

Scan

**การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคนคอนกรีต  
ในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ**

**นายพิคิด วาโยพัถ**

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2550

**Safety Risk Assessment of Lifting Concrete-Girder in Bangkok Transit System  
Construction**

**Mr. Phikid Vayophad**

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management

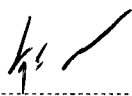
School of Health Science

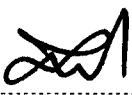
Sukhothai Thammathirat Open University

2007

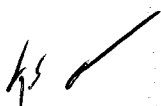
หัวข้อการศึกษา คั่นคว่ำอิสระ การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคนคอนกรีต  
ในงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ  
ชื่อและนามสกุล นายพิคิด วาโยพัค  
แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศีวะเดชาเทพ

คณะกรรมการสอบการศึกษา คั่นคว่ำอิสระ ได้ให้ความเห็นชอบการศึกษา คั่นคว่ำอิสระ  
ฉบับนี้แล้ว

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศีวะเดชาเทพ)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ อนุมัติให้รับการศึกษา  
คั่นคว่ำอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

  
.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศีวะเดชาเทพ)  
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ  
วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงาน ยกคานคอนกรีต ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระบบทางไกล ใน หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาแขนงวิชาสาขารณศาสตรสุภาพมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ผู้ศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ รองศาสตราจารย์ ปิติ พูนไชยศรี กรรมการ ตลอดจนคณาจารย์ และคณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุภาพทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ให้เป็นไปตามหลักการ ข้อกำหนด และบรรลुวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาวิจัยยังได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจาก นายช่างสมชาย กิจรังสรรค์ วิศวกรโครงการ นายช่างหญิงพรเพ็ญ ปิ่นทอง วิศวกรควบคุมคุณภาพ บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้เข้าทำการสัมภาษณ์ เก็บข้อมูล ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน รวมถึงหน่วยงานต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้เป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

พิกิต วาโยพัค

พฤษภาคม 2551

**ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ** การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคนคอนกรีต  
ในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ

**ผู้ศึกษา** นายพิคิด วาโยพัค **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม  
อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ **ปีการศึกษา** 2550

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาหาความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อ ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (2) เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และคนขับรถเครน (3) เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง (4) เพื่อศึกษาหาผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครนและการทำงานบนที่สูง เปรียบเทียบกับค่าระดับความเสี่ยง ตามมาตรฐาน AS 4360 เก็บข้อมูลจากการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยายสาย สุขุมวิท ตอนที่ 1 ทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานีบางจาก สถานีปทุมวัน และสถานีอุดมสุข เครื่องมือที่ใช้ประเมินความเสี่ยงแบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)

วิธีการวิจัยโดยการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุ คำนวณความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงาน ประเมินความเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือแบบแผนภูมิต้นไม้ หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากเหตุการณ์พื้นฐาน เหตุการณ์ย่อย และเหตุการณ์หลัก คำนวณหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ ความน่าเชื่อถือของรถป็นจันแบบเคลื่อนที่ในการทำงานยกคนคอนกรีต และการทำงานบนที่สูงของพนักงาน เปรียบเทียบค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360

ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้พบว่าความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงอยู่ที่ 1 ครั้งต่อ 1,000 ชั่วโมงทำงาน มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากรถป็นจันเคลื่อนที่ มีค่าสูงถึง 0.716 มีค่าความเชื่อมั่นต่ำเพียง 0.284 และมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากคนทำงานตกจากที่สูง มีค่าสูงถึง 0.835 มีค่าความเชื่อมั่นต่ำเพียง 0.165 เปรียบเทียบค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360 มีค่าระดับความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุสูง สูงมาก ถึงรุนแรงมาก

**คำสำคัญ** การประเมินความเสี่ยง แผนภูมิต้นไม้ รถป็นจันแบบเคลื่อนที่ คานคอนกรีต

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประเด็นปัญหาที่ศึกษา.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
ขอบเขตการศึกษาวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์.....	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	8
ความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุ และการป้องกัน.....	8
ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ.....	10
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ.....	14
สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ.....	27
การประเมินความเสี่ยง และการชี้บ่งอันตราย.....	29
การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้.....	30
วิธีการยกคานคอนกรีตด้วยรถเครนเคลื่อนที่.....	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	43
อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	43
วิธีการวิจัย.....	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	49
ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุของพนักงาน .....	19
โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ และคนขับรถเครน .....	52
โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง .....	58
ผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครน และการทำงานบนที่สูง .....	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	64
สรุปผลการวิจัย .....	64
อภิปรายผล .....	65
ข้อเสนอแนะ .....	65
บรรณานุกรม .....	66
ภาคผนวก .....	69
ก การเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ .....	70
ข การใช้รถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ในงานยกของหนัก .....	72
ประวัติผู้ศึกษา .....	80

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนผู้ประสบอันตราย 10 อันดับแรก พ.ศ. 2547.....	1
ตารางที่ 1.2 สถิติจำนวนผู้ประสบอันตรายและเจ็บป่วยจากการทำงานก่อสร้าง พ.ศ. 2540-2550.....	2
ตารางที่ 2.1 แสดงความบกพร่องแฝง (Latent Failure) ที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ.....	11
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการชี้บ่งอันตรายด้วย Fault Tree Analysis.....	31
ตารางที่ 2.3 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย Or Gate.....	37
ตารางที่ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย And Gate.....	37
ตารางที่ 2.5 แสดงอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่างๆ.....	38
ตารางที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานยกคานคอนกรีต.....	42
ตารางที่ 4.1 แสดงสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากงานยกคานคอนกรีต.....	49
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานขณะยกคานคอนกรีต.....	51
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนการยกคานคอนกรีต.....	52
ตารางที่ 4.4 แสดงความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงาน.....	54
ตารางที่ 4.5 แสดงโอกาสการเกิดอุบัติเหตุความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์.....	57
ตารางที่ 4.6 แสดงโอกาสการเกิดความเสียหายและความน่าเชื่อถือของคนขับ Mobile Crane.....	59
ตารางที่ 4.7 แสดงโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง.....	61
ตารางที่ 4.8 แสดงผลสรุปการวิเคราะห์ ความเชื่อมั่นและโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุจาก Mobile Crane และตงจากที่สูง.....	62
ตารางที่ 4.9 แสดงระดับความเชื่อมั่นและโอกาสเกิดอุบัติเหตุ.....	62
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบโอกาสกับความรุนแรงตามมาตรฐาน AS. 4360.....	63



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุในงานอุตสาหกรรม.....	9
ภาพที่ 2.2 ทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุ TRIPOD.....	10
ภาพที่ 2.3 แสดงลำดับการเกิดอุบัติเหตุ ตามทฤษฎีโดมิโน.....	16
ภาพที่ 2.4 การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ โดยขจัดปัจจัยที่ 3 ออกไป.....	17
ภาพที่ 2.5 แสดงปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของมนุษย์โดยทฤษฎีปัจจัยมนุษย์.....	19
ภาพที่ 2.6 แบบจำลองของทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์.....	20
ภาพที่ 2.7 แบบจำลองของทฤษฎีระบาดวิทยา.....	22
ภาพที่ 2.8 แบบจำลองของทฤษฎีระบบ.....	24
ภาพที่ 2.9 สัญลักษณ์ที่ใช้กับ Event.....	33
ภาพที่ 2.10 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความเป็นเหตุเป็นผลกัน (Logic Gate).....	34
ภาพที่ 2.11 And Gate.....	35
ภาพที่ 2.12 Inhibit Gate.....	35
ภาพที่ 2.13 Delay Time.....	36
ภาพที่ 2.14 แสดงการปิดกั้นพื้นที่ผิวจราจรเพื่อทำงานด้วยกรวยจราจร.....	40
ภาพที่ 2.15 แสดงการยกคานคอนกรีตขึ้นวางบนหัวเสา.....	41
ภาพที่ 2.16 แสดงการยกคานคอนกรีตขึ้นวางบนคานตามขวาง.....	41
ภาพที่ 3.1 แสดงเหตุการณ์หลักเชื่อมต่อเหตุการณ์ย่อยด้วย Or Gate.....	45
ภาพที่ 3.2 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจาก Mobile Crane.....	46
ภาพที่ 3.3 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการตกจา47 ที่สูงของคน.....	47
ภาพที่ 3.4 แสดงการเขียนความสัมพันธ์เหตุการณ์หลัก เหตุการณ์ย่อย และ เหตุการณ์พื้นฐาน.....	48

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ประสบอันตราย หรือเจ็บป่วยจากการทำงาน ซึ่งรวบรวมโดยสำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคมพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดจากอุตสาหกรรมก่อสร้างมีจำนวนสูง และความรุนแรงมากที่สุดกว่าอุตสาหกรรมอื่น ๆ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร ประเภทกิจการอุตสาหกรรมที่มีการประสบอันตราย จากการทำงานสูงสุด 10 อันดับแรก ในปี พ.ศ. 2547 จากจำนวนลูกจ้างในข่ายกองทุนเงินทดแทน จำนวน 7,386,325 คน (ดังตารางที่ 1.1) และมีความรุนแรงจากการประสบอันตรายในงานก่อสร้าง (ดังตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนผู้ประสบอันตราย 10 อันดับแรก พ. ศ. 2547

อันดับ	ประเภทของอุตสาหกรรม	จำนวนผู้ประสบอันตราย (คน)
1	การก่อสร้าง	17,050
2	การผลิตเครื่องดื่ม อาหาร	11,667
3	การหล่อหลอม กิ่งโลหะ	10,894
4	การค้าเครื่องไฟฟ้า ยานพาหนะ	10,125
5	การผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติก	10,077
6	การผลิตเครื่องเรือน เครื่องใช้ไม้	8,288
7	การปั้นทอ โดยใช้เครื่องจักร	8,086
8	การผลิตชิ้นส่วน อุปกรณ์ยานยนต์	7,917
9	การปั๊มโลหะ	6,810
10	การผลิตประกอบซ่อมรถยนต์	6,779

ที่มา: กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงานฯ (2547)

ตารางที่ 1.2 สถิติจำนวนผู้ประสบอันตราย และเจ็บป่วยจากการทำงานก่อสร้าง พ.ศ. 2540-2550

ปี	จำนวน ลูกจ้าง	ตาย	ทุพพล ภาพ	จำนวนที่วินิจฉัย				อัตราการประสบอันตราย (ต่อลูกจ้าง 1,000 คน)		
				สูญเสีย อวัยวะ บางส่วน	หยุด งาน เกิน 3 วัน	หยุดงาน ไม่เกิน 3 วัน	รวมทุก กรณี	ไม่รวม กรณีหยุด งานไม่เกิน 3 วัน	รวมทุก กรณี	ไม่รวมกรณี หยุดงานไม่ เกิน 3 วัน (ต่อ ลูกจ้าง 1,000 คน)
2540	5,825,821	1,033	29	5,272	68,480	155,562	230,376	74,814	39.54	12.84
2541	5,145,830	790	19	3,714	55,489	126,486	186,498	60,012	36.24	11.66
2542	5,321,872	611	12	3,396	50,239	117,739	171,997	54,258	32.32	10.20
2543	5,417,041	620	16	3,516	48,338	127,076	179,566	52,490	33.15	9.69
2544	5,544,436	607	20	3,510	48,077	137,407	189,621	52,214	34.20	9.42
2545	6,541,105	650	14	3,424	49,012	137,879	190,979	53,100	29.20	8.12
2546	7,033,907	787	17	3,821	52,364	153,684	210,673	56,989	29.95	8.10
2547	7,386,825	861	23	3,775	52,893	157,982	215,534	57,552	29.18	7.79
2548	7,720,747	1,444	19	3,425	53,641	155,706	214,235	58,529	27.75	7.58
2549	7,992,025	808	21	3,462	51,901	136,748	204,257	51,767	25.56	7.02
2550	8,178,180	714	16	3,259	50,525	144,111	198,652	54,541	24.29	6.67

ที่มา : กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน , (2550)

การก่อสร้างบนผิวจราจร เป็นงานก่อสร้างอีกประเภทหนึ่ง ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงทั้งต่อผู้ปฏิบัติงาน และบุคคลภายนอก ผู้ใช้รถใช้ถนน ซึ่งปัจจุบันกรุงเทพมหานครกำลังดำเนินการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยาย เพื่อแก้ปัญหาจราจรทางบกบนถนนสุขุมวิทจากสถานีอ่อนนุช ไปสถานีแบริ่ง (สุขุมวิท 107) โดยเฉพาะงานยกคานคอนกรีต (Concrete-Girder) ขึ้นติดตั้งบนหัวเสาคอนกรีต (Concrete Pier Head) ที่ต้องดำเนินการช่วงเวลากลางคืน ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นขณะปฏิบัติงานไม่ดี เพื่อแก้ปัญหาจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนในเวลากลางวัน ซึ่งอุบัติเหตุอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานเช่น ตกจากที่สูง ลวดสลิงหนีบมือ เป็นต้น หรืออุบัติเหตุอาจเกิดขึ้นกับบุคคลภายนอกผู้ใช้รถใช้ถนน เช่น เศษวัสดุก่อสร้างกระเด็น ปั่นจั่นล้ม กีดขวางการจราจร เป็นต้น

ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคานคอนกรีตในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จึงใช้เป็นฐานข้อมูลหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับงานก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน และในลักษณะเดียวกัน ยังใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัย ได้อีกด้วย

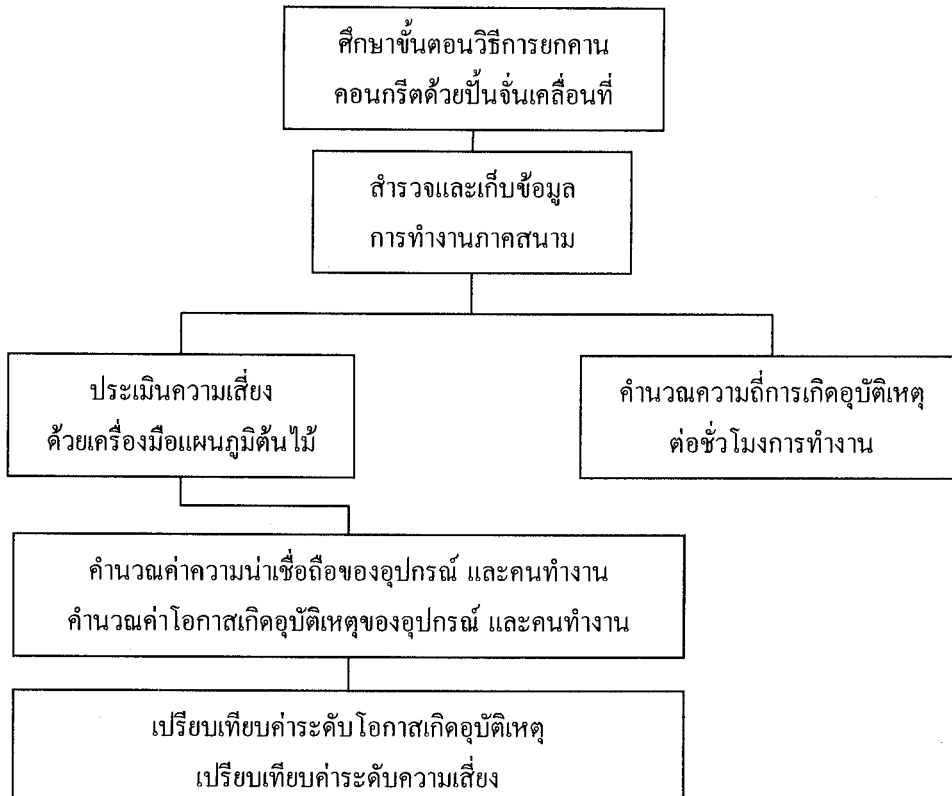
## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาหาความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงาน
- 2.2 เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และคนขับรถเครน
- 2.3 เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง
- 2.4 เพื่อศึกษาหาผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครนและการทำงานบนที่สูง เปรียบเทียบกับค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360

## 3. ประเด็นปัญหาที่ศึกษา

ประเมินความเสี่ยงหาสาเหตุที่แท้จริงที่อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานของคน และเครื่องจักรอุปกรณ์ในการยกคานคอนกรีตด้วยรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ ของการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท ตอนที่ 1 โดยเครื่องมือแบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)

#### 4. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

#### 5. ขอบเขตการศึกษาวิจัย

5.1 งานวิจัยครั้งนี้ ครอบคลุมเฉพาะงานยกคานคอนกรีต (Concrete-Girder) โดยใช้รถปั้นจั่นเคลื่อนที่ (Mobile Crane) ในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ

5.2 การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพเท่านั้น โดยการเก็บข้อมูลจากงานก่อสร้างจริง 3 สถานี

5.2.1 สถานี E10 (บางจาก)

5.2.2 สถานี E11 (ปทุมธานี)

5.2.3 สถานี E12 (อุดมสุข)

5.3 เครื่องมือที่ใช้ศึกษาความเสี่ยง คือ แผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)

## 6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

- 6.1 ทำให้เข้าใจ และรู้จักพัฒนาเทคนิควิธีการประเมินความเสี่ยง
- 6.2 เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในงานยกคานเหล็ก ด้วยรถปั้นจั่นเคลื่อนที่แบบล้อยาง (Mobile Crane) ของงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครให้ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน
- 6.3 เข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติงานการยกคานคอนกรีตตามยาว (Concrete-Girder) ติดตั้งบนคานตามขวาง (Cross Beam) โดยใช้รถ Mobile Crane ของงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร
- 6.4 เป็นแนวทางในการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานก่อสร้าง

## 7. นิยามศัพท์

ความหมายของศัพท์ที่ใช้ใน การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคานคอนกรีตในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ

- 7.1 **Concrete-Girder** หมายถึง คานคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
- 7.2 **Cross Beam** หมายถึง คานคอนกรีตตามแนวนอนของสถานี
- 7.3 **Mobile Crane** หมายถึง ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ โดยล้อยาง เพื่อยกชิ้นงานตามจุดต่างๆ
- 7.4 **ความปลอดภัย (Safety)** คือ ความเป็นอิสระจากสภาพความเสี่ยงภัย จากสภาพอันตรายในสภาวะแวดล้อมใดๆ การปราศจากอันตรายที่มีโอกาสจะเกิดอันตรายขึ้นด้วยโดยสิ้นเชิง
- 7.5 **การทำงานอย่างปลอดภัย** คือ การทำงานที่ไม่มีอุบัติเหตุ ไม่เป็น โรคภัยไข้เจ็บอันเนื่องมาจากการทำงาน
- 7.6 **สภาพอันตราย** คือ สภาวะหรือสภาพที่มีศักยภาพพอที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือทำให้ทรัพย์สินเสียหาย โดยทั่วไป สาเหตุของอุบัติเหตุจะอยู่หนึ่งด้วยศักยภาพ ที่ทำให้เกิดอันตรายลักษณะเช่นนี้อาจเรียกได้ตามศัพท์ประกันภัยว่า “ภัยเสี่ยง” หรือ “ภาวะเสี่ยงภัย”
- 7.7 **ความเสียหาย (Damage)** เป็นความรุนแรงของการบาดเจ็บหรือความสูญเสียทางด้านกายภาพ หรือความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อการปฏิบัติงาน
- 7.8 **อุบัติเหตุ (Accident)** หมายถึง ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่คาดคิดหรือมิได้วางแผนล่วงหน้า ขาดการควบคุม ซึ่งก่อให้เกิดการเสียชีวิต การบาดเจ็บ พิการ และทำให้ทรัพย์สินได้รับความเสียหาย หรือต่อสภาพแวดล้อมโดยรวม

**7.9 อันตราย (Hazard)** หมายถึง สิ่งหรือเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วยจากการทำงาน ความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม ความเสียหายต่อสาธารณชน หรือสิ่งต่างๆ เหล่านี้รวมกัน

**7.10 ความเสี่ยง (risk)** หมายถึง ผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นเกิดอันตราย และผลจากอันตรายนั้นเป็นที่ควบคุมได้กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นเหตุใดเหตุหนึ่ง

**7.11 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)** หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือสภาพการณ์ต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายที่มีและแอบแฝงอยู่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ และอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ ที่ไม่พึงประสงค์

**7.12 ระดับความเสี่ยง (Level Risk)** ยอมรับได้ หมายความว่า ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับ โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มมาตรการควบคุมอีกหรือเป็นผลจากการมีมาตรการที่เหมาะสมในการลดหรือควบคุมความเสี่ยง

**7.13 ความน่าจะเป็น (Probability)** ความเป็นไปได้ เป็นนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ เช่นค่าช่วงตัวเลขในระหว่าง 0-1 เมื่อมีค่า 0 แสดงถึงความเป็นไปได้ และเมื่อมีค่า 1 แสดงถึงความแน่นอน การเก็บข้อมูลสถิติเป็นการศึกษาเรื่องของความน่าจะเป็นเช่นกัน

**7.14 โอกาส (Chance)** หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผลลัพธ์ของเหตุการณ์ใดๆ จะเกิดขึ้นบางครั้ง จะพุดกันแบบไม่มีค่าตัวเลขมาเกี่ยวข้อง เช่น มีโอกาสค่อนข้างสูงที่เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น

**7.15 ดัชนีบ่งชี้ความปลอดภัย** หมายถึง ค่าดัชนีบ่งชี้ความปลอดภัยในกิจกรรมต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจ ในการทำกิจกรรมเหล่านั้น ซึ่งค่าดัชนีบ่งชี้ความปลอดภัยนี้เป็นค่าที่ได้จากการใช้สถิติข้อมูลในอดีตที่มีอยู่เป็นตัวกำหนดค่าดัชนีบ่งชี้ โดยค่าดัชนีบ่งชี้ความปลอดภัยนี้มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับ การเทียบกับสมมติฐานใด ๆ

**7.16 OSHA (Occupational Safety and Health Administration)** หมายถึง ค่าดัชนีแสดงอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในเวลาทำงาน 100ปี โดยสมมติฐานให้ปีหนึ่งมีชั่วโมงการทำงาน 2,000 ชั่วโมง

**7.17 FAR (Fatal Accident Rate)** หมายถึง ค่าดัชนีทางความปลอดภัยที่แสดงถึงจำนวนคนตายของพนักงาน 1000 คน ในช่วงการทำงานตลอดชีวิต โดยให้พนักงานหนึ่งคนมีเวลาในการทำงานทั้งสิ้น 50 ปี ดังนั้น FAR จึงเป็นจำนวนคนตายในเวลาการทำงานทั้งสิ้น

**7.18 Fatality Rate** หมายถึง ค่าดัชนีทางความปลอดภัยที่แสดงจำนวนคนที่คาดว่าจะเกิดการเสียชีวิตต่อหรือค่าดัชนีทางการเสียหายและของ เครื่องจักรและอุปกรณ์

**7.19 Fault Tree Analysis** หมายถึง เทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึง อุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้น หรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุ ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับ อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ



## บทที่ 2

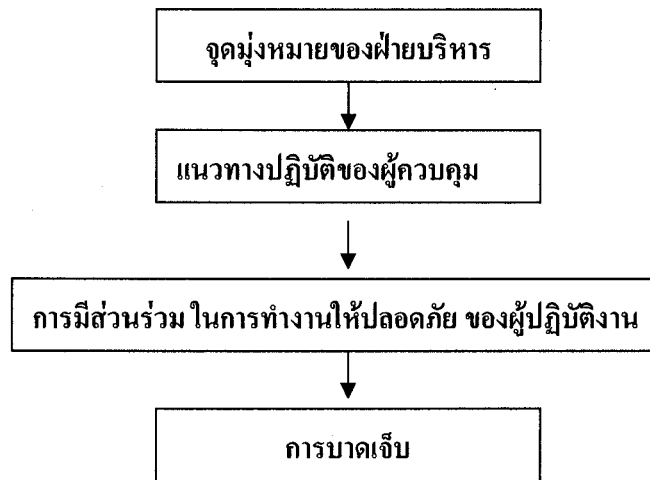
### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ Fault Tree Analysis ประเมินความเสี่ยงของพนักงานที่ปฏิบัติงาน และเครื่องจักรกลก่อสร้าง ในงานยกคานคอนกรีต ของการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท ตอนที่ 1 สามารถแบ่งแนวคิดทฤษฎี และเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้เป็นกลุ่มหลักๆ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุ และการป้องกัน
2. ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ
4. สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ
5. การประเมินความเสี่ยง และการบ่งชี้อันตราย (Risk Assessment and Hazard Identification)
6. การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)
7. วิธีการยกคานคอนกรีตด้วยรถเครนเคลื่อนที่

#### 1. ความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุ และการป้องกัน

Simard and Marchand (1995) อธิบายการเกิดอุบัติเหตุของงานอุตสาหกรรมจะมีลักษณะของความสัมพันธ์ดังภาพที่ 2.1 จุดมุ่งหมายของฝ่ายบริหารจะส่งผลโดยตรงต่อแนวทางการปฏิบัติของผู้ควบคุมงานซึ่งจะมีผลกระทบต่อการมีส่วนร่วมในการทำงานให้ปลอดภัย ของผู้ปฏิบัติงานและผู้ปฏิบัติงานนั่นเองที่เป็นผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับการเกิดอุบัติเหตุและเป็นผู้ที่ได้รับบาดเจ็บโดยตรง



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุในงานอุตสาหกรรม

ที่มา: Simard and Marchand (1995)

จากความสัมพันธ์ดังภาพที่ 2.1 ทำให้คนทั่วไป จะมองเห็นการเชื่อมโยง ระหว่างการเกิดขึ้นของอุบัติเหตุ กับฝ่ายบริหารขององค์กรนั้น ค่อนข้างยาก เนื่องจากการไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงต่องานที่เกิดขึ้น ของการบาดเจ็บ ในทางกลับกัน การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงาน จะมีผลโดยตรงต่อการบาดเจ็บ จึงมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ ที่จะถูก สรุปลงในรายงานการสืบสวนสอบสวนอุบัติเหตุ ว่าเป็นผู้ที่ประมาทเลินเล่อ แล้วทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น

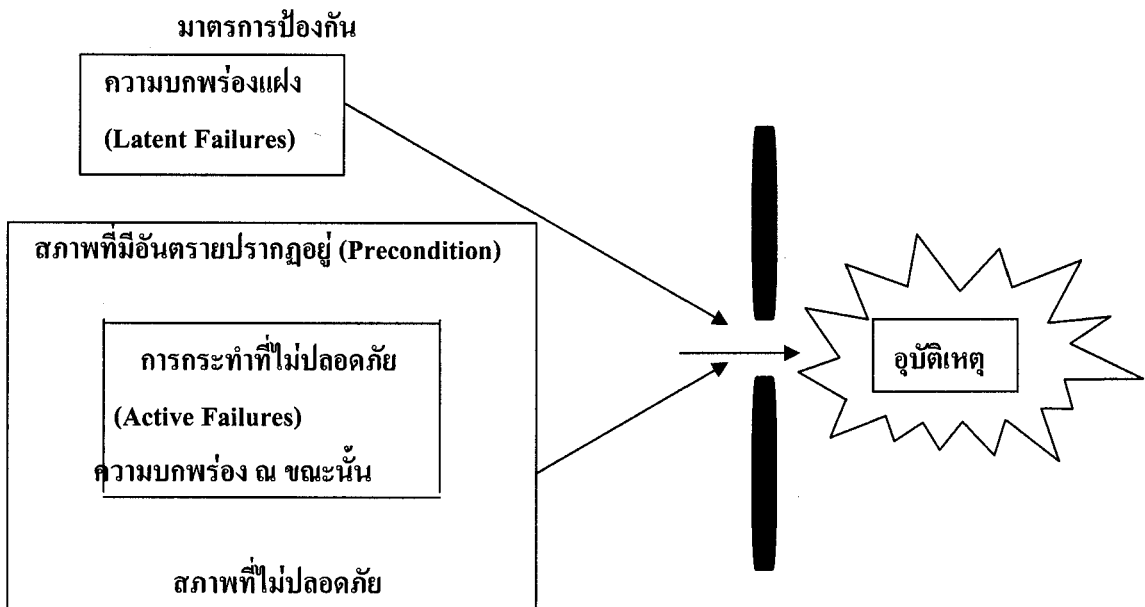
Saari (2001) วิทยาศาสตร์ในการป้องกันอุบัติเหตุ เริ่มต้นตั้งแต่ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยมุ่งเป้าหมายไปที่ ความปลอดภัยของคน และการควบคุมอันตรายต่างๆ ในสถานที่ทำงานจนถึงช่วงปลายทศวรรษที่ 1960 เริ่มมุ่งเน้นที่ การปฏิสัมพันธ์ระหว่าง คน เครื่องจักร และสถานะแวดล้อมในการทำงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น ซึ่งทำให้มีความเข้าใจ ในการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ ดีขึ้น

อุบัติเหตุที่สำคัญๆ หลายๆอุบัติเหตุ ได้แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ที่ตัวคน หรือเครื่องจักรเพียงอย่างเดียว โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมต่างๆรอบข้างนั้น ไม่เพียงพอ นักวิจัยในปัจจุบัน จึงเบนความสนใจ ไปที่ปัจจัยทางด้าน การจัดการองค์กร และวัฒนธรรมองค์กร มากขึ้น

การจัดการองค์กรจะเป็นเรื่องของ การมีส่วนร่วมของผู้บริหาร การวิเคราะห์อันตราย และการประเมินความเสี่ยง การเก็บรวบรวมสถิติ การสืบสวนสอบสวนอุบัติเหตุ การฝึกอบรม การเฝ้าระวัง ตรวจสอบ และทบทวนนโยบาย เป็นต้น ส่วนวัฒนธรรมขององค์กรนั้น จะเป็นการสร้างทัศนคติของคนที่เกี่ยวข้องในงาน การปลูกจิตสำนึก และการสร้างค่านิยม ขององค์กรเป็นหลัก โดยเชื่อว่า ถ้าคนมีจิตสำนึกด้านความปลอดภัย ที่จะสามารถทำให้ อุบัติเหตุเป็นศูนย์ได้

## 2. ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

ทฤษฎี TRIPOD เป็นอีกทฤษฎีหนึ่ง ที่กล่าวถึงการเกิดขึ้นของอุบัติเหตุว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้น มีสาเหตุมาจากความบกพร่องแฝง (Latent Failures) ที่มีอยู่และแอบแฝงอยู่ในระบบมาช้านาน แล้วทำให้ความบกพร่องที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น (Active Failures) ในสภาพที่มีอันตรายปรากฏอยู่แล้ว และเป็นอยู่เช่นนี้มาก่อน (Precondition) เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสามนี้ แสดงได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุ TRIPOD

ที่มา: Groeneweg (1996)

ความบกพร่อง ณ ขณะนั้น (Active Failures) ได้แก่ การกระทำที่ไม่ปลอดภัยของ คนงานการแตกหักหรือเสียหาย ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ส่วนความบกพร่องแฝง ประกอบด้วย ปัจจัย 11 อย่าง ที่สำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ บางแห่งอาจเรียกว่า Basic Risk Factors (BRF.) หรือ General Failure Types (GFT.) แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความบกพร่องแฝง (Latent Failure) ที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ

ปัจจัย	คำย่อ	ความหมาย
การออกแบบ Design	DE	แนวความคิดในการสร้างระบบใดๆ ตามหลักวิศวกรรม โดยมากมักเน้นที่การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ กับเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือระบบการออกแบบที่ผิดพลาดมักเห็นได้ชัดเมื่อระบบหรืออุปกรณ์ไม่ได้ทำงานเป็นไปตามที่ระบบออกแบบติดตั้งไว้ เมื่อนำไปใช้งานจริงหรือไม่ได้คิดถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ในระหว่างใช้งาน
อุปกรณ์ Hardware	HW	คุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องมือ หรือชิ้นส่วน โดยส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของความเชื่อถือได้ในการใช้งานตลอดอายุการใช้งานที่ได้ออกแบบไว้
วิธีการปฏิบัติงาน Procedures	PR	วิธีการทำงานที่ปลอดภัย และประสิทธิภาพมากที่สุด เป็นลำดับขั้นตอนในแต่ละงาน มักได้ มาจากประสบการณ์ความชำนาญของผู้ที่เชี่ยวชาญวิธีการปฏิบัติงานจะต้องชัดเจน เข้าใจงานสามารถทำตามได้แม้จะเป็นผู้ที่มีประสบการณ์น้อย
สถานการณ์ที่เอื้ออำนวยให้เกิด ความผิดพลาด Error Enforcing Conditions	EC	สภาพการณ์หรือสถานการณ์ที่เอื้ออำนวยให้โอกาสผิดพลาดเกิดขึ้นได้ง่าย เช่น การให้คนที่อ่อนล้า และยังไม่ได้พัก ทำงานต่อในงานที่มีความเสี่ยง หรือการไม่ยอมหยุดงานขณะฝนฟ้าคะนองเพื่อเร่งงานให้เสร็จตามกำหนด สถานการณ์ที่เอื้ออำนวยให้เกิดความผิดพลาด มักเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปฏิบัติไปจากเดิมที่เคยทำกันมาเป็นปกติวิสัย หรือเกิดจากการละเลยวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ปัจจัย	คำย่อ	ความหมาย
การรักษาสภาพพื้นที่ House Keeping	HK	การรักษาสภาพพื้นที่ทำงานให้สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อยและกำจัดขยะออกจากพื้นที่ทำงานอย่างสม่ำเสมอ บกพร่องของ การรักษา สภาพพื้นที่ทำงานเกิดขึ้นเมื่อ 1) ผู้บริหารเดินตรวจพื้นที่ทำงานแล้วพบว่าพื้นที่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยแต่ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง 2) ผู้บริหารเดินตรวจพื้นที่ทำงานแล้วพบว่าพื้นที่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยแต่ก็คิดว่าไม่เป็นปัญหาอะไร 3) ผู้บริหารไม่เคยเดินตรวจพื้นที่ทำงานเลย
การฝึกอบรม Training	TR	การให้ความรู้และฝึกทักษะในการทำงานที่ถูกต้องแก่ผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยอาจจะจัดเป็นหลักสูตรอบรมหรือการมีพี่เลี้ยงดูแลในช่วงต้นของการทำงานก็ได้แต่ต้องสามารถรับรองได้ว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย เมื่อปล่อยให้ทำงานตามลำพัง
เป้าหมายที่ไม่สอดคล้องกัน Incompatible Goals	IG	ความขัดแย้งกันระหว่างลำดับความสำคัญ และเป้าหมายของแต่ละแผนก ฝ่ายหรือองค์กร เมื่อผู้บริหารไม่ได้ให้แนวทางที่ชัดเจนเอาไว้ เป้าหมายที่ขัดแย้งกันของแต่ละฝ่ายเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการทำงานตามปกติ และเมื่อมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ก็มักก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้เสมอ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ปัจจัย	คำย่อ	ความหมาย
การติดต่อสื่อสาร Communication	CO	การถ่ายทอดข้อมูลที่ชัดเจน ไม่คลุมเครือให้แก่บุคคลอย่างถูกต้องและเหมาะสมแก่เวลาจะทำให้ทุกฝ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยการสื่อสารจะล้มเหลวเมื่อ 1) ไม่มีช่องทาง หรือระบบในการติดต่อสื่อสาร 2) มีช่องทางหรือระบบในการติดต่อสื่อสารแต่การส่งข้อมูลล้มเหลว หรือล่าช้า 3) ข้อมูลที่ถูกส่งในเวลาที่เหมาะสมแต่มีการแปลความหมายผิด หรือละเลยจากผู้รับ
องค์กร Organization	OR	โครงสร้างขององค์กร กลยุทธ์และ แนวทางในการดำเนินธุรกิจที่ต้องการมีการกำหนดหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลเรื่องความปลอดภัยและอย่างชัดเจน
การบริหารงานซ่อมบำรุง Maintenance Management	MM	ระบบการจัดการการบำรุงรักษาที่ทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ มีความน่าเชื่อถือในขณะที่ใช้งาน
การป้องกัน Defences	DF	สิ่งที่ป้องกันการเกิดการบาดเจ็บสูญเสีย เมื่อระบบป้องกันอื่นๆล้มเหลว มักจะเป็นการป้องกัน ระหว่างคนกับอันตราย ได้แก่1) การตรวจจับ/ การเตือนภัย2) การควบคุมและการทำให้ระบบ กลับคืนสู่สภาพที่ปลอดภัย3) การป้องกัน และการ ควบคุมบริเวณ4) ช่องทางการหนี5) ฯลฯ

ที่มา: Groenweg (1996)

ข้อบกพร่องของปัจจัยดังกล่าว เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ในการดำเนินงานทางด้านความปลอดภัยขององค์กร และเกิดขึ้นมาแล้วหลายครั้งเป็นเวลานาน แต่ยังไม่ส่งผลกระทบต่อให้เห็นได้ทันที จนกว่าจะมีการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนหรือเหตุการณ์ที่ไม่ปลอดภัยของเครื่องจักรเข้ามาเสริม จึงทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น การป้องกันอุบัติเหตุจึงจำเป็นต้องควบคุมที่มีปัจจัยดังกล่าวนี้ด้วยซึ่งเป็นปัจจัยที่องค์กรสามารถควบคุมได้อย่างเต็มที่

### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ

การประสบอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานทำให้เกิดความสูญเสียต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการบาดเจ็บ ทรัพย์สินเสียหายเกิดความพิการ หรือเสียชีวิต ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าอุบัติเหตุต่างๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเมื่อทราบสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ก็จะสามารถหาวิธีดำเนินการป้องกันแก้ไขได้อย่างตรงเป้าหมายเพื่อลดความสูญเสียต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ มากมายที่พยายามอธิบายว่าทำไมจึงเกิดอุบัติเหตุขึ้น ซึ่งจะช่วยคาดการณ์ล่วงหน้าถึงความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นตลอดจนการควบคุมป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน

ทฤษฎีที่ใช้อธิบายสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุมีหลายทฤษฎีแต่ที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ทฤษฎีโดมิโน ทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ ทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติเหตุการณ์ ทฤษฎีระบาดวิทยา ทฤษฎีระบบ และทฤษฎีสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากหลายสาเหตุ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.1 ทฤษฎีโดมิโน (Domino Theory)

เป็นทฤษฎีแรกที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการอธิบายการเกิดอุบัติเหตุ โดยผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดนี้คือ เฮอร์เบิร์ต ดับเบิลยู ไฮน์ริคส์ (Herbert W. Heinrich) โดยในช่วงปลาย ค.ศ. 1920 ไฮน์ริคส์ได้ศึกษารายงานการเกิดอุบัติเหตุจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีจำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุดังกล่าวถึง 75,000 ราย โดยได้ผลสรุป ดังนี้ คือ ร้อยละ 88 ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมมีสาเหตุมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอันดับแรก ส่วนสาเหตุรองลงมา มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม และที่เหลืออีกร้อยละ 2 ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุม เช่น พายุ น้ำท่วม แผ่นดินไหว เป็นต้น จากผลการศึกษาดังกล่าวเขาจึงได้ริเริ่มแนวคิดทฤษฎีของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายคือ ทฤษฎีโดมิโน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### ทฤษฎีโดมิโนของไฮนริคส์

ไฮนริคส์แบ่งลำดับขั้นตอนการเกิดอุบัติเหตุออกเป็น 5 ลำดับ ดังนี้

1. **ภูมิหลังของบุคคลและสภาพแวดล้อมทางสังคม (Background and Social Environment)** เป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ โดยภูมิหลังของบุคคลหรือสภาพแวดล้อมทางสังคม เช่น สภาพครอบครัว ฐานะความเป็นอยู่ การศึกษา เป็นต้น ตลอดจนการประพฤติปฏิบัติที่สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีต จะทำให้บุคคลแต่ละบุคคลมีพฤติกรรมแสดงออกแตกต่างกันไป หากบุคคลได้รับการถ่ายทอดพฤติกรรมหรือปลูกฝังในสิ่งที่ไม่เหมาะสม ก็จะมีพฤติกรรมหรือการกระทำที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม เช่น การขาดความคิดไตร่ตรอง ประมาท เลินเล่อ การชอบเสี่ยงอันตราย พฤติกรรมก้าวร้าว เป็นต้น

2. **ความบกพร่องของบุคคล (Fault of Person)** เป็นปัจจัยลำดับที่สองที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ โดยความบกพร่องของบุคคลจะมีสาเหตุมาจากภูมิหลังของบุคคลหรือสภาพแวดล้อมทางสังคม เช่น การได้รับการปลูกฝังความคิด ทักษะ หรือค่านิยมที่ไม่ถูกต้อง การสั่งสมพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น จะส่งผลให้ปฏิบัติงานโดยขาดความยั้งคิด อารมณ์รุนแรง ควบคุมอารมณ์ไม่ได้ ตื่นเต้นง่าย ขาดความรอบคอบ หรือละเลยต่อการกระทำที่ปลอดภัย

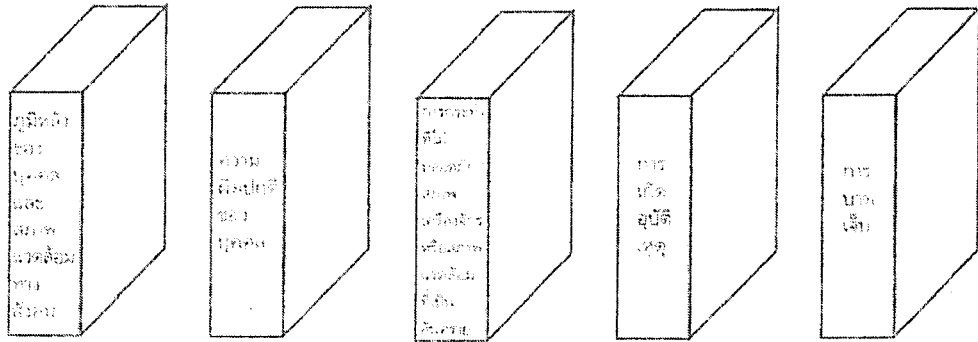
3. **การกระทำที่ไม่ปลอดภัย และ/หรือ สภาพเครื่องจักรหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย (Unsafe Act/Mechanical or Physical Hazard)** เป็นปัจจัยลำดับที่สามที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการที่ผู้ปฏิบัติงานกระทำการที่ไม่ปลอดภัย เช่น ถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เครื่องจักรออก ซ่อมแซมเครื่องจักรขณะกำลังเดินเครื่อง ทำความสะอาดเครื่องจักรโดยไม่ปิดเครื่อง หยอกล้อกันขณะปฏิบัติงาน เป็นต้น นอกจากนี้การที่สภาพเครื่องจักรหรือสภาพแวดล้อมเป็นอันตรายก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นเดียวกัน โดยสภาพเครื่องจักรที่เป็นอันตราย เช่น เครื่องจักรที่ไม่มีการ์ดป้องกันอันตรายที่จุดอันตรายหรือจุดที่มีการเคลื่อนไหว เครื่องจักรที่ปุ่มกดหยุดฉุกเฉินชำรุด เป็นต้น หรือการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย เช่น เสียงดังเกินไป แสงสว่างไม่เพียงพอ การระบายอากาศไม่ดี เป็นต้น

4. **การเกิดอุบัติเหตุ (Accident)** มีสาเหตุมาจากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวข้างต้น โดยอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ได้แก่ ลื่นหกล้ม ถูกของมีคมบาด ถูกวัตถุกระแทก ถูกวัตถุวิ่งชน ถูกวัตถุหนีบ เดินสะดุด ตกจากที่สูง ฯลฯ

5. **การบาดเจ็บ (Injury)** เป็นผลที่เกิดขึ้นกับอวัยวะหรือส่วนต่างๆ ของร่างกายจากอุบัติเหตุ เช่น เคล็ดขัดยอก ฟกช้ำ กระดูกหักหรือแตก แผลฉีกขาด แผลไฟไหม้ เป็นต้น



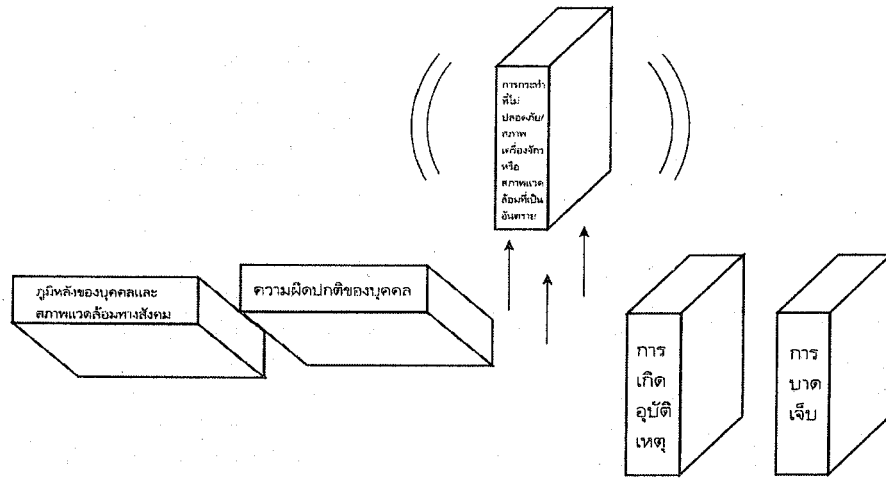
แนวคิดการเกิดอุบัติเหตุของไฮนริชเปรียบเสมือนการเรียง โคมิโนเป็นแถว หาก ล้ม โคมิโนตัวแรกสุดจะทำให้โคมิโนตัวถัดไปล้มต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ โดยโคมิโนแต่ละตัวก็คือ ตัวแทนปัจจัยต่างๆ ทั้ง 5 ปัจจัยดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงลำดับการเกิดอุบัติเหตุตามทฤษฎีโคมิโน

ที่มา : อภริตี (2550)

ทฤษฎีโคมิโนของไฮนริช มีประเด็นสำคัญ 2 ประเด็น โดยประเด็นที่หนึ่ง คือ การบาดเจ็บ ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ ทั้ง 4 ปัจจัย คือ ภูมิหลังของบุคคลและสิ่งแวดล้อมทางสังคม ความผิดพลาดของบุคคล การกระทำที่ไม่ปลอดภัย และ/หรือสภาพเครื่องจักรหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย และการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนประเด็นที่สอง คือ หากขจัดปัจจัยที่ 3 การกระทำที่ไม่ปลอดภัย และ/หรือสภาพเครื่องจักรหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตราย ซึ่งอยู่ตรงกลาง โคมิโนออกไป ถึงแม้จะเกิดปัจจัยที่ 1 ภูมิหลังของบุคคลและสิ่งแวดล้อมทางสังคม และปัจจัยที่ 2 ความผิดพลาดของบุคคล ก็จะไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บตามมา ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ โดยขจัดปัจจัยที่ 3 ออกไปตามทฤษฎีโดมิโน

ที่มา : อภิรดี (2550)

อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีโดมิโนก็ยังมีปัญหาต่อการนำไปใช้จริง เนื่องจากสาเหตุของการกระทำที่ไม่ปลอดภัย และสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ มากมาย และการที่จัดให้การกระทำที่ไม่ปลอดภัยและสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายอยู่ในปัจจัยระดับเดียวกันของการป้องกันอุบัติเหตุก็ยิ่งทำให้ยากต่อการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงในการป้องกันอุบัติเหตุ ต่อมาจึงได้เริ่มมีการคิดค้นทฤษฎีใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมายแทนที่ทฤษฎีโดมิโน อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีหลายทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบันก็มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของไฮน์ริชส์นั่นเอง

### 3.2 ทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ (The Human Factor Theory)

ทฤษฎีปัจจัยมนุษย์เป็นทฤษฎีหนึ่งที่ใช้อธิบายเรื่องของการเกิดอุบัติเหตุโดยให้แนวคิดที่ว่าสาเหตุสำคัญของการเกิดอุบัติเหตุเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของมนุษย์มี 3 ปัจจัย คือ การรับภาระมากเกินไป การตอบสนองที่ไม่เหมาะสม และการกระทำที่ไม่เหมาะสม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

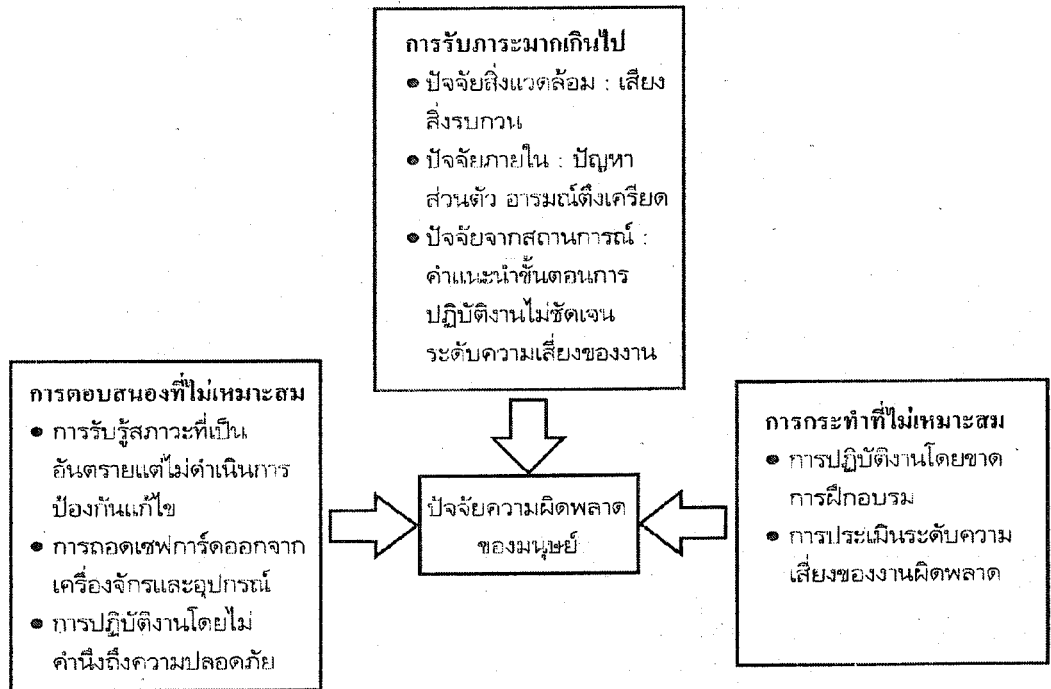
**3.2.1 การรับภาระมากเกินไป (Overload)** หมายถึง ความไม่สมดุลของระยะเวลาที่กำหนดให้บุคคลปฏิบัติงานกับปริมาณงานที่ได้รับ เพราะความสามารถของบุคคลที่จะปฏิบัติงานได้สำเร็จขึ้นอยู่กับทักษะของแต่ละบุคคล การฝึกอบรม ภาวะจิตใจ ความกล้า ความเครียด และสภาพร่างกาย แนวคิดนี้อธิบายว่า ปริมาณงานจริงๆ ที่บุคคลได้รับไม่ใช่มีเพียงตัวเนื้องานเท่านั้นแต่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อีกที่เป็นภาระเพิ่มเติมอันเป็นผลมาจาก ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เสียง อุณหภูมิ และสิ่งรบกวนอื่นๆ ตลอดจนปัจจัยภายใน ได้แก่ ปัญหาส่วนตัว อารมณ์ตึงเครียด และ

ความวิตกกังวล และปัจจัยด้านสถานการณ์ ได้แก่ ระดับความเสี่ยงของงาน คำแนะนำขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ไม่ชัดเจน และอื่นๆ

**3.2.2 การตอบสนองที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Response)** หมายถึง การตอบสนองของบุคคลในการป้องกันอุบัติเหตุเมื่ออยู่ในสถานการณ์ต่างๆ รวมไปถึงการที่บุคคลรับรู้สถานะที่เป็นอันตรายแต่ไม่ดำเนินการใดๆ ที่จะป้องกันการเกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุ นั้น ก็จัดว่าเป็นการตอบสนองที่ไม่เหมาะสมด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การที่ผู้ปฏิบัติงานถอดเซฟการ์ดออกจากเครื่องจักรเพื่อให้ทำงานได้สะดวกขึ้น การไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยเพราะต้องการความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน เป็นต้น ซึ่งการกระทำดังกล่าวผู้ปฏิบัติงานทราบว่าไม่ปลอดภัยและสามารถก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ แต่ก็ยังปฏิบัติเช่นนั้น นอกจากนี้การตอบสนองที่ไม่เหมาะสมยังรวมถึงการจัดหน่วยที่ทำงานไม่เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานร่วมกันหลายคน เนื่องจากไม่คำนึงถึงสิ่งต่างๆ เหล่านี้ เช่น ความสูงของบริเวณงาน ระยะเอี้อมในการปฏิบัติงาน ความสะดวกขณะปฏิบัติงาน เป็นต้น โดยสิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บตามมาได้

**3.2.3 การกระทำที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Activities)** หมายถึง การที่บุคคลปฏิบัติตนเมื่ออยู่ในสถานการณ์ต่างๆ อย่างไม่ถูกต้องเหมาะสม เช่น การลงมือปฏิบัติงานต่างๆ ที่ไม่มีความรู้ในงานนั้น ความผิดพลาดในการประเมินระดับความเสี่ยงของงานและความเสี่ยงที่แฝงอยู่ในกระบวนการทำงานของงานนั้น

ทั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ดังกล่าว สามารถสรุปเป็นแบบจำลองทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของมนุษย์โดยทฤษฎีปัจจัยมนุษย์  
ที่มา : อภิรดี (2550)

### 3.3 ทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์ (Accident/Incident Theory)

ทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์ เป็นทฤษฎีที่ขยายเพิ่มเติมมาจากทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ ถูกพัฒนาขึ้นโดยแดนปีเตอร์เซน (Dan Petersen) ดังนั้นบางครั้งจึงถูกเรียกว่าทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์ของปีเตอร์เซน (Goetsch L. David, 2002)

ปีเตอร์เซนได้เสนอองค์ประกอบใหม่เพิ่มเติมจากทฤษฎีปัจจัยมนุษย์คือ องค์ประกอบของความไม่เหมาะสมด้านการยศาสตร์ (Ergonomic Traps) ได้แก่ การจัดหน่วยที่ทำงานที่ต้องใช้ร่วมกันไม่เหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ขนาดแรงกด ระยะเอี้อม เป็นต้น ตลอดจน ความคาดหวังที่ไม่ตรงกันของผู้บังคับบัญชากับผู้ปฏิบัติงาน

ส่วนองค์ประกอบด้านอื่นๆ คือ การตัดสินใจผิดพลาด (Decision to Err) และความล้มเหลวของระบบ (Systems Failure) จะมีรายละเอียดเหมือนกับทฤษฎีปัจจัยมนุษย์ ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แบบจำลองของทฤษฎีอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์

ที่มา : อภริตี (2550)

สำหรับทฤษฎีนี้ การรับภาระมากเกินไป ความไม่เหมาะสมด้านการกายศาสตร์และ/หรือการตัดสินใจที่นำไปสู่ความผิดพลาดเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้มนุษย์ทำสิ่งที่ผิดพลาด ซึ่งการตัดสินใจผิดพลาดอาจเกิดขึ้นโดยที่ผู้ปฏิบัติงานมีความตระหนักในความปลอดภัยหรืออาจเกิดจากการขาดความตระหนักก็ได้ หรืออาจเกิดจากความกดดันต่างๆ เช่นการต้องทำงานปริมาณมากให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด แรงกดดันจากหัวหน้างานที่ต้องการผลผลิตอย่างเร่งด่วน ตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับงบประมาณ ได้แก่ การไม่มีงบประมาณสำหรับซ่อมแซมอุปกรณ์

ป้องกันอันตรายสำหรับเครื่องจักรที่ชำรุด เป็นต้น ทำให้บุคคลต้องตัดสินใจปฏิบัติงานต่างๆ ที่ตระหนักดีว่าอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจที่จะปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงนั่นก็คือ การที่บุคคลนั้นมีความคิดว่า “อันตรายหรืออุบัติเหตุ นั้นจะไม่เกิดขึ้นกับตนเอง” ด้วยเหตุนี้จึงทำให้บุคคลนั้นตัดสินใจที่จะกระทำสิ่งที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บลงไป

ความล้มเหลวของระบบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทฤษฎีนี้ โดย 1) เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องกันระหว่างสาเหตุคือ ความสามารถในการบริหารการตัดสินใจ/การบริหารพฤติกรรมกับเรื่องของความปลอดภัย และ 2) เป็นการพิสูจน์ให้เห็นว่าหลักการบริหารในการป้องกันอุบัติเหตุมีความสำคัญเทียบเท่ากับแนวคิดด้านความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ทำงาน

### 3.4 ทฤษฎีระบาดวิทยา (Epidemiological Theory)

โดยทั่วไปทฤษฎีต่างๆ ส่วนใหญ่มักจะให้ความสำคัญกับอุบัติเหตุและผลที่เกิดขึ้นคือ การบาดเจ็บอย่างไรก็ตามแนวโน้มในปัจจุบันนี้มีมุมมองที่กว้างขึ้น โดยจะให้ความสำคัญครอบคลุมถึงด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมด้วย โดยสุขศาสตร์อุตสาหกรรมจะศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลทำให้เกิดอุบัติเหตุ

ส่วนระบาดวิทยาเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุด้านปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการเกิดโรค ดังนั้นจึงได้นำรูปแบบการศึกษาทางระบาดวิทยาดังกล่าวมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของสาเหตุด้านปัจจัยสิ่งแวดล้อม กับการเกิดอุบัติเหตุหรือการเกิดโรค ดังแสดงในภาพที่ 2.7

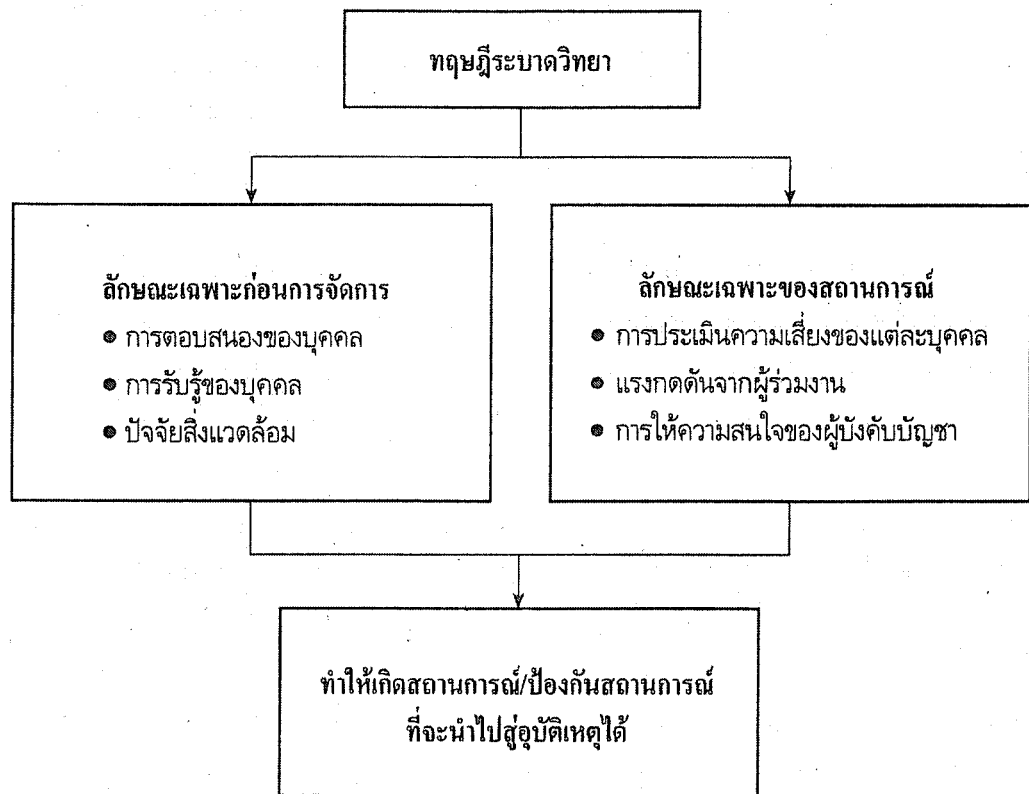
ทฤษฎีระบาดวิทยามีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ

**3.4.1 ลักษณะเฉพาะก่อนการจัดการ (Predispositional Characteristics)** หมายถึง ลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลหรือปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีมาแต่ดั้งเดิมก่อนเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งลักษณะเฉพาะของบุคคล ได้แก่ การตอบสนองของบุคคล การรับรู้ของบุคคล ส่วนปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ชีวภาพ เคมี การยศาสตร์ และจิตวิทยาสังคม

**3.4.2 ลักษณะเฉพาะของสถานการณ์ (Situational Characteristics)** หมายถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในขณะนั้น ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงของแต่ละบุคคล แรงกดดันจากผู้ร่วมงาน การให้ความสนใจของผู้บังคับบัญชา

นอกจากนี้ ทั้งสององค์ประกอบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังสามารถส่งผลให้เกิดสถานการณ์หรือป้องกันสถานการณ์ที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ยกตัวอย่างเช่น การที่ผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่งเป็นคนวิตกกังวล และเครียดง่าย (ลักษณะเฉพาะก่อนการจัดการ) เมื่อได้รับแรง

กดดัน (ลักษณะเฉพาะของสถานการณ์) คือได้รับคำสั่งจากผู้บังคับบัญชาให้ผลิตสินค้าในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากเดิมแต่ใช้ระยะเวลาในการผลิตเท่าเดิม ทำให้ต้องเร่งการทำงานเพิ่มขึ้น ความวิตกกังวลและความเครียดที่เดิมมีอยู่แล้วก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแรงกดดันดังกล่าว อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานผิดพลาดและเพิ่มโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้ ในขณะเดียวกันถึงแม้ผู้ปฏิบัติงานจะเป็นคนวิตกกังวลและเครียดง่ายแต่ถ้าไม่มีแรงกดดันในการทำงาน ก็จะเป็นการป้องกันโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้



ภาพที่ 2.7 แบบจำลองของทฤษฎีระบาศวิตยา

ที่มา : อภิรดี (2550)

### 3.5 ทฤษฎีระบบ (Systems Theory)

ระบบ คือ กลุ่มขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีการปฏิสัมพันธ์และมีความเกี่ยวข้องกันเพื่อประสานเป็นหนึ่งเดียวเป็นพื้นฐานแนวความคิดของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุตามทฤษฎีระบบ โดยอาร์ เจ ไฟเรนซีส์ (R.J. Firenzie) ทฤษฎีนี้กล่าวถึงสถานการณ์ที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งก็คือระบบที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบด้านคน อุปกรณ์หรือเครื่องจักรและสิ่งแวดล้อม โดยการเกิดอุบัติเหตุจะขึ้นอยู่กับลักษณะการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านดังกล่าว นอกจากนี้

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการปฏิสัมพันธ์กันยังสามารถเพิ่มหรือลดโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้ด้วยตัวอย่างเช่น การให้ผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์น้อยหรือไม่คุ้นเคยกับการทำงานกับเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง มาปฏิบัติหน้าที่แทนผู้ปฏิบัติงานที่ควบคุมเครื่องจักรเครื่องนั้นเป็นประจำซึ่งได้ลาพักผ่อน เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปฏิสัมพันธ์โดยการเปลี่ยนองค์ประกอบด้านคน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

องค์ประกอบต่างๆ ของแบบจำลองทฤษฎีระบบ คือ

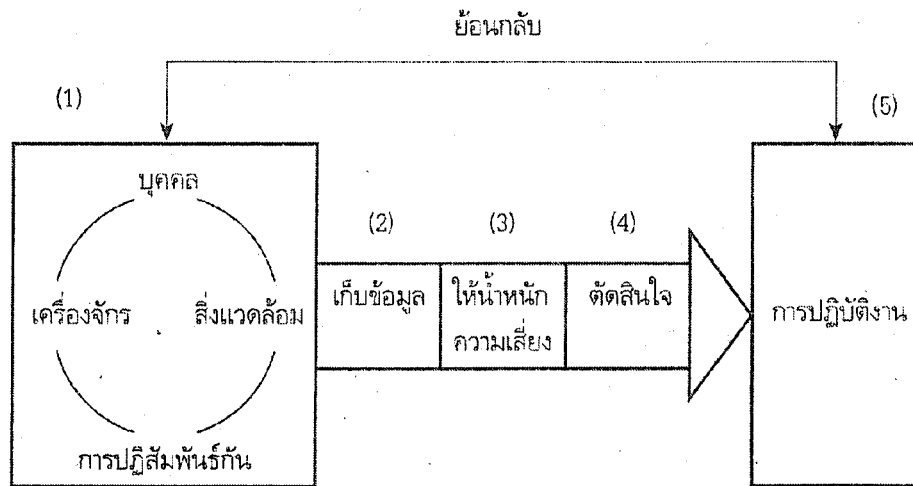
**3.2.1 คนหรือผู้ปฏิบัติงาน (Person)** ในการผลิตงานแต่ละชิ้น ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องตัดสินใจ (Making Decision) เลือกวิธีปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้ปฏิบัติงานได้สำเร็จตามเป้าหมาย เพราะในการตัดสินใจทำอะไรก็ย่อมต้องมีความเสี่ยง (Risk) เกิดขึ้นอยู่เสมอ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงต้องมีข้อมูลที่เพียงพอในการเลือกวิธีการทำงานอย่างไรจึงจะทำให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย ถ้าหากข้อมูลประกอบการตัดสินใจดีและถูกต้องก็จะทำให้ตัดสินใจได้ถูกต้องและไม่เกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน แต่ถ้าหากข้อมูลที่ได้รับไม่ถูกต้องก็จะทำให้การตัดสินใจผิดพลาดหรือเกิดความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานและผลที่ตามมาคืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

**3.5.2 อุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Machine)** อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีความพร้อมและมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ถ้าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรถูกออกแบบมาไม่ดี หรือขาดการบำรุงรักษาที่ดีก็จะทำให้ปฏิบัติงานผิดพลาด ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้

**3.5.3 สิ่งแวดล้อม (Environment)** สิ่งแวดล้อมในการทำงานหรือสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงานและส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุตามมา เช่น การปฏิบัติงานในที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ สภาพแวดล้อมการทำงานที่มีสารพิษฟุ้งกระจาย เป็นต้น

ดังนั้น ก่อนการตัดสินใจลงมือปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานที่ปฏิบัติ ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานและอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งหากมีข้อมูลที่เพียงพอและถูกต้องแล้วจะทำให้ประเมินหรือคาดคะเนความเสี่ยงได้ว่าการปฏิบัติงานนั้นๆ มีความเสี่ยงใดเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจว่าจะปฏิบัติงานอย่างไรจึงเกิดความปลอดภัยจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความรู้หรือข้อมูลที่เพียงพอทำให้สามารถคาดคะเนหรือประเมินได้ว่าจะมีความเสี่ยงเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดในการปฏิบัติงานนั้นๆ อันจะมีผลต่อการตัดสินใจที่จะปฏิบัติงานดังกล่าวอย่างไร ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 2.8





ภาพที่ 2.8 แบบจำลองของทฤษฎีระบบ

ที่มา : อภิริดี (2550)

จากแบบจำลองของทฤษฎีระบบจะเห็นได้ว่า เมื่อบุคคลทำงานกับเครื่องจักรในสภาพแวดล้อมการทำงานจะมีอีก 3 กิจกรรมเกิดขึ้นระหว่างระบบกับงานที่ปฏิบัติ ตลอดเวลาที่ต้องปฏิบัติงานความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุก็ย่อมเกิดขึ้นได้เสมอ บางเวลาที่จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมาก ในขณะที่เวลาอื่นๆ อาจมีความเสี่ยงน้อย จึงทำให้ต้องมีการรวบรวมข้อมูลและตัดสินใจ

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องได้จากการสังเกตและจดบันทึกสิ่งต่างๆ ในสภาพแวดล้อมการทำงานเนื่องจากการที่บุคคลให้นำหนักความเสี่ยงและตัดสินใจที่จะปฏิบัติงานขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว เช่น ผู้ควบคุมเครื่องจักรคนหนึ่งกำลังยุ่งอยู่กับงานที่เร่งด่วนและไม่มีในแผนการทำงาน เครื่องจักรเครื่องนี้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่ติดอยู่กับตัวเครื่องซึ่งมีส่วนทำให้การปฏิบัติงานล่าช้า โดยถ้าถอดอุปกรณ์นี้ออกจะทำให้ใช้เวลาในการทำงานเพียง 5 นาที แต่อาจเป็นการเพิ่มโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้ แต่ถ้าหากใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายชิ้นนี้ที่เครื่องจักรจะทำให้ต้องใช้ใช้เวลาในการทำงานถึง 15 นาที ดังนั้น จึงเกิดคำถามว่าผู้ปฏิบัติงานคนนี้ควรถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายชิ้นนี้ในขณะที่ปฏิบัติงาน ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานและหัวหน้างานก็ต้องประเมินสถานการณ์ร่วมกัน โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล การให้นำหนักความเสี่ยงและการตัดสินใจที่จะปฏิบัติงานนั้นอย่างไร ซึ่งถ้าข้อมูลต่างๆ และการประเมินความเสี่ยงมีความถูกต้อง ก็จะทำให้ปฏิบัติงานนั้นได้อย่างสำเร็จลุล่วงและปราศจากอุบัติเหตุ ดังเช่นเหตุการณ์ดังกล่าว ถ้า

ผู้ปฏิบัติงานและหัวหน้างานพิจารณาร่วมกันว่าหากถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เครื่องจักรออก ถึงแม้จะผลิตชิ้นงานได้เร็วขึ้นถึง 3 เท่า แต่โอกาสที่ผู้ปฏิบัติงานจะเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากเครื่องจักรดังกล่าวมีสูงมาก และถ้าหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะต้องหยุดกระบวนการผลิตทั้งหมด ก็ยังจะทำให้เกิดความสูญเสียมากมายตามมา ดังนั้น เมื่อประเมินดูแล้วผู้ปฏิบัติงานจึงไม่ควรถอดอุปกรณ์ดังกล่าวออกจากเครื่องจักรเพราะถึงแม้ว่าการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้อัตราการผลิตช้ากว่าแต่ก็เพียงพอที่จะผลิตงานให้เสร็จตามกำหนดเวลาและมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ผู้ปฏิบัติงานจะมีข้อมูลที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน แต่ถ้าหากมีปัจจัยความเครียด (Stressors) เกิดขึ้นได้แก่ สภาพแวดล้อมที่ผู้ควบคุมเครื่องจักรปฏิบัติงานอยู่ในขณะนั้นมีความผิดปกติ เช่น เสียงดัง แสงสว่างไม่เพียงพอ เป็นต้น หรือความเครียดทางด้านร่างกาย เช่น การเจ็บป่วย ความอ่อนเพลีย การติดยาเสพติด ตลอดจนความเครียดทางด้านจิตใจ เช่น ความวิตกกังวล การมีความกดดันจากหัวหน้างานที่จะต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายนอกเหนือจากแผนการทำงานปกติให้เสร็จทันตามกำหนด เป็นต้น ก็อาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาด ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ ไฟเรนซ์ส์จึงได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการรวบรวมข้อมูล ให้นำหน้าความเสี่ยง และตัดสินใจ ควรพิจารณาถึง 5 ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ก่อน คือ

1. ความจำเป็นของงาน
2. ความสามารถและข้อจำกัดของผู้ปฏิบัติงาน
3. ความสำเร็จเมื่องานเสร็จเรียบร้อย
4. ความสูญเสีย เมื่อได้พยายามปฏิบัติงานแล้วแต่งานไม่สำเร็จ
5. ความสูญเสีย เมื่อไม่ได้พยายามปฏิบัติงาน

โดยปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะช่วยให้บุคคลมีทัศนคติที่กว้างขึ้นก่อนที่จะรวบรวมข้อมูล ให้นำหน้าความเสี่ยงและตัดสินใจ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ทั้ง 5 ปัจจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะเมื่อมีปัจจัยความเครียดเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อากาศร้อน ข้อจำกัดเรื่องเวลา หรือความกดดันจากผู้บังคับบัญชา เป็นต้น ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจปฏิบัติงาน

### 3.6 ทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุจากหลายสาเหตุ (Multiple Causation Theory)

ใน ค.ศ. 1971 แคน ปีเตอร์เซน ได้นำเสนอแนวคิดใหม่ที่ว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งไม่ได้มีสาเหตุมาจากสาเหตุเดียวแต่เกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน และเมื่อสืบค้นลงไปถึงต้นตอของปัญหาจะพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยตลอดจนการขาดประสิทธิภาพของระบบการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย ตัวอย่างเช่น ช่างซ่อมบำรุงตกจากบันไดในขณะที่ปีนบันไดเพื่อเปลี่ยนหลอดไฟที่เพดานห้องถ้า

วิเคราะห์สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุโดยมองเพียงสาเหตุเดียวคือ อาจเกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากช่างซ่อมบำรุงปีนบันไดที่ชำรุด หรืออาจเกิดจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากบันไดชำรุด และจะมีวิธีการแก้ไขคือ การห้ามใช้บันไดที่ชำรุด แต่ถ้าวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุตามทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุจากหลายสาเหตุ จะพบว่าสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุดังกล่าวเกิดจากการขาดประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการด้านความปลอดภัย เช่น การขาดการตรวจสอบสภาพและบำรุงรักษาบันได หัวหน้างานละเลยการควบคุมงาน การขาดความรู้และขาดการฝึกอบรมให้เกิดทักษะในการปฏิบัติงาน การขาดความตระหนักในเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งจะนำไปสู่วิธีการปรับปรุงแก้ไขในด้านการบริหารจัดการ เช่น การปรับปรุงวิธีการตรวจความปลอดภัย กำหนดให้หัวหน้างานตรวจสอบและควบคุมงานอย่างใกล้ชิด การจัดให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้ในการปฏิบัติงาน เป็นต้น

ดังนั้น ตามทฤษฎีนี้จะเห็นได้ว่าถ้ามีระบบการบริหารจัดการที่ดี โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุก็จะลดลงหรืออาจจะไม่เกิดขึ้นเลย และถึงแม้จะมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแต่ถ้ามีระบบการบริหารจัดการที่ดีก็จะทำให้มีมาตรการรองรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ได้อย่างทันท่วงทีเพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นตามมา เช่น การปฐมพยาบาล การระงับอัคคีภัย เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การป้องกันอุบัติเหตุให้ได้ผลควรดำเนินการให้ครอบคลุมทุกๆ สาเหตุ โดยเน้นที่ระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นตอของปัญหาอย่างแท้จริง เพราะหากมุ่งแก้ไขเพียงการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยนั้นๆ แต่เพียงอย่างเดียว อุบัติเหตุในทำนองเดียวกันก็จะเกิดขึ้นตามมามากอีก ดังนั้น แนวทางในการควบคุมป้องกันอุบัติเหตุตามทฤษฎีนี้จัดได้ว่าเป็นแนวคิดของงานความปลอดภัยสมัยใหม่และเป็นที่ยอมรับมาจนถึงปัจจุบัน

นอกจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุทั้ง 6 ทฤษฎีดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีอีกหลายแนวคิดที่ได้อธิบายสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุตลอดจนแนวทางการป้องกันแก้ไข แนวคิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมน้อยอย่างแพร่หลาย คือ แนวคิดของการควบคุมความสูญเสีย (Loss Control) ซึ่งแฟรงค์ อี เบิร์ด (Frank E. Bird Jr.) ได้นำแนวคิดทฤษฎีโดมิโนของไฮนริคส์มาพัฒนาขึ้นเป็นแนวคิดของการควบคุมความสูญเสีย (Taylor Geoff and others, 2004) โดยใช้แบบจำลองสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและความสูญเสียซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับโดมิโนของไฮนริคส์ แต่เป็นแบบจำลองที่ง่ายต่อการใช้อธิบายความสัมพันธ์ของความสูญเสียและสาเหตุของความสูญเสียอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการควบคุมความสูญเสียได้อย่างกว้างขวาง

#### 4. สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

จากทฤษฎีของการเกิดอุบัติเหตุที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ละทฤษฎีต่างก็นำเสนอสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุหลากหลายกันไปซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสาเหตุของก็เกิดอุบัติเหตุตามที่แต่ละทฤษฎีได้นำเสนอไว้ แบ่ง ออกเป็น 2 สาเหตุหลักๆ คือ สาเหตุพื้นฐานและสาเหตุขณะนั้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

**4.1 สาเหตุพื้นฐาน (Basic Causes)** คือ ปัจจัยที่เป็น มูลเหตุชักนำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน โดยเป็นตัวการสำคัญที่จะโยงหรือนำไปสู่การเกิดสาเหตุขณะนั้นสาเหตุพื้นฐานพื้นฐานของการเกิดอุบัติเหตุ แบ่งเป็น 2 ปัจจัย คือ

**4.1.1 ปัจจัยจากคน (Personal Factor)** คือ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถของบุคคลไม่ว่าจะโดยตรงหรือทางอ้อม ทำให้บุคคลตัดสินใจผิดพลาดหรือกระทำการที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ได้แก่

- 1) สภาพของร่างกายที่ไม่เหมาะสม เช่น ความสูงที่ไม่เหมาะสมกับความสูงพื้นที่ปฏิบัติงานสายไม่ดี ไวต่อสารภูมิแพ้ เป็นโรคหัวใจ มีความพิการ เป็นต้น
- 2) ร่างกายได้รับความกดดันหรือความเครียด เช่น การได้รับบาดเจ็บ เกิดการล่าจากการพักผ่อนไม่เพียงพอ ฤทธิ์ของยาบางชนิด ภาวะขาดออกซิเจน น้ำตาลในเลือดต่ำ เป็นต้น
- 3) สภาพจิตใจหรืออารมณ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น ตกใจง่าย อารมณ์อ่อนไหว ใจร้อน วิตกกังวล ป่วยทางจิต เป็นต้น
- 4) มีความเครียดทางจิตใจ เช่น การทำงานซ้ำซาก ผิดหวัง มีความขัดแย้งกับผู้ร่วมงาน สับสน กับคำสั่ง หวาดกลัว เป็นต้น
- 5) การขาดความรู้ เช่น ไม่ได้รับการฝึกอบรม ขาดการปฐมนิเทศ ได้รับคำแนะนำที่ไม่ถูกต้อง การฝึกอบรมเบื้องต้นที่ไม่เพียงพอ ขาดการอบรมเพื่อทบทวนความรู้ เป็นต้น
- 6) การขาดทักษะ/ความชำนาญ เช่น การฝึกหัดไม่เพียงพอ ขาดผู้ฝึกสอน ไม่ค่อยได้ฝึกสอน ไม่ค่อยได้ปฏิบัติ เป็นต้น

7) การขาดแรงจูงใจหรือแรงจูงใจไม่เหมาะสม เช่น วิธีการให้รางวัลไม่เหมาะสม ขาดแรงจูงใจ ขาดการลงโทษทางวินัย ดังอย่างการปฏิบัติของหัวหน้างานที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น

**4.1.2 ปัจจัยจากงาน (Job Factor)** เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นจากงานหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงาน ได้แก่

1) การควบคุมดูแลการปฏิบัติงาน ไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม เช่น การมอบหมายความรับผิดชอบไม่ชัดเจน การมอบอำนาจที่ไม่เหมาะสม ขาดความรู้ในการบริหาร ขาดการวางแผนการปฏิบัติงาน ขาดการสอนหรืออบรมด้านความปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น

2) การควบคุมดูแลทางด้านวิศวกรรม ไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม เช่น ไม่มีการประเมินสภาพการทำงาน ขาดการปรับปรุงสภาพการทำงาน ขาดความรู้ในด้านการออกแบบ มาตรฐานการออกแบบ ด้านวิศวกรรมไม่เพียงพอ ขาดการติดตามประเมินผลหลังการปรับปรุง เป็นต้น

3) เครื่องมือและอุปกรณ์ไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ไม่ได้ตาม มาตรฐาน ขาดการบำรุงรักษา มีไม่เพียงพอต่อการใช้งานไม่เหมาะสม กับลักษณะงาน หรือผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

4) มาตรฐานการปฏิบัติงานไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม เช่น ไม่มีมาตรฐานการปฏิบัติงาน ไม่ครอบคลุมทุกขั้นตอนการปฏิบัติงาน ภาษาที่ใช้สื่อความหมายที่ไม่ชัดเจน หรือเข้าใจยากขาด การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานในการจัดทำมาตรฐาน เป็นต้น

**4.2 สาเหตุขณะนั้น (Immediate Factor)** คือ สาเหตุในช่วงเวลาก่อนที่เกิดเหตุการณ์ที่ไม่ปลอดภัยขึ้น ซึ่งสาเหตุขณะนั้นจะเป็นมูลเหตุโดยตรงที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน โดยแบ่งเป็น 2 ปัจจัย คือ

**4.2.1 การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Acts)** เป็นการกระทำของผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุ ได้แก่

- 1) การปฏิบัติงานลัดขั้นตอน
- 2) การใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือไม่ถูกวิธี
- 3) การปฏิบัติงานโดยไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง
- 4) การไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบ หรือข้อบังคับต่างๆ
- 5) การไม่ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล
- 6) การปฏิบัติงานด้วยความประมาท หยอกล้อกันเล่นขณะปฏิบัติงาน

7) การถอดหรือตัดแปลงอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เครื่องจักรงาน  
ไม่สามารถใช้งานได้

8) การซ่อมแซมเครื่องจักรโดยไม่หยุดเดินเครื่อง

**4.2.2 สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Conditions)** เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่  
ปลอดภัยที่อยู่รอบ ตัวผู้ปฏิบัติงานขณะปฏิบัติงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ได้แก่

- 1) บริเวณพื้นที่ทำงานลื่น ขรุขระ มีน้ำขัง
- 2) สถานที่ทำงานสกปรก วางสิ่งของเกะกะ ไม่เป็นระเบียบ
- 3) ไม่มีระบบระบายอากาศหรือการถ่ายเทอากาศไม่เหมาะสม
- 4) แสงสว่างไม่เพียงพอ หรือแสงจ้ามากเกินไป
- 5) บริเวณที่ทำงานมีเสียงดังมาก
- 6) ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เครื่องจักรในจุดที่เป็นอันตราย
- 7) อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลมีไม่เพียงพอ

หรือไม่เหมาะสม

8) ไม่มีการติดตั้งสัญญาณเตือนภัย เป็นต้น

จากสาเหตุทั้ง 2 สาเหตุหลัก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการค้นหา  
สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อควบคุมป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น นั้นจะต้องพิจารณาทั้ง  
สาเหตุพื้นฐานและสาเหตุขณะนั้น เพราะ การเกิดอุบัติเหตุขณะนั้นอาจมีผลเนื่อง มาจากสาเหตุ  
พื้นฐานได้ เช่น การที่ผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่งไม่ปฏิบัติ ตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน (สาเหตุขณะนั้น)  
อาจเป็นเพราะไม่ได้รับการอบรมหรือสอนงาน หรือหากได้รับ การสอนงานแต่ใน ขณะฟังการสอน  
อาจไม่มีสมาธิในการจดจำเนื่องด้วยพักผ่อนไม่เพียงพอทำให้ร่างกาย เกิดอาการง่วง จึงไม่สามารถจด  
จำขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ (สาเหตุพื้นฐาน) ดังนั้น เมื่อมาปฏิบัติงานก็ทำให้ปฏิบัติงานไม่ถูก  
ขั้นตอน เป็นต้น

## 5. การประเมินความเสี่ยง และการชี้บ่งอันตราย (Risk Assessment and Hazard Identification)

การชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3  
พ.ศ. 2542 ได้อธิบายถึงความหมายของการบ่งชี้อันตรายและการประเมินความเสี่ยง ไว้ดังนี้

**5.1 การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)** หมายถึง การแจกแจงอันตรายต่างๆ ที่มีและที่แอบแฝงอยู่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการทุกขั้นตอน ตั้งแต่ การรับจ่าย การเก็บการขนถ่ายหรือขนย้าย การใช้ การขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมีหรือวัตถุอันตราย ผลิตภัณฑ์ และวัตถุพลอยได้กระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติการ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และกิจกรรม หรือสภาพการณ์ ต่าง ๆ ภายในโรงงาน เป็นต้น

**5.2 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)** หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือ สภาพการณ์ต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้อันตรายที่มีและแอบแฝงอยู่ ก่อให้เกิดอุบัติเหตุและอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตราย เป็นต้น โดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์เหล่านั้นซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายหรือ ความเสียหายแก่ชีวิตทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม

## 6. การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดนำแผนงานบริหารจัดการความปลอดภัย พ.ศ. 2534 ได้อธิบายถึงการประเมินความเสี่ยงด้วย Fault Tree Analysis ( กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542 ) ไว้ดังนี้ Fault Tree Analysis เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุ หรืออุบัติภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดสาเหตุ ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ หรืออุบัติภัยร้ายแรง โดยเริ่มวิเคราะห์จากอุบัติเหตุหรือ อุบัติภัยร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาหาเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นก่อน แล้วนำมาแจกแจงขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ย่อยอะไรได้บ้าง และเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร การสิ้นสุดการวิเคราะห์ เมื่อพบว่าสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ย่อยเป็นผลเนื่องจากความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

Louver (1998) อธิบายถึงขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ให้พิจารณาเลือกจำลองเหตุการณ์แรก (Top Event) ที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดอุบัติภัยร้ายแรงตามมา
2. วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์แรกว่าเกิดได้จากเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event or Intermediate Event) อะไร ได้บ้าง

3. วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีก จนการวิเคราะห์หาสาเหตุจะสิ้นสุดเมื่อพบว่า สาเหตุต่างๆ เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความบกพร่องของเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือระบบความปลอดภัย ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน และหรือระบบการบริหารจัดการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จัดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ (Basic Event)




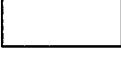


4. แสดงผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในรูปแบบแผนภูมิโดยใช้เครื่องหมายในตารางที่ 2.2

5. สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงลงในแบบชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

6. จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชี้บ่งอันตรายด้วยแผนภูมิดันไม้ (Fault Tree Analysis)

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชี้บ่งอันตรายด้วย Fault Tree Analysis

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate สาเหตุหลายสาเหตุ	- เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย
	Or Gate สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	- เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อย
	Basic Event เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ	- เหตุการณ์ย่อยที่จะเกิดขึ้นได้ตามปกติซึ่งทราบถึงสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Fault Tree Event เหตุการณ์ย่อย	- เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อ	- เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน ไม่ได้
	External Event เหตุการณ์ภายนอก	- เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม ( 2545)



วิชัย (2544) ได้อธิบายถึงการใช้แผนภูมิต้นไม้ ในการประเมินความเสี่ยงไว้ ดังนี้


แผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis, FTA.) เป็นการวิเคราะห์ความปลอดภัย โดยการวิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายที่เกี่ยวข้องกับงาน วิธีการทำงาน และกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ แสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้อง ที่จะนำไปสู่เหตุการณ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น เพื่อจะได้นำข้อมูลที่ได้มาหามาตรการในการควบคุม และป้องกันต่อไป FTA. เป็นการวิเคราะห์เพื่อความปลอดภัย โดยการนำเอาเหตุการณ์ที่อาจเกิดอันตราย หรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาจะให้เกิดขึ้นมาวิเคราะห์ โดยพิจารณาว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุ หรือเหตุการณ์ใดบ้าง มีลักษณะเป็น And Gate, Or Gate หรือลักษณะอื่น ๆ จากนั้นก็พิจารณาไปเรื่อย ๆ จนได้สาเหตุ หรือเหตุการณ์ที่เพียงพอต่อการหามาตรการป้องกัน หรือควบคุมอันตรายได้จึงจะหยุดทำการวิเคราะห์


FTA. เป็นเทคนิคที่ใช้หาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น (Cause And Effect) เพื่อแสดงลักษณะของการเกิดเหตุบกพร่อง หรือการเกิดอุบัติเหตุ (Top Event) หรือเกิดจากเหตุการณ์ใดบ้าง โดยแสดงเป็นแผนภูมิต้นไม้ระดับถึงสาเหตุ และขั้นตอนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง หรือความเกี่ยวข้องภายในระบบ (Intermediate Event) ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุย่อยหลายๆ สาเหตุ และสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) ที่สนับสนุนให้เกิดสาเหตุย่อยขึ้นการวิเคราะห์จะใช้ And Gate หรือ Or Gate เพื่อหาความเชื่อมโยงของสาเหตุต่างๆ ที่สนับสนุนให้เกิดความบกพร่องขึ้น โดยการหาสาเหตุของเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นจนได้สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น แล้วนำมาหามาตรการ หรือ วิธีป้องกัน ควบคุมต่อไป เช่น การเกิดเพลิงไหม้ขึ้นแต่ครั้งจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง อากาศ และความร้อน แต่เชื้อเพลิงนั้นมีหลายประเภท ซึ่งเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดลุกไหม้นั้น อาจเป็นเชื้อเพลิงประเภทของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ และความร้อนก็มีมาจากหลายแห่งด้วยกัน


FTA. ช่วยในการหาโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดขึ้นว่ามีโอกาสมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยหลักพีชคณิตบูลีน (Boolean Algebra) และข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายของการล้มเหลวจากการทำงาน (Failure Rate) มาเป็นพื้นฐานในการคำนวณ โดยผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคและสัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมทั้งขั้นตอนในการวิเคราะห์เป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง


Louvar (2002) อธิบายถึงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) ไว้ดังนี้

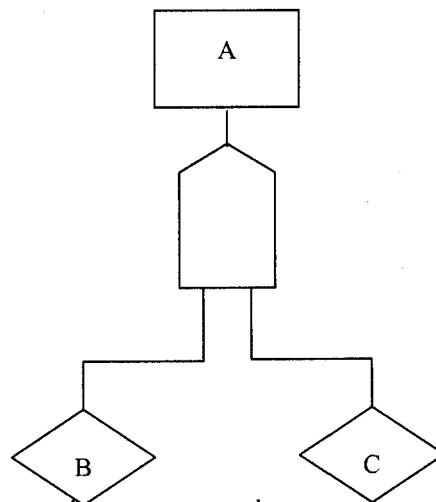
1. สัญลักษณ์ที่ใช้กับ Event เหตุการณ์ของเทคนิค Fault Tree Analysis สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ 5 รูปแบบ

1.1 Fault Event ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (  Rectangle) ส่วนมากใช้เป็นเหตุการณ์ที่อยู่ระหว่างกลาง (Intermediate Event) ไม่ใช่เหตุการณ์เริ่มต้นหรือเหตุการณ์สุดท้ายของกิ่ง ก้าน สาขาในแผนภูมิต้นไม้ Fault Event จะต้องอธิบายในลักษณะสาเหตุที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์เป็นสาเหตุ หรือเป็นผลมาจากเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ ในการวิเคราะห์ด้านปริมาณ Fault Event จะไม่ระบุเป็นตัวเลข เพราะไม่ใช่สาเหตุหรือเหตุการณ์สุดท้ายของปัญหา ซึ่งจะต้องถูกทำการวิเคราะห์ต่อไปอีกเสมอ ซึ่งต่างจาก Basic Event ที่จะต้องระบุตัวเลขอัตราการเกิดเหตุการณ์ด้วยทุกครั้ง


1.2 Basic Event ใช้สัญลักษณ์เป็นรูปวงกลม (  Circle) ใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์เกิดจากความบกพร่องหรือความคิดปกติ ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เหตุการณ์ นี้จะอยู่ในส่วนล่างสุดของทุก ๆ เหตุการณ์เสมอไม่สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้อีก เช่น เหตุการณ์ของดวงไฟที่ติดไว้เพื่อแสดงสัญญาณเตือนภัยไม่ทำงาน อันมีสาเหตุมาจากความเสื่อมสภาพของไส้หลอด เป็นต้น

1.3 Undeveloped Intermediate Event ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือรูปเพชร (  Diamond) ใช้เป็นตัวแทนเหตุการณ์ที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอหรือยุ่งยากซับซ้อนหรือเป็นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับ Top Event หรือไม่ใช่เหตุการณ์สำคัญ จึงไม่กระทำการวิเคราะห์ต่อไป แต่เมื่อใดที่มีข้อมูลเพิ่มเติม หรือสนับสนุนภายหลัง ก็สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ (Fault Event) เหตุการณ์ B และ C เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ A ขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.9

1.4 House Event ใช้สัญลักษณ์รูปบ้าน (  House) บางครั้งเรียกว่า Switch Event หรือ Normal Event เพราะเหตุการณ์นี้ต้องพิจารณาว่าจะเกิดเหตุการณ์ หรือไม่เกิดเหตุการณ์ ขึ้นใช้แทนด้วย สวิตช์ปิด - เปิด ดังแสดงในภาพที่ 2.9




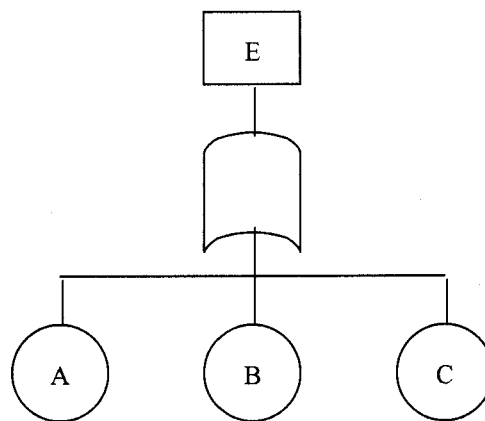
ภาพที่ 2.9 สัญลักษณ์ที่ใช้กับ Event

1.5 Tree Transfer หรือ Transfer Gate ใช้สัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม  เป็นสัญลักษณ์ที่ไม่ได้ใช้แทนเหตุการณ์ แต่ใช้แทนการอ้างถึงเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งซึ่งอยู่ในกิ่งก้านอื่นของแผนภูมิ ต้นไม้ แต่เป็นเหตุการณ์ที่ซ้ำกันเพราะฉะนั้นในเทคนิค Fault Tree ถ้าพบว่ามีเหตุการณ์ซ้ำกันก็ไม่ต้องเขียน เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการวิเคราะห์นั้น ๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วแต่ละจะใช้สัญลักษณ์สามเหลี่ยม อ้างไปถึงเหตุการณ์เดิมที่เคยวิเคราะห์แล้วในกิ่งก้านอื่น ๆ ของ Top Event เดียวกัน

## 2. สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์เป็นผลกัน (Logic Gate)


Fault Tree เป็นเทคนิคที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์นั้น ๆ ของระบบ ความเชื่อมโยงของและเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องหรือไม่นั้น สามารถใช้สัญลักษณ์ได้ดังต่อไปนี้

2.1 Or Gate ใช้สัญลักษณ์รูป  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์อย่างน้อยหนึ่งในเหตุการณ์ หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ ซึ่งเกิดภายในเวลาเดียวกัน หรือมีผลต่อเหตุการณ์เดียวกันซึ่งเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้นั้น ต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์นั้นๆ อย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์ หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ เช่น เหตุการณ์ A , B , C เป็น Input ที่มีความสัมพันธ์กันแบบ Or Gate แสดงว่า เหตุการณ์ E จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A หรือ B หรือ C เกิดขึ้นอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเกิดขึ้นพร้อมๆ กันก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.10

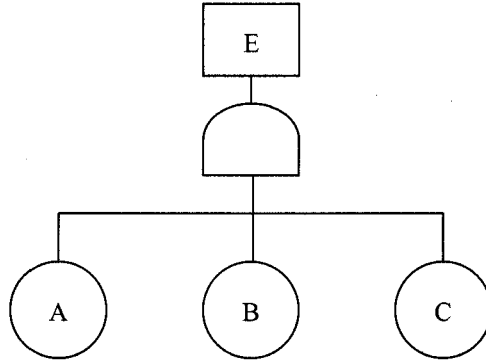


ภาพที่ 2.10 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์เป็นผลกัน (Logic Gate)

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545)

2.2 And Gate ใช้สัญลักษณ์  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้ (Out Put) จะต้องมีสาเหตุมาจากทุก ๆ เหตุการณ์ (In Put) ซึ่งจะต้องเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เช่น เหตุการณ์ E จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A , B และ C เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน


ทั้งหมด แต่เมื่อใดก็ตามที่เกิดเหตุการณ์ A หรือ B หรือ C เกิดเหตุการณ์ A หรือ B , A หรือ C , B หรือ C อย่างใดอย่างหนึ่งก็มักจะไม่ทำให้เหตุการณ์ E ขึ้นมาได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.11

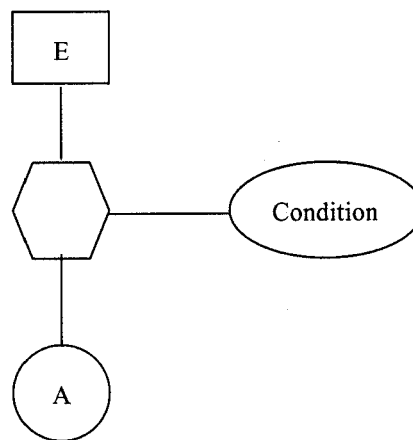


ภาพที่ 2.11 And Gate

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545)

หมายเหตุ: Or Gate และ And Gate เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายความเป็นเหตุเป็นผลของแต่ละเหตุการณ์ที่ใช้เป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุได้อย่างดีและง่ายต่อการวิเคราะห์ จึงนิยมใช้มากกว่าสัญลักษณ์อื่น ๆ

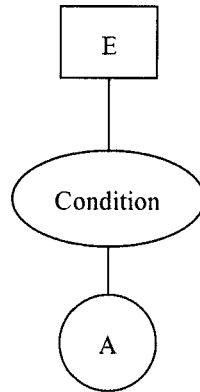
2.3 Inhibit Gate ใช้สัญลักษณ์รูป  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงไว้ในแผนภูมิต้นไม้ในกรณีเหตุการณ์ใด ๆ (Out Put) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเงื่อนไข (Condition) หรือข้อจำกัด (Restriction) หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ครบ เช่น สถานที่ อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบเสริมที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ระบุไว้ต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A (In Put) จึงจะสามารถทำให้เกิด High Pressure (เหตุการณ์ E หรือ Out Put) ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 Inhibit Gate

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545)

2.4 Delay Time (Condition Event) สามารถทำให้เหตุการณ์ผิดปกติ (Fault Event , E) ใ้เกิดขึ้นต่อเมื่อมีเหตุการณ์ A และมีเงื่อนไขของระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องมีลักษณะเฉพาะ เช่น Report มีอุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียส นานเกิน 2 นาที วาล์วจะถูกเปิดออกเพื่อลดความดันและอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 Delay Time ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, (2545)

Louver (1998) ได้แสดงถึงวิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าของโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุเป็นสมการ Exponential ดังนี้

$$R(t) = e^{-\mu t}$$

โดยที่ R คือ โอกาสของการไม่เกิดอุบัติเหตุ  
 t คือ เวลา หน่วย ปี  
 $\mu$  คือ อัตราของการเกิดความผิดพลาดต่อปี

และ 
$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

โดยที่ F(t) คือ โอกาสของความผิดพลาดในช่วงเวลาหนึ่ง และการหาค่าของช่วงเวลาก่อนการเกิดการผิดพลาดของอุปกรณ์ หรือความเสียหายของอุปกรณ์ (Mean Time Between Failure (MTBF))

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \left[ \frac{dR}{dT} \right] dt = \frac{1}{\mu} \text{ ปี}$$

Louvar (1998) ได้แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าของโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ด้วย Logic Gate ด้วยวิธี Fault Tree Analysis ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 และ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย Or Gate

Failure probability	Reliability	Failure rate
$F = 1 - (1 - F^1) (1 - F^2)$	$R = R^1 R^2$	$\mu = \mu_1 + \mu_2$
$F = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F^i)$	$R = \prod_{i=1}^n R^i$	$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i$

ที่มา: Louvar (1998)

ตารางที่ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย And Gate

Failure probability	Reliability	Failure rate
$F = F^1 F^2$	$R = 1 - (1 - R^1) (1 - R^2)$	$\mu = \mu_1 \mu_2$
$F = \prod_{i=1}^n F^i$	$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R^i)$	$\mu = (-\ln R / t)$

ที่มา: Louvar (1998)

Louvar (1998) ได้แสดงอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.5 ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่าง ๆ

<b>Instrument</b>	<b>Failures/yr</b>
Controller	0.29
Control Valve	0.60
Flow Measurement (Fluids)	1.14
Flow Measurement (Solids)	3.75
Flow Switch	1.12
Gas-Liquid Chromatograph	30.6
Hand Valve	0.13
Indicator Lamp	0.044
Level Measurement (Liquids)	1.70
Level Measurement (Solids)	6.86
Oxygen Analyzer	5.65
pH meter	5.88
Pressure Measurement	1.41
Pressure Relief Valve	0.022
Pressure Switch	0.14
Solenoid Valve	0.42
Stepper Motor	0.044
Strip Chart Recorder	0.22
Thermocouple Measurement	0.52
Thermometer Measurement	0.027
Valves Positioner	0.44
Pump Failure	0.026
Valves Failure	0.026
Motor – Operated	0.36
Solenoid	0.36
Air – Operated	0.036

## ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

<b>Instrument</b>	<b>Failures/yr</b>
Check, Failure to Open	0.036
Relief, Failure to Open	0.0036
Motor Failure	0.0086
Transformers, Open/Shorts	0.0086
Relays, Failure to Energize	0.011
Circuit Breakers, Failure to Transfer	0.36
Limit Switch Failure	0.036
Torque Switches, Failure to Operate	0.036
Pressure Switches, Failure to Operate	0.036
Manual Switches, Failure to Operate	0.011
Battery Power Supply Failure	0.0026
Soil State Device Failure	0.086
Diesels, Failure to Start	10.8
Diesels, Failure to Run	8.6
Instrument, Failure to Operate	0.0086
Selection of key - Operate Switch	$10^{-4}$
Selection of Hand Switch	$10^{-3}$
Reading of Labels	$3 \times 10^{-3}$
Correct Action Under Stress	0.2
Correct action under stress in 60 sec	1.0
Correct action under stress in 5 min	0.9
Correct action under stress in 30 min	0.1
Correct action under stress in several hours	0.01
Check on different shift (except when check list is not used)	0.1

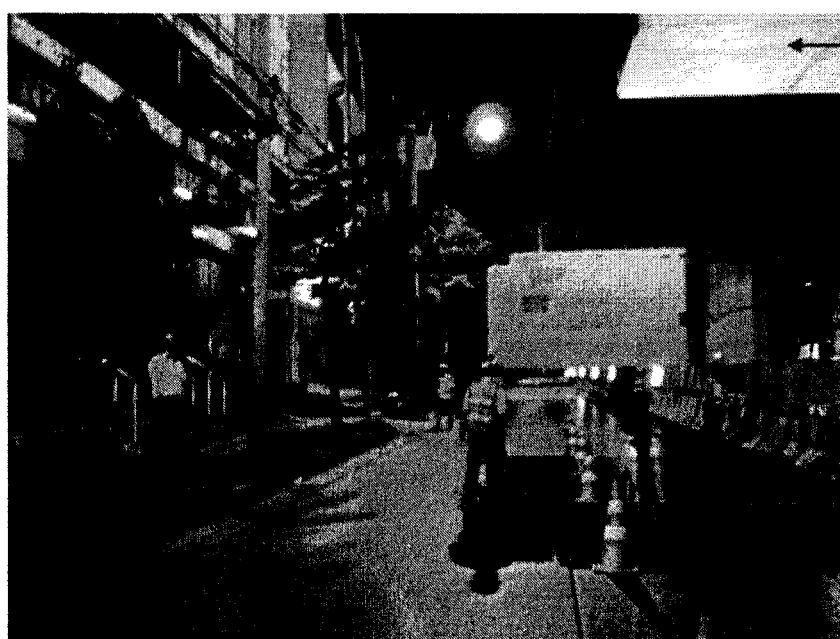
ที่มา: Louvar (1998)



## 7. วิธีการยกคานคอนกรีตด้วยรถเครนเคลื่อนที่

### 7.1 การจัดการจราจร

ก่อนการยกคานคอนกรีตขึ้นติดตั้ง ต้องทำการเบี่ยง และปิดกั้นพื้นที่ผิวจราจรด้วยกรวยจราจรสะท้อนแสง ไฟแสงสว่าง สำหรับจอดรถ บรรทุกคานคอนกรีต และรถเครน (ดังภาพที่ 2.14)



คานตามขวาง  
(Cross Beam)

รั้วกันเขตก่อสร้าง  
เกาะกลางถนน

กรวยจราจร

ภาพที่ 2.14 แสดงการปิดกั้นพื้นที่ผิวจราจรเพื่อทำงาน ด้วยกรวยจราจร

### 7.2 ลำดับขั้นตอนการยกคานคอนกรีตขึ้นติดตั้งบนหัวเสา หรือคานตามขวาง

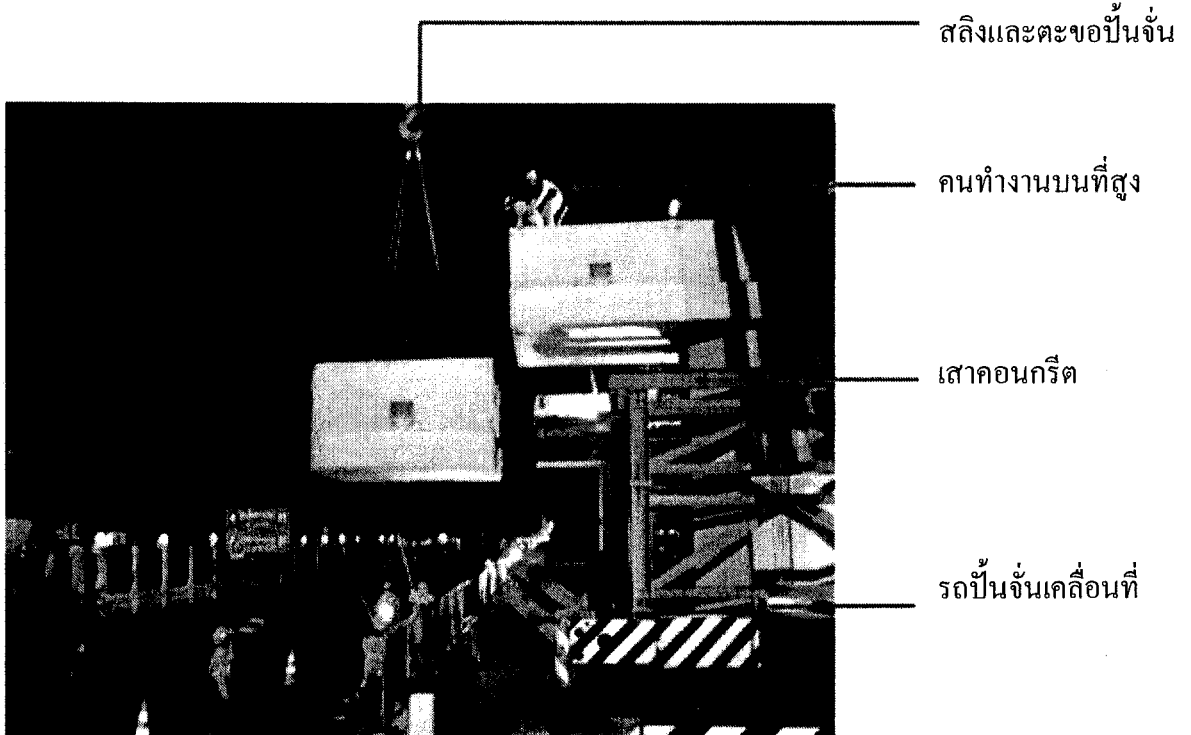
7.2.1 รถเครนทั้ง 2 คัน เคลื่อนที่เข้าจอดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ และกางขารถเครนทั้ง 4 ขา ให้สุด พร้อมยึดบูมเครนออกในตำแหน่งพร้อมยก

7.2.2 รถบรรทุกคานคอนกรีตเข้าจอดในตำแหน่งที่กำหนดไว้

7.2.3 พนักงานขึ้นไปบนรถบรรทุกเพื่อผูกมัดสลิงด้วยสะเก็นที่ด้านหัวและด้านท้ายคานคอนกรีต พร้อมตรวจสอบการผูกมัดให้มั่นคงแข็งแรง

7.2.4 พนักงานขึ้นไปบนหัวเสาคอนกรีต หรือคานตามขวางคอนกรีตด้วยบันไดนั่งร้าน เพื่อจัดวางคานคอนกรีตให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการตามแบบ

7.2.5 หลังจากพนักงานผูกมัดสลิงกับคานคอนกรีต และพนักงานขึ้นไปบนหัวเสาหรือคานเสร็จแล้ว คนให้สัญญาณเครน ให้สัญญาณการยกคานออกจากรถบรรทุก ยกคานขึ้นติดตั้งบนหัวเสาหรือคานตามขวาง (ดังภาพที่ 2.15)



ภาพที่ 2.15 แสดงการยกคานคอนกรีต (Cross Beam) ขึ้นวางบนหัวเสา



ภาพที่ 2.16 แสดงการยกคานคอนกรีต (I-Girder) ขึ้นวางบนคานตามขวาง(Cross Beam)

7.3 อันตรายหรืออุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่พนักงานคนงาน ทำงาน ยกคานคอนกรีตด้วยรถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ขึ้นติดตั้งบนหัวเสาหรือคานตามขวาง ตามลำดับขั้นตอนลักษณะการทำงานดังแสดงในตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานยกคานคอนกรีต (Concrete-Girder) ขึ้นติดตั้ง บน หัวเสาคอนกรีต (Concrete Pier Head) และบนคานตามขวาง (Cross Beam) ด้วย Mobile Crane

ลำดับขั้นตอนลักษณะการทำงาน	อันตรายที่อาจเกิดขึ้น
1. ขนย้ายคานคอนกรีต (Concrete-Girder) ไปยังจุดติดตั้งหน้างาน ด้วยรถบรรทุก (Trailer)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. สลึงขาดหรือหนีบมือขณะผูกมัดสลึงกับ Girder</li> <li>2. Girder ทับหรือกระแทกเท้าหรือขา</li> <li>3. ลวดสลึง เหวี่ยงกระแทกร่างกาย</li> <li>4. อันตรายจาก Mobile Crane หรืออุปกรณ์ เช่น บวมหัก หรือ เคนสวิงเบียด</li> </ol>
2. ยกคานคอนกรีต (Concrete-Girder) ขึ้นติดตั้ง บน หัวเสาคอนกรีต (Concrete Pier Head) และยกคานตามขวาง (Cross Beam) ด้วย Mobile Crane	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. สลึงขาดหรือหนีบมือขณะผูกมัดสลึงกับ Girder</li> <li>2. ตกจากที่สูงขณะยื่นจัดวาง Girder ให้เข้าที่บน หัวเสาคอนกรีต (Concrete Pier Head)</li> <li>3. Girder ทับเท้า หรือกระแทกมือขณะจัดวาง Girder ให้เข้าที่</li> <li>4. อันตรายจากเครนล้ม</li> <li>5. เคนสวิงเบียด (ด้านหลังเครน)</li> </ol>

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ด้านความปลอดภัยในงานยกคานคอนกรีตระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย สายตะวันออก ตอนที่ 1 อ่อนนุช-เบริ่ง โดยใช้รถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ (Mobile Crane) ยกคานคอนกรีตตามขวาง (Cross Beam) ขึ้นบนหัวเสาคอนกรีต (Pier Head Concrete) และงานยกคานคอนกรีตตามยาว (Concrete-Girder) ขึ้นติดตั้งบนคานตามขวาง โดยใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงแบบ Fault Tree Analysis

#### 1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่แอบแฝงอยู่ในงานยกคานตามยาวคอนกรีต ขึ้นติดตั้งบนหัวเสา และคานตามขวางด้วยรถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานี E10 (บางจาก) สถานี E11 (ปทุมธานี) สถานี E12 (อุดมสุข) โดยมีจำนวน Concrete I-Girder ทั้งหมดสถานีละ 46 ชิ้น น้ำหนักชิ้นละ 60-70 ตัน Concrete Cross Beam Segment ทั้งหมดสถานีละ 38 ชิ้น

#### 2. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์การพิมพ์
- 2.2 กล้องบันทึกภาพ
- 2.3 เครื่องถ่ายเอกสาร
- 2.4 เครื่องคิดเลข

### 3. วิธีการวิจัย

3.1 สํารวจและเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติจำนวนพนักงานที่ประสบอุบัติเหตุในการทำงานยกคานคอนกรีตด้วยรถเรนแบบเคลื่อนที่ ทั้ง 3 สถานี จำนวนพนักงานทั้งหมด จำนวนชั่วโมงการทำงาน เพื่อกําหนดหาค่าความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานจากสูตร

Crowl and Louvar (2002) ได้อธิบายถึงการหาความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงาน ดังนี้

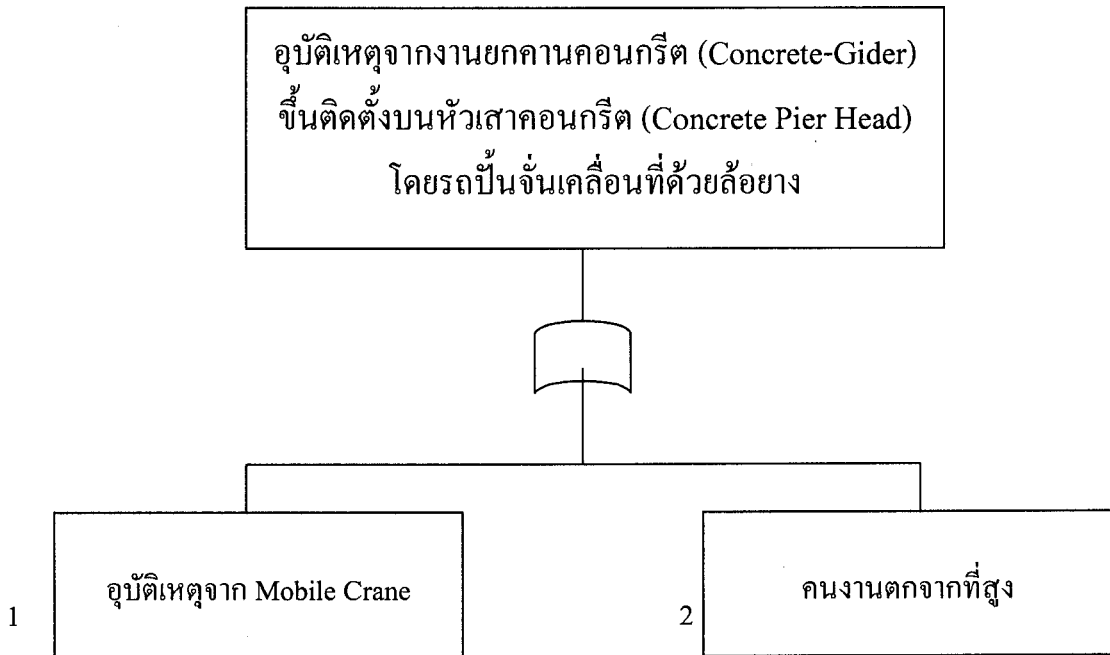
$$\text{ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ} = \frac{\text{(จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ)}}{\text{(เวลาทั้งหมดที่เข้าไปสัมผัสบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ)}}$$

หน่วย คือ ครั้ง / ชั่วโมง

3.2 ประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) โดยการหาเหตุการณ์หลัก เหตุการณ์ย่อย และเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) ที่จะเป็สาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุ เพื่อกําหนดหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุและความน่าเชื่อถือสำหรับเปรียบเทียบกับค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360 ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.2.1 กําหนดหรือเลือกเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาสําคัญ เหตุการณ์หลัก (Top Event) ที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ อยู่บนสุดของโครงสร้างรูปต้นไม้ ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.2.2 วิเคราะห์หาสาเหตุย่อยของการเกิดเหตุการณ์แรก (Top Event) ซึ่งอุบัติเหตุจากงานยกคานคอนกรีตด้วยรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ที่เกิดจากเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event) 2 เหตุการณ์ คือ อุบัติเหตุรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ หรือ คนงานตกจากที่สูง โดยใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เชื่อมต่อกับ Top Event ด้วยสัญลักษณ์ Or Gate ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงเหตุการณ์หลักเชื่อมต่อเหตุการณ์ย่อยด้วย Or Gate

3.2.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย กรณีอุบัติเหตุจากรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ที่เกิดจากปั้นจั่น, อุปกรณ์ของปั้นจั่น หรือสภาพของพื้นที่ทำงาน โดยใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เชื่อมต่อกับ Fault Tree Event ด้วยสัญลักษณ์ Or Gate แต่กรณีของสภาพของพื้นที่ทำงานในกรอบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เป็นเหตุการณ์ที่ไม่มีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ จึงไม่ทำการวิเคราะห์ต่อไป

วิเคราะห์เหตุการณ์ย่อยกรณีความผิดพลาดที่เกิดจาก คนขับปั้นจั่น เกิดจากเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) คนขับอ่านค่าผิด กดปุ่มผิดพลาด, ความเครียด หรือรีบเร่งทำงานเกินไป ใช้สัญลักษณ์รูปวงกลม เชื่อมต่อด้วยสัญลักษณ์ Or Gate

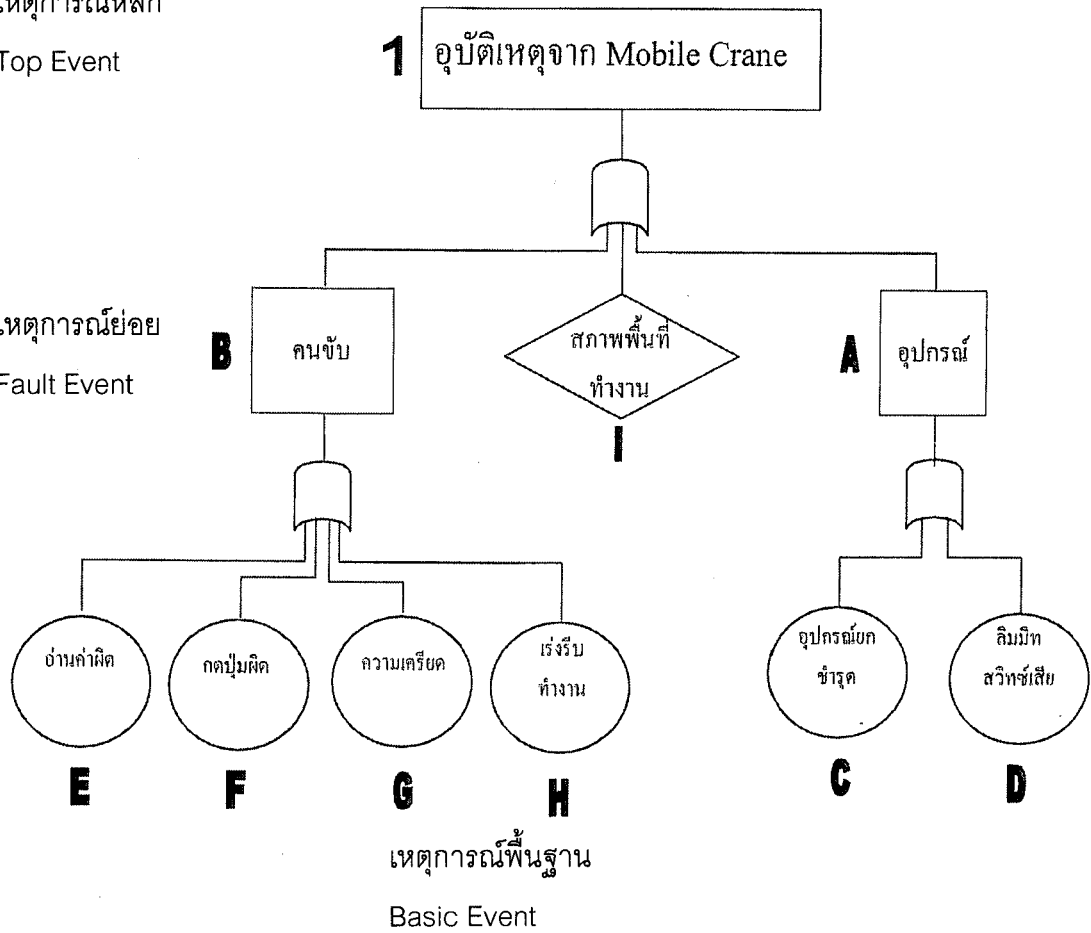
วิเคราะห์เหตุการณ์ย่อยกรณีความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์ของปั้นจั่น เกิดจากเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) อุปกรณ์การยกชำรุด หรือลิมิตสวิทช์เสีย ใช้สัญลักษณ์รูปวงกลม เชื่อมต่อด้วยสัญลักษณ์ Or Gate ดังภาพที่ 3.2

เหตุการณ์หลัก

Top Event

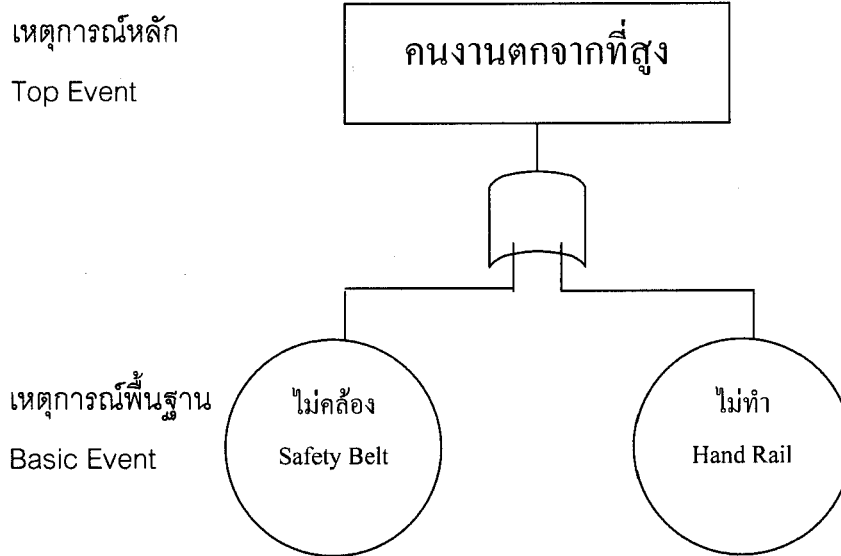
เหตุการณ์ย่อย

Fault Event



ภาพที่ 3.2 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจาก Mobile Crane

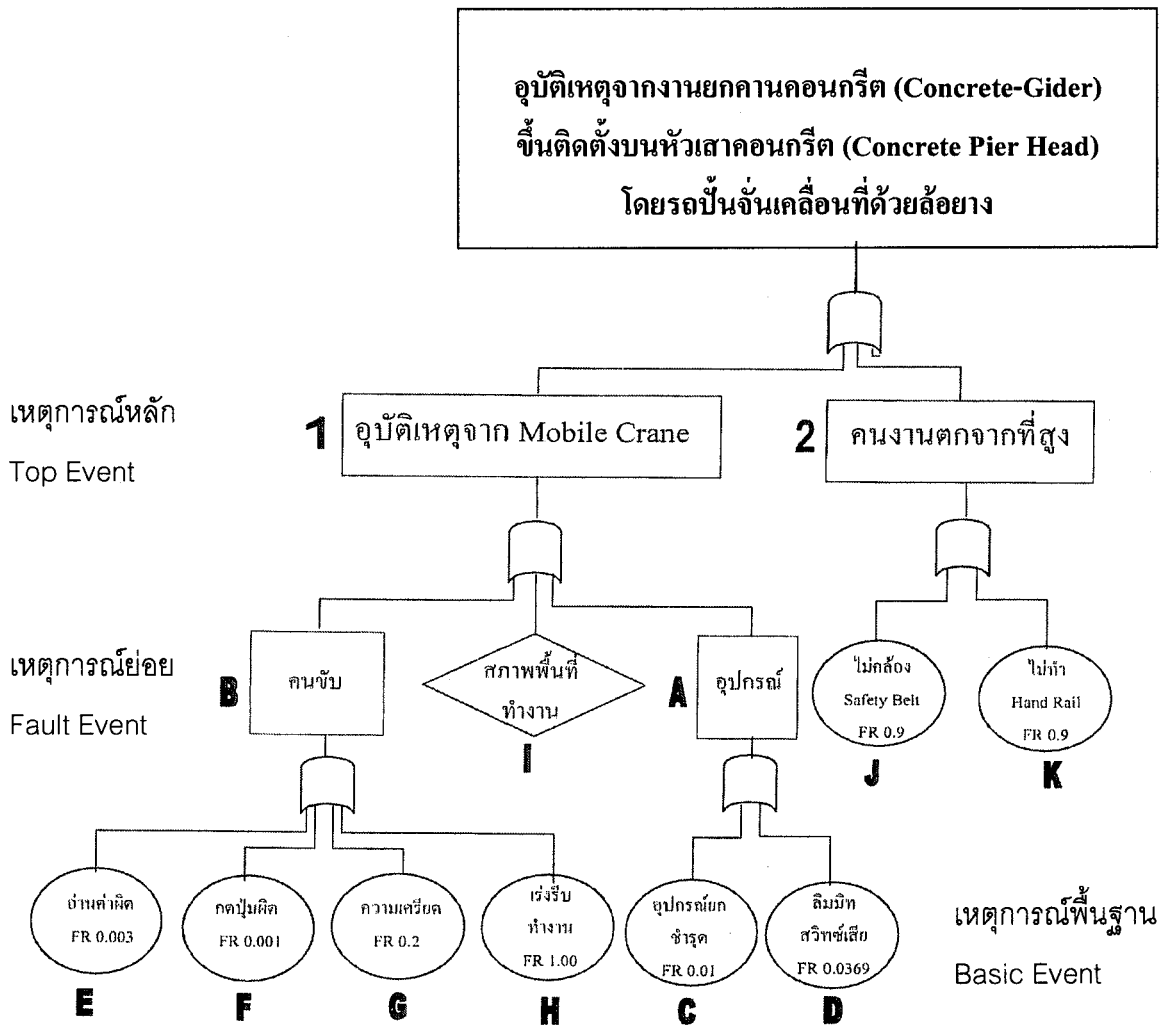
3.2.4 วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยกรณี อุบัติเหตุจากคนงานตกจากที่สูง เกิดจากคนงานไม่คล้องเข็มขัดนิรภัย หรือไม่ทำราวกันตก ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์เป็นเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event)ที่เป็นสาเหตุทำให้ตกจากที่สูงใช้สัญลักษณ์ Or Gate ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากคนงานตกจากที่สูง

3.2.5 เขียนความสัมพันธ์แสดงสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุด้วยแผนภูมิต้นไม้จากเหตุการณ์หลัก (Top Event) เชื่อมต่อเหตุการณ์ย่อย (Fault Tree Event) จนถึงเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) ด้วย Or Gate และเลือกค่า Failure Rate ของอุปกรณ์ และคนทำงานจากตารางที่ 2.5 กำหนดลงในวงกลมเหตุการณ์พื้นฐาน ดังแสดงในภาพที่ 3.4





ภาพที่ 3.4 แสดงการเขียนความสัมพันธ์เหตุการณ์หลัก เหตุการณ์ย่อย และเหตุการณ์พื้นฐาน

3.2.6 คำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) และโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย (Failure Probability) ของอุปกรณ์และคนทำงานของเหตุการณ์ อุบัติเหตุจาก Mobile Crane และคนตกจากที่สูง โดยเริ่มคำนวณจากเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) ไปสู่เหตุการณ์หลัก (Top Event) โดยใช้สูตรจากตารางที่ 2.3 และ 2.4 คำนวณ

3.2.7 สรุปผลการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น และโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ เปรียบเทียบ โอกาสการเกิดอุบัติเหตุ กับความรุนแรง

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 1. ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุของพนักงาน

ตารางที่ 4.1 แสดงสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากงานยกคานคอนกรีต

สถานที่	วันที่เกิดอุบัติเหตุ	ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	จำนวนวันหยุดงาน (วัน)	ค่ารักษาพยาบาล (บาท)	
สถานี E10 (บางจาก)	16 สิงหาคม 2550, 02.10 น.	คนงานปีนตงนั่งร้านข้อ เท้าแพลง	ไม่หยุดงาน	300	
	8 กันยายน 2550, 23.40 น.	ลวดสลิงหนีบมือข้างซ้าย คนงาน	8	4,530	
	4 ตุลาคม 2550, 01.05 น.	เหล็กร่วงตกจากนั่งร้าน กระแทกหัวไหล่	ไม่หยุดงาน	250	
	14 ตุลาคม 2550, 01.35 น.	คนงานเดินสะดุดต่อ เหล็ก (Dowel) สัม โคน เหล็กแท่งที่ขาขวา	6	1,940	
	25 พฤศจิกายน 2550, 23.50 น.	คนงานลื่นตกจากรถ เครน ขณะยก Concrete Girder ติดตั้ง ทำให้ข้อ เท้าแพลง	5	1,850	
	20 มกราคม 2551, 22.25 น.	นั่งร้านลื่นทับคนงาน ขณะเดินขึ้นนั่งร้านเพื่อ ไปบน Cross Beam	5	1,800	
	30 มีนาคม 2551, 02.15 น.	เดินสะดุดพื้นลื่นหัวเข้า กระแทกแท่งคอนกรีต	ไม่หยุดงาน	430	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

สถานที่	วันที่เกิด อุบัติเหตุ	ลักษณะการเกิด อุบัติเหตุ	จำนวนวันหยุดงาน (วัน)	ค่ารักษาพยาบาล (บาท)
สถานี E11 (บุญฉวี)	9 กันยายน 2550, 02.10 น.	ลวดสลิงหนีบมือคนงาน ขณะผูกมัดสะเก็นเหล็กกับ Girder	2	1,250
	21 พฤศจิกายน 2550, 01.35 น.	คนงานลื่นตกจากนั่งร้าน ขณะปีนขึ้นนั่งร้านเพื่อไป จัดวาง Girder บนหัวเสา	4	2,415
	26 ธันวาคม 2550, 02.44 น.	Concrete I-Girder กระแทกมือคนงานขณะจัด วางGirder ให้เข้าที่บนคาน ตามขวาง	2	820
	15 กุมภาพันธ์ 2551, 01.50 น.	แท่งเศษเหล็กร่วงตกจาก บนคานเหล็ก โคนคนงานที่ อยู่ข้างล่างขณะวาง Concrete I-Girder	ไม่หยุดงาน	225
สถานี E12 (อุดมสุข)	9 เมษายน 2551, 01.38 น.	Concrete I-Girder ทับเท้า คนงานขณะจัดวางGirder บน CrossBeam	23	7,100
	9 ธันวาคม 2550, 23.18 น.	สะเก็นเหล็ก-สลิงเหยียง กระแทกหน้าอกคนงาน ขณะแก้มัดสลิงออกจาก Girder	6	2,325
	25 พฤศจิกายน 2550, 01.45 น.	Girder ทับหลังเท้าคนงาน ขณะจัดวาง Girder ให้เข้าที่ บนคานตามขวาง Cross Beam	18	5,460
	15 มกราคม 2551, 02.54 น.	เส้นลวดสลิงบาด-ตีมือ คนงานขณะผูกมัดลวดสลิง กับ Concrete-Girder	ไม่หยุดงาน	210

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

สถานที่	วันที่เกิดอุบัติเหตุ	ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	จำนวนวันหยุดงาน (วัน)	ค่ารักษาพยาบาล (บาท)
	11 เมษายน 2551, 23.39 น.	ลวดสลิงหนีบมือคนงาน ขณะยก I-Girder ขึ้นบน รถ Tailer	3	1,350
	24 เมษายน 2551, 02.33 น.	รอกตัวเล็กของ Mobile Crane รูด ทำให้ตะขอ (Hook) ของเครนถ่วงตก โดนหัวไหล่คนงาน	ไม่หยุดงาน	450

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานขณะยกคานคอนกรีตระหว่าง เวลา 20.00 - 04.00 น.

ตำแหน่ง / หน้าที่พนักงาน	จำนวนพนักงาน (คน)		
	สถานี E10 บางจาก	สถานี E11 ปทุมธานี	สถานี E12 อุดมสุข
คนขับรถ Mobile Crane ( 2 คัน )	2	2	2
คนขับรถบรรทุก Tailer ( 1 คัน )	1	1	1
คนให้สัญญาณ การยก	2	2	2
คนผูก / คล้อง ลวดสลิง	4	4	4
คนจัดวางคาน Girder บน Cross Beam	4	4	4
อาสาจราจร	6	6	6
คนงานทั่วไป (ตั้งเครน, ทำความสะอาด, กั้นพื้นที่ทำงาน)	8	8	8
รวมทั้งรวม	27	27	27

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนการยกคานคอนกรีตขึ้นติดตั้งบนหัวเสา และคานตามขวาง

สถานี/โครงการ	จำนวนครั้งการยก (ครั้ง)	จำนวนคานคอนกรีต (ชิ้น)	จำนวนวันการยก (วัน)
สถานี E10 (บางจาก)	84	84	28
สถานี E11 (ปทุมธานี)	84	84	28
สถานี E12 (อุตรดิตถ์)	84	84	28

ตารางที่ 4.4 แสดงความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานที่เข้าไปสัมผัสพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

สถานี/โครงการ (คน)	จำนวนพนักงานที่เกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง/1,000 ชั่วโมงการทำงาน)	ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ
สถานี E10 (บางจาก)	7	1
สถานี E11 (ปทุมธานี)	5	1
สถานี E12 (อุตรดิตถ์)	5	1

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานทั้งหมดทุกคนที่เข้าไปสัมผัสพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุของงานยกคานคอนกรีตด้วยรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ในงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพทั้ง 3 สถานี มีค่าความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานที่เกิดขึ้นจริงอยู่ที่ 1 ครั้งต่อ 1,000 ชั่วโมงการทำงาน

## 2. โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ และคนขับรถ เครน

โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ (Failure Probability) ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์การยกคาน และคนทำงาน (Reliability) และอายุการใช้งานเฉลี่ยก่อนเกิดการเสียหายของอุปกรณ์การยก (Mean Time Between Failure; MTBF) ของรถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ (Mobile Crane)

2.1 โอกาสการเกิดอุบัติเหตุ ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และอายุการใช้งานเฉลี่ยก่อนเกิดการเสียหายของอุปกรณ์ (เหตุการณ์ A) เกิดจาก

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ C อุปกรณ์การยกชำรุดจากตารางที่ 2.5  
ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR) หรือ Failure/year หรือ ของ อุปกรณ์การยกชำรุด = 0.01

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_c(t) = e^{-0.01(1)}$$

$$R_c = 0.99$$

ช่วงเวลาก่อนที่จะเกิดการเสียหายของอุปกรณ์การยกหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \frac{1}{\mu} \\ &= \frac{1}{0.01} \\ &= 100 \text{ ปี} \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability) ของอุปกรณ์การยก

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F(t) &= 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t} \\ F_c(t) &= 1 - R_c(t) \\ &= 1 - 0.99 \\ F_c &= 0.01 \end{aligned}$$

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ D ลิมิตสวิทช์เสีย

จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR). หรือ Failure/year หรือ ของ Limit  
Switch failure = 0.036

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_D(t) = 1 - e^{-0.036(1)}$$

$$R_D = 0.96$$

ช่วงเวลาก่อนที่จะเกิดการเสียหายของ Limit Switch หาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \frac{1}{\mu} \\ &= \frac{1}{0.036} \\ &= 27.77 \text{ ปี} \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability) ของ Limit Switch

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F(t) &= 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t} \\ F_D(t) &= 1 - R_D(t) \\ F_D &= 0.04 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.5 แสดงโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ และอายุการใช้งานเฉลี่ย ก่อนเกิดการเสียหายของอุปกรณ์

เหตุการณ์	ค่าความผิดพลาด Failure rate/year ( $\mu$ )	ค่าความเชื่อถือของ อุปกรณ์ Reliability ( $R = e^{-\mu t}$ )	โอกาสของการเกิด ความผิดพลาด Failure Probability $F = 1 - R$	อายุการใช้งานเฉลี่ย ก่อนเกิดการเสียหาย ของอุปกรณ์ MTBF = $\frac{1}{\mu}$ ปี
C	0.01	0.99	0.01	100
D	0.036	0.96	0.04	27.77

จากตารางที่ 4.5 พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากอุปกรณ์ของรถปั้นจั่นเคลื่อนที่บกพร่องเกิดจากสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ C คือ อุปกรณ์การยกชำรุด เช่น ตะขอ, สลิงชำรุด มีค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ (Reliability) 0.99 มีค่าโอกาสเกิดความผิดพลาด (Failure Probability) 0.01 และอายุการใช้งานเฉลี่ยก่อนเกิดการเสียหายของอุปกรณ์การยก 100 ปี หรือเหตุการณ์ D คือ ลิ้มวิทสวิทช์ชำรุด มีค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ (Reliability) 0.96 มีค่าโอกาสเกิดความผิดพลาด (Failure Probability) 0.04 และอายุการใช้งานเฉลี่ยก่อนเกิดการเสียหาย

จากตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุและความน่าเชื่อถือเหตุการณ์ A (Fault Event) ของ Mobile Crane ดังนี้

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของเหตุการณ์ A

$$\begin{aligned} \text{สมการ } R_A &= R_C \times R_D \\ &= (0.99)(0.96) \\ R_A &= 0.95 \end{aligned}$$

โอกาสเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย (Failure probability) ของเหตุการณ์ A

$$\begin{aligned} \text{สมการ } F_A &= 1 - (1 - F_C)(1 - F_D) \\ &= 1 - (1 - 0.01)(1 - 0.04) \\ &= 0.0496 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึง โอกาสเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย ( $F_A$ ) ของเหตุการณ์ A คือ 0.0496 และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ Mobile Crane ( $R_A$ ) คือ 0.95

2.2 โอกาสการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนขับปั้นจั่น (เหตุการณ์ B) เกิดจากเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ E คนขับอ่านค่าผิดพลาด

การคำนวณตามสมการ เหตุการณ์ E คนขับ อ่านค่าผิดพลาด (Reading of labels) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR) หรือ Failure/Year หรือ = 0.003

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-t}$

$$\begin{aligned} R_E(t) &= e^{-0.003(1)} \\ R_E &= 0.997 \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F(t) &= 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t} \\ F_E(t) &= 1 - R_E(t) \\ &= 1 - 0.997 \\ F_E &= 0.003 \end{aligned}$$

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ F คนขับกดสวิทช์ผิด

การคำนวณตามสมการ เหตุการณ์ F คนขับกดสวิทช์ผิด (Selection of hand Switch) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR.) หรือ Failure/Year หรือ = 0.001



ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_F(t) = e^{-0.001(1)}$$

$$R_F = 0.999$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

$$\text{จากสมการ } F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$F_F(t) = 1 - R_F(t)$$

$$= 1 - 0.999$$

$$F_F = 0.001$$

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ G คนขับเครียด

การคำนวณตามสมการ เหตุการณ์ G ความผิดพลาดเพราะความเครียดของคนขับตลอดเวลาทำงาน (Correct action under stress) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR) หรือ Failure/Year หรือ  $\lambda = 0.2$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_G(t) = e^{-0.02(1)}$$

$$R_G = 0.818$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

$$\text{จากสมการ } F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$F_G(t) = 1 - R_G(t)$$

$$= 1 - 0.818$$

$$F_G = 0.182$$

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ H คนขับรีบเร่ง

การคำนวณตามสมการเหตุการณ์ H ความผิดพลาดเฉพาะคนขับทำงานรีบเร่ง (Correct Action Under Stress in 60 Sec.) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR) หรือ Failure/Year หรือ  $\lambda = 0.2$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_H(t) = e^{-1.0(1)}$$

$$R_H = 0.368$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

จากสมการ  $F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t}$

$$F_H(t) = 1 - R_H(t)$$

$$= 1 - 0.368$$

$$F_H = 0.632$$

ตารางที่ 4.6 แสดงโอกาสการเกิดความเสียหาย และความน่าเชื่อถือของคนขับ Mobile Crane

เหตุการณ์	ค่าความผิดพลาด Failure Rate / Year( $\mu$ )	ค่าความเชื่อถือของ อุปกรณ์ Reliability ( $R = e^{-\mu t}$ )	โอกาสของการเกิดความ ผิดพลาด Failure Probability $F = 1-R$
E	0.003	0.997	0.003
F	0.001	0.999	0.001
G	0.2	0.818	0.182
H	1.0	0.368	0.632

จากตารางที่ 4.6 พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากคนขับรถปั้นจั่นเคลื่อนที่เกิดจากสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ E คือ คนขับอ่านค่าจากตารางบอกน้ำหนัก (Load Chart) ผิดพลาด มีค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) 0.997 มีค่าโอกาสเกิดความผิดพลาด (Failure Probability) 0.003 หรือ เหตุการณ์ F คือ คนขับกดปุ่มผิดพลาดมีค่า Reliability 0.999 มีค่า Failure Probability 0.001 หรือ เหตุการณ์ G คือ คนขับเครียดขณะทำงานมีค่า Reliability 0.818 มีค่า Failure Probability 0.182 หรือเหตุการณ์ H คือ คนขับรีบเร่งทำงานมากเกินไปมีค่า Reliability 0.368 มีค่า Failure Probability 0.632

จากตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว จึงนำมาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย และความน่าเชื่อถือเหตุการณ์ B (Fault Event) ของคนขับ Mobile Crane ได้ดังนี้

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการของเหตุการณ์ B

$$\begin{aligned} \text{สมการ } R_B &= R_E \times R_F \times R_G \times R_H \\ &= (0.997) \times (0.999) \times (0.818) \times (0.368) \\ R_B &= 0.299 \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย (Failure Probability) ของเหตุการณ์ B

$$\begin{aligned} \text{สมการ } F_B &= (1 - F_E) \times (1 - F_F) \times (1 - F_G) \times (1 - F_H) \\ &= 1 - ((1 - 0.003) \times (1 - 0.001) \times (1 - 0.182) \times (1 - 0.632)) \\ F_B &= 1 - (0.299) \\ F_B &= 0.701 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึงโอกาสเกิดอุบัติเหตุ ความเสียหาย ( $F_B$ ) ของคนขับรถปั้นจั่นเคลื่อนที่เหตุการณ์ B คือ 0.701 และ ความน่าเชื่อถือ ( $R_B$ ) ของคนขับรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ คือ 0.299

### 3. โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง

โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ (Failure Probability) คนงานตกจากที่สูง และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของคนขณะทำงานบนที่สูงในการจัดวางคานคอนกรีต ให้เข้าที่บนหัวเสาหรือคานตามขวาง (เหตุการณ์ 2) เกิดจาก

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ J. คนงานไม่คล้อง Safety Belt

การคำนวณตามสมการ เหตุการณ์ J ผู้ปฏิบัติงานไม่คล้องเข็มขัดนิรภัย (Safety Belt) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR.) หรือ  $\mu = 0.9$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$R_J(t) = e^{-0.9 \cdot (1)}$$

$$R_J = 0.406$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F(t) &= 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t} \\ F_J(t) &= 1 - R_J(t) \\ &= 1 - 0.406 \\ F_J &= 0.594 \end{aligned}$$

เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ K คนงานไม่ทำ Handrail

การคำนวณตามสมการ เหตุการณ์ K ผู้ปฏิบัติงานไม่ทำราวกันตก (Hand Rail) จากตารางที่ 2.5 ซึ่งมีค่า Failure Rate (FR.) หรือ  $\mu = 0.9$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ  $R(t) = e^{-\mu t}$

$$\begin{aligned} R_k(t) &= e^{-0.9(1)} \\ R_k &= 0.406 \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดความเสียหาย (Failure Probability)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F(t) &= 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t} \\ F_k(t) &= 1 - R_k(t) \\ &= 1 - 0.406 \\ F_k &= 0.594 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.7 แสดงโอกาส การเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือ ของคนทำงานบนที่สูง ขณะจัดวาง Concrete - Girder บนหัวเสา และคานตามขวาง

เหตุการณ์	ค่าความผิดพลาด (Failure Rate) ( $\mu$ )	ค่าความน่าเชื่อมั่น Reliability ( $R = e^{-\mu t}$ )	โอกาสของการเกิด ความผิดพลาด Failure Probability ( $F = 1 - R$ )
J	0.9	0.406	0.594
K	0.9	0.406	0.594

จากตารางที่ 4.7 พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากคนทำงานบนที่สูงขณะจัดวางคานคอนกรีตให้เข้าที่บนหัวเสา หรือคานตามขวางเกิดจากสาเหตุพื้นฐาน (Basic Event) เหตุการณ์ J. คือ คนทำงานไม่คล้อง Safety Belt มีค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) 0.406 มีค่าโอกาสเกิดความผิดพลาด (Failure Probability) 0.594 หรือ เหตุการณ์ K. คือ คนทำงานไม่ทำ Handrail มีค่า Reliability 0.406 มีค่า Failure Probability 0.594

#### 4. ผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครน และการทำงานบนที่สูง

โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ (Failure Probability) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของ Fault Event เหตุการณ์ 2 คนงานตกจากที่สูง และเหตุการณ์ 1 อุบัติเหตุ จาก Mobile Crane

จากตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ ดังกล่าว จึงนำมาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย และความน่าเชื่อมั่น ของเหตุการณ์ 2 ผู้ปฏิบัติงานอาจจะตกจากที่สูง (Fault Event) ได้ดังนี้

ความน่าเชื่อมั่น (Reliability) ของเหตุการณ์ 2

$$\begin{aligned} \text{สมการ} \quad R_2 &= R_j \cdot R_k \\ &= (0.406) \cdot (0.406) \\ R_2 &= 0.165 \end{aligned}$$

โอกาสเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย (Failure Probability) ของเหตุการณ์ 2

$$\begin{aligned} \text{สมการ} \quad F_2 &= 1 - (1 - F_j) \cdot (1 - F_k) \\ &= 1 - (1 - 0.594) \cdot (1 - 0.594) \\ F_2 &= 1 - (0.165) \\ F_2 &= 0.835 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ ดังกล่าว จึงนำมาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย และความน่าเชื่อมั่น ของเหตุการณ์ 1 อุบัติเหตุจาก Mobile crane (Fault Event) ได้ดังนี้

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของเหตุการณ์ 1

$$\begin{aligned} \text{สมการ } R_1 &= (R_B) \cdot (R_A) \\ &= (0.299) \cdot (0.95) \\ R_1 &= 0.284 \end{aligned}$$

โอกาสเกิดอุบัติเหตุความเสียหาย (Failure Probability) ของเหตุการณ์ 1

$$\begin{aligned} \text{สมการ } F_1 &= 1 - (1 - F_B) \cdot (1 - F_A) \\ &= 1 - (1 - 0.701) \cdot (1 - 0.0496) \\ F_1 &= 1 - (0.299) \cdot (0.95) \\ F_1 &= 0.716 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.8 แสดงผลสรุปการวิเคราะห์ ความเชื่อมั่น และโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุจาก Mobile Crane และการตกจากที่สูง

ลักษณะอุบัติเหตุ	โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ	ค่าของความเชื่อมั่น
เกิดจาก Mobile Crane	0.716	0.284
เกิดจากการตกจากที่สูง	0.835	0.165

จากตารางที่ 4.8 พบว่าลักษณะอุบัติเหตุจากงานยกคานคอนกรีตขึ้นติดตั้งบนหัวเสา หรือบนคานตามขวางด้วยรถ Mobile Crane เกิดจาก Mobile Crane มีค่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุสูงถึง 0.716 มีค่าของความเชื่อมั่นต่ำเพียง 0.284 หรือเกิดจากการตกจากที่สูงของคานงานมีค่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุสูงถึง 0.835 มีค่าของความเชื่อมั่นต่ำเพียง 0.165

ตารางที่ 4.9 แสดงระดับความเชื่อมั่น และโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ

ระดับอุบัติเหตุ	ความเชื่อมั่น	ช่วงค่า	โอกาสของการเกิด	ช่วงค่า
1	น้อยมาก	0.10-0.20	สูงมาก	0.90-1.00
2	น้อย	0.30-0.40	สูง	0.60-0.80
3	ปานกลาง	0.50	ปานกลาง	0.50
4	ดี	0.60-0.80	ต่ำ	0.30-0.40
5	ดีมาก	0.90-1.00	ต่ำมาก	0.10-0.20

ที่มา: มิลลิกา (2542)

จากตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับความเชื่อมั่น และโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุเป็น 5 ระดับ โดยค่าระดับความเชื่อมั่นน้อยมากช่วงค่า 0.10 – 0.20 แสดงว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุสูงมากช่วงค่า 0.90 – 1.00 หรือ ค่าระดับความเชื่อมั่นดีมากช่วงค่า 0.90 – 1.00 แสดงว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุต่ำมากช่วงค่า 0.10 – 0.20

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 ด้านบน ค่าความเชื่อมั่นน้อยแสดงว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุสูง และค่าความเชื่อมั่นสูงแสดงว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุต่ำ ดังนั้นสรุปได้ว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุจากรถปั้นจั่นเคลื่อนที่แบบล้อยาง (Mobile Crane) และการตกจากที่สูงของพนักงานขณะปฏิบัติงานในการยกคานคอนกรีต (Concrete-Girder) ขึ้นติดตั้งบนคานหัวเสาคอนกรีต (Concrete Pier Head) และบนคานตามขวาง (Cross Beam) ของการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร มีสูง

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบ โอกาสกับความรุนแรงตามมาตรฐาน AS 4360

โอกาสของ การเกิด อุบัติเหตุ	ช่วงค่า ระดับ	โอกาส AS.4360	ความรุนแรง				
			ไม่มี นัยสำคัญ	เล็กน้อย	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
		AS.4360	1	2	3	4	5
สูงมาก	0.90-1.00	เกิดได้สูงมาก A	S	S	H	E	E
สูง	0.60-0.80	เกิดได้สูง B	M	S	S	H	E
ปานกลาง	0.50	เกิดได้ปานกลาง C	L	M	S	H	E
ต่ำ	0.30-0.40	เกิดได้เล็กน้อย D	L	L	M	S	H
ต่ำมาก	0.10-0.20	เกิดได้ยาก E	L	L	M	S	S

ที่มา : กรมสวัสดิการ และคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงานฯ (2549)

ตามมาตรฐาน AS 4360 นำมาจัดเป็นตาราง Matrix ประเมินความเสี่ยงได้ลำดับค่าระดับความเสี่ยงเป็น 5 ระดับ ดังนี้

E	=	ระดับความเสี่ยง	รุนแรงมาก
H	=	ระดับความเสี่ยง	สูงมาก
S	=	ระดับความเสี่ยง	สูง
M	=	ระดับความเสี่ยง	ปานกลาง
L	=	ระดับความเสี่ยง	ต่ำ

จากตารางที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 สามารถเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงจากช่วงค่าระดับโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุจากงานยกคานคอนกรีตขึ้นติดตั้งบนหัวเสา หรือคานตามขวางด้วยรถ Mobile Crane พบว่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจาก Mobile Crane และการตกจากที่สูงของคน สูง (ช่วงค่าระดับ 0.60 – 0.80) ถึง สูงมาก (ช่วงค่าระดับ 0.90 – 1.00) และมีค่าระดับความเสี่ยงสูง (S) สูงมาก (H) ถึงรุนแรงมาก (E)



## บทที่ 5

### สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในงานยกคนคอนกรีต ในการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาหาความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (2) เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และคนขับรถเครน (3) เพื่อศึกษาหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง (4) เพื่อศึกษาหาผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครนและการทำงานบนที่สูง เปรียบเทียบกับค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360

สำรวจและเก็บข้อมูลจากการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยายสาย สุขุมวิท ตอนที่ 1 ทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานีบางจาก สถานีปทุมวิภา และสถานีอุดมสุข เครื่องมือที่ใช้ ประเมินความเสี่ยงแบบแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)

#### 1. สรุปผลการวิจัย

- 1.1 ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานที่เข้าไปสัมผัส พื้นที่ทำงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เกิดขึ้นจริงอยู่ที่ 1 ครั้ง ต่อ 1,000 ชั่วโมงการทำงาน
- 1.2 โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และคนขับรถเครน
  - 1.2.1 โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุจากอุปกรณ์การยก และลิมิตสวิทช์ของรถเครน มีค่า 0.0496 และโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุของคนขับรถเครน มีค่า 0.701
  - 1.2.2 ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์การยกและลิมิตสวิทช์ของรถเครน มีค่า 0.95 และความน่าเชื่อถือของคนขับเครน มีค่า 0.299
- 1.3 โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของคนทำงานบนที่สูง มีโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ 0.835 และมีค่าความน่าเชื่อถือ 0.165
- 1.4 ผลรวมโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครน และการทำงานบนที่สูง มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากรถเครนสูงถึง 0.716 โอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานบนที่สูง 0.835 และมีความน่าเชื่อถือจากการทำงานของรถเครน 0.284 ความน่าเชื่อถือ

จากการทำงานบนที่สูงต่ำเพียง 0.165 และเปรียบเทียบค่าระดับความเสี่ยงตามมาตรฐาน AS 4360 มีค่าระดับความเสี่ยงสูง สูงมากถึงรุนแรงมากตามลำดับ

## 2. อภิปรายผล

2.1 ผลจากการวิจัยครั้งนี้ สถิติอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำงานสำรวจ และเก็บรวบรวมเฉพาะพนักงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการยกคานคอนกรีต

2.2 ผลจากการวิจัย การทำงานก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยาย มีโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความผิดพลาดจากการใช้รถเครนในการยกของหนักมีค่าสูง ซึ่งอุบัติเหตุบางอย่างไม่สามารถใช้การประเมินความเสี่ยงแบบแผนภูมิต้นไม้วิเคราะห์หาค่าโอกาสเป็นตัวเลขได้เพราะว่าไม่มีข้อมูลรองรับ เช่น รถเครนยื่นทำงานบนพื้นลาดเอียง รถเครนมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุพลิกคว่ำได้สูง เป็นต้น

## 3. ข้อเสนอแนะ

3.1 การวิจัยครั้งนี้ ได้ผลสรุปเพียงการทราบค่าสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุจาก Mobile Crane และการตกจากที่สูง ซึ่งผู้ที่จะทำการวิจัยหรือทดลองต่อไปสามารถนำมาตรการป้องกันอุบัติเหตุจากการวิจัยครั้งนี้ไปดำเนินงานต่อไป เพื่อให้ทราบว่าอุบัติเหตุลดลงจริงหรือไม่ในลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน

3.2 การวิจัยครั้งต่อไป ผู้ทำวิจัยควรต้องวางแผน และจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยให้ครอบคลุมทั้งหมดกับเรื่องที่จะทำการวิจัย

3.3 หน่วยงานราชการที่กำกับดูแลหน่วยงานก่อสร้างนั้นๆ ควรต้องมีมาตรการตรวจสอบดูแลด้านความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง เพื่อลด และป้องกันอุบัติเหตุในภาพรวมระดับชาติ

3.4 หน่วยงานก่อสร้าง ควรให้ข้อมูลที่แท้จริงต่อผู้ทำวิจัย หรือหน่วยงานราชการ เพื่อเป็นประโยชน์ ในการวิเคราะห์วิจัย สำหรับการป้องกันอุบัติเหตุจากงานก่อสร้าง

## บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) ระเบียบหลักเกณฑ์การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเสี่ยงและการวางแผนการบริหารจัดการความเสี่ยง กรุงเทพมหานคร
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2549) คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ, กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร และจัดการความปลอดภัย กรุงเทพมหานคร
- มิลลิกา บุญนาค (2542) สถิติเพื่อการตัดสินใจ กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วิชัย พงษ์ธารากุล (2544) เอกสารการบรรยายเรื่องการประเมินความเสี่ยง กรุงเทพมหานคร
- วิฑูรย์ สิมะ โชคดี และ วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์(2539) วิศวกรรม และการบริหารจัดการความปลอดภัยในโรงงาน พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- สำนักงานคณะกรรมการการป้องกันอุบัติภัยแห่งชาติ สำนักงานรัฐมนตรี (2527) แนวทางการป้องกันอุบัติภัย และสร้างความปลอดภัยในหน่วยงาน กรุงเทพมหานคร
- อภิรดี ศรีโอภาส (2550) “การสอบสวนและวิเคราะห์อุบัติเหตุ” ในเอกสารการสอนชุดวิชาการบริหารงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย หน่วยที่ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี
- อรรถพันธ์ นามกุล (2546) การประเมินความเสี่ยงโดยการใช้ Fault Tree Analysis ของนักศึกษาที่ใช้เครื่องกลึงฝึกปฏิบัติงาน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- American Institute of Chemical Engineer(1985) Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. New York
- Brauer, R.L (1990) Safety and Health for Engineer. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Crowl,D.A. and J.F. Louver. (2002) Chemical Process Safety. Prentice. Hall PTR, New Jersey.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2001) How to Reduce Workplace Accidents. Accident Prevention.
- European Agency for Safety and Health at Work (2002) New Trends in Accident Prevention due to the Cganging World of Work. Luxembourg.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

การเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกล  
การเก็บข้อมูลการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

## ภาคผนวก ก

### การเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์

จากการรวบรวมข้อมูลของการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ของงานยกคานคอนกรีต (Concrete - Girder) พบว่าทางแผนกซ่อมบำรุงไม่ได้มีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายของเครื่องจักรอุปกรณ์ แต่ละประเภทไว้ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ จึงใช้ตารางที่ 2.5 แสดงอัตราการเสียหายต่อปีเป็นฐานในการคำนวณ เพื่อหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ และความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรอุปกรณ์

### การเก็บข้อมูล การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)

แสดงข้อมูลการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงานยกคาน คอนกรีต (Concrete - Girder)

สถานที่/โครงการ	หมวก	รองเท้ายาง	เข็มขัดนิรภัย	ถุงมือ	เสื้อสะท้อนแสง
	แข็ง	หัวเหล็ก	นิรภัย	หนัง	แสง
สถานี E10 (บางจาก)	√	√	-	-	√
สถานี E11 (ปทุมธานี)	√	√	-	-	√
สถานี E12 (อุคมสุข)	√	√	-	-	√

จากการเข้าไปเก็บข้อมูลการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลพบว่า พนักงานส่วนมากไม่ใช้ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล โดยเฉพาะเข็มขัดนิรภัยสำหรับทำงานบนที่สูง และถุงมือหนังในขณะปฏิบัติงาน จึงเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุที่มาจาก Human Error ซึ่งส่งผลให้มีโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุ

**ภาคผนวก ข**

**การใช้รถปั่นจั่นแบบเคลื่อนที่ ในงานยกของหนัก**



## ภาคผนวก ข

### การใช้รถปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ในงานยกของหนัก

ปั้นจั่นแบบเคลื่อนที่ (Mobile Crane) เป็นปั้นจั่นที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกับปั้นจั่นชนิดอยู่กับที่ แต่ต่างตรงที่ปั้นจั่นชนิดนี้สามารถเคลื่อนที่โดยล้อยาง หรือตีนตะขาบเพื่อไปยกชิ้นงานตามจุดต่าง ๆ ข้อกำหนดและมาตรการความปลอดภัยในการใช้ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ และอยู่กับที่ สามารถเขียนรวมอยู่ในหมวดเดียวกัน ดังนี้

### ข้อกำหนดทั่วไปในการใช้รถปั้นจั่นในงานก่อสร้าง

1. แผนงานก่อนการปฏิบัติงานและวิธีปฏิบัติงาน จะต้องได้รับการตรวจสอบว่ามีความปลอดภัยจากหัวหน้างาน
2. จะต้องติดป้ายเตือน “ อันตราย ห้ามเข้าเขตก่อสร้างก่อนได้รับอนุญาต “ และทำการล้อมรั้ว หรือการใช้การชิงเชือก โดยมีข้อความให้เห็นเด่นชัด
3. ทำการตรวจสอบสภาพความแข็งแรงของถนน และจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง ในกรณีที่สภาพความแข็งแรงของพื้นถนนไม่เพียงพอ จะต้องทำการเสริมพื้นให้สามารถรับน้ำหนัก และมีขนาดความกว้างเพียงพอสำหรับรถปั้นจั่น
4. รถปั้นจั่นและก๊ว่น จะต้องทำการล็อก หรือใส่เบรกไว้ให้มั่นคง ในกรณีที่ไม่ได้ใช้งาน 5. รถปั้นจั่นจะต้องได้รับการตรวจสอบสภาพตามระยะเวลา โดยมีคุณสมบัติสามารถตรวจสอบตามกฎหมายความปลอดภัย โดยมีวิศวกรเครื่องกลที่ได้รับอนุญาต (กว.) ประเภทสามัญวิศวกร
6. รถปั้นจั่น และก๊ว่น จะต้องได้รับการตรวจสอบสภาพทั่ว ๆ ไปเป็นประจำทุกเดือน
7. งานยกของจะเริ่มได้จะต้องได้รับการตรวจสอบ และยืนยันถึงสภาพของความปลอดภัยอย่างเพียงพอโดยหัวหน้างาน หรือวิศวกรควบคุมงาน
8. รถปั้นจั่นจะต้องอยู่ในตำแหน่งแนวราบมั่นคง จะต้องมีแผ่นเหล็กที่แข็งแรงเพียงพอรองรับ Out-Rigger ของเครน Out-Rigger จะต้องอยู่ในตำแหน่งปลอดภัย และ Knop Pins จะต้องอยู่ในตำแหน่งนิรภัย
9. ผู้ควบคุมรถปั้นจั่นจะต้องอยู่ประจำที่เครื่องก๊ว่นตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน
10. มุมยกของ Boom จะต้องอยู่ในช่วง 30 - 80 องศา นอกจากกำหนดไว้ในคุณลักษณะของแต่ละบริษัทผู้ผลิต และ ในกรณีที่จะต้องใช้ Jib จะต้องให้ความยาวที่สั้นที่สุด

11. เครื่องบอกตำแหน่งของการยก (Angle Indicator) จะต้องติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมรถปั้นจั่นสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เพื่อตรวจสอบมุมของการยก Boom ของรถปั้นจั่น จะต้องอยู่ในตำแหน่งและ Hook จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย เมื่อปั้นจั่นไม่มีการใช้งาน
12. ขณะขับเคลื่อนปั้นจั่น Boom จะต้องอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด และจะต้องจัดหาผู้ช่วยควบคุมรถปั้นจั่นเพิ่มอีก 1 คน
13. ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องทำงานบริเวณสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูง จะต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกร โดยจะใช้เป็นระบบใบอนุญาต และดูแลเรื่องความปลอดภัยโดยวิศวกรไฟฟ้า และจะต้องทำการป้องกันสายส่งแรงสูง หรือทำการปลดวงจรไฟฟ้า
14. ทำการตรวจสอบความแข็งแรงของพื้นที่ที่ปั้นจั่นจะทำการยก หรือจอด ถ้ามีความแข็งแรงไม่เพียงพอ จะต้องทำการเสริมพื้น หรือการใช้แผ่นเหล็กเสริม
15. ผู้ควบคุมรถปั้นจั่น จะต้องผ่านการฝึกอบรม และได้รับอนุญาตจากวิศวกรควบคุมของบริษัท ฯ
16. ในขณะยกของโดยรถปั้นจั่น จะต้องมีการควบคุม และผู้ที่ให้สัญญาณ ที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ โดยวิศวกรควบคุมที่ทราบขั้นตอนของการปฏิบัติงาน และจะต้องยืนอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเห็นความเคลื่อนไหวของสิ่งของที่ยก และผู้ควบคุมปั้นจั่นอย่างชัดเจน
17. พิกัดของปั้นจั่นที่จะใช้ยกของ จะต้องได้รับพิจารณาว่าปลอดภัย โดยวิศวกรควบคุมงาน
18. สัญญาณเตือนเมื่อยกน้ำหนักเกิน (Overload) และจะต้องมีสัญญาณเตือนของระยะการยก และ ใช้งานได้ประจํารถปั้นจั่น
19. ก่อนลงมือปฏิบัติงานทุกครั้ง จะต้องมีการตรวจสอบสภาพของการใช้งานเกี่ยวกับระบบ เบรก Limit Switch สลิง เชือก อุปกรณ์การยก และจะต้องทดลองควบคุมรถปั้นจั่น โดยไม่มีภาระ (Load)
20. ขณะทำการยกของจะต้องทำการทดลองการยก โดยใช้ปั้นจั่นยกของขึ้นและค้างไว้ที่ระยะประมาณ 10 ซม.จากพื้น และทำการตรวจสอบสภาพต่าง ๆ ของปั้นจั่น และอุปกรณ์เพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัย
21. ขณะปฏิบัติงาน เมื่อพบว่ามีความเสี่ยงเกิดขึ้นให้ทำการหยุดงาน และแจ้งให้ผู้ควบคุมงานหรือวิศวกรทราบเพื่อทำการแก้ไข
22. ห้ามปฏิบัติการยกของโดยใช้ปั้นจั่น ในกรณีที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย เช่น ในขณะที่ฝนตก ลมแรงในเวลากลางคืน และถ้าจำเป็นต้องปฏิบัติงานภายใต้ภาวะดังกล่าวจะต้องได้รับอนุญาตจากผู้จัดการควบคุมโครงการ โดยใช้ระบบใบอนุญาตในการทำงาน และจะต้องจัดหามาตรการความปลอดภัยเพิ่มเติม เช่น ระบบแสงสว่าง ฯลฯ

23. จะต้องไม่ใช้งานเกินพิกัดที่ระบุเอาไว้ ในคุณลักษณะของแต่ละบริษัท และจะต้องควบคุมการยกของไม่เกิน 90 % ของพิกัดการยก ซึ่งอ่านได้จากเข็มบอกพิกัด น้ำหนักที่ปลอดภัยจะต้องคำนึงถึง น้ำหนักของสลิงตะขอ ภาชนะน้ำหนักของวัสดุ

24. หัวหน้างานหรือวิศวกร จะต้องควบคุมการยกของ และจะต้องควบคุมมิให้มีการยกของอย่างเร่งรีบการค้ำน้ำหนักนานเกินควร การยกของเกินพิกัด การทำงานผิดขั้นตอน

25. การเคลื่อนตัวของ Boom จะต้องกระทำอย่างช้าๆ (Slowly Rotation) เพื่อป้องกันแรงหนีศูนย์กลาง ที่จะทำให้ปั้นจั่นเสียการทรงตัว

26. ห้ามคนงานติดไปกับสิ่งของที่ขยกโดยปั้นจั่น

27. สลิงของปั้นจั่นจะต้องทำการม้วนกลับเข้าที่ทั้งหมด เมื่อเลิกปฏิบัติ

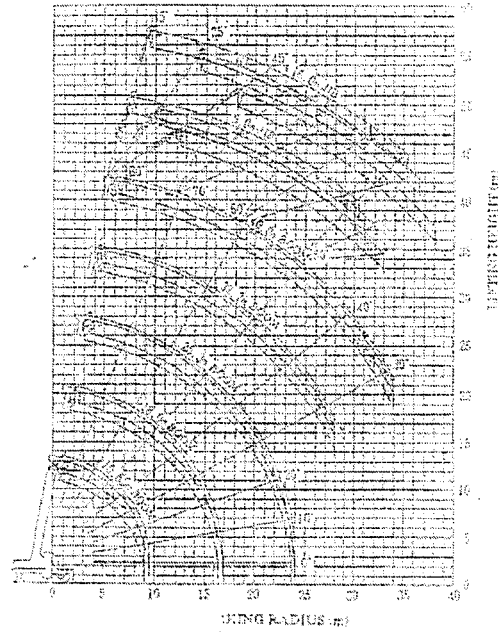
# TADANO

รุ่น TG 450M-3 ขนาดยกได้สูงสุด 45 ตัน

ตารางแสดงพิสัยการยก

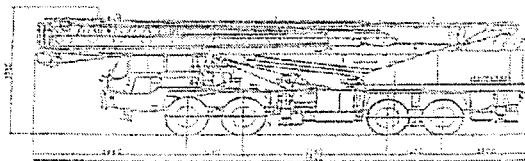
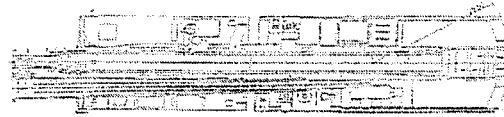
S (m)	L (m)				
	10.65	18.0	25.3	32.7	40.0
2.0	45.00	28.00			
3.0	46.50	28.00			
4.0	26.50	25.00	23.00		
4.5	22.00	22.00	20.00		
5.0	22.00	20.00	18.00		
5.5	27.50	25.00	23.00	13.00	
6.0	25.50	23.00	20.00	12.00	
7.0	22.00	21.00	18.00	15.00	7.50
7.5	20.00	20.00	16.00	15.00	7.50
8.0	18.50	18.00	15.00	13.00	7.50
9.0	17.40	17.00	14.00	12.00	7.50
9.5	15.40	15.00	14.00	11.00	7.50
10.0	15.00	13.00	13.00	11.00	7.50
10.5	16.50	10.00	10.00	9.00	6.50
11.0		7.00	7.00	8.00	6.50
11.5		6.00	6.00	6.00	6.00
12.0		5.00	5.00	6.00	5.50
12.5		4.00	3.70	4.00	4.00
13.0			3.50	3.40	3.50
13.5			1.80	2.40	3.00
14.0			0.85	1.00	2.50
14.5				1.00	1.00
15.0				0.85	1.00
15.5					0.50
16.0					0.50

รัศมีการยกสูงสุด



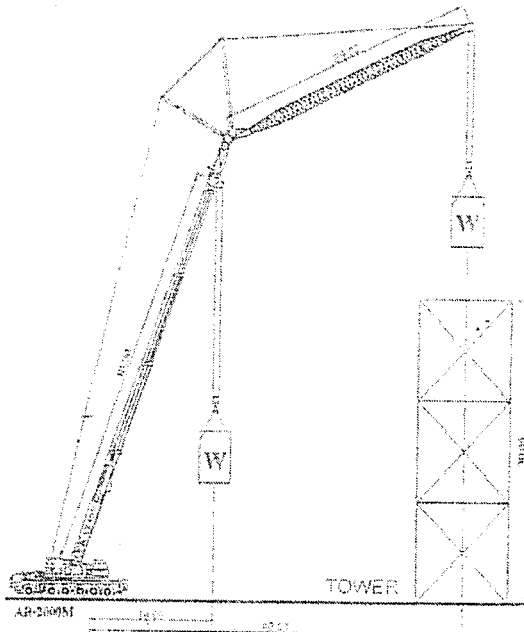
L = ความยาวยก  
H = รัศมีการยกสูงสุด

ขนาดของรถเครนรุ่น TG 450M-3



แสดงพิสัยและรัศมีการยก

## วิธีการอ่านค่าน้ำหนักของที่จะยก



### ตัวอย่างการใช้แบบ

ใช้ใช้แบบยาว 39.6 เมตร  
ระยะห่างจากขั้วเครื่องถึงหัวจะยก 14.0 เมตร  
จะยกน้ำหนักของที่มีน้ำหนักได้กี่ตัน

### ตอบ

ดูช่องตาราง B ในระยะห่าง 14 เมตร  
ดูช่องตาราง A จะยกน้ำหนักที่ 40.0 เมตร  
ขนาดนี้และความยาวแบบจะยกน้ำหนัก  
จิกได้มีที่ 39.6 ซึ่งความยาวของจะยกของ  
ได้มีที่ 10.6 ตัน

### ตัวอย่างการใช้แบบอื่น

ใช้ใช้แบบยาว 40.0 เมตรและขั้วเครื่อง 29 เมตร  
ระยะห่างจากเส้นเดือว์วงครึ่งของ 43.0 เมตร  
และยาวของจะยกยาว 20 เมตร คนในจะ  
ยกของได้มีน้ำหนักกี่ตัน ?

### ตอบ

ดูตารางข้อ E ในระยะห่าง 43 เมตร โดยใช้แบบ 40.0  
เมตรช่อง D และความยาวของขั้วเครื่อง C 29 เมตร  
สามารถยกของได้มีน้ำหนัก 7.8 ตัน

B	A	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m
12 m	22.00	21.80	21.50	21.20	20.90	20.60
14 m	31.60	31.40	31.10	30.80	30.50	30.20
16 m	41.20	41.00	40.70	40.40	40.10	39.80
18 m	50.80	50.60	50.30	50.00	49.70	49.40
20 m	60.40	60.20	59.90	59.60	59.30	59.00
22 m	70.00	69.80	69.50	69.20	68.90	68.60
24 m	79.60	79.40	79.10	78.80	78.50	78.20
26 m	89.20	89.00	88.70	88.40	88.10	87.80
28 m	98.80	98.60	98.30	98.00	97.70	97.40
30 m	108.40	108.20	107.90	107.60	107.30	107.00
32 m	118.00	117.80	117.50	117.20	116.90	116.60
34 m	127.60	127.40	127.10	126.80	126.50	126.20
36 m	137.20	137.00	136.70	136.40	136.10	135.80
38 m	146.80	146.60	146.30	146.00	145.70	145.40
40 m	156.40	156.20	155.90	155.60	155.30	155.00

C	D	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m
12 m	6.70	5.10	3.50	2.00	1.00	0.50
14 m	8.20	6.70	5.20	3.70	2.20	1.20
16 m	9.70	8.20	6.70	5.20	3.70	2.20
18 m	11.20	9.70	8.20	6.70	5.20	3.70
20 m	12.70	11.20	9.70	8.20	6.70	5.20
22 m	14.20	12.70	11.20	9.70	8.20	6.70
24 m	15.70	14.20	12.70	11.20	9.70	8.20
26 m	17.20	15.70	14.20	12.70	11.20	9.70
28 m	18.70	17.20	15.70	14.20	12.70	11.20
30 m	20.20	18.70	17.20	15.70	14.20	12.70
32 m	21.70	20.20	18.70	17.20	15.70	14.20
34 m	23.20	21.70	20.20	18.70	17.20	15.70
36 m	24.70	23.20	21.70	20.20	18.70	15.70
38 m	26.20	24.70	23.20	21.70	20.20	18.70
40 m	27.70	26.20	24.70	23.20	21.70	20.20

- A : ความยาวแบบ
- B : ระยะห่างจากเส้นเดือว์วงครึ่ง (มุม) ถึงเส้นเดือว์ของ
- C : ความยาวขั้ว
- D : ช่องหัวของขั้ว
- E : ระยะห่างจากเส้นเดือว์วงครึ่ง (ต่อขั้ว)ถึงเส้นเดือว์ของ

## แสดงวิธีการอ่านค่าน้ำหนักของที่จะยก

## ความปลอดภัยของลวดสลิง

ค่าตัวประกอบความปลอดภัยต่ำที่สุดเท่ากับ 5 ค่าความแข็งแรงประลัยของผลิตภัณฑ์ลวดสลิงจะสามารถหาผู้ผลิตได้ ซึ่งโดยปกติอยู่ในช่วงจาก 2 ตัน สำหรับลวดสลิงที่ทำด้วยเหล็กหล่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $\frac{1}{4}$  นิ้ว (6 มม.) จนถึง 214 ตัน สำหรับลวดสลิงเหล็กรีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $2\frac{1}{2}$  นิ้ว (63 มม.)

ความปลอดภัยตามจริงจะขึ้นอยู่กับสภาพของลวดสลิงดัง เช่น การฉีกขาดของเส้นเกลียว ความสึกกร่อนสึกหรือ หรือปม ในกรณีที่สงสัยไม่แน่ใจอย่าใช้ลวดสลิงนั้นๆ เป็นอันขาด

ค่าการกำหนดใช้งานอย่างปลอดภัยจะสามารถหาได้จากสูตรหรือกราฟ ซึ่งจะต้องนำค่าที่คำนวณได้นี้ไปเทียบกับค่า SWL (Safety Working Load) ที่ตอกแสดงไว้บนปลอกรัดสลิง

จะต้องทำการหล่อลื่นลวดสลิงเสมอ เพื่อหลีกเลี่ยงความสึกกร่อนและลดความสึกหรือลงให้น้อยที่สุด

## อุปกรณ์ประกอบสำหรับลวดสลิง

อุปกรณ์หนีบสาย อุปกรณ์นี้มีความจำเป็นเมื่อจะต้องมีการทำบ่วง ไว้ที่ส่วนปลายของลวดสลิง อุปกรณ์นี้ที่ใช้กันทั่วไปมี 2 ชนิดคือ ชนิดสลักเกลียวรูปตัวยู และชนิดฐานคู่ ชนิดสลักเกลียวรูปตัวยู จะมีความแข็งแรงประมาณ 80% ของความแข็งแรงของเชือก ถ้าทำการหนีบอย่างถูกต้องและเหมาะสม ส่วนชนิดฐานคู่จะมีความแข็งแรงได้สูงถึง 90 % ของค่าความแข็งแรงของลวดสลิง เมื่อได้ทำการหนีบอย่างถูกต้อง

เบ้าหนีบ จะมีความแข็งแรงเท่ากับลวดสลิง ถ้าทำการหนีบอย่างถูกวิธี และอยู่ในสภาพดี การต่อสลิงสามารถกระทำได้แต่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษเท่านั้นเป็นผู้ทำ

## อุปกรณ์เคลื่อนที่อื่นๆ

อุปกรณ์ต่างๆนี้ประกอบด้วย มู่เต้ แกนม้วน ลูกรอกนำทาง ฯลฯ ร่องรับลวดสลิงตัวบน อุปกรณ์จะต้องอยู่ในสภาพดี สะอาดและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของร่องที่ถูกต้องที่ใช้กับลวดสลิง ข้อสำคัญในการนี้ ก็จะต้องรักษาให้ “มุมสาวลวดสลิง” มีค่าต่ำที่สุดคือไม่ควรจะมากกว่า  $1\frac{1}{2}$  องศา สำหรับแกนม้วนแบบเรียบหรือ 2 องศา สำหรับแกนม้วนแบบมีร่องค่าที่มากกว่านี้จะก่อให้เกิดการเสียดต่อความเสียหายของแกนม้วนหรือลวดสลิง

### ค่าเพื่อความปลอดภัย (Safety Factor)

เพื่อความปลอดภัยเราจะต้องเลือกสลิงที่ค่าแรงทนแรงดึง ได้สูงกว่าค่าที่เราจะใช้งานจริง เปอร์เซ็นต์การเผื่อไว้นี้เรียกว่า SAFETY FACTOR

$$SF = \frac{\text{ค่าทนแรงดึงของสลิงที่จะเลือกใช้}}{\text{ค่าโหลดสูงสุดที่ใช้งานสลิง}}$$

$$\text{โดย } SF = 5 \text{ สำหรับงานยกของทั่วไป}$$

$$SF = 10 \text{ สำหรับงานยกคน}$$

$$\text{หรือ ค่าโหลดปลอดภัยสูงสุด (MAX. SWL) = } \frac{\text{ค่าทนแรงดึงของสลิง}}{SF}$$

การจะหาค่า SWL สำหรับสลิงปกติจะต้องรู้ค่าทนแรงดึงของสลิงนั้น โดยเปิดจากคู่มือสลิง แต่สามารถประมาณ SWL ได้ ถ้าเรารู้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของสลิง

$$\text{โดยใช้สูตร } SWL = 2 D^2 \text{ ที่ } SF = 5 \text{ หรือ } SWL = 4D^2 \text{ ที่ } SF = 10$$

โดย SWL มีหน่วยเป็น ตัน และ D มีหน่วยเป็นนิ้ว

$$\text{เช่น สลิง ขนาด } \frac{1}{2} \text{ " ใช้งานโหลดปลอดภัย } SWL = 8 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 2 \text{ ตัน}$$

### SPECIFICATION

ตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้จากการระบุคุณสมบัติของสลิง

1000 FEET ,  $\frac{1}{2}$  " DIAMETER , 6 × 25 FILLER , PREFORMED , IMPROVED

PLOW STEEL , WIRE ROPE , IWCR , LANGLAY

1. สลิงมีความยาว 1000 ฟุต
2. สลิงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง  $\frac{1}{2}$  นิ้ว
3. สลิงประกอบไปด้วย 6 กลุ่มเส้นลวด โดยกลุ่มเส้นลวดมีโครงสร้างเป็นแบบ FILLER ซึ่งมีจำนวน เส้นลวด 25 เส้น
4. มีการขึ้นรูป
5. IPS แสดงเกรดของสลิง
6. แกนเป็นแบบ INDEPENDENT WIRE ROPE CORE ซึ่งจะทนแรงกดได้สูงสุด
7. การตีเกลียวเป็นแบบ LANG LAY

## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายพิคิด วาโยพัค
วัน เดือน ปีเกิด	19 ตุลาคม พ.ศ. 2509
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	1. สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2539 2. สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต(การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ. 2551
สถานที่ทำงาน	บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน) โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย สายตะวันออก ตอนที่ 1 อ่อนนุช - แบริ่ง
ตำแหน่ง	ผู้จัดการความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน