สมดุลความปลอดภัยในงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน

นาถ สุขศีล[1]* และ วชรภูมิ เบญจโอพาร[2]

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมในการทำงานหลากหลาย และสลับซับซ้อน จึงมีโอกาสที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานได้สูง และการที่จะออกแบบกระบวนการทำงานให้มีผลิตภาพที่สูงและความปลอดภัยที่สูงด้วยนั้นยังคงเป็นเรื่องท้าทายอยู่ กรอบของงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model) ซึ่งเกิดจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในเรื่องหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน และหลักการสมดุลความปลอดภัยในรูปแบบอื่นที่มีผู้นำเสนอไว้ โดยกรอบงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการ Delphi ในการสัมภาษณ์ผู้ชำนาญการด้านความปลอดภัย และผู้ชำนาญการงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน เพื่อหาปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลองที่จะนำเสนอ และเมื่อได้แบบจำลองที่สมบูรณ์แล้วจึงนำแบบจำลองที่ได้ไปทดลองใช้งานกับงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน เพื่อที่จะหาค่าระดับความต้องการของงาน (Task Demand Level) กับค่าระดับความสามารถในการทำงาน (Capability Level) ของคนงานแต่ละคน และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับหลักการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่ได้นำเสนอไว้ โดยคาดว่าแบบจำลองดังกล่าวจะสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ พร้อมทั้งสามารถวิเคราะห์กระบวนการทำงานเพื่อการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านผลิตภาพ (Productivity) และความปลอดภัย (Safety) ควบคู่กัน

คำสำคัญ: ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง สมดุลความปลอดภัย ความต้องการของงาน ความสามารถในการทำงาน

1 นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2 รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-4422-4465 อีเมล: d5640331@g.sut.ac.th

รับเมื่อ 4 กันยายน 2556 ตอบรับเมื่อ 6 มีนาคม 2557

Construction Safety Equilibrium of Metal Sheet Roofing Installation

Nart Sooksil[1]* and Vacharapoom Benjaoran[2]

Abstract

Construction is one of large industries with various complicated activities resulting in dangers and accidents during the operations. The challenge of designing of work processes which can produce the high rate of safety and productivity still exists. This research framework proposes the Construction Safety Equilibrium Model based on the car accident principle and other previous studies in safety equilibrium principle. The Delphi method will be applied for obtaining the related factors of the model by interviewing the experts in the field of safety construction and metal-sheet roofing trades. The completed model will be validated by applying metal-sheet roofing installation process to determine the Task Demand Level and Capability Level of each worker. The results will then be compared with the proposed safety equilibrium principle. It is hoped that the developed model can be used to analyze the accidental risks and work processes for the improvement of productivity and safety in construction.

Keywords: Construction Safety, Safety Equilibrium, Task Demand, Capability

1 Student, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

2 Associate Professor, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

* Corresponding Author, Tel. 0-4422-4465, E-mail: d5640331@g.sut.ac.th

Received 4 September 2013; Accepted 6 March 2014

1. ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมในการทำงานหลากหลาย และสลับซับซ้อน จึงมีโอกาสที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานได้สูง ซึ่งจากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการ ปี 2554 ของสำนักงานประกันสังคม [1] พบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการประสบอันตรายอยู่ในอันดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมการขนส่ง และการค้า ด้วยยอดผู้เสียชีวิตจำนวน 87 ราย จากยอดผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 590 ราย และเมื่อมองไปที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ชาติมหาอำนาจของโลกก็จะพบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างซึ่งเป็นอุตสาหกรรมใหญ่อันดับต้นๆ ของประเทศ และยังติดอันดับอุตสาหกรรมที่มีอัตราการประสบอันตรายในการทำงานที่สูง ซึ่งจากข้อมูลของกรมสถิติแรงงาน [2] ชี้ให้เห็นว่าอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นอันดับที่สอง ในด้านการมีจำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานถึงเสียชีวิตด้วยยอดผู้เสียชีวิตจำนวน 738 ราย จากยอดผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 4,693 ราย

การศึกษาที่ผ่านมาของ BLS [2] พบว่างานก่อสร้างมียอดผู้เสียชีวิตจากการทำงานในปี 2011 จำนวน 738 ราย เป็นอันดับ 2 จากยอดผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 4,693 ราย และมีอัตราการเสียชีวิตอยู่ที่ 9.1 รายต่อคนงาน 100,000 ราย คิดเป็นลำดับที่ 4 จากทั้งประเทศ และเมื่อตรวจสอบลงไปจะพบว่าคนงานหลังคา (Roofers) นั้นมีอัตราการเสียชีวิตจากการทำงานที่สูงที่สุดของอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยมีอัตราการเสียชีวิตจากการทำงานอยู่ที่ 34.1 รายต่อคนงาน 100,000 ราย และระดับความสูงของการเสียชีวิตโดยการตก/พลัดจากที่สูงจะอยู่ในช่วง 1.80-7.50 ม. นั้นคิดเป็น 53% ของยอดผู้เสียชีวิต และจากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม [3] พบว่าจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยในปี 2553 มีจำนวน 3,748 โรงงาน เป็น 4,021 โรงงานในปี 2555

โดยทั่วไปแล้วงานก่อสร้างเป็นงานที่ประกอบไปด้วยกระบวนการต่างๆ หลากหลายกระบวนการ ซึ่งแต่ละโครงการต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานไปตามลักษณะเฉพาะของแต่ละโครงการ และข้อกำหนดของแต่ละโครงการ และในขณะเดียวกันในระหว่างดำเนินโครงการก็ยังต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการทำงานตลอดจนกระบวนการทำงาน ตามสถานการณ์ในขณะนั้นๆ อีกด้วย ซึ่งการที่งานก่อสร้างเป็นงานที่มีลักษณะเฉพาะตัวดังกล่าวส่งผลให้ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุก็แปรเปลี่ยนตามสถานการณ์เช่นกัน

การออกแบบกระบวนการทำงานให้มีผลิตภาพที่สูงและความปลอดภัยที่สูงด้วยนั้นยังคงเป็นความท้าทายอยู่ สังเกตุได้จากสถิติของการเกิดอุบัติเหตุที่ยังคงมีอยู่ ส่วนวิธีการวิเคราะห์ผลิตภาพอย่างเช่น การศึกษาเวลาการทำงาน (Time Study) [4] ได้ทำให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ผลิตภาพในกระบวนการก่อสร้าง เข้าใจผลกระทบของตัวแปรการปฏิบัติงานที่แตกต่างกันและระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการปรับปรุงผลิตภาพ อย่างไรก็ตามความสามารถในการวิเคราะห์หรือจำลองกิจกรรมงานก่อสร้างโดยคำนึงถึงความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุยังคงมีจำกัดอยู่

กรอบงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium) ระหว่างความต้องการของงาน (Task Demand) และความสามารถในการทำงาน (Capability) ของคนงาน ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน โดยการได้มาในแต่ละปัจจัยดังกล่าวนั้นจะใช้วิธีการ Delphi โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย และผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน แล้วจึงนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งศึกษากระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดด้วยวิธีการศึกษาการทำงาน โดยใช้เครื่องบันทึกภาพเคลื่อนไหว (VDO) พิจารณาแต่ละกิจกรรมที่ปฏิบัติงานในแต่ละช่วงเวลามีค่าระดับความต้องการของงาน (Task

Demand Level) และค่าระดับความสามารถในการทำงาน (Capability Level) อยู่ในระดับใด ซึ่งเมื่อนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบตามหลักการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ก็จะสามารถระบุได้ว่ากิจกรรมที่คนงานกำลังปฏิบัติงานอยู่นั้นมีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหรือไม่

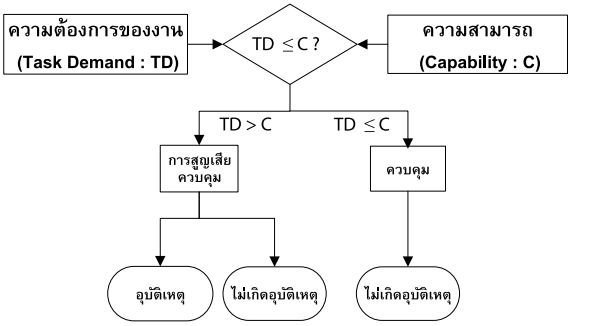
2. งานวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้เริ่มต้นที่การศึกษาการแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของ Fuller [5] ซึ่งอธิบายหลักการของกระบวนการเกิดการปะทะกันและส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งทำให้เป็นกลายเป็นพื้นฐานของแบบจำลองที่จะนำเสนอในงานวิจัยนี้ และ Mitropoulos และ Cupido [6] ได้นำหลักการของแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง และสุดท้ายเป็นงานวิจัยของ Hallowell และ Gambatese [7] ซึ่งได้นำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัย (Safety Equilibrium Model) โดยมีพื้นฐานจากกฎข้อที่สามของนิวตัน

2.1 แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

จากการศึกษาของ Fuller ได้ทำให้เกิดแนวคิดของกระบวนการทำให้เกิดปะทะกันของอุบัติเหตุ ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวอธิบายว่าการปะทะกันคือสถานการณ์ที่ความต้องการของงาน เกินกว่าความสามารถที่มี ดังรูปที่ 1 หัวใจหลักของแบบจำลอง Task Demand-Capability Interface Model: TCI ก็คือความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงาน กับความสามารถที่มีในระหว่างการขับขี่ยานพาหนะ และเมื่อใดก็ตามที่ความสามารถที่มีเกินกว่าความต้องการของงาน ผู้ขับขี่ก็จะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ แต่ถ้าในสถานการณ์ที่ความต้องการของงานเกินกว่าความสามารถ ก็จะส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียการควบคุมเกิดขึ้นและเกิดการปะทะของยานพาหนะ หรืออาจจะโชคดีไม่เกิดอุบัติเหตุกับตนเองก็ได้

โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบดูภาพเคลื่อนไหวในแต่ละเส้นทางการ



รูปที่ 1 แบบจำลอง Task Demand-Capability Interface (TCI) ประยุกต์จาก Fuller [5]

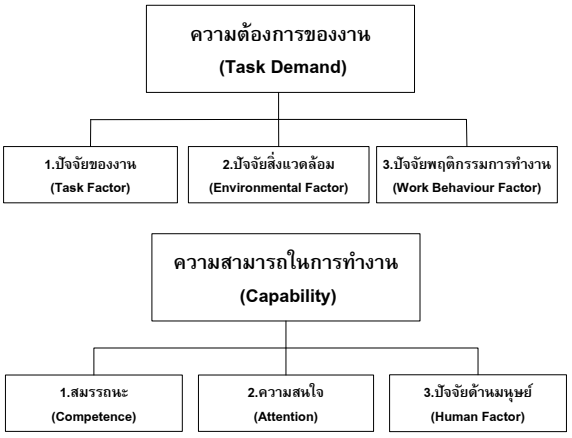
จราจร ซึ่งเป็นมุมมองของตำแหน่งคนขับ เดินทางไปในความเร็วที่ต่างกัน โดยผู้ที่เข้าร่วมการทดสอบจะต้องให้ระดับค่าความยากของงาน (Task Difficulty) และค่าความเสี่ยงของการถูกปะทะ (Statistical Risk of Collision) ในแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งผลปรากฏว่าการเลือกความเร็ว (Speed of Choice) ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ขับขี่ใช้ในการควบคุมระดับความยากของงาน และความยากของงานหรือความต้องการของงาน ดังกล่าวก็จะปรับระดับความสมดุลกับความสามารถที่ใช้ในการขับขี่นั่นเอง

2.2 การประยุกต์แบบจำลองของ Fuller ในงานก่อสร้าง

Mitropoulos และ Cupido [6] ได้มีการนำแบบจำลองของ Fuller มาประยุกต์ใช้ในการหาสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง โดยความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน จะประกอบไปด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ความต้องการของงาน

ความต้องการของงานสามารถระบุได้โดยระดับของความยากในการทำงานให้ประสบผลสำเร็จภายใต้สภาวะและการควบคุม และต้องหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่างๆ ความต้องงานของงานนี้จะรวมถึงทางกายภาพและทางด้านจิตใจ ยิ่งความต้องการของงานมากเท่าไรยิ่งมีความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดและการสูญเสียการควบคุมของกระบวนการ



รูปที่ 2 ตัวแปรของความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน ประยุกต์จาก Mitropoulos และ Cupido [6]

จากรูปที่ 2 จะเป็นกลุ่มของปัจจัยในความต้องการของงานโดยแบ่งเป็น 3 หมวด ก็คือ (a) ปัจจัยของงาน (b) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (c) พฤติกรรมการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น ความต้องการของงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยของงาน (ความชันของหลังคา ความสลับซับซ้อนของงาน) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (ความสะอาดเรียบร้อยของโครงการ สภาพแสงสว่างและอากาศ) และปัจจัยด้านพฤติกรรมการทำงาน (การเคลื่อนที่ของร่างกาย การเร่งของงาน)

2.2.2 ความสามารถในการทำงาน

เป็นการประยุกต์ความสามารถในการทำงานเพื่อรองรับกับความต้องการของงานจะขึ้นอยู่กับ (a) สมรรถนะ (Competency) ไม่ว่าจะเป็นประสบการณ์การทำงานในหน้างานเดียวกัน การฝึกฝน ทักษะและความแข็งแรง (b) ปัจจัยทางด้านมนุษย์ (Human Factor) ซึ่งสามารถลดความสามารถในการทำงานของคนงานลงได้ โดยเฉพาะปัจจัยด้านจิตใจที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมี 4 ตัวด้วยกัน ได้แก่ การเร่งรีบ การล้า การหงุดหงิด และความพึงพอใจ (c) สนใจ (Attention) ที่มีให้กับงานและความเสี่ยงที่มีในการทำงาน โดยความสนใจเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด ยิ่งทำงานที่มีความสลับซับซ้อนก็จะยิ่งลดลงของความสนใจและการไม่ให้ความสนใจในความเสี่ยงของงานที่ทำยิ่งทำให้ระดับความตื่นตัวลดลง

โดยในงานวิจัยของ Mitropoulos และ Namboodiri [8] ได้ทำการประเมินความต้องการของงาน (The Task Demand Assessment: TDA) ซึ่งเป็นวิธีการวัดความเสี่ยงในกิจกรรมของงานก่อสร้างและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการแล้วส่งผลต่อศักยภาพการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นการระบุจำนวนความต้องการของงานโดยมีพื้นฐานอยู่บนลักษณะของแต่ละกิจกรรมและความสามารถของคนงาน และความต้องการของงานดังกล่าวจะแสดงถึงความยากในการปฏิบัติงานให้ปลอดภัย โดยบทความนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้ใน 2 การปฏิบัติงานที่ต่างกัน: งานหลังคา (Roofing Activity) และงานเทคอนกรีตถนน (Concrete Paving) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TDA นั้นสามารถวัดตัวแปรการผลิตที่มีผลกระทบต่อศักยภาพการเกิดอุบัติเหตุ แต่ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ทำการศึกษาการประเมินความสามารถในการทำงาน ของทั้งสองกิจกรรม

ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าหลักการของ Fuller นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างได้ แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาในเรื่องวิธีการประเมินความสามารถในการทำงาน รวมไปถึงการระบุปัจจัยแต่ละตัวที่เป็นส่วนประกอบของความต้องการของงาน และความสามารถที่มีในแต่ละกิจกรรมของงานก่อสร้าง

2.3 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัย บนพื้นฐานจากกฎข้อที่สามของนิวตัน

งานวิจัยของ Hallowell และ Gambatese [7] ได้นำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัย โดยนำหลักการสมดุลความเสี่ยงโดยมีพื้นฐานจากกฎข้อที่สามของนิวตัน ที่ว่าแรงกริยาทุกแรงจะมีค่าเท่ากับแรงปฏิกริยาในทิศทางตรงกันข้าม ในงานโครงสร้างก็จะนำกฎข้อนี้ไปใช้ในการออกแบบระบบรองรับสำหรับแรงที่หลากหลาย เพื่อให้เข้าใจก็คือความสามารถในการรับแรงต้องมากกว่าหรือเท่ากับแรงที่ต้องการ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดง

ดังสมการการออกแบบชิ้นส่วนของงานโครงสร้าง

$$M_u = \phi M_n \quad (1)$$

โดยที่

M_u = Ultimate Moment

M_n = Design Moment

ϕ = Factor of Safety

แบบจำลองความเสี่ยงจะใช้การประยุกต์หลักการความสมดุลในลักษณะเดียวกัน โดยในการประยุกต์ใช้นี้ความต้องการ (Demand) จะคล้ายกับ M_u ซึ่งเป็นตัวแทนความเสี่ยงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในกระบวนการก่อสร้าง

ส่วนหลักการความสามารถ ก็จะคล้ายคลึงกับ M_n ซึ่งแทนเป็นความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงของโปรแกรมความปลอดภัยที่นำมาใช้งาน ซึ่งก็คือความสามารถในการกำจัดความเสี่ยง (Safety Risk Capacity) หาได้จากผลรวมของความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงของโปรแกรมความปลอดภัยที่ถูกเลือกใช้งานอยู่ในทางทฤษฎีแล้ว การที่จะเกิดการสมดุลและทำให้ระบบความปลอดภัยคงที่นั้น (ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น) ความสามารถของโปรแกรมที่ใช้งานต้องมากกว่าหรือเท่ากับความต้องการความปลอดภัย (Safety Risk Demand) โดยความสัมพันธ์นี้แสดงได้ดังสมการข้างล่าง

$$S_u < \phi S_n \quad (2)$$

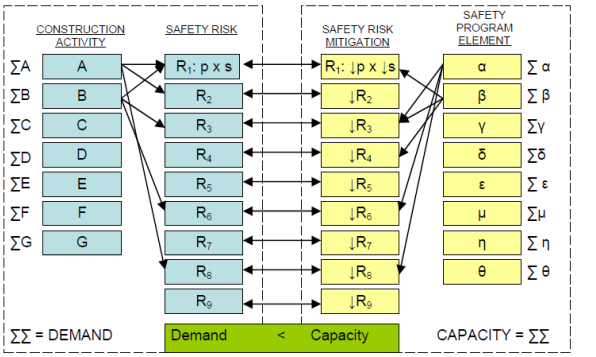
โดยที่

S_u = Safety Risk Demand (ผลรวมความเสี่ยงในโครงการก่อสร้าง)

S_n = Safety Capacity (ผลรวมความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงในโปรแกรมความปลอดภัย)

ϕ = Factor of Safety

เมื่อใช้แบบจำลองนี้จะสามารถประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมความปลอดภัย และสามารถระบุความเสี่ยงที่ยังคงเหลืออยู่ โดยโครงสร้างของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3 ในแบบจำลองดังกล่าว กิจกรรมในงานก่อสร้างจะแทนที่เป็นตัวอักษร A-Z ส่วนความเสี่ยงจะแทนที่เป็น R_1-R_n ส่วนโปรแกรมความปลอดภัยจะใช้อักษรกรีก α-ζ โดยกระบวนการระบุความต้องการความปลอดภัย จะแสดงโดยการเชื่อมโยงกันของแต่ละกิจกรรมกับความเสี่ยงที่จะสามารถเกิดขึ้น ซึ่งความเสี่ยงนี้เกิดจากความถี่ (Frequency) ในการเกิด และผลของความรุนแรง (Severity) ที่เกิดขึ้น ผลรวมความเสี่ยงสะสมที่ต้องการ (Risk Demand) ของแต่ละกิจกรรมก็จะได้จากผลรวมของความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมนั้นๆ ความเสี่ยงที่ต้องการของทั้งกระบวนการก็จะเท่ากับการรวมความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในทุกกิจกรรมออกมา ดังแสดงในสมการที่ (3)



รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองสมดุลความปลอดภัย [7]

ขณะที่ความสามารถในการกำจัดความเสี่ยง (Safety Risk Capacity) ของโปรแกรมความปลอดภัยก็จะคำนวณโดยรวมความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงก็คือ R_1-R_n ซึ่งผลรวมความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงของโปรแกรมความปลอดภัย ก็จะมีค่าเท่ากับผลรวมของการกำจัดความเสี่ยงของโปรแกรมความปลอดภัยที่เลือกใช้งานทั้งหมด ตามรูปที่ 3 โปรแกรมความปลอดภัย α ก็จะเชื่อมโยงกับความเสี่ยง R_3, R_6 และ R_8 โดยการเชื่อมโยงนี้ควรจะมีในทุกโปรแกรมความปลอดภัย

สำหรับวิธีการหาค่าความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงของโปรแกรมความปลอดภัยก็จะเหมือนกับ

กระบวนการหาความต้องการความปลอดภัย และหาผลรวมสะสมของค่าความสามารถในการกำจัดความเสี่ยง โดยใช้สมการที่ (4) สุดท้ายความเสี่ยงที่เหลืออยู่ (Residual Risk) จะคำนวนโดยสมการที่ (2) และในการที่จะต้องการได้ประสิทธิภาพความปลอดภัยสูงสุด ความเสี่ยงที่เหลืออยู่ต้องมีจำนวนน้อยที่สุด

$$\sum_{Act.=A}^{Z}\left[\sum_{R_1}^{R_n}\left(Safety\,risk\right)\right]=S_u=demand \qquad (3)$$

$$\sum_{El.=\alpha}^{Z}\left[\sum_{R_1}^{R_n}\left(Safetyriskmitigation\right)\right]=S_n=capacity \qquad (4)$$

โดยงานวิจัยของ Hallowell และ Gambatese นั้น ได้ทำการศึกษาในกระบวนการไม้แบบคอนกรีต และได้ใช้วิธี Delphi ในการให้คณะผู้ชำนาญการด้านความปลอดภัยตอบคำถามเพื่อที่จะระบุและหาจำนวนค่าความต้องการความปลอดภัย และค่าความสามารถในการกำจัดความเสี่ยงของแต่ละโปรแกรมความปลอดภัย ขณะที่แบบจำลองที่นำเสนอมีศักยภาพในการนำไปใช้ แต่ก็ยังมีเกิดมีการจับต้นชนปลายที่ไม่ถูกต้องในบ้างปัจจัยอยู่ การเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมความปลอดภัยของแต่ละตัว (เช่น ประสิทธิภาพของโปรแกรมนี้ อาจไปมีผลต่อประสิทธิภาพในอีกโปรแกรมเมื่อใช้งานร่วมกัน หรือเมื่อมีโปรแกรมบางตัวใช้งานไปแล้ว แล้วเอาโปรแกรมมาเพิ่มเพื่อให้ประสิทธิเพิ่มสูงขึ้น แต่อาจไม่เป็นอย่างที่ควรจะเป็นก็ได้) และข้อจำกัดของงานวิจัยนี้อาจจะรวมไปถึงสภาพอากาศ ภูมิประเทศ ตำแหน่งที่ตั้งโครงการ ความสามารถในการทำงานของคนงาน และประสิทธิภาพของผู้จัดการความปลอดภัยอีกด้วย

แต่สิ่งที่ผู้วิจัยพบจากการศึกษาของ Hallowell ก็คือการลดลงของค่าความเสี่ยง (Risk Reduction) ในแต่ละโปรแกรมความปลอดภัยแต่ละตัวนั้นมีค่าน้อยมาก ไม่สมเหตุสมผลกับค่าความต้องการความปลอดภัย และวิธีการ Delphi ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ผู้วิจัยสามารถได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือจากผู้ชำนาญการในด้านต่าง ๆ โดยผ่านรูปแบบการสำรวจที่ได้ออกแบบไว้ [9] เทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาในกรณีที่มีปัจจัยหลากหลาย และต้องการเข้าถึงข้อมูลอย่างละเอียด ผู้วิจัยจึงจะนำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการหาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับสมดุลความปลอดภัยของงานวิจัยนี้

3. วิธีการวิจัย

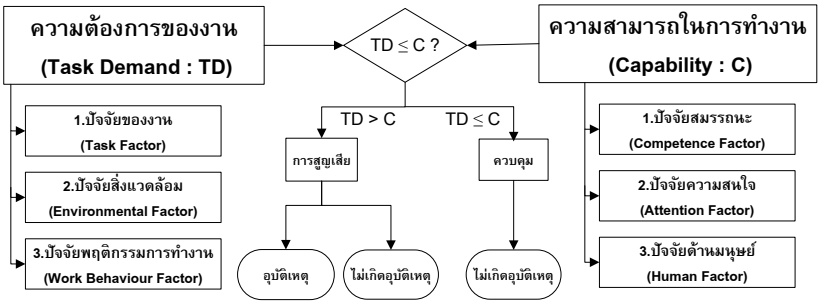
งานวิจัยนี้จะมีวิธีการวิจัยเริ่มตั้งแต่การนำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model) ซึ่งมีพื้นฐานจากแบบจำลองของ Fuller [5] วิธีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน และสุดท้ายจะเป็นการทดสอบการใช้งานแบบจำลองกับงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง

เป็นแบบจำลองการสมดุลระหว่างของความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของ Fuller [5] โดยใช้หลักการที่ว่า “อุบัติเหตุจะไม่เกิดขึ้นหากความต้องการของงานไม่มากกว่าความสามารถในการทำงานในขณะนั้น” ตามสมการที่ (5)

ความต้องการของงาน ≤ ความสามารถในการทำงาน (5)

และเมื่อไรก็ตามที่ความต้องการของงานเกินกว่าความสามารถในการทำงาน กิจกรรมนั้นก็มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรืออาจจะไม่เกิดก็ได้ และก็คืองานยากเกินความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน แต่ถ้าเมื่อไรที่ความต้องการของงานน้อยกว่าความสามารถในการทำงานกิจกรรมนั้นก็ไม่มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุ หรืองานนั้นง่ายกว่าความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน และนั้นยังหมายถึงเราสามารถปรับปรุงผลิตภาพของกระบวนการทำงานของงานดังกล่าวได้ดีขึ้นอีกโดยยังมี



รูปที่ 4 แบบจำลองการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ของความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน

ความปลอดภัยในการทำงานอยู่ด้วย ดังแสดงดังรูปที่ 4

3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน

เมื่อได้แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วยด้านความต้องการของงาน และด้านความสามารถในการทำงาน พร้อมทั้งปัจจัยหลักทั้ง 6 ตัว จากการศึกษาของ Mitropoulos และ Cupido [6] ดำเนินการหาปัจจัยรองที่มีผลต่อปัจจัยหลักดังกล่าวด้วยวิธีการ Delphi

โดยกระบวนการ Delphi จะเป็นวิธีการหาความคิดเห็นที่เป็นเอกฉันท์จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน มีการสำรวจตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไป ในแต่ละรอบของการสำรวจจะไม่มีการเปิดเผยชื่อผู้เข้าร่วมการสำรวจให้แก่ผู้เข้าร่วมทราบ ภายหลังการสำรวจในแต่ละรอบ ผู้เข้าร่วมการสำรวจจะทราบผลคะแนนในรอบที่ผ่านมา และใช้ประกอบการพิจารณาการให้คะแนนในรอบต่อไป โดยเป้าหมายของกระบวนการดังกล่าวนั้นจะเป็นการลดความแปรปรวนและหาความเป็นเอกฉันท์ของค่าที่ถูกต้องที่สุดของกลุ่มผู้เข้าร่วมการสำรวจ กระบวนการ Delphi จะมีประโยชน์ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่ต้องการได้ หรือขาดหลักฐานที่แน่ชัด และต้องการข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงใช้งานได้จริง [9]

กระบวนการ Delphi ที่ใช้จะเป็นการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง จำนวน 5 ราย และผู้เชี่ยวชาญในงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน จำนวน 5 ราย โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 รายจะต้องมีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 5 ปี และผ่านการฝึกอบรมในงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมงเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยรองที่มีผลต่อปัจจัยหลัก พร้อมทั้งให้นิยามในแต่ละปัจจัยรอง ซึ่งการนิยามดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ มีคะแนนเป็น (1) กลาง มีคะแนนเป็น (3) และสูง มีคะแนนเป็น (9) อ้างอิงตามงานวิจัยของ Mitropoulos และ Namboodiri [8]

ตัวอย่างเช่น ในด้านความต้องการของงาน ปัจจัยหลักตัวที่ 1 ปัจจัยของงาน (Task Factor) ได้ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยวิธี Delphi แล้วพบว่าปัจจัยของงานในงานติดตั้งหลังคาสังกะสีรีดลอนคือ ความชันของหลังคา โดยมีนิยามระดับคะแนนต่ำ (1) หมายถึงไม่มีความชัน ระดับคะแนนกลาง (3) หมายถึงมีความชันน้อยกว่า 5:12 และระดับคะแนนสูง (9) หมายถึงมีความชันมากกว่า 5:12 (ยิ่งระดับคะแนนมากความต้องการของงานงานยิ่งสูง) และทำการหาปัจจัยรองของปัจจัยหลักที่เหลือ (ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน) ส่วนในด้านความสามารถในการทำงาน ดำเนินการหาปัจจัยรองที่มีผลต่อปัจจัยหลักด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น

3.3 การทดสอบใช้งานแบบจำลองในงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน

นำแบบจำลองที่ได้ซึ่งประกอบด้วยด้านความต้องการของงาน และด้านความสามารถในการทำงาน และปัจจัยหลักทั้ง 6 ตัว พร้อมทั้งปัจจัยย่อยต่างๆ ที่ได้จาก

กิจกรรม		จำนวนคนงาน	ระยะเวลา (นาที)	ระยะเวลา			
1	งานเตรียมพื้นที่	2	0:30	▓			
2	งานขนส่ง	2	1:00		▓		
3	วางตำแหน่ง	2	2:00			▓	
4	ยึดน็อต	2	1:30				▓
รวมเวลาใน 1 รอบการทำงาน			**6:00**				

รูปที่ 5 ตัวอย่างแผนการทำงานของกระบวนการติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอนใน 1 รอบการทำงาน

กระบวนการ Delphi มาทดลองใช้งานแบบจำลองในงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน โดยศึกษาการทำงานของการปฏิบัติงานดังกล่าวพร้อมทั้งเก็บบันทึกรายละเอียดและขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอนใน 1 รอบการทำงานลงในเครื่องบันทึกภาพเคลื่อนไหว (VDO) โดยผู้วิจัยจะขอนำเสนอตัวอย่างแผนการทำงานใน 1 รอบการทำงานโดยแสดงดังรูปที่ 5

เมื่อทราบขั้นตอนการทำงานทั้งหมดใน 1 รอบการทำงานแล้ว ทำการพิจารณาหาค่าระดับความต้องการของงาน และค่าระดับความสามารถในการทำงานในแต่ละกิจกรรม ซึ่งตัวอย่างวิธีการหาค่าดังกล่าวผู้วิจัยจะขอยกตัวอย่างกิจกรรมงานขนส่ง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ค่าระดับความต้องการของงาน

ตัวอย่างข้อมูลปัจจัยด้านความต้องการของงานของกิจกรรมงานขนส่งซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้ชำนาญการความปลอดภัย และผู้ชำนาญการติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอนด้วยวิธี Delphi ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างปัจจัยด้านความต้องการของงานของงานขนส่ง

ความต้องการของงาน		ระดับความต้องการของงาน		
ปัจจัยหลัก	**ปัจจัยรอง**	**ต่ำ (1)**	**กลาง (3)**	**สูง (9)**
งาน	ความชันของหลังคา	ไม่มีความชัน	น้อยกว่า 5:12	มากกว่า 5:12
สิ่งแวดล้อม	สภาพแส่งสว่างและอากาศ	ร้อนปกติ	ครึม	ฝนตก
พฤติกรรมการทำงาน	การเคลื่อนที่	อยู่นิ่ง	ด้านหน้า	ด้านหลัง

นำข้อมูลจากเครื่องบันทึกภาพ (VDO) มาทำการวิเคราะห์การทำงานในแต่ละช่วงเวลาว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับความต้องการของงานอย่างไร โดยกิจกรรมงานขนส่งนั้นใช้เวลาในการทำงาน 1 : 00 นาที และมีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ดำเนินการพิจารณาการทำงานเป็นรายบุคคล โดยแยกในแต่ละปัจจัยรองว่ามีระดับความต้องการของงานในแต่ละช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เช่น ถ้าคนงานคนที่ 1 ในเวลาการทำงาน 1 : 00 นาที นั้น 50% ของเวลาทำงานอยู่บนความชัน น้อยกว่า 5:12 และอีก 50% ของเวลาทำงานอยู่บนความชันมากกว่า 5:12 ดังนั้นระดับความต้องการของงานในปัจจัยรองความชันของหลังค่า $(0.50 \times 3) + (0.50 \times 9) = 6.0$ ส่วนปัจจัยรองสภาพแสงสว่างและอากาศ ตลอดเวลาการทำงานในช่วง 1:00 นาที คนงานคนที่ 1 ปฏิบัติงานในสภาพอากาศครึม ซึ่งทำให้มีระดับความต้องการของงานในปัจจัยรองสภาพแสงสว่างและอากาศ $(1.00 \times 3) = 3.0$ และส่วนปัจจัยรองสุดท้ายของคนงานคนที่ 1 ตลอดเวลาของกิจกรรมงานขนส่งมีการเคลื่อนที่ไปด้านหลัง ดังนั้นปัจจัยรองการเคลื่อนจึงมีระดับความต้องการของงาน $(1.00 \times 9) = 9.0$ เมื่อรวมระดับความต้องการของงานเฉลี่ยของทั้ง 3 ปัจจัยรอง คนงานคนที่ 1 จะมีระดับความต้องการของงานของกิจกรรมงานขนส่ง $(6 + 3 + 9) / 3 = 6.0$

3.3.2 ค่าระดับความสามารถในการทำงาน

ตัวอย่างข้อมูลปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานของกิจกรรมงานขนส่งซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้ชำนาญการความปลอดภัย และผู้ชำนาญการติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอนด้วยวิธี Delphi ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานของงานขนส่ง

ความสามารถในการทำงาน		ระดับความสามารถในการทำงาน		
ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ต่ำ (1)	กลาง (3)	สูง (9)
สมรรถนะ	การฝึกอบรม	ไม่เคย	ไม่เกิน 40 ชม.	เกิน 40 ชม.
ความสนใจ	การตื่นตัวและตระหนัก	ไม่ตื่นตัวไม่ตระหนัก	ปกติทั่วไป	มากผิดปกติ
ด้านมนุษย์	การเร่งรีบ	เร่งทำงาน	ปกติทั่วไป	ทำถ่วงเวลา

หลักการวิเคราะห์จะคล้ายกับการวิเคราะห์ระดับความต้องการของงาน ดำเนินการพิจารณาการทำงานเป็นรายบุคคล โดยแยกในแต่ละปัจจัยรองว่ามีระดับความสามารถในการทำงานแต่ละช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เช่น ถ้าคนงานคนที่ 1 มีการฝึกอบรมอยู่ในระดับกลาง มีการตื่นตัวและตระหนักอยู่ในระดับปกติทั่วไป และไม่ได้มีการเร่งรีบตลอดระยะเวลาการทำงาน 1:00 นาที ของกิจกรรมงานขนส่ง ระดับความสามารถในการทำงานของคนงานคนที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ (3 + 3 + 3) / 3 = 3.0

3.3.3 การสมดุลระหว่างค่าระดับความต้องการของงาน และค่าระดับความสามารถในการทำงาน

เมื่อพิจารณาคนงานคนที่ 1 ซึ่งปฏิบัติงานในกิจกรรมงานขนส่งอยู่ พบว่ามีค่าระดับความต้องการของงานอยู่ที่ระดับ 6.00 และระดับความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 3.00 นำค่าดังกล่าวแทนลงในสมการที่ (5) ในกรณีดังกล่าวพบว่าค่าระดับความต้องการของงานมากกว่าค่าระดับความสามารถในการทำงาน แสดงว่ากิจกรรมที่คนงานคนที่ 1 กำลังปฏิบัติงานอยู่นั้นมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรืออาจจะไม่เกิดก็ได้ และยังหมายถึงงานดังกล่าวยากเกินความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน แต่ในกรณีที่ค่าดังกล่าวน้อยกว่า แสดงว่ากิจกรรมงานขนส่งที่ปฏิบัติงานโดยคนงานคนที่ 1 เป็นงานที่มีความปลอดภัยในการทำงาน และเป็นงานที่ไม่ยากเกินความสามารถของคนงาน และสามารถปรับปรุงผลิตภาพของงานดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีก โดยยังมีความปลอดภัยในการทำงานไม่เกิดอันตรายอีกด้วย

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

เมื่อได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ และนำไปทดลองใช้ในงานติดตั้งแผ่นหลังคาสังกะสีรีดลอน ผลที่คาดว่าจะได้รับจากกรอบงานวิจัยในครั้งนี้ จะประกอบไปด้วย

4.1 สามารถทราบค่าระดับความต้องการของงานกับระดับความสามารถในการทำงานของคนงาน ณ ขณะเวลาปฏิบัติงานอยู่ในระดับใด มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุหรือไม่ตามหลักการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่นำเสนอ

4.2 สามารถวิเคราะห์กระบวนการทำงานที่ปฏิบัติงานอยู่นั้น เพื่อการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านผลิตภาพ (Productivity) และความปลอดภัย (Safety) ควบคู่กัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Social Security Office. (2013, August 5). Record of occupational injuries classified by severity and type of firm on Year 2554 B.C. [Online]. Available: http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook%202554.pdf

[2] Bureau of Labor Statistics [BLS]. (2013, August). Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI)-Current and Revised Data. Washington, DC: U.S. Department of Labor. [Online]. Available: http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0010.pdf

[3] Industrial Works Information Center. (2013, August 10). Department of Industrial Works. Number of factories registered during Year 2552-2552 B.C. [Online]. Available: http://www.diw.go. th/hawk/content.php?mode=spss55

[4] C. H. Oglesby, H. Parker, and G. Howel, *Productivity improvement in construction*, New York:

McGraw-Hill College, 1989.

[5] R. Fuller, "Towards a general theory of driver behavior," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 37, no. 3, pp. 461-472, 2005.

[6] P. T. Mitropoulos and G. Cupido, "The role of production and teamwork practices in construction safety: A cognitive model and an empirical case study," *Journal of Safety Research*, vol. 40, no. 4, pp. 265-275, 2009.

[7] M. Hallowell and J. Gambatese, "Population and Initial Validation of a Formal Model for Construction Safety Risk Management," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, no. 9, pp. 981-990, 2010.

[8] P. Mitropoulos and M. Namboodiri, "New Method for Measuring the Safety Risk of Construction Activities: Task Demand Assessment," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, no. 1, pp. 30-38, 2011.

[9] M. Hallowell and J. Gambatese, "Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, no. 1, pp. 99-107, 2010.