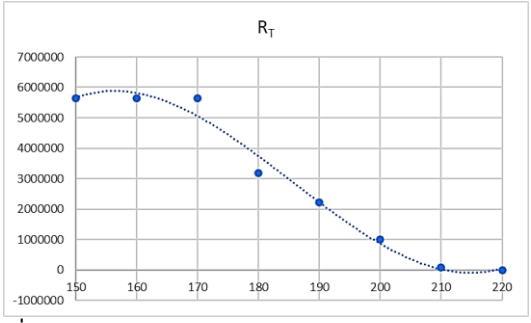


รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตกับมูลค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของเสา



รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตกับมูลค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของพื้น

เมื่อนำข้อมูลความเสี่ยงที่เกิดกับคาน เสา และพื้น มารวมกัน จะได้เป็นมูลค่าความเสี่ยงของอาคารแห่งนี้ทั้งอาคาร ซึ่งจะเป็นไปตามตารางที่ 10 และได้กราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตกับมูลค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของทั้งอาคาร

ตารางที่ 10 ตารางแสดงมูลค่าความเสี่ยงของอาคารอนุรักษ์

องค์อาคาร	ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (ksc.)							
	ความเป็นไปได้ (P)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
คาน	0.0727	0.0727	0.0727	0.0509	0.0291	0.0109	-	-
เสา	0.0984	0.0984	0.0984	0.0525	0.0426	0.0164	-	-
พื้น	0.1633	0.1633	0.1633	0.0776	0.0612	0.0327	-	-
	ผลกระทบ (I)							
คาน	27,845,440	27,845,440	27,845,440	27,845,440	27,845,440	27,845,440	27,845,440	27,845,440
เสา	9,911,646	9,911,646	9,911,646	9,911,646	9,911,646	9,911,646	9,911,646	9,911,646
พื้น	16,216,200	16,216,200	16,216,200	16,216,200	16,216,200	16,216,200	16,216,200	16,216,200
	ความเสี่ยง (R)							
R_T	5,647,774	5,647,774	5,647,774	3,196,071	2,224,969	996,336	-	-

5. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองอาคารสารสนเทศอาคารเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตของโครงสร้างลดลงไม่ว่าจะสาเหตุใดก็ตาม การใช้งานอาคารอนุรักษ์ ที่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตจะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องการรับน้ำหนักโครงสร้างและป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กเสริม

สรุปได้ว่าอาคารอนุรักษ์ในงานวิจัยนี้ จากการพัฒนาแบบจำลอง ค่ากำลังอัดประลัยคอนกรีต 220 240 และ 300 ไม่มีความเสี่ยงเกิดขึ้น แต่เมื่อค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตลดลงมีค่าใช้จ่ายในการตอบสนองเท่ากับ 97,134 บาท ที่ค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 210 มูลค่าการตอบสนองความเสี่ยง 996,336 บาท ที่ค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 200 มูลค่าการตอบสนองความเสี่ยง 2,224,969 บาท ที่ค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 190 มูลค่าการตอบสนองความเสี่ยง 3,196,071 บาท ที่ค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 180 และเมื่อค่ากำลังอัดประลัยคอนกรีตเท่ากับ 150 160 และ 170 มูลค่าการตอบสนองความเสี่ยงเท่ากับ 5,647,774 บาท ซึ่งสังเกตได้ว่า เมื่อค่ากำลังอัดประลัยคอนกรีตต่ำกว่า 180 มูลค่าการตอบสนองคงที่ ส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า 5,647,774 บาท เป็นการตอบสนองที่มากที่สุด ถ้ากำลังอัดลดลงมากกว่านี้เป็นไปได้ว่าอาคารสามารถพังทลายลงมาได้

ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่ากระบวนการแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารความเสี่ยงของอาคารได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สุนนท์ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา (2537). 70 ปีแห่งการอนุรักษ์มรดกทางสถาปัตยกรรม. *วารสารหน้าจั่ว*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 12, หน้า 30-48.

[2] Debra F. Laefer, M.ASCE. and Jonathan P. Manke, (2008). Building Reuse Assessment for Sustainable Urban Reconstruction. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 134, pp. 217-227.

[3] ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์ (2557). การอนุรักษ์อาคารพื้นถิ่นในย่านเมืองเก่าสกลนคร. *วารสารสังคมลุ่มน้ำโขง*, ปีที่10, ฉบับที่ 2, หน้า 181-196.

[4] ชิตาวีร์ สุขคร (2562). การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในประเทศไทย. Journal of Sustainable Tourism Development, ปีที่1, ฉบับที่ 2,

[5] บัญญัติ วารินทร์ไหล (2554). การประเมินความเสียกายและการเสื่อมสภาพของอาคารที่พักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตชุมชน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[6] เจตนิพัทธ์ตะปานนท์, วิชิตา ท้าวหน่อ, พรพจน์นุเสน, เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง และ มานพ แก้วโมราเจริญ (2564). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศและความจริงเสมือน ในการตรวจสอบงานโครงสรางหลังคา. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26*, การประชุมรูปแบบออนไลน์, 23-25 มิถุนายน 2564.

[7] นางสาวภณศา จันทร์อุดม (2560). แนวทางการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จัดการข้อมูลอาคารและแบบก่อสร้างจริงเพื่อดำเนินงานและการบำรุงรักษาอาคารสำนักงาน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[8] รัศรินทร์ โคตรปาลี (2559). แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[9] Stein, Jack A., and Maynard, David A., (2013). Risk management @ risk. Project Management Journal.

[10] Mohammad Taghipour, Zahra Hoseinpour, Maryam Mahboobi, Matin Shabrang and Tina Lashkarian, (2015). Construction projects risk management by risk allocation approach using PMBOK standard. J Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 5, pp. 323-329.