

การวางแผนงานร่วมกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงในงานก่อสร้าง

โดยใช้การวิเคราะห์ฟอลต์ทรี

Integration of Risk Assessment in Foundation Construction Planning using Fault Tree Analysis

เทอดธิดา ทิพย์รัตน์

Thoedtida Thipparat

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Patumwan, Bangkok

Rajamangala University of Technology, 10330, Thailand

E-mail: Thiprat.t@gmail.com, Fax. 02-252-8075

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างฐานรากเพื่อวางแผนการก่อสร้าง โดยประยุกต์ใช้วิธีฟอลต์ทรี (Fault Tree Analysis: FTA) การวิจัยนี้รวบรวมและศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมก่อสร้างฐานรากและวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายที่ทำให้เกิดความล่าช้า โดยแสดงในรูปแบบแผนภาพฟอลต์ทรีของแต่ละกิจกรรม และเก็บข้อมูลความน่าจะเป็นและผลกระทบของแต่ละสาเหตุต่อเวลาในการก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมด้วยแบบสอบถามร่วมกับการประชุมระดมสมอง และวิเคราะห์ค่าคาดหวังของความล่าช้าในแต่ละกิจกรรมของการก่อสร้างฐานรากด้วยการวิเคราะห์ฟอลต์ทรีในเชิงปริมาณ ผลวิจัยพบว่า สาเหตุเบื้องต้นมีจำนวน 14 สาเหตุ สาเหตุจากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุด ส่วนกิจกรรมที่ได้รับผลกระทบจากความล่าช้าสูงสุด 2 อันดับแรก คือ การติดตั้งไม้แบบและการตัดหัวเข็ม วิธี FTA สามารถใช้ระบุกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงสุดและสามารถระบุสาเหตุพื้นฐานของความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมได้ ทำให้ผู้จัดการ โครงการสามารถจัดการมาตรการจัดการความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมและภาพรวมของโครงการได้

ABSTRACT

The objective of the research is to analyze the factors affecting time of foundation construction for developing a construction plan. The methodology consists of collecting and studying literature review concerning construction activities of foundation work and factors causing delays, identifying problems and delay causes in foundation work from literature reviews and brainstorming sessions. The root causes of delay problems are analyzed using Fault Tree Analysis (FTA). The probabilities of occurrences of the causes are acquired using questionnaires and brainstorming. The significance of root causes is analyzed quantitatively by using FTA. The result reveals that there are 14 basic events. The most significant factor is weather and natural causes of delay. The formwork construction and cutting off pile heads are two most risky activities. The proposed approach can assist in ranking risky activities and risk factors affecting activity and the entire project. A Project manager can conduct suitable proactive risk measures to undertake risks.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนโครงการหลายวิธี ได้แก่ Gantt Chart หรือ Bar chart Critical Path Method หรือ CPM Project Evaluation and Review Technique หรือ PERT เทคนิคการวางแผนงานแบบเชิงเส้น หรือ Linear Scheduling Techniques และเทคนิคการจำลองสถานการณ์ หรือ Simulation Technique โดยทั่วไปเทคนิคหรือเครื่องมือในการวางแผนที่นิยมใช้มี 3 เทคนิค คือ เทคนิคแบบ Gantt chart, CPM และ PERT [1]

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการนำหลักการบริหารความเสี่ยงมาใช้ร่วมกับวิธี CPM เนื่องจากวิธี CPM เป็นวิธีการวางแผนงานที่อาศัยโครงข่ายในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมตั้งแต่ต้นจนจบ ซึ่งแสดงระยะเวลาที่แสดงบนกิจกรรมเป็นเวลาที่แน่นอน (Deterministic) จึงต้องใช้กับโครงการที่เคยทำหรือสร้างขึ้นแล้วซึ่งผู้วางแผนรู้ถึงขั้นตอนการทำงานและระยะเวลาที่ใช้เป็นอย่างดี ดังนั้นข้อจำกัดของวิธี CPM คือไม่สามารถวางแผนโครงการโดยวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ แม้ว่าวิธี PERT จะเป็นวิธีการคำนวณระยะเวลาโครงการ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำหลักความน่าจะเป็นเข้ามาใช้ในการหาระยะเวลา โดยคิดค่าเฉลี่ยจากตัวเลขจำนวน 3 ตัวของแต่ละกิจกรรม คือ 1. ระยะเวลาที่ดีที่สุดหรือ (Optimistic, a) 2. ระยะเวลาที่มากที่สุดหรือ (Pessimistic, b) 3. ระยะเวลาที่มีค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดหรือ (Most Likely, m) จากตัวเลขจำนวน 3 ตัวข้างต้น โดยสมการในการคิดค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาของ PERT คือสมการที่ 1 และ 2 แต่วิธี PERT มีข้อจำกัดคือ การประมาณการเวลาที่ดีที่สุดเวลาที่มากที่สุด และเวลาที่มีค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดอาศัยประสบการณ์ของผู้ประเมินเป็นหลักทำให้ไม่สามารถอธิบายได้ว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดเวลาที่ที่ดีที่สุดหรือเวลาที่มากที่สุดคือปัจจัยใด ทำให้ผู้จัดการโครงการไม่สามารถกำหนดมาตรการเร่งงานโดยการส่งเสริมปัจจัยที่

ทำให้เกิดเวลาที่ที่ดีที่สุดหรือกำหนดมาตรการจัดการความเสี่ยงในเชิงรุกเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยที่ทำให้เกิดเวลาที่มากที่สุดได้ [2]

$$\mu = \frac{(a + 4m + b)}{6} \quad (1)$$

$$SD = \frac{(b - a)}{6} \quad (2)$$

โครงการก่อสร้างโดยทั่วไปมักได้รับผลกระทบจากปัจจัยเสี่ยง โดยผลกระทบมีต่อทั้งเวลา ต้นทุน และคุณภาพของโครงการ ปัจจัยเสี่ยงของโครงการสามารถแบ่งออกเป็น 1) สาเหตุจากบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) สาเหตุจากการเงิน 3) สาเหตุจากเครื่องจักรในงานก่อสร้าง 4) สาเหตุจากวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 5) สาเหตุจากขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง และ 6) สาเหตุจากปัญหาด้านสภาพภูมิประเทศที่ไม่เหมาะสมกับการทำงาน นอกจากนี้พบว่างานก่อสร้างยังได้รับผลกระทบจากปัจจัยด้านการเงิน ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง ปัจจัยด้านแรงงาน ปัจจัยด้านกระบวนการก่อสร้าง สัญญา และชุมชนในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง ปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องกับบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างคือ ผู้ว่าจ้าง ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และผู้รับจ้าง ทั้งนี้เนื่องจากโครงการก่อสร้างถูกดำเนินงานภายใต้ขีดจำกัดของงบประมาณ กำหนดระยะเวลา และคุณภาพของงาน พร้อมทั้งยังมีกิจกรรมมาก มีความซับซ้อนของงาน และมีผู้เกี่ยวข้องมากมาย ในแต่ละช่วงการดำเนินงานอาจมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้ จึงทำให้งานก่อสร้างล่าช้า ทั้งนี้เนื่องจากผู้ที่เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายและปัจจัยภายนอก เช่น ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบจากความเสียหายทำให้เวลาในการดำเนินการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมมีความไม่แน่นอน [3]

บทความวิจัยนี้อภิปรายถึง สาเหตุของความล่าช้าในการก่อสร้างงานฐานรากและประมาณการเวลาที่ล่าช้าในระดับกิจกรรมเพื่อประมาณการเวลาก่อสร้างของโครงการก่อสร้างที่มีมูลค่ามากกว่า 50 ล้านบาทขึ้นไป ซึ่งดำเนินการก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้เสนอแบบจำลองที่ช่วยในการวางแผนงานในการก่อสร้างฐาน

รากด้วยการนำวิธีการประเมินความเสี่ยงมาใช้ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์ฟอลท์ทรี Fault Tree Analysis (FTA) ในการประเมินความเสี่ยง ผู้ประเมินทั่วไปจะแสดงความรู้สึกที่มีต่อระดับความสำคัญ ค่าโอกาส และค่าผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงหรือสาเหตุของความล่าช้าในงานก่อสร้าง สำหรับวิธี FTA การวิเคราะห์ฟอลท์ทรีเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) อย่างหนึ่งที่ใช้หลักการการอนุมาน (Deductive Principle) โดยเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Undesired Event) ของระบบถูกกำหนดขึ้น จากนั้น ระบบจะถูกวิเคราะห์ในรายละเอียด ลักษณะการทำงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อหาหนทางหรือหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ [4] นอกจากนี้ การวิเคราะห์ฟอลท์ทรี ยังถูกนำมาใช้ในการหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงในการทำให้ระบบเกิดความล้มเหลว

บทความวิจัยนี้อภิปรายถึง การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของความล่าช้าในงานก่อสร้างงานฐานราก เพื่อวางแผนงานก่อสร้างสำหรับเป็นข้อมูลให้กับผู้จัดการโครงการในการกำหนดมาตรการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสมในการก่อสร้างฐานราก โดยพิจารณาปัจจัยที่ทำให้ในงานก่อสร้างล่าช้า ผู้วิจัยได้เสนอแบบจำลองที่ช่วยในการวางแผนด้วยการนำวิธี FTA มาใช้ ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTA จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี CPM วิธี PERT และเวลาในการก่อสร้างจริง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธี PERT

วิธี PERT พัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2501 โดยกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ร่วมกับ บูช แอลเลน และ แฮมิลตัน (Booz Allen and Hamilton) และ ล็อกฮีด แอร์คราฟต์ (Lockheed Aircraft) วัตถุประสงค์การพัฒนาคือการใช้ในการบริหารโครงการขีปนาวุธโพลาริส (Polaris) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยผู้รับเหมาช่วง (Subcontractor) มากกว่า 9,000 ราย เบื้องต้นลักษณะของโครงการเป็นการวิจัยและพัฒนาและมีการผลิต

ส่วนประกอบใหม่ๆ ซึ่งไม่เคยมีผู้ใดผลิตมาก่อน อุปสรรคในการวางแผนคือการประมาณระยะเวลาในการดำเนินการต่างๆ ซึ่งโครงการลักษณะนี้จะไม่สามารถกำหนดลงไปได้อย่างแน่นอน จึงได้มีการนำแนวความคิดของความน่าจะเป็น (probability concept) เข้ามาประกอบเข้ากับวิธีการเดิม เช่น วิธี CPM ทำให้วิธี PERT สามารถนำไปใช้กับโครงการที่มีเวลาดำเนินงานไม่แน่นอน ข้อแตกต่างระหว่างวิธี PERT และวิธี CPM คือ เวลาในการทำกิจกรรม โดยเวลาในการทำกิจกรรมของวิธี PERT จะเป็นเวลาโดยประมาณซึ่งคำนวณได้ด้วยการใช้ความน่าจะเป็น ส่วนเวลาในวิธี CPM เป็นเวลาแน่นอนซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลที่เคยทำมาก่อน เช่น อัตราการทำงาน ของงานแต่ละประเภท อัตราการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น วิธี PERT จึงเหมาะกับการใช้ในโครงการที่ไม่เคยทำมาก่อน หรือโครงการซึ่งไม่สามารถเก็บรวบรวมเวลาของการทำกิจกรรมได้ เช่น โครงการพัฒนาวิจัย งานก่อสร้าง [5]

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานเทคนิค PERT ซึ่งมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งมีการแจกแจงความน่าจะเป็นในรูปแบบเบต้า (Beta Distribution) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของกิจกรรมได้โดยใช้สมการที่ 1 และ 2 และนำค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมาหาค่ามาตรฐานจากสมการที่ 3 [5,6]

$$Z = \frac{T_i - \sum Te}{\sqrt{\sum \sigma^2}} \quad (3)$$

โดยที่ T_i คือ เวลาของโครงการที่กำหนดขึ้น

2.2 วิธี FTA

วิธี FTA พัฒนาขึ้นในปี 1961 โดย H.A. Watson of Bell Telephone Laboratories ร่วมมือกับ U.S. Air Force เพื่อใช้ศึกษา The Minuteman Missile Launch Control System และใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยและใช้ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบที่มีความซับซ้อน ในปี 1965 ผ่านการ

จัดสัมมนาด้านความปลอดภัย [7] FTA เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) อย่างหนึ่งที่ใช้หลักการการอนุมาน (Deductive Principle) โดยเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Undesired Event) ของระบบถูกกำหนดขึ้น แล้วระบบจะถูกวิเคราะห์ในรายละเอียด ลักษณะการทำงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อระบุหนทางหรือสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ [4] นอกจากนี้วิธี FTA ถูกนำมาใช้ในการหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงในการทำให้ระบบเกิดความล้มเหลว

วิธี FTA แสดงสาเหตุและความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้นในระบบ โดยแสดงเป็น โมเดลทางรูปภาพ (Graphic Model) ความผิดพลาดหรือสาเหตุที่ทำให้ระบบเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ สาเหตุอาจเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ ความผิดพลาดขององค์ประกอบในระบบ หรือความผิดพลาดอื่นๆ ที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของระบบได้ วิธี FTA มี 4 ขั้นตอน คือ การนิยามระบบ (System Definition) การสร้างแผนภาพฟอลท์ทรี (Fault Tree Construction) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Evaluation) และ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation)

วิธี FTA เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง ซึ่งจะช่วยในการชี้แจงสาเหตุรากเหง้าของความเสี่ยง (Root Cause) ทั้งนี้เพื่อทำการขจัดสาเหตุรากเหง้าอันจะทำให้ความเสี่ยงนั้นๆ ไม่กลับมาอีกซึ่งเป็นการแก้ปัญหาแบบยั่งยืน ซึ่งทำให้สามารถหาแนวทางป้องกันได้ก่อนที่ความล้มเหลวจะเกิดขึ้น [4] FTA เป็นวิธีที่ทำให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของแต่ละเหตุการณ์แต่ละสาเหตุได้เป็นอย่างดี และแสดงด้วยแผนภาพที่เข้าใจง่าย วิธีการสร้างแผนผัง FTA กล่าวโดยสรุป คือ เหตุการณ์ที่ยังสามารถวิเคราะห์ต่อไปได้อีกจะเขียนแทนด้วยสี่เหลี่ยม (□) ส่วนเหตุการณ์ที่เกิดได้ตามปกติ ไม่ต้องวิเคราะห์ต่อจะเขียนแทนด้วยวงกลม (O) ส่วนสัญลักษณ์ที่ใช้เชื่อมต่อแต่ละเหตุการณ์เข้าด้วยกัน มี 2 แบบคือ เหตุการณ์ที่เชื่อมกันด้วย

“และ” (∩) หมายถึงว่า จะต้องเกิดเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุย่อยทุกเหตุการณ์พร้อมกันจึงจะเกิดเหตุการณ์นั้นขึ้นได้ ซึ่งแตกต่างไปจากเหตุการณ์ที่เชื่อมด้วย “หรือ” (∪) ซึ่งหมายถึงว่า หากเกิดเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุย่อยเพียงเหตุการณ์เดียว ก็จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น [4] ได้จุดเด่นของ FTA คือ ไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลมาเพื่อวิเคราะห์ เหมือนกับข้อมูลอื่นๆ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบระบบแก้ปัญหา เพื่อให้การบริหารงานตรวจสอบภายในมีประสิทธิภาพ [8, 9]

โดยทั่วไปในการเขียนสาเหตุของความเสี่ยงจะได้จากการระดมความคิดทั้งหมด โดยเริ่มจากต้นเหตุใหญ่ของความเสี่ยงซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วย คน เครื่องมือ สภาพแวดล้อม วิธีการทำงานและวัตถุดิบ แล้วแต่ละองค์ที่เก็บรวบรวมสาเหตุของความเสี่ยงนั้น ได้จาก Fault Tree Diagram ของความเสี่ยงทั้งหมด สาเหตุที่เป็นสาเหตุพื้นฐานซึ่งเขียนอยู่ในสัญลักษณ์วงกลม (O) จะถูกนำมาเป็นตัวตั้งในการวิเคราะห์หามาตรการจัดการความเสี่ยง แล้วทำการประเมินความเหมาะสมเมื่อคัดเลือกรามาตรการจัดการความเสี่ยงจากคะแนนความเหมาะสม และดุลพินิจของทุกคนที่เกี่ยวข้องแล้ว การวิเคราะห์ฟอลท์ทรีปกติเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative model) แต่มักจะถูกนำไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย (Quantitative model) เพื่อหาข้อสรุปต่างๆ ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะใช้ค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ต่างๆ มาเกี่ยวข้อง โดยหาค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์จากข้อมูลทางสถิติหรือจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์เชิงปริมาณมีการคำนวณค่าความน่าจะเป็นมีหลักการคำนวณดังต่อไปนี้ กรณีที่ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน คือ “หรือ” (Or Gate) กำหนดให้ $S = q_1$ หรือ q_2 หรือ q_3 หรือ... หรือ q_n จะได้ว่า

$$P(S) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i) \quad (4)$$

เมื่อ q_i เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน

กรณี ที่ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน คือ “และ” (And Gate) กำหนดให้ $S = q_1$ และ q_2 และ q_3 และ...และ q_n จะได้ว่า

$$P(S) = 1 - \prod_{i=1}^n q_i \quad (5)$$

เมื่อ q_i เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน

จากงานวิจัยของไพฑูรย์ [10] ที่ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) โดยใช้การวิเคราะห์แบบฟอลท์ทรีวิธี FTA พบว่าข้อมูลความน่าจะเป็นในการเกิดปัญหาได้ถูกรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามและทำการวิเคราะห์ความสำคัญของสาเหตุหรือปัจจัยโดยใช้การวิเคราะห์ฟอลท์ทรีในเชิงปริมาณ ผลการวิจัยแสดงปัจจัยที่เป็นสาเหตุเบื้องต้นจำนวน 43 ปัจจัย ในการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนของ อบต. พบว่า 5 อันดับแรก คือ ขาดผู้รับผิดชอบดูแลควบคุมการใช้งานและผู้ใช้งานมีพฤติกรรมการใช้งานถนนที่ไม่เหมาะสม ขาดแคลนเครื่องมือที่ได้มาตรฐานในการสำรวจและมีการใช้งานถนน ระยะเวลาในการสำรวจมีจำกัดและมีการใช้งานถนน ขาดแคลนงบประมาณในการสำรวจและมีการใช้งานถนน และขาดแคลนบุคลากรในการสำรวจและมีการใช้งานถนนตามลำดับ [10]

2.3 ความล่าช้าในโครงการก่อสร้างฐานราก

ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านการเงิน 2) ปัจจัยจากผู้ออกแบบ 3) ปัจจัยจากเจ้าของโครงการ 4) ปัจจัยที่เกิดจากเจ้าของโครงการ 5) ปัจจัยจากกฎระเบียบและข้อกำหนด 6) ปัจจัยจากผู้รับจ้าง 7) ปัจจัยที่เกิดจากเรื่องสิ่งแวดล้อม 8) ปัจจัยที่เกิดจากเทคโนโลยีการก่อสร้าง 9) ปัจจัยจากการบริหารจัดการ 10) ปัจจัยจากผู้รับเหมาย่อย 11) ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงาน 12) ปัจจัยด้านวัสดุ [11] ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างใน 3 รูปแบบ คือ 1) ความล่าช้าที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างที่เจ้าของโครงการสามารถยอมรับในผลของความล่าช้าได้ (Excusable delay) ความล่าช้า

ประเภทนี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับค่าชดเชยในเรื่องเงินจากเจ้าของโครงการแต่ไม่ได้รับการชดเชยในเรื่องเวลาที่สูญเสียไป (Non-compensable delay) สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าประเภทนี้เป็นสาเหตุจากปัจจัยภายนอก [12] และกลุ่มที่ได้รับการชดเชยทั้งด้านเงินและเวลา (Compensable delay) [13] 2) ความล่าช้าที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างเนื่องจากผู้รับจ้าง ในกรณีที่เจ้าของโครงการไม่สามารถยอมรับในผลของความล่าช้าได้ (Non-excusable delay) ผู้รับจ้างจะไม่ได้รับการชดเชยในเรื่องเงินและเวลาจากเจ้าของโครงการ และ 3) ความล่าช้าในขณะที่ดำเนินงานก่อสร้างที่เกิดจากทั้งผู้รับจ้างและเจ้าของโครงการ เป็นความล่าช้าตั้งแต่ 2 กิจกรรมขึ้นไปที่เกิดในเวลาเดียวกัน (Concurrent delay) นอกจากนี้สาเหตุความล่าช้าได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) ความล่าช้าที่เกิดจากผู้ว่าจ้าง 2) ความล่าช้าที่เกิดจากผู้รับจ้าง 3) ความล่าช้าที่เกิดจากมีสิ่งกีดขวางทางกายภาพ และ 4) ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอก [14-16]

สำหรับการก่อสร้างฐานรากได้รับผลกระทบจากความล่าช้าจากหลากหลายปัจจัย เช่น การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก ขาดแคลนแรงงาน ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ ปัญหาสภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนตก , อากาศร้อนหรือ หนาว เงื่อนไขของพื้นที่ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ คนงานทำงานผิดพลาด ผู้รับเหมาขาดแคลนเครื่องมือและเครื่องจักรที่จำเป็น การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก คนงานขาดความสามารถ ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ ผู้ออกแบบไม่ได้ให้รายละเอียดของงานหรือรายละเอียดผิดพลาด เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย ผู้รับเหมาเลือกใช้วิธีการก่อสร้างไม่เหมาะสม และ ขาดทรัพยากร [17]

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเกณฑ์การประเมิน

การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างฐานรากของโครงการก่อสร้างที่มีมูลค่ามากกว่า 50 ล้านบาท

บาทขึ้นไป ซึ่งดำเนินงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร มีขั้นตอนในการศึกษาทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวม ศึกษา ค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การวิเคราะห์วิธี FTA โครงการก่อสร้าง ฐานราก และผลกระทบจากความล่าช้าใน โครงการ ก่อสร้าง

2. รวบรวม สืบหา ความเสี่ยงและสาเหตุของความ เสี่ยงในกิจกรรมต่างๆ ในโครงการก่อสร้างฐานราก ที่ทำ ให้เกิดความล่าช้า ทั้งจากเอกสารอ้างอิงและจากการ สัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างเพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปทำการระบุปัจจัยเสี่ยงในการ โครงการก่อสร้างฐานราก

3. วิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดสาเหตุ พื้นฐานของความล่าช้าในแต่ละกิจกรรมของการก่อสร้าง ฐานรากโดยใช้ check list สอบถาม วิศวกร ผู้ควบคุมงาน เ้ารับจ้าง และผู้ว่าจ้าง ถึงความน่าจะเป็นและระดับ ผลกระทบของสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTA ต่อไป

4. สร้างแผนภาพฟลอร์ทรีซึ่งแสดงสาเหตุของความ ล่าช้าในแต่ละกิจกรรมของการก่อสร้างฐานรากโดยใช้การ วิเคราะห์ด้วยวิธี FTA เชิงคุณภาพ

5. นำสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTA เชิง คุณภาพ มาวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดความล่าช้า ของกิจกรรมต่างๆ ในการก่อสร้างฐานรากด้วยวิธี FTA เชิงปริมาณ

6. เปรียบเทียบผลการประมาณการเวลาโครงการด้วย วิธีที่ นำเสนอวิธี CPM วิธี PERT และเวลาในการ ก่อสร้างจริง

7. เสนอแนะมาตรการจัดการความล่าช้าในโครงการ ก่อสร้างฐานราก

8. สรุปผล และข้อเสนอแนะของงานวิจัย การดำเนินงานศึกษาครั้งนี้ แบ่งการเก็บข้อมูล ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเก็บข้อมูลการจัดกลุ่มประเภทของสาเหตุความล่าช้าใน งานก่อสร้างฐานราก

ส่วนที่ 2 ทำการประชุมระดมสมอง ที่ปรึกษาควบคุม งาน ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ออกแบบ เจ้าของโครงการ รวม 43 ท่าน เพื่อรวบรวมรายงานสาเหตุของความล่าช้าที่มัก พบของในงานก่อสร้างฐานราก เพื่อนำไปใช้จัดทำเป็น แบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 ใช้แบบสอบถามร่วมกับการประชุมระดม สมองเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลความคิดเห็นจากที่ ปรึกษาควบคุมงาน ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ออกแบบ และ เจ้าของโครงการ รวม 43 ท่าน เพื่อรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ความน่าจะเป็นที่พบสาเหตุความล่าช้า ผลกระทบของ สาเหตุความล่าช้า เวลาที่ดีที่สุดในการดำเนินงานก่อสร้าง ในแต่ละกิจกรรม

3.2 การเก็บข้อมูลด้วยการประชุมระดมสมอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พิจารณาการก่อสร้างฐานราก โครงการก่อสร้างที่มีมูลค่ามากกว่า 50 ล้านบาทขึ้นไป ซึ่ง ดำเนินงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร กิจกรรมที่ ทำการศึกษามี 10 กิจกรรม ดังนี้ 1) การขุดหลุม 2) การ ปรับระดับกันหลุม 3) เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม 4) การ ตรวจเช็คตำแหน่งหรือแนวศูนย์กลางของเข็ม 5) ตรวจเช็ค และตัดหัวเข็มให้เสมอกัน 6) การวางเหล็กฐานราก 7) งานติดตั้งไม้แบบ 8) งานหล่อหรือเทฐานราก 9) งาน ถอดไม้แบบ และ 10) งานถมดินกลับ ผู้เกี่ยวข้องร่วม ในการก่อสร้าง ประกอบด้วย เจ้าของงาน ที่ปรึกษาควบคุม งาน ผู้รับเหมา และ ผู้รับเหมาช่วง เนื่องจากงานวิจัย ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้าง ฐานราก งานวิจัยจึงได้กำหนดผู้ที่เข้าร่วมประชุมระดม สมองเป็นตัวแทนจากบริษัทเจ้าของงาน บริษัทที่ปรึกษา ควบคุมงาน บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง บริษัทผู้รับเหมาช่วง ก่อสร้าง บริษัทออกแบบ และเจ้าของโครงการ โดยจะต้อง เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ และผ่านการดำเนินการในขั้นตอน ต่างๆ ของการก่อสร้างฐานราก จำนวนผู้เข้าร่วมประชุม กลุ่มรวม 43 ท่าน ผู้ควบคุมการประชุมจะแสดงข้อมูล สาเหตุความล่าช้าที่รวบรวมได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้ ผู้เข้าร่วมประชุมรับทราบ

การวิจัยครั้งนี้แบ่งสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event: BE) ของความล่าช้าในการก่อสร้างออกเป็น 14 สาเหตุ คือ การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก (BE1) ขาดแคลนแรงงาน (BE2) ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ (BE3) ปัญหาสภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนตก อากาศร้อนหรือ หนาว (BE4) เงื่อนไขของพื้นที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (BE5) คนงานทำงานผิดพลาด (BE6) ผู้รับเหมาขาดแคลนเครื่องมือและเครื่องจักรที่จำเป็น (BE7) การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก (BE8) คนงานขาดความสามารถ (BE9) ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ (BE10) ผู้ออกแบบไม่ได้ให้รายละเอียดของงานหรือรายละเอียดผิดพลาด (BE11) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย (BE12) ผู้รับเหมานำเสนอใช้วิธีการก่อสร้างไม่เหมาะสม (BE13) และ ขาดทรัพยากร (BE14) ผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมประชุมระดมสมองจะระบุลักษณะและตัวอย่างเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุความล่าช้าที่พบบ่อยใน 14 สาเหตุพื้นฐานนี้ จากนั้นจึงสรุปสาเหตุพื้นฐานของความล่าช้าที่มักพบในแต่ละกิจกรรมก่อสร้างในงานฐานราก

จากสาเหตุพื้นฐานของความล่าช้าในแต่ละกิจกรรมในการก่อสร้างฐานราก งานวิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุม เกี่ยวกับความน่าจะเป็นที่พบสาเหตุพื้นฐานและผลกระทบจากสาเหตุพื้นฐานต่อกิจกรรมก่อสร้างฐานราก แบบสอบถามจะถูกสร้างขึ้นในรูปแบบของมาตราประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามที่เกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้กรอกแบบสอบถามซึ่งชุดคำถามประกอบด้วยเพศ อายุ วุฒิการศึกษา สาขาที่จบการศึกษา ลักษณะขององค์กร ตำแหน่งงานในปัจจุบัน ประสบการณ์ในการทำงาน และ ลักษณะโครงการ

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความน่าจะเป็นที่พบสาเหตุพื้นฐานและผลกระทบจากสาเหตุพื้นฐานต่อกิจกรรมก่อสร้างฐานราก ด้านระยะเวลางานก่อสร้าง

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับระยะเวลาในการก่อสร้างฐานรากในแต่ละกิจกรรม อันประกอบด้วย 1. ระยะเวลาที่ดีที่สุดหรือ (Optimistic, a) 2. ระยะเวลามากที่สุดหรือ (Pessimistic, b) และ 3. ระยะเวลาที่มีค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดหรือ (Most Likely, m)

แบบสอบถามกำหนดให้ผู้เข้าร่วมประชุมให้ข้อมูลในลักษณะของมาตราประมาณค่า (Rating Scale) ระดับความน่าจะเป็น (Probability: P) และความรุนแรง (Consequence: C) ของปัญหา ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุดซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 5 ไปถึง 1 ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ระดับความน่าจะเป็นและความหมาย

ระดับความน่าจะเป็น	ระดับ	ร้อยละความน่าจะเป็น
โอกาสเกิดน้อยที่สุด	1	0-20
โอกาสเกิดน้อย	2	>20-40
โอกาสเกิดปานกลาง	3	>40-60
โอกาสเกิดมาก	4	>60-80
โอกาสเกิดมากที่สุด	5	>80-100

ตารางที่ 2 ระดับผลกระทบและความหมาย

ระดับผลกระทบ	ระดับ	ร้อยละผลกระทบ
ผลกระทบน้อยที่สุด	1	0-20
ผลกระทบน้อย	2	>20-40
ผลกระทบปานกลาง	3	>40-60
ผลกระทบมาก	4	>60-80
ผลกระทบมากที่สุด	5	>80-100

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำมาคำนวณค่าดัชนีความล่าช้า (Delay Index: DI) ดังแสดงในสมการที่ 6

$$DI = P \times C \quad (6)$$

หลังจากได้ข้อมูลแล้วจึงประเมินดัชนีความล่าช้าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Delay Index: WDI) ดังแสดงใน

สมการที่ 4 โดยน้ำหนักความสำคัญวิเคราะห์จากเวลาเฉลี่ย ในการดำเนินงานก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมซึ่งคำนวณจาก สมการที่ 1 ข้อมูลนำเข้ารวบรวมจากแบบสอบถามตอนที่ 1 โดยที่ WDI คือผลรวมของผลคูณของค่าน้ำหนัก ความสำคัญของสาเหตุความล่าช้ากับค่าระดับความรุนแรง ของผลกระทบและค่าโอกาสหรือความน่าจะเป็นของ สาเหตุของความล่าช้า โดย w_i คือ น้ำหนักความสำคัญ ของสาเหตุความล่าช้า i

$$WDI = \sum_{i=1}^n w_i \times P_i \times C_i \quad (7)$$

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความล่าช้าถ่วงน้ำหนัก ดัง แสดงในสมการข้างต้น จะถูกใช้ในการประเมินสาเหตุ พื้นฐานที่มีความเสี่ยงสูงสุด ในการประเมินความล่าช้าของ แต่ละกิจกรรม การวิจัยนี้ได้กำหนดให้พิจารณาผลรวมของ ผลกระทบจากทุกสาเหตุของความล่าช้าต่อกิจกรรมที่กำลัง พิจารณา ส่วนค่าคาดหวังของผลกระทบวิเคราะห์จากผล คูณระหว่างค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล่าช้าซึ่งเป็น ผลลัพธ์จากวิธี FTA กับค่าผลรวมของผลกระทบจากทุก สาเหตุของความล่าช้าดังแสดงในสมการที่ 8 และ 9 ตามลำดับ กิจกรรมจะถูกเรียงลำดับตามค่าคาดหวัง โดย กิจกรรมที่มีค่าคาดหวังสูงสุดเป็นกิจกรรมที่เสี่ยงมากที่สุด

$$C_{total} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (8)$$

โดย C_i แทนค่าระดับผลกระทบจากสาเหตุ i

$$C_{exp} = C_{total} \times P(S) \quad (9)$$

โดย $P(S)$ แทนค่าความน่าจะเป็นของการเกิดความ ล่าช้าของกิจกรรม

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสาเหตุพื้นฐานของความล่าช้าในแต่ละ กิจกรรมก่อสร้างฐานราก ทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าความ น่าจะเป็นและระดับผลกระทบจากแต่ละสาเหตุพื้นฐานต่อ กิจกรรมก่อสร้าง พบว่ากิจกรรมซึ่งมีความเสี่ยงที่จะล่าช้า สูงสุด คือ กิจกรรมที่ 7 งานติดตั้งไม้แบบ กิจกรรมที่ 6 การ วางเหล็กฐานราก และ กิจกรรมที่ 5 ตรวจสอบและตัดหัว เข็มให้เสมอกัน ตามลำดับ โดยเรียงลำดับด้วยการวิเคราะห์ ค่า C_{exp} (สมการที่ 9) กิจกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำสุดคือ

กิจกรรมที่ 3 เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม เมื่อพิจารณาค่า ความแปรปรวนของเวลาในการดำเนินกิจกรรม พบว่า กิจกรรมที่มีค่าความแปรปรวนสูงสุดคือ กิจกรรมที่ 7 งาน ติดตั้งไม้แบบ กิจกรรมที่ 6 การวางเหล็กฐานราก กิจกรรม ที่ 5 ตรวจสอบและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน ส่วนกิจกรรมที่มี ค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ กิจกรรมที่ 3 เทคอนกรีต บริเวณกันหลุม ตารางที่ 3 แสดงการลำดับกิจกรรมเรียง ตามค่า และค่าความแปรปรวนของกิจกรรม พบว่ากิจกรรม ที่ได้รับผลกระทบจากความเสี่ยงสูงจะมีค่าความแปรปรวน สูง รูปที่ 1 แผนภาพพล็อตทรีในการประเมินความเสี่ยง เพื่อวางแผนงานก่อสร้างฐานราก ตารางที่ 4 แสดงผลการ วิเคราะห์ความเสี่ยงและเวลาของกิจกรรมก่อสร้างพบว่า สาเหตุพื้นฐานที่มีความสำคัญสูงสุดคือ 1) ปัญหาสภาพ

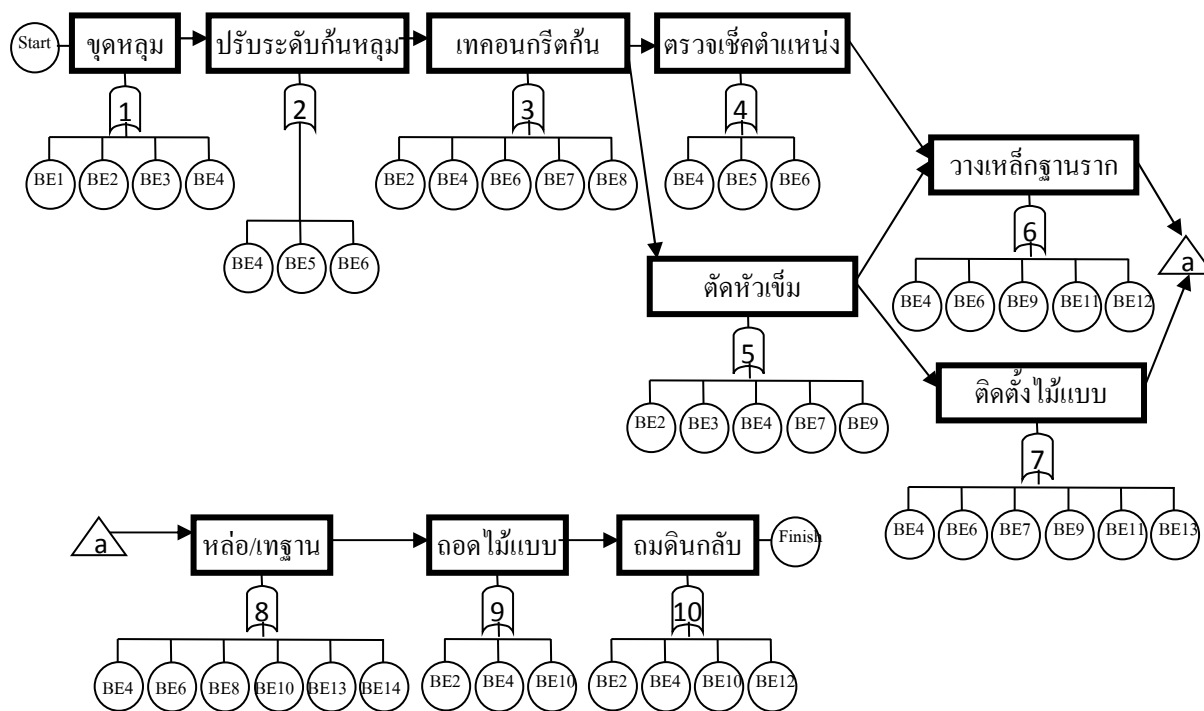
ตารางที่ 3 การลำดับกิจกรรมเรียงตามค่า และค่าความ แปรปรวนของกิจกรรม

กิจกรรม	C_{exp}	กิจกรรม	ค่าความแปรปรวน
7) งานติดตั้งไม้แบบ	10.91	7) งานติดตั้งไม้แบบ	4.20
5) ตรวจสอบและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน	7.44	6) การวางเหล็กฐานราก	2.33
6) การวางเหล็กฐานราก	7.33	5) ตรวจสอบและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน	1.93
1) การขุดหลุม	6.49	4) การตรวจเช็คตำแหน่งหรือแนวศูนย์กลางของเข็ม	1.38
10) งานถมดินกลบ	6.35	10) งานถมดินกลบ	1.30
4) การตรวจเช็คตำแหน่งหรือแนวศูนย์กลางของเข็ม	5.53	1) การขุดหลุม	1.27
2) การปรับระดับกันหลุม	3.61	2) การปรับระดับกันหลุม	0.79
8) งานหล่อหรือเทฐานราก	3.57	9) งานถอดไม้แบบ	0.71
9) งานถอดไม้แบบ	2.60	8) งานหล่อหรือเทฐานราก	0.38
3) เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม	2.60	3) เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม	0.30

ตารางที่ 4 สาเหตุพื้นฐานและเวลาในการดำเนินกิจกรรมก่อสร้างฐานราก

ACT	BE1		BE2		BE3		BE4		BE5		BE6		BE7		BE8		BE9		BE10		BE11		BE12		BE13		BE14		G	P	C	เวลา										
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C				Delay	o	m	p	μ	SD	ES	EF	LS	LF	TF
	1	75	75	40	70	55	80	40	50																								U	0.96	2.75	6.77	2.46	8.95	9.23	7.91	1.13	0.00
2							60	60	10	60	10	60																	U	0.68	1.80	5.35	2.97	6.58	8.32	6.27	0.89	7.91	14.19	7.91	14.19	0.00
3			30	60			10	70			40	80	20	60	30	60													U	0.79	3.30	3.3	1.00	3.60	4.30	3.28	0.55	14.19	17.47	14.19	17.47	0.00
4							10	80	40	70	60	##																	U	0.78	2.50	7.05	2.82	8.35	9.87	7.68	1.18	17.47	25.15	19.12	26.80	1.65
5			40	60	10	50	50	50					50	60			20	60											U	0.89	2.80	8.34	2.98	10.42	11.32	9.33	1.39	17.47	26.80	17.47	26.80	0.00
6							10	70			30	70					50	65			10	50	30	50					U	0.80	3.05	9.15	3.00	10.33	12.15	9.41	1.53	26.80	36.22	29.71	39.12	2.91
7							50	60			20	80	10	70			30	70			10	60			50	70			U	0.89	4.10	12.3	3.00	13.91	15.30	12.32	2.05	26.80	39.12	26.80	39.12	0.00
8							10	60			20	80			70	80			60	60					50	60	20	30	U	0.97	3.70	3.7	1.00	4.57	4.70	4.00	0.62	39.12	43.12	39.12	43.12	0.00
9			40	60			10	60											10	50									U	0.51	1.70	5.07	2.98	5.58	8.05	5.56	0.84	43.12	48.68	43.12	48.68	0.00
10			40	60			40	70											50	80			60	50					U	0.93	2.60	6.84	2.63	8.98	9.47	8.00	1.14	48.68	56.68	48.68	56.68	0.00

หมายเหตุ ACT แทนกิจกรรม BE แทนสาเหตุพื้นฐาน P แทนค่าความน่าจะเป็น C แทนค่าผลกระทบ G แทนความสัมพันธ์บนแผนภาพ FTA U แทนความสัมพันธ์แบบหรือ Delay แทน เวลาที่ล่าช้า o แทนเวลาที่ตีที่สุด p แทนเวลาที่นานที่สุด m แทนเวลาที่เกิดบ่อยที่สุด μ แทนเวลาเฉลี่ย SD แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลา ES แทนเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด EF แทนเวลาเสร็จที่เร็วที่สุด LS แทนเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด LF แทนเวลาเสร็จที่ช้าที่สุด การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก (BE1) ขาดแคลนแรงงาน (BE2) ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ (BE3) ปัญหาสภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนตก อากาศร้อนหรือ หนาว (BE4) เงื่อนไขของพื้นที่ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (BE5) คนงานทำงานผิดพลาด (BE6) ผู้รับเหมาขาดแคลนเครื่องมือและเครื่องจักรที่จำเป็น (BE7) การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ยาก (BE8) คนงานขาดความสามารถ (BE9) ผู้รับเหมาขาดประสบการณ์และการควบคุมโครงการ (BE10) ผู้ออกแบบไม่ได้ให้รายละเอียดของงานหรือรายละเอียดผิดพลาด (BE11) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย (BE12) ผู้รับเหมาเลือกใช้วิธีการก่อสร้างไม่เหมาะสม (BE13) และขาดทรัพยากร (BE14) กิจกรรม 1 การขุดหลุม กิจกรรม 2 การปรับระดับก้นหลุม กิจกรรม 3 เทคอนกรีต บริเวณก้นหลุม กิจกรรม 4 การตรวจเช็คตำแหน่งหรือแนวศูนย์กลางของเข็ม กิจกรรม 5 ตรวจเช็คและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน กิจกรรม 6 การวางเหล็กฐานราก กิจกรรม 7 งานติดตั้งไม้แบบ กิจกรรม 8 งานหล่อหรือเทฐานราก กิจกรรม 9 งานถอดไม้แบบ กิจกรรม 10 งานถมดินกลบกลับ



รูปที่ 1 แผนภาพฟลอร์ทรีในการประเมินความเสี่ยงเพื่อวางแผนงานก่อสร้างฐานราก

ภูมิอากาศ เช่น ฝนตก อากาศร้อนหรือ หนาว คนงานทำงานผิดพลาด และ ขาดแคลนแรงงาน ตามลำดับ โดยเรียงลำดับด้วยการวิเคราะห์ค่า *WDI* สำหรับสาเหตุพื้นฐานที่มีความสำคัญต่ำสุดคือการขาดทรัพยากรผู้ออกแบบไม่ได้ให้รายละเอียดของงานหรือรายละเอียดผิดพลาด และเงื่อนไขของพื้นที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ตามลำดับ

ผลการประมาณเวลาการก่อสร้างฐานรากด้วยการใช้วิธี FTA ร่วมกับวิธี PERT พบว่าเวลาในการดำเนินงานรวมประมาณ 57 วัน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.3 วัน ตามลำดับ

5. การทดสอบแบบจำลอง

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธี FTA ในการประเมินความเสี่ยงเพื่อประมาณเวลาในการก่อสร้างฐานราก โดยพิจารณาผลกระทบจากสาเหตุความล่าช้าในการดำเนินการก่อสร้าง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้เครื่องมือดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการ

เปรียบเทียบกับผลการประมาณเวลาด้วยวิธี CPM และ PERT อีกทั้งเปรียบเทียบกับเวลาในการก่อสร้างจริง โดยการวิเคราะห์ค่าเฟกเตอร์ทดสอบ (Test Factor, TF) ด้วยสมการที่ 10

$$\text{Test Factor (TF)} = \text{MR}/\text{AE} \quad (10)$$

โดย MR คือการประมาณเวลาโครงการโดยเทคนิคการประมาณเวลา AE คือการประเมินเวลาในการก่อสร้างจริง ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า TF ของวิธีที่เสนอ กับวิธี CPM และ PERT พบว่าวิธี CPM ให้ค่าเวลาที่ต่ำที่สุดทั้งนี้เพราะผู้ประเมินมิได้พิจารณาผลกระทบจากความเสี่ยงที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของเวลาในการก่อสร้าง วิธี PERT และวิธี FTA ร่วมกับวิธี PERT ให้ค่าประมาณเวลาของการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอสามารถระบุกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงสุดโดยการวิเคราะห์ค่า C_{exp} และสามารถระบุสาเหตุพื้นฐานที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมทำให้ผู้จัดการโครงการสามารถกำหนดมาตรการจัดการความ

เสี่ยงของแต่ละกิจกรรมได้ อีกทั้งวิธีการที่นำเสนอยังสามารถประเมินและจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุพื้นฐานที่มีผลกระทบต่อหลายกิจกรรม ทำให้ผู้จัดการโครงการสามารถจัดการมาตรการจัดการความเสี่ยงในภาพรวมของโครงการได้อีกด้วย ในขณะที่วิธี PERT จะไม่สามารถระบุสาเหตุของเวลาที่ยาวนานที่สุดหรือเวลาที่ดีที่สุดได้ทำให้ไม่สามารถบริหารความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของเวลาในการก่อสร้างได้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่า TF ของวิธีที่เสนอ กับวิธี CPM และวิธี PERT

วิธี	ประมาณเวลา	SD	TF
CPM	47	50	0.94
PERT	56	2.87	1.12
FTA และ PERT	57	3.3	1.14

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า สาเหตุเบื้องต้นมีจำนวน 14 สาเหตุ สาเหตุพื้นฐานที่มีความสำคัญสูงสุดคือ ปัญหาสภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนตก อากาศร้อนหรือหนาว คนงานทำงานผิดพลาด และ ขาดแคลนแรงงานตามลำดับ โดยเรียงลำดับด้วยการวิเคราะห์ค่า *WDI* สำหรับสาเหตุพื้นฐานที่มีความสำคัญต่ำสุดคือ การขาดทรัพยากร ผู้ออกแบบไม่ได้ให้รายละเอียดของงานหรือรายละเอียดผิดพลาด และ เงื่อนไขของพื้นที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ตามลำดับ กิจกรรมซึ่งมีความเสี่ยงที่จะล่าช้าสูงสุด คือ กิจกรรมที่ 7 งานติดตั้งไม้แบบ กิจกรรมที่ 6 การวางเหล็กฐานราก และ กิจกรรมที่ 5 ตรวจสอบและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน ตามลำดับ โดยเรียงลำดับด้วยการวิเคราะห์ค่า C_{exp} กิจกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำสุดคือ กิจกรรมที่ 3 เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวนของเวลาในการดำเนินกิจกรรม พบว่ากิจกรรมที่มีค่าความแปรปรวนสูงสุดคือ กิจกรรมที่ 7 งานติดตั้งไม้แบบ กิจกรรมที่ 6 การวางเหล็กฐานราก

กิจกรรมที่ 5 ตรวจสอบและตัดหัวเข็มให้เสมอกัน ส่วนกิจกรรมที่มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ กิจกรรมที่ 3 เทคอนกรีตบริเวณกันหลุม

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีประมาณเวลาอื่นๆ พบว่า วิธี CPM ให้ค่าเวลาที่ต่ำที่สุดทั้งนี้เพราะผู้ประเมินมิได้พิจารณาผลกระทบจากความเสี่ยงที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของเวลาในการก่อสร้าง วิธี PERT และวิธี FTA ร่วมกับวิธี PERT ให้ค่าประมาณเวลาของการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกัน ประโยชน์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอคือ การระบุกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงสุดโดยการวิเคราะห์ค่า C_{exp} และการระบุสาเหตุพื้นฐานที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรม ประโยชน์ดังกล่าวนี้ทำให้ผู้จัดการโครงการสามารถกำหนดมาตรการจัดการความเสี่ยงในเชิงรุกของแต่ละกิจกรรมได้ อีกทั้งวิธีการที่นำเสนอยังสามารถประเมินและจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุพื้นฐานที่มีผลกระทบต่อหลายกิจกรรมพร้อมๆกัน ผลการประเมินดังกล่าวนี้ทำให้ผู้จัดการโครงการสามารถจัดมาตรการจัดการความเสี่ยงในภาพรวมของโครงการ วิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยลดข้อจำกัดของวิธี PERT ซึ่งไม่สามารถระบุสาเหตุของเวลาที่ยาวนานที่สุดหรือเวลาที่ดีที่สุดได้ทำให้ผู้จัดการโครงการไม่สามารถบริหารความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของเวลาในการก่อสร้างด้วยวิธี PERT ได้ แต่วิธีการที่นำเสนอสามารถทำให้ผู้จัดการโครงการสามารถจัดการมาตรการจัดการความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมและภาพรวมของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการดำเนินการโครงการจัดการความรู้แห่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย ที่ให้ความรู้ด้านกระบวนการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์. เทคนิคการจัดการโครงการและการตัดสินใจ. 2552, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.kmutt.ac.th/ev/inmage/5CPM PERT.pdf>
- [2] Ahuja, V. and Thiruvengadam, V. Project scheduling and monitoring. *Construction Innovation*, 2004; 4: 19-31.
- [3] Shamas-Ur-Rehman, T. and Stephen O.O. Problems causing delays in major construction projects in Thailand. *Construction Management and Economics*, 2010; 26: 395-408.
- [4] Vesely, W. E., Goldberg, F. F., Roberts, N. H., and Haasl, D. F. Fault tree handbook. Washington, D. C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1981.
- [5] จิรวัดน์ ดำริห์อนันต์. เทคนิคการก่อสร้าง/การจำลองสถานการณ์งานก่อสร้าง, 2555. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.thaiccontractors.com/content/cmnu/1/22/91.html>
- [6] ศรยุทธ กิจพจน์. การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, 2545.
- [7] Brown, D. B. Systems analysis and design for safety: Safety systems engineering. New Jersey: Prentice-Hall, 1976.
- [8] Hadipriono, F. C. Forensic study for causes of fall using fault tree analysis. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2001; 15(3): 98-103.
- [9] Sianipar, P. R. M., and Adams, T. M. Fault-tree model of bridge deterioration due to interaction. *Journal of Infrastructure Systems*, 1997; 3(3): 103-110.
- [10] ไพฑูรย์ ต้นอูด. การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนน ขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) โดยใช้การวิเคราะห์แบบฟอลท์ทรี. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [11] Farooq, S.M. Contractor-Caused Delay in Construction Project: A Case Study of Three Construction Sites in Pakistan. Master of Engineering Thesis, Civil Engineering Program, Asian Institute of Technology, 1996.
- [12] Popescu, C.M. and Charoemngam, C. Type of Delay. *Project Planning Scheduling and Control in Construction*, 1995; 1: 188-192.
- [13] Kartam, S. Generic Methodology for Analyzing Delay Claims. *Construction Engineering and Management*, 1999; 125(6): 409-419.
- [14] Scott, S. Delay Claim in U.K. Contracts. *Construction Engineering and Management*, 1997; 123(3): 238-244.
- [15] อภิชัย ชีระรังสิกุล. กรณีศึกษาสาเหตุความล่าช้าของการก่อสร้างถนน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [16] สุนทร สุภะริจิ. ปัญหาความล่าช้าโครงการก่อสร้างทาง โดยวิธีจ้างเหมาของกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [17] พงศ์เทพ วรรตต์ตระกูล. การศึกษาการใช้ระบบจำลองสถานการณ์ในการวางแผนงานก่อสร้าง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโครงการก่อสร้าง, ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553.