



การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว: เทคนิคการขบ่งอันตรายเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากงาน

Fault Tree Analysis: Hazard Identification Techniques for Preventing Work Accidents

อุมารัตน์ ศิริจรรณวงศ์*

บทคัดย่อ

การสอบสวนอุบัติเหตุเป็นกิจกรรมหนึ่งของการบริหารงานด้านความปลอดภัยเชิงรับซึ่งทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุเพียงระดับหนึ่งเท่านั้น การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree analysis : FTA) เข้ามาช่วย จะทำให้สามารถค้นหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุหรือการเกิดความล้มเหลวของระบบได้อย่างละเอียดจนไปถึงสาเหตุพื้นฐาน (basic event) เนื่องจากเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกะวิทยาของ Boolean หาความเป็นเหตุเป็นผลของการเกิดปัญหาหรือความล้มเหลวนั้นโดยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดหรือเลือกเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) การจัดทำแผนภูมิโครงสร้างต้นไม้ของความล้มเหลว การสรุปชุดสาเหตุ (cut sets) ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ตั้งต้น การจัดลำดับความสำคัญของชุดสาเหตุพื้นฐานเพื่อพิจารณาแก้ไขป้องกันต่อไป การใช้เทคนิคนี้จึงจำเป็นต้องใช้ที่วิเคราะห์ที่มีความรู้และเข้าใจในรายละเอียดของกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความล้มเหลวนั้น ทั้งนี้การใช้เทคนิค FTA ในการวิเคราะห์เพียงเทคนิคเดียวอาจไม่เพียงพอจึงอาจจำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นร่วมเช่น failure modes and effects analysis (FMEA) และ hazard and operability analysis (HAZOP) เป็นต้น

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว การขบ่งชี้อันตราย อุบัติเหตุจากงาน

* อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ



Abstract

Accident investigation is an activity of advanced safety management which helps us know only some causes of accidents. The use Fault Tree Analysis (FTA) technique could search for causes of accidents or system failures in details and lead us to know basic event. FTA presents failure logic using Boolean logic model to find out rational causes of problems or failures which comprises of 4 processes as follows: setting or selecting top event, constructing Fault Trees diagram, finding the route through a tree between an event and an initiator in the tree called a cut set and setting priority of basic events for considering to solve problems on the next step. By using this technique, the analysis team should have knowledge and well understand in the entire processes relating problems or failures. Only FTA technique, this might not be sufficient, it should combine with other techniques for analysis such as failure modes and effects analysis (FMEA) and hazard and operability analysis (HAZOP) etc.

Keywords: Fault tree analysis (FTA), hazard identification, work accident

บทนำ

จากการศึกษาเอกสารรายงานการสอบสวนอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 2 แห่ง ในช่วง พ.ศ. 2549-2551 พบว่า รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุบางฉบับมีรายละเอียดอาจไม่เพียงพอต่อการนำไปพิจารณา กำหนดมาตรการขจัดหรือลดอันตราย และทำให้อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีการแก้ไขป้องกันอันตรายที่ปลายเหตุเท่านั้น ตัวอย่างเช่น “ผู้คุมงานฝ่ายช่างในเข้าไปทำงานแทนที่พนักงานประจำเครื่องเจาะรูยางในขณะที่ใช้มือขวาเขี่ยเศษยางบริเวณแทนเจาะ มือซ้ายได้กดปุ่มให้เครื่องทำงาน ตัวเครื่องได้ทำงานตามปกติ จึงทำให้เครื่องกระแทกโดนนิ้วชี้มือขวาเกิดฉีกขาด” จากเหตุการณ์

ผู้สอบสวนฯของโรงงานผลิตลูกบอลยางนี้ ไม่ได้กล่าวถึงสาเหตุที่พนักงานไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเขี่ยเศษยางออก และไม่ได้ระบุการแก้ไขใดๆ เนื่องจากพนักงานที่ได้รับอุบัติเหตุลาออกหลังจากเกิดเหตุการณ์ (แผนกความปลอดภัย โรงงานผลิตลูกยางบอล. 2549) “ในขณะที่ทำงานอยู่เครื่องปิดขอบไม่เกิดปัญหาทำให้มีเศษไม้ติดอยู่ในเครื่อง พนักงานที่ทำงานอยู่พยายามจะเข้าไปหยิบเศษไม้ออก พนักงานอีกคนจึงปิดเครื่อง แต่ใบมีดยังไม่หยุดหมุน พนักงานก็เข้าไปหยิบเศษไม้ จึงถูกบาดนิ้วกลางและนิ้วนางขวา” จากเหตุการณ์นี้ผู้สอบสวนฯโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ไม่ได้กล่าวถึงการที่พนักงานสวมใส่ถุงมือผ้าที่ตัดปลอก



นี้วและการไม่มีอุปกรณ์ช่วยหีบเศษไม้ออก (แผนกความปลอดภัย โรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้. 2551) เป็นต้น ดังนั้น เทคนิคหนึ่งที่จะมาช่วยให้ผู้สอบสวนอุบัติเหตุค้นหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างละเอียดและครอบคลุมมากขึ้นคือ เทคนิค fault tree analysis (FTA) ซึ่งเทคนิคนี้ยังเป็นเทคนิคที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบให้นำมาใช้วิเคราะห์หาอันตรายจากการประกอบกิจการ 12 ประเภทเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2543)

เทคนิค FTA ถูกคิดค้นโดย Bell Telephone Laboratories เมื่อปีค.ศ. 1962 เพื่อให้หน่วยงาน US Air Force ใช้กับระบบ minuteman ต่อมาถูกนำไปประยุกต์ใช้โดยบริษัท Boeing สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดปัญหาอย่างเป็นระบบและตรรกะ ในกิจการด้านความปลอดภัย วิศวกรรมอวกาศและนิวเคลียร์ เป็นต้น และมีการนำไปประยุกต์ใช้ทางการศึกษา เช่น การวางแผน การจัดการ และการประเมิน โดย Witkin และ Stephen (ReliaSoft Corporation. 2000, W.E.Vesely and etc. 1981) การนำเทคนิค FTA มาวิเคราะห์หาสาเหตุของอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นอาจจำเป็นต้องวิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น hazard and operability study (HAZOP) และ failure modes and effects analysis (FMEA) หากเหตุการณ์ที่ต้องการวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของเครื่องจักร/อุปกรณ์ และระบบเส้นท่อ สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมในการนำเทคนิค FTA ไปใช้

มี 5 ช่วงคือ ช่วงการทดลองเดินการผลิต (pilot plant operation) ช่วงการลงรายละเอียดด้านวิศวกรรม (detailed engineering) ช่วงการดำเนินการผลิตเป็นปกติ (routine operation) ช่วงการขยายหรือเปลี่ยนแปลงการผลิต (expansion หรือ modification) และช่วงการสอบสวนอุบัติเหตุ/อุบัติเหตุภัย (incident investigation) (ปริวัตร เชื้อนแก้ว และคณะ.2549:1-12)

เทคนิค Fault Tree Analysis

หลักการของ Fault Tree Analysis

Fault tree analysis หรือเรียกว่า เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว มีรูปแบบเป็นแผนภูมิจากบนลงล่าง (top-down diagram) เป็นการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบโดยอาศัยหลักการทางตรรกะวิทยาในการหาเหตุและผล โดยเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) จะอยู่ส่วนบนสุดของแผนภูมิและแตกกิ่งก้านด้วยเหตุการณ์ย่อยๆ (intermediate event) ที่ถูกแจกแจงออกมาว่ามีอะไรบ้าง และเกิดขึ้นได้อย่างไร วิเคราะห์ไปจนถึงเหตุการณ์สุดท้าย (basic event) จึงหยุดทำการวิเคราะห์ เหตุการณ์ต่างๆ ที่ถูกวิเคราะห์จะถูกเชื่อมโยงด้วยสัญลักษณ์ตรรกะของ Boolean ได้แก่ AND gates หรือ OR gates เป็นต้น สำหรับการประยุกต์ใช้เทคนิค FTA กับงานด้านความปลอดภัย โดยกำหนดให้อุบัติการณ์ อุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นเป็นเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) และเหตุการณ์ย่อยที่เป็นผลจากความบกพร่องของเครื่องจักร/อุปกรณ์ หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน



เป็นเหตุการณ์สุดท้าย ผลจากการทำแผนภูมิจากบนลงล่างนี้ จะแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของความเป็นเหตุและผลระหว่างเหตุการณ์สุดท้ายไปจนถึงเหตุการณ์ตั้งต้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นชุดของเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุของความล้มเหลวได้ (cut sets) และทำการจัดอันดับของชุดสาเหตุเพื่อพิจารณาแก้ไขป้องกัน โดยเรียงลำดับจากชุดสาเหตุที่ประกอบด้วยเหตุการณ์ย่อยจำนวนน้อยที่สุด (minimal cut set; mcs) ไปถึงชุดสาเหตุที่ประกอบด้วยเหตุการณ์ย่อยจำนวนมากที่สุดสำหรับสัญลักษณ์ตรรกะที่ใช้ในการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (รูปที่ 1)

And Gate หรือเรียกว่า สาเหตุหลายสาเหตุ เป็นสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้น (output) จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากหลายๆเหตุการณ์เกิดขึ้นพร้อมกัน ตัวอย่าง เหตุการณ์ตั้งต้นที่เลือกมาวิเคราะห์คือ เหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ซานติกาผ้า การเกิดเพลิงไหม้ครั้งนี้ อาจมีสาเหตุมาจากการเกิดประกายไฟหรือมีแหล่งความร้อน (เช่น การเล่นเกมไม้เพลิง เป็นต้น) และการมีเชื้อเพลิง (เช่น โฟม ฟองน้ำ ไฟเบอร์กลาสเรซิน เป็นต้น) และออกซิเจนที่มีอยู่ในอาคารลัดวงจร (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.2552: 87-141) ดังแสดงในรูปที่ 2

OR Gate หรือเรียกว่า สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง เป็นสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้นจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์

หนึ่ง ตัวอย่างเช่น การเกิดประกายไฟหรือแหล่งความร้อนในซานติกาผ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร จากการพิสูจน์หลักฐานได้ตั้งไว้ 4 ประเด็น คือ การเล่นเกมไม้เพลิง โคมไฟที่สัมผัสกับกระดาษที่ถูกยิงจากเครื่องยิงกระดาษ ฐูปประกายไฟเย็นหรือไฟฟ้าลัดวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2

INHIBIT Gate หรือเรียกว่า เงื่อนไขหรือข้อจำกัด เป็นสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเงื่อนไข (condition) หรือข้อจำกัด (restriction) หรือองค์ประกอบเสริมอื่นๆ เช่น สถานที่ อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ฉนวนกันเสียงในซานติกาผ้าส่วนใหญ่เป็นฟองน้ำที่ทำมาจากพอลิยูรีเทน (polyurethane) ซึ่งสามารถจะลุกติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2

DELAY Gate หรือเรียกว่า เงื่อนไขของระยะเวลา เป็นสัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้นจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง และมีเงื่อนไขของระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น ถ้าหม้อไอน้ำความดันไอน้ำสูงเกินความดันไอน้ำใช้งานล้นนานเกิน 2 นาที ลิ้นนิรภัยจะเปิดให้ไอน้ำระบายออก

TRANSFER Event หรือเรียกว่า เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ เป็นสัญลักษณ์แสดงการอ้างอิงถึงเหตุการณ์เดิมที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วในกิ่งก้านอื่นภายในเหตุการณ์ตั้งต้นเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงการวิเคราะห์ซ้ำ



UNDEVELOPED Event หรือเรียกว่า เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้ เป็นสัญลักษณ์ แสดงว่าเป็นเหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการ วิเคราะห์สาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูล สนับสนุน ไม่มีข้อมูลเพียงพอหรือยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สำคัญหรือไม่เกี่ยวข้องกับ เหตุการณ์ตั้งต้น เมื่อมีข้อมูลเพียงพอ จึงจะ สามารถทำการวิเคราะห์ต่อไป

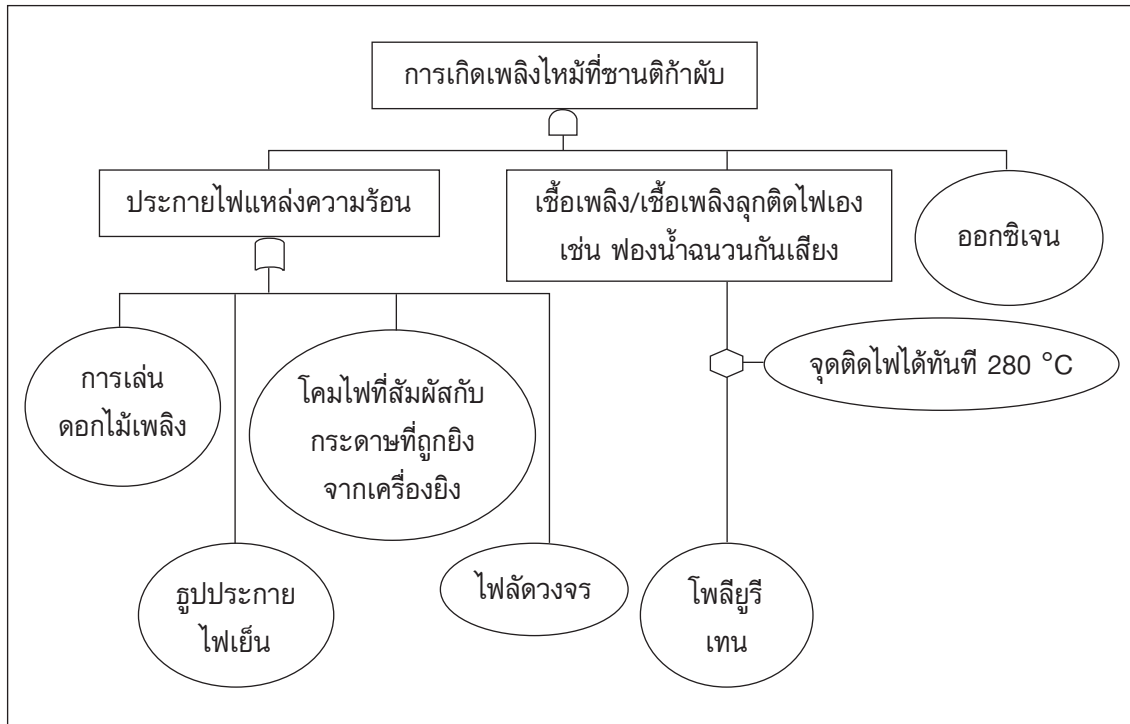
BASIC Event หรือเรียกว่า เหตุการณ์ สุกต้ายหรือสาเหตุแท้จริง เป็นสัญลักษณ์แสดงว่า เป็นเหตุการณ์ย่อยที่ทราบถึงสาเหตุที่ชัดเจนโดย ไม่ต้องวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป จัดเป็นสาเหตุ แรกของอุบัติเหตุหรืออุบัติภัย เป็นเหตุการณ์ย่อย

ที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องของเครื่องจักร/ อุปกรณ์ หรือความบกพร่องที่ตัวบุคคล (human error) ซึ่งเหตุการณ์นี้จะเป็นส่วนล่างสุดของทุกๆ เหตุการณ์เสมอ ตัวอย่างเช่น การเกิดเพลิงไหม้ ที่ซานติกาัมป์ วิเคราะห์พบ 3 เหตุการณ์ย่อย ซึ่ง ออกซิเจนเป็นหนึ่งในเหตุการณ์ย่อยที่เป็นสาเหตุ สุกต้าย (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. 2552: 87-141) ดังแสดงในรูปที่ 2

EXTERNAL Event หรือเรียกว่า เหตุการณ์ภายนอก เป็นสัญลักษณ์แสดงว่าความ สัมพันธ์ว่าเหตุการณ์ตั้งต้นหรือเหตุการณ์ย่อยนั้น มีสาเหตุทำให้เกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอกหรือ เหตุการณ์ภายนอก

AND Gate	OR Gate	INHIBIT Gate	DELAY Gate	TRANSFER Event	UNDEVELOPE D Event	BASIC Event	EXTERNAL Event

รูปที่ 1 สัญลักษณ์ตรรกะที่ใช้ในเทคนิค FTA



รูปที่ 2 ตัวอย่างการใช้สัญลักษณ์ AND gate, OR gate, INHIBIT gate และ BASIC event

ขั้นตอนการจัดทำและการประยุกต์ใช้เทคนิค FTA (วิชัย พงษ์ธารากุล. 2550 ; วีระชื่อสุวรรณ. 2545 ; สุรชัย วิวัจนสิรินทร์. 2546 ; American institute of chemical engineering. 1992 และ Reliability engineering resource. 2000) มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดหรือเลือกเหตุการณ์ตั้งต้น เป็นการเลือกเหตุการณ์หลักหรือเหตุการณ์สำคัญมากำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์ ซึ่งเหตุการณ์ตั้งต้นจะมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นก็ได้ โดยมุ่งเน้นเป็นเหตุการณ์ที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต หรือเกิดความ

เสียหายต่อทรัพย์สิน เป็นต้น ได้แก่ อุปกรณ์การณ่อุปัติเหตุ หรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เป็นต้น โดยขอบเขตของเหตุการณ์ตั้งต้น อาจจะเป็นพื้นที่ เครื่องจักร/อุปกรณ์กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน หรือกิจกรรม เป็นต้น รายละเอียดของเหตุการณ์ตั้งต้น ควรระบุให้ครบทั้ง 3 ประเด็นคือ อะไร (what) ที่ไหน (where) และเมื่อใด (when) นอกจากนี้ พบว่า การกำหนดเหตุการณ์ตั้งต้นของเทคนิค FTA คือเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่ได้จากการจัดทำรายการคำถามว่า “อะไรขึ้นจะเกิดขึ้นถ้า.....” ของเทคนิค what if analysis

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำแผนภูมิโครงสร้างต้นไม้แห่งความล้มเหลว เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ตั้งต้น โดยทำเป็นลำดับขั้นตอน ห้ามข้ามลำดับขั้นเด็ดขาด การเกิดขึ้นของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ (fault event) จะถูกเชื่อมโยงด้วยสัญลักษณ์ตรรกะของ Boolean ลำดับขั้นของการสร้างแผนภูมิต้นไม้มีรายละเอียดดังนี้

หลังจากกำหนดหรือเลือกเหตุการณ์ตั้งต้นได้แล้ว ให้พิจารณาโอกาสเกิดเหตุการณ์ตั้งต้นนั้นซึ่งอาจเกิดขึ้น

จากเหตุการณ์ย่อยเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเท่านั้นจะใช้สัญลักษณ์ “หรือ (OR)” กรณีเกิดจากเหตุการณ์ย่อยหลายเหตุการณ์พร้อมจึงจะเกิดเหตุการณ์ตั้งต้นจะใช้สัญลักษณ์ “และ (AND)”

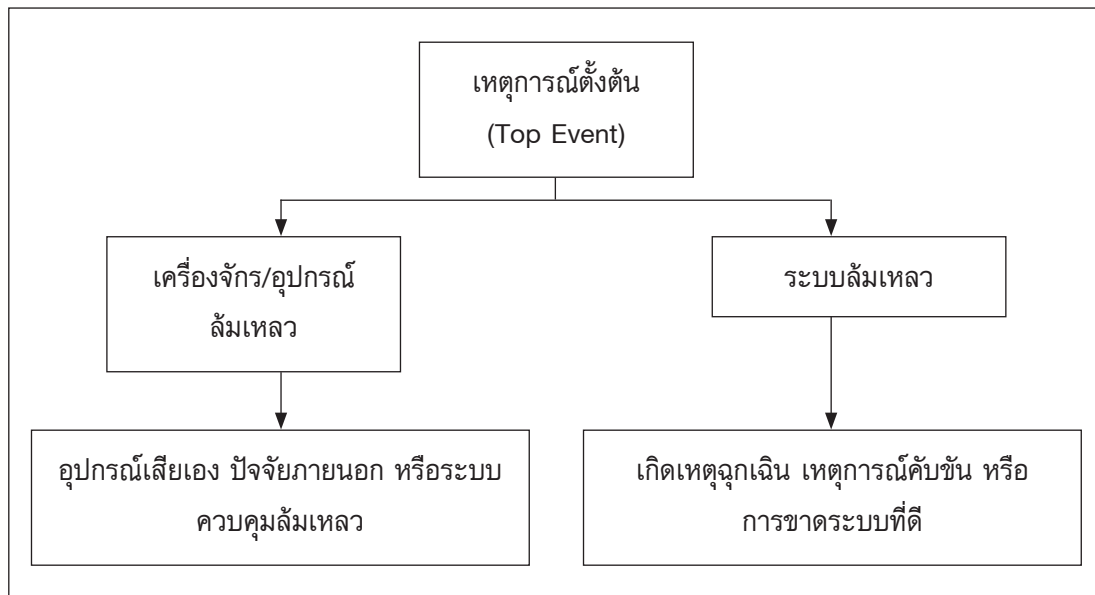
เหตุการณ์ย่อยดังกล่าวในระดับเดียวกัน อาจเกิดจากเหตุการณ์ย่อยลงไปอีก ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากแต่ละเหตุการณ์หรือเหตุการณ์ย่อยหลายเหตุการณ์พร้อมกันจะใช้สัญลักษณ์ “และ, หรือ” แล้วแต่กรณี

เมื่อแตกเหตุการณ์ย่อยเช่นนี้ลงไปอีก จะพบว่า สุดท้ายของเหตุการณ์ย่อยระดับล่างสุดจะเป็นเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุพื้นฐานซึ่งเกิดขึ้นเป็นปกติทั่วไปเป็นเหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไปไม่ได้ อาจเนื่องจากไม่ทราบ ไม่มีข้อมูล เป็นต้น และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก เช่น จากธรรมชาติ พายุ ไฟฟ้า เป็นต้น

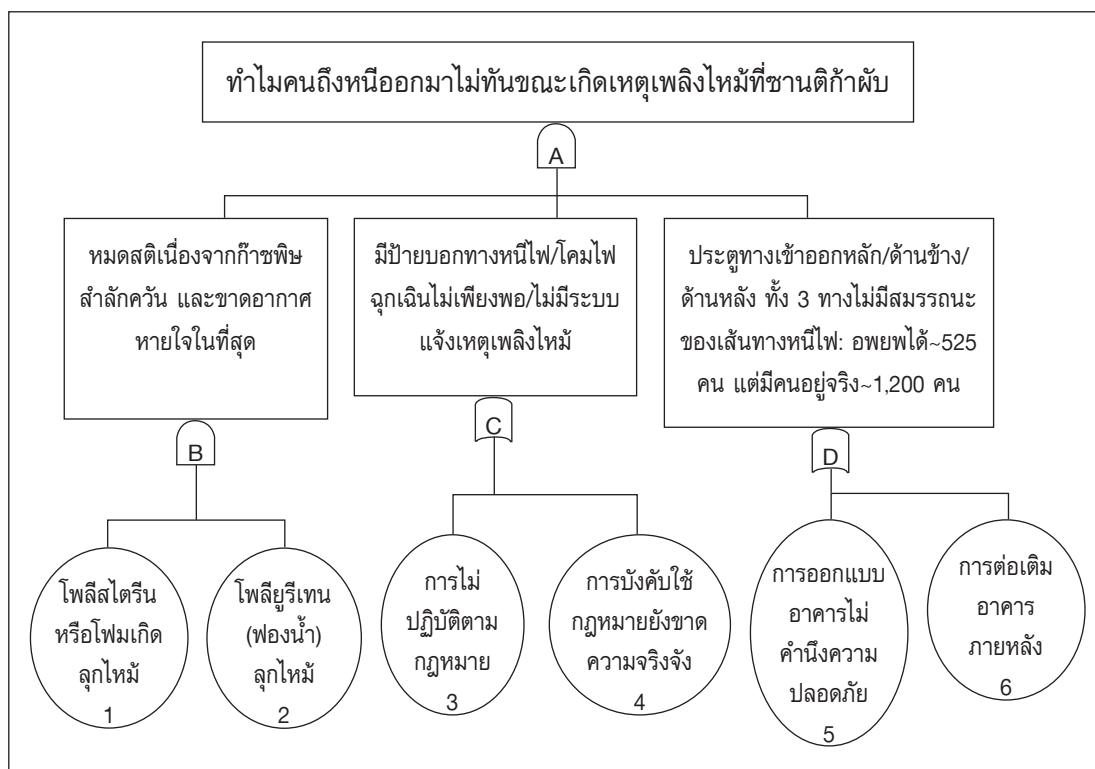
หลักการวิเคราะห์หาเหตุการณ์ย่อยๆ ต่อไปให้ง่ายขึ้น คือ การแยกพิจารณาเป็น 2 ประเด็นหลักว่า เป็นเหตุการณ์ความผิดปกติของเครื่องจักร/อุปกรณ์ (state of equipment fault) หรือ เหตุการณ์ความผิดปกติของระบบ (state of system fault) จากนั้นให้วิเคราะห์แตกกิ่งก้านต่อไปจนถึงสาเหตุพื้นฐาน โดยถ้าเป็นกรณีเหตุการณ์ความผิดปกติของเครื่องจักรให้วิเคราะห์ต่อว่าเป็นเพราะสาเหตุอะไร เป็นที่ปัจจัยภายนอกหรือการควบคุมสัญญาณผิดพลาด ถ้าเป็นกรณีเหตุการณ์ความผิดปกติของระบบให้วิเคราะห์ต่อไปว่าที่ระบบล้มเหลวเป็นเพราะเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินเหตุการณ์ค้ำขั้นหรือขาดระบบที่ดี เป็นต้น (รูปที่ 3)

ขั้นตอนที่ 3 การสรุปชุดสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ตั้งต้น ชุดสาเหตุจะประกอบด้วยเหตุการณ์ย่อยและเหตุการณ์สุดท้ายที่มีความเชื่อมโยงกัน เป็นการสรุปว่าเหตุการณ์ตั้งต้นเกิดขึ้นมาจากชุดสาเหตุใดบ้าง และในหนึ่งชุดสาเหตุประกอบด้วยเหตุการณ์ใดบ้าง โดยจัดทำตาราง matrix for resolving gates มี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ระบุตัวอักษร (เช่น A, B, C) แทนสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความเป็นเหตุเป็นผลกันที่เรียกว่า gate ให้ครบทุก gate ที่มีในแผนภูมิต้นไม้ และระบุตัวเลข (เช่น 1, 2, 3) แทนสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงเหตุการณ์สุดท้ายดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ตัวอย่างการแจกแจงเหตุการณ์ย่อยไปถึงเหตุการณ์สุดท้ายซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ตั้งต้น



รูปที่ 4 ตัวอย่างการระบุตัวอักษรและตัวเลขแทนสัญลักษณ์ตรรกะของ Boolean



2. จัดทำตาราง matrix เพื่อหาชุดของสาเหตุออกมา (matrix for resolving gate) โดยเริ่มจากการระบุตัวอักษรของสัญลักษณ์ที่ใช้เชื่อม (gate) เหตุการณ์ตั้งต้น (A) กับเหตุการณ์ย่อยลงในตารางก่อน และทำการตัดสัญลักษณ์ที่ใช้เชื่อมเหตุการณ์ตั้งต้น (A) ออกแล้วแทนด้วยอักษรของสัญลักษณ์ที่ใช้เชื่อม เหตุการณ์ย่อยลงไปเรื่อยๆ จนถึงสาเหตุพื้นฐานซึ่งเป็นตัวเลข โดยการระบุตัวอักษรและตัวเลขลงในตาราง matrix มีกฎว่า ถ้าเป็นตรรกะ “AND gate” ให้เขียนแทนในแนวนอนหรือบรรทัดเดียวกัน และถ้าเป็นตรรกะ “OR gate” ให้เขียนแทนในแนวตั้งหรือคนละบรรทัด ดังแสดงในรูปที่ 5

3. ผลของการจัดทำ matrix ช่วงสุดท้ายให้นำชุดสาเหตุที่ได้แต่ละชุดมาเขียนเรียงเรียงเป็นประโยคเพื่ออธิบายว่าเหตุการณ์ตั้งต้นเกิดจากชุดสาเหตุอะไรบ้าง จากรูปที่ 5 พบว่า เหตุการณ์ตั้งต้น “ทำไมคนถึงหนีออกมาไม่ทันขณะเกิดเพลิงไหม้ที่ซานติกาฬบ” เกิดจากชุดสาเหตุทั้งหมด 4 ชุด ดังนี้

3.1 หมดสติไปก่อนจากการสูดดมก๊าซพิษของโพลีสไตรีน (polystyrene) และโพลียูรีเทนที่ลุกติดไฟ การไม่ปฏิบัติตามกฎหมายการป้องกันและระงับอัคคีภัยเช่น ไม่ติดป้ายบอกทางหนีไฟ/โคมไฟฉุกเฉินติดไว้เพื่อใช้อพยพ เป็นต้น และโครงสร้างอาคารออกแบบมาไม่คำนึงความปลอดภัยเช่น ประตูทางเข้าออกหลักมีความสามารถให้คนอพยพออกเพียง ~ 272 คน เท่านั้น

3.2 หมดสติไปก่อนจากการสูดดมก๊าซพิษของโพลีสไตรีนและโพลียูรีเทนที่ลุกติดไฟ และการไม่ปฏิบัติตามกฎหมายการป้องกันและระงับอัคคีภัยเช่น ไม่ติดป้ายบอกทางหนีไฟ/โคมไฟฉุกเฉินติดไว้เพื่อใช้อพยพ พร้อมทั้งมีการต่อเติมดัดแปลงอาคาร ทำให้เส้นทางไปสู่ทางเข้าออกหลักมีโต๊ะ เก้าอี้ สิ่งของตามทางเดิน พื้นมีหลายระดับ บันไดเปลี่ยนระดับ เป็นต้น

3.3 หมดสติไปก่อนจากการสูดดมก๊าซพิษของโพลีสไตรีนและโพลียูรีเทนที่ลุกติดไฟ และการบังคับใช้กฎหมายยังขาดความจริงจัง และโครงสร้างอาคารออกแบบมาไม่คำนึงความปลอดภัยเช่น ประตูทางเข้าออกหลักมีความสามารถให้คนอพยพออกเพียงประมาณ 272 คน เท่านั้น

3.4 หมดสติไปก่อนจากการสูดดมก๊าซพิษของโพลีสไตรีนและโพลียูรีเทนที่ลุกติดไฟ และการบังคับใช้กฎหมายยังขาดความจริงจัง พร้อมทั้งมีการต่อเติมดัดแปลงอาคารทำให้เส้นทางไปสู่ทางเข้าออกหลักมีโต๊ะ เก้าอี้ และสิ่งของตามทางเดิน พื้นมีหลายระดับ บันไดเปลี่ยนระดับ เป็นต้น

4. จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญของชุดสาเหตุพื้นฐาน ซึ่งเป็นการจัดลำดับชุดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาหรือความล้มเหลวเพื่อนำมาพิจารณาแก้ไขป้องกันตามลำดับความสำคัญ โดยชุดสาเหตุใดที่มีความสำคัญที่สุดจะถูกนำมาแก้ไขก่อน โดยเกณฑ์พิจารณาความสำคัญของชุดสาเหตุมีดังนี้



4.1 เป็นชุดสาเหตุที่ประกอบไปด้วย เหตุการณ์ย่อยจำนวนน้อยที่สุด

4.2 กรณีชุดสาเหตุประกอบด้วย เหตุการณ์ย่อยจำนวนเท่ากันให้พิจารณาแก้ไข ตามลำดับดังนี้ สาเหตุที่เกิดจากความบกพร่อง ที่ตัวบุคคล (human error) มีความสำคัญเป็น ลำดับแรก สาเหตุจากเครื่องจักร/อุปกรณ์ผิดปกติ จากปัจจัยภายนอก (active equipment failure) มีความสำคัญลำดับที่สอง และสาเหตุเครื่องจักร/ อุปกรณ์เสียหรือหมดอายุการใช้งาน มีความ สำคัญเป็นลำดับสุดท้าย

จุดแข็งและจุดอ่อนของเทคนิค Fault

Tree Analysis

จุดแข็ง คือ เป็นเครื่องมือที่ใช้หาต้นเหตุ ของปัญหาตั้งแต่การออกแบบระบบไปถึง

กระบวนการทำงานได้ สามารถหาต้นเหตุที่มีความ สลับซับซ้อนได้โดยผ่านเหตุผลทางตรรกะ และอธิบายต้นเหตุความซับซ้อนโดยผ่าน matrix ได้ ช่วยให้การสอบสวนอุบัติเหตุมีประสิทธิผล มากขึ้น ผลจากการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่ การวางแผนป้องกันอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรง และสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อ ดำเนินการแก้ไขป้องกันก่อนหลังได้

จุดอ่อน คือ ทีมวิเคราะห์จำเป็นต้องมี ผู้รู้เกี่ยวกับความเข้าใจในรายละเอียดของ กระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ ตั้งต้น ได้แก่ กระบวนการผลิต เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ เกี่ยวข้อง เป็นต้นรวมทั้งการวิเคราะห์ อาจจำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นร่วมเช่น FMEA และ HAZOP เป็นต้น และการจัดทำแผนภูมิ และ matrix มีความซับซ้อนและอาจใช้เวลาามาก



การจัดทำตาราง matrix: เริ่มจากการ ตั้งต้นด้วย gate A ในตาราง

A			
---	--	--	--



ต่อมาให้แทน gate A ด้วย gate B, C และ D ในลำดับชั้นเดียวกันดังนี้

A B	C	D	
-----	---	---	--



ต่อมาให้แทน gate B ด้วย event 1 และ 2 ในแนวระนาบ และคง gate C และ D ไว้ดังนี้

A B 1	C	D	2
-------	---	---	---



ต่อมาให้แทน gate C ด้วย event 3 และ 4 ในแนวตั้งและยังคง gate D, event 1 และ 2 ไว้ สำหรับชั้นของ event 4 ให้ตั้งตัวเลขและตัวอักษรในชุดของ gate C ลงมาเขียนซ้ำ ดังนี้

A B 1	C 3	D	2
1	4	D	2



ต่อมาให้แทน gate D ด้วย event 5 และ 6 ในแนวตั้งและยังคง event 1, 3 และ 2 ไว้ สำหรับชั้นของ event 6 ให้ตั้งตัวเลขในชุดของ gate D ลงมาเขียนซ้ำดังนี้

A B 1	C 3	D 5	2
1	4	D	2
1	3	6	2



ต่อมาให้แทน gate D ที่เหลือด้วย event 5 และ 6 ในแนวตั้งและคง event 1, 4 และ 2 ไว้ สำหรับชั้นของ event 6 ให้ตั้งตัวเลขในชุดของ gate D ลงมาเขียนซ้ำดังนี้

A B 1	C 3	D 5	2
1	4	D 5	2
1	3	6	2
1	4	6	2



ต่อมาให้ทำการสรุปชุดสาเหตุในแต่ละชั้นโดยเรียงตัวเลข event จากน้อยไปมากดังนี้

A B 1	C 3	D 5	2 = 1235
1	4	D 5	2 = 1245
1	3	6	2 = 1236
1	4	6	2 = 1246

รูปที่ 5 ตัวอย่างการทำตาราง matrix สรุปชุดสาเหตุของความล้มเหลว/ปัญหา



บทสรุป

เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว เป็นการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดปัญหาในกิจการด้านความปลอดภัย และวิศวกรรม อย่างเป็นระบบโดยอาศัยหลักการทางตรรกะวิทยาในการหาเหตุและผล โดยอาจนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ มีรูปแบบเป็นแผนภูมิจากบนลงล่าง โดยเลือกเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) มาไว้ส่วนบนสุดของแผนภูมิและแตกกิ่งก้านด้วยเหตุการณ์ย่อยๆ (intermediate event) จนถึงสาเหตุพื้นฐาน (basic event) โดยใช้สัญลักษณ์ gate เชื่อมโยง เหตุการณ์ตั้งต้นควรเป็นเหตุการณ์ที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต หรือเกิด

ความเสียหายต่อทรัพย์สิน สำหรับเหตุการณ์ย่อยให้แยกพิจารณาเป็น 2 ประเด็นหลักคือเหตุการณ์ความผิดปกติของเครื่องจักร/อุปกรณ์ หรือเหตุการณ์ความผิดปกติของระบบ หลังจากนั้นนำแผนภูมิมาจัดทำตาราง matrix เพื่อหาสาเหตุต่างๆออกและจัดลำดับความสำคัญ โดยกำหนดให้สาเหตุที่เกิดจากความบกพร่องที่ตัวบุคคล (human error) มีความสำคัญเป็นลำดับแรก สาเหตุจากเครื่องจักร/อุปกรณ์ผิดปกติจากปัจจัยภายนอก (active equipment failure) มีความสำคัญลำดับที่สอง และสาเหตุเครื่องจักร/อุปกรณ์เสียหรือหมดอายุการใช้งาน มีความสำคัญเป็นลำดับสุดท้าย





เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2543) **ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การขี้งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง**. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2552) “หมวดวิชาที่ 3 การวิเคราะห์งานเพื่อขี้งอันตราย” ใน **คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับเทคนิค**. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, บรรณาธิการ. หน้าที่ 87-141. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เรียงสาม กราฟฟิค ดีไซน์ จำกัด.
- ปริวัตร เขื่อนแก้ว และคณะ. (2549) “เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว” ใน **เอกสารประกอบการบรรยายวิชา สัมมนาทางการวิจัยและสถิติการศึกษา**. หน้าที่ 1-12. เชียงใหม่ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- แผนกความปลอดภัย. (2549) **บันทึกเลขที่ Sa 01/F01 รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุ/เหตุฉุกเฉิน; 3 มิถุนายน 2549**. สมุทรปราการ : โรงงานผลิตลูกยางบอล.
- แผนกความปลอดภัย. (2551) **บันทึกเลขที่ SHE 004 บันทึกการสอบสวนอุบัติเหตุ; 10 ธันวาคม 2551**. สมุทรปราการ : โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้.
- พิชญะ จันทรานูวัฒน์. (23 กรกฎาคม 2552) “บทเรียนความสูญเสียจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ สถานบันเทิง ซานติก้าผับ” **สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์**. [Online] Available <http://www.eit.or.th/content.php?&option=content&id=317> (18 กุมภาพันธ์ 2553)
- วิชัย พงษ์ธารากุล. (2550) **เอกสารประกอบการสอนวิชา Industrial Safety Technology**. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วีระ ชื่อสุวรรณ. (2545) **เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง การประเมินความเสี่ยง**. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม จำกัด.
- สุรชัย วิวัจนสิรินทร์ และวศิน มหัตนรินทร์กุล. (2546) **การขี้งและประเมินความเสี่ยง ตอนที่ 3**. [Online] Available <http://www.thaifactory.com/TM/risk3.pdf> (18 กุมภาพันธ์ 2553)



American Institute of Chemical Engineering. (1992) **Selecting Hazard Evaluation Techniques ใน Guidelines for Hazard Evaluation Procedure.** 2nd ed. New York : Center for Chemical Process Safety.

American Institute of Chemical Engineering. (1992) “Overview of Hazard Evaluation Techniques” ใน **Guidelines for Hazard Evaluation Procedure.** 2nd ed. New York : Center for Chemical Process Safety.

American Institute of Chemical Engineering. (1992) “Using Hazard Evaluation Techniques” ใน **Guidelines for Hazard Evaluation Procedure.** 2nd ed. New York : Center for Chemical Process Safety.

Reliability engineering resource. (2000) **Fault Tree Analysis.** Tucson :ReliaSoft Corporation. [Online] Available: <http://www.weibull.com/basics/fault-tree/index.htm>. (18 กุมภาพันธ์ 2553)

W.E. Vesely, F.F. Goldberg and N.H. Roberts. (1981) **Fault Tree Handbook.** 1st ed. Washington, DC : U.S. Nuclear Regulatory Commission.

